

ارزیابی غنی شدگی فلزات سنگین در مزارع گندم شهر اهواز

فاطمه راست منش*، استادیار دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید چمران اهواز، خوزستان، ایران.
فریده مراونی، دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی، دانشگاه شهید چمران اهواز، خوزستان، ایران.
مهدی مهرابی کوشکی، استادیار گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، خوزستان، ایران.
علیرضا زراسوندی، استاد دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، خوزستان، ایران.

E-mail*: f.rastmanesh@scu.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۱۴ - پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۰۷

چکیده

هدف از این مطالعه تعیین غلظت فلزات سنگین (*As, Mn, Cr, Ni, Cd, Cu, Zn, Pb*) در مزارع گندم شهر اهواز می باشد. به این منظور، ۵ قطعه زمین کشاورزی گندم انتخاب شدند. از خاک و گندم هر قطعه زمین بترتیب ۵ نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتیمتری و یک نمونه گندم (بصورت مرکب از منطقه برداشت خاک‌ها) نمونه برداری شد. در مجموع ۲۵ نمونه خاک و ۵ نمونه گندم برداشت شد. پس از آماده سازی نمونه‌ها در آزمایشگاه، به منظور تعیین غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های خاک و گندم به ترتیب از دستگاه‌های *ICP-MS* و *ICP-OES* استفاده شد. میزان آلودگی خاک به فلزات سنگین با استفاده از ضریب غنی‌شدگی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مطالعه نشان داد که غلظت کروم در همه ایستگاه‌های مناطق مورد بررسی از تمام استانداردهای بکار برده شده (استاندارد خاک کشاورزی اتحادیه اروپا (EU)، استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO)، استاندارد پوسته قاره ای فوقانی و استاندارد حفاظت محیط زیست امریکا (USEPA)) بیشتر است. میانگین فلز نیکل در خاک نیز از تمام استانداردهای به کار برده شده بالاتر است. در هر حال غلظت تمام عناصر در نمونه‌های گندم از استاندارد بیشینه رواداری فلزات سنگین و استاندارد FAO-WHO کمتر است. مقادیر کم فاکتور انتقال نیز این مسئله را تایید می کند. احتمالاً ماهیت قلیایی خاک، مقدار ماده‌ی آلی و بافت ریز دانه خاک کشاورزی مسئول انتقال کم فلزات سنگین از خاک به دانه گندم است.

واژه‌های کلیدی: آلودگی خاک، فلزات سنگین، گندم.

۱- مقدمه

می شوند؛ در نتیجه زیست دسترس پذیری آنها افزایش می یابد (Sun et al, 2013). هنگامیکه غلظت فلزات سنگین در خاک، آب یا هوا بیش از حد افزایش یابد، ممکن است برای سلامتی انسان از طریق مصرف محصولات غذایی کشت شده در این محیط‌ها خطرناک باشد (Wang, Cui, and Liu, 2003). مسیرهای ورود فلزات به بدن انسان شامل استنشاق مستقیم هوای آلوده،

فلزات سنگین از خطرناک‌ترین آلوده کننده‌های محیط زیست و انسان به شمار می‌روند (Bowen, 1979). فلزات سنگین بر خلاف مواد آلی دچار زیست فروکاهی نشده و با قرار گرفتن در محیط انباشته می‌شوند (Gupta, Khan, and Santra, 2008). در صورت انباشت این عناصر در خاک ظرفیت آن برای نگهداشت، کاهش یافته و عناصر فلزی تثبیت شده در خاک وارد محلول خاک

۲- منطقه مورد مطالعه

شهرستان اهواز، مرکز استان خوزستان، بین عرض جغرافیایی ۳۱ درجه الی ۴۱ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ الی ۴۹ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی واقع گردیده است (حسام، ۱۳۸۵). از نظر زمین شناسی ناحیه مورد مطالعه در حوزه رسوبی - ساختاری ایران جنوبی (زاگرس) قرار دارد (Bahroudi, 2003). که از نظر چینه شناسی شامل سازند میشان (حاوی مارن‌های خاکستری، سنگ آهک رسی، ماسه‌ای و سنگ آهک لوماشلی و ماسه سنگ آهکی)، سازند آجاجاری (حاوی لایه‌های ماسه سنگی آهکی، لایه‌های نازک سیلت سنگ و ماسه سنگ ریز دانه) و نهشته‌های کواترنری (به شکل مخروط افکنه و پادگانه‌های آبرفتی و نهشته‌های باد رفتی) است. (آقنابتی، ۱۳۸۵).

بیشتر مزارع مناطق اهواز از رودخانه کارون آبیاری می‌شوند. رودخانه کارون به‌عنوان مهمترین رودخانه ایران در گذر از مناطق وسیعی از استان خوزستان ارتباط تنگاتنگی با گروهی از مهمترین صنایع از جمله متالورژی، پتروشیمی و نفت داشته و همچنین در تماس با بخش مهمی از فاضلاب‌های شهری و کشاورزی قرار دارد. بنابراین وجود هر گونه عنصر فلزی به‌ویژه فلزات سنگین در فاضلاب‌های ورودی به این رودخانه می‌تواند به‌عنوان یک عامل بالقوه آلودگی و خطر مورد توجه باشد (جعفرزاده حقیقی، ۱۳۸۲).

به دلیل پتانسیل بالای شهر اهواز برای تولید محصولات زراعی متنوع، استراتژیک و صنعتی از یک سو و تأثیر فعالیت‌های صنعتی، استفاده نامناسب از کودها، آفت کش‌ها و آب آبیاری ناسالم از سوی دیگر، اهمیت این مطالعه را دو چندان می‌کند. هدف این مطالعه تعیین غلظت فلزات سنگین در مزارع گندم اهواز و مقایسه آن با استانداردهای مختلف می‌باشد

مصرف مستقیم آب و خاک آلوده و مصرف گیاهان غذایی رشد کرده در خاک آلوده به فلز می‌باشد (Bhagure, and Mirgane, 2011). مطالعات نشان داده‌اند که محصولات رشد کرده در خاک آلوده به فلز دارای غلظت بیشتری از فلز نسبت به خاک غیر آلوده می‌باشند (Dowdy, and Larson, 1975). بنابراین گیاهانی که در محیط آلوده رشد می‌کنند می‌توانند عناصر کمیاب را در غلظت‌های زیاد انباشته کرده و به‌عنوان مسیر اصلی برای انتقال فلزات به زنجیره غذایی عمل کنند و از این طریق مصرف‌کنندگان را در معرض خطر جدی قرار دهند (Alloway, Jackson, and Morgan, 1990). آلوده شدن زمین‌های کشاورزی به فلزات از راه‌های گوناگون، شامل کاربرد لجن فاضلاب، کودهای شیمیایی، آلودگی‌های جوی و گاهی اوقات منشا طبیعی ناشی می‌شود، اما پساب مهمترین منبع آلوده کننده خاک کشاورزی به فلز محسوب می‌شود (Khan et al, 2008). کودها برای حفظ حاصلخیزی خاک مورد نیاز هستند؛ اما برخی ممکن است به‌طور طبیعی سرشار از عناصر کمیاب یا آلاینده‌هایی مانند کروم، کادمیوم و سرب باشند (Nacke et al, 2013).

