



## ارزیابی غلظت عناصر بالقوه سمی در خاک زراعی استان کرکوک، عراق

حسن شاهین<sup>۱</sup>، الهام چاوشی<sup>۲\*</sup>

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 به منظور ارزیابی عناصر بالقوه سمی (PTE<sub>s</sub>)<sup>۱</sup> در خاک زراعی استان کرکوک انجام شد. نمونه برداری از خاک ۷ مزرعه (عمق صفر تا ۲۰ سانتی متری) انجام شد. غلظت فلزات سنگین در خاک توسط دستگاه ICP-Mass اندازه گیری شد. ارزیابی وضعیت آلودگی PTE<sub>s</sub> در خاک، با فاکتور آلودگی (CF) و فاکتور غنی شدگی (EF) انجام شد. نتایج نشان داد میانگین غلظت‌های آرسنیک، کادمیوم، کبالت، کروم، مس، آهن، منگنز، نیکل، سرب و روی در خاک به ترتیب ۵/۶، ۲۸، ۱۴، ۷۳، ۲۷، ۲۳۴۶۳، ۶۲ و ۹، ۱۰۵، ۵۸۹، ۶۲ میلی گرم بر کیلوگرم است. فاکتور آلودگی روی، کبالت، کروم و منگنز کوچکتر از یک بوده و در سطح آلودگی کم، فاکتور آلودگی کادمیوم، نیکل و مس بین یک تا ۳ و در سطح آلودگی متوسط و فاکتور آلودگی آرسنیک ۳/۷۳ و در سطح آلودگی زیاد قرار داشت. فاکتور غنی شدگی روی، سرب، کبالت، کروم، مس و منگنز کوچکتر از ۲ بوده و در سطح غنی شدگی کم، فاکتور غنی شدگی کادمیوم ۴/۲۶ بوده و در سطح غنی شدگی متوسط و فاکتور غنی شدگی آرسنیک ۵/۵۷ بوده و در سطح غنی شدگی قابل توجه قرار داشت. بطور کلی، شاخص‌های آلودگی، سطح متوسطی از آلودگی کادمیوم و سطح بالایی از آلودگی آرسنیک در خاک مناطق مورد مطالعه در شهر کرکوک را نشان دادند. لذا انجام تحقیقات بیشتر در زمینه شناسایی منابع آلودگی این عناصر و راهکارهای مقابله با آن در این منطقه پیشنهاد می شود.

واژگان کلیدی: آرسنیک، فاکتور آلودگی، فاکتور غنی شدگی، کادمیوم

<sup>1</sup> Potentially Toxic Elements

## مقدمه

در بسیاری از نقاط دنیا با افزایش رشد جمعیت و صنعتی شدن و شهرنشینی، آلودگی محیط زیست به عناصر بالقوه سمی افزایش چشمگیری یافته و باعث ایجاد نگرانی‌های جدی شده است. عناصر بالقوه سمی موجود در خاک و سایر اجزای محیط زیست ممکن است منبع طبیعی داشته باشد و یا ناشی از فعالیتهای انسانی باشند. این عناصر از راههای طبیعی و فعالیتهای انسانی می‌توانند وارد اکوسیستم شوند. متداولترین منابع طبیعی عناصر بالقوه سمی مواد معدنی، فرسایش و فورانهای آتشفشانی است و از موارد انسانی می‌توان به گداختن و استخراج معدن، کودها و آفت‌کشها و انباشتن پسماندهای معدنی ناشی از صنایع مختلف مخصوصاً صنایع فولاد، تخلیه صنعتی فلزاتی نظیر نقره، آرسینیک، طلا، کادمیم، کبالت، کروم، مس، جیوه، نیکل، سرب، سلنیوم و روی اشاره کرد (Martin and Griswold, 2009). فعالیت خودروها از دیگر منابع اصلی تولید این عناصر است که با وارد کردن آلاینده‌های مختلف به هوا و نهایتاً خاک، نقش به‌سزایی در آلودگی محیط زیست ایفا می‌کند (Fakayoda et al., 2003).

