19th Iranian Soil Science Congress
02-04 December, 2025
نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذر ۱۴۰۴
مدیریت جامع‌نگر و هوشمند خاک و آب
Holistic and Smart Soil and Water Management
دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran
۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

ارزیابی غلظت فلزات سنگین در برخی محصولات کشاورزی عراق

حسین احمد خلیل[۱]، الهام چاوشی*[۲]

۱- گروه علوم و مهندسی خاک؛ دانشکده کشاورزی، آب، غذا و فراسودمندها؛ واحد اصفهان (خوراسگان)؛ دانشگاه آزاد اسلامی؛ اصفهان؛ ایران

۲*- گروه علوم و مهندسی خاک؛ دانشکده کشاورزی، آب، غذا و فراسودمندها؛ واحد اصفهان (خوراسگان)؛ دانشگاه آزاد اسلامی؛ اصفهان؛ ایران (e_chavoshi@iau.ac.ir)

چکیده

این پژوهش با هدف تعیین غلظت فلزات سنگین در برخی محصولات کشاورزی در کشور عراق انجام شد. از برخی محصولات کشت‌شده در منطقه شامل گندم، جو، لوبیا، ماش، برنج و برنج قهوه‌ای نمونه‌برداری به‌صورت مرکب و تصادفی انجام شد. غلظت کل فلزات سنگین توسط دستگاه ICP-Mass اندازه‌گیری شد. میزان جذب آلاینده از طریق ماده غذایی (EDI) برای دو گروه سنی کودکان و بزرگسالان تعیین شد. مقایسه غلظت آرسنیک، کادمیوم، کروم، سرب در غلات و حبوبات مورد مطالعه با حد مجاز غلظت این عناصر نشان داد که غلظت این عناصر در تمام محصولات مورد مطالعه بیشتر از حد مجاز است. غلظت آرسنیک، کادمیوم، کروم و سرب به‌ترتیب ۱۹۰-۲۸، ۳/۸-۱/۰۵، ۶/۵-۲/۶ و ۹۶/۶-۲۶/۶ برابر حد مجاز غلظت این عناصر در محصولات مورد مطالعه بود. EDI فلزات سنگین از طریق مصرف همه محصولات مورد مطالعه برای کودکان در دو مقدار میانگین و بیشینه، به‌ترتیب برابر ۱/۵۰۵ و ۲/۳۲۴ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز و برای افراد بالغ به‌ترتیب برابر ۱/۵۲۸ و ۲/۳۰۸ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز بدست آمد. بطورکلی نتایج این پژوهش نشان‌دهنده آلودگی محصولات کشاورزی در منطقه مطالعاتی به برخی از فلزات سنگین بود.

کلمات کلیدی: آرسنیک، غلات، عراق، جذب روزانه

مقدمه

آلودگی خاکهای کشاورزی توسط فلزات سنگین باعث افزایش نگرانی در سراسر جهان شده است (McLaughlin et al., 1999). جذب فلزات سنگین از خاکهای آلوده به محصولات زراعی گیاه و رسوب آلاینده‌های اتمسفری روی سطح گیاهان سهم عمده-ای در تجمع فلزات سنگین را در محصولات کشاورزی دارند. از این‌رو مصرف مواد غذایی حاوی فلزات سنگین به‌عنوان مسیر اصلی ورود فلزات سنگین به بدن انسان شناخته شده است (Kabata-Pendias and Mukherjee, 2007).

فلزات سنگین ممکن است مستقیماً از طریق خوردن غذای آلوده یا به‌طور غیرمستقیم از طریق فرآیندهای جذب گیاهی وارد زنجیره غذایی شوند و تجمع پیدا کنند (Zwolak et al., 2019). در نتیجه، محصولات غذایی ممکن است شامل انواع مختلفی از فلزات باشد. فلزات در محصولات غذایی ممکن است به دلیل ویژگی‌های محیط رشد یا از طریق آب آبیاری آلوده به فلزات سنگین وارد شده باشند (Rai et al., 2019). حدود ۹۰ درصد از کل فلزات سنگین دریافتی در انسان از سبزیجات و محصولات غذایی حاصل می‌شود و ۱۰ درصد باقیمانده از تماس پوستی و تنفس در گرد و غبار آلوده است. فلزات سنگین ضروری و غیر ضروری به‌طور معمول در زنجیره غذایی ما در نتیجه استفاده بیش از حد از مواد شیمیایی کشاورزی، فاضلاب شهری، پساب صنعتی و فاضلاب خام برای آبیاری وارد می شوند (Khan et al., 2015).

