

محور مقاله: آلودگی خاک و آب و سلامت محصولات کشاورزی

ارزیابی خطر سرطان‌زایی سرب در سبزیجات رشد یافته در خاک تیمار شده با لجن فاضلاب در شرایط گلخانه‌ایی

مریم تکیه‌گاه پهرانی نژاد^{۱*}، امیر بستانی^۲^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد^۲ دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد

چکیده

با توجه به اهمیت سبزیجات سالم در رژیم غذایی و استفاده رایج از لجن فاضلاب شهری به‌عنوان بارور کننده خاک، کنترل غلظت عناصر سنگین در محصولات به جهت حفظ سلامتی مصرف‌کننده حائز اهمیت است. لذا این پژوهش با هدف ارزیابی خطر سرطان‌زایی سرب در سبزیجات رشد یافته در خاک تیمار شده با لجن فاضلاب در شرایط گلخانه‌ایی انجام شد. طرح آزمایش به‌صورت کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گردید. تیمارهای آزمایشی شامل پنج سطح لجن فاضلاب (صفر، ۱/۵، ۳، ۴/۵ و ۶ درصد وزنی) و سبزیجات مورد مطالعه شامل پیازچه، تربچه، شاهی، ریحان، خرفه و مرزه بودند. سپس شاخص سرطان‌زایی سرب برآورد گردید. بر اساس یافته‌ها؛ اثر تیمار لجن فاضلاب بر افزایش خطر سرطان‌زایی (CR) معنی‌دار بود ($p \leq 0/0001$). بیشترین شاخص سرطان‌زایی در گیاه شاهی با مقدار ۰/۰۱۱۵ و ۰/۰۰۳۷ به ترتیب در کودکان و بزرگ‌سالان مشاهده شد. نتایج نشان داد احتمال وقوع بیماری‌های سرطانی برای هر دو گروه سنی وجود داشت و کودکان بیش از دو برابر بزرگ‌سالان در معرض این خطر بودند.

کلمات کلیدی: فلزات سنگین، ارزیابی خطر سلامت، خطر سرطان‌زایی، لجن فاضلاب

مقدمه

با توجه به اهمیت سبزیجات سالم در رژیم غذایی و استفاده رایج از لجن فاضلاب شهری به‌عنوان بارور کننده خاک، کنترل غلظت عناصر سنگین در محصولات به جهت حفظ سلامت مصرف‌کننده حائز اهمیت است (حسینی خانمیری و همکاران، ۱۳۹۰). به دلیل خطر تهدید سلامت انسان در ارتباط با فلزات سنگین آگاهی از غلظت این عناصر به عنوان شاخصی مهم در پیش‌بینی خطرات بیماری‌های منتج شده از مصرف فلزات سنگین امری ضروری است (Ravankhah et al., 2016). خطرات بهداشتی ناشی از حضور فلزات سنگین بر اساس مدل منتشرشده توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست ایالات‌متحده محاسبه می‌گردد (Hu et al., 2017). در بررسی‌های Dolgen و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که غلظت کادمیم، کروم، مس، سرب، نیکل و روی در گیاهانی مانند کلم، اسفناج، تربچه و سبزیجات برگی رشد یافته در خاک تیمار شده با لجن فاضلاب بیش‌تر است. در پژوهشی خطر سرطان‌زایی سرب، نیکل و کادمیم در پیاز، گندم و برنج در اطراف شرکت فولادسازی بررسی شد، نتایج نشان داد ساکنین محلی که محصولات مورد مطالعه را مصرف می‌کنند، در معرض سمیت‌های سرب، نیکل و کادمیم قرار دارند (Moradi et al., 2013). در مطالعه‌ای، خطری که سلامت انسان را با مصرف برنج در نزدیکی سه منطقه‌ی معدن در چین مرکزی تهدید می‌کرد بررسی شد. نتایج نشان داد شاخص سرطان‌زایی (CR) برای پنج فلز سنگین، ۰/۱۷۷۳ است و احتمال وقوع بیماری سرطان برای ساکنین محلی وجود داشت (Fan et al., 2017). در پژوهشی در چین، شاخص سرطان‌زایی ناشی از حضور فلزات سنگین و آرسنیک در لجن فاضلاب بین بزرگ‌سالان و کودکان، از دو مسیر مصرف خوراکی و استنشاق بررسی شد. خطر سرطان‌زایی کادمیم و آرسنیک بیش از حد مجاز بود و هر دو گروه در خطر ابتلا به سرطان بودند (Duan et al., 2017).

