Archive of SID

Horticultural Plants Nutrition
Vol.3, No.2, Autumn & Winter 2020-21
Research Paper

DOI: 10.22070/hpn.2020.5485.1098

Study of heavy metal pollutant concentration in soil and edible leafy vegetables and risk assessment of its consumption with hazard quotient index

Mohsen Seilsepour [1*]

1- Corresponding Author and Assistant Professor, Greenhouse Cultivation Research Department, Tehran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Varamin, Iran
mseilsep@yahoo.com

Received Date: 2020/04/30 Accepted Date: 2020/11/25

Abstract

Introduction: Nowadays chemical pollutants endanger human health and the environment. Heavy metals are among these pollutants that have been named because of their high atomic weight and atomic density greater than four grams per cubic centimeter. Heavy metals are not decomposed by living organisms, and most of them forms are stable compounds in nature. There is no comprehensive information on the concentration of pollutants such as nitrate and heavy metals and the risk assessment of the consumption of vegetable, especially leafy vegetables in farms in the southeast of Tehran province.

Material and methods: To investigate the concentration of nitrate and heavy metals including lead, cadmium and nickel in leafy vegetables and risk assessment of the use of this product, this study was conducted during one year in 2014 on agricultural lands of Varamin region (Varamin, Pishva, Pakdasht), which is the hub of vegetable production.

Results and discussion: The maximum concentration of lead measured in leafy vegetables was 3.8 mg/kg in mint and minimum was 1 mg/kg in coriander with mean of 2.0 mg/kg. The average lead concentration was 900% higher than the maximum permissible limit for leafy vegetables, which was 0.2 mg/kg (National Iranian Standards Organization, 2013). The maximum total Pb measured in the soil was 21 mg/kg and at least 3.1 mg/kg with a mean of 10.7 mg/kg. The maximum level of cadmium measured in leafy vegetables was 0.16 mg/kg in lettuce and its minimum was 0.03 mg/kg in coriander with mean of 0.07 mg/kg .The mean concentration of cadmium was nott higher than the maximum permissible limit for leafy vegetables (0.1 mg/kg) according to the national standard.In 43% of the studied farms, the cadmium content exceeded the national standard limit.

Conclusions: The results showed that the risk index for all pollutants was less than one. The results showed that leafy vegetables consumers with 40 grams of leafy vegetables daily do not face significant non-cancer risks. Among leafy vegetables, lettuce had the highest nitrate risk index with 0.37 and the highest cadmium risk index with 0.08. Also, the highest lead risk index with 0.5 index was related to mint. Parsley also had the highest risk index of nickel with a risk index of 0.18.

Keywords: Biological Concentration Factor, Cadmium, Lead, Nickle.

www.SID.ir

Archive of SID

نشریه علمی تغذیه گیاهان باغی
دوره ۳، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۹، (ص ۱۵۸- ۱۴۵)
مقاله پژوهشی

DOI: 10.22070/hpn.2020.5485.1098

مطالعه غلظت فلزات سنگین در خاک و اندام خوراکی سبزی‌های برگی و ارزیابی ریسک خطر مصرف با استفاده از شاخص های احتمال خطرپذیری

محسن سیلسپور [*۱]

۱- نویسنده مسئول و استادیار بخش تحقیقات کشت گلخانه‌ای، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ورامین، ایران
mseilsep@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۱۱ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۲۱**

چکیده

طی یک مطالعه میدانی یک‌ساله، غلظت فلزات سنگین در خاک و اندام خوراکی سبزی‌های برگی در مزارع محدوده شهرستان‌های ورامین، پاکدشت، پیشوا و قرچک اندازه‌گیری شد. میانگین غلظت سرب، کادمیوم و نیکل در سبزی‌های برگی به ترتیب ۲/۰، ۰/۰۷ و ۲/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر بود که در مورد سرب، ۱۰ برابر حداکثر مجاز بود و در مورد کادمیوم و نیکل کمتر از حداکثر مجاز بود. میانگین غلظت سرب، کادمیوم و نیکل در خاک مزارع به ترتیب ۱۰/۷، ۱/۴۶ و ۱۸/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که کمتر از حداکثر مجاز بود. برای ارزیابی ریسک خطر مصرف سبزی‌های برگی از شاخص خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی استفاده شد. میانگین شاخص خطرپذیری سرب، نیکل و کادمیوم در سبزی‌های برگی به ترتیب ۰/۲۲، ۰/۰۵ و ۰/۰۳ بود. در بین سبزی‌های برگی بیش‌ترین خطرپذیری سرب، نیکل و کادمیوم مربوط به سبزی‌های نعناع، جعفری و کاهو بود. نتایج حاصل از محاسبه فاکتور تجمع زیستی نشان‌دهنده آن بود که گشنیز در بین سبزی‌های برگی، بیش‌ترین فاکتور تجمع زیستی سرب و نیکل را داشت ولی سبزی‌های برگی از نظر تجمع کادمیوم تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند.

کلمات کلیدی: سرب، کادمیوم، نیکل، تجمع زیستی.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

امروزه آلاینده‌های شیمیایی، سلامت محیط زیست و انسان را به خطر انداخته است (Cui et al., 2004). فلزات سنگین از جمله این آلاینده‌ها می‌باشند که به دلیل داشتن وزن اتمی بالا و دانسیته اتمی بیشتر از چهار گرم بر سانتیمتر مکعب، به این اسم نام‌گذاری شده‌اند (Song et al., 2009). فلزات سنگین برخلاف بیشتر آلاینده‌های آلی، توسط موجودات زنده تجزیه نمی‌شوند و بیشتر آن ها ترکیب‌های پایداری را در طبیعت تشکیل می‌دهند. هم چنین این فلزات می‌توانند به‌شدت جذب بافت‌های زنده شوند و به دلیل نیمه‌عمر بیولوژیکی بالا، خروج آن‌ها از بافت‌ها به‌سختی انجام شده و در بدن تجمع کنند (Nazemi, 2012). از آنجا که علاوه بر آلودگی محیط زیست، فلزات سنگین می‌توانند منجر به آلودگی مواد غذایی و ایجاد مشکلات جدی برای سلامت انسان نیز گردند، امروزه در دنیا بررسی میزان این فلزات در مواد غذایی بسیار مورد بحث است (Yalchin et al., 2007).

در بین مواد غذایی مختلف، سبزی‌ها به دلیل ارزش تغذیه‌ای و اثرات مثبت بر سلامتی، در تمامی سنین طرفداران زیادی دارد. این در حالی است که در سال‌های اخیر مسأله آلودگی سبزی‌ها به فلزات سنگین در دنیا جنجال برانگیز شده و تحقیقات مختلفی نیز در این زمینه انجام شده است (Sharma et al, 2009). بعضی از فلزات سنگین مانند سرب، کادمیوم، نیکل و جیوه حتی در مقادیر ناچیز نیز برای انسان سمی و خطرناک هستند (Malakoutian et al., 2011). این عناصر، پس از ورود به بدن موجودات زنده، در بدن آنها انباشته شده و یا به سطوح تغذیه‌ای بالاتر منتقل و سپس در اثر فعل و انفعالات شیمیایی، به مواد سمی و خطرناک تبدیل می‌گردند. بدین‌ترتیب، این مواد سبب بروز اختلالاتی در عملکرد طبیعی موجودات زنده می‌شوند (Yang et al., 2010). فلزات سنگین معمولا در بدن متابولیز نمی‌شوند و پس از ورود به بدن، دیگر دفع نشده، بلکه در بافت‌های چربی، عضلات، استخوان‌ها و مفاصل رسوب می‌کنند که این به نوبه خود منجر به بیماری‌های متعددی می‌شود (Kabata-Pendias and Mukherjee, 2007). نتایج تحقیقات نشان داده است که گیاهان مهم‌ترین مسیر انتقال فلزات سنگین به زنجیره غذایی انسان و چرخه‌های زیستی محسوب می‌شوند (Radu and Anca-Rovena, 2008).

