محور مقاله: آلودگی خاک و آب و سلامت محصولات کشاورزی

ارزیابی شاخص خطر غیرسرطان‌زایی نیکل در برخی سبزیجات آبیاری شده با پساب شهری در شرایط گلخانه‌ای

مهدیه شیخی[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

این پژوهش با هدف ارزیابی شاخص خطر غیرسرطان‌زایی (سهم خطر) نیکل در سبزیجات رشد یافته در خاک‌های تیمار شده با سطوح مختلف پساب در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. آزمایش در آرایش فاکتوریل، به صورت طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار با پنج سطح آب پساب شهری شامل تیمارهای (w_1) ۱۰۰درصد آب شرب، (w_2)) ۷۵ درصد آب شرب و ۲۵ درصد پساب، (w_3)) ۵۰ درصد آب شرب و ۵۰ درصد پساب، (w_4) ۲۵ درصد آب شرب و ۷۵ درصد پساب، (w_5) ۱۰۰ درصد پساب و با شش گیاه (تربچه، شاهی، ریحان، خرفه، گشنیز و مرزه) انجام شد. نتایج نشان داد با افزایش سطح پساب شاخص میانگین جذب روزانه نیکل و شاخص خطر غیرسرطان‌زایی در هر دو گروه سنی کودکان و بزرگسالان افزایش یافت ($P \leq ۰/۰۰۱$). بالاترین میانگین مصرف خوراکی روزانه فلز نیکل بین تمام سبزیجات ۰/۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز در کودکان به گیاه تربچه تعلق داشت. میانگین مصرف خوراکی روزانه و شاخص سهم خطر فلز نیکل در کودکان بیشتر از بزرگسالان بود. سهم خطر فلز نیکل در تمام سبزیجات به غیر از گشنیز در کودکان بالاتر از حد ایمن ($HQ>۱$) بوده و احتمال اثرات سو بیماری‌های غیرسرطانی در کودکان وجود داشت.

کلمات کلیدی: شاخص خطر، نیکل، پساب شهری

مقدمه

پساب منبع غنی از مواد آلی و سایر مواد مغذی بوده، اما غلظت فلزات سنگین مانند Fe، Mn، Cu، Zn، Pb، Cr، Ni، Cd و Co را در خاک افزایش می‌دهد. خطرات ناشی از آبیاری با پساب شامل قرار گرفتن کشاورزان و مصرف کنندگان در معرض بیماری‌های شناخته شده از جمله عفونت‌های سرمی و اثرات آلی و معدنی می‌باشد (Nabulo و همکاران، ۲۰۱۰). در سال‌های اخیر، ارزیابی خطرات سلامتی انسان مورد توجه قرار گرفته است اما مطالعات اندکی به ارزیابی خطرات سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی فلزات سنگین در خاک پرداخته‌اند (Ravankhah و همکاران، ۲۰۱۶). برخی محققین مقیاس‌هایی را برای تبدیل نتایج عددی به‌دست آمده به درجه‌هایی از شدت آلودگی پیشنهاد کرده‌اند (Hakanson، ۱۹۸۰). از جمله شاخص‌های مورد استفاده در ارزیابی خطرات سلامتی فلزات سنگین در گیاه شاخص میانگین مصرف روزانه و شاخص سهم خطر می‌باشد. به‌طور کلی، فرد از سه طریق اصلی خوردن، استنشاق و تماس پوستی در معرض فلزات سنگین قرار گرفته و مقدار متوسط دریافت روزانه فلزات با شاخص ADD[۱] محاسبه می‌شود. شاخص سهم خطر HQ[۲] نشان‌دهنده‌ی پتانسیل خطر غیرسرطان‌زا یک فلز سنگین می‌باشد (Hu و همکاران، ۲۰۱۷). در استان اصفهان شاخص سهم خطر (HQ) عنصر نیکل بالاتر از یک و نشان دهنده‌ی احتمال وجود بیماری‌های غیر سرطان‌زا بود (Mehr و همکاران، ۲۰۱۷). همچنین طی مطالعه‌ای که در شهر مبارکه و زرین شهر اصفهان انجام شد، مقادیر شاخص سهم خطر بدست آمده از مصرف پیاز و دانه‌های گندم و برنج، در مناطق صنعتی مورد مطالعه بیشتر از یک بود (Moradi و همکاران، ۲۰۱۶). در محصولات گندم و سیب‌زمینی استان همدان خطر ابتلا به بیماری‌های غیرسرطانی برای هر یک از عناصر کروم، مس و سیلسیم کمتر از یک به دست آمد و ساکنان مصرف‌کننده این محصولات، در محدوده امن از نظر تاثیرات سوء بیماری‌های غیرسرطانی بودند (Kheirabadi و همکاران، ۲۰۱۶). در تحقیقی که بر سبزیجات رشد کرده در مناطق صنعتی رومانیا صورت گرفت، شاخص سهم خطر برای فلز سرب بالاتر از یک و برای کادمیوم، نیکل و روی کمتر از یک بدست آمد (Harmanescu و همکاران، ۲۰۱۱). پژوهش دیگری که در اسپانیا بر روی سبزیجات رشد کرده در خاک آبیاری شده با آب‌های کاتولونیا صورت گرفت شاخص سهم خطر برای

