19th Iranian Soil Science Congress
2-4 December, 2025

نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذرماه 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 فلزات سنگین سرب، کادمیم و آرسنیک در گیاه برنج منطقه لنجان استان اصفهان

**شهربانو جورکش ورنوسفادرانی[1*]، محمدحسن صالحی[2]، رضا مهاجر[3]**

۱- دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد؛ * (**shahrbanooj@yahoo.com**)

۲- استاد دانشکده کشاورزی داشگاه شهرکرد

۳-گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

## چکیده

نگرانی زیادی در مورد آلودگی فلزات سنگین وجود دارد که می‌تواند تولید محصولات کشاورزی و سلامت انسان را تهدید کند. در این مطالعه به بررسی غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیم و آرسنیک در گیاه برنج پرداخته شد. بدین منظور در مطالعه حاضر ۱۴نمونه از اندام هوایی گیاه برنج از مزارع موجود در منطقه انتخاب و مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده میزان غلظت سرب، کادمیم و آرسنیک گیاه برنج این منطقه بالاتر از حد استاندارد ارائه‌شده توسط ایران بوده است. همچنین EDI هر سه عنصر در گیاه برنج برای هر دو گروه بزرگ‌سالان و کودکان بالاتر از PTDI مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران بوده است. با توجه به این نتایج احتمالاً مصرف این گیاه می‌تواند برای سلامت انسان خطرناک باشد به همین منظور باید دانه برنج هم موردبررسی قرار گیرد. این آلودگی‌ها می‌تواند ناشی از فعالیت‌های صنعتی، ترافیک و کودهای شیمیایی باشد.

**واژگان کلیدی:** فلزات سنگین، برنج، سلامتی انسان

**مقدمه**

کیفیت محصولات کشاورزی و غذایی، شاخص اصلی سلامت جوامع است. بااین‌حال، در دهه‌های اخیر به دلیل استفاده بی‌رویه از علف‌کش‌ها، سموم، آفت‌کش‌ها و هورمون‌ها، کیفیت محصولات کشاورزی مورد تهدید قرارگرفته است که منجر به افزایش بروز بیماری و میزان مرگ‌ومیر جمعیت جهان به دلیل ظهور بیماری‌های مختلف و افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی شده است (Amarloei et al, 2023). آلودگی خاک و محصولات کشاورزی به عناصر سمی ناشی از پیشرفت صنایع و همچنین عدم استفاده صحیح از کودهای شیمیایی و دامی در زمین‌های کشاورزی، نگرانی‌های قابل‌توجهی را در مورد کیفیت و ایمنی این محصولات و تأثیر آن‌ها بر سلامت انسان ایجاد کرده است. هرساله ترکیبات سمی از طریق مسیرهای مختلف وارد خاک می‌شوند (Afrin et al, 2021، Mansour, 2014). رابطه بین قرار گرفتن در معرض فلزات سنگین از طریق غذا در کوتاه‌مدت و بلندمدت و خطرات سلامتی، ازجمله سرطان‌زایی، به‌طور گسترده موردمطالعه و اثبات قرارگرفته است. تجمع زیستی HM 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 (Hector et al, 2011، Chiroma et al, 2014). قرار گرفتن در معرض شدید کادمیوم ممکن است منجر به اثرات ریوی مانند آمفیزم، برونشیولیت و آلوئولیت شود. اثرات کلیوی نیز ممکن است به دلیل استنشاق نیمه مزمن کادمیوم ایجاد شود (European Union, 2002، Young, 2005). سمیت سرب باعث کاهش سنتز هموگلوبین، اختلال در عملکرد کلیه، مفاصل، سیستم‌های تولیدمثلی و قلبی عروقی و آسیب مزمن به سیستم‌های عصبی مرکزی و محیطی می‌شود (Ogwuegbu and Muhanga, 2005). غلظت بالای روی می‌تواند باعث اختلال در رشد و تولیدمثل شود (Nolan, 2003).

برنج یکی از محصولات کشاورزی و غذای اصلی بیشتر مردم ایران است. برنج در ایران بعد از گندم دومین محصول پرمصرف در کشور هست. گیاه برنج قابلیت جذب و تجمع بالای کادمیم، سرب و آرسنیک را دارد. با توجه به پرمصرف بودن برنج در کشور و کشت این محصول به میزان زیاد در بخشی از استان اصفهان و همچنین وجود صنایع زیاد مثل ذوب‌آهن ، کارخانه سیمان سپاهان و ... در اصفهان، این پژوهش به بررسی غلظت فلزات سرب، کادمیم، آرسنیک در گیاه برنج در بخشی از زمین‌های کشاورزی استان اصفهان می‌پردازد.