با این وجود، جذب و تجمع فلزات سنگین در سبزی‌ها، تحت تاثیر تعدادی از عوامل از جمله غلظت فلزات سنگین در خاک می‌باشد (Nazemi et al., 2010). افزایش غلظت فلزات سنگین از حدود مجازی که در نظر گرفته شده، برای مصرف کنندگان مواد غذایی سمیت دارد. به همین دلیل است که مقدار مجاز فلزات سنگین در مواد غذایی به‌وسیلهٔ مقررات بهداشتی هر کشور تنظیم می‌شود (Merdivan et al., 2008).

از علائم مسمومیت با فلزات سنگین، علائم حاد و مزمن، سرگیجه، تهوع، استفراغ، اسهال، اختلالات خواب، از دست دادن اشتها و کاهش میزان درک می‌باشند. هم‌چنین فلزات ناچیز ضروری با بیماری‌های قلبی عروقی، کاهش رشد، اختلال در باروری، اختلالات سیستم عصبی و ایمنی، افزایش سقط خودبه‌خودی و مرگ و میر بالا در نوزادان، مرتبط است (Reilly, 2008). گزارش شده است که کادمیوم می‌تواند در بخش‌های خوراکی گیاه تجمع پیدا کند، بدون اینکه علامت بیماری یا تأثیرگذاری آشکاری بر گیاه داشته باشد (Alloway, 1990). تجمع کادمیوم در گیاهان می‌تواند پتانسیل جذب این عنصر را توسط انسان افزایش دهد و این امر در حالتی صورت می‌گیرد که این گیاهان جزء جیره غذایی باشند (Kabata-Pendias. 2010). در مطالعه‌ای در کشور مصر به منظور ارزیابی خطر فلزات سنگین در محصولات کشاورزی انجام شد نشان داده شد که سبزی‌های برگی از قبیل کاهو و اسفناج دارای بیشترین مقدار سرب و کادمیوم در بین محصولات مورد مطالعه بوده‌اند (Radwan and Salama, 2006). در مطالعه‌ای که به منظور بررسی غلظت سرب و کادمیوم در محصولات

www.SID.ir

Archive of SID

کشاورزی استان اصفهان انجام شد، مشخص شد که اغلب محصولات کشاورزی نمونه‌برداری شده دارای غلظت بیش از حد مجاز سرب و کادمیوم بودند (Mohajer et al., 2014).

در تحقیق دیگری به بررسی مقدار فلزات سنگین موجود در سبزی‌های پرورشی در حومه شهر همدان پرداخته شد و گزارش شد که مقدار فلز سرب در نمونه‌های برداشت شده از حد مجاز بالاتر بوده است (Samarghandi et al., 2000).

در خصوص وضعیت غلظت آلاینده‌های فلزات سنگین و ارزیابی ریسک خطر مصرف در سبزی‌ها، به‌ویژه سبزی‌های برگی تولیدی مزارع جنوب شرق استان تهران اطلاعات جامعی در دست نیست. با توجه به نبود اطلاعات در خصوص غلظت نیترات و فلزات سنگین در سبزی‌های برگی تولید شده در مناطق عمده تولید سبزی دشت ورامین، این پژوهش با هدف مطالعه غلظت آلاینده‌ها از جمله نیترات و فلزات سنگین در سبزی‌های برگی تولیدی دشت ورامین و ارزیابی ریسک آن برای مصرف‌کننده اجرا شد.

مواد و روش‌ها

برای بررسی وضعیت غلظت نیترات و فلزات سنگین شامل سرب، کادمیوم و نیکل در سبزی‌های برگی و ارزیابی ریسک خطر مصرف این محصول، این تحقیق در سال ۱۳۹۳ در اراضی شهرستان‌های ورامین، پیشوا، پاکدشت و اسلام‌شهر که قطب تولید سبزی استان تهران هستند، اجرا شد. تحقیقات میدانی موید این مطلب بود که در هیچ یک از مزارع مورد مطالعه، کوددهی براساس آزمون خاک صورت نگرفته بود و کلیه کودهای مصرفی شامل منابع حاوی نیتروژن و فسفر به صورت سنتی و بر مبنای تجربیات شخصی زارع انجام شده بود. منبع کود نیتروژن مصرفی، عموما کود اوره با ۴۸ درصد نیتروژن خالص و منبع کود فسفره، سوپرفسفات تریپل با ۴۸ درصد P_2O_5 بود. دامنه استفاده از کود اوره در مزارع از ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلوگرم، کود سوپر فسفات ۲۰۰ تا ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار و کود دامی صفر تا ۱۰۰ تن در هکتار بود. سبزی‌های مورد مطالعه شامل ریحان (*Ocimum basilicum*)، جعفری (*Petroselinum crispum*)، شوید (*Anethum graveolens*)، تره ایرانی (*Allium ampeloprasum* L)، گشنیز (*Coriandrum sativum*)، نعناع (*Mentha piperita sp*)، کاهو (*Lactuca sativa*) و شاهی (*Lepidium sativum*) بود. نمونه‌برداری از خاک و اندام هوایی سبزی‌های برگی در فصل برداشت از مزارع مختلف به صورت مرکب انجام شد. نمونه‌های خاک پس از ورود به آزمایشگاه هواخشک شدند. سپس از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. ویژگی‌های شیمیایی خاک، از جمله غلظت فلزات سنگین سرب، نیکل و کادمیوم با استفاده از روش‌های رایج موسسه تحقیقات خاک و آب اندازه‌گیری شد (Ali Ahiaei and Behbahanizadeh, 1993).

در هر مزرعه، نمونه‌گیری از سبزی برگی به صورت مرکب از اندام مصرفی گیاه در زمان صبح انجام شد. نمونه‌های سبزی بعد از برداشت، به منظور جلوگیری از کاهش وزن و از دست دادن آب بافت، داخل یخدان‌های قابل حمل قرار گرفته و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند و در آزمایشگاه، ۱۰۰ گرم از نمونه تازه گیاه (W_f) داخل آون به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد. سپس نمونه را مجددا وزن کرده (W_d) و با استفاده از رابطه ۱، درصد ماده خشک نمونه محاسبه شد.

$$\text{درصد ماده خشک} = \frac{Wf-Wd}{Wf} * 100$$

غلظت فلزات سنگین در سبزی برگی با روش‌های رایج موسسه تحقیقات خاک و آب تعیین گردید (Emami, 1996). در این روش یک گرم از نمونه خشک شده در بوته چینی حرارت داده شد تا دود حاصل از سوختن آن خارج گردد. سپس نمونه به مدت سه ساعت در کوره ۴۵۰ درجه سلسیوس قرار گرفت تا خاکستر سفیدرنگ که بیان‌گر از بین رفتن مواد آلی است، حاصل شود . بعد از سرد کردن در دسیکاتور، به هر بوته چینی، ۳۰ میلی‌لیتر نیتریک اسید غلیظ اضافه شد و بعد از حل شدن کامل،

www.SID.ir

Archive of SID

توسط کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف گردید و فلزات سنگین در عصاره حاصله با استفاده از دستگاه جذب اتمی متصل به کوره گرافیتی تعیین گردید. میانگین غلظت فلزات سنگین در خاک مزارع مورد مطالعه با استفاده از آزمون آماری T-test تک نمونه‌ای با مقدار حداکثر مجاز غلظت فلزات سنگین خاک (Solhi and Malakouti, 2005) مورد مقایسه آماری قرار گرفت. هم چنین میانگین غلظت فلزات سنگین در سبزی برگی (در سطح ۳۰ مزرعه) با بیشینه رواداری فلزات سنگین در خوراک (Anonymous, 2010) با استفاده از آزمون آماری T-test تک نمونه‌ای مورد مقایسه آماری قرار گرفت.

