

ارزیابی شاخص خطر کبالت در اثر مصرف سبزیجات کشت شده در تیمارهای مختلف لجن فاضلاب

مرضیه غنام^{۱*}، امیر بستانی^۲

^۱ فارغ التحصیل کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد تهران

^۲ دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد تهران

چکیده

این پژوهش با هدف ارزیابی خطر کبالت بر سلامت انسان نسبت به بیماری‌های غیرسرطانی از طریق مصرف سبزیجات رشد یافته در خاکهای تیمار شده با سطوح مختلف لجن فاضلاب در شرایط گلخانه‌ای انجام گرفت. آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل پنج سطح لجن فاضلاب (صفر، ۱/۵، ۳، ۴/۵ و ۶ درصد) و هشت نوع سبزیجات برگی (اسفناج، تربچه، پیازچه، شاهی، ریحان، خرفه، گشنیز و مرزه) بود. با افزایش سطح لجن فاضلاب، شاخص متوسط جذب روزانه (ADD) و احتمال خطر (HQ) در هر دو گروه سنی کودکان و بزرگسالان افزایش یافت ($P \leq 0.0001$). نتایج نشان داد در تیمار ۴/۵ درصد لجن فاضلاب نسبت به تیمار شاهد، برای هر دو گروه سنی کودکان و بزرگسالان شاخص خطر ۲ برابر افزایش داشت. بیشترین و کمترین شاخص خطر به ترتیب متعلق به گیاه پیازچه و مرزه بود. به‌طور کلی، برای هر دو گروه سنی خطر بالقوه ایجاد بیماری‌های غیرسرطانی وجود داشت و کودکان بیش از سه برابر بزرگسالان در معرض این خطر بودند.

واژگان کلیدی: سبزیجات برگی، شاخص خطر، فلزات سنگین، لجن فاضلاب

مقدمه

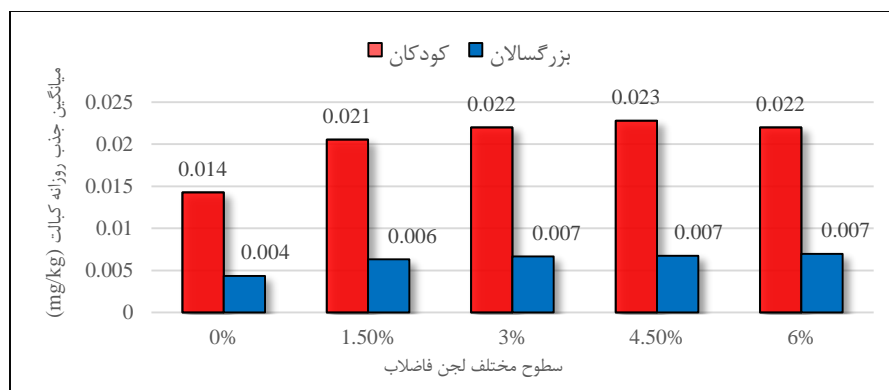
با افزایش روزافزون جمعیت و رشد کلان‌شهرها و کمبود منابع آب، هر روز اهمیت تصفیه فاضلاب بیشتر و بیشتر می‌شود. از آنجا که وقتی فاضلاب تصفیه می‌شود تا این منبع به محیط زیست برگردانده شود، محصول جانبی نیمه جامد غنی از مواد آلی به نام لجن فاضلاب تولید شده که حجم زیادی داشته و چگونگی دفع یا استفاده سودمندانه از آن به گونه‌ای که خطری سلامت و بهداشت عمومی را تهدید نکند، از اهمیت به‌سزایی برخوردار است (ترایبیان و همکاران، ۱۳۹۱). با توجه به اینکه این ماده منبع غنی از عناصر ریزمغذی، نیتروژن و فسفر برای گیاه می‌باشد، به‌عنوان یک کود آلی ارزان قیمت مورد توجه کشاورزان قرار گرفته است. به‌رغم جنبه‌های مفید لجن فاضلاب به عنوان کود آلی، ممکن است به‌دلیل سطح بالای فلزات سنگین، کاربرد آن به‌ویژه در مقادیر زیاد در کشاورزی تبعات مضرّی در پی داشته باشد. چرا که این امر باعث انباشته شدن بیش از حد فلزات سنگین در خاک می‌شود (خانمیری و همکاران، ۱۳۹۰). اگرچه برخی از فلزات سنگین در مقادیر ناچیز برای رشد گیاه لازم‌اند، ولی غلظت کمی بیشتر از حد آستانه آن‌ها می‌تواند برای حیات گیاهی و جانوری خطرناک باشد (Salehipour Baversad et al., 2014). برای مثال، کبالت یک عنصر اساسی برای بدن انسان و عضو تشکیل دهنده لازم ویتامین B12 (هیدروکسی کوبالامین) است (Elinder et al., 1986). حداقل توصیه شده مصرف روزانه هیدروکسی کوبالامین در بزرگسالان ۳ میکروگرم در روز است، که برابر با ۰/۱۲ میکروگرم کبالت می‌باشد