مواد و روش‌ها

پژوهش با هدف ارزیابی اثر سطوح مختلف لجن فاضلاب بر شاخص سرطان‌زایی سرب در سبزیجات رشد یافته در خاک نسبتاً آلوده و تیمار شده با سطوح لجن فاضلاب در شرایط گلخانه انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با تیمار سطوح مختلف لجن فاضلاب

(شاهد، یک و نیم، سه، چهار و نیم و شش درصد وزنی لجن فاضلاب) و شش نوع گیاه (پیازچه، تربچه، شاهی، ریحان، خرفه و مرزه) در سه تکرار اجرا گردید. خاک مورد استفاده از خاک سطحی آلوده حاشیه نهر فیروزآباد واقع در منطقه جنوب تهران و لجن فاضلاب از تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب شهر تهران از مرحله هضم ثانویه و تصفیه بیولوژیکی تهیه گردید. پس از اعمال تیمارها رطوبت گلدان‌ها به ظرفیت مزرعه (FC) رسانیده شد و به مدت ۱۵ روز، رطوبت خاک با هدف به تعادل رسیدن خاک و لجن فاضلاب در این شرایط نگهداشته شد (Singh and Agrawal, 2010). بعد از آن نسبت به کاشت اقدام گردید و پس از پایان دوره رشد قسمت‌های خوراکی سبزیجات برداشت و به روش هضم تر عصاره گیری شد (Rehchigl and Payne, 1990). غلظت سرب در نمونه‌ها با دستگاه جذب اتمی مدل Analytic Jena Contra AA300 مورد سنجش قرار گرفت.

ارزیابی شاخص سرطان‌زایی

به‌منظور برآورد خطرات ناشی از قرار گرفتن در معرض فلزات سنگین از شاخص‌هایی که توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده آمریکا ارائه و توسعه یافته استفاده شد. ابتدا متوسط مصرف خوراکی روزانه (ADD) فلزات سنگین از طریق مصرف سبزیجات محاسبه گردید و سپس احتمال ابتلا به سرطان یک فرد در طول عمر توسط شاخص سرطان‌زایی (CR) برآورد شد. جدول (۱) روابط متوسط مصرف خوراکی روزانه و شاخص سرطان‌زایی را نمایش داده است.

جدول ۱. روابط متوسط مصرف خوراکی روزانه و شاخص سرطان‌زایی

نام شاخص	رابطه	منابع
متوسط مصرف خوراکی روزانه	(۱) $ADD = \frac{C \times ED \times EF \times IR}{BW \times AT}$	(USEPA, 1998) (Chen et al., 2015)
شاخص سرطان‌زایی	(۲) $CR = ADD \times SF$	(Fan et al., 2017)

در رابطه (۱) ADD متوسط مصرف خوراکی روزانه فلزات سنگین (برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز)، C غلظت فلز سنگین در بخش خوراکی محصول (میلی‌گرم بر کیلوگرم)، IR میزان مصرف سبزیجات در ایران (کودکان و بزرگسالان به ترتیب ۲۳۲ و ۲۸۶ گرم در روز) (عبدی و همکاران، ۱۳۹۴)، ED تعداد سال‌های که سبزیجات مصرف شدند (کودکان و بزرگسالان به ترتیب ۵/۵ و ۳۲/۵ سال)، EF دفعات مصرف سبزیجات در سال (۲۴۸ روز) (Esteghamati et al., 2012)، BW وزن متوسط بدن (کودکان و بزرگسالان به ترتیب معادل ۱۶/۲ و ۶۱/۸ کیلوگرم) (داوطلب نظام و همکاران، ۱۳۹۵)، AT زمان متوسط در معرض قرار گرفتن ($365 \times ED$ بر حسب روز) (Chen et al., 2015). در رابطه (۲) CR شاخص سرطان‌زایی و SF عامل شیب سرطان‌زا فلز (برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز) که توسط اداره محیط‌زیست ایالات‌متحده (USEPA) ارائه گردیده است. مقدار این عامل برای عنصر سرب ۰/۲۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز تعریف شده است. اگر شاخص سرطان‌زایی کوچک‌تر از ۰/۰۰۰۰۰۱ باشد حداکثر قابل قبول و نشان‌دهنده‌ی شرایط ایمن و اگر بزرگ‌تر از ۰/۰۰۰۱ باشد نشان‌دهنده خطر بالقوه سرطان‌زایی است (Fan et al., 2017).