ارزیابی خطر ناشی از ورود عناصر سنگین به بدن و بیماری‌های غیرسرطانی با فرمول‌های ارائه شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا انجام شد (USEPA, 2006). در این راستا از شاخص خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی (HQ[1]) استفاده شد. مقدار جذب روزانه فلزات سنگین به غلظت عناصر در ماده غذایی و مقدار مصرف غذا بستگی دارد (USEPA, 2006). چنان‌چه شاخص خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی (HQ) بزرگ‌تر از یک باشد، نشان‌دهنده وجود خطر ناشی از مصرف مواد غذایی آلوده به فلزات سنگین برای مصرف‌کنندگان است (Cui et al., 2004). هرچه ضریب خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی بزرگ‌تر از یک باشد، نشان‌دهنده خطر فزاینده آن فلز سنگین برای سلامتی انسان است. (USEPA, 2000). دریافت روزانه فلزات سنگین از طریق مصرف سبزیجات از رابطه ۲ محاسبه شد (USEPA, 2000).

$$\text{Intake} = \frac{\text{Cf}*\text{Ir}}{\text{Bw}}$$ رابطه ۲

که در آن Intake ، مقدار جذب روزانه آلاینده ($\mu g\ kg^{-1}$)، Cf، غلظت آلاینده در وزن تر سبزی، Ir، میزان مصرف سبزی تر در هر روز($g\ day^{-1}$)، Ef، و Bw، وزن بدن می‌باشد.

ارزیابی خطر سلامت برای مصرف کنندگان از طریق محاسبه شاخص احتمال خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی (HQ) مشخص شد. چنان‌چه این شاخص کمتر از یک باشد، خطر آشکاری برای مصرف‌کنندگان وجود ندارد. ضریب خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی از رابطه ۳ برآورد گردید (USEPA, 2006).

$$\text{HQ} = \frac{\text{Intake}}{\text{ORD}}$$ رابطه ۳

که در آن، HQ بدون واحد، (ORD[2]) میزان مجاز دریافت بر اساس استاندارد ملی ایران (۲۰۰۳) که برای سرب و کادمیوم از مسیر خوردن به ترتیب ۳/۶ و ۱ میکروگرم در کیلوگرم وزن بدن در روز است. اما برای نیکل حد مجازی ارایه نشده است. بر اساس استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا، غلظت مجاز دریافت کادمیوم، سرب، نیکل به ترتیب ۱، ۴، ۲۰ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز می‌باشد که در پژوهش حاضر از این اعداد رفرنس استفاده شد (USEPA, 2006).

نسبت خطرپذیری همه عناصر در یک گیاه (THQ[3]): مجموع ضرایب خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی همه عناصر مطالعه‌شده در هر گیاه مجزا را نشان‌می‌دهد. این شاخص نسبت خطرپذیری محصولات را به‌طور جداگانه تعیین می‌کند و از رابطه ۴ محاسبه می‌شود (Zheng et al., 2007).

$$THQ = \sum HQ$$ رابطه ۴

شاخص خطرپذیری (HI[4]): خطر سلامتی کل از جمع THQ برای همه عناصر در تمامی گیاهان مصرفی مورد نظر به دست می‌آید (USEPA, 2006).

اگر مقدار خطر کل (خطر سلامتی کل) کم‌تر از یک باشد فرد از لحاظ احتمال خطرپذیری به بیماری های غیرسرطانی در محدوده امن قرار دارد و اگر خطر سلامتی کل بیش تر از یک باشد فرد احتمالاً تحت تأثیر بیماری‌های غیرسرطانی قرار گرفته است (USEPA,

1 . Hazard Quotient

2 . Oral Reference Dose
3 . Target Hazard Quotient
4 . Health index (Hazard index)

www.SID.ir

Archive of SID

2006). از رابطه ۵ برای محاسبه شاخص خطرپذیری استفاده گردید.

$$HI = \sum THQ$$ رابطه ۵

شاخص خطرپذیری یک عنصر در همه گیاهان (TDHQ[5]): مجموع شاخص‌های خطرپذیری بیماری‌های غیرسرطانی یک عناصر (HQ) در همه گیاهان مطالعه شده، شاخص TDHQ را نشان می دهد که نسبت و شاخص خطرپذیری هر عنصر را به طور جداگانه تعیین می‌کند (Zheng et al., 2007)(رابطه ۶).

$$TDHQ = \sum HQPlant$$ رابطه ۶

نتایج و بحث

میانگین غلظت نیترات، سرب، کادمیوم و نیکل سبزی‌های برگی در مزارع مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است. هم‌چنین میانگین خصوصیات شیمیایی خاک مزارع مختلف همراه با میانگین غلظت کل فلزات سنگین شامل سرب، کادمیوم و نیکل در جدول ۲ آورده شده است.

غلظت سرب درسبزی‌های برگی و خاک

حداکثر غلظت سرب اندازه‌گیری شده در نعناع با میانگین ۳/۸ و حداقل آن در گشنیز با میانگین یک میلی‌گرم در کیلوگرم حاصل شد (جدول۱). میانگین غلظت سرب سبزی های برگی ۲ میلی گرم بر کیلوگرم بود که نسبت به حداکثر میزان مجاز که ۰/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد (Anonymous, 2010)، ۱۰۰۰ درصد بیش‌تر بود.

طی یک پژوهش در اراضی زیر کشت سبزی در اصفهان، میانگین غلظت سرب در نمونه های کاهو ۴/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شد (Mohajer et al., 2014). بیگدلی و سیلسپور نیز طی مطالعه‌ای در اراضی جنوب تهران، غلظت سرب را در تمامی محصولات سبزی و صیفی فراتر از حد مجاز گزارش نمودند (Bigdeli and Seilsepour, 2008).

بالا بودن غلظت فلزات سنگین در سبزی می تواند با بالا بودن غلظت این عنصر در خاک در ارتباط باشد (Demirezen and Aksoy, 2006). طی تحقیقی با عنوان بررسی میزان فلزات سنگین موجود در سبزیجات پرورشی با آب های آلوده، محققین به این فلزات در حومه شهر همدان به این نتایج رسیدند که غلظت سرب موجود در سبزیجات بیش از آستانه مجاز در مواد غذایی می باشد که با نتایج این مطالعه همخوانی دارد (Samarghandi et al., 2000).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که میانگین غلظت سرب کل خاک در مزارع (۱۰/۷ میلی گرم در کیلوگرم) نسبت به حداکثر میزان مجاز غلظت سرب کل خاک (۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) (Solhi and Malakouti, 2005)،کم‌تر بود. استفاده غیرمنطقی از کودهای شیمیایی فسفاته که حاوی مقادیری سرب می‌باشند، می‌تواند از منابع تجمع سرب در خاک باشد (Wang and Ma, 2004). نتایج آنالیز شیمیایی خاک مزارع نشان داد که میانگین غلظت فسفر قابل جذب خاک ۷۵ میلی گرم در کیلوگرم است که بسیار فراتر از حد بحرانی غلظت فسفر قابل جذب خاک برای کاهو می‌باشد (Seilsepour and Momayezi, 2005). طی مطالعه دیگری، مقدار میانگین غلظت کل سرب در اراضی اصفهان ۲۶ میلی گرم در کیلوگرم گزارش شد و منبع سرب خاک، استفاده از کودهای حیوانی و فرونشست های جوی اعلام گردید (Amini et al., 2005).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که میانگین غلظت سرب سبزی‌های برگی با میانگین غلظت سرب در خاک همبستگی معنی‌دار با ضریب تبیین ۹۴ دارد. این رگرسیون از مدل خطی (رابطه ۷) پیروی می‌کرد.

$$Y = 0.16X + 0.24$$ رابطه ۷

در این مدل رگرسیونی، میانگین غلظت سرب در سبزی‌های برگی به عنوان متغیر وابسته (Y) و میانگین غلظت سرب خاک به عنوان متغیر مستقل (X) در نظر گرفته شد (شکل۱).

