

اندازه گیری غلظت عنصر سنگین آرسنیک در خاک (مطالعه موردی شهرک صنعتی ابیک)

دکتر شهزاد خرم نژادیان^{۱*} ، مهنوش عطاپور^۲

۱- گروه محیط زیست ، واحد دماوند ، دانشگاه آزاد اسلامی ، دماوند ، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد ، گروه محیط زیست ، واحد دماوند ، دانشگاه آزاد اسلامی ، دماوند ، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول : khoramnezhadian@yahoo.com

تاریخ دریافت : ۹۹/۰۲/۲۷ تاریخ پذیرش : ۹۹/۰۳/۲۵

چکیده

آلودگی خاک به فلزات سنگین از معضلات محیط زیست میباشند. در این تحقیق آلودگی خاک مناطق اطراف شهرک صنعتی ابیک مورد بررسی قرار گرفته است. شهرک صنعتی ابیک در استان قزوین واقع شده است. در این تحقیق آلودگی خاک به آرسنیک مورد بررسی قرار گرفته است. از ۷ نقطه نمونه برداری صورت گرفته است. پارامترهای خاک نیز اندازه گیری شدند. نمونه برداری خاک در سطح، عمق ۵ و ۱۰ سانتی متری صورت گرفته است. نتایج نشان میدهند که با افزایش عمق میزان آرسنیک افزایش می یابد. میزان آرسنیک در نقطه شاهد کمترین مقدار بود و بیشترین مقدار در حد فاصل شهرک تا جاده اندازه گیری شد. بیشترین میزان آرسنیک در داخل شهرک مربوط به ضلع جنوبی بوده است. در کل میزان آرسنیک در خاک منطقه صنعتی ابیک در حد استاندارد میباشد. ابتدا به نظر میرسید که وسایط نقلیه بر تجمع آرسنیک در خاک موثر هستند اما نتایج آماری نشان میدهند که با ضریب اطمینان ۹۵٪ آرسنیک خاک منطقه منشا صنعتی دارد.

کلمات کلیدی

"آرسنیک"، "شهرک صنعتی"، "فلزات سنگین"، "آلودگی خاک"

Arsenic measurement in soil (case study: Abyek industrial town)

Shahrzad khoramnejadian^{1*} ، Mahnoosh atapoor²

*1. Department of environment, damavand branch, Islamic azad university , Damavand, iran

*Email Address: khoramnezhadian@yahoo.com

Abstract

Soil contamination is one of the major problem in the world. Abyek industrial zone situated in Qazvin province. In these research soil contamination of surrounding area of Abyek industrial town has been studied. In these study arsenic amount as a soil contaminant were measured. Sampling of six contaminated and one control point were done. Soil parameters were measured too. Soil sampling at surface and depth of 5 and 10 cm were done. Result shown that with depth increasing the amount of Arsenic were increased. Lower amount of arsenic were reported at control point and higher amount reported at area between highway and industrial town. Higher amount of arsenic was on the south side of industrial town. Generally, the arsenic content of soil in the abyek industrial town is standard. first seems vehicles has an inmportamnt effect on arsenic concentration in soils but statistical results shown with 95% confidence that soil arsenic has an industrial origin.

Keywords

"Keyword", "Arsenic", "industrial town", "heavy metals", "soil contamination"

