





دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد علوم خاک

بررسی پتانسیل خطر فلزات سنگین بر سلامت انسان در برخی
محصولات کشاورزی مزارع منطقه ورامین

نگارنده:

مریم السادات صالحی بهبهانی

استاد راهنما:

دکتر هادی قربانی

استاد مشاور:

دکتر مصطفی حیدری

بهمن ۱۳۹۵

شماره: ۸۰۴۰۸
تاریخ: ۲۲ / ۱۲ / ۱۳۹۵
ویرایش:



مدیریت تحصیلات تکمیلی
فرم شماره (۶)

بسمه تعالی

فرم صورت جلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

مریم السادات صالحی بهبهانی به شماره دانشجویی ۹۳۱۰۹۶۴ رشته کشاورزی گرایش علوم خاک
تحت عنوان: بررسی پتانسیل خطر فلزات سنگین بر سلامت انسان در برخی محصولات کشاورزی مزارع منطقه ورامین
✓ که در تاریخ ۹۵/۱۱/۱۸ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

☐ مردود	☐ دفاع مجدد	☒ قبول (با درجه: عالی - امتیاز ۱۹/۲۸)
--------------------------------	------------------------------------	---

۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹ - ۱۸)

۱- عالی (۲۰ - ۱۹)

۴- قابل قبول (۱۵/۹۹ - ۱۴)

۳- خوب (۱۷/۹۹ - ۱۶)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاداراهنما	دکتر هادی قربانی	دانشیار	
۲- استاد مشاور	دکتر مصطفی حیدری	دانشیار	
۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر محمد هادی موحدی نژاد	استادیار	
۴- استاد ممتحن	دکتر شاهین شاهسونی	استادیار	
۵- استاد ممتحن	دکتر علی عباسپور	دانشیار	

رئیس دانشکده: امضاء

تقدیم به

دو گوهر پاک آسمان زندگی ام
مادر فداکار و پدر عزیزم

و

برادران مهربانم
که همیشه پشتیبانم هستند

تقدیر و تشکر

سپاس و ستایش بی قیاس خدای را سزااست که قلم را پیش قراول آفرینش قرار داد، او که به بشر آموخت بیاموزد و بیاموزاند تا به سر انگشت معرفت، اسرار هستی را پرده بردارد و با روشنایی دانش، از ظلمت خلاصی یابد.

از کلیه اساتید ارجمندم در طول سال های به یاد ماندنی شاگردیشان تشکر می نمایم. در این میان از جناب آقای دکترهادی قربانی که زحمت راهنمایی پایان نامه را بر عهده داشتند به واسطه تمام درسهایی که در حضورشان آموختم و حمایت هایی که در حق بنده مبذول داشتند، نهایت سپاس را دارم. همچنین از استاد محترم، جناب آقای دکتر مصطفی حیدری برای مشاوره این پایان نامه، و سرکار خانم میترا صالحی پور برای راهنمایی های بی دریغش خاضعانه سپاسگزارم. و از کلیه دوستانم که هر یک به نوعی با همدلی و همکاری یاریم دادند تشکر می کنم و برایشان بهترین آرزوها را دارم. در پایان از خانواده محترمم که مرا در طی دوران تحصیل یاری نمودند کمال تقدیر و تشکر را دارم.

و من الله توفیق...

مریم السادات صالحی بهبهانی

تعهد نامه

اینجانب **مریم السادات صالحی بهبهانی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه بررسی پتانسیل خطر فلزات سنگین بر سلامت انسان در برخی محصولات کشاورزی شهرستان ورامین تحت راهنمایی دکترهادی قربانی متعهد می-شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا «**Shahrood University of Technology**» به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج ازپایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای ، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه شاهرود می‌باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

تجمع عناصر سنگین در خاک به‌ویژه در زمین‌های کشاورزی، امری تدریجی بوده و غلظت عناصر را می‌تواند به سطوحی برساند که امنیت غذایی بشر را تهدید کند. به دلیل اهمیت استفاده از محصولات کشاورزی سالم در رژیم غذایی روزانه، کنترل غلظت این عناصر مهم می‌باشد. با توجه به اینکه احتمال وجود خطر ابتلا به بیماری‌های غیرسرطانی و سرطانی ناشی از مصرف محصولات کشاورزی دارای فلزات سنگین برای انسان وجود دارد، به همین منظور این تحقیق با هدف بررسی غلظت عناصر-سنگین و ارزیابی خطر بیماری‌های سرطانی و غیرسرطانی در برخی محصولات کشاورزی شهرستان ورامین انجام شد. برای به‌دست آوردن غلظت عناصر سنگین در برخی محصولات کشاورزی، تعداد ۳۰ نمونه، شامل جعفری، تربچه، شاهی، نعنا، گیشنیز، خیار، کدو، فلفل دلمه‌ای، گوجه‌فرنگی و بادمجان از سه مزرعه شهرستان ورامین جمع‌آوری شد و غلظت عناصر سرب، روی، کروم، کادمیوم و نیکل موجود در نمونه‌ها پس از انجام مراحل آزمایشگاهی، با دستگاه اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل نشان داد، غلظت سرب در نمونه‌های نعنا، شاهی، جعفری، تربچه و گیشنیز بالاتر از استاندارد سازمان بهداشت جهانی است. غلظت کادمیوم موجود در نمونه‌ها در حد تشخیص دستگاه نبود و غلظت نیکل و روی موجود در نمونه‌ها پایین‌تر از استاندارد بهداشت جهانی است. غلظت کروم موجود در نمونه‌های مورد آزمایش بالاتر از استاندارد تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی است. احتمال وجود خطر بیماری‌های غیرسرطانی در حالت میانگین برای گروه کودکان، زنان و مردان به ترتیب 0/26، 0/۹ و ۰/87 به دست آمد. در هر سه گروه سرب دارای سطح قابل قبول (پایین) احتمال خطرپذیری بیماری‌های سرطانی است.

کلمات کلیدی: ورامین، محصولات کشاورزی، فلزات سنگین، شاخص خطرپذیری

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱. تعیین غلظت سرب و کادمیوم در برخی سبزی‌ها و صیفی‌جات شهرستان ورامین، همایش ملی یافته‌های پژوهش و فناوری در اکوسیستم‌های طبیعی و کشاورزی، مهرماه ۱۳۹۵

۲. تعیین غلظت کروم و نیکل در برخی سبزی‌ها و صیفی‌جات شهرستان ورامین، همایش ملی یافته‌های پژوهش و فناوری در اکوسیستم‌های طبیعی و کشاورزی، مهرماه ۱۳۹۵

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۱.....	فصل اول مقدمه.....
۲.....	۱-۱- مقدمه.....
۵.....	۱-۲- فرضیات تحقیق.....
۵.....	۱-۳- اهداف تحقیق.....
۷.....	فصل دوم مرور منابع.....
۸.....	۲-۱- اهمیت و ضرورت پژوهش.....
۱۰.....	۲-۲- فلزات سنگین.....
۱۲.....	۲-۳- فلزات سنگین در خاک.....
۱۳.....	۲-۴- فلزات سنگین در گیاه.....
۱۴.....	۲-۵- اثرات فلزات سنگین بر انسان.....
۱۵.....	۲-۵-۱- سرب و تاثیر آن بر انسان.....
۱۶.....	۲-۵-۲- کادمیوم و تاثیر آن بر انسان.....
۱۸.....	۲-۵-۳- نیکل و تاثیر آن بر انسان.....
۱۹.....	۲-۵-۴- روی و تاثیر آن بر انسان.....
۱۹.....	۲-۵-۵- کروم و تاثیر آن بر انسان.....
۲۰.....	۲-۶- بررسی خطر پذیری عناصر سنگین بر انسان.....
۲۳.....	فصل سوم مواد و روشها.....
۲۴.....	۳-۱- توصیف منطقه.....
۲۴.....	۳-۱-۱- موقعیت جغرافیایی.....
۲۴.....	۳-۱-۲- ویژگیهای آب و هوایی و اقلیم منطقه ³
۲۵.....	۳-۲- جمع آوری نمونه.....
۲۶.....	۳-۳- آماده سازی و تجزیه نمونه.....
۲۶.....	۳-۴- محاسبه احتمال خطرپذیری افراد به بیماریهای غیر سرطانی.....
۲۷.....	۳-۵- شاخص خطرپذیری کل (HI).....
۲۸.....	۳-۶- محاسبه احتمال خطرپذیری به بیماریهای سرطانی.....
۲۸.....	۳-۷- تجزیه و تحلیل آماری.....
۲۹.....	فصل چهارم نتایج و بحث.....
۳۰.....	۴-۱- غلظت فلزات سنگین موجود در محصولات کشاورزی مورد مطالعه.....
۳۰.....	۴-۱-۱- غلظت روی در نمونه های مورد مطالعه.....

۳۱	۴-۱-۲- غلظت سرب در نمونه های مورد مطالعه.....
۳۳	۴-۱-۳- غلظت نیکل در نمونه های مورد مطالعه.....
۳۵	۴-۱-۴- غلظت کروم در نمونه های مورد مطالعه.....
۳۷	۴-۲-۱- ارزیابی خطرپذیری.....
۳۷	۴-۲-۱- میزان جذب روزانه عناصر سنگین در غذای کودکان، مردان و زنان.....
۴۰	۴-۲-۲- محاسبه احتمال خطرپذیری به بیماری های غیر سرطانی.....
۴۳	۴-۲-۳- شاخص خطرپذیری کل (HI).....
۴۴	۴-۲-۴- محاسبه احتمال خطرپذیری به بیماری های سرطانی.....
۴۷	۴-۲-۵- میزان دریافت عناصر مفید برای سلامت مصرف کننده در اثر مصرف محصولات کشاورزی.....
۴۹	۴-۳-۱- محاسبه احتمال خطرپذیری در منطقه مورد مطالعه به تفکیک محل نمونه برداری.....
۵۰	۴-۳-۲- بررسی احتمال خطرپذیری بیماری های سرطانی در منطقه مورد مطالعه به تفکیک محل نمونه برداری.....
۵۳	فصل پنجم نتیجه گیری و پیشنهادها.....
۵۴	۵-۱- نتیجه گیری.....
۵۵	۵-۲- پیشنهادها.....
۵۷	فصل ششم منابع.....
۵۸	منابع.....

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل (۱-۳) نقشه شهرستان ورامین.....	۲۵
شکل (۴-۱) مقایسه میانگین غلظت روی در نمونه های مورد مطالعه.....	۳۱
شکل (۴-۲) مقایسه میانگین غلظت سرب در نمونه های مورد مطالعه.....	۳۳
شکل (۴-۳) مقایسه میانگین غلظت نیکل در نمونه های مورد مطالعه.....	۳۵
شکل (۴-۴) مقایسه میانگین غلظت کروم در نمونه های مورد مطالعه.....	۳۶

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول (۱-۲) حد معمول و آستانه جذب فلزات سنگین توسط انسان (mg/day) (صالحی پور ۱۳۹۰).....	۱۵
جدول (۱-۴) غلظت روی بر اساس وزن خشک در نمونه های مورد مطالعه (mg kg^{-1}).....	۳۱
جدول (۳-۴) غلظت نیکل بر اساس وزن خشک گیاه در نمونه های مورد مطالعه (mg kg^{-1}).....	۳۴
جدول (۴-۴) غلظت کروم بر اساس وزن خشک گیاه در نمونه های مورد مطالعه (mg kg^{-1}).....	۳۶
جدول (۵-۴) مقدار مصرف محصولات کشاورزی در کودکان، زنان و مردان (۱-gday) (محمدیفر و همکاران ۲۰۰۶) و (صالحیپور ۱۳۹۰).....	۳۸
جدول (۶-۴) مقدار جذب روزانه عناصر سنگین در کودکان در منطقه مورد مطالعه (۱-day - ۱ bw - $\mu\text{g kg}^{-1}$).....	۳۸
جدول (۷-۴) مقدار جذب روزانه عناصر سنگین در مردان در منطقه مورد مطالعه (۱-day - ۱ bw - $\mu\text{g kg}^{-1}$).....	۳۹
جدول (۸-۴) مقدار جذب روزانه عناصر سنگین در زنان در منطقه مورد مطالعه (۱-day - ۱ bw - $\mu\text{g kg}^{-1}$).....	۳۹
جدول (۹-۴) پتانسیل خطرپذیری عناصر سنگین در کودکان در منطقه مورد مطالعه.....	۴۲
جدول (۱۰-۴) پتانسیل خطرپذیری عناصر سنگین در زنان در منطقه مورد مطالعه.....	۴۲
جدول (۱۱-۴) پتانسیل خطرپذیری عناصر سنگین در مردان در منطقه مورد مطالعه.....	۴۳
جدول (۱۲-۴) شاخص خطرپذیری کل در کودکان، زنان و مردان در منطقه مورد مطالعه.....	۴۴
جدول (۱۳-۴) احتمال خطرپذیری سرطانی سرب در کودکان در منطقه مورد مطالعه.....	۴۵
جدول (۱۴-۴) احتمال خطرپذیری سرطانی سرب در زنان در منطقه مورد مطالعه.....	۴۶
جدول (۱۵-۴) احتمال خطرپذیری سرطانی سرب در مردان در منطقه مورد مطالعه.....	۴۶
جدول (۱۶-۴) میزان دریافت روزانه عناصر (1-mg day) در کودکان در اثر مصرف محصولات مورد مطالعه.....	۴۷
جدول (۱۷-۴) میزان دریافت روزانه عناصر (1-mg day) در زنان در اثر مصرف محصولات مورد مطالعه.....	۴۸
جدول (۱۸-۴) میزان دریافت روزانه عناصر (1-mg day) در مردان در اثر مصرف محصولات مورد مطالعه.....	۴۸
جدول (۱۹-۴) مقدار مجاز مصرف عناصر سنگین در روز (1-mg day) (انجمن غذا و تغذیه ۲۰۰۴).....	۴۸
جدول (۲۰-۴) پتانسیل خطرپذیری کودکان در منطقه مورد مطالعه به تفکیک محل نمونه برداری.....	۴۹
جدول (۲۱-۴) پتانسیل خطرپذیری زنان در منطقه مورد مطالعه به تفکیک محل نمونه برداری.....	۴۹
جدول (۲۲-۴) پتانسیل خطرپذیری مردان در منطقه مورد مطالعه به تفکیک محل نمونه برداری.....	۵۰
جدول (۲۳-۴) خطرپذیری سرطانی کودکان در منطقه مورد مطالعه به تفکیک محل نمونه برداری.....	۵۰
جدول (۲۴-۴) خطرپذیری سرطانی زنان در منطقه مورد مطالعه به تفکیک محل نمونه برداری.....	۵۱
جدول (۲۵-۴) خطرپذیری سرطانی مردان در منطقه مورد مطالعه به تفکیک محل نمونه برداری.....	۵۱

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

آلاینده‌ها از جمله عوامل مختل کننده زیست بوم‌ها به‌شمار می‌آیند و از این میان فلزات سنگین^۱ به دلیل مشکلات سمیت و پایداری و تجمع زیستی در محیط‌زیست حتی در غلظت‌های کم، نیز حائز اهمیت شناخته شده‌اند (چراغی و همکاران ۱۳۹۱). ورود و تجمع فلزات سنگین در اراضی کشاورزی به‌طور عمده‌ای ناشی از فعالیت‌های صنعتی، کودهای شیمیایی، کودهای حیوانی، فاضلاب شهری، کمپوست و آفت‌کش‌ها است (چراغی و قبادی ۱۳۹۳). صنایع آهن و فولاد، معدن‌کاری، حمل و نقل جاده‌ای، تولید سوخت، انباشت لجن، سوزاندن پسماند و به‌ویژه استفاده از کودها و مواد شیمیایی در کشاورزی از منابع انسانی بسیار مهم ورود فلزات سنگین به خاک هستند (میرزایی و همکاران ۱۳۹۴). انباشت فلزات سنگین در خاک نه تنها باروری خاک و کیفیت محصولات زراعی را کاهش می‌دهد، بلکه به‌طور همزمان نقش اکولوژیکی خاک و تأثیر آن بر سایر اجزا محیط زیست را مختل می‌کند (کویی و همکاران ۲۰۰۵).

زمانی که ظرفیت خاک برای نگه‌داشتن فلزات سنگین به دلیل افزایش سطح آن‌ها در خاک کاهش می‌یابد، فلزات سنگین به صورت محلول‌های قابل استفاده برای جذب گیاهی، آزاد و منتشر می‌شوند (شارما و همکاران ۲۰۰۷). اگرچه برخی از این عناصر در مقادیر ناچیز برای رشد گیاه لازم هستند ولی غلظت کمی بیشتر از حد آستانه آنها می‌تواند برای حیات گیاهی و جانوری خطرناک باشد (صالحی‌پور ۱۳۹۰).

اثرات زیان آور عناصر سنگین بر سلامت انسان شناخته شده است، مهم ترین مسیری که انسان در معرض عناصر سنگین قرار می‌گیرد مصرف روزانه مواد غذایی است (خیرآبادی و همکاران ۱۳۹۴). گیاهان مهم‌ترین مسیر انتقال فلزات سنگین به زنجیره غذایی انسان و چرخه‌های زیستی هستند. سبزیجات از اجزای مهم رژیم غذایی سالم و مناسب هستند. با توجه به اهمیت استفاده از سبزیجات سالم، کنترل غلظت این عناصر جهت حفظ سلامتی مصرف کننده حائز اهمیت می‌باشد (صالحی‌پور

¹ Heavy Metals

وهمکاران ۱۳۹۰). اساسی‌ترین مسأله در ارتباط با فلزات سنگین عدم متابولیسم شدن آن‌ها در بدن می‌باشد. در واقع فلزات سنگین پس از ورود به بدن، دیگر از بدن دفع نشده، بلکه در بافت‌هایی مثل چربی، عضلات استخوان‌ها و مفاصل رسوب کرده و انباشته می‌گردند، که همین امر موجب بروز بیماری‌ها و عوارض متعددی در بدن می‌شود (چراغی و همکاران ۱۳۹۳).