5 . Total diet THQ (Target Hazard Quotient)

www.SID.ir

Archive of SID

غلظت نیکل درسبزی های برگی و خاک

حداکثر میزان نیکل اندازه‌گیری شده در سبزی های برگی با میانگین ۷/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم متعلق به جعفری و کمترین غلظت نیکل با میانگین یک میلی گرم در کیلوگرم متعلق به ریحان و گشنیز بود (جدول۱). غلظت نیکل در سبزی‌های برگی با میانگین ۲/۱ میلی گرم در کیلوگرم نسبت به حداکثر میزان مجاز برای سبزی‌ها که ۱۰میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر (Anonymous, 2010) می‌باشد، کمتر بود.

حداکثر میزان نیکل کل اندازه‌گیری شده درخاک مزارع جعفری با میانگین ۵۵ میلی‌گرم و حداقل آن با میانگین غلظت ۸ میلی‌گرم درکیلوگرم در مزارع گشنیز بود (جدول۲). نیکل کل خاک مزارع با میانگین ۱۸ میلی گرم در کیلوگرم نسبت به حداکثر میزان مجاز برای نیکل کل خاک که ۵۰ میلی‌گرم درکیلوگرم می‌باشد (Solhi and Malakouti, 2005)، کمتر بود. طی یک پژوهش در خاک های اصفهان، غلظت کل نیکل خاک به طور متوسط ۲۰ میلی گرم در کیلوگرم بوده است (Hodji and Jalalian, 2004).

جدول۱. میانگین غلظت فلزات سنگین (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تازه) سبزی های برگی

Table 1. Average concentrations of heavy metals (mg/kg fresh weight) in leafy vegetables

Leafy Vegatables	Pb	Cd	Ni
Dill	2.6	0.04	1.6
mint	3.8	0.07	1.6
basil	2.2	0.1	1.0
Leeks	1.6	0.04	1.2
Coriander	1	0.03	1.0
Parsley	1.8	0.03	7.1
Cress	1.7	0.11	1.9
Letuce	1.4	0.16	1.4
Mean		0.07	2.1
Maximum Permitted Level	2.0 0.2	0.1	-

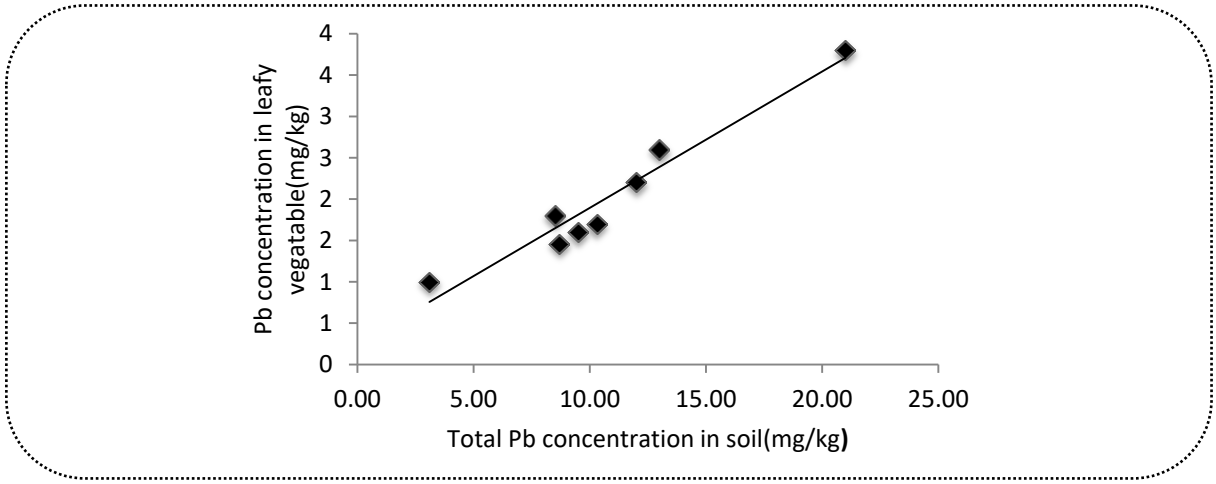
جدول ۲. میانگین غلظت کل فلزات سنگین و سایر خصوصیات شیمیایی خاک مزارع مورد مطالعه

Table 2. Average total concentrations of heavy metals and other soil chemical characteristics of the studied fields

Fields	pH	OC ٪	Nitrate $mg.kg^{-1}$	Ava. K $mg.kg^{-1}$	Ava. P $mg.kg^{-1}$	Pb $mg.kg^{-1}$	Cd $mg.kg^{-1}$	Ni $mg.kg^{-1}$
Dill	7.8	1.44	19	335	56	13	0.89	14
mint	7.8	1.7	11	436	80	21	1.35	13
basil	7.7	1.7	22	459	90	12	1.84	9
Leeks	7.7	1.4	17	498	77	9.5	0.92	10
Coriander	7.7	1.2	24	499	101	3.1	0.55	8
Parsley	7.6	1.3	14	335	72	8.5	0.59	55
Cress	7.7	1.2	23	463	69	10.3	2.23	22
Letuce	7.4	1.3	31	510	75	8.7	3.32	14
Mean	7.7	1.4	20.1	442	77	10.7	1.46	18.1

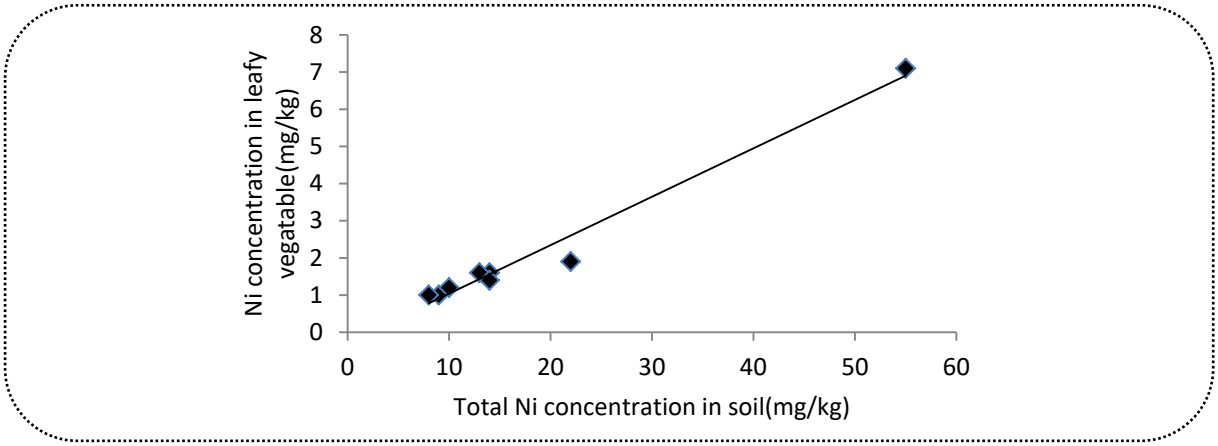
www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱. همبستگی غلظت سرب سبزی های برگی با غلظت سرب کل خاک

Figure 1. Correlation of leaf vegetable lead concentration with total soil lead concentration



شکل۲. همبستگی غلظت نیکل سبزی های برگی با غلظت نیکل کل خاک

Figure 2. Corelation of of leafy vegetables nickel concentration with total soil nickel concentration

نتایج نشان داد که میانگین غلظت نیکل سبزی‌های برگی با میانگین غلظت نیکل در خاک همبستگی معنی‌دار با ضریب تبیین ۹۷ دارد. این رگرسیون از مدل خطی(رابطه ۸) پیروی می‌کرد.

$$Y = 0.13X + 0.25$$ رابطه ۸

در این مدل رگرسیونی، میانگین غلظت نیکل در سبزی‌های برگی به‌عنوان متغیر وابسته (Y) و میانگین غلظت نیکل خاک به‌عنوان متغیر مستقل (X) در نظر گرفته شد (شکل۲).