فلزات سنگین به راحتی تجزیه نمی‌شوند و در زنجیره غذایی تجمع می‌یابند و به طور بالقوه آسیب جدی به سلامت انسان وارد می‌کنند. بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که افزایش غلظت فلزات سنگین فراتر از آستانه مجاز می‌تواند به سلامت انسان آسیب برساند. به‌عنوان مثال، مقادیر بیش از حد کروم و مس در محیط باعث بیماریهای غیرسرطانی و بیماری کبدی می‌شود. در مقابل فلزات سنگین سرب و کادمیوم سرطان‌زا هستند. بنابراین، مشکل آلودگی فلزات سنگین در سراسر جهان مورد توجه گسترده قرار گرفته است (قاعدرحمت و همکاران، ۲۰۲۲). مطالعات مختلف نشان می‌دهد مصرف محصولات کشاورزی حاوی فلزات سنگین خطرات جدی برای سلامت انسان به‌همراه دارد. با این وجود تاکنون مطالعه‌ای در زمینه آلودگی محصولات کشت‌شده به فلزات سنگین، در اراضی کشاورزی کشور عراق انجام نشده است. لذا این پژوهش با هدف بررسی غلظت فلزات سنگین در برخی محصولات کشاورزی در کشور عراق انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی واقع در شهر مقدادیه در استان دیاله کشور عراق است. این شهر در طول جغرافیایی ′۵۸ ″۴۳ ۳۳ و عرض جغرافیایی ″۱۳ ′۴۴ ۵۶ شرقی واقع شده است. برای انجام این پژوهش این پژوهش، از محصولات زراعی منطقه شامل گندم، جو، لوبیا، ماش، برنج و برنج قهوه‌ای نمونه‌برداری شد. روش نمونه‌برداری بصورت تصادفی و مرکب بود. بدین صورت که از بخش خوراکی هر گیاه ۵ نمونه بصورت تصادفی و مرکب برداشته شد. سپس نمونه‌ها با هم مخلوط شده و نهایتاً یک نمونه از آن تهیه شد. از هر گیاه ۳ نمونه به‌عنوان تکرار برداشته شد. نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شده و پس از شستن، بخش خوراکی آنها جدا شده و در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند.

اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در گیاه

برای اندازه‌گیری غلظت کل فلزات سنگین گیاه، ابتدا گیاه را از الک ۱۰۰ مش عبور داده و به ۰/۲ گرم از گیاه مورد نظر ۳ میلی‌لیتر اسید نیتریک اضافه شد. سپس به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از سرد شدن مقدار ۲ میلی‌لیتر آب اکسیژنه اضافه کرده و داخل آون به مدت یک ساعت با درجه حرارت ۶۰ سانتی‌گراد و بعد از آن به مدت

۸ ساعت با درجه حرارت ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس عصاره‌ها توسط کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف شده و در بالن ۲۵ میلی‌لیتر به حجم رسید (Cabrera et al., 2008). در نهایت غلظت کل فلزات سنگین توسط دستگاه ICP-Mass اندازه‌گیری شد.

تعیین میزان جذب فلزات سنگین

میزان جذب آلاینده از طریق ماده غذایی به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن در روز با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (USEPA, 1992):

$$EDI = \frac{C \times IR \times EF \times ED \times AF \times CF}{(BW \times AT)}$$

EDI: میزان جذب روزانه، C: غلظت عنصر در غذا، IR: میزان مصرف غذا در هر وعده، EF: دفعات مصرف در سال را نشان می‌دهد که در این مطالعه ۳۶۵ روز در سال در نظر گرفته شد، ED: تعداد سال‌هایی که از این ماده خوراکی استفاده می‌شود را نشان می‌دهد،AF: فاکتور جذب (بدون واحد) ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شد، CF: فاکتور تبدیل ($۱۰^{-۶}$ کیلوگرم بر میلی‌گرم)، BW: وزن بدن، AT: از حاصل ضرب ED در تعداد روزهای سال به‌دست می‌آید. گروه‌های سنی که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت دو گروه کودکان (کمتر از ۷ سال) و افراد بالغ (۵۴-۱۸ سال) بودند.