فلزات سنگین در گیاهانی که در خاک‌های آلوده رشد کرده‌اند تجمع می‌کنند و به این ترتیب وارد زنجیره غذایی انسان و حیوان می‌شوند. برای جامعه انسانی مصرف غذا در مقایسه با استنشاق و تماس پوستی، یکی از مهم‌ترین راه‌های اصلی قرار گرفتن در معرض آلودگی فلزات سنگین می‌باشد (کواپن و همکاران ۲۰۱۰). در گیاهان چگونگی توزیع و محل انباشتگی این عناصر در بین اندام‌های گیاهی حائز اهمیت می‌باشد، زیرا توزیع آن‌ها در اندام‌های مختلف یکنواخت نبوده و بیشتر تجمع مربوط به بخش‌هایی است که مستقیماً مصرف می‌شود (هوانگ و همکاران ۲۰۱۴).

استفاده مداوم از کودها و اصلاح‌کننده‌های آلی که حاوی مقادیر بالایی از ناخالصی‌ها از جمله عناصر سنگین می‌باشند، باعث افزایش غلظت این عناصر در خاک می‌شود. کودهای شیمیایی نه تنها باعث افزایش غلظت این عناصر سنگین در خاک می‌شوند، بلکه تحرک این عناصر در خاک را افزایش می‌دهند (جلالی و محرمی ۲۰۱۰).

آلوده شدن زمین‌های کشاورزی به عناصر سنگین به عنوان یک خطر جدی برای تولید محصولات سالم در ایران و جهان مطرح می‌شود. گیاهان به‌خاطر جذب عناصر سنگین از خاک می‌توانند به عنوان یک پل ارتباطی مهم برای انتقال عناصر سنگین از خاک به زنجیره غذایی محسوب شوند (جلالی و خالری ۲۰۰۸).

مسمومیت با فلزات سنگین می‌تواند منجر به عوارضی مانند اختلالات عصبی، انواع سرطان‌ها، فقر مواد مغذی، برهم خوردن تعادل هورمون‌ها، سقط جنین، اختلالات تنفسی، قلبی عروقی، آسیب به کبد، کلیه‌ها، مغز، آلرژی، بی‌اشتهایی، پیری زودرس، کاهش حافظه، ریزش مو، پوکی استخوان، بی‌خوابی، تضعیف سیستم ایمنی بدن، کم‌خونی، تخریب ژن‌ها و حتی مرگ می‌شود (زازولی و همکاران ۲۰۱۰).

در حال حاضر روش‌های بررسی فقط شامل آنالیزهای شیمیایی و فیزیکی نمی‌باشد بلکه حداکثر غلظت مجاز و طبقه‌بندی خطرات مواد، حداکثر ورود و سطح مجاز نیز بررسی خواهد شد (رجایی و پورخباز ۱۳۹۱).

۲-۱- فرضیات تحقیق

- ۱- محصولات کشاورزی منطقه دارای مقادیری آلودگی فلزات سنگین هستند.
- ۲- آلودگی فلزات سنگین از طریق مصرف این محصولات وارد زنجیره غذایی انسان می‌شود.
- ۳- مصرف محصولات آلوده توسط انسان خطر ابتلا به بیماری‌های سرطانی و یا غیرسرطانی را افزایش می‌دهد.

۳-۱- اهداف تحقیق

- ۱- بررسی غلظت عناصر سنگین موجود در محصولات کشاورزی
- ۲- برآورد پتانسیل خطر فلزات سنگین

فصل دوم

مرور منابع

۲-۱- اهمیت و ضرورت پژوهش

فلزات سنگین آلاینده‌های پایداری هستند که در خاک ساکن بوده و از طریق فرایندهای شیمیایی و زیستی در طبیعت تجزیه نمی‌شوند، فلزات سنگین در سالیان اخیر به دلیل خصوصیات آلاینده بودن در خاک شدیداً مورد توجه قرار گرفته‌اند (سلیمی و همکاران ۱۳۹۴). تغییرات مکانی محتویات فلزات سنگین در خاک سطحی کشاورزی، ممکن است تحت تأثیر مواد مادری خاک و منابع انسانی باشد (یالکین و همکاران ۲۰۰۷). آلوده شدن زمین‌های کشاورزی به عناصر سنگین، به عنوان یک خطر جدی برای تولید محصولات سالم در ایران و جهان مطرح می‌شود (لرستانی وهزازه ئی ۱۳۹۳). خاک مکان ورودی مهمی برای فلزات سنگین در اکوسیستم‌های خشکی می‌باشد. فلزات سنگین گروهی از فلزات و شبه فلزات هستند که میزان کم آن‌ها نیز سمی و خطرناک است به گونه‌ای که از نظر آلاینده-گی در طبقه اول آلاینده‌های درجه اول سمی قرار دارند و در سال‌های اخیر به عنوان آلاینده‌های زیست‌محیطی مؤثر بر سلامت انسان، موجودات زنده و اکوسیستم بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. دو منبع برای آلودگی فلزات سنگین خاک وجود دارند. منابع طبیعی و منابع انسانی (میرزایی و همکاران ۱۳۹۴).

گیاهان به دلیل جذب عناصر سنگین از خاک، می‌توانند به عنوان یک پل ارتباطی مهم برای انتقال عناصر سنگین از خاک به زنجیره غذایی بشر محسوب شوند. عناصر سنگین به خاطر پتانسیل تجمعی بالایی که دارند، می‌توانند در قسمت‌های مختلف بدن تجمع پیدا کنند، حتی در غلظت‌های پایین این عناصر سلامتی انسان را تهدید می‌کنند (آیکدا و همکاران ۲۰۰۰). برخی فعالیت‌های انسان از قبیل رهاسازی زباله در محیط، استفاده از کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها و نیز استفاده از لجن فاضلاب در زمین‌های کشاورزی باعث افزایش غلظت فلزات سنگین در خاک می‌شود، هم‌چنین توسعه صنایع مختلف از طریق فرونشست‌های اتمسفری غلظت فلزات در خاک را افزایش می‌دهد (یالکین و همکاران ۲۰۰۷).

آلودگی محصولات گیاهی به فلزات سنگین یکی از مهم‌ترین مسیرهای ورود فلزات به بدن انسان، حیوانات و نهایتاً زنجیره‌ی غذایی است، 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 (تابنده و طاهری ۱۳۹۵).

گزارش شده است که تقریباً نیمی از میانگین سرب و کادمیوم از طریق غذاهای ناشی از منشأ گیاهی (میوه، سبزی، غلات و حبوبات) است. آلودگی خاک‌ها به فلزات سنگین، ممکن است به‌طور وسیعی در فضای شهری گسترش یابد که ناشی از فعالیت‌های صنعتی گذشته و یا استفاده از سوخت‌های فسیلی بوده است (ویلسون و همکاران ۲۰۰۷).

سبزیجات جزء مهمی از زنجیره غذایی انسان است، زیرا دارای کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، ویتامین‌ها، مواد معدنی و عناصر کم مصرف است (تابنده و طاهری ۱۳۹۵).

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 (تابنده و طاهری ۱۳۹۵). از این‌رو حفظ سلامت انسان ارتباط نزدیکی با مواد غذایی مصرفی دارد. وجود هرگونه آلودگی در این‌گونه مواد، می‌تواند سلامت افراد را به مخاطره اندازد، از آنجا که این مواد به‌طور عمده قسمت قابل توجهی از سبد روزانه خواروبار خانواده را تشکیل می‌دهند یکی از فاکتورهای مؤثر جهت تشخیص میزان سلامت این محصولات، غلظت عناصر سنگین می‌باشد (صالحی‌پور و همکاران ۱۳۹۰). وارد شدن بیش از اندازه فلزات سنگین به بدن باعث ایجاد عوارض و صدماتی همچون اختلالات عصبی، گوارشی، کم‌خونی، اختلال در عمل آنزیم‌ها، کلیه‌ها، بیضه، مراکز خون‌ساز و عقب‌ماندگی ذهنی، سرطان و غیره خواهد شد (امامقلی ۱۳۹۱).

سرب به عنوان القاکننده تومورهای کلیوی، کاهش رشد و افزایش فشار خون و خطر ابتلا به بیماری‌های قلب و عروق برای بزرگسالان شناخته شده است و کادمیم ممکن است به اختلالات کلیه، نرمی استخوان و کاهش تولید مثل منجرشود (شکرزاده و همکاران ۱۳۹۲).

۲-۲- فلزات سنگین

در جدول تناوبی به آن تعداد از عناصر که وزن اتمی بالا و چگالی نسبتاً بالا داشته و در درجه حرارت اتاق خاصیت فلزی دارند، فلزات سنگین اطلاق می‌شود. از آنجایی که تعاریف مختلفی برای این عناصر شده و در این طبقه عناصر مختلفی قرار داده شده‌اند باید تنها از اصطلاح فلزات و یا شبه فلزات استفاده نمود. براساس این تعاریف فلزات مس تا بیسموت در جدول تناوبی که دانسیته بیش از ۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب دارند به عنوان فلزات سنگین تعریف شده‌اند. اما به‌طور کلی در جدول تناوبی به فلزات گروه ۳ تا ۱۶ در تناوب ۴ به بعد فلزات سنگین گویند. اکثر فلزات سنگین عناصر واسطه هستند که کاتیون‌های فلزات سنگین را تشکیل می‌دهند. این یون‌ها به‌خاطر توانایی تشکیل ترکیبات پیچیده نقش اساسی در واکنش‌های بیوشیمیایی گوناگون ایفا می‌کنند و در غلظت‌های بالا برای سلول سمی هستند. همه این فلزات برای محیط خطرناک نیستند، فلزات سمی نادر بوده و ترکیبات آن‌ها نامحلول و کم محلول است و در نتیجه تعداد کمی از فلزات جزء آلاینده‌های محیطی در نظر گرفته می‌شود. یکی از فعالیت‌های انسانی که باعث بالا رفتن تمرکز فلزات سنگین در محیط‌زیست می‌شود، رهاسازی زباله‌های جامد و مایع و حتی گازهای آلاینده در محیط‌زیست است. فاضلاب به عنوان بخشی از محیط‌زیست دارای فلزات سنگین است که می‌تواند در گسترش آلودگی، نقش قابل توجهی را دارا باشد. فاضلاب‌های شهری از مصرف خانگی آب حاصل می‌شوند، در این پساب‌ها انواع موجودات ریز، میکروب‌ها و ویروس‌ها و چند نوع مواد شیمیایی معین وجود دارد که عمده‌ترین آن شوینده‌ها، آمونیاک و مقداری اوره می‌باشد. استفاده از لجن فاضلاب به عنوان کود در زمین‌های کشاورزی رواج زیادی یافته است. خاک حاوی عناصر سنگین زیادی است که به فرم‌های کاتیون و آنیون در بخش‌هایی مثل محلول خاک، در بین لایه‌های رس سیلیکاته و اکسیدهای آهن و آلومینیوم ذخیره شده‌اند. عناصری مثل آرسنیک، کادمیوم، سرب، روی، منگنز، نیکل، کبالت، سلنیم و ... در خاک تجمع حاصل می‌کنند و اثرات سمی بر جوامع گیاهی و سلامت انسان بر جای می‌گذارند، این عناصر به شکل یون‌های آزاد، کمپلکس و پیوند شده با کلوییدهای خاک می‌باشند (امامقلی ۱۳۹۱).

غلظت قابل جذب فلزات سنگین با مقدار و نوع مواد آلی در خاک ارتباط دارد، به طوری که تجزیه گونه‌های آلی فلزات سنگین باعث آزاد شدن این عناصر به شکل این گونه‌ها ممکن است برای محصولات کشاورزی سمی باشند. فلزات سنگینی که در دسترس گیاهان قرار می‌گیرند، به وسیله طبیعت گونه‌های فلزی و واکنش آنها با کلوئیدهای خاک و خصوصیات خاک و مدت زمانی که در تماس با سطوح خاک هستند تعیین می‌شوند (رئسی ۱۳۹۳).

انباشتگی فلزات سنگین در خاک چه به صورت طبیعی یا از طریق فعالیت‌های انسانی، مشکل و مسائلی به همراه خواهد داشت، از جمله این عناصر می‌توان به سرب، روی و کادمیوم اشاره کرد که به خاطر توانایی بالقوه در آسیب رسانی به سلامت انسان‌ها و حیوانات در چند دهه اخیر از نظر مسائل زیست محیطی بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند (شارما و همکاران ۲۰۰۷).

انباشت عناصر سنگین در خاک به‌خصوص در زمین‌های کشاورزی باعث جذب مقادیر زیاد آنها توسط گیاهان شده و لذا بیشتر از حد طبیعی وارد زنجیره غذایی انسان‌ها و حیوانات می‌شوند. تجمع فلزات سنگین جذب شده در اندام گیاه در غلظت‌های بیش از حد استاندارد، ضمن فراهم آوردن موجبات کاهش رشد و عملکرد محصولات کشاورزی، آلوده شدن زنجیره غذایی و به خطر افتادن سلامت جوامع انسانی را به همراه دارد (صالحی‌پور ۱۳۹۰).

گیاهان مهم‌ترین مسیر انتقال فلزات سنگین به زنجیره غذایی انسان و چرخه‌های زیستی هستند. سبزیجات از اجزای مهم رژیم غذایی سالم و مناسب هستند با توجه به اهمیت استفاده از سبزیجات سالم، کنترل غلظت این عناصر جهت حفظ سلامتی مصرف‌کننده حائز اهمیت می‌باشد (صالحی‌پور و همکاران ۱۳۹۰).

یکی از راه‌های ورود عناصر سنگین به زمین‌های کشاورزی، منابع ناشی از فعالیت‌های بشر به طور عمده، معدن‌کاری فلزات، صنایع کشاورزی، صنایع متالورژیکی، صنایع الکترونیک، باتری‌سازی و پساب‌های صنعتی، هم‌چنین انتشار از طریق آتشفشان‌ها، فرایندهای گاززدایی در پوسته زمین، آتش‌سوزی

جنگل یا ترکیب شیمیایی مواد مادری نیز می‌تواند از منابع طبیعی ورود آنها به خاک باشد (بیگدلی و سلیس پور ۲۰۰۸).

۲-۳- فلزات سنگین در خاک

آلودگی خاک یکی از عوارض مهم در به هم خوردن تعادل و توازن طبیعت است. مهمترین آلاینده‌های خاک شامل فلزات سنگین، بارش‌های اسیدی و مواد آلی هستند که از میان آنها، فلزات سنگین به دلیل خصوصیات غیرقابل تجزیه بودن، سمی بودن، اثرات تجمعی و سرطان‌زایی مورد توجه هستند. غلظت این فلزات سنگین در خاک‌ها، ناشی از منابع مختلفی نظیر هوازدگی طبیعی بالا در سنگ‌های زمینه و محتویات فلزی و یا ناشی از آلودگی‌های با منبع انسانی است. به عبارت دیگر، این فلزات به‌طور طبیعی در خاک وجود دارند، اما در اثر فعالیت‌های انسانی هم ممکن است به خاک افزوده شوند. از جمله‌ی این فعالیت‌های انسانی می‌توان استفاده‌ی نادرست از کودهای شیمیایی در خاک‌های کشاورزی را نام برد. امروزه نگرانی‌های زیست محیطی و ملاحظات اقتصادی در کشورهای پیشرفته باعث شده تا در رابطه با مصرف کودهای شیمیایی و موادی که به عنوان اصلاح کننده به خاک افزوده می‌گردند، دقت شود. اما در کشاورزی سنتی چنین ملاحظاتی وجود ندارد. در ایران، به دلیل ارزان بودن کودهای شیمیایی، مصرف آنها بهینه و اصولی صورت نمی‌گیرد؛ این موضوع باعث می‌شود که محیط زیست در معرض خطر جدی آلودگی به آلاینده‌های ناشی از کودهای شیمیایی و به طور خاص، آلودگی فلزات سنگین قرار گیرد (محمد شفیعی و همکاران ۱۳۹۴). در جایی که باروری ذاتی خاک کم است اغلب کشاورزان تمایل به افزایش مصرف کود در چندین نوبت دارند. فلزات سنگین نگران کننده در کود شامل آرسنیک، کادمیوم، سرب و به میزان کمتری نیکل و روی بوده که استفاده مداوم از کود دارای آرسنیک و خاک آلوده به آن از طریق جذب گیاه به زنجیره غذایی منتقل می‌گردد. مردم خصوصاً کسانی که برنج غذای اصلی انرژی روزانه آنها را تأمین می‌کند در معرض میزان قابل توجهی فلزات سنگین از راه برنج هستند (چراغی و همکاران ۱۳۹۲). آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی ممکن است منجر به بی‌نظمی در ساختار خاک، دخالت در رشد گیاه و نهایتاً

آسیب به سلامت انسان از طریق ورود به زنجیره غذایی گردد. در نتیجه آگاهی از نحوه توزیع مکانی این عناصر در خاک‌های کشاورزی و متعاقباً توصیه‌های کودی براساس مقادیر موجود آنها در زمینه-های کشاورزی، کاری اصولی در پیشگیری از آلودگی زمین‌های کشاورزی از طریق تجمع این عناصر و همچنین اصلاح وضعیت موجود می‌باشد. در حقیقت لازمه‌ی یک سیستم کشاورزی دقیق و پایدار، ایجاد یک پایگاه داده از وضعیت خاک‌های منطقه از لحاظ غلظت عناصر سنگین و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها است تا بتوان به کمک آن‌ها با هدف مدیریت زراعی بهتر، تولید محصولات کشاورزی سالم و پربارتری را داشت (رحیم‌پور و عباس‌پور ۱۳۹۳). روند انباشت عناصر سنگین در خاک بسیار کند بوده و اثرات آن پس از ده‌ها سال قابل تشخیص است. فرایند انباشت عناصر تقریباً یک فرایند برگشت‌ناپذیر است که در درازمدت موجب کاهش کیفیت خاک و در نهایت تخریب اراضی کشاورزی می‌گردد. بنابراین برای نیل به توسعه پایدار خصوصاً در بخش کشاورزی خاک به فلزات سنگین در مناطقی که بواسطه ساختار زمین‌شناسی بویژه، فعالیت‌های صنعتی و یا کشاورزی احتمال انباشت فلزات سنگین در خاک وجود دارد، ضروری است (خداکرمی و همکاران ۱۳۹۰).

