

## محور مقاله: آلودگی خاک و آب و سلامت محصولات کشاورزی

## ارزیابی شاخص سرطانزایی سرب در خاک‌های تیمار شده با پساب شهری در برخی سبزیجات در شرایط گلخانه‌ای

سمیه محمدبیگی<sup>۱</sup>، \* امیر بستانی<sup>۲</sup><sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد تهران<sup>۲</sup> دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد تهران

## چکیده

با توجه به اهمیت سبزیجات سالم در رژیم غذایی و استفاده رایج از پساب شهری به منظور آبیاری خاک، ارزیابی شاخص‌های سلامت در محصولات به جهت حفظ سلامتی مصرف‌کننده دارای اهمیت است. باهدف بررسی شاخص‌های سلامت فلز سرب در برخی سبزیجات رشد یافته در سطوح مختلف پساب شهری، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار صورت پذیرفت. تیمارها شامل پساب فاضلاب در پنج سطح (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) و هشت نوع سبزی شامل اسفناج، پیازچه، تربچه، شاهی، ریحان، خرفه، گشنیز و مرزه بودند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین نوع گیاه و سطح پساب بر شاخص میانگین مصرف روزانه و شاخص سرطانزایی وجود داشت ( $p \leq 0.01$ ). بیشترین و کمترین شاخص سرطانزایی سرب در دو گروه کودکان و بزرگسالان، به ترتیب در پیازچه و گشنیز مشاهده شد. خطر سرطانزایی سرب در پیازچه ۱/۸ برابر بیشتر از گشنیز شد. با افزایش سطح پساب شاخص سرطانزایی و میانگین مصرف روزانه سرب افزایش یافت ( $p \leq 0.05$ ).

**کلمات کلیدی:** سرب، خطر سرطان‌زایی، پساب شهری

## مقدمه

بحران کمبود آب یکی از چالش‌هایی است که امروزه جهان با آن مواجه است. در واقع در اغلب کشورهایی که با کمبود آب مواجه هستند، پساب ضمن غنی بودن از نظر مواد غذایی، قابل‌دسترس‌ترین منبع تأمین آب جهت آبیاری است (ترابیان و هاشمی، ۱۳۷۸). پساب فاضلاب حاوی مقادیر زیادی عناصر کم‌مصرف و فلزات سنگین بوده که در زمان ورود به خاک جذب گیاه شده، در نهایت این جذب باعث آلودگی زنجیره غذایی انسان و دام می‌گردد (Chaney, 1989). اگرچه بدن انسان به عناصری از قبیل روی، مس و نیکل در مقادیر بسیار کم نیازمند است ولی مقادیر بسیار کم عناصری مانند کادمیوم و سرب برای سلامتی انسان خطرناک است (Haider and Schaffer, 2009). به منظور بررسی فلزات سنگین جذب شده در گیاهان مختلف و تأثیر آن بر سلامت انسان، از شاخص‌های سلامتی چون میانگین مصرف روزانه فلز و شاخص سرطانزایی استفاده می‌شود (Chen et al., 2015)، (Moradi et al., 2016). در پژوهشی که به منظور بررسی ریسک سلامت عناصر سمی در خاک پارک شهر و پارک لاله تهران از طریق استنشاق و تماس پوستی در کودکان و بزرگسالان انجام شد، شاخص سرطان‌زایی عناصر در محدوده قابل قبول یا نزدیک به آن قرار داشت (Davtalabnezam et al., 2017). در مطالعه‌ای دیگر جهت ارزیابی وضعیت فلزات سنگین در دلتای رودخانه چین مشخص شد که شاخص کل سرطانزایی برآورد شده در کودکان بسیار بیشتر از بزرگسالان بود. همچنین خطر سرطان‌زایی بالاتر از حد ایمنی گزارش شد (Hu et al., 2017). فان و همکاران (۲۰۱۷) در اراضی زیر کشت برنج نشان دادند که شاخص کل سرطان‌زایی (TCR) بیش از ۴۰۰ برابر حد مجاز بود، که نشان‌دهنده خطر بالقوه سرطان‌زایی برای ساکنان محلی از طریق مصرف برنج است. روانخواه و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی خاک‌های سطحی شهرستان آران و بیدگل نشان دادند که خطر سرطان‌زایی هر سه فلز (کادمیم، نیکل و سرب) در کودکان بیش از بزرگسالان بود. همچنین مشخص شد مهمترین مسیر قرارگیری در معرض فلزات سنگین برای هر دو گروه سنی مسیر بلع بود.