* ایمیل نویسنده مسئول: marzie.ghannam@gmail.com

(Stabler et al., 2004). به هر حال مقادیر زیاد کبالت برای ارگانسیم‌های بدن مضر است. سمیت کبالت باعث عوارض جانبی ریوی (Wehner et al., 1977) و سرطان‌زایی (Heath., 1955) می‌شود. داده‌های موجود در منابع نشان می‌دهد که کبالت می‌تواند برای بسیاری از انواع سلول‌ها از جمله سلول‌های عصبی باعث سمیت سلول (Wang et al., 2000 – Yang et al., 2004) شود (به نقل از Karovic et al., 2007). در دهه‌های اخیر، آبیاری با فاضلاب و استفاده کود لجن فاضلاب در زمین‌های کشاورزی منجر به افزایش سطح آلودگی ناشی از فلزات سنگین شده است، از این رو لازم است توجه ویژه‌ای به تولید محصول و مصرف محصولات کاشته شده در چنین مناطقی داشته باشیم (Moradi et al., 2016). ذخیره‌سازی فلزات سنگین در بخش‌های خوراکی محصولات غذایی منبع مهمی از آلاینده‌ها در زنجیره غذایی انسان است زیرا سبزیجات فلزات را از خاک، هوا و آب جذب می‌کنند (Flores-Magdaleno et al., 2014; Chiroma et al., 2011; et al., 2011). میزان انباشت این فلزات در برگ سبزیجات بیشتر از قسمت‌های دیگر گزارش شده است و از آنجا که سبزیجات در رژیم غذایی روزانه انسان‌ها طرفدار زیادی دارند و با توجه به تازه‌خوری این محصولات، اثرات زیان‌بار این فلزات تهدید جدی برای مصرف‌کنندگان محسوب می‌شود. امروزه با توجه به برخی فاکتورها از جمله غلظت ماده آلاینده، مقدار مصرف در طول زمان، سن فرد مصرف‌کننده، وزن بدن و نظایر آن و نیز استفاده از برخی روابط و شیوه‌های ارائه شده توسط سازمان‌های معتبر بین‌المللی می‌توان تا حدود زیادی میزان خطر ناشی از مصرف محصولات آلوده را برآورد و در جهت کاهش این‌گونه خطرات، توصیه‌ها و هشدارهایی را به مصرف‌کنندگان ارائه نمود (Salehipour Baversad et al., 2014). به منظور بررسی خطرات ناشی از فلزات سنگین جذب شده در گیاهان و تاثیر آن بر سلامت انسان، محققین به محاسبه شاخص‌های سلامتی مانند؛ مقدار متوسط جذب روزانه فلزات سنگین (ADD) و شاخص خطر بروز بیماری‌های غیرسرطانی (HQ) پرداختند (Rastegarimehr et al., 2017)، (Hu et al., 2017). طی پژوهشی که در استان جیانگسو چین به منظور ارزیابی ریسک سلامت فلزات سنگین در خاک انجام شد، مقدار متوسط مصرف روزانه (ADD) برای بزرگسالان و کودکان از طریق استنشاق، تماس پوستی و خوراک (مستقیم و غیر مستقیم) محاسبه و از هر سه طریق منجر به بروز خطرات بالقوه شد (Jiang et al., 2017). در مطالعه‌ای دیگر، بررسی آلودگی ۵ فلز سنگین و ارزیابی خطر سلامت انسان در برنج و خاک آن، در نزدیکی سه منطقه معدن در چین انجام گرفت. در این پژوهش مقدار شاخص خطر برای هر ۵ فلز سنگین در برنج بالا بود، که نشان دهنده خطر بالقوه غیرسرطان‌زا می‌باشد (Fan et al., 2017). پژوهش حاضر با هدف بررسی مقدار جذب روزانه و شاخص خطر بیماری‌های غیرسرطانی فلز کبالت در دو گروه سنی کودکان و بزرگسالان مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

