



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



## بررسی وضعیت آلودگی کادمیم و سرب در برخی اراضی زراعی در استان ذی قار / جنوب عراق با استفاده از شاخص فاکتور آلودگی

علی راضی جابر الحفظی<sup>۱</sup>، بهنام دولتی<sup>۲</sup>، ابراهیم سپهر<sup>۲</sup>، مرضیه پیری<sup>۳\*</sup>، فرخ اسدزاده<sup>۲</sup>، سالار رضاپور<sup>۲</sup>  
۱- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشگاه ارومیه؛ ۲- گروه علوم خاک، دانشگاه ارومیه، ایران؛ ۳- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، بخش تحقیقات خاک و آب، ارومیه، ایران (\*piri.ma@yahoo.com)

### چکیده

آلودگی عناصر سنگین مانند کادمیم و سرب در خاک‌های زراعی به دلیل سمیت و تجزیه ناپذیر بودن مشکلی جدی در سطح جهان است. این مطالعه با هدف ارزیابی آلودگی احتمالی فلزات سنگین کادمیم و سرب در اراضی زراعی استان ذی قار/ جنوب عراق با استفاده از شاخص فاکتور آلودگی (CF) انجام شد. تعداد ۵۰ نمونه خاک سطحی از مزارع تحت کشت کاهو (Lettuce) برداشت شد. غلظت کل عناصر سنگین سرب و کادمیم در نمونه‌های خاک اندازه‌گیری شدند. جهت کمی کردن خطر آلودگی خاک به فلزات سنگین از شاخص‌های فاکتور آلودگی (CF) استفاده شد. نتایج نشان داد میانگین محتوی عناصر سرب و کادمیم در خاک‌های مورد مطالعه به ترتیب برابر با ۳۳۲ و ۱۸ mg/kg می‌باشد، که این مقادیر بیش از حد مجاز می‌باشند. براساس شاخص فاکتور آلودگی (CF) کادمیم در آلودگی زیاد ( $CF > 6$ ) و آلودگی سرب متوسط ( $3 < CF < 1$ ) ارزیابی شدند. بررسی نقشه‌های توزیع پراکندگی شاخص فاکتور آلودگی عناصر نشان داد که حداکثر غلظت کادمیم و سرب در بخش‌های شمال، مرکز، منطقه رخ داده است. بنابراین به منظور کاهش و مدیریت خطرات زیست محیطی، پایش منظم مقدار عناصر سنگین و شناسایی منابع آلودگی در خاک‌های این منطقه توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی: ذی قار، خاک آلوده، شاخص فاکتور آلودگی، کادمیم، سرب



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



## مقدمه

با توجه به جایگاه خاک در تولید محصول، رشد و نمو گیاهان و ایجاد پوشش گیاهی، عدم حفاظت از این سرمایه ارزشمند کمبود مواد غذایی، فرسایش خاک و تخریب منابع طبیعی را به دنبال خواهد داشت (Khosravi et al., 2018). اخیراً آلودگی خاک به عنوان یکی از مهمترین پیامدهای زیست محیطی فعالیت‌های بشری مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. زیرا با گسترش سریع صنعت، استخراج معادن و همچنین کشاورزی متمرکز در پاسخ به تقاضای غذایی جمعیت در حال رشد، تولید و دفع بیشتر زباله، فاضلاب و مصرف کودهای شیمیایی در کشاورزی منجر به ورود و تجمع فلزات سنگین در خاک‌ها شده است. فلزات سنگین به دلیل آثار زیان بار فیزیولوژیک و تجزیه ناپذیر بودن در غلظت‌های کم، اهمیت ویژه‌ای دارند (Szymańska-Pulikowska et al., 2023).