* ایمیل نویسنده مسئول: mahdiye.sh72@gmail.com

[1] Average daily doses
[2] Hazard quotient

فلزات کادمیوم و نیکل کمتر از یک بود (Ferré-Huguet و همکاران، ۲۰۰۸). این پژوهش با هدف بررسی شاخص خطر غیر سرطان‌زایی نیکل در سبزیجات تیمار شده با سطوح مختلف پساب شهری در شرایط گلخانه ای انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در گلخانه دانشگاه شاهد واقع در قسمت جنوب شرقی استان تهران در سال ۱۳۹۷ انجام شد. خاک آلوده مورد استفاده در این آزمایش از عمق صفر تا ۲۰ سانتیمتر حاشیه نهر فیروزآبادی در نزدیکی زمان آباد تهران و در موقعیت ″۳۶/۲ ′۳۲ °۳۵ عرض شمالی و ″۰۸/۴ ′۳۰ °۵۱ طول شرقی و پساب مورد استفاده به صورت خام از تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب شهر تهران در نزدیکی شهرری تهیه شد. آزمایش در آرایش فاکتوریل، به صورت طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار با پنج سطح آب فاضلاب شهری شامل ۱۰۰ درصد آب شرب (w_1)، ۷۵ درصد آب شرب و ۲۵ درصد پساب (w_2)، ۵۰ درصد آب شرب و ۵۰ درصد پساب (w_3)، ۲۵درصد آب شرب و ۷۵ درصد پساب (w_4) و ۱۰۰ درصد پساب (w_5) و با شش گیاه (تربچه، شاهی، ریحان، خرفه، گشنیز و مرزه) انجام شد. ابتدا خاک هر گلدان به رطوبت ظرفیت مزرعه (FC) رسانده و حدود یک هفته با هدف رسیدن به تعادل در این شرایط نگهداری شد. سپس تعداد ۱۰ عدد بذر از هر گیاه در هر گلدان در عمق دو سانتیمتری خاک کاشته شد. آبیاری با پنج تیمار پساب روزانه و به صورت یکنواخت ۲۵۰ سی سی در هر گلدان اعمال شد. پس از سبز شدن و گذشت دو هفته، تعداد بوته‌ها به پنج عدد در هر گلدان تقلیل یافت. معادل نیم گرم کود اوره یک بار دو هفته پس از کشت به صورت سرک به خاک گلدان‌ها اضافه شد. پس از گذشت ۴۰ روز بخش هوایی بوته‌ها از یک سانتیمتری بالای سطح خاک قطع و عملیات برداشت انجام شد. عصاره‌گیری عنصر در گیاه به روش هضم تر (Rechcigl و همکاران، ۱۹۹۰) انجام و قرائت با دستگاه جذب اتمی (مدل Analytic Jena Contra AA300) صورت پذیرفت. در نهایت شاخص میانگین مصرف روزانه خوراکی (Chen و همکاران، ۲۰۱۵) و شاخص سهم خطر (Hu و همکاران، ۲۰۱۷) محاسبه شد. شاخص سهم خطر HQ < ۱ بیان کننده شرایط ایمن و عدم بروز بیماری، و HQ > ۱ احتمال قوی بروز بیماری غیرسرطانی است (Fan و همکاران، ۲۰۱۷). رسم نمودارها با نرم افزار Excel، تجزیه آماری با نرم افزار SAS-9.1 و مقایسهٔ میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