**مواد و روش‌ها**

موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی موردمطالعه حدفاصل عرض‌های جغرافیایی "۳۲°۲۱'۵۴/۲ تا "۳۲°۴۴'۱۶/۹ شمالی و طول‌های جغرافیایی"۵۱°۲۵'۰۹/۵ تا "۵۱°۳۶'۱۷/۳ شرقی در جنوب غربی استان اصفهان (شهرستان لنجان) قرار دارد (شکل ۱). جهت تعیین غلظت فلزات سنگین در خاک و گیاه برنج، از زمین‌های کشاورزی موجود در منطقه، ۱۴ نمونه از خاک سطحی و اندام هوایی گیاه برنج به‌صورت تصادفی برداشت شد و بعد آماده‌سازی مقدار این عناصر در عصاره با استفاده از دستگاه ICP-Mass تعیین گردید.

شکل ۱- موقعیت منطقه موردمطالعه

می‌توان میزان ورود فلزات سنگین به بدن هر انسان را با استفاده از پارامتر تخمین میزان مصرف روزانه ( Estimated daily intake) محاسبه کرد. EDI (میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز) با استفاده از معادله (۱) محاسبه می‌گردد (Heidari, 2021).

$$EDI = [(C \times IR \times cf \times EF \times ED)/(BW \times AT)] \quad (1)$$

در این معادله C، IR، EF، ED و BW به ترتیب نشان‌دهنده غلظت فلز سنگین در محصول (میلی‌گرم بر کیلوگرم)، میزان مصرف روزانه برنج ۱۱۰ گرم در روز، فراوانی قرار گرفتن در معرض فلزات ( ۳۶۵روز در سال)، مدت‌زمان قرار گرفتن در معرض فلزات (برای کودکان ۶ و برای بزرگ‌سالان ۳۰سال) و میانگین وزن بدن (برای کودکان ۱۵ و برای بزرگ‌سالان ۷۰ کیلوگرم) هستند. AT زمان قرار گرفتن در معرض هر مقدار از فلزات به‌طور میانگین (برای کودکان ۲۱۹۰ و برای بزرگ‌سالان ۸۷۶۰ روز) است. AT برای خطر غیر سرطان‌زا برابر است با EF × ED، درحالی‌که برای خطر سرطان‌زا، EF × LE (امید به زندگی (۷۷۰۴ سال)) است.

## نتایج و بحث

بر اساس نتایج، غلظت‌های فلزات سنگین سرب، کادمیم، آرسنیک (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در خاک و برنج به ترتیب زیر شناسایی شدند: (۸/۴۵، ۰/۵۹، ۱۰/۳۷)، (۰/۷۳، ۰/۰۷، ۰/۰۶). غلظت فلزات سنگین در نمونه‌ها به ترتیب به‌صورت As > Pb > Cd و Pb > As >Cd بود. نتایج به‌دست‌آمده از غلظت فلزات سنگین موردمطالعه نشان داد که غلظت این فلزات پایین‌تر از بیشینه حد مجاز استاندارد ارائه‌شده در استاندارد ملی ایران بود. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده مشخص شد که میزان غلظت سرب، کادمیم و آرسنیک گیاه برنج بالاتر از حد استاندارد ارائه‌شده توسط ایران است (جدول ۲). در مطالعه‌ای که زیارتی و مصلحتی شاد (۱۳۹۵) بر روی میزان فلزات سنگین برنج وارداتی و ایرانی شهر تهران انجام دادند به این نتیجه رسیدند که میزان فلزات سنگین سرب و کادمیم بالاتر از حد مجاز بوده است. در مورد فلز کادمیم میزان این فلز در برنج وارداتی بالاتر از برنج ایرانی بوده است.

**جدول۱-غلظت فلزات سنگین در خاک (میلی‌گرم بر کیلوگرم) و استاندارد ملی ایران**

| فلزات سنگین | سرب | کادمیم | آرسنیک |
|---|---|---|---|
| **میانگین** | ۸/۴۵ | ۰/۵۹ | ۱۰/۳۷ |
| **حداکثر** | ۱۱/۳۰ | ۰/۸۱ | ۱۳/۰۹ |
| **حداقل** | ۶/۱۴ | ۰/۴۲ | ۷/۳۱ |
| **انحراف معیار** | ۱/۵۶ | ۰/۱۲ | ۱/۷۲ |
| **حد استاندارد** | ۷۵/۰۰ | ۵/۰۰ | ۴۰/۰۰ |

**جدول۲-غلظت فلزات سنگین (mg/kg) در اندام هوایی گیاه برنج و استاندارد ملی ایران**

| فلزات سنگین(kg/mg) | سرب | کادمیم | آرسنیک |
|---|---|---|---|
| **میانگین** | ۰/۷۳ | ۰/۰۷ | ۰/۰۶ |
| **حداکثر** | ۱/۳۶ | ۰/۰۹ | ۰/۰۹ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **حداقل** | ۰/۳۱ | ۰/۰۳ | ۰/۰۵ |
| **انحراف معیار** | ۰/۲۸ | ۰/۰۲ | ۰/۰۱ |
| **حد استاندارد** | ۰/۱۵ | ۰/۰۶ | ۰/۱۵ |