غلظت کادمیوم درسبزی های برگی و خاک

حداکثر میزان کادمیوم اندازه‌گیری شده با میانگین ۰/۱۶ میلی گرم در کیلوگرم مربوط به کاهو و کمترین غلظت کادمیوم اندازه‌گیری شده با میانگین ۰/۰۳ میلی‌گرم در کیلوگرم مربوط به گشنیز و جعفری بود (جدول۱). میانگین غلظت کادمیوم در سبزی‌های برگی ۰/۰۷ بود که نسبت به حداکثر میزان مجاز برای سبزی های برگی (۰/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) بر اساس استاندارد ملی کشور (Anonymous, 2010) کمتر بود. طی یک پژوهش در اراضی زیر کشت سبزی در اصفهان، میانگین غلظت کادمیوم در نمونه‌های کاهو ۰/۲۷ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد (Mohajer et al., 2014). در مطالعه دیگری در شاهرود، غلظت

www.SID.ir

Archive of SID

کادمیوم در اندام خوراکی نه سبزی برگی اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که غلظت کادمیوم در اندام خوراکی سبزی ها بیش از حدود توصیه شده توسط سازمان بهداشت جهانی می باشد (ناظمی و همکاران، ۱۳۸۸). بالا بودن غلظت فلزات سنگین در اندام خوراکی سبزی می‌تواند با بالا بودن غلظت این عنصر در خاک در ارتباط باشد (Demirezen and Aksoy, 2006).

حداکثر میزان کادمیوم کل اندازه‌گیری شده درخاک مزارع ۳/۳۲ میلی‌گرم درکیلوگرم وحداقل آن ۰/۵۵ میلی‌گرم درکیلوگرم با میانگین۱/۴۶میلی‌گرم در کیلوگرم بود (جدول۲). میانگین غلظت کادمیوم کل خاک نسبت به حداکثر میزان مجاز کادمیوم کل خاک که ۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک می‌باشد (Solhi and Malakouti, 2005) کم‌تر بود. سایر محققین نیز به نتایج مشابهی دست یافته‌اند. طی مطالعه ای، مقدار میانگین غلظت کل کادمیوم در اراضی اصفهان ۱/۷۹ میلی گرم در کیلوگرم گزارش شد و منبع کادمیوم خاک، استفاده از کودهای فسفره اعلام گردید (Amini et al., 2005). طی مطالعه دیگری، جلالی و همکاران مقدار کادمیوم در اراضی تحت کشت سبزی‌ها در همدان را بیشتر از سایر اراضی اعلام کردند. این محققان علت افزایش کادمیوم خاک در این مزارع را فعالیت های انسانی دانسته‌اند (Jalali and Khanlary, 2008). طی تحقیق دیگری غلظت کادمیوم در کاهو در اراضی جنوب تهران ۰/۱۶ میلی گرم در کیلوگرم به دست آمد که مقدار آن کمتر از تحقیق حاضر بود (Givianrad et al., 2011). در هند نیز غلظت کادمیوم اکثر سبزی‌ها بیش از حداکثر مجاز بوده است (Sharma et al., 2008). نتایج نشان داد که میانگین غلظت کادمیوم سبزی های برگی با میانگین غلظت کادمیوم در خاک همبستگی معنی‌دار با ضریب تبیین ۹۸ دارد. این رگرسیون از مدل خطی(رابطه ۹) پیروی می‌کرد.

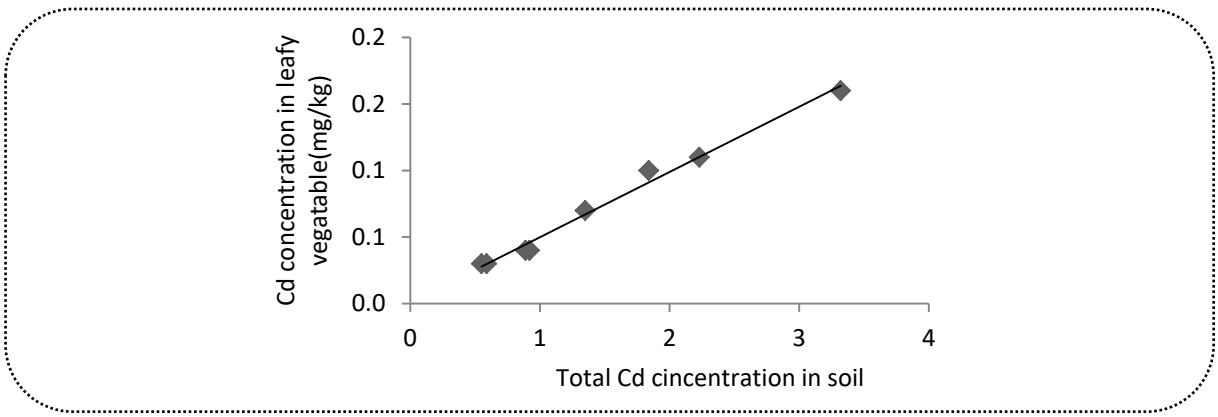
$$Y = 0.049X + 0.0009$$ رابطه۹

در این مدل رگرسیونی، میانگین غلظت کادمیوم در سبزی‌های برگی به عنوان متغیر وابسته (Y) و میانگین غلظت کادمیوم خاک به عنوان متغیر مستقل (X) در نظر گرفته شد (شکل۳).

ارزیابی ریسک خطر مصرف سبزی های برگی

برای ارزیابی ریسک خطر مصرف سبزی‌های برگی، از شاخص احتمال خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی (HQ) استفاده شد (USEPA,2006). چنان‌چه این شاخص کمتر از یک باشد، خطر آشکاری برای مصرف کنندگان وجود ندارد. شاخص خطرپذیری به بیماری های غیرسرطانی از رابطه ۱۰ برآورد گردید (USEPA,2006).

$$HQ = \frac{Intake}{RFD}$$ رابطه۱۰



شکل۳. همبستگی غلظت نیکل سبزی های برگی با غلظت نیکل کل خاک

Figure 3. Corelation of of leafy vegetables cadmium concentration with nickel concentration of whole soil

www.SID.ir

Archive of SID

کـه در آن، HQ بـدون واحـد، Intake، مقـدار جـذب روزانـه آلاینـده ($mg\ kg^{-1}\ day^{-1}$)، و ORD میـزان مجـاز دریافت آلاینـده‌هـای نیتـرات، سـرب و کـادمیوم از مسـیر خوردن است که بـرای بـرای سـرب و کـادمیوم، ۳/۶ و ۱ میکروگرم در کیلـوگرم وزن بـدن در روز اسـت (سـازمان استاندارد ملی ایران، ۲۰۰۳)، اما بـرای نیکـل حـد مجـازی ارایه نشده اسـت. بـر اسـاس اسـتاندارد سـازمان حفاظـت محـیط زیسـت آمریکـا (USEPA, 2006)، غلظـت مجـاز دریافـت کـادمیوم، سـرب، نیکـل بـه ترتیـب ۱، ۴ و ۲۰ میکروگـرم بـر کیلـوگرم وزن بـدن در روز مـی‌باشـد (USEPA,2006) که در این پژوهش از این اعـداد اسـتفاده شـد. دریافـت روزانـه (Intake) فلـزات سـنگین از طریـق مصرف سـبزی‌هـا از رابطـه ۱۱ محاسـبه شـد (USEPA, 2000).

$$\text{Intake} = \frac{\text{Cf}*\text{Ir}}{\text{Bw}} \qquad \text{رابطه ۱۱}$$

که در آن Intake ، مقدار جذب روزانه آلاینده ($mg\ kg^{-1}\ day^{-1}$)، Cf، غلظت آلاینده در وزن تر سبزی (جـدول۱)، Ir، میزان مصرف سبزی‌های برگی در هر روز($g\ day^{-1}$) کـه ۴۰ گرم مـی‌باشـد (Agili et al., 2010) و Bw، وزن بـدن بزرگسال معادل ۷۵ کیلوگرم در نظر گرفته شد.