در جدول ۱ غلظت فلزات سنگین در کودهای فسفاته، نیترات، حیوانی و آفت کش‌ها آورده شده است. گندم یکی از محصولات اصلی و یک جزء جدایی ناپذیر رژیم غذایی است که بوسیله فراهم کردن کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، مواد معدنی و عناصر ریز مغذی در رشد انسان نقش حیاتی ایفا می‌کند (Anita et al, 2010). مصرف دانه گندم هنگامی ایمن است که تجمع فلزات در آن در حد مجاز باشد (Khan et al, 2008).

هنگامیکه تجمع فلزات بیش از حد مجاز شود اثرات سمی ناشی از آنها امکان دارد باعث ایجاد بیماری‌های گوناگون در انسان شود (AL-Othman, Ali, and Naushad, 2012).

۳- مواد و روش‌ها

۳-۱- نمونه برداری

پس از بررسی مزارع گندم محدوده شهر اهواز، ۵ مزرعه گندم واقع در دامغه، ام الطمیر، بیت فارس، ملاشیه و کیانشهر انتخاب شدند (جدول ۲). نمونه برداری از خاک مزارع با استفاده از بیلچه پلاستیکی از عمق ۳۰-۰ سانتیمتری (تا عمق ریشه گندم) انجام شد. از هر قطعه زمین کشاورزی ۵ نمونه خاک و یک نمونه گندم (بصورت مرکب از نقاط برداشت خاک) جمع آوری شد (شکل ۱). پس از آن، نمونه‌های خاک در پلاستیک‌های پلی اتیلنی گذاشته شده و به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌های گندم نیز همزمان با برداشت نمونه‌های خاک در فصل درو برداشت شدند.

۳-۲- آماده‌سازی نمونه‌های خاک و دانه گندم

نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه، به مدت ۷۲ ساعت در دمای اتاق خشک شدند. برای خرد کردن کلوخه‌ها، از هاون دستی استفاده شد. سپس از الک ۱۰ مش (۲ میلیمتری) و بعد از الک ۲۳۰ مش (۰/۰۶۳۰ میلیمتری) عبور داده شدند. از جزء کوچکتر از ۰/۰۶۳ میلیمتر برای تعیین غلظت فلزات سنگین و از جزء کوچکتر از ۲ میلیمتر برای تعیین میزان مواد آلی و pH استفاده شد. اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین نمونه‌های خاک توسط

دستگاه ICP-OES انجام شد. نمونه‌های تکراری نیز برای بررسی دقت آنالیزها ارسال شد. اندازه‌گیری میزان مواد آلی نمونه‌های خاک با استفاده از روش تیتراسیون والکل-بلاک، در آزمایشگاه زاگرس آشناس فارس و pH نمونه‌های خاک در سوسپانسیون ۲/۵: ۱ خاک و آب مقطر، در آزمایشگاه ژئوشیمی دانشگاه شهید چمران اندازه‌گیری شد (Walkley and Black, 1934).

نمونه‌های گندم با آب مقطر شسته شده و در معرض هواخشک شدند. سپس با استفاده از آسیاب آنها را پودر کرده و یک گرم از هر کدام را با ترازوی دیجیتالی وزن نموده و در دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد کوره به مدت ۵ ساعت خاکستر شدند. بوته‌های حاوی خاکستر گندم درون دسیکاتور قرار داده شدند تا سرد شوند. در مرحله بعد ۲/۵ میلی لیتر HNO_3 ۶ مولار برای حل کردن نمونه‌ها اضافه شد (AOAC, 2000). تمام ظروف مورد نیاز آزمایش با اسید نیتریک ۰/۳۰ شسته سپس با آب مقطر دیونیزه آبکشی و در آون خشک شد (Robert, 1981). سپس نمونه‌های حل شده از کاغذ صافی عبور داده شده و در بالن ژوژه ۲۰ میلی‌لیتری به حجم رسانده شدند. محلول حاصل توسط دستگاه ICP-MS آنالیز شد تا غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های گندم تعیین شود. آنالیز نمونه‌های گندم و خاک در آزمایشگاه مطالعات مواد معدنی زراعت در تهران انجام شد.

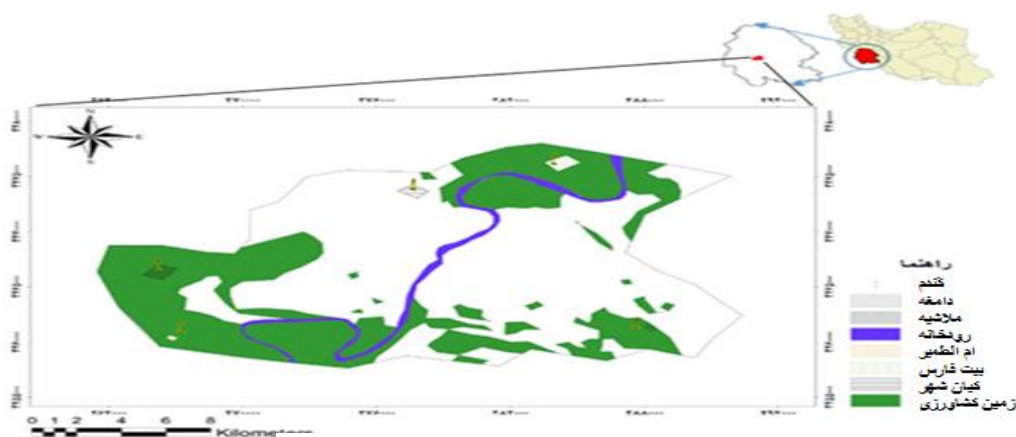
جدول ۱. غلظت فلزات سنگین (ppm) در انواع کودهای شیمیایی

Pb	Zn	Ni	Cu	Cr	Cd	As	Mn	فلزسنگین کود
<۹-۱۶	۷۵-۶۹۶	۱۴-۴۰	۱/۶-۱۳	۶۳-۴۵۸	۶/۸-۴۷	-	-	سوپر فسفات تریپل ۱
<۹-۱۲	۷۱-۲۱۹۳	۱۳-۱۲۷	<۱/۵-۳/۲	۶۶-۴۵	۵/۴-۹۴	-	-	دی آمونیوم فسفات ۱
۴/۱	۷۴	۱۳	۱/۳	۸۱	۶/۸	<۰/۱	-	فسفات ۱ (P_2O_5)
۱۲۰-۲	۱-۴۲	۷-۳۴	-	۳/۲-۱۹	۰/۰۵-۸/۵	-	-	نیترا ۲
۱۱-۲۶	-	-	-	-	-	-	-	آفت کش‌ها ۳
۰/۴-۲۷	۱۵-۵۵۶	۲/۱-۳۰	۲-۱۷۲	۱/۱-۵۵	۰/۱-۰/۸	-	-	حیوانی ۴

۱. (Charter, Tabatabai, and Schafer, 1993); ۲. (Ross and Speir, 1984); ۳، ۴. (Rahbari et al, 2007)

جدول ۲. مناطق نمونه برداری شده: آب آبیاری، آفت کش ها و کودهای شیمیایی مورد استفاده در مزارع گندم

منطقه	کد منطقه	آب آبیاری	آفت کش ها	برخی کودهای مصرفی
دامغه	D	فاضلاب صنایع فولاد	عدم استفاده	کودهای فسفاتنه و ازته
کیان شهر	K	رودخانه کارون	کلودینافوپ پروپارژیل 08/EC0	کودهای فسفاتنه و ازته - حیوانی - آلی کامل گرانوله حاوی (Ca,Mg,Mn,K,Fe,P,S)
بیت فارس	B	رودخانه کارون	دی فوردی	کودهای فسفاتنه و ازته
ملاشیه	M	رودخانه کرخه	گرانستار، آپيروس، توفوردی	کودهای فسفاتنه و ازته
ام الظمیر	O	رودخانه کارون	گرانستار و آپيروس	کودهای فسفاتنه و ازته



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری

۳-۳- ارزیابی آلودگی خاک

برای بررسی میزان آلودگی خاک از ضریب غنی‌شدگی استفاده شد.