پژوهش بصورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد تهران، در سال ۹۷-۱۳۹۶ به اجرا درآمد. خاک مورد مطالعه از حاشیه نهر فیروزآبادی استان تهران با مختصات جغرافیایی $35^{\circ} 32' 36.2''$ عرض شمالی و $51^{\circ} 30' 08.4''$ طول شرقی جمع‌آوری شد. لجن فاضلاب استفاده شده از تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب تهران تهیه گردید. تیمارهای آزمایشی شامل پنج سطح لجن فاضلاب (صفر، ۱/۵، ۳، ۴/۵ و ۶ درصد) و هشت نوع سبزیجات برگی (اسفناج، تربچه، پیازچه، شاهی، ریحان، خرفه، گشنیز و مرزه) بود. طبق محاسبات انجام شده مقدار لجن فاضلاب در درصد‌های مورد نظر به صورت دستی با خاک مخلوط گشته و مجموعاً در هر گلدان ۳ کیلوگرم خاک همراه با مقدار مورد نظر از لجن فاضلاب، ریخته شد. با کامل شدن دوره رشد گیاهان، بخش هوایی بوته‌ها از فاصله یک سانتیمتری سطح خاک قطع و در پاکت کاغذی گذاشته و به آزمایشگاه منتقل شدند. هضم گیاه به روش هضم تر در مخلوط اسید سولفوریک و پراکسید هیدروژن ۳۰ درصد انجام گرفت.



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر سطوح لجن فاضلاب بر متوسط جذب روزانه کبالت

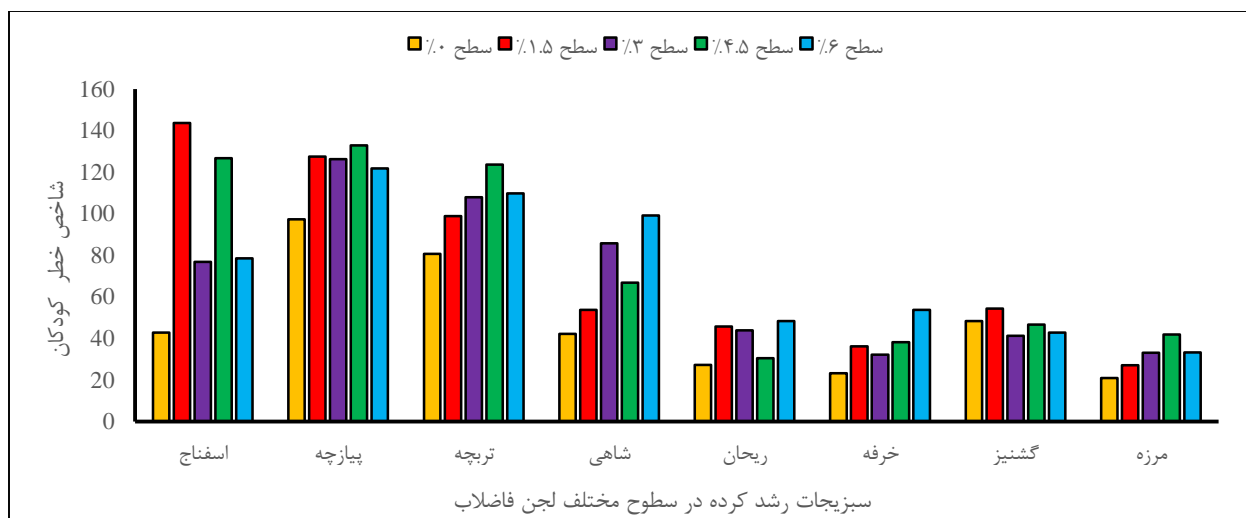
مقایسه میانگین اثر سطوح لجن فاضلاب بر احتمال خطر در جدول (۱) نشان داده شد. با توجه به حدود استاندارد تعیین شده برای این شاخص، تمامی سطوح لجن فاضلاب دارای خطر بالقوه بودند. بیشترین مقدار احتمال خطر متعلق به تیمار ۶ درصد لجن فاضلاب بود. میزان خطر در این تیمار نسبت به تیمار شاهد، برای هر دو گروه سنی ۵۸/۷ درصد افزایش نشان داد. همچنین احتمال خطر برای کودکان در مقایسه با بزرگسالان ۲۲۹/۸ درصد بالاتر بود. بالا بودن میزان احتمال خطر در تیمار شاهد به علت آلوده بودن خاک اولیه می‌باشد. زیرا همانطور که گفته شد خاک مورد مطالعه از حاشیه نهر فیروزآبادی تهیه گردید. در پژوهشی در شهر مبارکه و زرین‌شهر اصفهان، غلظت چهار فلز در خاک‌های اطراف شرکت فولادسازی در سه گیاه پیاز، گندم و برنج بررسی شد. بر اساس نتایج به دست آمده مقدار متوسط جذب روزانه (ADD) برای سرب، نیکل و کادمیوم در محدوده سمیت قرار داشت و مقادیر شاخص خطر بیماری‌های غیر سرطان‌زا برای مصرف هر سه محصول کشاورزی بالاتر از ۱ و در محدوده خطر بالقوه محاسبه شد (Moradi et al., 2016).