۲-۴- فلزات سنگین در گیاه

تجمع فلزات سنگین جذب شده در اندام گیاه در غلظت‌هایی بیش از حد استاندارد باعث کاهش رشد و عملکرد محصولات کشاورزی، آلوده شدن زنجیره غذایی و به خطر افتادن سلامت جوامع انسانی می‌شود. در برخی از کشورها حداکثر غلظت قابل قبول فلزات سنگین را با فرض آثار سمی آنها بر گیاهان در خاک‌های کشاورزی تعیین نموده‌اند. میزان مجاز ورود و تجمع فلزات سنگین به ظرفیت تبادل کاتیونی خاک وابسته است، همچنین حد مجاز ورود فلزات سنگین به خاک براساس گونه‌های گیاهی تعیین می‌گردد. زیرا تحمل گیاهان به انواع فلزات سنگین متفاوت است. غلظت قابل جذب فلزات سنگین با مقدار و نوع مواد آلی در خاک ارتباط دارد به‌طوری که تجزیه گونه‌های آلی فلزات سنگین باعث آزاد شدن این عناصر به شکل این‌گونه‌ها ممکن است برای محصولات کشاورزی سمی باشند (هودجی و جلالیان ۱۳۸۳). برآورده شده است که سمیت آلاینده‌های معدنی که هر سال در محیط

زیست رها می‌شوند از مجموع منابع آلی و مواد پرتوزا بیشتر است. بیشترین مسائل به احتمال زیاد شامل جیوه، کادمیوم، سرب، آرسنیک، نیکل، مس، روی، کروم، مولیبدن، منگنز، سلنیم، فلور و بر می‌باشد. کادمیوم و آرسنیک فوق‌العاده سمی هستند و بقیه عناصر دارای سمیت نسبتاً کم‌تری هستند (ریسی ۱۳۹۳). مطالعه‌ی ناظمی و همکاران (۱۳۸۹) درباره‌ی میزان عناصر آرسنیک، کروم، کادمیوم و سرب و روی در سبزیجات پرورش‌یافته در حومه‌ی شاهرود نشان داد که میانگین غلظت کروم، سرب و کادمیوم در سبزیجات بیش از استاندارد ارائه شده توسط سازمان بهداشت جهانی^۱ است.

۲-۵- اثرات فلزات سنگین بر انسان

فلزات سنگین در گیاهانی که در خاک‌های آلوده رشد کرده‌اند، تجمع می‌کنند و به این ترتیب وارد زنجیره غذایی انسان و حیوانات می‌شوند، اگرچه برخی از فلزات برای رشد بیولوژیکی لازم هستند ولی غلظت‌های کمی بیشتر از حد آستانه آنها برای حیات انسان بسیار خطر آفرین خواهد بود. فلزات سنگین دارای خاصیت تجمع‌پذیری بوده و در بافت‌های بدن موجودات زنده ذخیره می‌شوند. سیستم بیولوژیکی در تماس با غلظت‌های پایین فلزات در طی زمانی طولانی آنها را جذب کرده تا سرانجام غلظت‌شان در بافت‌های چربی، عضلانی، استخوانی و یا مفاصل بدن به حدی می‌رسد که اختلالات متعدد فزیولوژیکی را باعث می‌شوند (چراغی و همکاران ۱۳۹۱). انسان همیشه در معرض آلودگی با فلزات سنگین می‌باشد. این‌گونه فلزات با ترکیبات ضروری بدن از قبیل اکسیژن، گوگرد و ازت پیوند برقرار می‌نمایند. بیشتر ترکیبات ضروری بدن از جمله آنزیم‌ها و پروتئین‌ها دارای چنین گروه‌هایی می‌باشند در نتیجه فلزات سنگین موجب وقفه فعالیت آنزیم‌ها و اختلال در سنتز ترکیبات ضروری بدن می‌شوند (چراغی و قبادی ۱۳۹۳). تماس با فلزات سنگین، به ویژه برای کودکان در حال رشد به دلیل جذب بالای فلزاتی مانند سرب ایجاد عوارض مختلفی از جمله کم‌خونی، دردهای گوارشی، یبوست، کم‌خوابی، سردرد، خستگی، اضطراب، آسیب ریه‌ها، کلیه‌ها، گوارش و حتی سرطان همراه

¹ World Health Organization

است (کاظم زاده خویی و همکاران ۱۳۹۱). حد معمول و آستانه جذب فلزات سنگین توسط انسان در جدول (۲-۱) ارایه شده است (صالحی پور ۱۳۹۰).

جدول (۲-۱) حد معمول و آستانه جذب فلزات سنگین توسط انسان (mg/day) (صالحی پور ۱۳۹۰)

Pb	Cr	Fe	Cu	Cd	Zn	Ni
۰/۰۱-۰/۰۲	۰/۰۲-۰/۰۵	۱۰-۲۰	۲-۳	۰/۰۰۱-۰/۰۰۵	۱۰-۱۵	۰/۲-۰/۱
دامنه معمول						
۱	۵۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۰/۰۳	۲۰۰	۲۰
شروع سمیت						

۲-۵-۱-سرب و تاثیر آن بر انسان

سرب از عناصر شیمیایی واسطه است که در جدول تناوبی با نشان pb و عدد اتمی ۸۲ در گروه IVB قرار دارد. عنصری سنگین و چکش خوار است که دارای رنگ خاکستری کدر می باشد، هنگامی که تازه تراشیده شده، سفید مایل به آبی است، اما در معرض هوا به رنگ خاکستری تیره تبدیل می شود. این فلز با جرم اتمی ۲۰۷/۲ نقطه ذوبی برابر ۳۲۷ درجه سانتی گراد و نقطه جوش معادل ۶۲۰ درجه سانتی گراد قرار دارد (ثنایی ۱۳۸۸).

در بین فلزات سنگین سرب بیشترین مقدار را در محیط زیست به خود اختصاص داده است، زیرا سابقه مصرف سرب به هزاران سال قبل باز می گردد. گستردگی منابع سرب و فراوانی شاخه های مختلف صنعت در استفاده از این عنصر مانند رنگ سازی، مهمات سازی، صنایع رادیولوژی، پزشکی و افزون بر همه این ها استفاده گسترده آن در بنزین سبب گردیده تا این عنصر از پراکنش بسیار بالایی در تمام اکوسیستم ها برخوردار باشد. سرب یکی از آلاینده های عمده محیط بوده و برای انسان بسیار سمی است گرچه سرب را به عنوان یکی از عناصر کم تحرک شناخته اند، اما در صورت وجود فرم های محلول در محیط، ریشه گیاهی قادر خواهد بود مقادیر زیادی را از آن جذب نماید (کرمی و همکاران ۱۳۸۶).

ترکیبات آلکلی سرب که به شکل روغن موتور و ضدیخ به سوخت افزوده می‌شوند. سرب افزوده شده به سوخت، سرب موجود در باتری اتومبیل‌ها، از منابع ورود سرب به محیط هستند (شمالی و خداوردی لو ۱۳۹۱).

مسمومیت با سرب، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، یک خطر در حال افزایش جهت سلامتی است. سرب مسئول بسیاری از مسمومیت‌های فلزی در انسان است. این فلز در شکل غیرزیستی جذب دستگاه گوارش می‌شود. مهم‌ترین اثر این فلز، اثر بر روی جنین می‌باشد. هم‌چنین مسمومیت سرب می‌تواند باعث جلوگیری از سنتز هموگلوبین، عدم کارکرد و صحیح کلیه‌ها، سیستم تناسلی و سیستم گردش خون و آسیب حاد و مزمن به سیستم اعصاب مرکزی و محیطی می‌شود. اثرات دیگر این فلز شامل صدمه به سیستم گوارشی و دستگاه ادراری و در نتیجه خون ادراری، اختلالات عصبی و آسیب شدید مغزی است. اگر در بدن روی و کلسیم به مقدار کافی وجود نداشته باشد، جذب سرب تشدید می‌شود (میزان‌زاده و همکاران ۱۳۹۰). سرب که بیشتر از طریق فاضلاب کارخانجات باتری‌سازی، مهمات‌سازی و غیره وارد آب می‌گردد، بعد از ورود به بدن جایگزین کلسیم استخوان می‌شود (محمد شفیع و همکاران ۱۳۹۴).

سرب و کادمیم به عنوان دو عنصر سرطان‌زا در ایجاد انواع سرطان به‌ویژه گوارش شناخته شده است (مهاجر و همکاران ۱۳۹۳).

۲-۵-۲- کادمیم و تاثیر آن بر انسان

کادمیم عنصری شیمیایی، دارای جرم اتمی ۱۱۲/۴ و نقطه ذوب ۳۲۱ و نقطه جوش ۷۶ با نشان cd و عدد اتمی ۴۸ است. کادمیم عنصری نسبتاً کمیاب، نرم، با رنگ سفید مایل به آبی و فلز انتقالی سمی است که در سنگ معدن وجود داشته و در باتری‌ها به مقدار زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرد. فلزی دو ظرفیتی نرم، چکش‌خوار، انعطاف‌پذیر است. این عنصر از بسیاری جهات شبیه روی است اما کادمیم ترکیبات پیچیده بیشتری به‌وجود می‌آورد (ثنایی ۱۳۸۸).

کادمیوم از سمی ترین فلزها در محیط زیست است که حلالیت و تحرک بسیار بالایی دارد و به راحتی از خاک به گیاه انتقال می یابد. کادمیم در تایلر خودروها وجود دارد و از طریق استهلاک خودروها و انتشار ترافیکی به محیط شهری اضافه می شود (سلیمی و همکاران ۱۳۹۴).

گیاهان می توانند بدون اینکه صدمه ای ببینند مقادیر زیادی کادمیم را در خود جمع کنند (مهاجر و- همکاران ۱۳۹۳). غلظت های نسبتاً زیاد کادمیم می تواند، در بخش های خوراکی گیاه تجمع یابد، بدون اینکه علائم بیماری و تأثیرگذاری در گیاه آشکار شود. تجمع کادمیم در گیاهان می تواند پتانسیل جذب این عنصر توسط انسان را افزایش دهد و این امر در حالتی صورت می گیرد که این گیاهان جز جیره غذایی باشند. کادمیم دارای ویژگی انباشتگی زیستی در بافت های موجودات زنده می باشد. بنابراین خطرات ناشی از مصرف یک ماده غذایی آلوده به فلزات سنگین به خصوص کادمیوم حتی به میزان اندک، زیاد است (شکرزاده و همکاران ۱۳۹۲).

کادمیوم در تغذیه گیاه عنصری سمی است و در تغذیه انسان و دام نیز یک آلاینده محسوب می شود و غلظت زیاد آن در بخش خوراکی گیاهان برای سلامتی افراد جامعه بسیار خطرناک است (صلحی و همکاران ۱۳۸۴).

سالیانه حدود ۳۸۰۰۰ تن کادمیم به خاک های جهان اضافه می شود که مقادیر زیادی از آنها مربوط به غبارهای جوی، پراکنش خاکسترها و ضایعات شهری است و غلظت های کم آن مربوط به مصرف کودهای شیمیایی و لجن فاضلاب است (هودجی و جلالیان ۱۳۸۳).

سبزیجاتی مانند جعفری قابلیت بالایی در جذب فلزات سنگین به خصوص کادمیوم و سرب دارند در واقع منابع اصلی این فلزات برای سبزیجات محل رشد آنها هستند که از طریق، ساقه و برگ جذب شده اند (لاکشواری و چاندرایا ۲۰۰۶).

در تحقیقی که بر روی جعفری برداشت شده از برخی مزارع همدان انجام گرفت مشخص شد که جعفری های کشت شده در این منطقه به کادمیوم و سرب آلوده بوده اند و نشان از انتقال بسیار ساده

کادمیوم و سرب از خاک به سبزی جعفری است و بیانگر این است که برای مصرف انسان سالم نبوده است (چراغی و قبادی ۱۳۹۳).

کادمیوم یک فلز با سمیت زیاد بوده و ورود آن در چرخه غذایی انسان موجب نگرانی‌هایی شده است. یکی از مناطق مهم آلوده به کادمیم در دنیا، در خاک‌های اطراف زمین‌های کشاورزی است که در آن برای تقویت خاک از کودهای شیمیایی فسفات و یا از لجن فاضلاب استفاده می‌شود (مردانی و همکاران ۱۳۸۹).

کادمیوم به واسطه وارد شدن به زنجیره غذایی انسان ایجاد سرطان می‌کند اما به ندرت به صورت علت سمیت گیاهی و زراعت اهمیت دارد. مهم‌ترین اثرات سوء کادمیوم تجمع آن در قشر فوق کلیوی بوده و زمانی که غلظت آن به ۲۰۰ میکروگرم در هر کیلوگرم وزن کلیه برسد سبب از کار افتادن مجاری کلیوی می‌شود. نرم شدن استخوان‌ها به واسطه اختلال در موازنه کلسیم و فسفر از دیگر علائم مسمومیت کادمیوم می‌باشد از عوارض طولانی مدت در معرض قرارگیری کادمیوم، بیماری‌های قلبی و تغییرات استخوانی است (امامقلی ۱۳۹۱).

کادمیوم که از طریق مخازن و لوله‌های گالوانیزه، زائدات صنعتی الکترونیکی، حشره‌کش‌ها، پلاستیک‌ها و رنگ‌ها و غیره وارد محیط می‌گردد، بعد از ورود به بدن جایگزین روی شده و باعث اختلال در کار بعضی از آنزیم‌ها از جمله آدنزین تری فسفات می‌گردد. عوارض سوء ناشی از کادمیوم شامل افزایش فشار خون، تخریب کلیه‌ها، تخریب بافت‌های بیضه و تخریب گلبول‌های قرمز، برونشیت و غیره می‌باشد. به بیماری ناشی از کادمیوم در ژاپن ایتای- ایتای گویند (محمد شفیع و همکاران ۱۳۹۴).

۲-۵-۳- نیکل و تاثیر آن بر انسان

عنصر ۲۸، وزن اتمی آن ۵۸/۷۱ و در گروه هشتم جدول تناوبی می‌باشد. فلزی مقاوم، چکش‌خوار، نسبتاً کمیاب، براق با ساختار بلورین و مکعبی شکل به رنگ سفید و نقره‌ای است. از نظر خواص مغناطیسی و فعالیت شیمیایی شبیه به آهن و کبالت است (ثنایی ۱۳۸۸).

نیکل به عنوان یک فلز سنگین، نقش مهمی را در گیاهان ایفا می‌کند. این عنصر در غلظت‌های پائین اثر سمی بر گیاه ندارد ولی در غلظت‌های بالا برای گیاهان سمی است (صالحی‌پور ۱۳۹۰). نیکل باعث کاهش وزن بدن، صدماتی به قلب و کبد می‌شود. سمیت نیکل به صورت آلرژی، سرطان، اختلالات تنفسی، تاخیر در رشد و کاهش خون سازی دیده می‌شود (امامقلی ۱۳۹۱).

۲-۵-۴- روی و تاثیر آن بر انسان

روی عنصری با وزن اتمی ۶۵/۳۸، چگالی ۷/۱۳۳ و نقطه ذوب ۳۱۹/۸۳ درجه سانتی‌گراد است. در گروه دوم از عناصر واسطه در جدول تناوبی قرار دارد. رنگ آن سفید متمایل به آبی است که در اثر رطوبت هوا تیره رنگ می‌شود و در حین احتراق رنگ سبز براقی تولید می‌کند. روی بعد از آهن، آلومینیوم و مس چهارمین فلز مورد استفاده در دنیا می‌باشد و جزء عناصر کمیاب در خاک محسوب می‌شود. روی برای آبکاری الکتریکی فلزها استفاده می‌شود تا از زنگ‌زدگی آنها جلوگیری کند. روی در تولید و فعالیت آنزیم‌ها، همچنین در ایجاد پروتئین مؤثر است. کمبود روی باعث کوچک ماندن برگ‌های گیاه و کوتاه شدن فاصله میان گره‌ها می‌شود (ثنایی ۱۳۸۸).

هنگامی که فلز روی در خاک و در نهایت در بافت‌های گیاهی تجمع می‌یابد بسته به گونه گیاهی موجب تغییر در برخی فرآیندهای متابولیکی گیاه شده و از این طریق در رشد و نمو گیاهان اختلال ایجاد می‌کند. هرچه قدر روی عنصری ضروری برای رشد و فعالیت‌های حیاتی در گیاه و انسان است اما مقادیر بالای آن در بدن انسان آثار سوئی دارد (شمالی و خداوردی لو ۱۳۹۱). مصرف کوتاه مدت روی باعث عوارضی چون دل‌پیچه، اسهال و تهوع است، و در طولانی مدت منجر به بیماری‌های سیستم عصبی، آسیب لوزالمعده و کاهش الکترولیت‌ها می‌گردد (رجایی و پورخباز ۱۳۹۱).