۳-۳-۱- ضریب غنی‌شدگی

بر اساس ضریب غنی‌شدگی (EF) می‌توان مقدار یک عنصر را نسبت به مقدار طبیعی آن سنجید و برای ارزیابی غنی‌شدگی یک محیط توسط محیطی دیگر مورد استفاده قرار داد. این ضریب از رابطه (۱) محاسبه می‌شود (Loska et al, 1995):

$$EF = \frac{[(C_{1Me+n})/(C_{1n})]}{[(C_{2Me+n})/(C_{2n})]} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه، EF، ضریب غنی‌شدگی، (C_{1Me+n})

غلظت فلز در محیط مورد بررسی (خاک)، (C_{1n}) غلظت فلز مرجع (Al) در محیط مورد بررسی، (C_{2Me+n}) غلظت همان فلز در یک محیط مبنا (پوسته بالایی زمین)، و (C_{2n}) ، غلظت فلز مرجع (Al) در محیط مبنا است. میانگین Al به‌عنوان فلز مرجع در پوسته زمین برابر با ppm ۸۲۰۰۰ (یا ۸/۲ درصد) در نظر گرفته می‌شود (Bowen, 1979).

اگر فاکتور غنی‌شدگی کمتر از ۱ باشد؛ بدون غنی‌شدگی، بین ۱ تا ۳؛ غنی‌شدگی اندک، بین ۳ تا ۵؛ غنی‌شدگی متوسط، بین ۵ تا ۱۰؛ غنی‌شدگی نسبتاً شدید، بین ۱۰ تا ۲۵؛ غنی‌شدگی شدید، بین ۲۵ تا ۵۰؛ غنی‌شدگی خیلی شدید و بیشتر از ۵۰؛ غنی‌شدگی بی‌نهایت شدید است (Chen et al, 2007).

۳-۴- ارزیابی آلودگی گندم

۳-۴-۱- فاکتور انتقال فلز از خاک به گیاه (BCF)

محاسبه فاکتور انتقال فلز از خاک به گیاه در مطالعات آلودگی زیست محیطی رایج است (Sipter et al, 2008). انتقال فلز از خاک به گیاه از الگوی خاصی پیروی نمی‌کند. فاکتور انتقال فلز از خاک به گیاه به ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک، گونه گیاه و نوع فلز بستگی دارد. افزایش غلظت فلز در خاک امکان افزایش زیست- دسترس پذیری آن را بالا می‌برد. فاکتور انتقال فلز، توانایی گیاه در انباشت فلزات را با توجه به غلظت فلز در خاک ارزیابی می‌کند و با استفاده از رابطه (۲) محاسبه می‌شود (USEPA, 2004).

$$\text{رابطه (۲)} \quad BCF = C_{\text{plant}} / C_{\text{soil}}$$

در این فرمول C_{plant} و C_{soil} به ترتیب غلظت فلز در گیاه و خاک را نشان می‌دهد (USEPA, 2004).

۳-۵- تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS16 انجام شد. نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولوموگروف-اسمیرنوف انجام شد. نتایج نشان داد که توزیع تمام عناصر به جز سرب نرمال است پس از نرمال کردن سرب به روش Ln، تحلیل آماری با استفاده از تحلیل مولفه اصلی انجام شد (Shi et al, 2007).

۴- نتایج

خصوصیات فیزیکوشیمیایی نمونه‌های خاک (بیت فارس (B)، دامغه (D)، کیان شهر (K)، ملاشبه (M) و ام الطمیر (O)) در جدول ۳ ارائه شده است. همان‌طور که جدول ۳ نشان می‌دهد تغییرات pH در منطقه محدود بوده و خاک منطقه خنثی تا کمی قلیایی است. در بسیاری از موارد قلیائی بودن خاک نقش مهمی در تثبیت فلزات در خاک و کاهش زیست دسترس پذیری ایفا می‌کند (Abraham,

and Parker, 2008). میانگین ماده آلی در نمونه‌های خاک ۱/۰۴ درصد است. ماده آلی اگر چه در صد ناچیزی از خاک منطقه مورد مطالعه را تشکیل می‌دهد اما می‌تواند نقش مهمی در تحرک و زیست دسترس پذیری فلزات ایفا کند (Carlos et al, 2005).

آمار توصیفی غلظت هشت فلز Pb, Zn, Ni, Cu, Cr, Cd, As, Mn مورد بررسی در نمونه‌های خاک در جدول ۳ آمده است. در بین فلزات مورد بررسی منگنز بیشترین غلظت و کادمیوم کمترین غلظت را دارند. تغییرات میانگین غلظت فلزات سنگین در خاک مزارع گندم از $Mn > Cr > Ni > Zn > Cu > Pb > As > Cd$ روند زیر تبعیت می‌کند.

همانگونه که جدول ۳ نشان می‌دهد، میانگین منگنز از استاندارد پوسته قاره‌ای بالایی و استاندارد حفاظت محیط زیست امریکا (USEPA) کمتر است. میانگین کروم از میزان همه استانداردهای به کار برده شده یعنی استاندارد خاک کشاورزی اتحادیه اروپا (Eu)، سازمان بهداشت جهانی (WHO)، پوسته قاره‌ای فوقانی و استاندارد حفاظت محیط زیست امریکا (USEPA) بالاتر است. میانگین مس تنها از استاندارد پوسته قاره‌ای فوقانی بیشتر اما نسبت به سایر استانداردهای بکار برده شده دیگر کمتر است. میانگین Cd نسبت به استاندارد Eu کمتر است، اما در مقایسه با استاندارد WHO، USEPA و پوسته قاره‌ای فوقانی بیشتر است. منشا اصلی کادمیوم در خاک مزارع استفاده از کودهای فسفاته است بسیاری از مطالعات نشان دادند افزایش غلظت کادمیوم در خاک مزارع به علت استفاده بیش از حد از کودهای فسفاته محتوی کادمیوم بالا است (Cai et al, 2012).