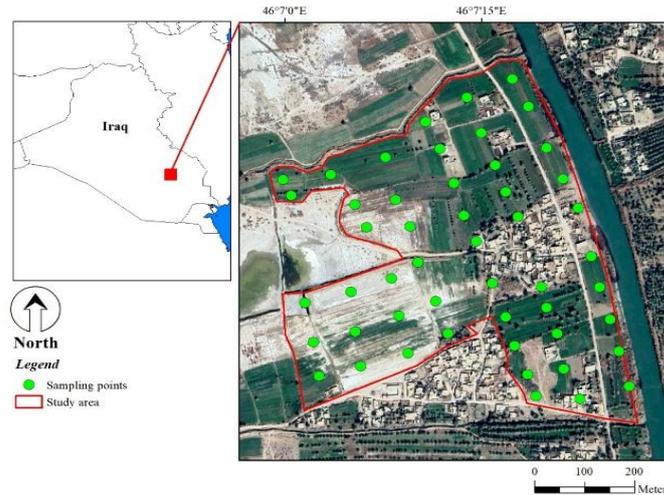
عناصر سنگین از دو منبع طبیعی و انسانی وارد خاک می‌شوند. در بیش‌تر خاک‌ها منشأ اصلی عناصر سنگین در خاک مواد مادری است (Pejman et al., 2015). مواد مادری بسته به شرایط تشکیل و جنس، دارای مقادیر متفاوتی از عناصر سنگین هستند (Massas et al., 2013). مهمترین منابع انسانی، فعالیت‌های صنعتی- معدنی، استخراج نفت، حمل و نقل، فاضلاب‌های شهری و فعالیت‌های کشاورزی، کودها و سموم شیمیایی، کودهای حیوانی است. برای ارزیابی کمی و کیفی آلودگی فلزات سنگین و منشأ آنها، در محیط‌های آبی و خاک، روشهای متفاوتی وجود دارد. یکی از روش‌های رایج کمی‌سازی آلودگی خاک، استفاده از شاخص‌های زیست محیطی است که تاکنون پژوهشگران متعددی کیفیت خاک را از نظر آلودگی با استفاده از این شاخص‌ها مورد ارزیابی قرار داده‌اند. در اغلب کشورهای جهان محققان در مطالعات خود، برای تخمین سطوح آلودگی و خطر سلامتی از این شاخص‌ها استفاده کرده‌اند. کرباسی و همکاران (Karbasi et al., 2016)، ژئوشیمیایی عناصر خاک و رسوبات ناحیه اطراف دریاچه ارومیه را بررسی کردند. در این مطالعه ارزیابی هر دو شاخص زمین انباشتگی و غنی‌سازی بیانگر عدم آلودگی عناصر کادمیم، کبالت، کروم، مس، منگنز، نیکل، سرب، وانادیوم، روی و آهن بود. تامچیک و همکاران (Tomczyk et al., 2023) در ارزیابی آلودگی فلزات سنگین خاک‌های کشاورزی لهستان با استفاده از شاخص‌های آلودگی مشاهده کردند که فاکتور آلودگی عناصر کروم، روی و کادمیم حداکثر و این فاکتور برای عناصر کبالت و وانادیم حداقل مقدار بود و منشأ آلودگی خاک‌ها بیشتر در اثر فعالیت‌های انسانی برآورد شد. لی و همکاران (Liu et al., 2024) در بررسی شاخص‌های آلودگی و ویژگی‌های توزیع فلزات سنگین خاک در الگوهای کاربری اراضی متمایز چین مشاهده کردند که در مزارع سبزیجات بدلیل استفاده از پساب به عنوان آب آبیاری، شاخص آلودگی کادمیم حداکثر می‌باشد. سینگ و همکاران (Singh et al., 2024) در مطالعه بررسی غلظت فلزات سنگین (کروم، نیکل، روی، مس و سرب) در آب آبیاری، خاک و سبزیجات کشت شده در مجاورت منطقه صنعتی شمال هند مشاهده کردند که خطر اکولوژیک عناصر سنگین روی، مس، کروم، نیکل، و مس در گیاهان این منطقه زیاد می‌باشد.