۲-۵-۵- کروم و تاثیر آن بر انسان

کروم دارای عدد اتمی ۲۴، دارای نقطه ذوب ۱۹۰۷ و نقطه جوش ۲۶۷۱ درجه سانتی‌گراد است. کروم فلزی سخت، براق و به رنگ خاکستری می‌باشد، در برابر زنگ‌زدگی و سیاه شدن مقاوم است. در متالورژی برای مقاوم کردن در مقابل پوسیدگی استفاده می‌شود (ثنایی ۱۳۸۸).

کروم از دیگر فلزات سنگین سمی و خطرناک است که تماس انسان با این فلز منجر به زخم و التهاب معده، خونریزی سیستم گوارش، درماتیت، سرطان ریه و راه‌های هوایی می‌شود (شکرزاده و همکاران ۱۳۹۲). کمبود کروم در بدن باعث تصلب شرایین می‌شود. گرد و غبار حاوی کروم شش ظرفیتی باعث صدمه به کلیه‌ها و شش‌ها می‌گردد (کمرئی و همکاران ۱۳۸۸).

۲-۶- بررسی خطر پذیری عناصر سنگین بر انسان

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 نهایتاً خطراتی را بر جامعه بشری وارد سازد. در تحقیقی که توسط هارمانسکو و همکاران (۲۰۱۱)، بر روی سبزیجاتی که در مناطق معدنی رشد کرده بودند صورت گرفت، شاخص خطر و سلامت برای فلزات کادمیوم، نیکل، سرب و روی برآورد شد و مشخص گردید در مناطق آلوده شاخص خطر و سلامت، برای فلز سرب بالاتر از یک و کادمیوم، نیکل و روی کمتر از یک می‌باشد.

در مطالعه‌ای که افشاری و همکاران (۱۳۹۴) انجام دادند، نتایج نشان از احتمال خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی برای هر یک از عناصر روی، مس، نیکل و کروم در دو گروه سنی کودکان و بزرگسالان، کمتر از یک به دست آمد که نشان می‌دهد مصرف‌کنندگان از این محصولات در محدوده امن بیماری‌های غیرسرطانی قرار دارند.

قشلاقی و همکاران (۲۰۰۸) میزان خطرپذیری زیستی از مصرف محصولات کشاورزی مناطق اطراف شیراز که با فاضلاب شهری آبیاری شده بودند را مورد ارزیابی قرار دادند، مقدار پتانسیل خطرپذیری برای کادمیوم از مصرف محصولات کشاورزی را بیشتر از یک گزارش کردند.

در پژوهش خیرآبادی و همکاران (۱۳۹۴) روی گیاهان زراعی خوراکی عمده در استان همدان، نتایج نشان داد که شاخص خطرپذیری عناصر سنگین برای همه گروه‌های سنی مورد مطالعه بزرگ‌تر از یک می‌باشد، بنابراین کودکان و بزرگسالان این منطقه ممکن است یک خطر بالقوه غیرسرطانی را به علت دریافت عناصر سنگین تجربه کنند.

صالحی‌پور و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی محصولات کشاورزی منطقه اصفهان شاخص خطرپذیری را برای مردان و زنان به ترتیب ۲/۶ و ۲/۹ گزارش نمودند، که نشان‌دهنده اثرات سوء بیماری‌های غیر-سرطانی از مصرف محصولات کشاورزی مورد مطالعه می‌باشد.

در مطالعه‌ای که توسط کرمی و همکاران (۱۳۸۶) انجام گرفت، نتایج تجزیه گیاه نشان داد که لجن فاضلاب اثر معنی داری بر غلظت کادمیوم ریشه و ساقه و سرب دانه داشت و نتایج نشان داد که لجن فاضلاب به صورت باقی مانده و تجمعی غلظت عناصر سنگین در خاک و گیاه را افزایش داده است.

وانگ و همکاران (۲۰۰۶) میزان خطرناشی از تجمع فلزات و در گیاهان موجود در چهار روستا و میزان خطر ناشی از تجمع این فلزات را در زنجیره غذایی افراد ساکن در اطراف معدن Baiyin چین مورد بررسی قرار دارند. نتایج نشان داد که غلظت فلزات از سطح استاندارد و تعیین شده بالاتر بود. گیاهان برگدار به طور معنی دار بیش از گیاهان فاقد برگ حاوی غلظت بالایی از فلزات سنگین بودند.

در مطالعه ای که توسط گوپتا و همکارانش (۲۰۱۲) صورت گرفت نتایج نشان داد، غلظت سرب، روی و کادمیوم در سبزی اسفناج و تربچه در بالاترین سطح است، تجمع این فلزات سنگین در سبزیجات برگی به مراتب بیشتر از سبزیجات ریشه ای و غده ای است.

ترابیان و مهجوری (۱۳۸۱) در تحقیقی چهارساله بر روی گیاهان اراضی جنوب تهران، بالاترین مقدار روی را در ریحان ۴۳، کروم را در شاهی ۸۶ و نیکل را در شویید و جعفری ۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کردند.

هو و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که ارزیابی خطر بیماری‌های غیرسرطانی کمتر از یک برای کودکان و بزرگسالان می‌باشد، آن‌ها بیان داشتند که عناصر سنگین از طریق مصرف سبزیجات، سلامت مصرف کننده را تهدید نمی‌کند ولی بایستی به خطر تجمع در طولانی مدت عناصر سنگین مخصوصا در کودکان توجه شود.

بو و همکاران (۲۰۰۹) میزان خطرپذیری سلامت عمومی از مصرف سبزیجات را در چین مورد بررسی قرار دادند، نتایج نشان داد که غلظت عناصر سرب، کادمیوم، مس، کروم، آرسنیک و نیکل در

سبزیجات کشت شده در مزارع بالاتر از سبزیجات گلخانه‌ای می‌باشد. میزان جذب روزانه سرب، کادمیوم، مس، کروم، آرسنیک و نیکل و روی از مصرف سبزیجات برای بزرگسالان به ترتیب برابر با ۰/۲۸، ۰/۰۶، ۳/۱۴، ۰/۱۴، ۰/۰۸، ۰/۳۳ و ۱/۵۷ میکروگرم بر کیلوگرم وزن مشخص می‌باشد. در میان عناصر مورد مطالعه، آرسنیک بیشترین مشارکت را در شاخص خطرپذیری کل دارا می‌باشد. میزان شاخص خطرپذیری برای هر سه گروه سنی مورد مطالعه کمتر از یک می‌باشد.

عقیلی و همکاران (۲۰۰۹) احتمال خطرپذیری از مصرف محصولات گلخانه‌ای خیار، گوجه فرنگی و فلفل دلمه‌ای را برای گروه سنی کودکان، نوجوانان و بزرگسالان به ترتیب ۲/۰۳، ۰/۶۷ و ۰/۴۵ گزارش کردند، نتایج نشان دهنده احتمال خطرپذیری بالا در گروه سنی کودکان از طریق مصرف این محصولات است.

بیگی هرچگانی و طالبی (1392) در مطالعه اثر آبیاری با پساب شهری بر انباشت برخی فلزات سنگین در خاک و دانه‌های گندم و ذرت و خطرات بهداشتی آنها در منطقه طاقانک شهرکرد، غلظت کروم، کادمیوم و سرب را در دانه‌های گندم و ذرت فراتر از حد مجاز گزارش کردند. در مطالعه ایشان، شاخص خطر سرب برای کودکان و بزرگسالان در گندم و ذرت و شاخص خطر کادمیوم برای کودکان در ذرت بزرگتر از یک به دست آمد که به مفهوم خطر جدی مصرف گندم و ذرت تولید شده در این ناحیه می‌باشد.

در مطالعه‌ای که خان و همکاران (۲۰۱۳) بر روی محصولات کشاورزی (میوه و سبزی) پاکستان انجام دادند، میزان احتمال خطرپذیری برای عناصر کروم، نیکل، روی، مس و منگنز را کمتر از یک، و برای کادمیوم بیشتر از یک گزارش کردند.

در تحقیقی که ارفع‌نیا و همکاران (۱۳۹۵) بر روی محصولات کشاورزی (سبزیجات برگی و غده‌ای) مزارع شهرستان دیر استان بوشهر انجام دادند، بالاترین میزان ضریب خطر در اسفناج مشاهده کردند، که مقدار ۰/۱۱۵ برای روی، ۱/۲۸۴۶ برای کادمیوم، ۰/۲۰۳ برای مس و ۱/۹۱۴۱ را برای سرب گزارش کردند.

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳-۱- توصیف منطقه

۳-۱-۱- موقعیت جغرافیایی

شهر ورامین در ۴۰ کیلومتری جنوب شرقی تهران، در حاشیه شمال غربی کویر مرکزی و در طول جغرافیایی ۵۱ درجه، ۴۰ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۰ دقیقه در ارتفاع تقریبی ۱۰۰۰ متر از سطح دریا واقع شده است (شکل ۳-۱). مساحت شهرستان ورامین حدود ۱۷۸۸۰۰ کیلومتر مربع است. از جنوب به دریاچه نمک، از غرب به حسن آباد قم، از شمال به دامنه های جنوبی البرز و از شرق به گرمسار می رسد. از نظر تقسیمات اداری سیاسی شهرستان ورامین دارای ۴ شهر، ۴ بخش، ۸ دهستان، ۵۷ آبادی دارای سکنه می باشد (اطلس گیتاشناسی ۱۳۸۳) و (شیرکوند ۱۳۸۹).

۳-۱-۲- ویژگی های آب و هوایی و اقلیم منطقه

اقلیم این حوزه خشک می باشد و از ویژگی های آن بارندگی کم، گرمای زیاد و دوره خشک طولانی می باشد. بیشترین بارندگی در زمستان و کمترین آن در تابستان است. بالاترین میزان دما در ورامین با ۴۱/۸ درجه مربوط به مردادماه و کمترین میزان دما با ۸/۱۶- درجه مربوط به بهمن ماه بوده است. میزان بارندگی سالیانه در ایستگاه ورامین ۲۱۸ میلی متر بوده است، ورامین دارای ۷۶ روز یخبندان در سال می باشد. موقعیت منطقه ورامین بین البرز و کویر مرکزی موجب می گردد که این منطقه از جهت های مختلف تحت تاثیر نیروی باد قرار گیرد (شیرکوند ۱۳۸۹).



شکل (۱-۳) نقشه شهرستان ورامین

۳-۲- جمع آوری نمونه

برای تعیین غلظت عناصر سنگین موجود در گیاهان منطقه، تعداد ۳۰ نمونه از محصولات کشاورزی در تابستان ۱۳۹۴ جمع آوری شد، نمونه‌ها از سه مزرعه ورامین، از قسمت‌های سالم گیاه برداشت گردید و در پاکت‌های کاغذی قرار داده شد. نمونه‌های برداشت شده شامل ۳ نمونه خیار^۱، ۳ نمونه فلفل دلمه‌ای^۲، ۳ نمونه گوجه‌فرنگی^۳، ۳ نمونه بادمجان^۴، ۳ نمونه کدو^۵، ۳ نمونه جعفری^۱، ۳ نمونه شاهی^۲، ۳ نمونه گیشنیز^۳، ۳ نمونه نعنا^۴ و ۳ نمونه تربچه^۵ می‌باشد.

^۱ Cucumber

^۲ Bellpeper

^۳ Tomato

^۴ Eggplant

^۵ Zuchini

۳-۳- آماده سازی و تجزیه نمونه

نمونه های گیاه پس از شست و شو با آب مقطر، به مدت ۷۲ ساعت در خشک کن الکتریکی در دمای ۷۰ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت قرار داده شدند. سپس نمونه های خشک شده توسط آسیاب پودر شدند. برای عصاره گیری گیاه، یک گرم از نمونه خشک گیاه در داخل بوته چینی به مدت ۲ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد در کوره الکتریکی خاکستر شد، پس از افزودن ۱۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۲ مولار نمونه ها در دستگاه به روش بن ماری حرارت داده شد و عصاره صاف شده در بالن ژوژه ۵۰ میلی لیتری جمع آوری شد. پس از اتمام مراحل عصاره گیری غلظت سرب، نیکل و روی با دستگاه جذباتمی^۶ و کروم و کادمیوم با دستگاه طیف سنجی پلاسمای جفت شده القایی^۷ اندازه گیری شد.

۳-۴- محاسبه احتمال خطرپذیری افراد به بیماری های غیر سرطانی

برای محاسبه احتمال خطرپذیری افراد به بیماری های غیر سرطانی از فرمول ارایه شده توسط سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا^۸ (سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا ۱۹۹۷) استفاده شد. ابتدا میزان جذب آلاینده ها از طریق ماده غذایی به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن در روز با استفاده از رابطه (۳-۱) محاسبه شد.

$$EDI = (C \times IR \times AF \times EF \times ED \times CF) / (BW \times AT) \quad (\text{رابطه ۳-۱})$$

EDI^9 : مقدار جذب روزانه آلاینده ($mg \cdot kg^{-1} \cdot day^{-1}$)

C^{10} : غلظت آلاینده در غذا ($mg \cdot kg^{-1}$)

IR^1 : میزان مصرف غذا در هر روز ($mg \cdot day^{-1}$)

¹ Parsley

² Cress

³ Cilantro

⁴ Mint

⁵ Radish

⁶ Atomic Absorption Spectrometry

⁷ Inductively coupled plasma

⁸ United States Environmental Protection Agency

⁹ Estimated daily intake

¹⁰ Concentration in a specific medium

AF^2 : مقدار آلاینده که از طریق غذا جذب بدن می‌شود. این ضریب بین ۰/۲۵ تا ۰/۴ متغیر می‌باشد.

معمولا برای محاسبه خطرپذیری از ضریب ۰/۴ استفاده می‌شود.

EF^3 : دفعات مصرف در سال را نشان می‌دهد ($days\ year^{-1}$)

ED^4 : تعداد سال‌هایی را که از این ماده خوراکی استفاده می‌شود را نشان می‌دهد (Years)

CF^5 : فاکتور تبدیل ($kg\ mg^{-1} \times 10^{-6}$)

BW^6 : وزن بدن (kg)

AT^7 : از حاصلضرب ED در تعداد روزهای سال به دست می‌آید (days)

سپس احتمال خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی با استفاده از رابطه (۲-۳) محاسبه می‌شود.

$$THQ = EDI / RFD \quad (\text{رابطه ۲-۳})$$

EDI: مقدار جذب محاسبه شده از رابطه (۳-۱)

RFD^8 : برای هر عنصر مقدار مشخصی است، این مقدار با آزمایش بر روی حیوانات به دست آمده و

نشان دهنده حداکثر غلظتی از عنصر است که برای موجودات مشکلی ایجاد نکرده است. این پارامتر

برای عناصر سرب، نیکل، روی، کروم به ترتیب 4×10^{-3} ، 2×10^{-2} ، 3×10^{-1} و ۱/۵ و واحد آن

همچنین ($mg\ kg^{-1}\ day^{-1}$) می‌باشد (سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا ۲۰۰۰).

۳-۵- شاخص خطرپذیری کل $(HI)^9$

مقدار خطرپذیری کل از حاصل جمع احتمال خطرپذیری تک تک عناصر در محصولات مختلف با هم

(برای هر گروه سنی) به دست می‌آید. رابطه (۳-۳) نشان دهنده شاخص خطرپذیری کل می‌باشد.

$$HI = EDI_1 / RFD + EDI_2 / RFD + \dots + EDI_n / RFD \quad (\text{رابطه ۳-۳})$$

¹ Ingestion or intake rate

² Absorption factor

³ Exposure frequency

⁴ Exposure duration

⁵ Conversion factor

⁶ Body weight

⁷ Averaging time

⁸ Oral reference dose

⁹ Hazard index

برای میزان مصرف سبزیجات مقدار میانگین در نظر گرفته شده است.

دفعات مصرف (EF) تعداد روزهایی که در یک سال از محصولات کشاورزی مورد آزمایش استفاده می شود، را نشان می دهد که در این مطالعه ۳۶۵ روز در سال در نظر گرفته شده است. طول دوره مصرف (ED) در این مطالعه برای زنان و مردان هر دو ۴۰ سال و برای کودکان ۳ سال در نظر گرفته شد. فاکتور جذب (AF) نیز ۱۰۰ درصد (۰/۴) در نظر گرفته شد. گروه های سنی که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفتند سه گروه شامل زنان (۳۰-۵۴ سال)، مردان (۳۰-۵۴ سال) و کودکان (۳-۷ سال) می باشند. وزن بدن برای زنان و مردان به ترتیب ۶۲ و ۷۳ و کودکان ۱۶/۹۵ کیلوگرم در نظر گرفته شد (سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا ۱۹۹۷) و (محمدی فر و همکاران ۲۰۰۶). هم چنین میزان مصرف محصولات کشاورزی در هر گروه سنی از داده های محمدی فر و همکاران (۲۰۰۶) و صالحی-پور (۱۳۹۰) به دست آمد.

۳-۶- محاسبه احتمال خطرپذیری به بیماری های سرطانی

برای محاسبه خطرپذیری به بیماری های سرطانی از رابطه (۳-۴) استفاده می شود.

$$\text{Risk} = \text{SF} \times \text{EDI} \quad (\text{رابطه ۳-۴})$$

SF^1 : بر حسب واحد عامل شیب، این عامل نیز با مطالعات آزمایشگاهی و تعیین حد سرطان زایی آن مشخص شده در منابع وجود دارد. مقدار این عامل برای برخی عناصر که حد سرطان زایی آن مشخص شده در منابع موجود است (mg kg^{-1}).

EDI: مقدار جذب روزانه را نشان می دهد.

۳-۷- تجزیه و تحلیل آماری

برای وارد کردن داده ها و رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

¹ Slope factor

فصل چہارم

نتایج و بحث

۴-۱- غلظت فلزات سنگین موجود در محصولات کشاورزی مورد

مطالعه

غلظت کادمیوم در نمونه‌ها کمتر از حد تشخیص دستگاه بود.