خاک به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های مهم و اصلی در معرض تجمع آلاینده‌هایی نظیر فلزات سنگین قرار می‌گیرد. خاکهای کشاورزی با توجه به اینکه برای کاشت محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند، نه تنها بطور مستقیم از طریق تماس با پوست، بلکه بطور غیرمستقیم از طریق محصولات کشاورزی باعث به خطر افتادن سلامت انسان می‌شوند (Chen et al., 2005). کرکوک به دلیل داشتن منابع نفت و گاز دومین شهر بزرگ صنعتی عراق است. در سالهای اخیر تعداد زیادی پالایشگاههای نفت و صنایع وابسته در این شهر تاسیس شده است. از طرف دیگر با رشد قابل توجه جمعیت و افزایش تعداد خودروها، این شهر با سطح بالایی از آلودگی مواجه است (Khurshid et al., 2022). از طرف دیگر محدوده استان کرکوک یکی از قطب‌های کشاورزی کشور عراق است، اما تاکنون مطالعاتی در زمینه ارزیابی غلظت و خطر ناشی از ورود فلزات سنگین در خاک انجام نگرفته است. لذا این مطالعه با هدف ارزیابی غلظت عناصر بالقوه سمی در خاک اراضی زراعی و تعیین فاکتور آلودگی و فاکتور غنی‌شدگی خاک در استان کرکوک عراق انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در استان کرکوک انجام شد. استان کرکوک در شمال کشور عراق در طول جغرافیایی ۲۲° ۳۵' شمالی و عرض جغرافیایی ۴۴° ۸' شرقی واقع شده است. استان کرکوک از مهمترین استانهای عراق از حیث برخورداری از منابع عظیم گاز و نفت است. شهر کرکوک به دلیل تولید نفت و گاز، دومین شهر صنعتی بزرگ عراق محسوب می‌شود. در سالهای اخیر، تعداد زیادی پالایشگاه نفت خصوصی و سایر شرکت‌های صنعتی در این منطقه تاسیس شده‌اند. با رشد قابل توجه جمعیت و افزایش تعداد خودروها در جاده‌ها، این منطقه در حال حاضر با سطح بالایی از آلودگی مواجه است (Khurshid et al., 2022). از طرف دیگر وسعت مزارع کشاورزی در این منطقه قابل توجه است و این مزارع در فاصله نزدیکی از صنایع و جاده‌ها قرار دارند. منطقه نمونه‌برداری در فاصله حدود ۴ تا ۵ کیلومتری از پالایشگاه نفت، نیروگاه برق، شرکت تولید سیمان و سایر صنایع قرار داشت. این صنایع در عمدتاً در قسمت جنوبی و غربی منطقه مطالعاتی قرار دارند. برای انجام این پژوهش از خاک ۷ مزرعه در منطقه نمونه‌برداری انجام شد. روش نمونه‌برداری بصورت تصادفی و مرکب بود. بدین‌صورت که در هر مزرعه ۳ نمونه مرکب و تصادفی از خاک سطحی (عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری خاک) برداشته شد. نمونه‌های خاک هوا خشک شده و سپس از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شد.

## اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در خاک

برای اندازه‌گیری غلظت کل فلزات سنگین خاک، ابتدا خاک از الک ۲۳۰ مش عبور داده شد. سپس یک گرم از خاک مورد نظر را برداشته و ۲۰ میلی‌لیتر مخلوط اسید نیتریک و اسید کلریدریک با نسبت ۳ به ۱ به آن اضافه شد. بعد از آن نمونه‌ها به مدت چند ساعت روی حمام بخار در دمای ۸۵ الی ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار گرفت. بعد از این مرحله چند میلی‌لیتر آب اکسیژنه برای حذف ماده آلی به نمونه‌ها اضافه شده و نمونه‌ها برای ادامه هضم بر روی حمام بخار قرار گرفت. هضم خاک تا زمان بی‌رنگ شدن نمونه‌ها و خروج بخار قهوه‌ای رنگ از ظرف ادامه یافت. در مرحله آخر نمونه‌ها صاف شده و در بالن ۱۰۰

میلی‌لیتر به حجم رسانده شد (Cabrera et al., 2008). در نهایت غلظت کل فلزات سنگین توسط دستگاه ICP-Mass اندازه‌گیری شد.