۱- مقدمه

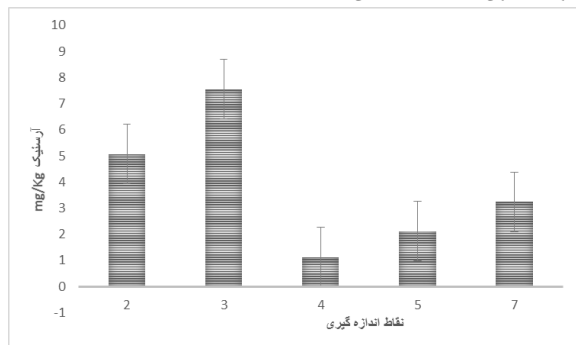
در جهان امروز با پیشرفت تکنولوژی آلودگیهای محیط زیست نیز افزایش قابل توجهی داشته اند. آلودگی خاک یکی از انواع آلودگیها میباشد که سلامت انسان و محیط را تهدید مینماید. خاک در تولید مواد غذایی نقش عمده ای دارد و همچنین بعنوان عاملی در پاکسازی طبیعت بکار میرود (کرمی سرخه لیژه، شهناز و امجد ملکی، ۱۳۹۳). آلودگی خاکهای کشاورزی سبب ورود آلاینده ها به زنجیره غذایی میگردد. خاک بستری برای رشد گیاهان و اکوسیستمی منحصر به فرد میباشد. سلامت خاک عامل مهمی در سلامت محیط زیست و جامعه است. هم اکنون آلودگی خاکها بخصوص خاکهای کشاورزی به سموم، فلزات سنگین و سایر آلاینده ها سبب نگرانیهایی در سطح جهانی شده است (عبدلی و همکاران، ۱۳۹۱). آلاینده ها در فعالیتهای اکوسیستمها خلل ایجاد میکنند، در این میان فلزات سنگین اثرات قابل توجهی بر سلامت اکوسیستمها دارند (رحمانی و همکاران، ۱۳۷۹) فلزات سنگین گروهی از فلزات میباشد که وزن اتمی بالایی دارند مانند: کادمیم، سرب، آرسنیک و... میباشد. فلزات سنگین از طریق صنایع، کشاورزی، حمل و نقل و ... وارد محیط زیست میگردد (هودجی و همکاران، ۱۳۸۳). آلودگی خاک منشاء طبیعی و مصنوعی دارد کارخانجات، معادن، زمینهای کشاورزی و .. مواد آلاینده را به خاک وارد میکنند (Srinuttrakul, Yoshida., 2013) فاضلاب صنعتی، کودهای شیمیایی، سموم و لجن فاضلاب از منابع ورود فلزات سنگین به محیط زیست میباشد (امینی و همکاران، ۱۳۹۶). محقق بنام وانگ به این نتیجه رسید که شرایط خیابانهای شهر بر پراکندگی فلزات سنگین اثر دارد. وانگ اعلام کرد که ارتفاع گیاهان، فضای سبز، ارتفاع ساختمانهای اطراف، معماری اطراف خیابان و طول و عرض آن در پراکنش فلزات سنگین موثرند (Wang, 2005) باد نیز در پراکنش فلزات سنگین اثر دارد، دوری و نزدیکی به جاده و محلهای پرتردد بر میزان فلزات سنگین محیط اثرگذار است (Olajire et al., 1997) فعالیت هایی که به منظور توسعه و پیشرفت صنعت و اقتصاد در دنیا انجام می پذیرد؛ علاوه بر محصول نهایی؛ محصولات جانبی همانند فلزات سمی را نیز به طور ناخواسته وارد طبیعت می کند. از ۳۵ فلز سمی که انسانها با آنها در تماس هستند، ۲۳ فلز آن جز فلزات سنگین به حساب می آیند (کمره ای و همکاران، ۱۳۹۶). فلزات سنگین از جمله اصلی ترین آلاینده های خاک و منابع آبی محسوب می شوند. این عناصر به دلیل آنکه طی فرایندهای بیولوژیک به راحتی تجزیه نمیشوند، از آنها تحت عنوان آلاینده های دارای پایداری بالا یاد میشود (احمدی و همکاران، ۱۳۹۳). فلز سنگین در علم شیمی ۴۰ عنصری هستند که وزن مخصوص بالاتر از ۵٫۳ گرم بر سانتی متر مکعب دارند. این عناصر پایدار هم منشاء انسان ساخت و هم منشاء طبیعی دارند و غلظت آنها نیز تابعی از این دو عامل است (خمر و همکاران، ۱۳۹۱). گرچه فلزات سنگین بطور طبیعی در خاک یافت میشوند اما هر زمان مقادیر بالایی از آن در خاک وجود داشته باشد، نشانگر فعالیت های انسانی است. فعالیت های متعددی از قبیل کشاورزی و کود دهی توسط کودها حیوانی و شیمیایی؛ معدن، صنایع آهن و فولاد از جمله اصلی ترین فعالیت های موثر در آلودگی خاک به فلزات سنگین هستند (سیستانی و همکاران، ۱۳۹۶). قابلیت تجمع زیستی این فلزات سبب