۴-۱-۱- غلظت روی در نمونه‌های مورد مطالعه

دامنه‌ی طبیعی روی در بافت گیاهی ۱۵-۲۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم و حد سمیت آن بیش از ۲۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم در گیاه گزارش شده است. براساس استاندارد تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی حداکثر غلظت مجاز روی در سبزیجات ۶۰ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (سازمان بهداشت جهانی ۱۹۹۹).

جدول (۴-۱) وضعیت آماری عنصر روی را در محصولات کشاورزی مطالعه شده در شهرستان ورامین نشان می‌دهد. بر اساس نتایج به دست آمده میانگین غلظت همه‌ی نمونه‌ها از حداکثر مجاز روی بر اساس استاندارد سازمان بهداشت کمتر است، اما حداکثر غلظت نعنا و شاهی بیشتر از حداکثر غلظت مجاز است.

تابنده و طاهری (۱۳۹۵) در تحقیقات خود بالاترین غلظت روی را در گروه سبزیجات برگی و پائین ترین غلظت این عنصر در محصولات سیب زمینی گزارش کردند.

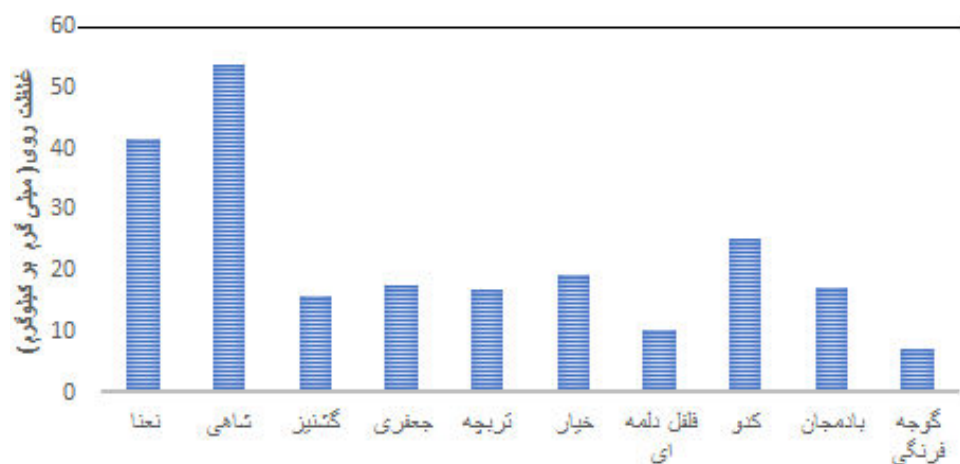
در مطالعه ای که چراغی و قبادی (۱۳۹۳) در سبزی جعفری برداشت شده از مزارع همدان انجام دادند، گزارش شد که میانگین غلظت روی با ۲۵/۲۳ میلی گرم بر کیلوگرم در گیاه جعفری دارای بیشترین مقدار است.

هودجی و جلالیان (۱۳۸۳) میزان روی را در منطقه اطراف فولاد مبارکه برای یونجه، گوجه‌فرنگی، گندم، جو و ریحان به ترتیب ۳۵، ۴۹/۳، ۵۴/۴، ۲۳/۳ و ۳۶/۷ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک گزارش کردند.

جدول (۴ - ۱) غلظت روی بر اساس وزن خشک در نمونه های مورد مطالعه (mgkg^{-1})

نمونه‌ها	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
نعنا	۴۱/۶۳	۱۸/۲۹	۲۹/۹۵	۶۲/۷
شاهی	۵۳/۶۸	۱۶/۱۸	۳۷/۸۷	۷۰/۲
گشنیز	۱۵/۸۷	۲/۶	۱۴/۲۵	۱۸/۹
جعفری	۱۷/۶۰	۳/۵۶	۱۳/۵	۲۰
تربچه	۱۶/۷۳	۰/۶۶	۱۶	۱۷/۳
خیار	۱۹/۴۳	۳/۶۷	۱۵/۷۵	۲۳/۱
فلفل دلمه‌ای	۱۰/۴۳	۱/۹۴	۹/۲	۱۱/۷
کدو	۲۵/۲۲	۱/۲۵	۲۳/۴۵	۲۷/۳
بادمجان	۱۷/۲۵	۱/۹۱	۱۵/۷۵	۱۹/۲
گوجه‌فرنگی	۷/۰۳	۱/۷۶	۴/۹	۸/۶

مقایسه میانگین بین محصولات کشاورزی مورد مطالعه در شکل (۱-۴) نشان داده شده است. در این تحقیق شاهی بیشترین غلظت و گوجه‌فرنگی کمترین غلظت را در بین نمونه‌ها دارا هستند.



شکل (۴-۱) مقایسه میانگین غلظت روی در نمونه های مورد مطالعه

۴-۱-۲- غلظت سرب در نمونه های مورد مطالعه

جدول (۲-۴) وضعیت آماری سرب در محصولات کشاورزی مورد مطالعه نشان می‌دهد.

نمونه های گشنیز، نعنا، تربچه، شاهی و جعفری با میانگین ۰/۸، ۰/۹۲، ۰/۵، ۱/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم غلظتی بالاتر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی دارند. نمونه های بادمجان فاقد سرب

هستند و خیار، فلفل دلمه‌ای، کدو و گوجه فرنگی، دارای غلظتی پایین‌تر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی می‌باشند. بر اساس استاندارد سازمان جهانی بهداشت حداکثر مجاز سرب در سبزیجات ۰/۳ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (سازمان بهداشت جهانی 1999).

در مطالعه‌ای که صالحی‌پور و همکاران (۱۳۹۰) انجام دادند، بر اساس نتایج به دست آمده، میانگین غلظت سرب در سبزی‌های مصرفی استان اصفهان ۰/۸۸ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش گردید.

افشاری و همکاران (۱۳۹۴) بالاترین غلظت سرب در گیاهان شوید، یونجه، ریحان و شاهی در برخی محصولات کشاورزی اطراف شهر زنجان گزارش کردند.

در پژوهش حاضر در بین نمونه‌های مورد مطالعه جعفری با حداقل ۰/۸۵ و حداکثر ۱/۲۵ میلی گرم در کیلوگرم دارای بیشترین غلظت سرب است.

چراغی و قبادی (۱۳۹۳) میانگین غلظت سرب در گیاه جعفری را بالاتر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی گزارش کردند.

مهاجر و همکاران (۱۳۹۳) میانگین غلظت سرب در محصولات کشاورزی نمونه برداری شده در اصفهان، بالاتر از استاندارد تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی گزارش کردند.

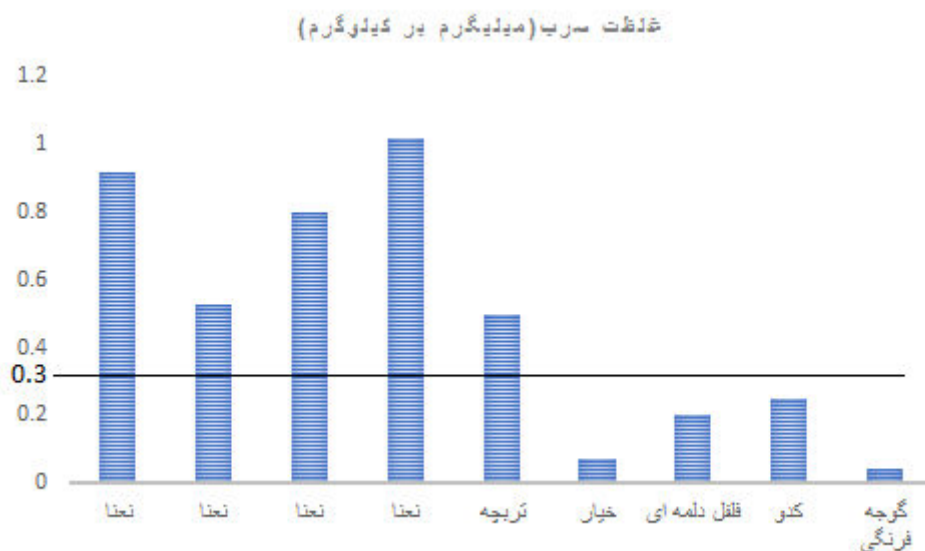
در مطالعه‌ای بیگدلی و سلیس پور (۲۰۰۸) به بررسی مقدار فلزات سنگین در اراضی کشاورزی شهر ری پرداختند و غلظت سرب را در همه محصولات مورد مطالعه بیشتر از حد مجاز استاندارد تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی اعلام کردند.

جدول (۲-۴) غلظت سرب بر اساس وزن خشک گیاه در نمونه های مورد مطالعه (mgkg^{-1})

نمونه ها	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
نعنا	۰/۹۲	۰/۶۸	۰/۴۵	۱/۷
شاهی	۰/۵۳	۰/۴۰	۰/۱	۰/۸۵
گشنیز	۰/۸	۰/۲۰	۰/۶	۱
جعفری	۱/۰۲	۰/۲۰	۰/۸۵	۱/۲۵
ترپچه	۰/۵	۰/۰۹	۰/۳۸	۰/۵۶
خیار	۰/۰۷	۰/۱۲	۰	۰/۲
فلفل دلمه ای	۰/۲	۰/۲۱	۰	۰/۶
کدو	۰/۲۵	۰/۳۵	۰	۰/۴
بادمجان	*	-	-	-
گوجه فرنگی	۰/۰۴	۰/۰۷	۰	۰/۱۲

* کمتر از حد تشخیص دستگاه

مقایسه میانگین بین محصولات کشاورزی مورد مطالعه در شکل (۲-۴) نشان داده شده است. در این تحقیق جعفری با ۱/۰۲ و نعنا با ۰/۹۲ میلی گرم در کیلوگرم بیشترین غلظت و گوجه فرنگی با ۰/۰۰۴ میلی گرم در کیلوگرم کمترین غلظت را در بین نمونه های مورد آزمایش دارد.



شکل (۲-۴) مقایسه میانگین غلظت سرب در نمونه های مورد مطالعه

۳-۱-۴-غلظت نیکل در نمونه های مورد مطالعه

جدول (۴-۳) وضعیت نیکل را در محصولات کشاورزی مورد مطالعه نشان می دهد .

حد مجاز نیکل در سبزیجات بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی ۶۶/۷ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (سازمان بهداشت جهانی ۱۹۹۹).

غلظت نیکل در همه‌ی نمونه‌های مورد مطالعه کمتر از استاندارد سازمان بهداشت جهانی است. در مطالعه که افشاری و همکاران (۱۳۹۴) بر روی برخی از محصولات کشاورزی انجام دادند، بر اساس نتایج مشخص گردید که، غلظت نیکل در همه‌ی گیاهان مورد مطالعه از حد مجاز نیکل بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی کمتر می‌باشد.

در پژوهش هودجی و جلالیان (۱۳۸۳) غلظت نیکل در اندام‌های هوایی محصولات کشاورزی در حد تشخیص دستگاه جذب اتمی نبود.

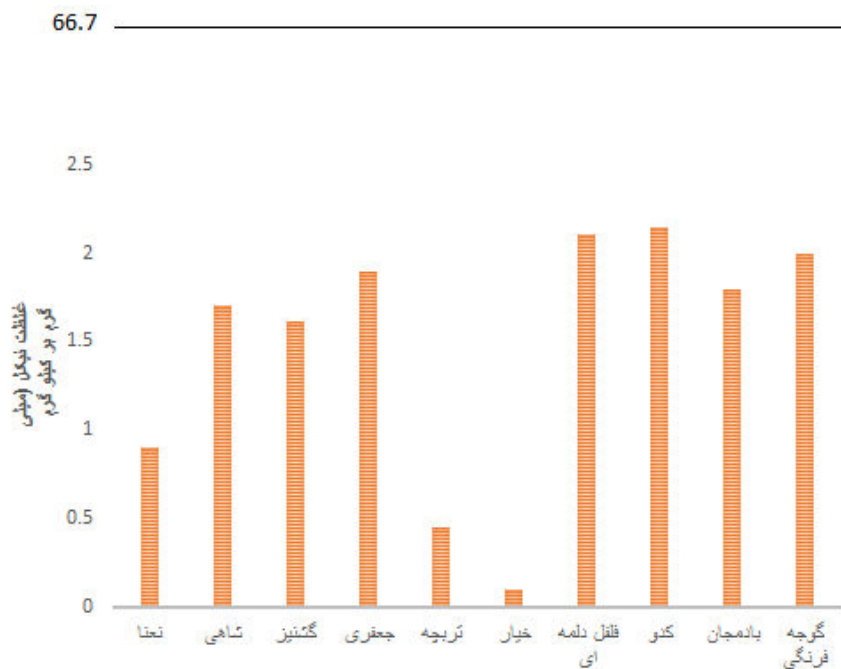
در تحقیقاتی مایاندا و همکاران (۲۰۰۷) غلظت نیکل موجود در سبزیجات ۶/۳ تا ۲/۵ میلی گرم بر کیلوگرم اعلام کردند.

میزان نیکل در گیاهان آلوده بین ۱۰۰-۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (کاباتا پندیاس ۲۰۰۱).

جدول (۴-۳) غلظت نیکل بر اساس وزن خشک گیاه در نمونه‌های مورد مطالعه (mgkg^{-1})

نمونه‌ها	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
نعنا	۰/۹	۰/۷۴	۰/۰۵	۱/۴۵
شاهی	۱/۷	۱/۴۶	۰	۲/۶۵
گشنیز	۱/۶۱	۱/۲۸	۰/۸۵	۳/۱
جعفری	۱/۹	۱۰/۲	۰	۳/۹
ترپچه	۰/۴۵	۰/۴۳	۰/۴۷	۰/۸۷
خیار	۰/۱	۰/۰۵	۰	۰/۱
فلفل دلمه‌ای	۲/۱۱	۱/۴۷	۰/۸۵	۳/۱۵
کدو	۲/۱۵	۱/۱۶	۰/۵	۳/۳۵
بادمجان	۱/۸	۰/۴۸	۱/۴	۲/۲
گوجه‌فرنگی	۲	۰/۴۰	۱/۵۶	۲/۵

مقایسه میانگین بین محصولات کشاورزی مورد مطالعه در شکل (۳-۴) نشان داده شده است. در بین نمونه ها غلظت نیکل موجود در کدو از سایر نمونه ها بیشتر می باشد. میانگین غلظت نیکل در کدو ۲/۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم است. خیار کمترین غلظت را در بین نمونه ها دارد .



شکل (۳-۴) مقایسه میانگین غلظت نیکل در نمونه های مورد مطالعه

۴-۱-۴- غلظت کروم در نمونه های مورد مطالعه

جدول (۴-۴) وضعیت کروم را در محصولات مورد مطالعه نشان می دهد.

دامنه طبیعی کروم برای گیاه ۰/۲-۱ میلی گرم بر کیلوگرم و غلظت آن در گیاهان آلوده بین ۵ تا ۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (کاباتا پندیاس ۲۰۰۱). حد آستانه کروم در سبزیجات براساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی، یک میلی گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (سازمان بهداشت جهانی ۱۹۹۹).

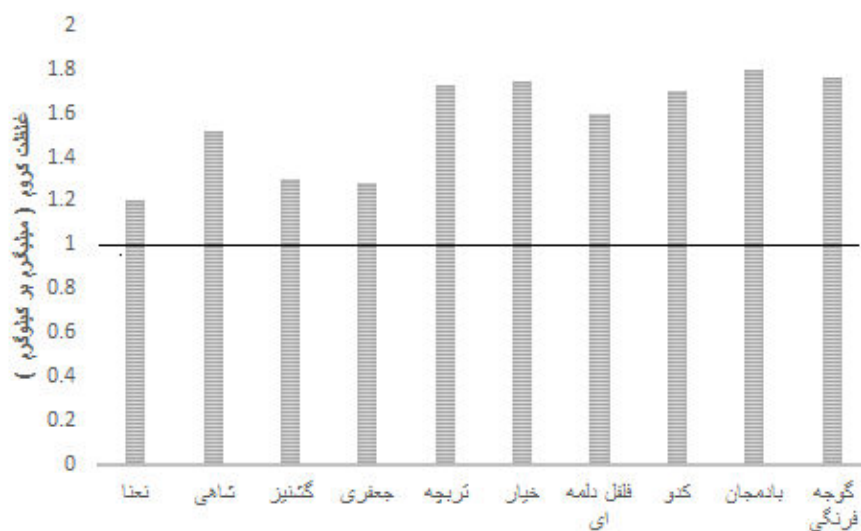
غلظت همه ی نمونه های مورد آزمایش از حد استاندارد بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی بیشتر است. در مطالعه ی سبحان اردکانی و همکاران (۱۳۹۳) نتایج نشان داد، غلظت عنصر کروم در نمونه های گیاهی مورد مطالعه بیش از حد استاندارد تعیین شده می باشد.

در مطالعه افشاری و همکاران (۱۳۹۴) غلظت کروم در سبزیجات مورد آزمایش بالاتر از استاندارد تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی گزارش شد.