جدول ۱. مقایسه میانگین اثر سطوح لجن فاضلاب بر احتمال خطر کبالت در کودکان و بزرگسالان

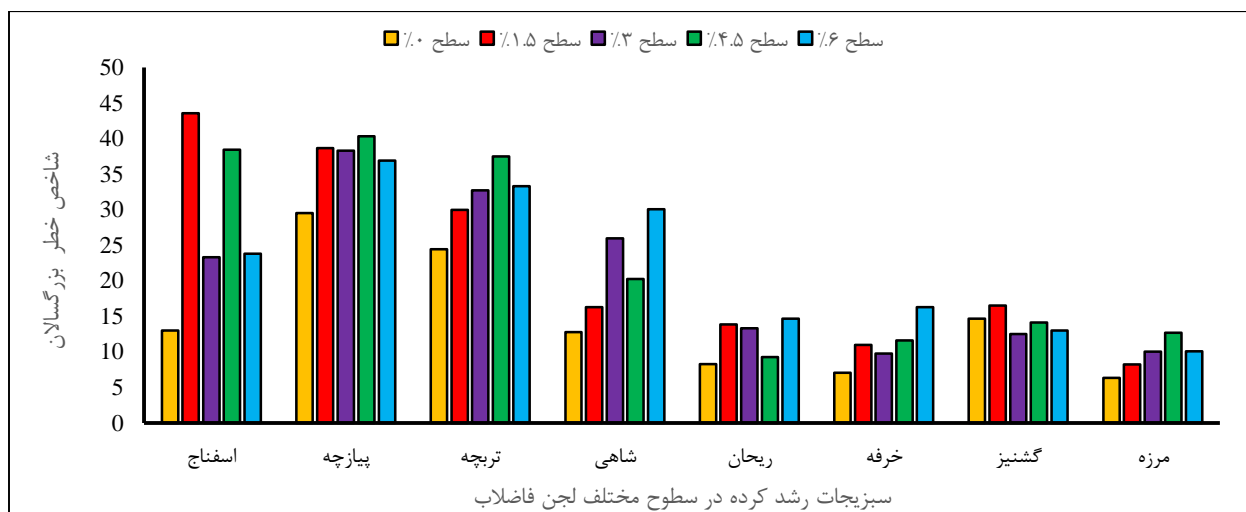
احتمال خطر		تعداد	سطوح لجن
بزرگسالان	کودکان	نمونه	فاضلاب
۱۴/۵۰ ^b	۴۷/۸۴ ^b	۲۴	شاهد
۲۰/۷۳ ^{ab}	۶۸/۳۷ ^{ab}	۲۴	٪۱/۵
۲۲/۲۵ ^a	۷۳/۴۰ ^a	۲۴	٪۳
۲۲/۲۶ ^a	۷۳/۴۳ ^a	۲۴	٪۴/۵
۲۳/۰۲ ^a	۷۵/۹۳ ^a	۲۴	٪۶

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

شکل (۲) و (۳) به ترتیب، نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح لجن فاضلاب و سبزیجات مختلف بر میزان شاخص خطر کبالت در کودکان و بزرگسالان می‌باشد. بیشترین میزان خطر برای کودکان و بزرگسالان در تیمار ۱/۵ درصد لجن فاضلاب در گیاه اسفناج و کمترین میزان در تیمار شاهد در گیاه مرزه مشاهده شد. بر اساس حدود استاندارد تعیین شده برای شاخص خطر، در تمامی گیاهان برای هر دو گروه سنی کودکان و بزرگسالان خطر بالقوه وجود داشت. به‌طور کلی بیشترین میزان خطر در گیاه پیازچه و تربچه محاسبه شد.