با توجه به مطالب ذکر شده میتوان گفت بحران آب یکی از مسایل اساسی مناطق خشک و نیمه‌خشک ممالک از جمله کشور عراق است، و بدلیل استفاده کشاورزان از پساب شهری، ارزیابی پیامدهای آبیاری با پساب بر غلظت کل فلزات سنگین مانند روی، مس، کادمیم، سرب در خاک‌های زراعی ضروری می‌باشد. از آنجا که میزان عناصر سنگین کادمیم و سرب در اراضی زراعی استان ذی قار/ جنوب عراق بررسی نشده است لذا هدف از این پژوهش ارزیابی میزان آلودگی این عناصر در برخی اراضی زراعی این منطقه با استفاده از شاخص فاکتور آلودگی می‌باشد همچنین در این پژوهش مناطقی که پتانسیل آلودگی عناصر سنگین بیش از حد مجاز استاندارد باشند، شناسایی و پهنه بندی می‌شوند.

مواد و روش‌ها

## منطقه مورد مطالعه

برای ارزیابی وضعیت آلودگی خاک در برخی اراضی زراعی استان ذی قار/ جنوب عراق، ۵۰ نمونه خاک جمع آوری شد. طول و عرض جغرافیایی محل‌های نمونه برداری خاک توسط سیستم موقعیت جهانی (GPS) ثبت شد.



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نظیر بافت به روش هیدرومتری (Gee and Bauder, 1986)، pH و EC در عصاره اشباع، کربن آلی به روش والکلی و بلک (Nelson and Sommers, 1982)، کرنات کلسیم معادل به روش خنثی سازی با اسید کلریدریک (Rayment and Higginson, 1992) بر روی نمونه‌های خاک هوا خشک شده (کمتر از ۲ میلی متر) اندازه‌گیری شد. مقادیر عناصر سنگین کادمیم و سرب پس از هضم توسط اسید نیتریک یک مولار با استفاده از دستگاه AES-ICP مدل Imer Perkin Optima DV 2100 اندازه‌گیری شدند.

## شاخص‌های آلودگی

به منظور ارزیابی آلودگی خاک ناشی از فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه شاخص فاکتور آلودگی (CF) مورد محاسبه و ارزیابی قرار گرفت همچنین برای شناسایی مناطق آلوده و یا در معرض آلودگی به عناصر سنگین، نقشه‌های پراکنش این شاخص نیز تهیه گردید.

### - فاکتور آلودگی (CF)

بر اساس این فاکتور، مقدار فلزات سنگین نسبت به مقدار طبیعی آن سنجیده می‌شود و میزان آلودگی خاک بر مبنای آن تعیین می‌گردد، این فاکتور از رابطه یک (۱) زیر محاسبه:

$$CF_{\text{metal}} = \frac{C_{\text{metal}}}{C_{\text{background}}} \quad (1)$$

در این رابطه  $CF_{\text{metal}}$  فاکتور آلودگی،  $C_{\text{metal}}$  غلظت عنصر در سطح خاک و  $C_{\text{background}}$  غلظت عنصر در زمینه می‌باشد. در این پژوهش از طبقه‌بندی هکنسن به منظور ارزیابی آلودگی خاک‌ها با استفاده از این شاخص استفاده شده است (Hakanson, 1980) بطوریکه در این معادله  $CF$  کمتر- مساوی یک ( $CF \leq 1$ ) نشان دهنده آلودگی کم،  $1 < CF \leq 3$  بیانگر آلودگی متوسط، بین  $3 < CF \leq 6$  آلودگی قابل توجه و بیشتر از ۶ بیانگر آلودگی زیاد می‌باشد.



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



نتایج و بحث

نتایج برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در منطقه ذی قار/ جنوب عراق در جدول ۲ نشان داده شده است. میانگین درصد رس (Clay)، درصد آهک ( $\text{CaCO}_3$ ) و پی‌اچ خاک‌ها به ترتیب ۳۱٪، ۹/۵۹٪ و ۶/۸۵ می‌باشد.