خاک مورد مطالعه آهکی، دارای بافت لومی شنی با ماده آلی کم (کمتر از یک درصد) و شوری زیاد (۱۰/۵۱ میلی زیمنس بر سانتی‌متر) بود. غلظت نیکل کل خاک اولیه قبل از اعمال تیمار ۱۴/۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود، که این مقدار کمتر از حد استاندارد مجاز نیکل کل ($<۱۱۰ mg\ kg^{-1}$ Ni)در خاک است. غلظت نیکل موجود در پساب مورد مطالعه (۰/۰۸ میلی‌گرم برلیتر) نیز کمتر از حد استاندارد فائو (۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر) بود. اگرچه غلظت برخی عناصر موجود در پساب کمتر از مقادیر استاندارد بود اما استفاده دراز مدت از این ترکیبات در خاک، با توجه به این موضوع که فلزات سنگین قابل تجزیه نیستند، باعث بالا رفتن غلظت این عناصر در خاک شده و مقدمات آلودگی خاک، گیاه و در نتیجه آلودگی زنجیره غذایی را فراهم می‌آورد (Munir و همکاران، ۲۰۰۷).

ارزیابی شاخص خطر

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد اثر نوع گیاه و سطوح پساب بر میانگین مصرف خوراکی روزانه و شاخص سهم خطر فلز نیکل در کودکان و بزرگسالان در سطح یک درصد معنی‌دار بود. جدول ۱ مقایسه میانگین اثر نوع گیاه بر مصرف خوراکی روزانه و شاخص سهم خطر نیکل را نشان می‌دهد. بیشترین میانگین مصرف خوراکی روزانه فلز نیکل ۰/۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز و شاخص سهم خطر ۲/۹۵، به گیاه تربچه و به کودکان تعلق داشت. که این می‌تواند به دلیل سوپر جاذب بودن تربچه باشد. میزان شاخص سهم خطر کودکان در تمامی سبزیجات به غیر از گشنیز بالاتر از حد ایمن (HQ>۱) و در بزرگسالان در حد ایمن (HQ<۱) قرار داشت. جدول ۲ مقایسه میانگین اثر سطوح پساب بر مصرف خوراکی روزانه و شاخص سهم خطر نیکل را نشان می‌دهد. بیشترین میانگین مصرف خوراکی روزانه فلز نیکل کودکان و بزرگسالان به ترتیب ۰/۰۴۸ و ۰/۰۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز به سطح چهارم پساب تعلق داشت. با افزایش سطح پساب شاخص سهم خطر افزایش و در سطح چهارم پساب به بیشترین مقدار خود (۲/۴۸) رسید. سهم خطر تیمار ۷۵٪ پساب نسبت به تیمار شاهد در کودکان و بزرگسالان به ترتیب ۴۹/۳۹ و ۵۱/۹۲ درصد افزایش یافت. اگرچه در هر دو گروه سنی کودکان و بزرگسالان بالاترین و پایین‌ترین شاخص سهم خطر در تیمارهای یکسانی نتیجه‌گیری شد اما با توجه به حد استاندارد ارائه شده تمامی

تیمارها حتی شاهد در کودکان بالاتر از حد ایمن بوده اما در بزرگسالان پایین‌تر از حد ایمن قرار داشت. به نظر علت بالا بودن شاخص سهم خطر در تیمار شاهد، آلودگی خاک‌های حاشیه نهر فیروزآباد به سبب آبیاری دراز مدت خاک‌های اطراف با آب این نهر باشد.

جدول۱. مقایسه میانگین متوسط مصرف روزانه و سهم خطر نیکل در سبزیجات در کودکان و بزرگسالان

نام گیاه	کودکان(۱ تا ۱۱ سال)		بزرگسالان(۱۱ تا ۶۵ سال)	
	ADD	HQ	ADD	HQ
تربچه	۰/۰۶۰^{a}	۲/۹۵^{a}	۰/۰۲۰^{a}	۰/۹۴^{a}
شاهی	۰/۰۵۲^{b}	۲/۵۹^{b}	۰/۰۲۰^{a}	۰/۸۴^{b}
ریحان	۰/۰۴۶^{c}	۲/۳۴^{c}	۰/۰۱۶^{c}	۰/۷۵^{c}
خرفه	۰/۰۴۸۰^{c}	۲/۳۹^{c}	۰/۰۱۸^{b}	۰/۷۶^{c}
گشنیز	۰/۰۱۲^{e}	۰/۶۵^{e}	۰/۰۰۲^{e}	۰/۲^{e}
مرزه	۰/۰۳۴^{d}	۱/۷۱^{d}	۰/۰۱۲^{d}	۰/۵۴^{d}