در طی مطالعه‌ای کوینگ و همکاران (۲۰۱۵) دریافتند خطر سرطان‌زایی سه فلز (کادمیم، نیکل و کروم) کمتر از حد مجاز (در سطح ایمن) بود. این پژوهش با هدف بررسی شاخص سرطان‌زایی سرب در سبزیجات تیمار شده با سطوح مختلف پساب شهری در شرایط گلخانه‌ای انجام شد.

\* ایمیل نویسنده مسئول: somayeh1992@gmail.com

<sup>1</sup> Total cancer risk

## مواد و روش‌ها

خاک آلوده مورد استفاده از حاشیه نهر فیروزآباد و پساب نیز از تصفیه‌خانه جنوب شهر تهران تهیه شد. به منظور بررسی سطوح مختلف پساب شهری بر شاخص‌های سلامت فلز سرب در سبزیجات مورد مطالعه، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل پساب فاضلاب در پنج سطح (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) و هشت نوع سبزی شامل اسفناج، پیازچه، تربچه، شاهی، ریحان، خرفه، گشنیز و مرزه بودند. اندازه‌گیری غلظت سرب در گیاهان به روش هضم تر (Rechcigl and Payne., 1990) و قرائت با دستگاه جذب اتمی مدل Analytic Jena Contra AA300 صورت پذیرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SAS و برای مقایسه میانگین از آزمون دانکن استفاده شد. در نهایت متوسط مصرف روزانه (ADD) و شاخص سرطانزایی (CR) برای سرب به صورت زیر محاسبه شد.

$$ADD = \frac{Cc \times ED \times Ef \times IR_{ing} \times 10^6}{BW \times AT}$$

ADD متوسط مصرف روزانه خوراکی فلزات (برحسب میلی‌گرم در روز)، Cc غلظت فلز سنگین در محصول (میلی‌گرم بر کیلوگرم)، IR<sub>ing</sub> میزان مصرف خوراکی (میلی‌گرم بر روز)، ED مدت‌زمان در معرض قرار گرفتن (ساعت بر روز)، EF فراروانی قرار گرفتن در معرض (روز بر سال)، BW وزن بدن (کیلوگرم)، AT متوسط در معرض قرار گرفتن (روز) و ۱۰<sup>۶</sup> عامل تبدیل از کیلوگرم به میلی‌گرم است (Chen et al., 2015).

شاخص سرطان‌زایی نیز احتمال افزایش سرطان یک فرد در طول عمر برآورد می‌شود که از طریق معادله زیر محاسبه شد:

$$CR = ADD \times SF$$

ADD متوسط مصرف روزانه و SF شیب سرطان‌زایی فلز (برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم بر روز) که توسط اداره محیط‌زیست ایالات متحده ارائه گردیده است. شاخص سرطان‌زایی بر از هر فرد بیان می‌کند  $CR \leq 10^{-6}$  در سطح ایمن و  $CR \geq 10^{-6}$  در سطح بالقوه سرطان‌زایی قرار دارد (Moradi et al., 2016).