جدول۳. محاسبات شاخص احتمال خطر پذیری فلزات سنگین با مصرف سبزی های برگی

Table 3. Calculations of the probability index of nitrate and heavy metals with the consumption of leafy vegetables

Leafy vegetables	Daily uptake of Pb ($mg\ kg^{-1}\ day^{-1}$)	Daily uptake of Ni ($mg\ kg^{-1}\ day^{-1}$)	Daily uptake of Cd ($mg\ kg^{-1}\ day^{-1}$)	Nitrate (HQ*)	Pb (HQ)	Ni (HQ)	Cd (HQ)	Total Heavy metals (THQ**)
Dill	0.001	0.0008	0.00002	0.22	0.25	0.04	0.02	0.31
mint	0.002	0.0008	0.0003	0.11	0.50	0.04	0.03	0.57
basil	0.001	0.0005	0.00005	0.25	0.25	0.02	0.02	0.29
Leeks	0.0008	0.0006	0.00002	0.19	0.20	0.03	0.02	0.25
Coriander	0.0005	0.0005	0.00001	0.29	0.12	0.02	0.01	0.15
Parsley	0.0009	0.0037	0.00001	0.16	0.22	0.17	0.01	0.41
Cress	0.0009	0.001	0.00005	0.28	0.22	0.05	0.05	0.23
Letuce	0.0004	0.0007	0.00008	0.37	0.10	0.03	0.08	0.21
Mean	0.0009	0.001	0.00003	0.13	0.22	0.05	0.03	0.30
TDHQ	-	-	-	-	1.86	0.41	0.24	(HI)2.4

* Hazard Quotient
** Total Hazard Quotient

شاخص احتمال خطرپذیری برای آلاینده‌ها(HQ)

شاخص احتمال خطرپذیری برای فلزات سنگین سرب، کادمیوم و نیکل در کلیه سبزی‌های برگی مطالعه شـده کـم تر از یک بود (جدول۳). نتایج نشان داد که مصرف‌کنندگان سبزی‌های برگی با مصـرف روزانـه ۴۰ گـرم، بـا خطـرات بیماری‌های غیرسرطانی قابل توجهی مواجه نیستند. در بین سبزی‌های برگـی، کـاهو بیشـترین شـاخص خطـرپـذیری کادمیوم با شاخص ۰/۰۸ را دارا بـود. هـم‌چنـین بیشـترین شاخص خطرپذیری سرب با شاخص ۰/۵ مربوط به نعنـاع بود. جعفری نیـز بـا شـاخص خطرپـذیری ۰/۱۸ بیشـترین شـاخص خطرپـذیری نیکـل را داشـت (جـدول۳). سـایر محققین نیز از این شـاخص بـرای ارزیـابی ریسـک خطـر مصرف سبزی‌ها اسـتفاده کـرده انـد. محققـین در بررسـی ارزیابی خطر عناصر سـنگین بـر سـلامت انسـان از طریـق مصرف محصولات کشـاورزی در اسـتان اصـفهان، مقـدار نسبت خطر را برای آرسنیک و سرب برای گروه های سنی کودکـان و بزرگسـالان بـزرگ تـر از یـک بـرآورد کردنـد (Salehipour et al., 2015). هم‌چنین در نانجینگ چـین شاخص احتمال خطرپذیری برای عناصر سرب، کادمیوم و روی، مقدار شاخص احتمال خطرپذیری هر دو گروه سنی

www.SID.ir

Archive of SID

از طریق مصرف سبزیجات کم‌تر از یک بود. این پژوهشگران بیان نمودند که عناصر سنگین از طریق مصرف سبزی‌ها سلامت مصرف‌کننده را تهدید نمی‌کند، ولی باید به خطر تجمع طولانی مدت عناصر سنگین به خصوص در کودکان توجه شود (Hu et al, 2013).

در ارزیابی خطر عناصر سنگین از طریق مصرف سبزی‌های آبیاری شده با فاضلاب بر سلامت انسان گزارش شده که شاخص احتمال خطرپذیری کادمیوم و منگنز بیش از یک بود و مصرف سبزی، به طور شدید سلامت مصرف‌کننده را تهدید می‌کند (Mahmood, and Malik, 2014).

شاخص خطرپذیری همه عناصر در یک نوع سبزی برگی به طور جداگانه (THQ)

داده‌های آزمایش نشان دادند که نسبت خطرپذیری همه عناصر در یک نوع سبزی برگی به طور جداگانه (THQ) کم تر از یک بود. بر اساس این شاخص، مصرف‌کنندگان این محصولات با خطرات بیماری‌های غیرسرطانی قابل توجهی مواجه نیستند. شاخصTHQ یا نسبت خطر ناشی از کل عنصر در یک نوع سبزی برگی به صورت زیر کاهش یافت:

گشنیز<کاهو<شاهی<تره<ریحان<شوید<جعفری< نعناع

بابا اکبری و همکاران(۱۳۹۸) نیز طی مطالعه ای در خصوص ارزیابی خطر مصرف سبزی‌های برگی، نسبت خطرپذیری همه عناصر در یک گیاه به طور جداگانه (THQ) کم تر از یک گزارش کردند که با پژوهش حاضر مطابقت داشت. طی مطالعه دیگری در بندر دیر، بالاترین میزانTHQ مربوط به سرب و کادمیوم بوده است (ارفعی نیا و همکاران، ۱۳۹۴).

شاخص خطرپذیری یک عنصر در همه گیاهان (TDHQ[6]):

شاخص خطرپذیری کادمیوم و نیکل در مجموع محصولات (TDHQ) کم تر از یک و در مورد سرب بیش از یک بود. این موضوع بیانگر عدم وجود خطر بیماری‌های غیرسرطانی ناشی از کادمیوم و نیکل برای مصرف‌کنندگان ناشی از مصرف هشت محصول بررسی شده است، اما در مورد سرب، احتمال خطر وجود دارد. شاخص (TDHQ) هر عنصر به وسیله مصرف گیاهان مورد مطالعه به صورت زیر کاهش یافت. با توجه به سهم و نسبت بیش تر عناصر سرب و کادمیوم در مواد غذایی، کنترل مستمر این عناصر در مواد عذایی تولیدی منطقه ضروری به نظر می رسد.

کادمیوم<نیکل< سرب

نتایج یک تحقیق در مورد ارزیابی ریسک خطر مصرف سبزی‌های برگی در جنوب تهران نشان داد که برای همه فلزات سنگین مورد مطالعه، شاخص خطر پذیری در مجموع محصولات (TDHQ) کمتر از یک بود. در بین فلزات سنگین، سرب بیشترین شاخص TDHQ را (۰/۳)به خود اختصاص داد که بیانگر احتمال خطرپذیری بیش تر سرب نسبت به سایر عناصر بود (Babaakbari Sari et al., 2019).