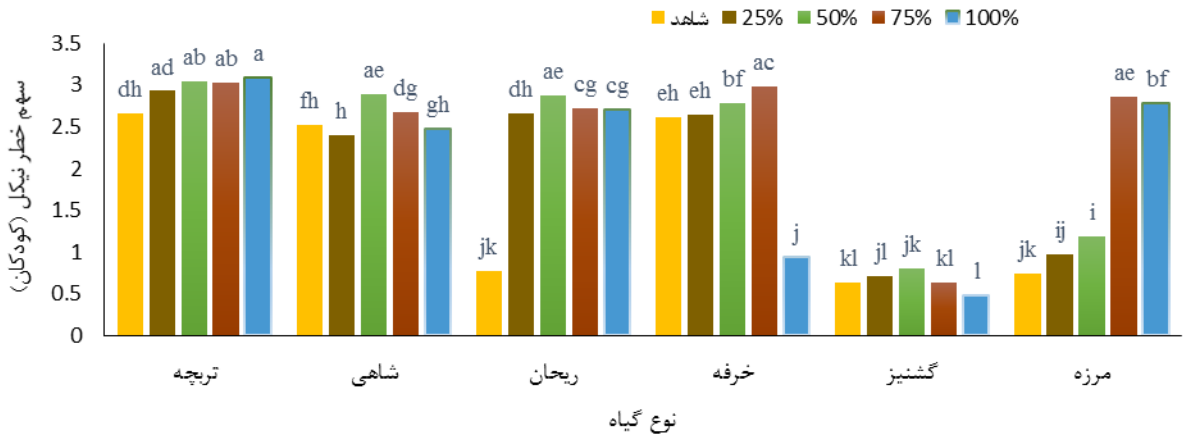
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

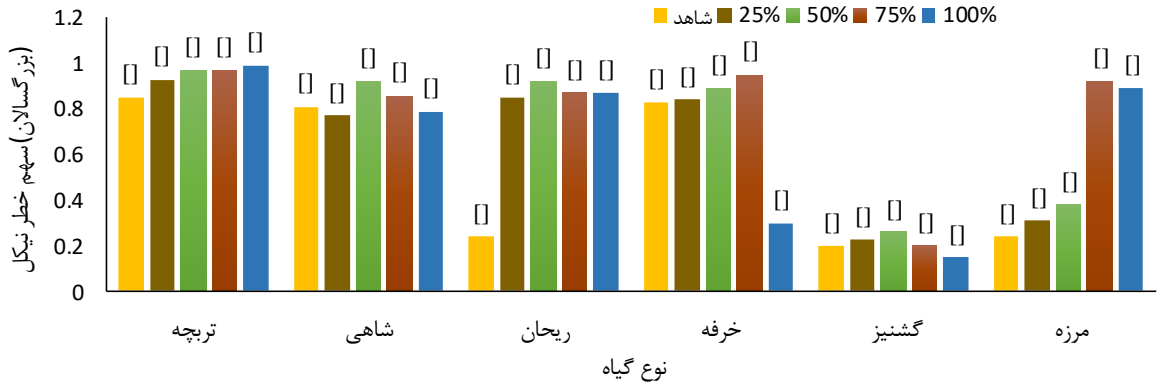
جدول۲. مقایسه میانگین متوسط مصرف روزانه و سهم خطر نیکل در سطوح مختلف پساب در کودکان و بزرگسالان

سطح پساب(٪)	کودکان(۱ تا ۱۱ سال)		بزرگسالان(۱۱ تا ۶۵ سال)	
	ADD	HQ	ADD	HQ
شاهد	۰/۰۳۲^{d}	۱/۶۶^{d}	۰/۰۱۰^{c}	۰/۵۲^{d}
۲۵	۰/۰۳۹^{c}	۲/۰۵^{c}	۰/۰۱۵^{b}	۰/۶۵^{c}
۵۰	۰/۰۴۷^{a}	۲/۲۶^{b}	۰/۰۱۶^{a}	۰/۷۲^{b}
۷۵	۰/۰۴۸^{a}	۲/۴۸^{a}	۰/۰۱۶^{a}	۰/۷۹^{a}
۱۰۰	۰/۰۴۲^{b}	۲/۰۸^{c}	۰/۰۱۵^{b}	۰/۶۶^{c}