## نتایج و بحث

نتایج مربوط به برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اعمال پساب شهری نشان داد که خاک دارای  $pH = 8/2$  فقیر از نظر ماده آلی (۵۵ درصد)، هدایت الکتریکی عصاره اشباع بالا (۱۰/۵۱  $dS.m^{-1}$ ) و دارای بافت لومی شنی است. همچنین مقدار سرب قابل دسترس خاک ۲/۵۹  $(mg.kg^{-1})$  برآورد شد. نیز نتایج آنالیز برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی پساب شهری نشان داد پساب دارای  $pH = 4/49$  و هدایت الکتریکی عصاره اشباع ۱/۴۳  $(dS.m^{-1})$  بوده و مقدار سرب قابل دسترس معادل ۰/۴۶۶  $(mg.kg^{-1})$  برآورد گردید که با توجه به استاندارد جهانی در سطح قابل قبولی بود، هر چند که استفاده از این پساب در دراز مدت می‌تواند باعث افزایش خطر سرطان‌زایی گردد. (Pettygrove and asano., 1984).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین نوع گیاه و سطوح مختلف پساب بر میانگین مصرف روزانه و شاخص سرطان‌زایی سرب وجود داشت ( $p < 0.01$ ). جدول (۱) مقایسه میانگین اثر نوع سبزی رشد یافته در خاک‌های آلوده به پساب شهری بر شاخص سرطان‌زایی سرب را نشان می‌دهد. بیشترین (۰/۰۲۲-۰/۰۰۸) و کمترین (۰/۰۰۸-۰/۰۰۳) مقدار این شاخص در هردو گروه سنی کودکان و بزرگسالان، به ترتیب در پیازچه و گشنیز مشاهده شد. میزان خطر سرطان‌زایی پیازچه ۱/۸ برابر بیشتر از گشنیز محاسبه گردید. شاخص خطر سرطان‌زایی سرب بخصوص برای گروه سنی کودکان در سطح خطرناکی قرار داشت. در مطالعه‌ای جهت ارزیابی وضعیت فلزات سنگین در دلتا رودخانه چین مشخص شد که شاخص کل سرطان‌زایی برآورد شده در کودکان بسیار بیشتر از بزرگسالان بود. همچنین خطر سرطان‌زایی بالاتر از حد ایمنی گزارش شد (Hu et al., 2017). در پژوهش دیگر، در پنج منطقه پاکستان، بیشترین میانگین مصرف روزانه در کودکان مشاهده شد (Rehman et al., 2017).

جدول ۱. مقایسه میانگین شاخص سرطانزایی (CR) سرب در سبزیجات رشد کرده در سطوح مختلف فاضلاب

نوع گیاه	تعداد نمونه	شاخص سرطانزایی سرب	
		کودکان	بزرگسالان
اسفناج	۱۵	۰/۰۱۴ <sup>c</sup>	۰/۰۰۵۲ <sup>c</sup>
پیازچه	۱۵	۰/۰۲۲ <sup>a</sup>	۰/۰۰۰۸ <sup>a</sup>
ترپچه	۱۵	۰/۰۸۰ <sup>c</sup>	۰/۰۰۰۷ <sup>b</sup>
شاهی	۱۵	۰/۰۱۲ <sup>de</sup>	۰/۰۰۰۵۰ <sup>c</sup>
ریحان	۱۵	۰/۰۱۴ <sup>bc</sup>	۰/۰۰۰۵۲ <sup>c</sup>
خرفه	۱۵	۰/۰۲۰ <sup>b</sup>	۰/۰۰۰۴۶ <sup>c</sup>
گشنیز	۱۵	۰/۰۱۲ <sup>e</sup>	۰/۰۰۰۳۳ <sup>d</sup>
مرزه	۱۵	۰/۰۱۴ <sup>c</sup>	۰/۰۰۰۵۲ <sup>c</sup>

حروف مشترک نشان‌دهنده این است که تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها از نظر آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطوح آماری ۵ درصد وجود ندارد.