میانگین فلز آرسنیک در مقایسه با استاندارد USEPA کمتر بوده ولی نسبت به استاندارد پوسته بالایی بیشتر است. افزایش آرسنیک در خاک مزارع به استفاده از کودهای معدنی نسبت داده شده است (Atafar et al, 2010). همان‌طور که در جدول ۲ آورده شده، در تمام

شدگی کروم در تمام ایستگاه‌ها نسبتاً شدید تا شدید است. کادمیوم نیز در تمام ایستگاه‌ها دارای غنی‌شدگی نسبتاً شدید تا شدید است. غنی‌شدگی آرسنیک در تمام ایستگاه‌ها نسبتاً شدید است.

۴-۱- نتایج غلظت فلزات سنگین در دانه گندم

در منطقه مورد مطالعه گندم بیشترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص می‌دهد. سالانه هزاران تن گندم از منطقه برداشت می‌شود. گندم غذای اصلی مردم منطقه را تشکیل می‌دهد و دست کم در یکی از وعده‌های غذایی اصلی حضور دارد. نمونه‌های تجزیه شده در این مطالعه مربوط به دانه گندم است، زیرا تنها این بخش از گیاه به طور مستقیم وارد بدن انسان می‌شود و در صورت تجمع غلظت بالایی از فلزات سنگین در گیاه، سلامت انسان به مخاطره می‌افتد.

مزارع مورد بررسی از این کودها استفاده شده است. میانگین فلز سرب در مقایسه با تمام استانداردهای به کار برده شده کمتر است. منبع اصلی آلودگی سرب در خاک مزارع انتشارات آگروز وسایل نقلیه و ذرات صنعتی موجود در اتمسفر است (Franco-Uria et al, 2009). میانگین فلز روی در مقایسه با استاندارد WHO و USEPA کمتر، اما در مقایسه با استاندارد USEPA پوسته قاره‌ای بالایی بیشتر است. میزان ضریب غنی‌شدگی فلزات سنگین در جدول ۴ ارائه شده است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد غنی‌شدگی سرب و منگنز در تمام ایستگاه‌ها اندک است. بیشتر مطالعات نشان دادند که منگنز عنصری لیتوژنیک در خاک مزارع است (Peris et al, 2008). غنی‌شدگی روی اندک تا متوسط و غنی‌شدگی نیکل در تمام ایستگاه‌ها نسبتاً شدید تا شدید است. غنی‌شدگی مس در تمام ایستگاه‌ها متوسط و غنی

جدول ۳. مقادیر پارامترهای فیزیکوشیمیایی و غلظت فلزات سنگین (mg/kg) نمونه‌های خاک و مقایسه با استانداردهای جهانی

منطقه	Pb	Zn	Ni	Cu	Cr	Cd	As	Mn	درصد ماده آلی	pH
B	بیشترین	۹	۵۷	۸۶	۲۶	۰/۴۱	۴/۹	۵۱۵	۱/۳۶	۷/۵۸
	کمترین	۸	۵۰	۷۹	۲۳	۰/۳۶	۴/۳	۴۶۶	۱/۱۵	۶/۹۵
D	بیشترین	۱۵	۸۰	۷۱	۲۴	۰/۳۸	۴/۱	۵۰۲	۱/۵۸	۸/۰۳
	کمترین	۹	۵۳	۶۱	۲۲	۰/۳۶	۳/۷	۴۵۸	۰/۶۹	۷/۱۸
O	بیشترین	۸	۶۳	۹۲	۳۱	۰/۴	۶/۳	۵۱۷	۱/۴۸	۷/۹۵
	کمترین	۸	۵۸	۸۷	۲۹	۰/۳۶	۴/۱	۴۹۹	۱/۱۹	۷/۴۰
M	بیشترین	۸	۶۲	۸۸	۲۹	۰/۳۸	۴/۹	۵۳۱	۰/۹۳	۸/۰۱
	کمترین	۶	۴۷	۷۶	۲۲	۰/۳۴	۳/۹	۴۹۲	۰/۵۵	۶/۹۵
K	بیشترین	۸	۶۰	۱۰۲	۲۹	۰/۳۸	۵/۵	۵۴۱	۱/۳۱	۷/۰۷
	کمترین	۸	۵۴	۹۷	۲۵	۰/۳۴	۴/۴	۴۹۱	۰/۵۳	۶/۸۲
	میانگین در این مطالعه	۸/۵۲	۵۸/۰۴	۸۴/۳۲	۲۶/۳۲	۱۶۳/۲۸	۴/۵	۵۰۱/۲۴	۱/۰۴	۷/۳۸
	EU _۱	۳۰۰	۳۰۰	۷۵	۱۴۰	۳	-	-	-	-
	FAO/WHO _۲	۳۰	۹۰	-	۳۰	۰/۳۵	-	-	-	-
	USEPA _۳	۱۰	۵۰	۴۰	۳۰	۰/۰۶	۵	۶۰۰	-	-
	پوسته قاره‌ای بالایی _۴	۱۴/۱۸	۵۲	۱۸/۶	۱۴/۳	۰/۱	۱/۵	۵۲۷	-	-