جدول (۴-۴) غلظت کروم بر اساس وزن خشک گیاه در نمونه های مورد مطالعه (mgkg^{-1})

نمونه ها	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
نعنا	۱/۲۰	۰/۴۳	۰/۸۲	۱/۶۷
شاهی	۱/۵۲	۰/۵۴	۰/۹	۱/۹۱
گشنیز	۱/۳۰	۰/۴۳	۰/۷۷	۱/۶
جعفری	۱/۲۸	۰/۴۹	۰/۷۵	۱/۷۲
ترپچه	۱/۷۳	۰/۱۴	۱/۵۸	۱/۸۶
خیار	۱/۷۴	۰/۱۱	۱/۵۹	۱/۷۹
فلفل دلمه ای	۱/۶	۰/۲۰	۱/۵	۱/۶
کدو	۱/۷	۰/۰۳	۱/۴	۱/۸
بادمجان	۱/۸	۰/۱۲	۱/۶	۱/۹
گوجه فرنگی	۱/۷۶	۰/۱۳	۱/۵	۱/۸

مقایسه میانگین بین محصولات کشاورزی مورد مطالعه در شکل (۴-۴) نشان داده شده است. در بین نمونه ها، بادمجان با میانگین ۱/۸ بیشترین غلظت و نعنا با میانگین ۱/۲۰ کمترین غلظت را دارا هستند.



شکل (۴-۴) مقایسه میانگین غلظت کروم در نمونه های مورد مطالعه

۴-۲-ارزیابی خطرپذیری

۴-۲-۱-میزان جذب روزانه عناصر سنگین در غذای کودکان، مردان و زنان

از آنجا که محصولات کشاورزی بخش عمده‌ای از سبد غذایی خانواده ایرانی را تشکیل می‌دهد و ورامین قسمت عمده‌ای از محصولات کشاورزی شهرهای اطراف به خصوص تهران را تأمین می‌کند و یکی از راه‌های ورود عناصر سنگین به بدن انسان، استفاده از مواد غذایی است، لذا مقدار مصرف این محصولات در جدول (۴-۵) و نیز مقدار جذب روزانه عناصر سنگین در گروه کودکان، زنان و مردان به صورت جداگانه در جداول (۴-۶)، (۴-۷) و (۴-۸) ارائه شده است. مقدار میانگین مصرف کل سرب، نیکل، روی و کروم در نمونه‌های مورد آزمایش در کودکان به ترتیب ۰/۳۴، ۱/۹۳، ۲۴/۴ و ۲/۱۳ و در زنان به ترتیب ۱/۰۲، ۶/۸، ۸۳/۴۸ و ۶/۰۲ و در مردان به ترتیب ۱/۰۷، ۶/۶، ۸۱/۴۴ و ۶/۵۴ میکروگرم بر کیلوگرم در روز می‌باشد.

میانگین میزان مصرف روزانه قابل تحمل^۱ (PTDI) هر یک از عناصر در یک روز طبق استاندارد آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا نیز در جداول (۴-۶)، (۴-۷) و (۴-۸) نشان داده شده است (سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا). میزان مصرف روزانه سرب، نیکل، کروم و روی از طریق مصرف محصولات کشاورزی مورد مطالعه پائین‌تر از میزان مصرف قابل تحمل روزانه هر یک از عناصر بر اساس استاندارد آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا است و میانگین ورود روزانه عناصر سنگین مورد مطالعه در کودکان کمتر از مردان و زنان می‌باشد.

صالحی‌پور و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند، که میانگین ورود روزانه عناصر سنگین از مصرف سبزیجات و برنج در کودکان کمتر از بزرگسالان می‌باشد.

^۱ Provisional Tolerable Daily Intake

جدول (۴-۵) مقدار مصرف محصولات کشاورزی در کودکان، زنان و مردان (۱-gday) (محمدی فر و همکاران ۲۰۰۶) و (صالحی -

پور ۱۳۹۰)

محصولات کشاورزی	کودک (میانگین)	مرد (میانگین)	زن (میانگین)
سبزیجات برگی	۲/۵	۳۵/۵	۲۹/۹۵
سبزیجات بدون برگ	۸	۱۲۱	۱۰۸
سبزیجات ریشه‌ای	۵/۶	۲۱	۱۶/۵

جدول (۴-۶) مقدار جذب روزانه عناصر سنگین در کودکان در منطقه مورد مطالعه (۱-day - ۱-bw - ۱-gkg) (۴-۶)

نمونه‌ها	Pb	Cr	Zn	Ni
نعنا	۰/۰۵	۰/۰۷	۲/۵	۰/۰۵
شاهی	۰/۰۳	۰/۰۹	۳/۲	۰/۱
گیشنیز	۰/۰۴۷	۰/۰۷۶	۰/۹۳	۰/۰۹
جعفری	۰/۰۶	۰/۰۷۵	۱/۰۴	۰/۱
تریچه	۰/۰۶	۰/۲	۲/۲	۰/۰۶
خیار	۰/۰۱۳	۰/۳۳	۳/۷	۰/۰۱۹
فلفل دلمه‌ای	۰/۰۴	۰/۳	۲	۰/۴
کدو	۰/۰۵	۰/۳۲	۴/۸	۰/۴۰۵
بادمجان	*	۰/۳۴	۳/۲	۰/۳۴
گوجه فرنگی	۰/۰۰۷	۰/۳۳	۱/۳۲	۰/۳۷
کل	0/۳۴	۲/۱۳	۲۴/۴	۱/۹۳
PTDI	۳/۵۷	۸/۱۶	۱۰۰۰	۷

* کمتر از حد تشخیص دستگاه

جدول (۴-۷) مقدار جذب روزانه عناصر سنگین در مردان در منطقه مورد مطالعه (۱ day⁻¹ bw⁻¹ - ۱ μgkg)

نمونه‌ها	Pb	Cr	Zn	Ni
نعنا	۰/۱۸	۰/۲	۸/۱	۰/۱۷
شاهی	۰/۱	۰/۳	۱۰/۴۴	۰/۳
گیشنیز	۰/۱۶	۰/۲۵	۳/۱	۰/۳
جعفری	۰/۲	۰/۲۴	۳/۴	۰/۳۷
ترپچه	۰/۰۶	۰/۱۹	۳/۲۵	۰/۰۵
خیار	۰/۰۵	۰/۰۶	۱۳	۰/۰۷
فلفل دلمه ای	۰/۱۳	۱/۴	۷	۱/۴
کدو	۰/۱۶	۱/۴	۱۶/۷۲	۱/۴۲
بادمجان	*	۱/۲	۱۱/۴۳	۱/۲
گوجه فرنگی	۰/۰۳	۱/۳	۵	۱/۳۲
کل	۱/۰۷	۶/۵۴	۸۱/۴۴	۶/۶
PTDI	۳/۵۷	۸/۱۶	۱۰۰۰	۷

*کمتر از حد تشخیص دستگاه

جدول (۴-۸) مقدار جذب روزانه عناصر سنگین در زنان در منطقه مورد مطالعه (۱ day⁻¹ bw⁻¹ - ۱ μgkg)

نمونه‌ها	Pb	Cr	Zn	Ni
نعنا	۰/۱۸	۰/۲	۸/۰۴	۰/۱۷
شاهی	۰/۱	۰/۳	۱۰/۳۷	۰/۳
گیشنیز	۰/۱۵	۰/۲۵	۳/۰۶	۰/۳
جعفری	۰/۲	۰/۲۴	۳/۴	۰/۴
ترپچه	۰/۰۵	۰/۱۸	۳/۲۳	۰/۰۵
خیار	۰/۰۵	۰/۰۷	۱۳/۵۳	۰/۰۷
فلفل دلمه ای	۰/۱۴	۱/۱۱	۷/۲۷	۱/۴۷
کدو	۰/۱۷	۱/۲	۱۷/۵۷	۱/۵
بادمجان	*	۱/۲۵	۱۲/۰۱	۱/۲۵
گوجه فرنگی	۰/۰۳	۱/۲۲	۵	۱/۴
کل	۱/۰۲	۶/۰۲	۸۳/۴۸	۶/۸
PTDI	۳/۵۷	۸/۱۶	۱۰۰۰	۷

*کمتر از حد تشخیص دستگاه

۴-۲-۲- محاسبه احتمال خطرپذیری به بیماری های غیر سرطانی

احتمال خطرپذیری به بیماری های غیر سرطانی در محصولات کشاورزی مورد مطالعه در جداول (۴-۹)، (۴-۱۰) و (۴-۱۱) ارائه شده است. ارزیابی احتمال خطرپذیری به بیماری های غیرسرطانی براساس استفاده از شاخص خطرپذیری و (THQ) می باشد.

نتایج و محاسبات حاصل از محصولات مورد مطالعه نشان داد که، در گروه کودکان احتمال ابتلا به بیماری های غیرسرطانی از عناصر به صورت زیر است:

$$Ni > Pb > Zn > Cr$$

در گروه زنان احتمال ابتلا به بیماری های غیر سرطانی از عناصر به صورت زیر کاهش می یابد:

$$Ni > Zn > Pb > Cr$$

گروه مردان نیز مانند زنان است و به ترتیب نیکل بیشترین و کروم کمترین مقدار را دارا می باشد. چاری و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی احتمال خطر پذیری عناصر سنگین در سبزیجات رشد یافته در زمین های آبیاری شده با فاضلاب نشان داده اند که احتمال خطرپذیری برای روی از مصرف سبزیجات بالاست.

سینگ و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی احتمال خطرپذیری عناصر سنگین در سبزیجات نشان دادند که احتمال خطرپذیری کودکان برای عناصر سرب و نیکل بیشترین و کروم کمترین است.

در مطالعه ای که خیرآبادی و همکاران (۱۳۹۴) در استان همدان برای بررسی ارزیابی خطرپذیری عناصر سنگین از مصرف گندم و سیب زمینی انجام دادند. احتمال خطرپذیری به بیماری های غیرسرطانی برای هر یک از عناصر کروم و مس در دو گروه سنی کودکان و بزرگسالان کم تر از یک به دست آوردند و به صورت کلی گزارش کردند که ساکنان مصرف کننده این محصولات در منطقه مورد مطالعه در محدوده امن از نظر تأثیرات سوء بیماری های غیرسرطانی قرار گرفته اند.

در مطالعه‌ای که افشاری و همکاران (۱۳۹۴) برای ارزیابی خطر بر روی برخی محصولات کشاورزی اطراف شهر زنجان انجام دادند، احتمال خطرپذیری به بیماری‌های غیر سرطانی در دو گروه سنی کودکان و بزرگسالان را کم‌تر از یک بدست آوردند.

فرهاگوت و همکاران (۲۰۰۸) ارزیابی خطر عناصر سنگین از مصرف میوه و سبزیجات در اسپانیا نشان دادند که برای همه عناصر مورد مطالعه، احتمال خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی کمتر از یک است.

در مطالعه‌ای که تسافی و همکاران (۲۰۱۲) بر روی بررسی جذب فلزات سنگین و ارزیابی خطر آن در سبزیجات رشد یافته در شمال نیجریه انجام دادند، بیشترین احتمال خطرپذیری برای عناصر نیکل، روی، سرب و آلومینیوم گزارش کردند.

جدول (۹-۴) پتانسیل خطرپذیری عناصر سنگین در کودکان در منطقه مورد مطالعه

نمونه‌ها	Pb	Cr	Zn	Ni
نعنا	12×10^{-3}	4×10^{-5}	8×10^{-3}	2×10^{-3}
شاهی	75×10^{-4}	6×10^{-5}	1×10^{-2}	5×10^{-3}
گیشنیز	11×10^{-3}	5×10^{-5}	3×10^{-3}	4×10^{-3}
جعفری	15×10^{-3}	5×10^{-5}	35×10^{-4}	5×10^{-3}
تریچه	15×10^{-3}	1×10^{-4}	7×10^{-3}	3×10^{-3}
خیار	32×10^{-4}	22×10^{-5}	12×10^{-3}	9×10^{-4}
فلفل دلمه ای	1×10^{-2}	2×10^{-4}	6×10^{-3}	2×10^{-2}
کدو	12×10^{-3}	21×10^{-5}	16×10^{-3}	20×10^{-3}
بادمجان	*	23×10^{-5}	1×10^{-2}	17×10^{-3}
گوجه فرنگی	17×10^{-4}	22×10^{-5}	4×10^{-3}	18×10^{-3}

*کمتر از حد تشخیص دستگاه

جدول (۱۰-۴) پتانسیل خطرپذیری عناصر سنگین در زنان در منطقه مورد مطالعه

نمونه‌ها	Pb	Cr	Zn	Ni
نعنا	45×10^{-3}	1×10^{-4}	3×10^{-2}	85×10^{-4}
شاهی	25×10^{-3}	2×10^{-4}	4×10^{-2}	15×10^{-3}
گیشنیز	37×10^{-3}	17×10^{-5}	1×10^{-2}	15×10^{-3}
جعفری	5×10^{-2}	16×10^{-5}	1×10^{-2}	2×10^{-2}
تریچه	12×10^{-3}	12×10^{-5}	1×10^{-2}	25×10^{-4}
خیار	12×10^{-3}	5×10^{-5}	5×10^{-2}	35×10^{-4}
فلفل دلمه ای	35×10^{-3}	7×10^{-4}	24×10^{-3}	73×10^{-3}
کدو	42×10^{-3}	8×10^{-4}	6×10^{-2}	75×10^{-3}
بادمجان	*	83×10^{-5}	4×10^{-2}	62×10^{-3}
گوجه فرنگی	75×10^{-4}	81×10^{-5}	2×10^{-2}	7×10^{-2}

*کمتر از حد تشخیص دستگاه

جدول (۴-۱۱) پتانسیل خطرپذیری عناصر سنگین در مردان در منطقه مورد مطالعه

نمونه‌ها	Pb	Cr	Zn	Ni
نعنا	45×10^{-3}	1×10^{-4}	3×10^{-2}	85×10^{-4}
شاهی	25×10^{-3}	2×10^{-4}	34×10^{-3}	15×10^{-3}
گیشنیز	40×10^{-3}	17×10^{-5}	1×10^{-2}	15×10^{-3}
جعفری	5×10^{-2}	16×10^{-5}	11×10^{-3}	18×10^{-3}
تریچه	15×10^{-3}	13×10^{-5}	10×10^{-3}	25×10^{-4}
خیار	12×10^{-3}	4×10^{-5}	4×10^{-2}	35×10^{-4}
فلفل دلمه ای	32×10^{-3}	9×10^{-4}	23×10^{-3}	7×10^{-2}
کدو	4×10^{-2}	93×10^{-5}	56×10^{-3}	71×10^{-3}
بادمجان	*	8×10^{-4}	4×10^{-2}	6×10^{-2}
گوچه فرنگی	75×10^{-4}	9×10^{-4}	17×10^{-3}	7×10^{-2}

*کمتر از حد تشخیص دستگاه

۴-۲-۳- شاخص خطرپذیری کل (HI)

شاخص خطرپذیری کل از حاصل جمع خطرپذیری تک تک عناصر با هم در همه نمونه‌ها به دست می‌آید. اگر شاخص خطرپذیری کل بزرگتر از یک شود احتمال ابتلا به بیماری‌های غیر سرطانی زیاد می‌شود (سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا ۲۰۰۰). شاخص خطرپذیری کل در جدول (۴-۱۲) نشان داده شده است. مقدار شاخص خطرپذیری برای کودکان، زنان و مردان به ترتیب ۰/۲۶، ۰/۹ و ۰/۸۷ به دست آمده است. با توجه به اینکه در هر سه گروه مورد مطالعه شاخص خطرپذیری کم تر از یک است، می‌تواند نشان دهنده این باشد که در حال حاضر خطر جدی برای ساکنان از طریق مصرف محصولات کشاورزی مورد مطالعه برای ۴ عنصر مورد مطالعه وجود ندارد.

جدول (۴-۱۲) شاخص خطرپذیری کل در کودکان، زنان و مردان در منطقه مورد مطالعه

HI	گروه مورد مطالعه
۰/۲۶	کودکان
۰/۹	زنان
۰/۸۷	مردان

در مطالعه ای که تابنده و طاهری (۱۳۹۵) برای ارزیابی مواجهه با فلزات سنگین در سبزیجات کشت شده در مزارع استان زنجان انجام دادند، احتمال خطرپذیری به بیماری های غیرسرطانی کمتر از یک به دست آمد.

هو و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که، میزان ورود کادمیوم، سرب، مس و روی از طریق مصرف سبزیجات در نانجینگ کمتر از استاندارد و مقدار خطرپذیری کمتر از یک برای کودکان و بزرگسالان می باشد. آنها بیان داشتند که عناصر سنگین از طریق مصرف سبزیجات سلامت مصرف کننده را تهدید نمی کند ولی بایستی به خطر تجمع در طولانی مدت عناصر سنگین مخصوصاً در کودکان توجه شود.

در تحقیقی که وانگ و همکاران (۲۰۱۰) در چین انجام دادند، شاخص خطرپذیری از مصرف سبزیجات آبیاری شده با آب فاضلاب را کمتر از یک گزارش کردند.

محمود و همکاران (۲۰۱۴) ر بررسی ارزیابی خطر عناصر سنگین از طریق مصرف سبزیجات آبیاری شده با فاضلاب بر سلامت انسان، مصرف این سبزیجات را تهدیدی برای سلامت انسان مصرف کننده گزارش کردند.

۴-۲-۴-محاسبه احتمال خطرپذیری به بیماری های سرطانی

در مورد احتمال خطرپذیری به بیماری های سرطانی سطح پائین ولی قابل قبول 10^{-6} (یعنی از هر یک میلیون نفر، یک نفر احتمال ابتلا به بیماری را دارد)، سطح متوسط 10^{-5} و سطح بالا و بسیار خطرناک 10^{-4} می باشد. ضریب مؤثر برای سرب $10^{-3} \times 8/5$ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم

وزن بدن در روز است (سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا ۲۰۰۰). احتمال خطرپذیری سرطانی در سه گروه کودکان، زنان و مردان به ترتیب در جدول (۴-۱۳)، (۴-۱۴) و (۴-۱۵) آمده است. سرب در هر سه گروه دارای سطح قابل قبول یا پایین از نظر خطرپذیری به بیماری های سرطانی است. در بین نمونه های مورد مطالعه، بیشترین احتمال خطرپذیری به بیماری های سرطانی در کودکان از طریق مصرف جعفری، نعنا، گیشنیز و تربچه و کدو آلوده به سرب مشاهده شد.

