بررسی و توزیع مکانی فلزات سنگین خاک اطراف نیروگاه شهید منتظری اصفهان جهت کاربری آن در کشاورزی

حمیدرضا رحمانی[۱*] ، بهمن زمانی کبرآبادی[۲]

۱*- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.

۲- دانش آموخته دکترای تخصصی علوم جنگل گرایش جنگل شناسی و اکولوژی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول: rahmani.hrhr@gmail.com

تاریخ دریافت : ۹۸/۰۹/۱۴ تاریخ پذیرش : ۹۸/۱۰/۰۵

چکیده:

این پژوهش با هدف بررسی وضعیت غلظت عناصر سنگین حاصل از فرو نشست ذرات آلاینده در خاک اطراف و مقایسه غلظت عناصر سنگین در خاک با حدود مجاز جهت کاربری کشاورزی در زمین اطراف این نیروگاه شهید محمد منتظری اصفهان به اجرا در آمد. منطقه به شبکه های منظم (۶۷ شبکه) تقسیم شد و نمونه گیری خاک در داخل هر شبکه صورت گرفت. برای اندازه گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، تعداد ۱۲ نمونه و برای اندازه گیری غلظت کل عناصر سنگین تعداد ۵۰ نمونه از بین ۶۷ نمونه انتخاب گردید. نتایج نشان داد میزان pH و هدایت الکتریکی خاک ها در حد معمول بوده و محدودیتی برای کشت و کار نداشتند. میانگین غلظت کل عناصر مس، روی، منگنز، نیکل، کبالت، کروم و سرب زیر حد بحرانی این عناصر در خاک بوده و محدودیتی ندارند اما غلظت کل عنصر کادمیم فراتر از حد بحرانی و غلظت آن در خاک های مورد بررسی آلوده کننده بود. به طور کلی خاک اطراف نیروگاه از لحاظ هدایت الکتریکی، pH و غلظت فلزات سنگین جز فلز کادمیم دارای محدودیتی برای کشاورزی ندارد. لازم به ذکر است به دلیل انتقال و سمیت فلز کادمیم کشت نباتات صنعتی مثل پنبه و درختان غیرمثمر توصیه می شود.

کلمات کلیدی

"عناصر سنگین"، "حد مجاز"، "حد معمول"، "حد بحرانی"، "آلودگی خاک".

Spatial Investigation and Distribution of Soil Heavy Metals in the surrounding soil of Shahid Montazeri Power Plant in Isfahan for Agricultural Use

Hamid Reza Rahmani[1*] ,Bahman Zamani Kebrabadi[2]

*1- Soil and Water Department, Agricultural and Natural Resources Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization(AREEO), Isfahan, Iran

2- PhD of Silviculture and Forest ecology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, I. R. Iran.

*Email Address: Rahmani.hrhr@gmail.com

Abstract:

The purpose of this study was to investigate the concentration of heavy metals resulting from the deposition of contaminant particles in the surrounding soil and to compare the concentration of heavy metals in the soil with the permissible limits for agricultural use of lands in the surrounding of Shahid Mohammad Montazeri power plant in Isfahan. it was first divided into regular grids (67 grids) based on the grid method and soil sampling was performed in each grid. To measure the physical and chemical properties of soil, 12 samples were selected and 50 samples were selected from 67 samples to measure the concentration of heavy metals. The results showed that the soil pH and electrical conductivity was normal for cultivation. The mean concentrations of Cu, Zn, Mn, Ni, Co, Cr and Pb were below the critical limit in the soil and had no limit, but the concentration of Cd was above the critical level and its concentration was contaminating in the soils.Generally, soil around the plant has no limitations for agriculture in terms of electrical conductivity, pH and concentration of heavy metals except cadmium. It should be noted that due to the transfer and toxicity of cadmium metal, cultivation of industrial plants such as cotton and fruit trees is recommended.

Keywords

"Heavy Elements", "Permissible limit", "Normal limit", "Critical limit", "Soil Contamination".