ارزیابی غنی شدگی فلزات سنگین در مزارع گندم شهر اهواز

جدول ۴. مقادیر ضریب غنی شدگی نمونه های خاک منطقه مورد مطالعه

منطقه	Pb	Zn	Ni	Cu	Cr	Cd	As	Mn
B1	۱/۲۳	۲/۴۴	۱۰/۷۰	۴/۴۷	۷/۸۴	۸/۲۶	۶/۷۰	۲/۲۲
B2	۱/۳۴	۲/۶۶	۱۰/۸۴	۴/۵۲	۱۰/۵	۱۰/۲۴	۷/۴۷	۲/۱۸
B3	۱/۴۰	۲/۵۲	۱۰/۵۷	۴/۲۱	۸/۲۶	۹/۵۰	۷/۴۱	۲/۰۹
B4	۱/۳۵	۲/۳۹	۱۰/۶۶	۴/۰۳	۱۰/۹۶	۹/۵۸	۷/۱۹	۲/۰۴
B5	۱/۲۶	۲/۵۲	۱۰/۸۴	۴/۲۷	۱۰/۳۲	۹/۶۶	۷/۶۹	۲/۲۹
D1	۲/۸۹	۴/۳۸	۹/۳۸	۴/۵۹	۱۷/۵	۱۰/۹	۷/۶۳	۲/۳۳
D2	۲/۳۷	۳/۱۰	۹/۷۳	۴/۳۵	۱۳/۲۸	۹/۷۵	۷/۳۶	۲/۴۴
D3	۱/۵۸	۳/۰۵	۹/۶۹	۴/۰۱	۱۱/۹۲	۹/۹۱	۶/۵۹	۲/۴۸
D4	۱/۶۰	۲/۶۸	۹/۲۴	۴/۴۲	۱۲/۱۳	۹/۵	۶/۴۸	۲/۳۵
D5	۱/۹۸	۳/۵۳	۱۰/۱۷	۴/۲۹	۱۲/۶۵	۹/۶۶	۷/۳۰	۲/۵۴
K1	۱/۱۸	۲/۳۸	۱۱/۴	۴/۲۸	۱۱/۲۹	۸/۳۴	۷/۸۵	۲/۲۴
K2	۱/۳۰	۲/۴۹	۱۲/۶	۴/۳۹	۱۰/۲۸	۸/۹۲	۷/۷۴	۲/۳۱
K3	۱/۲۱	۲/۵۸	۱۲/۳۰	۴/۲۴	۹/۸۱	۸/۵۱	۶/۵۹	۲/۰۹
K4	۱/۲۵	۲/۳۸	۱۲/۶۵	۴/۰۴	۱۳/۴۵	۷/۹۰	۶/۷۵	۲/۲۴
K5	۱/۲۵	۲/۵۲	۱۲/۶۹	۴/۷۰	۱۲/۲۵	۸/۸۴	۸/۵۱	۲/۲۵
M1	۱/۳	۲/۴۷	۱۱/۳۷	۴/۲۲	۲۱/۵۲	۹/۹۱	۷/۱۴	۲/۶۰
M2	۱/۱۱	۲/۶۴	۱۱/۲۸	۴/۶۳	۲۱/۷۶	۱۰/۴۹	۷/۷۴	۲/۵۷
M3	۱/۱۶	۲/۹۱	۱۱/۱۰	۴/۶۳	۱۰/۶۵	۸/۵۹	۶/۷۰	۲/۴۷
M4	۱/۲۲	۲/۷۱	۱۱/۱۰	۴/۶۸	۱۲/۳۷	۸/۷۶	۷/۰۳	۲/۴۷
M5	۲/۳۰	۲/۶۳	۱۱/۲۳	۴/۸۱	۹/۸۱	۸/۷۶	۷/۷۴	۲/۳۷
O1	۱/۲۸	۲/۶۴	۱۱/۱۵	۴/۸۲	۸/۶۱	۸/۵۹	۷/۱۴	۲/۲۵
O2	۱/۲۲	۲/۷۲	۱۱/۱۹	۴/۹۰	۸/۱۹	۸/۳۴	۶/۱۵	۲/۲۱
O3	۱/۲۳	۲/۵۷	۱۱/۰۶	۴/۹۴	۷/۵۵	۸/۲۶	۹/۶۱	۲/۲۱
O4	۱/۲۴	۲/۶۰	۱۱/۱۵	۴/۹۷	۸/۳۳	۹/۲۵	۷/۳۶	۲/۲۰
O5	۱/۲۳	۲/۶۱	۱۱/۰۱	۴/۶۲	۸/۰۷	۸/۲۵	۶/۸۱	۲/۱۹

یافت می‌شوند (Ramesh, Choimes, and Schachtman, 2004).

۴-۱-۱- فاکتور انتقال فلز از خاک به گیاه (TF) انتقال فلزات سنگین از خاک به گیاه بستگی به خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و نوع گونه‌های گیاهی دارد.

همانطور که جدول ۵ نشان می‌دهد، غلظت فلزات سنگین در دانه گندم همه ایستگاه‌ها از میزان استاندارد بیشینه رواداری فلزات سنگین و استاندارد FAO/ WHO کمتر است. روی دارای بیشترین و آرسنیک دارای کمترین غلظت فلز در دانه گندم است. از میان فلزات ریز مغذی ضروری گیاه Zn و Cu بیشتر به میزان بالایی در دانه گندم

جدول ۵. مقایسه غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های گندم (mg/kg) منطقه مورد مطالعه با استانداردها

منطقه	Pb	Zn	Ni	Cu	Cr	Cd	Mn	As
B	<۰۰۱	۱/۱۹	۰/۰۲	۰/۱۱	۰/۰۱۰	۰/۰۰۳	۱/۱	<۰۰۰۵
D	۰/۰۰۳	۱/۱۵	۰/۰۲	۰/۱۰	۰/۰۱۱	۰/۰۰۳	۱/۰۴	<۰۰۰۵
K	۰/۰۰۵۶	۱/۳۵	۰/۰۳	۰/۱۷	۰/۰۱۰	۰/۰۰۲	۱/۰۱	<۰۰۰۵
M	۰/۰۰۲۳	۰/۸۱	۰/۰۱	۰/۱۰	۰/۰۱۱	۰/۰۰۳۹	۰/۶۵	<۰۰۰۵
O	۰/۰۰۲۳	۱/۳۲	۰/۰۲	۰/۱۰	۰/۰۱۲	۰/۰۰۳۳	۱/۴۱	<۰۰۰۵
FAO- WHO ^۱	-	۲۷/۴	۱/۶۳	۳	۰/۰۲	-	۲	-
بیشینه رواداری فلزات سنگین ^۲	۰/۱۵	-	-	-	-	۰/۰۳	-	-

(مؤسسه استانداردها و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۹). ۲. (FAO/WHO, 1984a). ۱.

همانطور که جدول ۶ نشان می‌دهد بیشترین فاکتور انتقال مربوط به روی و کمترین مقدار مربوط به کروم است. آرسنیک در دانه گندم دارای غلظتی کمتر از ۰/۰۰۰۵ ppm است و فاکتور انتقال فلز برای آن غیر قابل محاسبه است. با وجود قابل ملاحظه بودن مقادیر فاکتور انتقال روی، نگرانی چندانی در رابطه با این عنصر وجود ندارد، چرا که این فلز از عناصر ضروری گیاه به شمار می‌رود و مقادیر فاکتور انتقال به دست آمده برای رشد مناسب گیاه ضروری است (Ramesh, Choimes, and Schachtman, 2004).

۴-۲- نتایج تحلیل مؤلفه اصلی (PCA)

فرض اساسی در روش تحلیل مؤلفه اصلی (Principal Component Analysis) وجود ارتباط بین متغیرهاست. این ارتباط در قالب یک فاکتور، در یک مدل فرضی ظاهر می‌شود. به طور کلی، هدف از این روش آماری چند متغیره، تعیین متغیرهای کنترل کننده اصلی در بین یک سری داده‌ها، یا به عبارت دیگر، یافتن حداقل تعداد متغیرهایی است که بیشترین تغییرات مشاهده شده را در بین سری داده‌ها نشان می‌دهند (یوسفی و کاکایی، ۱۳۸۵).

pH خاک نقش مهمی در تحرک و در دسترس بودن فلزات ایفا می‌کند (Conesa, Faz, and Arnaldos, 2006). کانسوا و همکاران (Conesa, Faz, and Arnaldos, 2006) در سال ۲۰۰۶ گزارش دادند که افزایش pH خاک سبب کاهش انحلال پذیری فلزات می‌شود. همانطور که در جدول ۳ آورده شده است pH خاک منطقه خنثی تا کمی قلیایی بوده و می‌تواند تاثیر مهمی در تثبیت فلزات در خاک و کاهش زیست دسترس پذیری داشته باشد بیز و توماسون (Tomassone, Baize and 2003) در سال ۲۰۰۳ نیز گزارش دادند که میزان فلزات سنگین در دانه‌ی گندم با افزایش pH خاک کاهش می‌یابد. درصد ماده آلی نقش مهمی را در تثبیت فلزات (بویژه کادمیوم) در خاک دارد (Liu et al, 2009). احتمالاً این دو عامل (pH و درصد ماده آلی) نقش مهمی را در تثبیت فلزات در خاک و کاهش فاکتور انتقال فلز از خاک به دانه‌ی گندم داشتند. علاوه بر این بافت رسی و ریز دانه‌ی خاک نیز تاثیر مهمی را در تثبیت فلزات سنگین در خاک دارد. ذرات رسی بدلیل مساحت سطح ویژه بالایی که دارند توانایی بالایی را در جذب و نگهداشت فلزات داشته و از انتقال آنها جلوگیری می‌کنند (FAO/WHO, 1983).