### ارزیابی وضعیت آلودگی فلزات سنگین در خاک

#### شاخص فاکتور آلودگی (CF)

فاکتور آلودگی توصیفی از آلودگی مربوط به فلز سنگین در گرد و غبار یا خاک را ارائه می‌دهد. فاکتور آلودگی از تقسیم غلظت فلز سنگین در نمونه برداشت‌شده به غلظت همان فلز در نمونه زمینه به دست می‌آید. فاکتور آلودگی از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$CF = \frac{M_x}{M_b} \quad (1)$$

$M_x$ : غلظت فلز سنگین در نمونه و  $M_b$ : غلظت همان فلز در ماده مرجع (شیل میانگین) است. کلاس‌بندی در چهار کلاس فاکتور آلودگی پایین ( $CF \leq 1$ )، فاکتور آلودگی متوسط ( $1 < CF \leq 3$ )، فاکتور آلودگی قابل توجه ( $3 < CF \leq 6$ ) و فاکتور آلودگی بسیار بالا ( $CF \geq 6$ ) ارائه می‌گردد (Hakanson, 1980).

#### فاکتور غنی‌شدگی (EF)

فاکتور غنی‌شدگی برای هر فلز از نسبت بین عنصر نرمالیزه شده به مقدار زمینه عناصر، طبق رابطه زیر محاسبه شد. عنصر مرجع در تعیین فاکتور غنی‌شدگی عنصری است که منشأ کاملاً زمین‌شناسی داشته باشد. در این پژوهش آهن به‌عنوان عنصر مرجع انتخاب شد.

$$EF = \frac{\left(\frac{C_x}{C_{ref}}\right)_{sample}}{\left(\frac{C_x}{C_{ref}}\right)_{background}} \quad (2)$$

$(C_x)_{sample}$ : غلظت عنصر در نمونه

$(C_x)_{background}$ : غلظت عنصر مرجع

$(C_{ref})_{sample}$ : غلظت عنصر مرجع در نمونه

$(C_{ref})_{background}$ : غلظت عنصر مرجع در زمینه

بر اساس طبقه‌بندی ارائه شده، فاکتور غنی‌شدگی بصورت جدول ۱ طبقه‌بندی شده است.

جدول ۱- طبقه‌بندی فاکتور غنی‌شدگی (EF) (Hakanson, 1980).

میزان غنی‌شدگی	فاکتور غنی‌شدگی
کم	$EF < 2$
متوسط	$2 \leq EF < 5$
قابل توجه	$5 \leq EF < 20$
خیلی زیاد	$20 \leq EF < 40$
به شدت زیاد	$EF > 40$

### نتایج و بحث

#### غلظت فلزات سنگین در خاک اراضی کشاورزی

غلظت فلزات سنگین در خاک مزرعه مورد مطالعه، در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد در بین فلزات سنگین مورد مطالعه، میانگین غلظت آرسنیک (۵/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، منگنز (۵۸۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، نیکل (۱۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و روی (۶۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بیشتر از مقادیر زمینه‌ای آنها که به ترتیب برابر با ۱/۵، ۲۰۹، ۲۷/۷ و ۲۲/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) است، می‌باشد. در مقابل غلظت فلزات کادمیوم (۰/۲۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، کبالت

(۱۴ میلی گرم بر کیلوگرم)، کروم (۷۳ میلی گرم بر کیلوگرم)، مس (۲۷ میلی گرم بر کیلوگرم)، آهن (۲۳۴۶۳ میلی گرم بر کیلوگرم) و سرب (۹ میلی گرم بر کیلوگرم) کمتر از مقادیر زمینه‌ای غلظت این فلزات که به ترتیب برابر ۰/۹، ۱۵/۲، ۱۰۰، ۵۶/۵، ۳۵۰۰۰ و ۱۳/۱ (kumar et al., 2019; USEPA, 2002) است، می‌باشد. در همین زمینه علی (۲۰۰۷) در پژوهشی در کرکوک غلظت منگنز را ۷۲۲-۴۰۱، مس ۴۲-۲۳، روی ۶۲-۳۲، کبالت ۴۳-۳۰، نیکل ۱۸۹-۱۱۰ و کروم را ۳۶۰-۲۷۰ میلی گرم بر کیلوگرم بدست آورد. Panqing و همکاران (۲۰۲۳) نیز در پژوهشی به بررسی غلظت فلزات سنگین در خاک کشور چین پرداختند. براساس یافته‌های این محققین میانگین غلظت روی، مس، کروم، سرب و جیوه در خاک به ترتیب ۵۵/۳۴، ۲۷/۱۶، ۳۷/۳۱، ۷۹/۶۰ و ۰/۰۳ میلی گرم بر کیلوگرم بود. با توجه به نزدیک بودن مناطق مورد مطالعه به پالایشگاههای نفت و مناطق صنعتی و جاده‌ها، به نظر می‌رسد انتشار گازهای صنعتی و وسایل نقلیه دلایل اصلی افزایش آلودگی خاک با عناصر بالقوه سمی در این ناحیه است. نتایج مشابهی توسط Al-Hamdani و Awadh (۲۰۱۹) در ارزیابی خاک شهری در کرکوک گزارش شد.