جدول (۴-۱۳) احتمال خطرپذیری سرطانی سرب در کودکان در منطقه مورد مطالعه

Pb	نمونه ها
$4/2 \times 10^{-7}$	نعنا
$2/5 \times 10^{-7}$	شاهی
4×10^{-7}	گیشنیز
$5/1 \times 10^{-7}$	جعفری
$5/1 \times 10^{-7}$	تربچه
$1/1 \times 10^{-7}$	خیار
$3/4 \times 10^{-7}$	فلفل دلمه ای
$4/2 \times 10^{-7}$	کدو
*	بادمجان
6×10^{-8}	گوچه فرنگی

*کمتر از حد تشخیص دستگاه

جدول (۴-۱۴) احتمال خطرپذیری سرطانی سرب در زنان در منطقه مورد مطالعه

Pb	نمونه‌ها
$1/53 \times 10^{-6}$	نعنا
$8/5 \times 10^{-7}$	شاهی
$1/27 \times 10^{-6}$	گیشنیز
$1/7 \times 10^{-6}$	جعفری
$4/2 \times 10^{-7}$	تریچه
$4/2 \times 10^{-7}$	خیار
$1/2 \times 10^{-6}$	فلفل دلمه ای
$1/4 \times 10^{-6}$	کدو
*	بادمجان
$2/5 \times 10^{-7}$	گوجه فرنگی

*کمتر از حد تشخیص دستگاه

جدول (۴-۱۵) احتمال خطرپذیری سرطانی سرب در مردان در منطقه مورد مطالعه

Pb	نمونه‌ها
$1/53 \times 10^{-6}$	نعنا
$8/5 \times 10^{-7}$	شاهی
$1/36 \times 10^{-6}$	گیشنیز
$1/7 \times 10^{-6}$	جعفری
$5/1 \times 10^{-7}$	تریچه
$4/2 \times 10^{-7}$	خیار
$1/1 \times 10^{-6}$	فلفل دلمه ای
$1/3 \times 10^{-6}$	کدو
*	بادمجان
$2/5 \times 10^{-7}$	گوجه فرنگی

*کمتر از حد تشخیص دستگاه

در مطالعه‌ای که صالحی پور و همکاران (۱۳۹۳) در بررسی پتانسیل خطر فلزات سنگین بر سلامت انسان در برخی محصولات کشاورزی استان اصفهان انجام دادند، احتمال خطرپذیری به بیماری‌های سرطانی برای سرب را در هر دو گروه سنی کودکان و افراد بالغ در سطح قابل قبول (پایین) و احتمال خطرپذیری سرطانی برای آرسنیک را در سطح متوسط به دست آوردند.

۴-۲-۵- میزان دریافت عناصر مفید برای سلامت مصرف کننده در اثر مصرف محصولات کشاورزی

مقدار ورود عناصر نیکل و روی به بدن از طریق مصرف محصولات کشاورزی مورد مطالعه برای سه گروه کودکان، زنان و مردان از رابطه (۴-۱) به دست آمد و به صورت جداگانه در جداول (۴-۱۶)، (۴-۱۷) و (۴-۱۸) ارائه شده است، همچنین مقدار مجاز مصرف برای هر یک از گروه سنی در جدول (۴-۱۹) آمده است (انجمن غذا و تغذیه ۲۰۰۴).

$$DI = FIR \times C/CF \quad (\text{رابطه ۴-۱})$$

DI = مقدار ورود روزانه عناصر به بدن (mg day^{-1})

FIR = میزان مصرف روزانه (g day^{-1})

C: میانگین غلظت عناصر (mg kg^{-1}) CF: فاکتور تبدیل ($\text{kg g}^{-1} \times 10^{-3}$)

جدول (۴-۱۶) میزان دریافت روزانه عناصر (mg day^{-1}) در کودکان در اثر مصرف محصولات مورد مطالعه

نمونه‌ها	Ni	Zn
سبزیجات برگ‌گی	۰/۰۱	۰/۳
سبزیجات بی‌برگ	۰/۰۶	۰/۶

جدول (۴-۱۷) میزان دریافت روزانه عناصر (mg day⁻¹) در زنان در اثر مصرف محصولات مورد مطالعه

نمونه‌ها	Ni	Zn
سبزیجات برگ	۰/۱۸	۴/۳۳
سبزیجات بی‌برگ	۰/۸۵	۸/۵۲

جدول (۴-۱۸) میزان دریافت روزانه عناصر (mg day⁻¹) در مردان در اثر مصرف محصولات مورد مطالعه

نمونه‌ها	Ni	Zn
سبزیجات برگ	۰/۲	۵/۱۲
سبزیجات بی‌برگ	۰/۹	۹/۵۴

جدول (۴-۱۹) مقدار مجاز مصرف عناصر سنگین در روز (mg day⁻¹) (انجمن غذا و تغذیه ۲۰۰۴)

میانگین		
عناصر	کودکان	افراد بالغ
Ni	۰/۲ - ۰/۳	۰/۷ - ۱
Zn	۳ - ۵	۹ - ۱۱

گروه کودکان را در نظر بگیرید، اگر فرض شود کودکان این منطقه روزانه ۲۴ گرم سبزی مصرف کنند، ۷ درصد نیکل و ۹۰ درصد روی بدن آن‌ها تامین می‌شود.

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که نیاز خانم‌ها به عنصر روی حداقل ۱۰ میلی‌گرم و در آقایان روزانه، ۱۲ میلی‌گرم است. بیشتر دیده می‌شود که مقدار مصرفی روی بسیار کمتر از مقدار نیاز بررسی شده است. مرکز تغذیه آلمان برای جلوگیری از امراض حاصل شده از کمبود روی، خانم‌ها روزانه ۱۲ میلی‌گرم و آقایان ۱۵ میلی‌گرم روی مصرف کنند.

۴-۳- محاسبه احتمال خطرپذیری در منطقه مورد مطالعه به تفکیک

محل نمونه برداری

احتمال خطرپذیری به بیماری های غیر سرطانی در سه مزرعه برای کودکان، زنان و مردان به ترتیب در جدول (۴-۲۰)، (۴-۲۱) و (۴-۲۲) نشان داده شده است.

طبق نتایج بدست آمده احتمال خطرپذیری به بیماری های غیر سرطانی در سه مزرعه کمتر از یک بدست آمد. THQ برای سه عنصر سرب، کروم و روی برای هر سه گروه کودکان، زنان و مردان در مزرعه دوم بیشتر از مزارع یک و سه است و برای نیکل در هر سه گروه در مزرعه ۱ بیشتر از مزارع دو و سه به دست آمد.

در تحقیقات صالحی پور (۱۳۹۰) میزان احتمال خطرپذیری بیماری غیرسرطانی به واسطه آرسنیک در زرین شهر بیشتر از یک و در سایر شهرستان ها کمتر از یک بود.

در تحقیقات تابنده و طاهری (۱۳۹۵) میزان احتمال خطرپذیری به بیماری های سرطانی از طریق سبزیجات کشت شده در شهرستان ماهشان استان زنجان کمتر از یک گزارش گردید.

جدول (۴-۲۰) پتانسیل خطرپذیری کودکان در منطقه مورد مطالعه به تفکیک محل نمونه برداری

Ni	Zn	Cr	Pb	نقاط نمونه برداری
1.0×10^{-2}	6.6×10^{-3}	1.1×10^{-4}	8.0×10^{-3}	مزرعه ۱
8×10^{-2}	7.6×10^{-3}	2.1×10^{-4}	9.0×10^{-3}	مزرعه ۲
5×10^{-2}	7.1×10^{-3}	1.3×10^{-4}	6.2×10^{-3}	مزرعه ۳

جدول (۴-۲۱) پتانسیل خطرپذیری زنان در منطقه مورد مطالعه به تفکیک محل نمونه برداری

Ni	Zn	Cr	Pb	نقاط نمونه برداری
3.5×10^{-2}	2.1×10^{-2}	4.0×10^{-4}	2.3×10^{-2}	مزرعه ۱
3.1×10^{-2}	2.8×10^{-2}	4.8×10^{-4}	3.0×10^{-2}	مزرعه ۲
2.7×10^{-2}	2.6×10^{-2}	4.7×10^{-4}	1.8×10^{-2}	مزرعه ۳

جدول (۴-۲۲) پتانسیل خطرپذیری مردان در منطقه مورد مطالعه به تفکیک محل نمونه برداری

نقاط نمونه برداری	Pb	Cr	Zn	Ni
مزرعه ۱	25×10^{-2}	44×10^{-4}	23×10^{-2}	34×10^{-2}
مزرعه ۲	30×10^{-2}	47×10^{-4}	27×10^{-2}	31×10^{-2}
مزرعه ۳	18×10^{-2}	46×10^{-4}	25×10^{-2}	29×10^{-2}

۴-۳-۱- بررسی احتمال خطرپذیری بیماری‌های سرطانی در منطقه مورد

مطالعه به تفکیک محل نمونه برداری

احتمال خطرپذیری بیماری‌های سرطانی در سه مزرعه برای سه گروه کودکان، زنان و مردان به ترتیب در جداول (۴-۲۳)، (۴-۲۴) و (۴-۲۵) آمده است.

طبق نتایج به دست آمده برای هر سه گروه در مزرعه ۲ احتمال خطرپذیری بیماری سرطانی بیشتر از دو مزرعه دیگر به دست آمد.

در تحقیقات صالحی پور (۱۳۹۰) شهرستان نجف‌آباد بیشترین احتمال خطرپذیری سرطانی را برای کودکان و شهر اصفهان بیشترین احتمال خطرپذیری سرطانی را برای بزرگسالان داشت، که در هر دو گروه در حد قابل قبول (پایین) بود.

جدول (۴-۲۳) خطرپذیری سرطانی کودکان در منطقه مورد مطالعه به تفکیک محل نمونه برداری

محل	میانگین خطرپذیری
مزرعه ۱	2×10^{-6}
مزرعه ۲	3×10^{-6}
مزرعه ۳	2×10^{-6}

جدول (۴-۲۴) خطرپذیری سرطانی زنان در منطقه مورد مطالعه به تفکیک محل نمونه برداری

محل	میانگین خطرپذیری
مزرعه ۱	7×10^{-6}
مزرعه ۲	1×10^{-5}
مزرعه ۳	6×10^{-6}

جدول (۴-۲۵) خطرپذیری سرطانی مردان در منطقه مورد مطالعه به تفکیک محل نمونه برداری

محل	میانگین خطرپذیری
مزرعه ۱	8×10^{-6}
مزرعه ۲	1×10^{-5}
مزرعه ۳	6×10^{-6}

فصل پنجم

نتیجه گیری و پیشنهادها

۵-۱- نتیجه گیری

۱. غلظت سرب در نمونه های نعنا، شاهی، گیشنیز، جعفری و تربچه بیشتر از حد استاندارد توصیه شده توسط سازمان بهداشت جهانی بود. در بین نمونه ها جعفری بیشترین و گوجه فرنگی کمترین غلظت را دارا بودند.

۲. غلظت کادمیوم موجود در نمونه های مورد مطالعه کمتر از حد تشخیص دستگاه بود.

۳. غلظت روی در همه ی نمونه ها کمتر از استاندارد سازمان بهداشت جهانی بود، در بین نمونه های مورد آزمایش شاهی بیشترین غلظت روی را دارا بود.

۴. غلظت نیکل در محصولات کشاورزی منطقه کمتر از استاندارد توصیه شده توسط سازمان جهانی بهداشت می باشد.

۵. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که غلظت کروم در نمونه های مورد آزمایش بالاتر از استاندارد توصیه شده توسط سازمان بهداشت جهانی می باشد. در بین نمونه ها بادمجان دارای بیشترین و نعنا کمترین غلظت می باشد.

۶. مقدار شاخص خطرپذیری کل برای بیماری های غیرسرطانی در کودکان، زنان و مردان در حالت میانگین به ترتیب ۰/۲۶، ۰/۹ و ۰/۸۷ میلی گرم بر کیلوگرم به دست آمد.

۷. در هر سه گروه کودکان، زنان و مردان احتمال خطرپذیری برای بیماری های غیرسرطانی کمتر از یک به دست آمد.

۸. هر سه گروه مردان، زنان و کودکان دارای سطح قابل قبول (پایین) از نظر خطرپذیری به بیماری های سرطانی هستند.

۹. به طور کلی خطر جدی ابتلا به بیماری های سرطانی و غیرسرطانی از طریق مصرف محصولات کشاورزی مورد مطالعه برای ساکنین شهرستان ورامین در حال حاضر وجود ندارد، اما با توجه به اینکه شاخص خطرپذیری کل برای زنان و مردان نزدیک یک به دست آمده است، می تواند تهدیدی برای

سلامتی (ابتلا به بیماری‌های غیرسرطانی) از طریق مصرف محصولات کشاورزی مورد مطالعه برای زنان و مردان ساکن منطقه ورامین در آینده باشد.

۵-۲-پیشنهاده‌ها

۱. با توجه به اینکه غلظت برخی عناصر سنگین در نمونه های مورد آزمایش بیشتر از حد استاندارد توصیه شده توسط سازمان بهداشت جهانی بود، تحقیقات بیشتری در راستای شناخت عوامل تاثیرگذار که باعث افزایش میزان غلظت عناصر سنگین در محصولات کشاورزی می شود انجام گیرد.
۲. با توجه به اینکه در این تحقیق فقط تعداد محدودی از فلزات سنگین مورد بررسی قرار گرفت و از آنجا که افزایش فلزات سنگین مورد مطالعه می تواند و ممکن است بر نتایج حاصل نیز تاثیرگذار باشد، لذا توصیه می شود مطالعات گسترده تری در رابطه با سایر فلزات نیز صورت گیرد.

فصل ششم

منابع

منابع

- ارفعی نیا، ح.، رنجبر وکیل آبادی، د.، سیفی، م. (۱۳۹۵)، "بررسی غلظت و ارزیابی خطر فلزات سنگین ناشی از مصرف محصولات کشاورزی در مزارع مختلف شهرستان دیر، بوشهر"، دو ماهانه طب جنوب، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی بوشهر، سال نوزدهم، شماره ۵، ۸۳۹-۸۵۴
- افشاری، ع.، خادمی، ح.، ایوبی، ش. (۱۳۹۴)، "ارزیابی خطرپذیری آلودگی عناصر سنگین در خاک ها و برخی محصولات کشاورزی در اطراف شهر و مناطق صنعتی زنجان"، نشریه آب و خاک، علوم و صنایع کشاورزی، جلد ۲۹، شماره ۱. ص. ۱۵۱-۱۶۳
- امامقلی، ق. (۱۳۹۱)، پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، "بررسی غلظت عناصر آهن، روی، مس، منگنز، نیکل، سرب و کادمیوم در سبزیجات و محصولات زراعی اراضی کشاورزی جنوب تهران"، دانشگاه شاهد، دانشکده کشاورزی.
- بیگی هرچگانی، ح.، بنی طالبی، گ. (۱۳۹۲)، "اثر بیست و سه ساله آبیاری سطحی با پساب شهری بر انباشت بعضی فلزات سنگین در خاک و انتقال به دانه های گندم و ذرت و خطرات بهداشتی مرتبط"، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۷، شماره ۳. ۵۷۰-۵۸۰
- تابنده، ل.، طاهری، م. (۱۳۹۵)، "ارزیابی مواجهه با فلزات سنگین مس، روی، کادمیوم و سرب در سبزیجات کشت شده در مزارع استان زنجان"، مجله سلامت و محیط زیست، دوره نهم، شماره اول. صفحات ۴۱-۵۶
- ترابیان، ع.، مهجوری، م. (۱۳۸۱)، "بررسی اثر آبیاری با فاضلاب روی جذب فلزات سنگین بوسیله سبزی های برگی جنوب تهران". مجله علوم خاک و آب، دوره ۱۶، شماره ۲، صفحات ۱۸۹-۱۹۶
- ثنایی، غ. (۱۳۸۸)، سم شناسی صنعتی، جلد اول، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۳۶ صفحه
- چراغی، م.، افشاری، ز.، سیف، ا. (۱۳۹۲)، "ارزیابی بهداشتی فلزات سنگین آرسنیک و روی در برنج های کشت شده در استان فارس (مطالعه موردی: مزارع فیروزآباد)"، مجله بهداشت مواد غذایی، دوره ۳، شماره ۳، پیاپی ۶۷-۷۴
- چراغی، م.، آریایی نژاد، ن.، لرستانی، ب. (۱۳۹۱)، "بررسی غلظت فلزات سنگین در محصول زراعی توت فرنگی (مطالعه موردی: اراضی کشاورزی شهرستان سنندج)"، مجله بهداشت و مواد غذایی، دوره ۲، شماره ۳، پیاپی ۶۹-۸۰
- چراغی، م.، قبادی، آ. (۱۳۹۳)، "ارزیابی خطر فلزات سنگین (کادمیوم، نیکل، سرب و روی) در سبزی جعفری برداشت شده از برخی مزارع شهر همدان"، فصلنامه علمی و پژوهشی دانشکده بهداشت یزد، شماره چهارم، شماره مسلسل: ۴۶. ص ۱۴۳-۱۲۹

خدا کرمی، ل.، سفیانیان، ع.ر.، میرغفاری، ن. (۱۳۹۰)، "پهنه بندی غلظت فلزات سنگین کروم، کبالت و نیکل در خاک های سه زیر حوضه آبخیز استان همدان با استفاده از فناوری های GIS و زمین آمار"، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال پانزدهم، شماره پنجاه و هشتم. ۲۴۳-۲۵۴