مقدمه

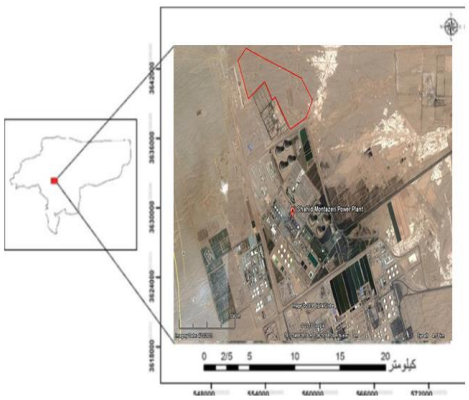
امروزه آلودگی های زیست محیطی به یک معضل مهم در سطح جهان تبدیل شده و سلامت منابع طبیعی و در نتیجه امنیت غذایی جوامع را تهدید می کند که توسعه صنایع و فعالیت های انسانی عامل اصلی این مشکلات می باشد(Kabata-Pendias A, Pendias,1979). فعالیت های انسانی مانند صنعتی شدن، شهرنشینی، فعالیت های کشاورزی و تغییر در سیستم مدیریت اراضی، اثرات عمیقی بر تغییرپذیری خصوصیات خاک دارد که به عنوان تغییرات غیرطبیعی یا به عبارتی آلودگی خاک مطرح می گردد(Zhao et al,2010). در بین انواع آلاینده های خاک، فلزات سنگین به دلیل غیرقابل تجزیه بودن در طبیعت و طول عمر زیستی بالا، به عنوان یک آلاینده بسیار مهم محیط زیست محسوب می شوند. فلزات سنگین موجود در خاک نه تنها توسط گیاهان جذب و وارد زنجیره غذایی می شوند، بلکه ممکن است با ورود به آب های سطحی و زیرزمینی، سلامتی موجودات زنده را به خطر بیاندازند(Wu 2010 &, Zhang,). مهم ترین فلزات سنگین که از دیدگاه خطرات زیست محیطی در محیط های آبی و خاکی دارای اهمیت می باشند شامل: کادمیم (Cd)، آرسنیک (As)، کبالت (Co)، وانادیم (V)، روی (Zn)، جیوه (Hg)، آهن (Fe)، منگنز (Mn)، نیکل (Ni)، سرب (Pb)، کروم (Cr) و مس (Cu) می باشد(Kishe &, Machiwa,2003). منابع اصلی ورود غیر طبیعی فلزات سنگین به جو بیشتر شامل کارخانه‌های ذوب و تصفیه فلزات، کوره‌های احتراق زغال سنگ و زباله‌هاست که منجر به آلودگی منابع خاک و آب در منطقه تأثیر پذیر از این کارخانه‌ها می‌گردد(Huang &.Iskandar,2000). جذب فلزات سنگین از اراضی آلوده بوسیله گیاهان و بخصوص محصولات کشاورزی یکی از مهمترین راه‌های ورود این عناصر به زنجیره غذایی است(Chaney,1990). برخی از فلزات سنگین به سهولت بوسیله گیاهان جذب شده و در غلظت هایی که برای گیاهان سمی نیست در محصولات کشاورزی تجمع می‌یابد که مصرف این محصولات آثار زیان‌آوری در انسان دارد(۹). بنابراین فلزات سنگین که به هر نحو به خاکهای کشاورزی وارد می شوند باید در سطوحی نگهداری شوند که حداقل زیان را به گیاهان وارد نموده و کم‌ترین خطر مصرف را از طریق ورود به زنجیرهٔ غذایی داشته باشند(Smith, 1994). تاکنون مطالعات متعددی در زمینه پراکنش فلزات سنگین موجود در خاک های مختلف از قبیل شهری، صنعتی، کشاورزی و غیره صورت گرفته است. آلودگی گیاهان طبیعی، سبزیجات و خاکهای اطراف معادن، ذوب کننده‌های معدنی ودیگر صنایع به عناصر سنگین بویژه در کشورهای توسعه یافته توسط محققین بسیاری گزارش شده است. اگرچه گزارشات شبیه از مناطق حاره‌ای و برخی کشورها از جمله نیجریه کم است(Kozlov et al,1995). در تحقیقی که در اطراف صنایع در کشور نیجریه انجام شد مشخص گردید غلظت عناصر سنگین با فاصله از منبع آلاینده کاهش یافته و مقادیر قابل توجه از این عناصر در محصولات و گیاهان در اثر فرونشست ذرات معلق تجمع پیدا کرده است. آلودگی خاک و گیاهان بوسیله عناصر سنگین در اطراف صنعت فولاد بیش از پالایشگاه بود و غلظت عناصر کادمیم و سرب در همه نمونه‌ها از هر دو صنعت در خاک و گیاه بالا بود(Kozlov et al,199). بیشترین متوسط غلظت کادمیم ۸.۱۸، کروم ۷.۶۷، مس ۳۰، نیکل ۱۴۰، سرب ۸.۶۳ و روی ۹۰ میکروگرم در گرم خاک در فاصله ۲۵۰ متری از صنایع مورد مطالعه و کمترین متوسط غلظت در فواصل دورتر کادمیم ۴.۲، کروم ۹، مس ۶.۶، نیکل ۵.۴، سرب ۶.۸ و روی ۲.۲۳ میکروگرم در گرم خاک اندازه‌گیری گردید که غلظت‌های حداقل ممکن است مقادیر غلظت زمینه در فاصله ۳ کیلومتری از آلاینده باشند(Kozlov et al,199). این وضعیت یا این الگوی تغییر غلظت عناصر سنگین در این بررسی قویاً آلودگی از طریق هوا و فرونشست ذرات از نظر محقق مربوطه بوده است که با نتایج سایر بررسیهای انجام شده نیز مطابقت داشته است(et al,199 Kozlov). در بررسی پراکنش عناصر نیکل، منگنز و کادمیم در خاک و محصولات کشاورزی در منطقه اطراف مجتمع فولاد مبارکه مشخص گردید حداکثر غلظت نیکل و منگنز قابل استخراج با DTPA در شمال شرق منطقه و در لایه ۵-۰ سانتیمتری خاک بوده است (به ترتیب ۲.۴ و ۳۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک). همچنین غلظت این دو عنصر در لایه‌های ۱۰-۵، ۲۰-۱۰ و ۴۰-۲۰ سانتیمتری خاک به ترتیب ۷.۲، ۷.۲ و ۱.۲ (برای نیکل) و ۲۰۰، ۲۱۲ و ۱۴۶ (برای منگنز) میلی‌گرم در کیلوگرم خاک کاهش یافته است. غلظت نیکل و کادمیم در اندام‌های هوائی محصولات کشاورزی منطقه در حد تشخیص دستگاه جذب اتمی نبوده ولی غلظت منگنز در اندام هوائی برنج ۶.۷۱۶ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی بوده است که از استاندارد آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا فراتر بوده است (هودجی و جلالیان، ۱۳۸۳). توزیع مکانی فلزات سنگین در خاک های شهری نووی ساد صربستان که حاصل از روش های آماری چندمتغیره بود، نشان داد آرسنیک، کبالت، کروم، منگنز و نیکل منشا طبیعی دارند، در حالی که فلزات مس، سرب و روی دارای منشا انسانی می باشند(Ayers & Westcont, 1985). توزیع مکانی فلزات سنگین و منابع آن ها در شهرستان ساحلی مگا در جنوب شرقی کشور چین نشان داد که در حال حاضر منابع انسانی اصلی برای فلزات سنگین در خاک شهرستان مگای چین، رسوب اتمسفری حاصل از احتراق زغال سنگ به جای اگزوز خودروهاست(et Mihailović al,2015). همچنین توزیع مکانی سرب، کادمیم و نیکل در خاک های محدوده بختیاردشت اصفهان در مقایسه غلظت فلزات سنگین با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران نشان داد که غلظت نیکل بیشتر و غلظت سرب و کادمیم کمتر از حد مجاز است. در کشور ما با توجه به کاربری های مختلف در اراضی از جمله کاربری های کشاورزی، صنعتی، شهری و غیره و عدم توجه کافی در این کاربری ها نسبت به مسائل زیست محیطی و همچنین خسارت های زیاد حاصل از عناصر سنگین، تعیین توزیع مکانی و حذف آن ها از محیط زیست یک فاکتور اساسی است، بنابراین بررسی فلزات سنگین و ارزیابی آلودگی خاک ها در این کاربری ها ضروری می باشد(Luo et al,2015). منطقه شمال شهر اصفهان به دلیل تنوع کاربری ها، خصوصا تمرکز بسیاری از صنایع عمده استان از قبیل پالایشگاه و پتروشیمی، استقرار بسیاری از کارگاه های ریخته گری،

وجود شاه راه های ارتباطی ملی، گستردگی فعالیت های کشاورزی و همچنین وجود مراکز شهری بزرگ از جمله اصفهان، خمینی شهر و شاهین شهر، منطقه ای پیچیده و حساس می باشد که در معرض آلودگی های مختلف قرار دارد، بنابراین با در نظر داشتن اثرات جبران ناپذیر تجمع فلزات سنگین بر سلامتی انسان و سایر موجودات زنده، از طریق ورود به زنجیره غذایی توسط محصولات کشاورزی، و فعالیت های کشاورزی اطراف صنایع آلاینده، مطالعه حاضر با هدف بررسی غلظت فلزات سنگین و گستردگی آن ها در خاک های اطراف منطقه مورد مطالعه انجام شد.