جدول ۲. غلظت فلزات سنگین در خاک (میلی گرم بر کیلوگرم) مزرعه مورد مطالعه

گیاه	آلومینیوم	آرسنیک	کادمیوم	کبالت	کروم	مس
خاک	۱۶۹۱۵-۱۶۸۷۹	۵/۵-۱/۹	۰/۰-۲۵/۳۳	۱۲/۱۵-۹/۵	۷۸-۶۹	۲۹-۲۶
میانگین	۱۶۸۹۵	۵/۶	۰/۲۸	۱۴	۷۳	۲۷
مقدار زمینه‌ای فلزات سنگین <sup>۱</sup>	-	۱/۵	۰/۹	۱۵/۲	۱۰۰	۵۶/۵

(kumar et al., 2019; USEPA, 2002)

ادامه جدول ۲. غلظت فلزات سنگین در خاک (میلی گرم بر کیلوگرم) مزرعه مورد مطالعه

گیاه	آهن	منگنز	نیکل	سرب	روی
خاک	۲۳۴۷۹-۲۳۴۵۲	۵۹۶-۵۸۲	۱۰۸-۱۰۱	۷/۹-۸/۸	۶۵-۵۸
میانگین	۲۳۴۶۳	۵۸۹	۱۰۵	۹	۶۲
مقدار زمینه‌ای فلزات سنگین	۳۵۰۰۰	۲۰۹	۲۷/۷	۱۳/۱	۲۲/۱

## شاخص‌های آلودگی

## - فاکتور آلودگی (CF)

نتایج آماری فاکتور آلودگی PTE در خاک مزرعه مطالعاتی در جدول ۳ ارائه شده است. همانگونه که در این جدول مشاهده می‌گردد بیشترین فاکتور آلودگی به ترتیب مربوط به آرسنیک < کادمیوم < نیکل < مس < منگنز < کروم < روی < کبالت < سرب بود. با توجه به اینکه نمونه برداری خاک از اراضی کشاورزی نزدیک صنایع، انجام شده است، آلودگی کادمیوم را می‌توان به استفاده از کودهای فسفره یا لجن فاضلاب در این اراضی و رسوبات ناشی از فعالیت صنایع نسبت داد (Mass et al., 2010). آلودگی مس نیز در اراضی زراعی می‌تواند به دلیل استفاده از مواد شیمیایی در زمینهای کشاورزی مثل قارچ کش‌ها یا رسوب ناشی از فعالیتهای صنعتی باشد (Kabata-pendias and Pendias, 2001; Maas et al., 2010). کمترین فاکتور آلودگی در خاکهای زراعی مورد مطالعه مربوط به سرب بود.

جدول ۳. نتایج آماری فاکتور آلودگی (CF) عناصر بالقوه سمی در خاک

فاکتور آلودگی (CF)		سطح آلودگی		
میانگین	آلودگی کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
۰/۸۷	*	-	-	-
۲/۸۶	-	*	-	-
۰/۵۳	*	-	-	-

-	-	*	-	۲/۳۹	نیکل
-	-	-	*	۰/۸۲	کبالت
-	-	-	*	۰/۸۸	کروم
-	-	*	-	۱/۰۸	مس
-	-	-	*	۰/۹۸	منگنز
-	*	-	-	۳/۷۳	آرسنیک