ارزیابی غنی شدگی فلزات سنگین در مزارع گندم شهر اهواز

جدول ۶. میانگین فاکتور انتقال فلزات سنگین از خاک به دانه گندم

Mn	Cd	Cr	Cu	Ni	Zn	Pb	عناصر منطقه
۰/۰۰۲	۰/۰۰۸	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۰۰۲	B
۰/۰۰۲	۰/۰۰۸	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۲	-	D
۰/۰۰۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۰۷	K
۰/۰۰۱	۰/۰۱۰	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۰۳	M
۰/۰۰۲	۰/۰۰۸	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۰۲	O

باشد (Agca, and Ozdel, 2014). حضور منگنز در این مولفه نشان می‌دهد که مس، نیکل و آرسنیک می‌توانند بوسیله اکسیدها- هیدروکسیدها و اکسی هیدرواکسیدهای آبدار منگنز و کانی‌های رسی جذب یا ته نشین شوند (Yanes, Alvarez, and Rudolf Jaffe, 2006). مولفه دوم با ۲۶/۰۵۴ درصد از واریانس کل، فاکتور وزنی مثبت برای عناصر سرب، روی و آهن را نشان می‌دهد این مولفه را می‌توان به‌عنوان مولفه‌ای با منشا زمین زاد معرفی کرد. غلظت سرب و روی در خاک کشاورزی تا حدودی به خاکی که از سنگ والد نشات گرفته است، بستگی دارد (Chen, Ma, and Harris, 2002). آهن نیز در خاک کشاورزی ممکن است توسط مواد والدی که خاک از آن نشات گرفته، کنترل شود (Mico et al, 2006) و توسط چندین نویسنده با یافته‌های تکراری گزارش داده شد که کودها سهم ناچیزی از ورود این فلز به خاک، دارند (Sun et al, 2013). فلزات سرب و روی ممکن است توسط اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن جذب یا ته نشین شوند (Yanes, Alvarez, and Rudolf Jaffe, 2006). در نتیجه اکسیدهای آهن تاثیر بسیار چشمگیری بر تحرک، زیست‌دسترس پذیری و سمیت فلزات در خاک دارند (Chen et al, 2008). مؤلفه سوم با ۱۴/۳۴۳ درصد از واریانس کل تنها شامل کادمیوم است (جدول ۷). کادمیوم بعنوان عنصر شاخص حاصل از فعالیت‌های کشاورزی

همانطور که در جدول ۷ مشاهده می‌شود، تحلیل مؤلفه اصلی، یک مدل سه مؤلفه‌ای را برای داده‌ها پیشنهاد می‌کند.

سه مولفه اصلی با واریانس بیش از ۷۵ درصد برای نمونه‌های خاک در نظر گرفته شده است. مؤلفه نخست، با ۳۵/۱۹۰ درصد از واریانس کل، دارای ضریب وزنی مثبت بالا برای عناصر نیکل، مس، آرسنیک و منگنز است. این مولفه را می‌توان به عنوان مولفه با منشا انسانزاد معرفی کرد. احتمالاً منشا نیکل در خاک کشاورزی ناشی از منابع انسانزاد مانند، ریزش‌های جوی ناشی از انتشارات آگروز وسایل نقلیه و فعالیت‌های صنعتی که در بسیاری از مطالعات مستند به‌عنوان منابع اصلی آلودگی نیکل در نظر گرفته می‌شوند (Agca, and Ozdel, 2014)، از سوی دیگر، همراهی نیکل با مس در خاک کشاورزی غالباً ناشی از استفاده فاضلاب شهری برای آبیاری مزارع است (Zhao, 2014). حضور مس و آرسنیک در مولفه اول منعکس کننده فعالیت‌های صنعتی یا استفاده مستقیم از آفت‌کش‌ها برای محصولات است که به طور عمده به استفاده از آفت‌کش‌ها و قارچ‌کش‌ها مرتبط است (Roca-Perez et al, 2010).

مس به‌عنوان یک عنصر نشانگر فعالیت‌های کشاورزی که به‌طور خاص مرتبط با کودهای تجاری است، در نظر گرفته می‌شود.

منگنز در خاک کشاورزی ممکن است ناشی از استفاده از کودهای شیمیایی و حیوانی، آفت‌کش‌ها و قارچ‌کش‌ها

۵- بحث و نتیجه گیری

نتایج خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک منطقه نشان داد pH خاک منطقه خنثی تا کمی قلیایی بوده که این عامل نقش مهمی در تثبیت یا تحرک فلزات در خاک دارد. تحرک و زیست دسترس پذیری فلزات مورد بررسی در این محدوده اسیدینگی کاهش یافته و در محیط خاک باقی می‌مانند. بالاترین غلظت فلزات در خاک منگنز و کروم و کمترین آن به فلز کادمیوم و آرسنیک مربوط است. میانگین غلظت فلزات کروم و نیکل از تمام استانداردهای بکار برده شده در این مطالعه بالاتر است. همانطور که تحلیل آماری نشان داد فلزات کروم، کادمیوم، نیکل، آرسنیک و مس و منگنز دارای منشا انسانزاد و روی، سرب و آهن دارای منشا طبیعی است بیشترین کمترین غلظت فلزات در دانه گندم بترتیب مربوط به روی و آرسنیک است. انتقال فلزات از خاک به دانه گندم بسیار اندک است. احتمالاً pH خنثی - کمی قلیایی و مواد آلی خاک منطقه مورد مطالعه، تاثیر مهمی را در تثبیت فلزات داشته است. غلظت فلزات در تمامی نمونه‌های گندم از استانداردهای ارائه شده پایتتر می‌باشد. ضریب انتقال فلز کروم علیرغم مقدار بالای آن در خاک نسبت به استانداردهای به‌کار برده شده، بسیار پایین بوده و نگرانی در رابطه با آلودگی دانه گندم به کروم وجود ندارد.

۶- منابع

- حسام، احمد، (۱۳۸۵) "شناسایی کیفیت و کمیت پساب صنایع فلزی غرب اهواز و تاثیر آن‌ها در تغییرات بار آلودگی رودخانه کارون"، پایان نامه کارشناسی ارشد علوم محیط زیست، اهواز، واحد علوم و تحقیقات.

- جعفرزاده حقیقی، نعمت الله (۱۳۸۲) "تشخیص و تعیین منابع آلاینده فلزات سنگین گیوه، کادمیوم، سرب،

مانند استفاده از سموم و کودهای شیمیایی در نظر گرفته می‌شود (Rodriguez Martin, Lopez Arias, and Grau Corbi, 2006). مطالعات اخیر نشان داده است که غلظت کادمیوم در برخی از خاک‌های کشاورزی استان خوزستان بعنوان یکی از مراکز اصلی تولید محصولات کشاورزی بدلیل آنچه کاربرد مقادیر زیاد کودهای فسفره خوانده شده در حال افزایش می‌باشد (جعفرزاده و همکاران، ۱۳۹۰).