جدول ۲- برخی از ویژگی‌های خاک مورد مطالعه

	Clay	$\text{CaCO}_3$	OM	EC	pH	N	P	K
Mean	۳۰/۸۲	۹/۵۹	۲/۴۵	۰/۸۳	۶/۸۵	۰/۹۹	۳۵/۹۲	۲۲۳/۷۵
Min	۱۳/۵۹	۵/۴۷	۱/۳۴	۰/۲۳	۶/۲۴	۰/۹۲	۳۰/۰۴	۱۹۱/۸۶
Max	۴۴/۹۹	۱۴/۲۷	۳/۶۰	۱/۳۵	۷/۴۷	۱/۰۵	۴۲/۰۲	۲۵۳/۴۳
SD	۹/۹۷	۲/۲۳	۰/۶۲	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۰۳	۲/۹۳	۱۴/۳۰

غلظت عناصر سنگین کادمیم و سرب در خاک‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود میانگین غلظت عناصر سنگین، سرب بیشتر از کادمیم می‌باشد و مقادیر این عناصر بیش از حد قابل قبول می‌باشد.

جدول ۲- غلظت عناصر سنگین کادمیم و سرب در خاک‌های مورد مطالعه

	Pb	Cd
Mean	۳۳۲/۶۶	۱۷/۸۱
Min	۱۸۶/۳۶	۵/۹۷
Max	۱۲۶۲/۹۸	۲۸/۳۹
SD	۱۵۷/۷۴	۵/۵۲
Permissible limits EPA	۱۰۰-۱۵۰	۲-۵

شاخص فاکتور آلودگی (CF)

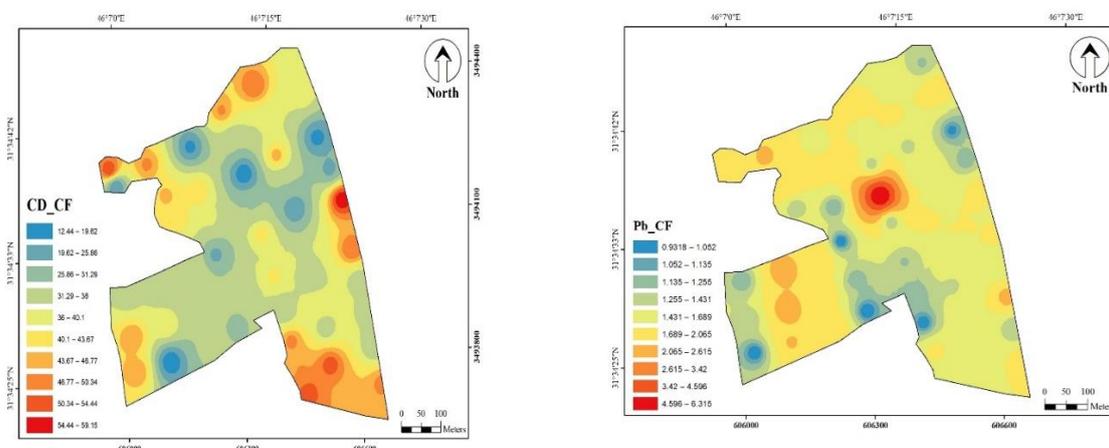
خلاصه‌ای از وضعیت فاکتور آلودگی عناصر سنگین کادمیم و سرب در خاک‌های مورد مطالعه در جدول ۴ ارائه شده است. بالاترین میانگین فاکتور آلودگی به ترتیب برای کادمیم و سرب است که این نشان دهنده تأثیر میزان فعالیت‌های انسانی در تغییرات عناصر است. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود در بین کلاس‌های آلودگی، کلاس آلودگی زیاد ( $\text{CF} > ۶$ ) مربوط به عناصر کادمیم می‌باشد و آلودگی متوسط ( $۳ < \text{CF} < ۶$ ) مربوط به عنصر سرب می‌باشد. در مطالعه Cheng و همکاران (۲۰۲۳) مقدار CF عناصر کادمیم و سرب بیشتر از سایر عناصر بود که نتایج مطالعه حاضر را تأیید می‌کند.