روش انجام تحقیق

• منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه زمین کشاورزی به مساحت ۷۰ هکتار چسبیده به نیروگاه شهید منتظری در ۸ کیلومتری شمال غرب شهر اصفهان در نزدیکی شاهین شهر، و نسبتا نزدیک به خمینی شهر یکی از نیروگاه‌های ایران با ظرفیت تولید ۱۶۱۶ مگاوات برق است که در زمینی به مساحت ۲/۲ میلیون مترمربع تاسیس شده است. این نیروگاه در کنار پالایشگاه نفت اصفهان و پتروشیمی اصفهان بنا شده تا بتواند پسماندهای پالایشگاه از جمله مازوت یا نفت کوره را به انرژی تبدیل کند. موقعیت منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ ارائه شده است.



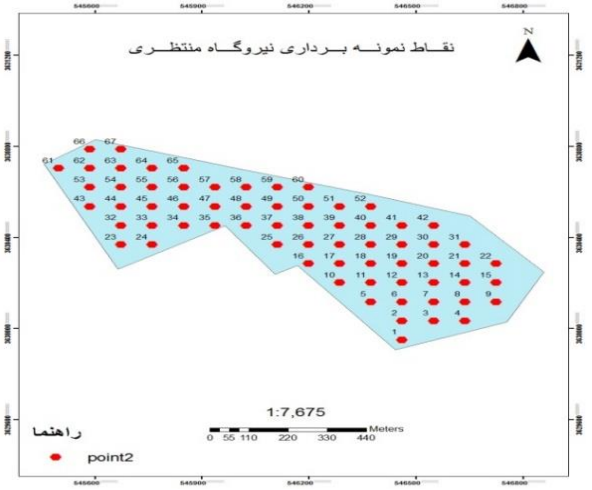
شکل ۱- محدوده مورد بررسی(کادر قرمز رنگ)

شکل۲- گلباد منطقه مورد مطالعه (آمار ۲۵ ساله هواشناسی استان اصفهان)

در این تحقیق بعد از بازدید میدانی و نمونه برداری خاک در منطقه مورد مطالعه از نرم افزارهای Google Earth ،Arc GIS ۱۰/۱ استفاده شد.

• روش نمونه برداری

ابتدا بر اساس روش شبکه بندی، منطقه به شبکه های منظم (۶۷ شبکه) تقسیم شد(شکل ۳) و نمونه گیری خاک در داخل هر شبکه صورت گرفت. بدین ترتیب تعداد ۶۷ نمونه خاک از محدوده مورد مطالعه با مشخصات جغرافیایی مشخص از منطقه یا محدوده مورد بررسی از عمق ۲۰-۰ سانتی متری برداشت و نمونه های خاک مخلوط و داخل یک پلاستیک تمیز ریخته و به آزمایشگاه منتقل گردید. به دلیل صرفه جویی در وقت و هزینه از بین نقاط مورد بررسی و نمونه برداری شده نقاط ۱، ۷، ۱۳، ۱۹، ۲۵، ۳۱، ۳۷، ۴۳، ۴۹، ۵۵، ۶۱ و ۶۷ به تعداد ۱۲ نمونه برای انجام تجزیه های فیزیکی و شیمیایی انتخاب گردید. همچنین برای انجام اندازه گیری های غلظت عناصر سنگین قابل جذب و کل خاک، تعداد ۵۰ نمونه به شکل تصادفی از بین ۶۷ نمونه انتخاب و اندازه گیری ها صورت گرفت. در اینجا از نقاط ۱ تا ۶۷ نقاط ۴، ۶، ۱۴، ۱۸، ۲۰، ۲۸، ۳۰، ۳۴، ۳۸،۴۰، ۴۶، ۵۰، ۵۲، ۵۴، ۵۶، ۶۰ و ۶۴ حذف و سایر نقاط به تعداد ۵۰ نقطه مورد آنالیز عناصر سنگین قرار گرفتند.



شکل ۳- منطقه مورد مطالعه با نقاط مشخص شده جهت نمونه برداری خاک

• درون یابی و انتخاب روش مناسب

انتخاب روش مناسب جهت پهنه بندی و درون یابی غلظت فلزات سنگین از اهمیت بسیار زیادی در کسب نتایج رضایت بخش برخوردار است، لذا با توجه به هدف مطالعه و همچنین مساحت منطقه مطالعاتی و تعداد نمونه های کم از روش وزن دهی عکس فاصله (IDW) استفاده گردید. روش معکوس وزنی فاصله، یکی از روش های درون یابی کلاسیک می باشد که در مطالعات جغرافیایی از آن زیاد استفاده می شود. فرض اساسی این روش بر آن است که با افزایش فاصله، میزان تاثیر پارامترها در برآورد سطح کاهش می یابد. به عبارت دیگر در این روش وزن نقاط نمونه برروی نقطه مجهول بر اساس فاصله بین نقاط معلوم و نقطه مجهول محاسبه می شود. از این روش برای پیش بینی در مکان هایی که داده های آن ها اندازه گیری نشده

است، از مقادیر اندازه گیری شده پیرامون محل استفاده می شود. در پیش بینی، عامل وزن بر اساس فاصله نقاط از یکدیگر تعیین می شود. به نقاط نزدیک محل نمونه وزن بیشتر و به نقاط دورتر وزن کمتر اختصاص می یابد(ملک زاده، ۱۳۹۳).