با توجه به آمار مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، میزان دریافت قابل‌تحمل روزانه موقتی (PTDI) سرب، کادمیم و آرسنیک برابر با ۰/۰۰۳۶، ۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۲۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن است. میزان مصرف روزانه تخمینی (EDI) هر عنصر برای محصول موردنظر مشخص می‌شود. اگر مقدار EDI کمتر از مقدار PTDI باشد خطری مصرف‌کنندگان آن محصول را تهدید نمی‌کند ولی اگر بالاتر باشد آن محصول برای سلامتی خطرناک است. با توجه به نتایج جدول ۲، EDI هر سه عنصر در گیاه برنج هم برای بزرگ‌سالان و هم برای کودکان کمی بالاتر از PTDI مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران است، با توجه به این نتایج احتمالاً مصرف این گیاه می‌تواند برای سلامت انسان خطرناک باشد به همین منظور باید دانه برنج هم موردبررسی قرار گیرد. با توجه به وجود ذوب‌آهن و کارخانه سیمان سپاهان در منطقه و همچنین افزایش جمعیت و ترافیک و همچنین مصرف زیاد کود شیمیایی این تجمع زیاد عناصر می‌تواند حاصل آلودگی این موارد باشد که می‌تواند هم از طریق فرونشست جوی و هم خاک وارد گیاه شود. لیو و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای که بر روی ارزیابی ریسک سلامت فلزات سنگین در گیاه برنج در اطراف معدن زغال‌سنگ متروکه در جنوب غربی چین انجام دادند به این نتیجه رسیدند که ازنظر ظرفیت تجمع و انتقال، احتمال انتقال Cd از ریشه‌ها به دانه برنج بیشتر بود و تحرک قوی آن ممکن است خطرات بالقوه‌ای را برای ساکنان محلی ایجاد کند. خطرات غیر سرطان‌زا و خطرات سرطان‌زای مواجهه با فلزات سنگین در محیط‌ها و مسیرهای مختلف مواجهه در کودکان بیشتر از بزرگ‌سالان بود. کل خطرات غیر سرطان‌زا و خطرات سرطان‌زا در بزرگ‌سالان و کودکان به دلیل مواجهه با فلزات سنگین از طریق خوردن پوسته برنج، بالاتر از مقادیر حد استاندارد بود. رحیمی و چرخ آبادی (۱۳۹۳) بامطالعه‌ای که بر روی گیاه برنج در منطقه لنجان استان اصفهان انجام دادند بیان کردند که غلظت مس، آهن و منگنز در ریشه برنج و کادمیم در ریشه، ساقه و دانه برنج بالاتر از حد مجاز بود. همچنین به این نتیجه رسیدند که روند انتقال فلزات سنگین از خاک به ریشه بالاتر از ریشه به ساقه و از ریشه به ساقه بالاتر از ساقه به دانه است به‌جز فلز منگنز که انتقال آن به دانه بیشتر است که می‌تواند به دلیل فرونشست جوی باشد. Gao و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای که بر روی فلزات در خاک و برنج شهر شنگژو چین انجام دادند بیان کردند که تجمع و در دسترس بودن فلزات در خاک و برنج تحت تأثیر غلظت فلزات در خاک و خواص فیزیکوشیمیایی خاک-گیاه است که برجذب آن‌ها توسط برنج تأثیر می‌گذارد .بنابراین، باید اقدامات زیست‌محیطی لازم برای کنترل آلودگی خاک انجام شود تا آلودگی احتمالی فلزات بالقوه خطرناک در زنجیره غذایی در شهر شنگژو محدود شود.

**جدول ۲-مقادیر EDI فلزات سنگین موردمطالعه برای گیاه برنج (mg/kg)**

| جمعیت در معرض | سرب | کادمیم | آرسنیک |
|---|---|---|---|
| **بزرگ‌سال** | ۰/۰۸۹ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۰۷ |
| **کودک** | ۰/۴۵۵ | ۰/۰۴۳ | ۰/۰۳۷ |

## نتیجه‌گیری

در این مطالعه وضعیت غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیم و آرسنیک در اندام هوایی گیاه برنج بررسی شد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده میزان غلظت سرب، کادمیم و آرسنیک گیاه برنج این منطقه بالاتر از حد استاندارد ارائه‌شده توسط مؤسسه

استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران بوده است. همچنین EDI هر سه عنصر در گیاه برنج هم برای بزرگسالان و هم برای کودکان بالاتر از PTDI مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران بوده است، با توجه به نتایج به‌دست‌آمده دانه برنج باید موردبررسی قرار بگیرد.