جدول ۳- فاکتور آلودگی (CF) فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه

	Pb	Cd
Mean	۱/۶۶	۳۷/۱۰
Min	۰/۹۳	۱۲/۴۴
Max	۶/۳۱	۵۹/۱۵
SD	۰/۷۹	۱۱/۵۱

در شکل ۲ نقشه‌های کریجینگ پراکنش فاکتور آلودگی کادمیم و سرب نشان داده شده است. بالاترین میزان فاکتور آلودگی کادمیم در شمال، جنوب شرق و بخشی از جنوب غربی واقع شده است. این احتمال وجود دارد که کاربرد آب فاضلاب و پساب و کودهای دامی و شیمیایی در زمین‌های کشاورزی باعث افزایش غلظت کادمیم در خاک‌های زراعی شده است. بنابراین فعالیت‌های انسانی از جمله عملیات کشاورزی، به خصوص استفاده پساب در کشاورزی و استفاده از کودهای دامی و شیمیایی می‌تواند

باعث افزایش غلظت عناصر سنگین در خاک شود. براساس شکل ۲ مناطق با مقدار فاکتور آلودگی بالای سرب در قسمت‌های مرکزی منطقه مورد مطالعه بالا می‌باشد البته این موضوع ممکن است منشا زمین‌شناسی نیز داشته باشد و می‌توان آن را بررسی کرد. بعلاوه کاربری اراضی در این مناطق کشاورزی آبی، صنعت و معدن می‌باشد که پساب، کود و سموم شیمیایی به صورت غیراصولی و بی‌رویه در اراضی کشاورزی مصرف می‌شود. احتمالاً در سنگ بستر به طور طبیعی مقدار غلظت سرب بالا باشد. بنابراین عامل مؤثر بر افزایش غلظت سرب در منطقه مورد مطالعه، ساختار زمین‌شناسی و فعالیت‌های کشاورزی (مصرف بی‌رویه پساب، کودهای دامی و شیمیایی) و همچنین آلودگی شهری (وسایل نقلیه) می‌باشد.



شکل ۲- نقشه کربجینگ فاکتور آلودگی (CF) عناصر کادمیم و سرب

### نتیجه‌گیری

آنالیز مقادیر عناصر سنگین در نمونه‌های خاک زراعی منطقه ذی قار عراق نشان داد که مقادیر سرب و کادمیم بیش از حد قابل قبول می‌باشد. با توجه به کلاس‌های ارزیابی فاکتور آلودگی، غالب نمونه‌های برداشت شده در منطقه مورد مطالعه دارای کلاس آلودگی زیاد به عناصر کادمیم می‌باشند. نقشه پراکنش فاکتور آلودگی فلزات سنگین کادمیم و سرب در منطقه مورد مطالعه نشان داد که آلودگی در بخش‌های شمال، مرکز، جنوب شرق و بخشی از جنوب غربی واقع شده است. احتمالاً کاربرد آب فاضلاب، پساب، کودهای دامی و شیمیایی در زمین‌های کشاورزی باعث افزایش غلظت کادمیم و سرب در خاک‌های زراعی شده است. بنابراین پیشنهاد می‌گردد که اقداماتی در جهت جلوگیری از تخریب محیط زیست و اثرات سو عناصر خطرناکی مثل کادمیم بر سلامتی ساکنین منطقه صورت پذیرد.

### فهرست منابع

- Cheng, B., Wang, Z., Yan, X., Yu, Y., Liu, L., Yi, G., Zhang, H., Yang, X. (2023). Characteristics and pollution risks of Cu, Ni, Cd, Pb, Hg and As in farmland soil near coal mines. *Soil and Environmental Health*, 1, 1-9.
- Gee, G.W. and Bauder, J. W. (1986). Particle-size analysis. In: Klute, A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis*. Part 1, second ed., Agron. Monogr., vol. 9 Agronomy Society of America and Soil Science Society of America, Madison, WI, pp: 383-412.
- Hakanson, L. (1980). An ecological risk index for aquatic pollution control: a sedimentological approach. *Water Res.* 14: 975-1001.
- Karbasi A., Lak M., and Sanaee M. (2016). Study on environmental geochemistry of toxic elements in the west area of Khoy city to the Razi border. *Journal of environmental sciences Studies*, 1(3): 57-66. (In Persian).
- Khosravi, V., Doulati Ardejani, F., Yousefi, S., Aryafar, A. (2018). Monitoring soil lead and zinc contents via combination of spectroscopy with extreme learning machine and other data mining methods. *Geoderma* 318, 29-41. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.12.025>.
- Liu, W., Yuan, C., Farooq, T. H., Chen, P., Yang, M., Ouyang, Z., Fu, Y., Yuan, Y., Wang, G., Yan, W., Wang, J. (2024). Pollution index and distribution characteristics of soil heavy metals among four distinct land use patterns of Taojia River Basin in China.
- Massas, I., Kalivas, D., Ehaliotis, C., Gasparatos, D. (2013). Total and available heavy metal concentrations in soils of the Thriassio plain (Greece) and assessment of soil pollution indexes. *Environ. Monit. Assess.* 185 <https://doi.org/10.1007/s10661-013-3062-1>.