- **تجزیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک**

ویژگی های خاک شامل بافت خاک (درصد شن، سیلت و رس) به روش هیدرومتری، درصد کربن و مواد آلی به روش تیتراسیون با استفاده از فروسولفات آمونیوم و دی کرومات پتاسیم و اسید سولفوریک غلیظ (روش والکی-بلاک) (حسنی پاک،۱۳۶۸)، اسیدیته و هدایت الکتریکی به روش محلول اشباع (نسبت۱: ۲/۵ خاک به آب) و با استفاده از دستگاه pH متر و EC متر و آهک معادل (روش تیتراسیون اسید و باز) (Yang et al,2012)، نیتروژن کل به روش کجلدال (Yu et al,2010)، فسفر کل به روش اولسن (Bremner,1996)، پتاسیم کل به روش استات آمونیوم نرمال اندازه گیری شد.

- **اندازه گیری فلزات سنگین خاک**

اندازه گیری غلظت عناصر سنگین در نمونه های خاک بعد از مدت یک هفته هوادهی، نمونه های خاک در مرحله بعد از الک ۲ میلی متری عبور داده و در آون در درجه حرارت ۱۱۰ درجه سلسیوس به مدت یک شبانه روز قرار داده شد. جهت شروع کار ۲ گرم از نمونه های خاک خشک با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۰۰۱ توزین و در بالن ۵۰ میلی لیتری ریخته شد و ۱۰ میلی لیتر تیزاب که مخلوطی از ۱۰۰ میلی لیتر اسیدنیتریک و ۳۰۰ میلی لیتر اسیدکلریدریک بود، با نسبت ۱:۳ به آرامی به نمونه ها اضافه گردید. در مرحله بعد نمونه ها روی دستگاه گرم کن(هیتر) ابتدا به مدت یک ساعت در دمای ۹۰ درجه سلسیوس و بعد به مدت یک ساعت در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس گذاشته شد. با احتیاط قبل از به جوش آمدن، نمونه ها برداشته و با استفاده از آب مقطر به حجم رسانده شد. در نهایت نمونه ها به قوطی های مخصوص ۸۰ میلی لیتری انتقال داده شد و جهت تعیین غلظت کل فلزات سنگین سرب و روی از دستگاه جذب اتمی دستگاه جذب اتمی مدل (AA-670)استفاده شد(Olsen ,1954).

یافته ها :

نتایج نشان داد در نمونه های خاک، pH مقادیر ۷/۲۱ تا ۷/۸۸ میانگین ۷/۶۸، هدایت الکتریکی مقادیر ۰/۶۳ تا ۱۱/۲۵ میانگین ۲/۱۳ دسی زیمنس بر متر، کربن آلی مقادیر ۰/۱۹ تا ۰/۹۷ میانگین ۰/۴۲ درصد، مواد آلی مقادیر ۰/۳۲ تا ۰/۶۴ میانگین ۰/۷۱ درصد، رس مقادیر ۹ تا ۲۱ میانگین ۱۴/۳ درصد، سیلت مقادیر ۵ تا ۴۵ میانگین ۲۸/۳ درصد، شن مقادیر ۱۷ تا ۸۶ میانگین ۵۷/۴ درصد و بافت خاک سبک تا متوسط Sandy Loam تا Loam می باشد(جدول۱). با توجه به نتایج جدول ۲، وضعیت پتاسیم و فسفر قابل جذب خاک های مورد بررسی نسبت به حدود بحرانی اشاره شده نشان می دهد که میزان پتاسیم قابل جذب برای گیاهان که نیاز به پتاسیم بالا ندارند و پتاسم دوست نیستند کافی بوده اما مقدار فسفر قابل استفاده خاک ها کمتر از حد بحرانی بوده و در صورت نیاز اضافه کردن آن تا حد۲۰ میکروگرم در گرم بلا مانع است. از نظر نیتروژن

		میانگین	بیشینه	کمینه
pH		۷/۶۸	۷/۸۸	۷/۲۱
EC(dS.m)		۲/۱۳	۱۱/۲۵	۰/۶۳
(%) OM		۰/۴۲	۰/۹۷	۰/۱۹
(%)OC		۰/۷۱	۱/۶۴	۰/۳۲
درصد اندازه ذرات	رس	۱۴/۳	۲۱	۹
	سیلت	۲۸/۳	۴۷	۵
	شن	۵۷/۴	۸۶	۱۷
بافت خاک			Loam	Loamy Sand

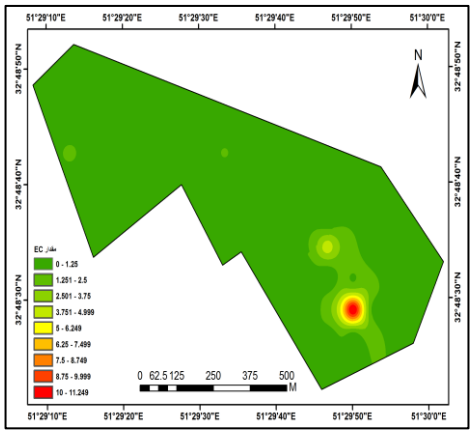
جدول ۱- دامنه مقادیر و میانگین برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک های مورد بررسی

قابل جذب با توجه به میزان کربن آلی خاک و تولید محصول گندم ۵ تن در هکتار به میزان ۲۰۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره توصیه می شود.

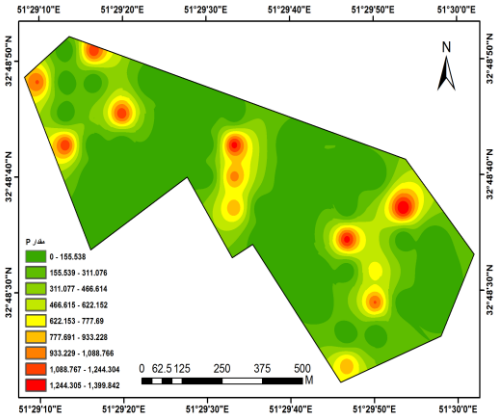
جدول ۲- دامنه مقادیر و میانگین غلظت قابل جذب عناصر غذایی در مقایسه با حدود بحرانی آن ها بر اساس مقدار کربن آلی خاک و نوع محصول مورد نظر مقدار آن متفاوت است .