جدول (۲) مقایسه میانگین اثر سطوح پساب شهری بر شاخص سرطانزایی سرب را نشان می‌دهد، نتایج نشان داد که بیشترین مقدار شاخص خطر سرطانزایی برای هر دو گروه سنی متعلق به تیمار ۵۰ درصد پساب شهری و کمترین در شاهد بود. میزان خطر سرطانزایی در این تیمار برای کودکان و بزرگسالان به ترتیب ۳۵/۶۳ و ۳۸/۸۹ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت. در مجموع به طور متوسط شاخص خطر سرطانزایی سرب در کودکان نسبت به بزرگسالان ۸۳/۰۷ درصد بالاتر بود. فان و همکاران (۲۰۱۷) در اراضی زیر کشت برنج نشان دادند که شاخص کل سرطانزایی (TCR) بیش از ۴۰۰ برابر حد مجاز بود، که نشان‌دهنده خطر بالقوه سرطان‌زایی برای ساکنان محلی از طریق مصرف برنج است.

جدول ۲. مقایسه میانگین شاخص سرطانزایی (CR) سرب در سطوح مختلف فاضلاب

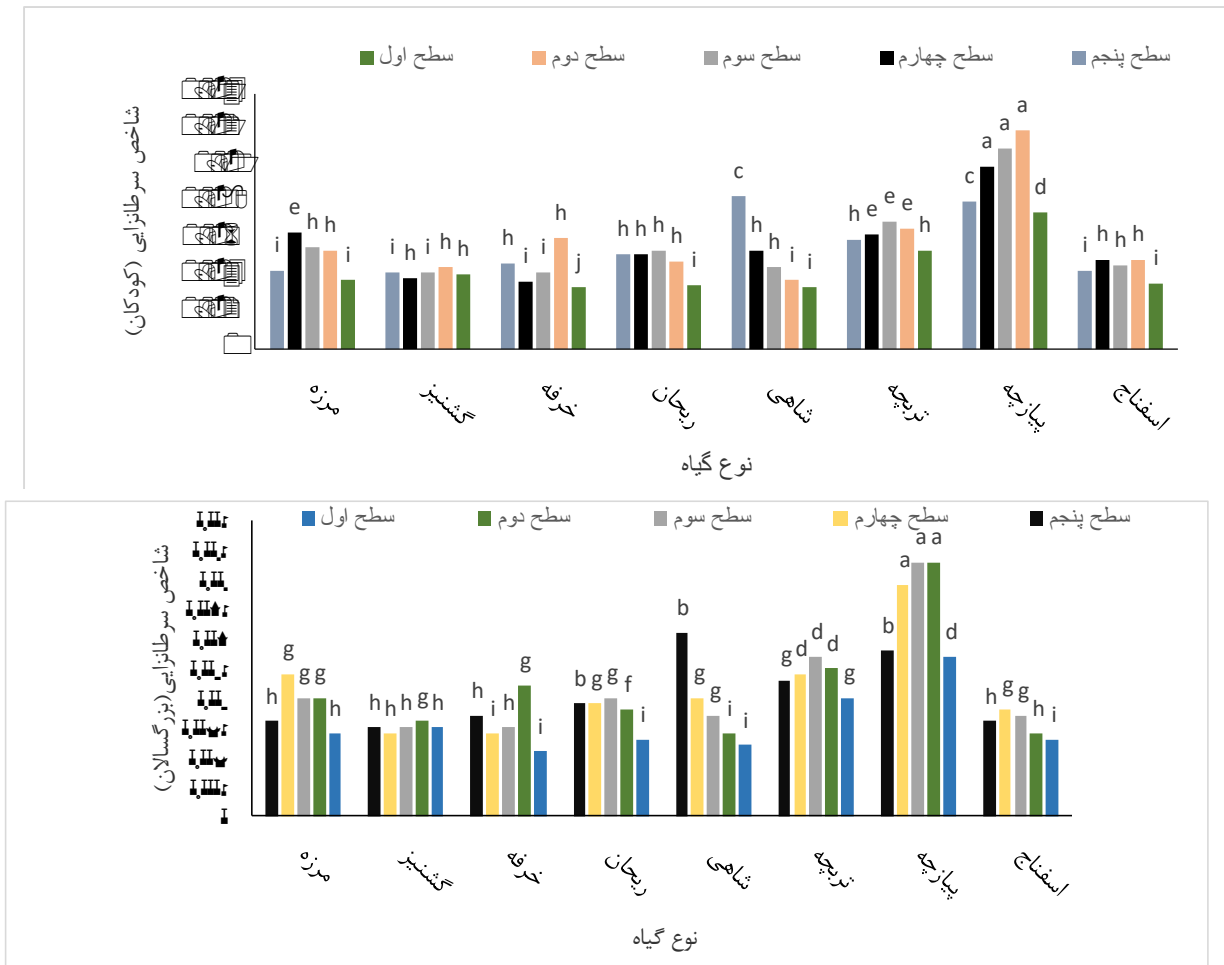
سطوح پساب	تعداد نمونه	شاخص سرطانزایی سرب	
		کودکان	بزرگسالان
W1	۲۴	۱۵/۹۴ <sup>b</sup>	۵/۰۹ <sup>b</sup>
W2	۲۴	۱۸/۶۸ <sup>a</sup>	۵/۶۵ <sup>b</sup>
W3	۲۴	۱۹/۸۲ <sup>a</sup>	۷/۰۷ <sup>a</sup>
W4	۲۴	۱۷/۳۲ <sup>a</sup>	۶/۰۹۵ <sup>a</sup>
W5	۲۴	۱۸/۶۰ <sup>a</sup>	۶/۶۵۹ <sup>a</sup>