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

شکل۱ اثر متقابل گیاه و سطح پساب بر شاخص سهم خطر نیکل در کودکان و بزرگسالان را نشان می‌دهد. بیشترین شاخص سهم خطر فلز نیکل (۳/۰۹) در کودکان و بزرگسالان به سطح پنجم پساب و به گیاه تربچه تعلق داشت که بالاتر از حد ایمن (HQ>۱) بوده و احتمال بروز بیماری‌های غیر سرطان‌زا وجود دارد و کمترین آن (۰/۱۵) به گیاه گشنیز (در تیمار شاهد و سطوح مختلف استفاده از پساب) تعلق داشت که پایین‌تر از حد ایمن (۱ >HQ) بود.





شکل ۱- اثر متقابل گیاه و سطح پساب بر سهم خطر نیکل در کودکان و بزرگسالان

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد میانگین مصرف روزانه و شاخص سهم خطر نیکل در کودکان بین سبزیجات از بیشتر به کمتر به ترتیب تربچه، شاهی، خرفه، ریحان، مرزه و گشنیز بود. شاخص سهم خطر نیکل در کودکان بالاتر از حد ایمن بود. بیشترین میانگین مصرف روزانه نیکل و شاخص سهم خطر در کودکان به سطح چهارم و کمترین به سطح شاهد تعلق داشت. شاخص سهم خطر نیکل کودکان در سطح چهارم ۴۹/۳۹ درصد نسبت به سطح شاهد افزایش یافت که این افزایش در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده و این نتایج نشان دهنده‌ی این است که پساب شهری باعث بالا رفتن احتمال خطر بیماری‌های غیر سرطانی می‌شود. کودکان به مراتب بیشتر از بزرگسالان در معرض خطر بیماری‌های غیر سرطانی ناشی از مصرف فلزات سنگین موجود در سبزیجات قرار داشتند.

منابع

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**,** 143-153.

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.

Hakanson, L. 1980. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. *Water research,* 14**,** 975-1001.

Harmanescu, M., Alda, L. M., Bordean, D. M., Gogoasa, I. & Gergen, I. 2011. Heavy metals health risk assessment for population via consumption of vegetables grown in old mining area; a case study: Banat County, Romania. *Chemistry Central Journal,* 5**,** 64.

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.

Kheirabadi, H., Afyuni, M., Ayoubi, S. & Soffianian, A. 2016. Risk Assessment of Heavy Metals in Soils and Major Food Crops in the Province of Hamadan. *Journal of Water and Soil Science*.۳۸-۲۷ ,۱۹ ,

Mehr, M. R., 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.

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.

Munir, J., Rusan, M., Hinnawi , S. & Rousan, L. 2007. Long-term effect of wastewater irrigation of forage crops on soil and plant quality parameters. *Journal of Desalination,* 215**,** 143-152.

Nabulo, G ,.Young, S. & Black, C. 2010. Assessing risk to human health from tropical leafy vegetables grown on contaminated urban soils. *Science of the Total Environment,* 408**,** 5338-5351.

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.

Topic for submission: Soil and Water Pollution and Crop Health

Evaluation of nickel non-carcinogenic risk indicators in some irrigated vegetables in urban wastewater under greenhouse conditions

Sheikhy*[1],M., Bostani[2], 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

The aim of this study was to evaluate the risk of non-carcinogenicity (risk share) of nickel in vegetables grown in soils treated with different levels of sewage in greenhouse conditions. . This experiment carried out as factorial arrangement based on completely randomized design with three replications, with five levels of urban sewage water treatment including W_1) 100% drinking water, W_2) 75% drinking water and 25% wastewater, W_3) 50% drinking water and 50% wastewater, W_4) 25% water drinking water and 75% wastewater, W_5) 100% wastewater and 6 plants (radish, Garden cress, Basil, Pearl, Coriander, and Savory). The results showed that with increasing sewage rate, the mean daily nickel index and non-carcinogenicity index increased in both children and adults age group ($P < 0.001$). The highest average daily intake of nickel metal from all vegetables was 0.06 mg kg^{-1} day^{-1} in children to radish. The average daily intake of food and the nickel risk share in children was higher than in adults. The contribution of nickel metal in all vegetables except coriander in children above the safe level (HQ> 1) and the probability of non-cancerous suicide in children.

Keywords: Risk index, Nickel, Urban wastewater

* Corresponding author, Email: mahdiye.sh72@gmail.com