شکل ۲. اثر متقابل سطوح لجن فاضلاب و سبزیجات مختلف بر میزان شاخص خطر کبالت در کودکان



شکل ۳. اثر متقابل سطوح لجن فاضلاب و سبزیجات مختلف بر میزان شاخص خطر کبالت در بزرگسالان

نتیجه گیری

این پژوهش نشان داد که کاربرد لجن فاضلاب در خاک کشاورزی (به خصوص در سطوح بالا) موجب افزایش جذب روزانه فلزات سنگین توسط انسان شد که بسیار بیشتر از حد مجاز مصرف روزانه کبالت بود. در اثر جذب بیشتر فلزات سنگین، درصد ابتلا به بیماری‌های غیرسرطانی به خصوص برای کودکان، افزایش یافت. به طوری که، میزان خطر سرطان‌زایی در تیمار ۶ درصد لجن فاضلاب نسبت به تیمار شاهد، برای کودکان و بزرگسالان ۵۸/۷ درصد بیشتر بود. همچنین بیشترین مقدار شاخص خطر برای سبزی پیازچه و تریچه و کمترین مقدار آن برای سبزی مرزه محاسبه گردید. با این حال، درصد شاخص خطر برای مرزه نیز بالاتر از حدود استاندارد بود. بنابراین پیشنهاد می‌گردد برای کشت محصولاتی که تازه خوری داشته و در سبد مصرف روزانه انسان قرار دارند (مانند سبزیجات) از سطوح پایین لجن فاضلاب بعنوان کود استفاده گردد.

فهرست منابع

- پناهپور، ا.، افیونی، م.، همایی، م. و هودجی، م. (۲۰۰۸). حرکت کادمیم، کروم و کبالت در خاک تیمار شده با لجن فاضلاب و نمک این فلزات و جذب آن توسط سبزیجات در منطقه شرق اصفهان. مجله آب و فاضلاب، ۱۹، ۹-۱۷.
- ترابیان، ع.، مومنی‌فراهانی، ل.، شانوازلو، ا. (۱۳۹۱). تصفیه لجن فاضلاب، دانشگاه تهران، (ترجمه).
- خانمیری، ن. ح.، مجد، ک. ه.، اصغری، ش.، اوستان، ش. و بهجو، ف. ک. (۱۳۹۰). اثر لجن بیولوژیک. مجتمع پتروشیمی تبریز بر غلظت برخی فلزات سنگین در خاک و گیاه جو بهاره در شرایط گلخانه‌ای. علوم و فنون کشت های گلخانه ای، ۹۲-۸۳.
- ABDI, F., ATARODI, Z., MIRMIRAN, P. & ESTEKI, T. (2015). Surveying Global and Iranian Food Consumption Patterns: A Review of the Literature. *Journal of Fasa University of Medical Sciences*, 5, 159-167.
- 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.
- CHIROMA, T. M., EBWELE, R. O. & HYMORE, F. (2014). Comparative assessment of heavy metal levels in soil, vegetables and urban grey water used for irrigation in Yola and Kano.
- DAVTALABNEZAM, S., SHAKERI, A. & REZAEI, M. (2017). Contamination, Source Apportionment and Health Risk Assessment of Potentially Toxic Elements in Soil of Park-e-Shahr and Park-e-Laleh, Tehran City. *Kharazmi Journal of Earth Sciences*, 2, 209-226.
- ELINDER, C., FRIBERG L. Cobalt. In: Friberg L, Nordberg G, Voulk V, editors. *Handbook on the toxicology of metals*. Amsterdam: Elsevier; (1986). p. 211-32.
- 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.
- HEATH J. C. (1956). The production of malignant tumours by cobalt in the rat. *British journal of cancer*, 10(4), 668-673.
- 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. *Int J Environ Res Public Health*, 14.
- JIANG, Y., CHAO, S., LIU, J., YANG, Y., CHEN, Y., ZHANG, A. & CAO, H. (2017). Source apportionment and health risk assessment of heavy metals in soil for a township in Jiangsu Province, China. *Chemosphere*, 168, 1658-1668.
- KAROVIC, O., TONAZZINI, I., REBOLA, N., EDSTROM, E., LOVDAHL, C., FREDHOLM, B. B., & DARE, E. (2007). Toxic effects of cobalt in primary cultures of mouse astrocytes. Similarities with hypoxia and role of HIF-1alpha. *Biochemical pharmacology*, 73(5), 694-708.
- MORADI, A., HONARJOO, N., NAJAFI, P. & FALLAHZADE, J. (2016). A human health risk assessment of soil and crops contaminated by heavy metals in industrial regions, central Iran. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 22, 153-167.
- 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.
- RECHCIGL, J. E. & PAYNE, G. (1990a). Comparison Of a Microwave Digestion System to Other Digestion Methods for Plant Tissue Analysis.