شاخص خطر سلامت (HI[7]):

این شاخص برای کلیه سبزی‌های برگی مورد مطالعه با در نظر گرفتن کلیه فلزات سنگین مورد مطالعه شامل سرب، کادمیوم و نیکل بزرگ تر از یک بود. فلز سنگین سرب بیشترین سهم را در شاخص خطر سلامت (HI) داشت به گونه ای که ۷۷ درصد شاخص خطر سلامت سبزی‌های برگی مورد مطالعه مربوط به این عنصر بود. یک دلیل منطقی برای این مسئله ترسیب آلودگی فلزات از طریق هوا بر روی قسمت‌های برگی سبزی‌های برگی می‌باشد. مزارع کشاورزی مورد مطالعه در ناحیه‌ای قرار گرفته‌اند که در اطراف آنها حجم عظیمی از صنایع و کارخانجات قرار گرفته است که این صنایع باعث انتشار آلاینده‌های اتمسفری به‌خصوص در فرم آئروسل‌های فلزی می‌باشند که این آلاینده‌ها بعد از مدتی از طریق مکانیزم‌های ترسیب و ته‌نشست اتمسفری بر روی برگ سبزی های برگی، باعث تجمع فلزات سنگین در این

6 . Total diet THQ (Target Hazard Quotient)

7 . Health index (Hazard index)

www.SID.ir

Archive of SID

محصولات می‌شوند (Arfainia et al., 2015). طی پژوهش دیگری، غلظت بالای سرب و کادمیوم در خاک به مصرف بسیار زیاد کودهای دامی و به ویژه کودهای شیمیایی با ناخالصی کادمیوم و سرب ارتباط داده شد (Aghili et al., 2007).

جدول۴ . فاکتور تجمع زیستی فلزات سنگین در سبزی های برگی
Table 4. Biological Concentration Factor in leafy vegatables

Leafy vegatable	Biological Concentration Factor for Pb	Biological Concentration Factor for Ni	Biological Concentration Factor for Cd
Dill	0.20	0.11	0.04
mint	0.18	0.12	0.05
basil	0.18	0.11	0.05
Leeks	0.17	0.12	0.04
Coriander	0.32	0.13	0.05
Parsley	0.21	0.13	0.05
Cress	0.17	0.09	0.05
Letuce	0.17	0.10	0.05
Mean	0.20	0.11	0.05

فاکتور تجمع زیستی (BCF[8])

یکی از فاکتورهای مهمی که برای اندازه‌گیری میزان تجمع عناصر سنگین در نمونه‌های گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد، فاکتور تجمع زیستی است و از تقسیم غلظت عنصر در بخش هوایی به غلظت عنصر در خاک محاسبه می‌شود. گونه دارای مقادیر فاکتور تجمع زیستی بالا (بیش تر از ۱) برای یک فلز خاص می‌تواند به عنوان گونه تثبیت کننده عنصر، لحاظ شود (Yoon et al, 2006). فاکتور تجمع زیستی برای آلاینده‌های سرب، نیکل و کادمیوم در جدول ۴ درج شده است.

نتایج حاصل از محاسبه فاکتور تجمع زیستی نشان‌دهنده آن است که برای تمام فلزات مورد مطالعه، این شاخص‌ها کمتر از یک می‌باشند.

بر اساس این مطالعه، گشنیز در بین سبزی‌های برگی، بیشترین فاکتور تجمع زیستی سرب و نیکل را داشت که نشان‌دهنده تمایل این سبزی به جذب و انباشت سرب و نیکل در مقایسه با سایر سبزی‌های برگی بود. سبزی‌های برگی از نظر تجمع کادمیوم تفاوت زیادی با هم نداشتند. در مطالعه ای نشان داده شد که سبزی‌های برگی مثل کاهو، تمایل به تجمع مقادیر زیادی کادمیوم هستند (Davis and and Smith, 1980). طی یک مطالعه دیگر، در سبزی‌های مورد مطالعه جنوب تهران شاهی و ریحان بیشترین فاکتور تجمع زیستی به میزان ۰/۹۶ را دارا بودند (Babaakbari Sari et al., 2019). هم چنین نتایج این محققین نشان داد که در بین سبزی‌های برگی، نعناع بالاترین فاکتور تجمع زیستی سرب را داشته است. انواع متفاوت سبزیجات، حتی گونه‌های مختلف یک نوع محصول کشاورزی خاص میزان جذب متفاوتی از فلزات از خاک دارند (Sharma et al., 2008).

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که شاخص خطر سلامت(HI[9]) برای کلیه سبزی‌های برگی مورد مطالعه با در نظر گرفتن کلیه فلزات سنگین مورد مطالعه شامل سرب، کادمیوم و نیکل بزرگ تر از یک بود که فلز سنگین سرب بیشترین سهم را در شاخص خطر سلامت داشت.

8 . Biological Concentration Factor

9 . Health index (Hazard index)

www.SID.ir

Archive of SID

همچنین شاخص خطرپذیری کادمیوم و نیکـل در مجمـوع محصولات (TDHQ) کم تر از یک و در مورد سرب بیش از یک بود. این موضوع بیانگر عدم وجود خطر بیماری‌های غیرسرطانی ناشی از کادمیوم و نیکل برای مصرف‌کننـدگان ناشی از مصرف هشت محصول بررسی شده است، امـا در مورد سرب، احتمال خطر وجود دارد.

پیشنهادات

پیشنهاد می‌گردد از آن‌جایی کـه محصـولات سـبزی و صیفی طیف وسیعی از سبزی‌های مصرفی در سـبد غـذایی مصرف‌کننده را تشکیل می‌دهند، این پژوهش در مورد سایر سبزی‌ها، از جمله سبزی های میوه‌ای هم صورت پذیرد.

تشکر و قدردانی

این پژوهش، بخشی از نتایج پروژه تحقیقاتی با عنـوان " بررسی مقدار فلزات سنگین (کادمیم، سـرب و نیکـل) و نیترات در سبزیجات مناطق عمده تولید کشـور بـا شـماره ۹۱۱۳۰-۱۰-۱۰-۰۴ " است. نگارنده لازم می‌داند مراتب تشکر و قدردانی خود را از موسسه تحقیقات خـاک و آب کشور برای تصویب پروژه، سازمان تحقیقـات، آمـوزش و ترویج کشاورزی برای تامین مالی پروژه و مرکز تحقیقـات و آموزش کشاورزی و منـابع طبیعـی اسـتان تهـران بـرای فراهم کردن امکانات اجرای پروژه اعلام نماید

منابع

Aghili, F., Khoshgoftarmanesh, A.H., Afyuni, M., and Schulin, R. 2010. Health risks of heavy metals through consumption of greenhouse vegetables grown in central Iran. Human and Ecological Risk Assessment, 15: 999-1015.

Ali Ahiaei, M. and Behbahanizadeh, A.A. 1993. Methods of chemical analysis of soil and water (Volume I). Ministry of Jihad Agriculture, Soil and Water Research Institute. Journal No. 893

Alloway, B. J. 1990. Heavy metals in soils. Edinburgh: Blackie & Son Ltd. 278-283

Amini, M., Afyuni, M., Khademi, H., Abbaspour, K.C., and Schulin, R. 2005. Mapping risk of cadmium and lead contamination to human health in soils of Central Iran.Science of the Total Environment. 347(1-3):64-77.

Anonymous. 2010. Human feed, livestock, maximum tolerance of heavy metals. National Standard of Iran No. 12968. Iranian Institute of Standards and Industrial Research, Karaj. Tehran

Arfainia, H., Ranjbar Vakilabadi, D., Seifi, M and Hashemi, S.A. 2015. Investigation of concentration and risk assessment of heavy metals due to consumption of agricultural products in different farms of Dir city, Bushehr. Bimonthly Journal of Southern Medicine. Persian Gulf Biomedical Research Institute. Bushehr University of Medical Sciences and Health Services.19 (5) Emami, A. 1996. Methods of chemical decomposition of plants (Volume I), Ministry of Jihad Agriculture, Soil and Water Research Institute. Journal No. 982. Tehran. Iran 5

Babaakbari Sari, M., Shakouri, M and Hasani, A. 2019. Evaluation of heavy metal risk indicators due to vegetable consumption in Varamin city. Journal of Soil Management and Sustainable Production. 9 (1)

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

Chen, B.M., Wang, Z.H., Li, S.X., Wang, G.X., Song, H.X., and Wang, X.N. 2004. Effects of nitrate supply on plant growth, nitrate accumulation, metabolic nitrate concentration and nitrate reductase activity in three leafy vegetables. Plant Science. 167(3): 635-643.