کروم نیز که در هیچکدام از مولفه‌ها قرار نگرفته است ممکن است ناشی از منشا ورود متفاوت آن به محیط باشد. همان‌طور که در بیشتر مطالعات مستند شده، کروم در خاک کشاورزی احتمالاً ناشی از منابع انسانزاد مانند، کاربرد کودها، ریزش جوی ناشی از ترافیک وسایل نقلیه و فعالیت‌های صنعتی است (Agca and Ozdel, 2014). علاوه بر این کروم و کادمیوم در خاک کشاورزی ممکن است ناشی از استفاده فاضلاب برای آبیاری مزارع باشد (Xin, Li, and Su, 2011).

جدول ۷. واریانس کل برای فلزات سنگین در خاک

عناصر	Rotated Component Matrix		
	PC1	PC2	PC3
Pb	-۰/۲۰۵	۰/۷۹۰	۰/۴۲۹
Zn	-۰/۱۰۰	۰/۸۸۰	۰/۰۱۴
Ni	۰/۸۳۹	-۰/۲۰۳	-۰/۱۳۸
Cu	۰/۸۹۸	۰/۰۵۰	-۰/۰۰۵
Cr	-۰/۵۸۵	-۰/۳۷۳	-۰/۲۱۵
Cd	۰/۱۴۰	-۰/۱۶	۰/۸۶۵
As	۰/۸۰۳	-۰/۰۱۰	۰/۲۲۶
Mn	۰/۷۱۴	-۰/۰۹۱	-۰/۵۴۵
Fe	۰/۲۲۵	۰/۸۲۴	-۰/۲۴۱
کل	۳/۱۶۷	۲/۳۴۵	۱/۲۹۱
./واریانس	۳۵/۱۹۰	۲۶/۰۵۴	۱۴/۳۴۳
./تجمعی	۳۵/۱۹۰	۶۱/۲۴۳	۷۵/۵۸۶

thermodynamic studies", Chem. Eng. J. 184, 238–247.

- AOAC., (2000) Official Methods of Analysis, p. 22. Bhagure, G. R., and Mirgane, S. R., 2011., "Heavy Metal Concentrations in groundwater and soils of Thane Region of Maharashtra, India", Environ. Monit, Assess, 173, 643–652.

- Anita, S., Rajesh, K. S., Madhoolika, A., and Fiona, M. M., (2010) "Health risk assessment of heavy metals via dietary intake of foodstuffs from the wastewater irrigated site of a dry tropical area of India", Food Chem. Toxicol, 48, 611–619.

- Atafar, Z., Mesdaghinia, A., Nouri, J., Homae, M., Yunesian, M., and Ahmadimoghaddam, M., Mahvi, A.H., (2010) "Effect of fertilizer application on soil heavy metal contamination, Environ. Monit", Assess, 160, 83–89.

- Bahroudi, A., (2003) "The effect of mechanical characteristics of basal decollement and basement structures on deformations of the zagros basin", uppsala University, 46p.

- Baize, D., and Tomassone, R., (2003) "Modelisation empirique du transfert du cadmium et du zinc des sols vers les grains de blé tendre", Programme GESSOL–La Châtre, Etude et Gestion des Sols 10 (4), 219–240.

- Bhagure, G.R., and Mirgane, S.R., (2011) "Heavy Metal Concentrations in groundwater and soils of Thane Region of Maharashtra, India", Environ. Monit, Assess, 173, 643–652.

- Bowen, H. J. M., (1979) "Environmental Chemistry of the Elements", Academic Press, New York, 1979, (In: Bradli, H. B., (2005), Heavy Metals in the Environment, Elsevier Ltd, Vol, 6).

- Cai, L., Xu, Z., Ren, M., Guo, Q., Hu, X., Hu, G., Wan, H., and Peng, P., (2012) "Source Identification heavy metals in Agricultural soils of Huizhou, Guangdong Province, China", Ecotoxicol. Environ, Saf. 78, 2–8.

- Carlos, A., Lucho-Constantino, Francisco Prieto-Garcı, Luz Maria Del Razo Refugio Rodrı guez-Vzquez, Hector M. Poggi-Varaldo., (2005) "Chemical fractionation of boron and heavy metals in soils irrigated with waste water in central Mexico", Agriculture, Ecosystems and Environment 108.57–71.

- Charter, R. A., Tabatabai, M. A., and Schafer, J.

آهن، نیکل، کبالت، مس، کروم و روی در رودخانه کارون و دز در استان خوزستان"، گزارش مرکز تحقیقات محیط زیست استان خوزستان، ۱۳۸۲، ص ۱–۳۰.

- جعفر نژادی، ابراهیم، همایی، مریم، صیاد، گلسا، بیبوردی، محمد (۱۳۹۰) "تجمع و توزیع کادمیوم در مقیاس وسیع مکانی در دانه مزارع گندم"، آلودگی خاک و رسوبات، ص ۹۸–۱۱۳: ۲۰.

- زراسوندی، علیرضا، حیدری، مجید (۱۳۹۰) "دیباچه‌ای بر زمین شناسی پزشکی"، چاپ اول، انتشارات دانشگاه شهید چمران، ص ۲۵۴.

- مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۱۳۸۹) "خوراک انسان- دام- بیشینه رواداری فلزات سنگین"، چاپ اول. ص ۶.

- یوسفی، مهیار، کاکایی، رضا (۱۳۸۵) "کاربرد کامپیوتر در معدن، جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر"، ص ۲۸۲.

- Abraham, G. M. S., and Parker, R. J., (2008) "Assessment of Heavy Metal Enrichment Factors and the Degree of Contamination in Marine Sediments from Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand", Environ Monit Assess, 136:227-238.

- Agca, N., and Ozdel, E., (2014) "Assessment of spatial distribution and possible sources of heavy metals in the soils of Sariseki-Dortyol District in Hatay Province (Turkey)", Environ, Earth Sci, 71, 1033–1047.

- Alloway, B. J., Jackson, A. P., and Morgan, H., (1990) "The accumulation of Cadmium by vegetables grown on soils contaminated from a variety of sources", Sci. Total Environ, 91, 223–236.