نتایج و داده‌های این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

غلظت فلزات سنگین در غلات و حبوبات

مقادیر میانگین و دامنه غلظت فلزات سنگین در غلات و حبوبات مورد مطالعه و حد مجاز غلظت فلزات سنگین در آنها در جدول ۱ ارائه شده است. مقایسه غلظت آرسنیک، کادمیوم، کروم، سرب در غلات و حبوبات مورد مطالعه با حد مجاز غلظت این عناصر (به‌ترتیب ۰/۵۱، ۰/۲، ۲/۳، ۰/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) نشان داد که غلظت این عناصر در تمام محصولات مورد مطالعه بیشتر از حد مجاز است. غلظت آرسنیک ۱۹۰-۲۸ برابر حد مجاز، ۳/۸-۱/۰۵ برابر حد مجاز، کروم ۶/۵-۲/۶ و سرب ۶/۶-۲۶/۹۶ برابر حد مجاز غلظت این عناصر در محصولات مورد مطالعه است. همچنین مشاهده شد که حبوبات (لوبیا و ماش) آلودگی کمتری به فلزات سنگین (بجز سرب) در مقایسه با غلات (گندم، برنج و جو) داشتند. سطوح بالای کروم در گیاهانی که در امتداد جاده‌هایی با ترافیک سنگین رشد می‌کنند، وجود دارد (احمد و همکاران، ۲۰۲۱). همچنین انتشار زیاد Fe از خودرو توسط Lough و همکاران (۲۰۰۵) گزارش شده است. کادمیوم بیشتر در طول فرآیند ساخت ترمز وسایل نقلیه استفاده می‌شود. در حین رانندگی، در اثر اصطکاک ایجادشده در هنگام ترمزکردن، لایه کادمیوم خورده شده و ذرات کادمیوم در محیط آزاد می‌شود (طالب‌زاده و همکاران، ۲۰۲۰).

Osae و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی به بررسی غلظت فلزات سنگین در سبزیجات و ارزیابی خطر آنها برای سلامت انسان پرداختند. براساس یافته‌های این محققین غلظت فلزات مس، کادمیوم، آرسنیک، کروم، نیکل، سرب، جیوه، روی و آهن، برای سبزیجات مزرعه کورل به‌ترتیب ۸۲/۴۴-۳/۴۱، ۱۲/۲۳-۰/۱، ۱۹/۷۷-۰/۱، ۴۹/۴۲-۱/۱۷، ۳۸/۵-۰/۶، ۵۱/۸۴-۱/۱۷۴، ۰/۰۹-۰

۰/۰۱، ۹۴/۷-۳۴/۲۹۴ و ۲۶۵/۹۴-۳۵۹۹/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. به استثنای آهن و روی، غلظت فلزات در اکثر سبزیجات کمتر از حد مجاز بود. اما غلظت فلزات در کاهو (به‌جز نیکل) از حد مجاز فراتر رفت.

جدول ۱- غلظت فلزات سنگین در غلات و حبوبات مورد مطالعه

گیاه	آرسنیک (mg/kg)	کادمیوم (mg/kg)	کبالت (mg/kg)	کروم (mg/kg)	سرب (mg/kg)
جو	۲۸/۶	۰/۲۹	۴	۱۰	۸
گندم	۸/۶	۰/۲۷	۱/۷	۱۵	۱۷
برنج	۱۶/۲	۰/۷۶	۴/۶	۸	۱۰
برنج قهوه‌ای	۴/۹	۰/۳۳	۰/۵	۱۲	۲۰
لوبیا	۵/۲	۰/۲۳	۰/۵	۶	۲۹
ماش	۴/۲	۰/۲۱	۰/۵	۸	۲۳
حد مجاز[1]	۰/۱۵	۰/۰-۰۵/۲	۵۰	۲/۳	۰/۰-۱/۳

ادامه جدول ۱- غلظت فلزات سنگین در غلات و حبوبات مورد مطالعه

گیاه	روی (mg/kg)	مس (mg/kg)	نیکل (mg/kg)	منگنز (mg/kg)
جو	۵۱	۳۵	۶۸	۵۳
گندم	۵۸	۲۷	۲۷	۷۲
برنج	۷۲/۲	۳۵	۴۳	۱۹۰
برنج قهوه‌ای	۴۰	۲۱	۱۵	۸۱
لوبیا	۵۱	۲۵	۱۰	۲۵
ماش	۴۴	۳۶	۱۰	۳۵
حد مجاز[1]	۵۰	۴۰-۱۰	۳۱۰	۵۰۰