نتایج و بحث

خاک مورد آزمایش دارای واکنش عصاره اشباع ۸/۲، هدایت الکتریکی ۱۰/۵۱ دسی زیمنس بر متر و ظرفیت تبادل کاتیونی ۱۲/۷ سانتی مول بر کیلوگرم بود. نتایج حاصل از آنالیز خاک قبل از اعمال تیمارها نشان داد، میزان سرب قابل دسترس و کل در خاک و میزان سرب موجود در لجن فاضلاب به ترتیب معادل ۲/۵۹، ۲۴/۶۱ و ۵۰/۵۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. با توجه به استاندارد کیفیت خاک ایران، از نظر غلظت سرب، این خاک در

¹ Average daily doses

² Carcinogenic Risk

³ Corresponding slope factor

محدوده مجاز کشاورزی قرار دارد (جعفری و همکاران، ۱۳۸۸ و دفتر آب و خاک، ۱۳۹۲). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد اثر سطوح لجن فاضلاب و نوع سبزیجات بر شاخص سرطان‌زایی سرب در هر دو گروه سنی معنی‌دار است ($p \leq 0.001$). تأثیر سطوح مختلف لجن فاضلاب بر شاخص سرطان‌زایی سرب در دو گروه سنی در جدول (۱) ارائه شد. شاخص سرطان‌زایی سرب از سطح شاهد تا سطح تیمار سه درصد وزنی لجن فاضلاب، ۳۳ درصد افزایش یافت. در تمام سطوح لجن فاضلاب میزان شاخص سرطان‌زایی بیش از ۰/۰۰۰۱ بود و کودکان بیش از دو برابر از بزرگسالان در خطر ابتلا به بیماری‌های سرطانی با مصرف سبزیجات بودند. در پژوهشی در اصفهان غلظت فلزات سنگین در ۸۳ منطقه مورد بررسی قرار گرفت و خطر ابتلا به سرطان (CR) محاسبه شد در این مطالعه، خطر سلامت انسان به ویژه برای Pb و Cd به سطح هشداردهنده رسیده بود (Rastegari Mehr et al., 2017).

جدول ۱. مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف تیمار لجن بر شاخص سرطان‌زایی سرب در کودکان و بزرگسالان

تیمار شاهد	تیمار ۱/۵ درصد	تیمار ۳ درصد	تیمار ۴/۵ درصد	تیمار ۶ درصد
کودکان	کودکان	بزرگسالان	کودکان	بزرگسالان
۰/۰۰۵۶ ^d	۰/۰۰۶۶ ^c	۰/۰۰۷۴ ^a	۰/۰۰۷۳ ^{ab}	۰/۰۰۲۲ ^b

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

جدول (۲) مقایسه میانگین اثر نوع سبزیجات بر شاخص سرطان‌زایی سرب در دو گروه سنی نمایش داده است. این شاخص در همه‌ی سبزیجات بیش از چندین برابر حدود ایمن بود و مصرف تمامی سبزیجات تیمار شده با سطوح مختلف لجن فاضلاب احتمال بروز بیماری‌های سرطانی در هر دو گروه سنی را در پی داشت. به عبارت دیگر استفاده طولانی مدت از سبزیجات رشد یافته در این شرایط می‌تواند منجر به اثرات منفی و خطرناک بیماری‌های سرطانی گردد. بیشترین مقدار این شاخص به ترتیب در گیاه شاهی، ریحان، تربچه، خرفه، پیازچه و مرزه مشاهده شد.