#### - فاکتور غنی‌شدگی (EF)

نتایج آماری فاکتور غنی‌شدگی (EF) PTE<sub>s</sub> در خاک در جدول ۴ ارائه شده است. همانگونه که در این جدول مشاهده می‌گردد بیشترین فاکتور غنی‌شدگی نیز همانند فاکتور آلودگی به ترتیب مربوط به آرسنیک < کادمیوم < نیکل < مس < منگنز < کروم < روی < کبالت < سرب بود. EF برای ارزیابی وجود و شدت رسوب آلاینده‌های انسانی در خاک سطحی استفاده می‌شود. این شاخص آلودگی بالقوه با نرمال‌سازی غلظت یک فلز در خاک سطحی نسبت به غلظت یک عنصر مرجع محاسبه می‌شوند. براساس نظریه Liu و Zhang (۲۰۰۲) مقادیر EF بین ۰/۵-۱/۵، بیان‌کننده آن است که فلز کاملاً از مواد پوسته زمین یا فرایندهای طبیعی نشأت گرفته است. مقادیر EF بین ۲-۰/۵، بیان‌کننده وجود منشأ زمین‌زاد و مقادیر بیشتر از ۲ تأثیر فعالیت‌های انسان‌زاد است (Hernandez et al., 2003). Feng و همکاران (۲۰۰۴) نیز بیان داشتند مقادیر EF کمتر از ۱/۵ نشان‌دهنده منشأ پوسته‌ای و مقادیر EF بیشتر از ۱/۵ نشان‌دهنده منشأ غیر پوسته‌ای یا هواپدیدگی غیرطبیعی است. بر اساس مقادیر EF بدست‌آمده در این پژوهش سرب، روی، کبالت، کروم، مس و منگنز در خاکهای مورد مطالعه دارای منشأ زمین‌زاد و کادمیوم، نیکل و آرسنیک دارای منشأ انسان‌زاد هستند.

جدول ۴- نتایج آماری فاکتور غنی‌شدگی (EF) عناصر بالقوه سمی در خاک

فاکتور غنی‌شدگی (EF)		سطح آلودگی			
میانگین	کم	متوسط	قابل توجه	خیلی زیاد	به شدت زیاد
۱/۳	*	-	-	-	روی
۴/۲۶	-	*	-	-	کادمیوم
۰/۷۹	*	-	-	-	سرب
۳/۵۶	-	*	-	-	نیکل
۱/۲۳	*	-	-	-	کبالت
۱/۳۱	*	-	-	-	کروم
۱/۶۱	*	-	-	-	مس
۱/۴۶	*	-	-	-	منگنز
۵/۵۷	-	-	*	-	آرسنیک

#### نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد در بین فلزات سنگین مورد مطالعه در خاک مزارع کرکوک، میانگین غلظت آرسنیک، منگنز، نیکل و روی بیشتر از مقادیر زمینه‌ای آنها می‌باشد. بیشترین فاکتور آلودگی و فاکتور غنی‌شدگی مربوط به آرسنیک بود که در سطح آلودگی زیاد قرار داشت. نیکل و کادمیوم در سطح آلودگی متوسط و سایر عناصر بالقوه سمی در سطح آلودگی کم قرار داشتند. بطورکلی نتایج نشان داد سرب، روی، کبالت، کروم، مس و منگنز در خاکهای مورد مطالعه دارای منشأ زمین‌زاد و کادمیوم، نیکل و آرسنیک دارای منشأ انسان‌زاد هستند. قائل‌شدن تمایز بین مقادیر زمینه طبیعی و ورودی‌های انسانی و تشخیص اینکه مقادیر زمینه از منطقه‌ای به منطقه دیگر و با مقیاس منطقه مورد بررسی تغییر می‌کنند، بسیار مهم است. به همین دلایل، پایش ژئوشیمیایی خاک با هدف ارزیابی غلظت طبیعی فلزات سنگین در خاک، و غنی‌سازی احتمالی ناشی از فعالیت‌های انسانی، بسیار مهم است.