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۱۴۰۴ شهریور ۲۷ تا ۲۵



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب  
Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران  
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



- Müller, G. (1969). Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. *Geol. J.* 2. Papadimou, S.G., Kantzou, Nelson, D. W. and Sommers, L. E. (1982). Total carbon, organic carbon, and organic matter. In A. L. Page *et al.* (Ed.), *Methods of Soil Analysis*. (Part 2). 2nd ed. (pp. 539–579). Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
- Pejman, A., Nabi Bidhendi, G., Ardestani, M., Saeedi, M., Baghvand, A. (2015). A new index for assessing heavy metals contamination in sediments: A case study. *Ecol. Ind.* 58 <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.06.012>.
- Rayment, G.E. and Higginson, F.R. (1992). Australian laboratory handbook of soil and water chemical methods. Melbourne: Inkata Press.
- Singh, R., Singh, P.K., Madheshiya, P., Khare, A.K., Tiwari, S. (2024). Heavy metal contamination in the wastewater irrigated soil and bioaccumulation in cultivated vegetables: Assessment of human health risk. *Journal of Food Composition and Analysis* 128:106054.
- Szymańska-Pulikowska, A., Wdowczyk, A., Wiercik, P. (2023). Analysis of changes on substrates filling constructed wetland systems after landfill leachate treatment – FTIR study. *J. Clean. Prod.* 411 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137336>.
- Tomczyk, P.T., Wdowczyk, A., Wiatkowska, B., Szymańska-Pulikowska, A. (2023). Assessment of heavy metal contamination of agricultural soils in Poland using contamination indicators. *Ecological Indicators*. 156: 111161.

### Investigating the Status of Cd and Pb Contamination in Some Agricultural Lands in Dhi Qar Province/Southern Iraq Using the Contamination Factor Index

Ali Al hafadhi<sup>1</sup>, Behnam Dolati<sup>2</sup>, Ebrahim Sepehr<sup>2</sup>, Marziyeh Piri<sup>3</sup>, Farrokh Asadzadeh<sup>2</sup>, Salar Rezapour<sup>2</sup>

1- PhD student, Department of Soil Science; Urmia University; Urmia, Iran. 2- Department of Soil Science; Urmia University; Urmia, Iran. 3- West Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Soil and Water Research Department, Education and Extension Organization (AREEO), Urmia, Iran

#### Abstract

Contamination of heavy metals such as cadmium (Cd) and lead (Pb) in agricultural soils is a serious problem worldwide due to their toxicity and irreversibility. This study was conducted to assess the possible contamination of heavy metals Cd and Pb in agricultural lands of Dhi-Qar province/southern Iraq using the contamination factor (CF) index. 50 topsoil samples were collected from lettuce fields. The total concentrations of Pb and Cd in the soil samples were measured. The contamination factor (CF) indices were used to quantify the risk of soil contamination with heavy metals. The results showed that the average content of Pb and Cd in the studied soils was 332 and 18 mg/kg, respectively, which are above the permissible limits. Based on the contamination factor (CF) index, Cd was assessed as highly contaminated ( $CF > 6$ ) and Pb was assessed as moderately contaminated ( $1 \geq CF > 3$ ). Examination of the distribution maps of the pollution factor index showed that the maximum concentration of Cd and Pb occurred in the northern and central parts of the region. Therefore, in order to reduce and manage environmental risks, regular monitoring of the value of heavy metals and identification of pollution sources in the soils of this region is recommended.

**Keywords:** Dhi-Qar, contaminated soil, contamination factor, Cd, Pb