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطوح آماری ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند. (W5, W4, W3, W2, W1 تیمارها به ترتیب شامل ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ درصد پساب شهری است)

شکل (۱) نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح پساب شهری و سبزیجات مختلف بر میزان شاخص خطر سرطانزایی سرب را نشان می‌دهد. بیشترین میزان شاخص خطر سرطانزایی برای کودکان و بزرگسالان در گیاه پیازچه (سطوح پساب W2, W3, W4) و کمترین مقدار در تیمار شاهد برای

<sup>2</sup> Total cancer risk

سبزی گشنیز مشاهده شد. جیانگ و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند مقدار شاخص سرطانزایی آرسنیک و کروم برای دو رده سنی بزرگسالان و کودکان در محدوده خطر بود. در پژوهشی که توسط هیو و همکاران (۲۰۱۷) برای ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در دلتا رودخانه یانگ تسه چین انجام شد مقدار شاخص سرطان زایی (CR) بسیار بالاتر از حد ایمنی بود. در طی مطالعه‌ای کوینگ و همکاران (۲۰۱۵) دریافتند خطر سرطانزایی سه فلز (کادمیم، نیکل و کروم) کمتر از حد مجاز (در سطح ایمن) بود.



شکل ۱. نمودار اثر متقابل سطوح فاضلاب بر سبزیجات

### نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که شاخص سرطانزایی سرب در دو گروه سنی بیشتر از حد مجاز بود. بیشترین شاخص سرطانزایی سرب در گروه سنی کودکان و بزرگسالان در پیازچه (۰/۰۲۲-۰/۰۰۸) و کمترین آن در گشنیز (۰/۰۰۳-۰/۰۰۸) مشاهده شد. میزان خطر سرطانزایی پیازچه ۱/۸ برابر بیشتر از گشنیز محاسبه گردید. شاخص خطر سرطانزایی سرب در کودکان در مقایسه با بزرگسالان ۸۳/۰۷ درصد بالاتر بود. در نتیجه استفاده از این سبزیجات برای هر دو گروه سنی بخصوص کودکان خطر ساز بوده و در اثر استفاده طولانی مدت باعث ایجاد بیماری‌های سرطانی می‌گردد. از این رو پیشنهاد می‌گردد که کشت سبزیجات در شرایط مورد مطالعه ممنوع شده و یا سبزیجاتی با پتانسیل جذب بالا مانند پیازچه کشت نگردد.