AL-Othman, Z. A., Ali, R., Naushad, Mu., (2012) "Hexavalent chromium removal from aqueous medium by activated carbon prepared from peanut Shell: Adsorption kinetics, equilibrium and

- Gupta, N. D. K., Khan S., and C. Santra., (2008) "An Assessment of Heavy Metal Contamination in Vegetables Grown in Wastewater- Irrigated Areas of Titagarh, West Bengal, India", *Bull Environ Contam Toxicol*, 80, 115–118.
- Khan, S., Cao, Q., Zheng, Y. M., Huang, Y. Z., and Zhu, Y. G., (2008) "Health risk of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with waste water in Beijing", *China Environ. Pollut*, 152, 686–692.
- Liu, W. X., Liu, J. W., Wu, M. Z., Li, Y., Zhao, Y., and Li, S. R., (2009) "Accumulation and translocation of toxic heavy metals in Winter Wheat, *Triticum aestivum* growing in agricultural soil of Zhengzhou, China", *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 82, 343–347.
- Loska, K., Chebual, J., Pleczar, J., Wiechla, D., and Kwapulinski, J. (1995) "Use of environment and contamination factors together with geoaccumulation indexes to evaluate the content of Cd, Cu and Ni in the Rybink water reservoir in Poland", *Water, Air and Soil pollution*, 93, pp: 347-365.
- Mico, C., Recatala, L., Peris, M., and Sanchez, J., (2006) "Assessing heavy metal sources in agricultural Mediterranean area by multivariate analysis", *Chemosphere* 65, 863–872.
- Nacke, H., Gonçalves Jr, A. C., Schwantes, D., Nava, I., Strey, L., and Coelho, G. F., (2013) "Availability of heavy metals (Cd, Pb and Cr) in agriculture from commercial fertilizers", *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*; 64(1), 371-379.
- Peris, M., Recatalá, L., Mico, C., Sanchez, R., and Sanchez, J., (2008) "Increasing the knowledge of heavy metal contents and sources in agricultural soils of the European Mediterranean region", *Water Air Soil Pollut*, 192, 25–37.
- Rahbari, P., Liyaaghat, A., Afsharasl, M., and Jabali, S.J., (2007) "Simulation of nitrate convection to groundwater", *Agriculture Science*; 38(1): 47- 56 (Persian).
- Ramesh, S. A., Choimes, S., and Schachtman, D. P., (2004) "Over-expression of an Arabidopsis zinc transporter in *Hordeum vulgare* increases short-term zinc uptake after zinc deprivation and seed zinc content". *Plant Mol Biol*; 54 (3): 373– 85.
- W., (1993) "Metal Contents of Fertilizers Marketed in Iowa", *Commun Soil Sci Plant Anal*, 24 (9&10) 961-972.
- Chen, T., Liu, X. M., Zhu, M. Z., Zhao, K. L., Wu, J.J., Xu, J.M., and Huang, P. M., (2008) "Identification of trace element sources and associated risk assessment in vegetable soils of the urban-rural transitional area of Hangzhou, China", *Environ. Pollut*, 151, 67–78.
- Chen, C., W., Kao, C. M., Chen, C. F., and Dong, C. D., (2007) "Distribution and accumulation of heavy metals in the sediments of Kaohsiung Harbor, Taiwan", *Chemosphere*, 66, pp: 1431-1440.
- Chen, M., Ma, LQ., and Harris, W. G., (2002) "Arsenic concentration in Florida surface soils: influence of soil type and properties", *Soil Sci Soc Am J* 2002; 66: 632– 40.
- Conesa, H. M., Faz, A., and Arnaldos, R., (2006) "Heavy metal accumulation and tolerance in plants from mine tailings of the semiarid Cartagena-La Union mining district", SE Spain, *Science of the Total Environment* 366, 1–11.
- Dowdy, R.H., and Larson, W.E., (1975) "The availability of sludge borne metals to various vegetable crops", *J. Environ, Qual*, 4, 278–282.
- European Union., (2002) "Heavy metals in wastes, European commission on environment", http://www.ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/heavy_metals_report.pdf.
- FAO/ WHO., (1984a) "List of contaminants and their maximum levels in foods", *Codex Alimentarius Commission*, Available at <http://www.Codexalimentarius.Org>, (visited on 10 November 2012).
- FAO/WHO., (1984b) "Contaminants, *Codex Alimentarius*", vol. XVII, Edition 1, FAO/WHO, *Codex Alimentarius Commission*, Rome.
- FAO/WHO., (1983) "Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture", *Soils Bulletin* 52. FAO, Rome. 249 P.
- Franco-Uria, A., López-Mateo, C., Roca, E., and Fernández-Marcos, M. L., (2009) "Source identification of heavy metals in pastureland by multivariate analysis in NW Spain", *J. Hazard. Mater*, 165, 1008–1015.

- changes of heavy metals in irrigation sewage in China", *J Agro-Environ Sci (in Chinese)*, 30: 2271–2278.
- U.S. Environmental Protection Agency, (2004) "Guidelines for Water Reuse, Municipal Support Division Office of Wastewater Management Office of Water Washington", DC (EPA/625/R-04/108).
 - USEPA., (1983) "Office of Solid Waste and Emergency Response", Hazardous waste land treatment, SW-874, 273 pp
 - Walkley, A., and Black, C.A., (1934) "An examination of degradation method for determining soil organic matter: a proposed modification of the chromic acid titration method", *Soil Science* 37, 29–35.
 - Wang, Q. R., Cui, Y.S., and Liu, X. M., (2003) "Soil contamination and plant uptake of heavy metals at polluted sites in China", *J environ sci health part A-Toxic/Hazardous substances Environ Eng*; 38(5):823–38.
 - Wedepohl, K. H., (1995) "The composition of the continental crust", *Geochim, Cosmochim, Acta* 7, 1217–1232.
 - Yanes, C., Alvarez, H., and Rudolf Jaffe, R., (2006) "Geochemistry of a tropical lake (Lake Leopoldo) on pseudo-karst topography within the Roraima Group, Guayana Shield, Venezuela", *Appl, Geochem*, 21, 870–886.
 - Zhao, L., Xu, Y., Hou, H., Shangguan, Y., and Li, F., (2014) "Source identification and health risk assessment of metals in urban soils around the Tanggu chemical industrial district, Tianjin, China", *Sci, Total Environ*, 468–469, 654–662.
 - Robert, H. R., (1981) "Food Safety", John Willy and Sons, New York, p. 77.
 - Roca-Perez, L., Gil, C., Cervera, M. L., González, A., Ramos-Miras, J., Pons, V., Bech, J., and Boluda, R., (2010) "Selenium and heavy metals content in some Mediterranean soils", *J. Geochem. Explor*, 107, 110–116.
 - Rodriguez Martin, J. A., Lopez Arias, M., and Grau Corbi, J.M., (2006) "Heavy metals contents in agricultural topsoils in the Ebro basin (Spain) ", Application of the multivariate geostatistical methods to study spatial variations. *Environ, Pollut.* 144, 1001–1012.
 - Ross, D. J., and Speir, T. W., (1984) "Temporal fluctuations in biochemical properties of soil under pasture", II. Nitrogen mineralization and enzyme activities, *Aust. J. Soil Res*, 22, 319–330.
 - Shi, J., Wang, H., Xu, J., Wu, X., Liu, H. Zhu, and C. Yu., (2007) "Spatial distribution of heavy metals in soils": a case study of Changxing, China". *Environ Geol*, Vol. 52:1–10.
 - Sipter, E., Rozsa, E., Gruiz, K., Tatrai, E., and Morvai, V., (2008) "Site- specific riskassessment in contaminated vegetable gardens", *Chemosphere*; 71: 1301–7.
 - Sun, C., Liu, J., Wang, Y., Sun, L., and Yu, H., (2013) "Multivariate and geostatistical analyses of the spatial distribution and sources of heavy metals in agricultural soil in Dehui, Northeast China", *Chemosphere* 92, 517–523.
 - Xin, S. Z., Li, H. F., and Su, D. C., (2011) "Concentration characteristics and historical