- RECHCIGL, J. E. & PAYNE, G. G. (1990b). Comparison of a microwave digestion system to other digestion methods for plant tissue analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 21, 2209-2218.
- REHMAN, Z. U., KHAN, S., SHAH, M. T., BRUSSEAU, M. L., KHAN, S. A. & MAINHAGU, J. (2017). Transfer of Heavy Metals from Soils to Vegetables and Associated Human Health Risk in Selected Sites in Pakistan. *Pedosphere*.
- SALEHIPOUR BAVERSAD, M., GHORBANI, H., AFYUNI, M. & KHEIRABADI, H. (2014). The Potential Risk Assessment of Heavy Metals on Human Health in Some Agricultural Products in Isfahan Province. *Journal of Water and Soil Science*, 18, 71-81.
- STABLER, S. P., & ALLEN, R. H. (2004). Vitamin B12 deficiency as a worldwide problem. *Annual review of nutrition*, 24, 299–326.
- USEPA. (2000). Supplementary guidance for conducting health risk assessment of chemical mixtures, Risk Assessment Forum Technical Panel.
- WANG, G., HAZRA, T. K., MITRA, S., LEE, H. M., & ENGLANDER, E. W. (2000). Mitochondrial DNA damage and a hypoxic response are induced by CoCl₂ in rat neuronal PC12 cells. *Nucleic acids research*, 28(10), 2135–2140.
- WEHNR, A. P., BUSCH, R. H., OLSON, R. J., & CRAIG, D. K. (1977). Chronic inhalation of cobalt oxide and cigarette smoke by hamsters. *American Industrial Hygiene Association journal*, 38(7), 338–346.
- YANG, S. J., PYEN, J., LEE, I., LEE, H., KIM, Y., & KIM, T. (2004). Cobalt chloride-induced apoptosis and extracellular signal-regulated protein kinase 1/2 activation in rat C6 glioma cells. *Journal of biochemistry and molecular biology*, 37(4), 480–486.

Evaluation of cobalt risk index due to consumption of vegetables grown in different treatments of sewage sludge

Ghannam^{*1}, M., Bostani², A.

¹ Graduated from the Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran

² Associate Professor, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran

Abstract

This study was carried out to evaluate the risk of cobalt on human health against non-cancerous diseases through the consumption of vegetables grown in soils treated with different levels of sewage sludge in greenhouse conditions. The experiment was conducted as factorial in a completely randomized design with three replications. Treatments included 5 levels of sewage sludge (0, 1/5, 3, 4, 5 and 6%) and eight types of leafy vegetables (Spinach, Scallion, Radish, Garden cress, Basil, Pearl, Coriander and Savory). The results showed that with increasing the level of sewage sludge, the average daily doses index (ADD) and the Hazard quotient (HQ) increased in both age children and adults groups ($P \leq 0.0001$). The result showed that in the treatment of 4.5% of sewage sludge compared to the control, the Hazard quotient increased twice for both age of children and adult groups. The highest and lowest Hazard quotient belonged to radish and savory respectively. In overall, there was a potential risk of developing non-cancerous diseases for both age groups, and children were more than three times more likely than adults to be at risk.

Keywords: Leafy vegetables, Hazard index, Heavy metals, Sewage sludge.

* Corresponding author, Email: marzie.ghannam@gmail.com