میزان جذب روزانه (EDI) فلزات سنگین

در این پژوهش میزان جذب روزانه (EDI) آرسنیک از طریق مصرف محصولات مورد مطالعه (جو، گندم، برنج، برنج قهوه‌ای، لوبیا و ماش) در دو گروه سنی کودکان و افراد بالغ در دو مقدار میانگین و بیشینه، به‌ترتیب برابر ۰/۲۷۲ ، ۰/۴۲۰، ۰/۲۷۳ و ۰/۴۱۱ بدست آمد. میزان جذب روزانه کادمیوم نیز از طریق مصرف محصولات مورد مطالعه در گروه سنی کودکان و افراد بالغ در دو مقدار میانگین و بیشینه، به‌ترتیب برابر ۰/۰۰۲۸، ۰/۰۰۴۴، ۰/۰۰۲۹ و ۰/۰۰۴۴ بدست آمد. این مقادیر برای کبالت به‌ترتیب ۰/۰۰۵۷، ۰/۰۰۸، ۰/۰۰۵ و ۰/۰۰۸ و برای کروم به‌ترتیب ۰/۰۲۶، ۰/۰۴۰، ۰/۰۲۶ و ۰/۰۳۹ بود. برای روی نیز مقادیر جذب به‌ترتیب در دو گروه سنی کودکان و افراد بالغ در دو مقدار میانگین و بیشینه، به‌ترتیب برابر ۰/۰۰۱۳ ، ۰/۰۰۲۱، ۰/۰۰۱۳ و ۰/۰۰۲ و برای سرب به‌ترتیب ۰/۰۳۴، ۰/۰۵۶، ۰/۰۳۳۳ و ۰/۰۵۲ بود. همچنین میزان جذب روزانه مس از طریق مصرف محصولات مورد مطالعه در دو گروه سنی کودکان و افراد بالغ در دو مقدار میانگین و بیشینه، به‌ترتیب برابر ۰/۰۰۵۶ ، ۰/۰۰۹، ۰/۰۰۵۶ و ۰/۰۰۸۶ و برای نیکل به‌ترتیب برابر ۰/۰۱۲۲ ، ۰/۰۱۸۸، ۰/۰۱۲۳ و ۰/۰۱۸۴ بود. برای منگنز نیز این

مقادیر به‌ترتیب ۰/۰۰۴۷، ۰/۰۰۷۲، ۰/۰۰۴۹ و ۰/۰۰۷۳ برای دو گروه سنی کودکان و افراد بالغ در دو مقدار میانگین و بیشینه بدست آمد.

از طرف دیگر مشاهده شد که میزان جذب روزانه فلزات سنگین از طریق مصرف همه محصولات مورد مطالعه برای کودکان در دو مقدار میانگین و بیشینه، به‌ترتیب برابر ۱/۵۰۵ و ۲/۳۲۴ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز و برای افراد بالغ به‌ترتیب برابر ۱/۵۲۸ و ۲/۳۰۸ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز است. در پژوهش Sultana و همکاران (۲۰۲۲) بیشترین سهم فلزات سنگین مختلف در EDI از طریق مصرف شلغم (کروم)، گشنیز (کادمیم و سرب)، خردل (نیکل)، نعناع (مس، آهن و منگنز) و اسفناج (روی) گزارش شد. این نتیجه نشان داد که انتقال فلزات سنگین از طریق سبزیجات برگ‌دار بیشتر از سبزیجات ریشه‌ای است. همچنین گشنیز و نعناع بیشتر از سایر سبزیجات برگدار به فلزات سنگین آلوده بودند. Maleki و Zarasvand (۲۰۰۸) دریافت روزانه فلزات سنگین را از طریق مصرف پنج سبزی مختلف (تره فرنگی، ریحان، جعفری، شاهی و ترخون) گزارش کردند. نتایج آنها نشان داد که میزان جذب روزانه سرب، مس، کروم و کادمیوم از طریق مصرف سبزیجات به‌ترتیب ۲/۹۶، ۲/۵، ۱/۲۷ و ۰/۰۷ میلی‌گرم در روز است.

نتیجه‌گیری

بطور کلی نتایج این پژوهش نشان داد در محصولات کشاورزی منطقه مطالعاتی غلظت آرسنیک، کادمیوم، کروم، سرب در گندم، جو، برنج، برنج قهوه‌ای، لوبیا و ماش بیشتر از حد مجاز است و احتمال ابتلا به بیماریهای سرطانی و غیرسرطانی ناشی از مصرف این محصولات، وجود دارد. لذا با توجه به سطح آلودگی زیاد فلزات سنگین در محصولات کشاورزی، انجام مطالعات تفصیلی بیشتر در این زمینه ضروری است.

فهرست منابع

Ahamad, A., Raju, N. J., Madhav, S., Gossel, W., Ram, P., Wycisk, P. (2021). Potentially toxic elements in soil and road dust around Sonbhadra industrial region, Uttar Pradesh, India: source apportionment and health risk assessment. Environmental Research, 11685.