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر سبزیجات مورد مطالعه بر شاخص سرطان‌زایی سرب در کودکان و بزرگسالان

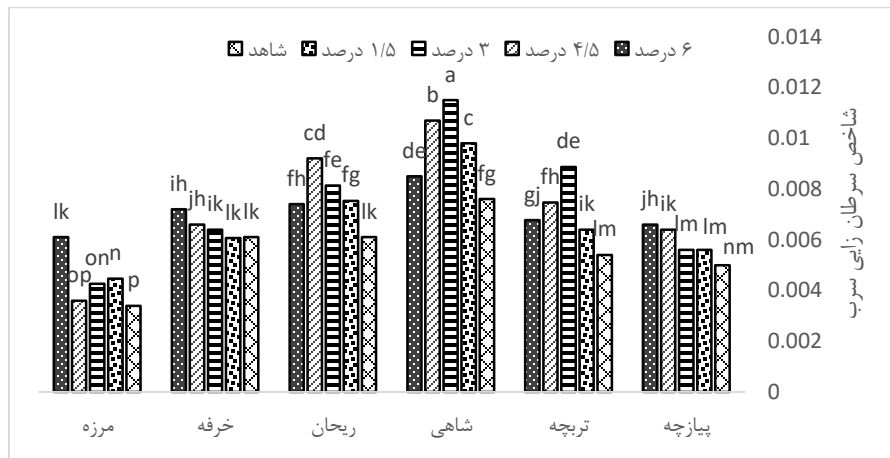
سبزیجات	کودکان	بزرگسالان
پیازچه	۰/۰۰۵۸ ^e	۰/۰۰۱۸ ^e
تربچه	۰/۰۰۶۹ ^c	۰/۰۰۲۲ ^c
شاهی	۰/۰۰۹۶ ^a	۰/۰۰۳ ^a
ریحان	۰/۰۰۷۶ ^b	۰/۰۰۲۴ ^b
خرفه	۰/۰۰۶۴ ^d	۰/۰۰۲ ^d
مرزه	۰/۰۰۴۳ ^f	۰/۰۰۱۴ ^f

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

شکل (۱) و (۲) نتایج حاصل اثر متقابل سطوح لجن فاضلاب و نوع سبزیجات بر شاخص سرطان‌زایی در کودکان و بزرگسالان را نمایش داده است. اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف لجن فاضلاب بر میزان شاخص سرطان‌زایی در گیاهان مختلف وجود دارد. بیشترین شاخص سرطان‌زایی سرب در کودکان و بزرگسالان به ترتیب با مقدار ۰/۰۱۱۵ و ۰/۰۰۳۷ مربوط به گیاه شاهی در تیمار سه درصد وزنی لجن فاضلاب و کم‌ترین این شاخص با مقدار

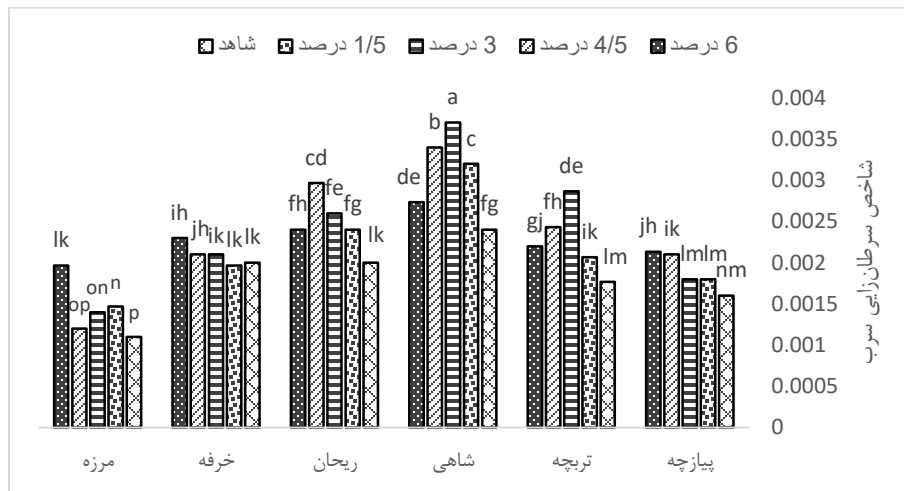
۰/۰۰۳۴ و ۰/۰۰۱۱ در گیاه مرزه در تیمار شاهد مشاهده شد. مقدار این شاخص در تمامی تیمارها نشان داد احتمال ابتلا به بیماری‌های سرطانی برای کودکان بسیار شدیدتر از بزرگسالان است. به عبارت دیگر استفاده از سبزیجات رشد یافته در خاک‌های تیمار شده با لجن فاضلاب می‌تواند اثرات به مراتب خطرناک‌تری برای کودکان نسبت به بزرگسالان در پی داشته باشد. در پژوهشی در استان جیانگ‌سو چین نتایج نشان داد شاخص کل سرطان‌زایی در خاک منطقه حدود ۱۰ برابر حد خطرپذیری قابل قبول بوده است (Jiang et al., 2016).

شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای لجن فاضلاب و سبزیجات مختلف بر شاخص سرطان‌زایی در کودکان



میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای لجن فاضلاب و سبزیجات مختلف بر شاخص سرطان‌زایی در بزرگسالان



میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

نتیجه‌گیری

این مطالعه نشان داد که شاخص سرطان‌زایی (CR) سرب در سبزیجات تیمار شده با سطوح مختلف لجن فاضلاب بیش از چندین برابر حدود ایمن است و این امر نشان‌دهنده خطر بالقوه این فلز در ارتباط با مصرف این سبزیجات در رژیم غذایی و سلامت افراد است. بیشترین شاخص سرطان‌زایی

در گیاه شاهی با مقدار ۰/۰۰۹۶ برای کودکان ۰/۰۰۳ برای بزرگسالان و کمترین در گیاه مرزه با مقدار ۰/۰۰۴۳ برای کودکان و مقدار ۰/۰۰۱۴ برای بزرگسالان مشاهده شد. نتایج نشان داد که احتمال وقوع بیماری‌های سرطانی برای مصرف‌کنندگان سبزیجات کشت‌شده در حاشیه نهر فیروزآباد و سبزیجات رشد یافته در خاک تیمار شده با لجن فاضلاب وجود دارد، و نظارت منظم بر آلودگی این محصولات برای حفاظت از سلامت انسان و دام، ضروری است. ارزیابی شاخص سرطان‌زایی فلزات سنگین، از جمله سرب بازتاب این واقعیت است که فلزات سنگین موجود در خاک زمینه و یا کاربرد لجن فاضلاب در زمین‌های کشاورزی تهدید جدی برای سلامت کودکان و بزرگسالان فراهم کرده است و کودکان به‌مراتب بیشتر از بزرگسالان در معرض خطر بیمارهای سرطانی ناشی از مصرف فلزات سنگین موجود در سبزیجات هستند.