## فهرست منابع

- Ali, H A. (2007). Heavy metals concentrations in surface soils of the Haweja area south western of Kirkuk, IRAQ. *Journal of Kirkuk University*, 2 (3), 35-48.
- Awadh, S, M., Al-Hamdani, J.A.J.M.Z. (2019). Urban geochemistry assessment using pollution indices: A case study of urban soil in Kirkuk, Iraq. *Environmental Earth Science*, 78, 1–12.
- 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.
- Chen, T. B., Zheng, Y. M., Lei, M., Huang, Z. C., Wu, H. T., Chen, H. (2005). Assessment of heavy metals pollution in surface soils of urban parks in Beijing China. *Chemosphere*, 60, 542-551.
- Fakayode, S. O., Olu-Owolabi, B. I. (2003). Heavy metal contamination of roadside topsoil in Osogbo, Nigeria: Its relationship to traffic density and proximity to highways. *Environmental Geology*, 44, 150–157.
- Feng, H., Han, X., Zhang, W., Yu, L. (2004). A preliminary study of heavy metal contamination in Yangtze River intertidal zone due to urbanization, *Marine Pollution Bulletin*, 49 (11– 12), 910– 915.
- Hakanson, L. (1980). Ecological risk index for aquatic pollution control. *Sedimentol Approach Water Research*, 14, 975–1001.
- Hernandez, L., Probst, A., Luc Probst, J., Ulrich, E. (2003). Heavy metal distribution in some French forest soils: evidence for atmospheric contamination, *Science of the Total Environment*, 312 (1– 3), 195– 219.
- Kabata-pendias, A., Pendias, H. (2001). *Trace Elements in Soils and Plants*, 403 p. Keshavarzi, A., Kumar, V. (2019). Spatial distribution and potential ecological risk assessment of heavy metals in agricultural soils of Northeastern Iran, *Geology, Ecology, and Landscapes*, 29 (5), 544– 560.
- Khurshid, C. A., Mahdi, K., Ahmed, O. I., Osman, R., Rahman, M., Ritsema, C. (2022). Assessment of Potentially Toxic Elements in the Urban Soil and Plants of Kirkuk City in Iraq. *Sustainability*, 14 (5655), 1-16.
- Kumar, V., Singh, J., Kumar, P. (2019). Heavy metals accumulation in crop plants: Sources, response mechanisms, stress tolerance and their effects. In *Contaminants in Agriculture and Environment: Health Risks and Remediation*; Kumar, V., Kumar, R., Singh, J., Kumar, P., Eds. *Agriculture and Environmental Media: Haridwar, India*, 1, 38–57
- Martin, S., Griswold, W. (2009). Human health effects of heavy metals *Environmental Science and Technology* briefs for citizens, 15, 1-6.
- Maas, S., Schei, R., Benslama, M., Crini, N., Lucot, E., Brahmia, Z., Giraudoux, P. (2010). Spatial distribution of heavy metal concentrations in urban, suburban and agricultural soils in a Mediterranean city of Algeria, *Environmental Pollution*, 158, 2294– 2301.
- USEPA (US Environmental Protection Agency). (2002). *Child Specific Exposure Factors Handbook. Risk Assessment Guidance for Superfund. Volume 1: Human Health Evaluation Manual (Part A)*. Office of Emergency and Remedial Response, Washington, DC.
- Zhang, J., Liu, L.C. (2002). Riverine composition and estuarine geochemistry of particulate metals in China-weathering features, anthropogenic impact and chemical fluxes, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Vol 54 (6), 1051– 1070.

**Assessment of the concentration of potentially toxic elements in agricultural soil of Kirkuk province, Iraq****Hasan Shahin<sup>1</sup>, Elham Chavoshi<sup>2\*</sup>**<sup>1</sup>. Department of Soil Science, Institute of Agriculture, Water, Food, and Nutraceuticals, Isf. C., Islamic Azad University, Isfahan, Iran<sup>2\*</sup>. Department of Soil Science, Institute of Agriculture, Water, Food, and Nutraceuticals, Isf. C., Islamic Azad University, Isfahan, Iran**Abstract**

The present study was conducted to assess potentially toxic elements (PTEs) in soil in Kirkuk province. Soil samples were taken from 7 fields (from 0 to 20 cm depth). The concentration of heavy metals in soil was measured by ICP-Mass. Contamination factor (CF) and enrichment factor (EF) were measured to assess the contamination status of PTEs in soil. The results showed that the average concentrations of arsenic (As), cadmium (Cd), cobalt (Co), chromium (Cr), copper (Cu), iron (Fe), manganese (Mn), nickel (Ni), lead (Pb) and

zinc (Zn) in soil were 5.6, 28, 14, 73, 27, 23463, 589, 105, 9 and 62 mg/kg, respectively. The CF of Zn, Co, Cr and Mn were less than one and they were at a low contamination level. The CF of Cd, Ni and Cu were between 1 and 3 and they were at the moderate contamination level and the CF of As was 3.73 and it was at the high contamination level. The EF of Zn, Pb, Co, Cr, Cu and Mn was smaller than 2 and they were at the low enrichment level. The EF of Cd was 4.26 and it was at the moderate enrichment level. The EF of As was 5.57 and it was at the significant enrichment level. Pollution indices showed a moderate level of contamination of Cd and a high level of contamination of As in soil samples from all study sites in Kirkuk city. So, further research is recommended to identify the sources of pollution of these elements and strategies to combat it in this area.

**Keywords:** Arsenic, Contamination factor, Enrichment factor, Cadmium