خیرآبادی، ح.، افیونی، م.، ایوبی، ش.، سفیانیان، ع.ر. (۱۳۹۴)، "ارزیابی خطر ناشی از فلزات سنگین در خاک زراعی خوراکی عمده در استان همدان"، نشریه علوم آب و خاک، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال نوزدهم، شماره هفتاد و چهارم. ص ۲۷-۳۷

رجایی، ق.، پور خباز، ع. (۱۳۹۱)، "ارزیابی ریسک سلامت فلزات سنگین منابع آب زیر زمینی دشت علی آباد کتول"، مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، تابستان ۱۳۹۲، ۴(۲): ۱۶۲-۱۵۵

رحیم پور، ف.، عباسپور، ر.ع. (۱۳۹۳)، "پهنه بندی آلودگی فلزات سنگین خاک با استفاده از روش های کریجینگ و توابع پایه شعاعی"، فصلنامه علمی پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۳، شماره ۹۱. ۵۵-۶۸

ریسی اردلی، ط. (۱۳۹۳)، "بررسی اثرات زیست محیطی عناصر سنگین در خاک های کشاورزی"، فصلنامه نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی، سال دوازدهم، شماره ۴۶. ۳۴-۳۷

سبحان اردکانی، س.، جعفری، م. (۱۳۹۳)، "بررسی غلظت عناصر سرب، کادمیوم، کروم و نیکل در انواع کلم عرضه شده در بازار مصرف شهر همدان"، مجله بهداشت مواد غذایی، دوره ۴، شماره ۴، پیاپی ۱۶. ۴۵-۵۳

سلیمی، م.، بهمنیارم.ع.، قاجار سپانلو، م.، محمدی، آ. (۱۳۹۴)، "تغییرات سرب و کادمیوم خاک و گیاه کلزا در حاشیه جاده ساوه-همدان"، نشریه دانش آب و خاک، جلد ۲۵، شماره ۲. ۱۹۴-۲۰۵

شکرزاده، م.، م. پران دوجی و ف.، شکی. (۱۳۹۲)، "بررسی میزان سرب، کادمیوم و کروم در برنج های هندی وارداتی و برنج طارم تولیدی استان گلستان"، مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، دوره بیست و سوم، شماره ۱۰۹، ۱۱۵-۱۲۳

شمالی، ر.، خداوردی لو، آ. (۱۳۹۱)، "آلودگی خاک ها و گیاهان پیرامون بزرگراه ارومیه-سلماس به برخی فلزات سنگین"، نشریه دانش آب و خاک، جلد ۲۲، شماره ۳. ۱۵۸-۱۷۱

شیرکوند، ن. (۱۳۸۹)، ورامین بهشت گردشگران، نشر تهران، ص ۱۹۰

صالحی پور باورصاد، م. (۱۳۹۰)، پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، "ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در برخی محصولات کشاورزی استان اصفهان"، دانشگاه صنعتی شاهرود، دانشکده کشاورزی. ۱-۱۲۵

صالحی پور باورصاد، م.، قربانی، ه.، افیونی، م. و خیر آبادی، ح. (۱۳۹۰)، "غلظت سرب، نیکل و روی در برخی سبزیجات استان اصفهان"، دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران، تبریز.

صالحی پور باورصاد، م.، قربانی، ه.، افیونی، م. و خیرآبادی، ح. (۱۳۹۰)، "بررسی غلظت فلزات سنگین و ارزیابی پتانسیل خطر در برنج و گندم در استان اصفهان"، اولین کنگره ملی علوم و فناوریهای نوین کشاورزی دانشگاه زنجان. ۷۰۷-۷۱۰

صالحی پور باورصاد، م.، قربانی، ه.، افیونی، م.، خیر آبادی، ح. (۱۳۹۳)، "بررسی پتانسیل خطر فلزات سنگین بر سلامت انسان در برخی محصولات کشاورزی استان اصفهان"، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال هجدهم، شماره شصت و هفتم. ۷۱-۸۱

صلحی، م.، م. ج. ملکوتی و س. سماواتی. ۱۳۸۴. "پراکنش و غلظت مجاز فلزات سنگین در چرخه حیات". نشریه فنی موسسه تحقیقات آب و خاک تهران ۴۷۰:۲۱-۲۵

کاظم زاده خویی، ج.، نوری، ا.س.، پورنگ، ن.، علیزاده، م.، قریشی، ح.، پاداش، ا. (۱۳۹۱)، "بررسی و اندازه گیری فلزات سنگین نیکل، سرب، مس، منگنز، روی، کادمیوم و وانادیوم در سبزی های خوراکی جنوب پالایشگاه تهران"، نشریه پژوهش های محیط زیست، سال ۳، شماره ۶. ۶۵-۷۴

کرمی، م.، رضایی نژاد، ی.، افیونی، م.، شریعتمداری، ح. (۱۳۸۶)، "اثرات تجمعی و باقی مانده لجن فاضلاب شهری بر غلظت عناصر سرب و کادمیم در خاک و گیاه گندم"، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال یازدهم، شماره اول. ۷۹-۹۴

کمره یی، ب.، میرحسینی، ح.، جعفری، ع. (۱۳۸۸)، "اندازه گیری غلظت فلزات سنگین (آرسنیک، باریم، کادمیوم، جیوه، سرب) در منابع آب و رودخانه شهر بروجرد در سال ۱۳۷۸-۱۳۸۸"، فصلنامه علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی لرستان، دوره یازدهم، شماره ۴، مسلسل ۴۲. ۴۵-۵۱

لرستانی، ب.، ز. هزاوه ئی. (۱۳۹۳)، "بررسی آلودگی فلزات سنگین در محصولات گندم (آبی و دیم) در برخی مزارع کشاورزی شهرستان همدان"، مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره شانزدهم، شماره ویژه ۹۳. ۱۹۳-۱۸۲
محمد شفیعی، م.ر.، محمد شفیعی، ا.ح. (۱۳۹۴)، "فلزات سنگین، منابع و اثرات آن بر انسان"، کنفرانس بین المللی آلودگی، محیط زیست و مهندسی عمران، تهران (ICAUCAE). ۱-۶

مردانی، گ.، صادقی، م.، آهنگوب، م. (۱۳۸۹)، "بررسی آلودگی خاک های منطقه جنوب تهران در مسیر روانابهای سطحی به فلزات سنگین"، مجله آب و فاضلاب، شماره ۳. ۱۱۳-۱۰۸

مهاجر، ر.، صالحی، م.، محمدی، ج.، (۱۳۹۳)، "بررسی غلظت سرب و کادمیوم در محصولات کشاورزی (کاهو، کلم، پیاز و چغندر) استان اصفهان"، مجله سلامت و محیط، فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران، دوره هفتم، شماره اول. ۱-۱۰

میران زاده، م.، محمود زاده، ع.، حسن زاده، م. (۱۳۹۰). "بررسی غلظت فلزات سنگین در شبکه توزیع آب شهر کاشان در سال ۱۳۸۹"، مجله سلامت و بهداشت اردبیل، دوره دوم، شماره سوم. ۵۶-۶۶

میرزایی، ر.، قربانی، ه.، حافظی مقدس، ن. (۱۳۹۴)، "الگوی پراکنش برخی فلزات سنگین در خاک سطحی استان گلستان"، نشریه پژوهش های خاک، علوم خاک و آب، جلد ۲۹، شماره ۱. ۹۴-۱۰۳

ناظمی، س.، عسگری، ع.، راعی، م. (۱۳۸۹)، "بررسی مقدار فلزات سنگین در سبزیجات پرورشی حومه شهر شاهرود"، مجله سلامت و محیط، ۳: ۱۹۵-۲۰۲.

واحد تالیف گیتا شناسی. (۱۳۸۳)، اطلس گیتا شناسی ایران، نشر موسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی تهران. تعداد صفحات ۲۰۰

هودجی، م.، جلالیان، ا. (۱۳۸۳)، "پراکنش آهن، روی و سرب در خاک و محصولات کشاورزی در منطقه استقرار مجتمع فولاد مبارکه"، مجله محیط شناسی، شماره ۳۶، صفحه ۱۵-۲۶

هودجی، م.، جلالیان، ا. (۱۳۸۳)، "پراکنش نیکل، منگنز و کادمیوم در خاک و محصولات کشاورزی در منطقه استقرار مجتمع فولاد مبارکه"، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال هشتم، شماره سوم. ۵۵-۶۶

Aghili, F., A. H. Khoshgoftarmanesh, M. Afyuni and R. Schulin. (2009). "Health risk of heavy metals through consumption of greenhouse vegetables grown in central Iran". *Hum. Ecol. Risk Assess.* 15:999-1015

Bigdeli M, Selisepour M.(2008). "Investigation of metals accumulation in some vegetables irrigated with waste water in Shahre Rey-Iran and toxicological implication". *American-Eurasian Jurnal of Agricultural and Environmental Science.*4(1):86-92

Bo, S., L. Meli, C. Tongbin, Z. Yuanming, X. Yunfeng, L. Xiaoyan and G. Ding. (2009). "Assessing the health risk of heavy metals in vegetables to the general population in Beijing, China". *J. Environmental Science.* 21: 1702-1709.

Chary N.S., Kamala C.T., Raj S.S. 2008 "Assessing risk of heavy metals from consuming food grown on sewage irrigated soils and food chain transfer". *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 69: 513-524.

- Cui Y J, Zhu Y G, Zhai R, Huang Y, Qiu Y, Liang J.(2005). "Exposure to metal mixtures and human health impacts in a contaminated area in Nanning China". *Environmental Int* ;31:784-790.
- Ferre-Huguet N., Marti-Cid R., Schuhmacher M., and Domingo J.L.(2008). "Risk assessment of metals from consuming vegetables, fruits and rice grown on soils irrigated with waters of the Ebro River in Catalonia, Spain". *Biological Trace Element Research*, 123: 25422-2549
- Food and Nutrition Board.(2004). "Dietary reference intakes (DRIs) Recommended intakes for individuals". *Institute of Medicine, National Academy of Sciences*.
- Gupta N,Khan DK,Santra SC. (2012). "Heavy metal accumulation in vegetables grown in a long term waste water irrigated agricultural land of tropical India". *Environmental Monitoring Assessment* ;184:6673-82.
- Harmanescu M,Alda LM,Bordean DM, Gogoasa I,Gergen I (2011) "Heavy metals health risk assessment for population via consumption of vegetables grown in old mining area a case study Banata county Romania". *Chemistry Central Journal* ;5(54):110.
- Hu, W ., B. Huang, X. Shi, W. Chen, Y . Zhao and W . Jiao.(2013). "Accumulation and health risk of heavy metals in a plot-scale vegetable production system in a peri-urban vegetable farm near Nanjing, China". *Ecotoxicol Environmental Safety*. 98: 303-309
- Huang, Z., Pan, X.D., Wu, P.G., Han, J.L. and Chen, Q.(2014). "Heavy metals in vegetables and the health risk to population in Zhejiang, China". *Food Control*, 26(1): 6-14.
- Ikeda, M., Zhang .Z.W., shimbo, S., watanabe, T., Nakatsuka, H., Moon, C.S., matsuda – Inoguchi, N .and Higashikawa, K .(2000) "Urban population exposure to lead and cadmium in east and south – east Asia ".*Sci .Total Evironmental* .249 :373-384.
- Jalali, M . and Moharami, S. (2010). "Redistribution of cadmium, copper, lead, Nickel and zinc among soil fractions in a contaminated calcareous soil after application of nitrogen fertilizers Plant Nutr". *Soil Sciences*, 173:37-244.
- Jalali, M., khanlari Z, V .(2008) "Environmental contamination of Zn .Cd, Ni, Cu .And Pb from areas in Hamadan Province, western Iran ".*Environmental* 55 :1537-1543.
- Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives,(1999). Expert Committee on Food Additives. Summary and conclusions, 53rd meeting. Rome: Joint FAO/WHO,1-10

- Kabata-Pendias, A. (2001). "Trace elements in soils and plants. Third Ed". *CRC Press W Boca ration, London*. 413 Pages.
- Khan, K., Lu, Y. Khan, H. (2013). "Heavy metals in agricultural soils and crops and their health risk in Swat Distric, northern Pakistan". *Food and Chemical Toxicology*.58: 449-458
- Lokeshwari, H. Chandarappa, G T.(2006). "Impact of heavy metal contamination of Bellandur lake on soil and cultivated vegetation". *Current Science* ;91(5):622-627.
- Mahmood, A., R. N. Malik. (2014). "Human health risk assessment of heavy metals via of contaminated vegetables collected from different irrigation sources in Lahor, Pakistan". *Arabian J. Chem*. 7:91-99.
- Mapanda, F., Mangwayana, E.N., Nyamangara, J. and Giller, K.E. (2007). "Uptake of heavy metals by vegetables irrigated using wastewater and the subsequent risk in Harare, Zimbabwe". *Physics and Chemistry of the Earth, Parta A/B/C*, 32(15-18): 1399-1405
- Mohammadifard, N., n. Omidvar and A. H. Rad.(2006). "Does fruit and vegetable intake differ in adult females and males in Isfahan". *ARYA J*. 1:193-201.
- Qian Y.Z., Chen C., Zhang Q., Li Y., Chen Zhijian, and Li M.(2010). "Concentration of cadmium, lead, mercury and arsenic in Chinese market milled rice and associated population health risk". *Food Control*, 21: 1757-1763.
- Qishlaghi, A., Moor F., and Forghani G.(2008). "Impact of untreatedwastewater irrigation on soil and crops in Shiraz suburban area, SW Iran". *Environmental Monitoring Assessment*, 141:257-273.
- Salehipour, M., H. Ghorbani, H. Kheirabadi and M. Afyuni. (2015). "Health Risks from Heavy Metals via Consumption of Cereals and Vegetables in Isfahan Province, Iran" *Human and Ecological Risk Assessment*.Taylor&Francis.00:1-16.
- Sharma RK, Agrawal M, Marshall F.(2007). "Heavy metal contamination of soil and vegetables in suburban areas of Varanasi India". *Ecotoxicology Environmental safety* ;66(2):258-266.
- Singh, A., Sharma, R. K., Agrawal, M., & Marshall, F. M. (2010). "Risk assessment of heavy metal toxicity through contaminated vegetables from waste water irrigated area of Varanasi, India". *Tropical Ecology*, 51(2), 375-387.

Tsafe AI, Hassan LG, Sahabi DM, Alhasan Y, Bala BM. (2012). "Evaluation of Heavy Metals Uptake And Risk Assessment of Vegetables Grown in Yarglma of Northern Nigeria". *Basic Appl Sciences Reserch*;2(7):670-6714.

USEPA (US Environmental Protection Agency). 2000. Human health risk assessment: Risk-based concentration table.

[http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/humanrbconcentration_table/Generic_Tables/index.htm].

USEPA (US Environmental Protection Agency), (1997). Exposure factors handbook. National Center for Environmental Assessment. EPA/600/R-09/052A. Office of Health and Environmental Assessment, Washington, DC, USA.

Wang Y, Qiao M, Liu Y, Zh Y. (2010). "Health risk assessment of heavy metals in soils and vegetables and potential risk for human health". *Scientia Agricul*;69(1):54-60

Wang, L Yan-Bin, Y. Yi-Bin S. And Gang, W. (2006). "Risk assessment of heavy metals in soils and vegetables around non-ferrous metals mining and smelting sites, Baiyin, China", *J Of Environmental Sci*, 18, No, 6, pp:1124-1134

Wilson B, Pyatt F (2007), "Heavy metal dispersion, persistence, and bioaccumulation around an ancient copper mine situated in Anglesey, UK". *Ecotoxicology and Environmental safety*;66(2):224-231.

Yalcin MG, Battaloglu R and Ilhan S, (2007). "Heavy metal sources in sultan marsh and its neighborhood, Kayseri, Turkey". *Environmental Geology (Environmental Earth Sciences)* 53:399-415.

Zazouli MA, Bandpei AM, Maleki A, Saberian M, Izanloo H (2010). "Determination of cadmium and lead contents in black tea and tea liquor from Iran". *Asia Journal of Chemistry* ;22(2):1387-1393.

Abstract

Accumulation of heavy metals in soil especially in agricultural lands, would happened over time and would threatening of food safety. Monitoring of heavy metals content is important according to its daily consumption of healthy agricultural products. Since the risk of cancerous and non-cancerous diseases due to consuming agricultural products containing heavy metals is remarkable, the present research is aimed to study the content of heavy metals and cancerous and non-cancerous diseases target hazard quotients (THQ) on some of agricultural products in Varamin area. Thirty samples containing mint, parsley, radishes, cress, cilantro, cucumbers, zucchini, tomatoes, eggplant and bell pepper were collected from three different farms in Varamin, and then the content of lead, zinc, chromium, cadmium and nickel were measured using standard laboratorial processes. The results showed that the content of lead in mint, cress, parsley, radishes and cilantro was higher than the standard range of world health organization (WHO). Cadmium content of samples was not in range of device's limit of detection. Content of nickel and zinc were lower than the standard range of world health organization (WHO). The concentrations of chromium were higher than the standard range of world health organization (WHO). The risk of non-cancerous diseases infections in average and maximum probabilities at children age has reached 0.26 and 0.87 and 0.90 for adults, men and women, respectively. Lead was the acceptable probability of cancerous diseases target hazard quotients (THQ) in all samples for children, men and women.

Keywords: Varamin, Agricultural Products, Heavy Metals, Target Hazard



Shahrood University of Technology

Faculty of Agriculture

M.Sc. Thesis in Soil Science

**Health Risks from Heavy Metals Via Consumption of Crops
and Vegetables in Area Varamin**

By: Maryam Salehi Behbahani

Supervisor

Dr. Hadi Ghorbani

Advisor

Dr. Mostafa Heydari

February 2017