Cabrera, F., Ariza, J. L., Madejón. P/, Madejón. E/, Murillo. J. M. (2008). Mercury and other trace elements in soils affected by the mine tailing spill in Aznalcóllar (SW Spain). Science of the Total Environment, 390, 311-322.

Ghaedrahmat, Z., Almasi, H., Akhbarizadeh, R., Ahmadi, M. (2022). Assessment of heavy metals in road dust of Behbahan city, Iran: distribution, sources and health risks. Journal of Environmental Healths and Sustainable Development, 7(2), 1632-1646.

Kabata-Pendias, A., Mukherjee, B. (2007). Trace Elements from Soil to Human. Springer-Verlag, Berlin.

Khan, A. , Khan, S., Khan, M. A., Qamar, Z., Waqas, M. (2015). The uptake and bioaccumulation of heavy metals by food plants, their effects on plants nutrients, and associated health risk: a review. Environmental Science and Pollution Research, 22 (18), 13772-13799.

Lough, G.C., Schauer, J.J., Park, J.-S., Shafer, M.M., Deminter, J.T., Weinstein, J. P. (2005). Emissions of metals associated with motor vehicle roadways Environmental Science and Technology, 39, 826-836.

Maleki, A., Zarasvand, M. A. (2008). Heavy metals in selected edible vegetables and estimation of their daily intake in Sanandaj. Iran. Southeast Asian Journal Tropical Med Public Health, 39(2), 335–340.

McLaughlin, M., Parker, R., Clarke, J. (1999). Metals and micronutrients-food safety issues. Field Crops Rerearch, 60, 143–163.

Osae, R., Nukpezah, D., Amoako Darko, D., Senyo Koranteng, S., Mensah, A. (2023). Accumulation of heavy metals and human health risk assessment of vegetable consumption from a farm within the Korle lagoon catchment. Heliyon, 9: 16005.

Rai, P. K., Lee, S. S. , Zhang, M., Tsang, Y. F., Kim, K. H. (2019). Heavy metals in food crops: Health risks, fate, mechanisms, and management. Evironmental International, 125, 365-385.

Sultana, R., Tanvir, R. U., Hussain, K. A., Chamon, A. S., Mondol, M. N. (2022). Heavy metals in commonly consumed root and leafy vegetables in Dhaka city, Bangladesh, and assessment of associated public health risks. Environmental Systems Research, 11 (15), 1-15.

Talebzadeh, M., Valeo, C., Gupta, R. (2020). Cadmium Water Pollution Associated with Motor Vehicle Brake Parts. CEESD 2020 International Conference on Environmental Engineering and Sustainable Development, (China).

USEPA (US Environmental Protection Agency). (1992). Guidelines for exposure assessment. Available at http://www.epa.gov/ncea/pdfs/guidline.pdf

Zwolak, A., Magdalena Sarzyńska, M., Szpyrka, E., Stawarczyk, K. (2019). Sources of soil pollution by heavy metals and their accumulation in vegetables: a review. Water, Air, & Soil Pollution, 230, 164.

Assessment of heavy metal concentrations in some Iraqi agricultural crops

Hussein Ahmad Khalil[1], Elham Chavoshi[2*]

[1]. Department of Soil Science, Institute of Agriculture, Water, Food, and Nutraceuticals, Isf. C., Islamic Azad University, Isfahan, Iran

[2*]. Department of Soil Science, Institute of Agriculture, Water, Food, and Nutraceuticals, Isf. C., Islamic Azad University, Isfahan, Iran

Abstract

This study was conducted to determine the concentration of heavy metals in some agricultural products in Iraq. Random and composite sampling was carried out from some crops grown in the region including wheat, barley, beans, mung beans, rice and brown rice. Total heavy metal concentrations were measured using ICP-Mass. The estimated daily intakes (EDI) were determined for two age groups: children and adults. The concentrations of arsenic, cadmium, chromium, and lead in the studied cereals and legumes were found to be higher than the permissible limit, when comparing the concentrations of these elements in the studied products with their permissible concentration limits. The concentrations of arsenic, cadmium, chromium, and lead were 28-190, 1.05-3.8, 2.6-6.5, and 26-6.96 times the permissible concentration limits of these elements in the studied crops, respectively. The EDI of heavy metals obtained from the consumption of all studied products were 1.505 and 2.324 µg/kg body weight/day for children and 1.528 and 2.308 µg/kg body weight/day for adults, respectively. Overall, the results of this study indicated that agricultural crops in the study area were contaminated with some heavy metals.

Keywords: Arsenic, Cereals, Iraq, Daily Intake