	پتاسیم قابل جذب (ppm)	فسفر قابل جذب (ppm)	نیتروژن قابل جذب (ppm)
کمینه	۲۰۰	۱۰/۲	۴۲
بیشینه	۳۵۰	۱۵/۳	۲۴۲
میانگین	۲۶۰	۱۴	۶۷/۸۳
حد بحرانی	۲۵۰	۱۵ – ۲۰	*

همانطور که قبلا اشاره شد، به دلیل تعداد نمونه های کم از روش وزن دهی عکس فاصله جهت پهنه بندی و درون یابی غلظت فلزات سنگین استفاده گردید. در شکل های ۴ تا ۷ به ترتیب نقشه پراکنش(توزیع مکانی) وضعیت هدایت الکتریکی و عناصر غذایی فسفر، پتاسیم و نیتروژن را در خاک های محدوده مورد بررسی نشان می دهند. هدایت الکتریکی خاک ها در بیشتر نقاط زیر ۱/۵۸ دسی زیمنس بر متر بوده و فقط در دو نقطه هدایت الکتریکی فراتر از این مقدار بوده است نقطه ۷ هدایت الکتریکی ۱۱/۲۵ و نقطه ۱۹ هدایت الکتریکی برابر ۴/۳۸ دسی زیمنس بر متر بوده است که مقادیر بالاتر نسبت به اکثر نقاط محدوده مورد بررسی می باشد و از نظر کشت وکار یا استفاده از خاک برای کشاورزی نیازمند مدیریت زراعی است(شکل ۴).

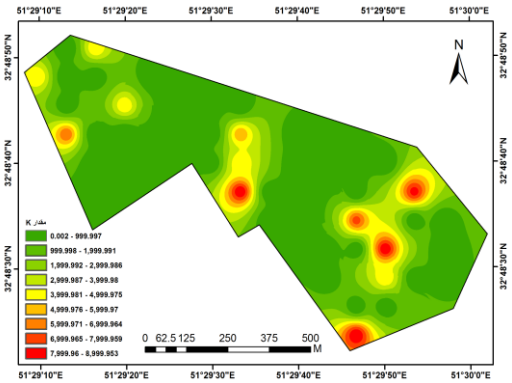


شکل ٤. نقشه پراکنش هدایت الکتریکی

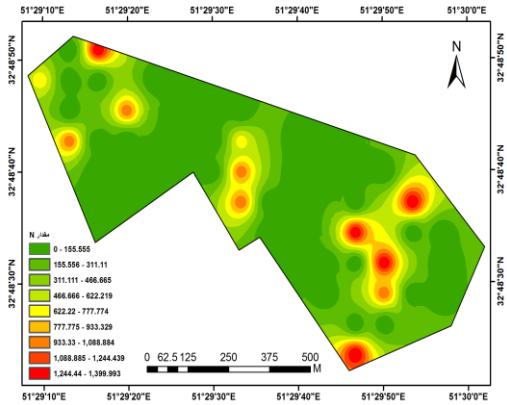


شکل ٥. نقشه پراکنش عنصر فسفر کل

شکل (۵) نقاط با فسفر بالای ۱۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم به رنگ قرمز و شامل نقاط ۷، ۱۹، ۳۱، ۴۳، ۴۹، ۵۵ و ۶۷ می باشند. این نقاط به صورت لکه ای در کل محدوده دیده می شوند.



شکل ٦. نقشه پراکنش عنصر پتاسیم کل



شکل۷. نقشه پراکنش عنصر نیتروژن کل

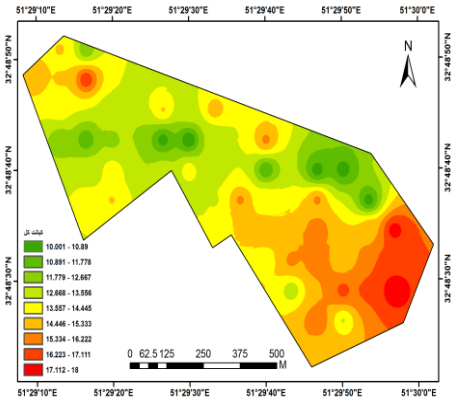
در خاک های محدوده مورد بررسی پتاسیم کل بالای ۶۰۰۰ میلی گرم در کیلوگرم به رنگ قرمز و شامل نقاط۱، ۱۳، ۱۹، ۲۵،۳۱، ۴۳ و ۴۹ می باشند. این نقاط به صورت لکه ای در کل محدوده دیده می شوند(شکل۶). همچنین نقاط با نیتروژن بالای ۱۲۴۰ میلی گرم در کیلوگرم به رنگ قرمز پر رنگ و نقاط با نیتروژن بین ۹۰۰ تا ۱۲۴۰ میلی گرم در کیلوگرم به رنگ قرمز کم رنگ نمایش داده شد (شکل۷). این نقاط به صورت لکه ای در کل محدوده دیده می شوند. در مجموع پراکنش عناصر غذایی فسفر، پتاسیم و نیتروژن طبق شکل های ۵ تا ۷ شبیه به یکدیگر بوده که می تواند بیانگر استفاده از زمین در این نقاط در گذشته دور به امر نهال کاری یا کشاورزی باشد. با توجه به جدول(۳) غلظت عنصر مس ۸/۵ تا ۳۸/۵ با میانگین ۱۴/۶۷، روی ۴۱/۵ تا ۳۴۹/۵ با میانگین ۹۵/۷۶، منگنز ۲۹۱ تا ۴۰۲ با میانگین ۳۳۶/۸، آهن ۹۳۰۰ تا ۲۲۸۰۰ با میانگین۱۶۰۰۵/۵، کادمیم ۳/۵ تا ۶/۵ با میانگین۴/۷۶، سرب ۲۶/۵ تا ۶۱/۵ با میانگین۴۲/۸۷، نیکل ۳۸ تا ۷۵/۵ با میانگین۵۴/۵۱، کروم ۱۲ تا ۳۲/۵ با میانگین۲۰/۷۹و کبالت ۱۰ تا ۱۸ با میانگین ۱۲/۸۷ میکروگرم در گرم در نمونه های خاک محدوده مورد بررسی بدست آمد.که از بین تمامی عناصر سنگین عنصر کادمیم در حد بحرانی قرار داشت.

شکل های ۸ تا ۱۶ نقشه پراکنش غلظت کل عناصر سنگین در نمونه خاک های محدوده مورد بررسی را نشان می دهند.