Cui, Y.J., Zhu, Y.G., Zhai, R.H., Chen, D.Y., and Liang, J.Z. 2004. Transfer of metals from soil to vegetables in an area near a smelter in Nanning, China.Environment International. 30: 6. 785-791.

www.SID.ir

Archive of SID

Darnell, R.L., and Stutte, G.W. 2001. Nitrite concentration effects on NO3-N uptake and reduction, growth, and fruit yield in strawberry. Journal of the American Society for Horticultural Science. 126(5): 560-563.

Davis, R.R., and Smith, C. 1980. Crops as indicators of the significance of contamination of soil by heavy metals.Water Reserch center stevenage UK, 140p.

Dejon, C.W. and W,Stekbaut. 1995. Nitrate in food commodities vegetable origin and the total diet in Belgium, University of Ghent.

Demirezen, D., and Aksoy, A. Heavy metal levels in vegetables in Turkey are within safe limits for Cu, Zn, Ni and exceeded for Cd and Pb. 2006. J Food Quality. 29, 3: 252-265.

Givianrad, M.H., Sadeghi, T., Larijani, K., and Hosseini. S.E. 2011. Determination of cadmium and lead in lettuce, mint and leek ultivated in different sites of Southern Tehran. Journal of Food Technology and Nutrition. 8(2):38-43 (in Persian).

Hodji, M. and Jalalian, A. 2004. Distribution of nickel, manganese and cadmium in soil and agricultural products in the area of Mobarakeh Steel Complex. Agricultural Science and Technology and Natural Resources.8(3)

Hu, W., Huang, X, Shi, W., Chen, Y., and Jiao, W. 2013. Accumulation and health risk of heavy metals in a plot-scale vegetable production system in a peri-urban vegetable farm near Nanjing, China. Ecotoxicology and Environmental Safety. 98: 303-309.

Jalali, M., Khanlari, Z.V. 2008. Cadmium availability in calcareous soils of agricultural lands in Hamadan, western Iran. Soil and Sediment Contamination: an International Journal. 17(3):256–68.

Kabata-Pendias A. 2010. Trace elements in soils and plants. Florida: CRC press, 162-168.

Kabata-Pendias A., and Mukherjee B. A. 2007. Trace Elements from Soil to Human. Springer. 561p.

Kladivko, E.J., Frankenberger, J.R., Jaynes, D.B., Meek, D.W., Jenkinson, B.J., and Fausey, N.R. 2004. Nitrate leaching to subsurface drains as affected by drain spacing and changes in crop production system. Journal of Environmental Quality. 33(5): 1803-1813.

Mahmood, A., and Malik, R.N. 2014. Human health risk assessment of heavy metals via consumption of contaminated vegetables collected from different irrigation sources in Lahore, Pakistan. Arabi. J. Chem. 7: 91-99.

Malakoutian, M., Mesraghani, M. add Danesh pazhouh, M. 2011. A Survey on Pb, Cr, Ni and Cu Concentrations in Tehran Consumed Black Tea: A Short Report. J Rafsanjan Univ Med sci; 102: 138- 139.

Merdivan, M., Yilmaz, E., and Hamamci, C. 2004. Basic nutrients and element contents of white cheese of Diyarbakır in Turkey. Food Chem . 87(2): 163-71.

Mohajer, R., Salehi, M.H., Mohammadi, J. 2014. Investigation of lead and cadmium concentrations in lettuce, cabbage, onion and beet agricultural products of Isfahan province. Journal of Health and Environment, Iranian Scientific Association of Environmental Health. 7 (1)

Nazemi, S. 2012. Concentration of heavy metal in edible vegetables widely consumed in Shahroud, the North East of Iran. J. of Applied Envir. and Biolog. Sci. 2: 386–391.

Nazemi, A., Asgari, A. and Rai, M. 2009. Investigation of the amount of heavy metals in vegetables grown in the suburbs of Shahroud. Journal of Health and Environment. Iranian Journal of Environmental Health Scientific Research Quarterly. Third period. Second Issue.

Nazemi, S., Asgari, A.R and Raei. M. 2010. Survey the Amount of Heavy Metals in Cultural Vegetables in Suburbs of Shahroud. Iran J Health Environ. 3, 2: 195-202.

www.SID.ir

Archive of SID

Radu, L. and Anca-Rovena L. 2008. Vegetable and fruits quality within heavy metals polluted areas in Romania. Carpath J Earth Env. 2008; 3, 2: 115-29.

Radwan, M.A., and Salama, A.K. 2006. Market basket survey for some heavy metals in Egyptian fruits and vegetables. Food Chem Toxicol . 44(8): 1273-8.

Reilly, C. 2008. Metal contamination of food: its significance for food quality and human health. 3rd ed. Hoboken, New Jersey: Blackwell Science. 436-441 .

Salehipour, M., Ghorbani, H., Kheirabadi, H., and Afyuni, M. 2015. Health Risks from Heavy

Samarghandi, M., Karimpour, M. And Ghulam Hussain, S. 2000. Investigation of the amount of heavy metals in vegetables grown with water contaminated with these metals in the suburbs of Hamadan. Journal of Sabzevar University of Medical Sciences (Asrar).7 (1)

Seilsepour, M. and Momayezi, M.. 2005. Management of Nitrogen Consumption in Vegetable. Marz Danesh Publications, Tehran, Iran

Sharma R, Agrawa M, Marshall F. 2009. Heavy metals in vegetables collected from production and market sites of a tropical urban area of India. Food and Chem. Toxico.. 47: 583–591.

Sharma RK, Agrawal M, Marshall FM.2008 Heavy metal (Cu, Zn, Cd and Pb) contamination of vegetables in urban India: a case study in Varanasi. Environmental Pollution. 154(2):254-63.

Solhi, M. and Malakouti, M. J. 2005. Distribution and permissible concentration of heavy metals in the life cycle. Technical Journal No. 470. Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran

Song, B., Lei, M., Chen,T., Zheng,Y., Xie, Y., and Li, X., 2009.Assessing the health risk of heavy metals in vegetables to the general population in Beijing, China . Journal of Environmental Sciences. 21(12):1702- 09.

Susin, J,, Kmecl, V, and Gregorcic, A. 2006. A survey of nitrate and nitrite content of fruit and vegetables grown in Slovenia during 1996-2002. Food Additives and Contaminants 23(4):385-390.

USEPA, IRIS 2006. United States, Environmental Protection Agency, Integrated Risk Information System Program. 43p.

USEPA. 2000. Risk-based concentration table. Office of Health and Environmental Assessment, Washington DC, USA. 385p.

Wang, Q.C.,and Ma, Z.W. 2004. Heavy metals in chemical fertilizer and environmental risks. Rural Eco-Environment. 20(2):62–64 (in Chineese).

Yalchin, M.G., Battaloglu, R., and Ilhan, S. 2007. Heavy metal sources in Sultan Marsh and its neighborhood, Kayseri, Turkey. Environ Geol. 53, 2: 399-415.

Yang, J., Guo, H., Ma, Y., Wang, L., Wei, D. and Hua L. 2010. Genotypic variations in the accumulation of Cd exhibited by different vegetables. J Environ Sci (China). 22, 8: 1246–1252.

Yoon, J., Cao, X., Zhou, Q., and Ma,L.Q. 2006. Accumulation of Pb, Cu and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site, Science of The Total Environment. 368: 456-664

Zheng, N., Wang, Q., and Zheng, D. 2007. Health risk of Hg, Pb, Cd, Zn and Cu to the inhabitants aroundHuludao Zinc Plant in China via consumption of vegetables. Science of The Total Environment. 383: 81-89.

www.SID.ir