## فهرست منابع


۱- رحیمی، ق.، چرخ آبی، ا. (۱۳۹۳). ارزیابی برخی فلزات سنگین در خاک‌های شالیزاری و تجمع آن‌ها در اندام‌های برنج در منطقه لنجان استان اصفهان. نشریه دانش آب‌وخاک، ۲۴ (۲): ۱۲۰-۱۰۷.

۲- زیارتی، پ.، مصلحتی شاد، م. (۱۳۹۶). بررسی میزان فلزات سنگین سرب، کادمیوم و نیکل در برنج ایرانی و وارداتی مصرفی شهر تهران. نشریه علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۱۲ (۲): ۱۰۴-۹۴.

3- Afrin, S., Alam, M.K., Ahmed, M.W., Parven, A., Jubayer, M.F., Megharaj, M., Meftaul, I.M., Khan, M.S (2021). Determination and probabilistic health risk assessment of heavy metals in widely consumed market basket fruits from Dhaka city Bangladesh. Environmental Analytical Chemistry. 29, 1-6.

4- Amarloei, A., Mirzaei, SA, Noorimotlagh, Z., Nazmara, S., Nourmoradi, H., Fard, N.J., Heidari, M., Mohammadi-Moghadam, F., Mazloomi, S ( 2023). Human health risk assessment of toxic heavy metals in summer crops and vegetables: a study in Ilam Province, Iran. Environmental Health Science and Engineering, 22(1),139–148.

5- Chiroma, T M., Ebewele, R O., Hymore, F K (2014). Comparative assessment of heavy metal levels in soil, vegetables and urban grey wastewater used for irrigation in Yola and Kano, Nigeria. Engineering and Scienc, 3 (2), 01-09.

6- European Union (2002). Heavy Metals in Wastes, European Commission on Environment (http: //ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/heavy metals report.pdf ).

7- Gao, Zh., Weijun, Fu., Zhang, M., Zhao,K., Tunney, H., Yidong, G (2016). Potentially hazardous metals contamination in soil-rice system and it's spatial variation in Shengzhou City, China . Geochemical Exploration , 167(1), 62-69.

8- Hector, FM., Oscar, R M., Enrique, MS., Ma-Del, OB., Laura, B O (2011). Heavy metals in agricultural soils and irrigation waste water of Mixquiahuala, Hidalgo, Mexico. Agricultural Research. **6** (24),5505-5511.

9- Heidari, M., Darijani, T., Alipour, V (2021). Heavy metal pollution of road dust in a city and its highly polluted suburb; quantitative source apportionment and source- specific ecological and health risk assessment, Chemosphere. 273 , 129656.

10-Liu, H., Xie, J., Cheng, Zh., Wu, X (2023). Characteristics, Chemical Speciation and Health Risk Assessment of Heavy Metals in Paddy Soil and Rice around an Abandoned High-Arsenic Coal Mine Area, Southwest China.Minerals , 13,629.

11- Mansour, S A ( 2014).Monitoring and health risk assessment of heavy metal contamination in food. Practical Food Safety: Contemporary Issues and Future Directions. 19, 235-55.

12- Nolan, K (2003). Copper toxicity syndrome Orthomolecular Psychiatry, 12,270-282.

13- Ogwuegbu, M O C. & W. Muhanga. 2005. Investigation of lead concentration in the blood of people in the copper belt province of Zambia. 11, 66-75.

14- Young, R A (2005). Toxicity Profiles : Toxicity Summary for Cadmium, Risk Assessment Information System. University of Tennessee (rais.ornl.Gov/tox/profiles/ cadmium.html).


**Evaluation of heavy metals lead, cadmium and arsenic in rice plants in Lanjan region of Isfahan**


**Shahrbanu Jorkesh Vernosfadarani[1*], Mohammad Hassan Salehi[2], Reza Mohajer[3]**

**1- PhD student, Faculty of Agriculture, Shahrekord University; * (shahrbanooj@yahoo.com)**

**2- Professor, Faculty of Agriculture, Shahrekord University**
**3-** Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran

**Abstract**

There is great concern about heavy metal pollution that can threaten agricultural production and human health. In this study, we investigated the concentrations of heavy metals lead, cadmium, and arsenic in rice plants. In this study, 14 sample of aerial parts of rice plants from the fields in the region were selected and analyzed. According to the results obtained, the concentrations of lead, cadmium, and arsenic in rice plants in this region were higher than the standard level provided by Iran. Also, the EDI of all three elements in rice plants for both adults and children was higher than the PTDI of the Iranian Institute of Standards and Industrial Research.
According to these results, it is possible that the consumption of this plant can be dangerous for human health.For this purpose,rice grains should also be examined. These contaminants can be caused by industrial activities, traffic, and chemical fertilizers.

**Keywords:** heavy metal, rice, Human health