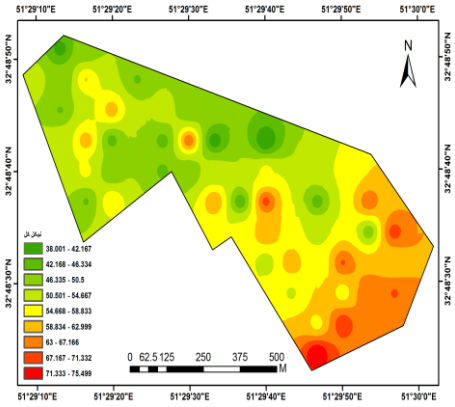
جدول ۳ – دامنه مقادیر و میانگین غلظت کل عناصر سنگین (میکروگرم در گرم) خاک های مورد بررسی

	مس کل	روی کل	منگنز کل	آهن کل	کادمیم کل	سرب کل	نیکل کل	کروم کل	کبالت کل
کمینه	۸/۵	۴۱/۵	۲۹۱	۹۳۰۰	۳/۵	۲۶/۵	۳۸	۱۲	۱۰
بیشینه	۳۸/۵	۳۴۹/۵	۴۰۲	۲۲۸۰۰	۶/۵	۶۱/۵	۷۵/۵	۳۲/۵	۱۸
میانگین	۱۴/۶۷	۹۵/۷۶	۳۳۶/۸۴	۱۶۰۰۵	۴/۷۶	۴۲/۸۷	۵۴/۵۱	۲۰/۷۹	۱۲/۸۷
حد معمول*	۲ – ۲۵	۱۰–۱۰۰	۱۰۰–۴۰۰	–	۰/۰۱ – ۲	۲–۲۰	۲–۷۵۰	–	۱–۴۰
حد بحرانی*	۶۰–۱۲۵	۷۰–۴۰۰	–	–	۳– ۸	۱۰۰–۴۰۰	۱۰۰	۷۵–۱۰۰	–

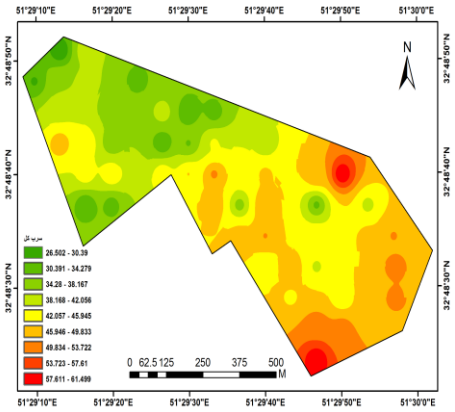
*(۲۴،۲۳،۲۲)