منابع

- حسینی خانمیری، ن.، هاشمی مجد، ک.، اصغری، ش.، اوستان، ش. و کیوان بهجو، ف. ۱۳۹۰. اثر لجن بیولوژیک مجتمع پتروشیمی تبریز بر غلظت برخی فلزات سنگین در خاک و گیاه جو بهاره در شرایط گلخانه‌ای. *مجله ی علوم و فنون کشت های گلخانه ای*، ۲، ۸۳-۹۳.
- دفتر آب و خاک. ۱۳۹۲. استانداردهای کیفیت منابع خاک و راهنماهای آن. سازمان حفاظت محیط زیست
- داوطلب نظام، س.، شاکری، ع. و رضایی، م. ۱۳۹۵. تعیین منشاء و ارزیابی ریسک سلامت عناصر بالقوه سمناک در خاک پارک لاله، شهر تهران. هشتمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست. انجمن مهندسی محیط زیست ایران.
- عبدی، ف.، عطاردی کاشانی، ز.، میرمیران، پ. و استکی، ت. ۱۳۹۴. بررسی و مقایسه الگوی مصرف ذایی در ایران و جهان: یک مقاله مروری. *مجله دانشگاه علوم پزشکی فسا*، ۵، ۱۵۹-۱۶۷.
- CHEN, H., TENG, Y., LU, S., WANG, Y. & WANG, J. 2015. Contamination features and health risk of soil heavy metals in China. *Science of The Total Environment*, 512-513, 143-153.
- DOLGEN, D., ALPASLAN, M. N. & DELEN, N. 2007. Agricultural recycling of treatment-plant sludge: A case study for a vegetable processing factory. *J. Environ. Manage.*, 274-281.
- DUAN, B., ZHANG, W., ZHENG, H., WU, C., ZHANG, Q. & BU, Y. 2017. Comparison of Health Risk Assessments of Heavy Metals and As in Sewage Sludge from Wastewater Treatment Plants (WWTPs) for Adults and Children in the Urban District of Taiyuan, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14, 1194.
- ESTEGHAMATI, A., NOSHAD, S., NAZERI, A., KHALILZADEH, O., KHALILI, M. & NAKHJAVANI, M. 2012. Patterns of fruit and vegetable consumption among Iranian adults: a SuRFNCD-2007 study. *Br J Nutr*, 108, 177-81.
- FAN, Y., ZHU, T., LI, M., HE, J. & HUANG, R. 2017. Heavy Metal Contamination in Soil and Brown Rice and Human Health Risk Assessment near Three Mining Areas in Central China. *Journal of Healthcare Engineering*, 2017, 4124302.
- HU, B., JIA, X., HU, J., XU, D., XIA, F. & LI, Y. 2017. Assessment of Heavy Metal Pollution and Health Risks in the Soil-Plant-Human System in the Yangtze River Delta, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14, 1042.
- JIANG, Y., CHAO, S., LIU, J., YANG, Y., YANJIAO, C., ZHANG, A. & CAO, H. 2016. Source apportionment and health risk assessment of heavy metals in soil for a township in Jiangsu Province, China.
- MORADI, A., HONARJOO, N., FALLAHZADE, J. & NAJAFI, P. 2013. Assessment of Heavy Metal Pollution in Soils and Crops of Industrial Sites, Isfahan, Iran. 16, 97-100.
- RASTEGARI MEHR, M., KESHAVARZI, B., MOORE, F., SHARIFI, R., LAHIJANZADEH, A. & KERMANI, M. 2017. Distribution, source identification and health risk assessment of soil heavy metals in urban areas of Isfahan province, Iran. *Journal of African Earth Sciences*, 132, 16-26.
- RAVANKHAH, N., MIRZAEI, R. & MASOUM, S. 2016. Human Health Risk Assessment of Heavy Metals in Surface Soil. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*, 26, 109-120.
- RECHCIGL, J. E. & PAYNE, G. G. 1990. Comparison of a microwave digestion system to other digestion methods for plant tissue analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*
- SINGH, R. P. & AGRAWAL, M. 2010b. Effect of different sewage sludge applications on growth and yield of *Vigna radiata* L. field crop: Metal uptake by plant. *Ecological Engineering*, 36, 969-972.
- USEPA 1998. Risk assessment guidance for Superfund. Human health evaluation manual.



16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



Topic for submission: Soil and Water Pollution and Crop Health

Evaluation of the Carcinogenic risk of lead in vegetables grown in soil treated with sewage sludge

Tekyegah^{*1}, M., Bostani², A

¹ M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Shahed University, Iran

² Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Shahed University, Iran

Abstract

Given the importance of healthy vegetables in the diet, And the common use of urban sewage sludge as a soil fertilizer, Control of the concentration of heavy elements in products is important for maintaining consumer health. Therefore, this study was to evaluate the Carcinogenic risk of lead in vegetables grown in soil treated with sewage sludge in greenhouse conditions. The experiment was performed completely randomly with three replications. The treatments consisted of five levels of sewage sludge (zero, 1.5, 3, 4.5 and 6 wt%), and the studied vegetables included Scallion, radish, Garden cress, basil, Pearl and Savory. Then the lead Carcinogenic risk index was estimated. According to the findings, the effect of sewage sludge treatment on the increase in Carcinogenic risk (CR) was significant ($p \leq 0.0001$). The highest carcinogenicity index was observed in children and adults in the royal plant with 0/0115 and 0/0037 respectively. results indicate that the probability of occurrence of cancer diseases is for both age groups and Children from adults are more than twice as likely to be at risk.

Keywords: Heavy metals, health risk assessment, carcinogenicity risk, sewage sludge.

* Corresponding author, Email: m.tekyegah@gmail.com