## منابع

- تربیان ع. و هاشمی ف. ۱۳۷۸. آبیاری فضای سبز با پساب. تصفیه شده تصفیه‌خانه‌های تهران. آب و فاضلاب. ۲: ۲۳۱-۳۶.
- جعفری، م.، طهمورث، م. و ملکیان، آ. ۱۳۸۸. مدیریت خاک، انتشارات دانشگاه تهران.
- Chaney, R. L. 1989. Scientific analysis of proposed sludge rule. *Biocycle* 30: 80-85.
- Chen, H., Teng, Y., LU, S., Yeyaowang & Wang, J. 2015. Contamination features and health risk of soil heavy metals in China. *Science of the Total Environment*, 143-153.
- Davtalabnezam, S., Shakeri, A. & Rezaee, 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.
- Fan, Y., Zhu, T., LI, M., Jieyihe, A., 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*, 1-10.
- Hu, B., Jia, X., Hu, J., Xu, D., Xia, F. & LI, A. 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, 1-18.
- Haidar K., and Schaffer A. 2009. *Soil Biochemistry*. Science Publishers, Enfield, USA.
- Jiang, Y., Chao, S., Nwei LIU, J., Yang, Y., Chen, Y., Zhang, A.H. C. 2017. Source apportionment and health risk assessment of heavy metals in soil for a township in Jiangsu Province, China. *Chemosphere*, 168, 1658-1668.
- 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 of China University of Geosciences*, 22, 153-167.
- Pettygrove, S., and Asano, T. 1984. Irrigation with reclaimed municipal wastewater. *Acuidance manul report no*, Sacramento, 1-84.
- Qing, X, Yutong Z, Shenggao L. Assessment of heavy metal pollution and human health risk in urban soils of steel industrial city (Anshan), Liaoning, Northeast China.
- Ravankhah, N., Mirzaei, R., Masoum, S. 2016. Human Health Risk Assessment of Heavy Metals in Surface Soil. *J Mazandaran Univ Med Sci*, 26, 109-120.
- Rehman, Z.U., Khan, S., Mark, L., Brusseau, M., Shah, T. 2017. Lead and cadmium contamination and exposure risk assessment via consumption of vegetables grown in agricultural soils of five-selected regions of Pakistan. *Chemosphere*, 168, 1589-1596.



# 16<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress

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



**Topic for submission: Soil and Water Pollution and Crop Health**

## **Evaluation of lead carcinogenic risk in treated soils with urban wastewater in some vegetables in greenhouse conditions**

mohammadbeygi, S<sup>\*1</sup>, bostani A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahed, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahed, Tehran, Iran

### **Abstract**

Regarding the importance of healthy vegetables in the diet and the prevalent use of urban wastewater soils for soil irrigation, evaluation of health indicators in products is important for consumer health. In order to study the health indexes of lead metal in some vegetables grown at different levels of urban wastewater, a factorial experiment was conducted in a completely randomized design with three replications, the treatments consisted of sewage effluent at five levels (0, 25, 50, 75 and 100%) and eight types of vegetable including spinach, scallion, radish, garden cress, basil, pearl, coriander and savory. The results of analysis of variance showed that there was a significant difference between plant type and wastewater level, in particular on average daily consumption and carcinogenicity risk ( $p \leq 0.01$ ). The highest carcinogenicity of lead was observed in children (0.003-0.028) and adults (0-0.003.0.008) in scallion and lowest in coriander. The risk of carcinogenicity of lead in scallion was 1.8 times higher than coriander. With increasing wastewater, the index of carcinogenicity and the average daily consumption of lead increased ( $p \leq 0.05$ ).

**Keywords:** lead, carcinogenic risk, urban wastewater

---

\* Corresponding author, Email: m.somayeh1992@gmail.com