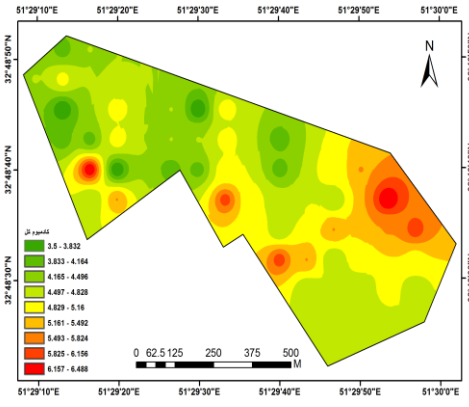
شکل ۸- نقشه پراکنش غلظت کل عنصر کبالت



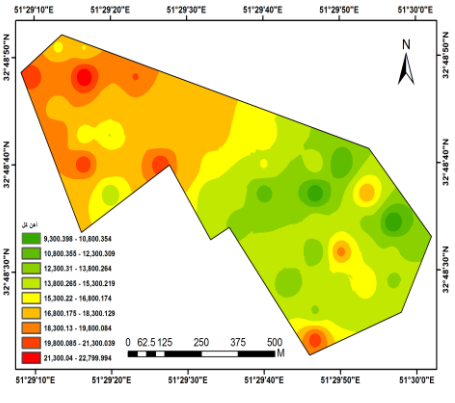
شکل ۹- نقشه پراکنش غلظت کل عنصر نیکل



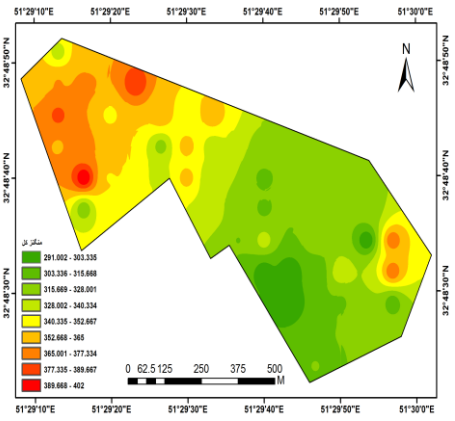
شکل ۱۰- نقشه پراکنش غلظت کل عنصر سرب



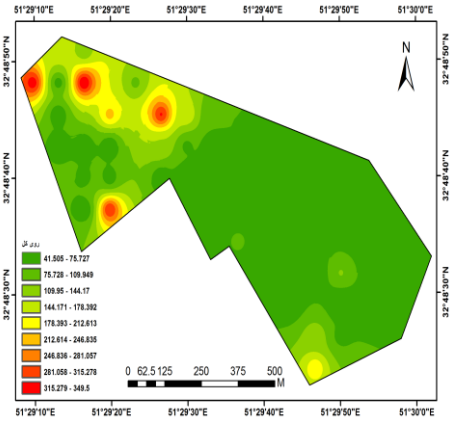
شکل ۱۱- نقشه پراکنش غلظت کل عنصر کادمیم



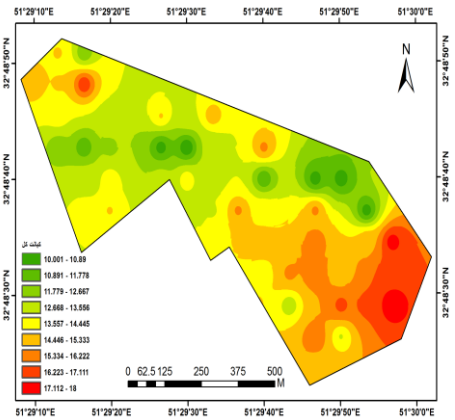
شکل ۱۲- نقشه پراکنش غلظت کل عنصر آهن



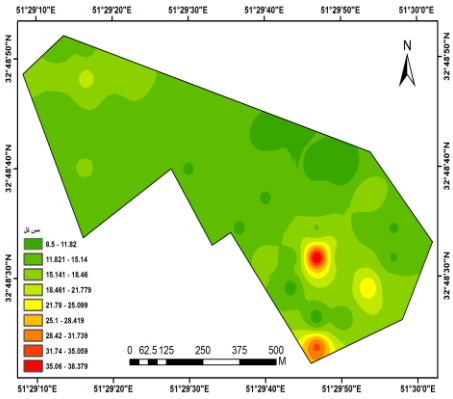
شکل ۱۳- نقشه پراکنش غلظت کل عنصر منگنز



شکل ۱۴- نقشه پراکنش غلظت کل عنصر روی



شکل۱۵- نقشه پراکنش غلظت کل عنصر کبالت



شکل۱۶- نقشه پراکنش غلظت کل عنصر مس

بحث:

نتایج نشان داد میانگین غلظت کل عناصر سنگین مس، روی، منگنز، نیکل و کبالت در دامنه غلظت معمول قرار دارد و میانگین غلظت کل عناصر سنگین کادمیم و سرب فراتر از حد معمول بوده و فقط غلظت عنصر کادمیم خاک در دامنه بحرانی قرار دارد. همچنین میانگین غلظت کل عنصر کروم کمتر از حد بحرانی آن است. در مجموع غلظت کل عناصر مس، روی، منگنز، نیکل، کبالت، کروم و سرب زیر حدود بحرانی این عناصر بوده و محدودیتی ندارند اما غلظت کل عنصر کادمیم فراتر از حد بحرانی آن است که در مقایسه با استانداردهای EU (۳ میلی گرم بر کیلوگرم) و WHO (۴ میلی گرم بر کیلوگرم) غلظت کادمیم در خاک های مورد بررسی (۴/۷۶ میلی گرم برکیلوگرم) آلوده کننده است . هدایت الکتریکی خاکها با توجه به میزان متوسط آن که برابر ۲/۱۳ دسی زیمنس بر متر است از نظر کاربرد در کشاورزی دارای محدودیت کم تا متوسط است و نیاز به مدیریت زراعی جهت کشت و کار دارد(Chand& Prasad,2013). اما با مقایسه این مقدار با حد مجاز سازمان خوار و بارجهانی (FAO)محدودیتی از نظر هدایت الکتریکی خاک ها برای کشاورزی ندارند و بیشتر خاک ها دارای هدایت الکتریکی بین ۱ تا ۱/۵ دسی زیمنس بر متر می باشند. از نظر pH، خاک ها در حد معمول بوده و محدودیتی برای کشت و کار ندارند. همچنین از نظر مواد آلی خاک ها دارای میانگین ماده آلی زیر ۱ درصد بوده که به این ترتیب میزان آن کم بوده و از این نظر فقیر می باشند. لذا برای کشت و کار، این خاک ها نیاز به تامین مواد آلی و عناصر غذایی دارند. بافت خاک ها از سبک تا متوسط بوده و برای محصولات کشاورزی که بافت سبک تا متوسط را می پسندند مناسب است. اگر چه برای حفظ نگهداری آب و مواد غذایی نیازمند مدیریت زراعی است. توزیع مکانی فلزات سنگین در خاک های کشاورزی، شهری و صنعتی شمال اصفهان نشان داد که مقدار سرب و کادمیم در خاک این مناطق در حد بحرانی است(Allaway,.1990.) که با یافته های این پژوهش هسو بود. همانگونه که اشاره شد از روش وزن دهی عکس فاصله جهت پهنه بندی و درون یابی غلظت فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه استفاده گردید. مطالعات(Pendias &Pendias, 1992) نیز جهت ارزیابی دقت و صحت روش های مختلف درون یابی نشان داد که برای نمونه های کم، درون یابی به روش وزن دهی عکس فاصله، دقیق ترین روش است. در قسمت توزیع مکانی فلزات سنگین، در پژوهشی به بررسی غلظت فلزات سنگین در خاک مناطق مختلف اصفهان، میزان سرب و کادمیم در خاک اطراف پالایشگاه اصفهان و نیروگاه شهید منتظری بالاتر از حد جهانی گزارش شد(حسینی زاده و ایوبی، ۱۳۸۵) که همسو با بررسی توزیع مکانی فلزات سرب، کادمیم و نیکل در خاک های محدوده بختیار دشت اصفهان به همین نتیجه رسید(حبشی و همکاران، ۱۳۸۵). در منطقه مورد مطالعه غلظت کادمیم بالاتر از حد مجاز بود، که در مطالعه ای که در اصفهان جهت برآورد مقدار کادمیم موجود در خاک شمال اصفهان انجام شد، نتایج نشان داد که کاربری ها تاثیر مهمی در مقدار کادمیم موجود در خاک دارد، به طوری که کاربری صنعتی و شهری، بیشترین میزان کادمیم را نسبت به سایر کاربری ها داشتند(اتابکی و لطفی، ۱۳۹۷)، که با یافته های این پژوهش که خاک اطراف نیروگاه جهت کاربری کشاورزی دارای غلظت بحرانی عنصر کادمیم است همسو بود.

نتیجه گیری

با توجه به موقعیت منطقه مورد مطالعه و تنوع کاربری ها در منطقه به خصوص وجود کاربری های شهری، صنعتی و کشاورزی، بدیهی است که این منطقه در معرض آلودگی های مختلف از جمله آلودگی خاک به فلزات سنگین قرار دارد، که ارائه راه های موثر و برنامه ریزی های مدیریتی مناسب و کارآمدتر جهت پیشگیری، کنترل و کاهش آلودگی خاک به فلزات سنگین امری ضروری است. بررسی وضعیت آلودگی خاک های کشاورزی اطراف صنایع بزرگ مثل نیروگاه ها و پالایشگاه ها، کمک شایانی به عدم ورود فلزات سنگین به زنجیره غذایی و کاهش آلودگی به فلزات سنگین در این خاک ها می شود، به طور کلی زمین های اطراف نیروه گاه شهید منتظری برای کاربری کشاورزی در غلظت فلزات سنگین جز کادمیم در حالت بحرانی نیست. به دلیل سمی بودن فلز کادمیم کشت گونه های درختی غیر مثمر و نباتات صنعتی مثل پنبه و روناس بیشتر توصیه می شود.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان در قالب طرح پژوهشی انجام گرفت، که بدین وسیله از ریاست آن مرکز، ریاست و کارکنان بخش تحقیقات خاک و آب همچنین کارشناسان آزمایشگاه های این بخش که در اجرای این پژوهش مساعدت نموده اند تشکر و قدردانی می شود.

منابع

- اتابکی، م.، لطفی، آ.، ۱۳۹۷.ارزیابی غلظت فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، روی و مس) در خاک های مختف اصفهان در سال ۱۳۹۶. مجله تحقیقات بهداشت محیط، شماره ۴: ص۳۰-۲۱.

- حبشی، ح.، حسینی، م.، شتایی، ش.، ۱۳۸۵. ارزیابی صحت روش های درون یابی برای تخمین مقدار نیتروژن کل با استفاده از GiS. سومین کنفرانس سیستم اطلاعات فضایی، دانشگاه تربیت مدرس.

– حسین علی زاده، م.، ایوبی، س، ح.، ۱۳۸۵. مقایسه روش های مختلف تلاقی در تخمین برخی از خصوصیات خاک سطحی (مطالعه موردی: آبخیزداری مهر، سبزوار) علوم کشاورزی و منابع طبیعی.
– حسینی پاک، م.، ۱۳۶۸. ژئواستاتیک، انتشارات دانشگاه تهران.
– خسروی، آ.،۱۳۹۱. توزیع مکانی فلزات سنگین در خاک های کشاورزی، شهری و صنعتی اصفهان. پایان نامه دانشگاه صنعتی اصفهان.
– ملک زاده، ز.، ۱۳۹۲. توزیع سرب، کادمیم و نیکل در محدوده بختیاردشت اصفهان.(پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان).
– هودجی.م و الف. جلالیان، ۱۳۸۳. پراکنش نیکل،منگنز و کادمیم در خاک و محصولات کشاورزی در منطقه استقرار فولاد مبارکه. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی(دانشگاه صنعتی اصفهان)، سال ۸،شماره ۳، صفحات ۵۵ تا ۶۸.
- Allaway .B.J.1990. Heavy metals in soils:Lead ,Blackie and sonltd,Glassgow, London ,pp .177-196.
- Ayers, R. S and D. W. Westcont. 1985. Water quality for agriculture, Rev. 1. FAO, Rome, pp. 174.
- Bremner J.M.(1996).Nitrogen-total. In: Sparks, D.L., A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N.
- Chand V, Prasad S. ICP-OES assessment of heavy metal contamination in tropical marine sediments: a comparative study of two digestion techniques. Microchemical Journal. 2013;111:53-61.
- Chaney ,R.L. 1990. Public health and sludge utilization. Biocyle.31:68-73.
- Heavy metals and their environmental significance. PP.113-142. In: B.A. Steward (Ed), Advances in Soil Science. Vol. 4, Springer Verlage, New York.
- Huang ,P.M. and I.k.Iskandar.2000. Soils and Ground Water Plloution and Remediation: Asia, Africa and Oceania. Lewis Publishers, Boca Raton ,London ,New York ,Washington ,D.Cpage, A.L.,T.Logan and J.Ryan (Eds.). 1987.Land APPLication of Sludge. Lewis Publishers, Chelsea,MI.Tiller, K.G.1989.
- Jing ,J.,T.J. Logan. 1992. Effects of sewage sladge cadmium concentration on chemical extractability and plant uptake .J. Environ. Qual. 21:73-81.
- Kabata-Pendias A, Pendias H. Trace elements in the biological environment. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa. 1979:122-78.
- Kishe M, Machiwa J. Distribution of heavy metals in sediments of Mwanza Gulf of Lake Victoria, Tanzania. Environment International. 2003;28(7):619-25.
- Kozlov, M.V, E.Haukioja, A.V.Bakhtiarov and D.N. Stroganov.1995. Heavy metals in birch leaves around a Nichel – Copper Smelter at Monchegorsk, Northwestern. Russia, Environmental Pollution, Vol. 90, No.3, PP.291-299..
- Luo X-S, Xue Y, Wang Y-L, Cang L, Xu B, Ding J. Source identification and apportionment of heavy metals inurban soil profiles. Chemosphere. 2015;127:152-57.
- Mihailović A, Budinski-Petković L, Popov S, Ninkov J, Vasin J, Ralević N, et al. Spatial distribution of metals in urban soil of Novi Sad, Serbia: GIS based approach. Journal of Geochemical Exploration. 2015;150:104-14.
- Olsen S.R., Cole C.U., Watanabe F.S. and Deen L.A. (1954). Estimation of available phosphorus in soil by extracting with sodium bicarbonate (USDA Circular 939), Washington D.C.: U.S. Government Printing Office, 321 pp.
- Pendias . A. K , and H. Pendias .1992 . Trace elements in soils and plants : V. Lead , 2nd ed . Boca Raton Arbor , London , p . 187-198.
- Smith, S.R. 1994 . Effect of soil Phon availability to crops of metals in sewage sludge-treated soil. 1. Nickel,Cu and Zn uptake and toxicity to ryegrass. Environ. Pollut. 85:321-327.
- Soltanpour, M.A. Tabatabai, G.T. Johnston, & M.E. Sumner, (eds.), Method of soil analysis, Published by: Soil Science Society of America, Inc. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA. 1390 pp.
- Wu C, Zhang L. Heavy metal concentrations and their possible sources in paddy soils of a modern agricultural zone,southeastern China.Environmental Earth Sciences.2010;60(1):45-56.
- Yang Z, Zhang S, Liao Y, Li Q, Wu B, Wu R. Remediation of heavy metal contamination in calcareous soil by washing with reagents: A column washing. Procedia Environmental Sciences. 2012;16:778-85.
- Yu S, Li X-d. The mobility, bioavailability, and human bioaccessibility of trace metals in urban soils of Hong Kong. Applied Geochemistry. 2012;27(5):995-1004.
- Zhao Y, Wang Z, Sun W, Huang B, Shi X, Ji J. Spatial interrelations and multi-scale sources of soil heavy metal variability in a typical urban–rural transition area in Yangtze River Delta region of China. Geoderma. 2010;156(3):216- 27.