میشود هرچه در طی گذشت زمان، تماس بیشتری با این آلاینده ها داشته باشد، میزان تجمع آنها در بدن، مخصوصاً در بافت های چربی بیشتر میشود (کاظم زاده خویی و همکاران، ۱۳۹۱). آرسنیک شبه فلزی است که هم به صورت طبیعی و هم به صورت آنتروپوژنیک (انسان ساخت) وجود دارد. و از لحاظ زیست محیطی نوعی ماده سمی محسوب می شود (شاهمرادی و همکاران، ۱۳۹۴). بررسی ها نشان می دهد آرسنیک موجود در کودها و یا خاک های آلوده توسط ریشه گیاهان جذب شده و از طریق زنجیره غذایی انسانها سبب آلوده ساختن آنها به آرسنیک میشود (بوداگی و همکاران، ۱۳۹۰). آرسنیک از جمله سمی ترین و خطرناک ترین عناصری است که در آبهای طبیعی اکثر دنیا وجود دارد. فرایندهایی از قبیل تجزیه؛ خصوصاً تجزیه شیمیایی سنگ ها موجب تحرک پذیری و افزایش انتشار آرسنیک در محیط می گردد (صفری و همکاران، ۱۳۹۵). سازمان بهداشت جهانی حداکثر غلظت ۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم آرسنیک را برای منابع خاکی قابل قبول میداند (کلاه کج و همکاران، ۱۳۹۵) با وجود اینکه آرسنیک به صورت طبیعی در خاکهای مناطق مختلف وجود دارد، اما انجام فعالیت های انسانی نیز سبب افزایش این میزان می گردد. یکی از اصلی ترین عوامل آنتروپوژنیک افزایش آرسنیک خاک، فرایندهایی از قبیل معدن کاری و وجود شهرک های صنعتی می باشد (نادری و عباسپور - عناصر کمیاب از خاک به انسان ۱۳۹۵). شهرک صنعتی آبیگ که با مساحتی در حدود ۱۰۰ هکتار در ۵۰ کیلومتری بزرگراه قزوین- تهران قرار دارد با دارا بودن حدود ۱۴۱ واحد صنعتی اعم از ماشین سازی، آلومینیوم سازی، صنایع کاغذی چاپ و بسته بندی، رنگ سازی، رزین سازی، تراشکاری، تولیدی صنایع شیمیایی و پتروشیمی، جوشکاری صنایع کامپیوتری و تولید کابل و غیره است. با توجه به اینکه آرسنیک چه به صورت مستقیم در صنایع از جمله کابل سازی به عنوان آلیاژ جهت افزایش مقاومت سرب و گاز آرسین در صنایع میکرو الکترونیک، صنایع کامپیوتری و الکترونیکی مخصوصاً در بخش تولید مدارهای الکترونیکی، صنایع تولید اکت کش های حاوی آرسنیک، صنایع شیمیایی و پتروشیمی کاربرد دارد، به نظر میرسد به صورت غیرمستقیم از فعالیت های صنایع واقع در شهرک صنعتی آبیگ تولید می شود. در این پژوهش از خاک این شهرک و نواحی اطراف آن نمونه برداری به عمل آمده است و هدف آن مقایسه آرسنیک موجود در خاک با استاندارد میباشد.

۲- روش انجام تحقیق

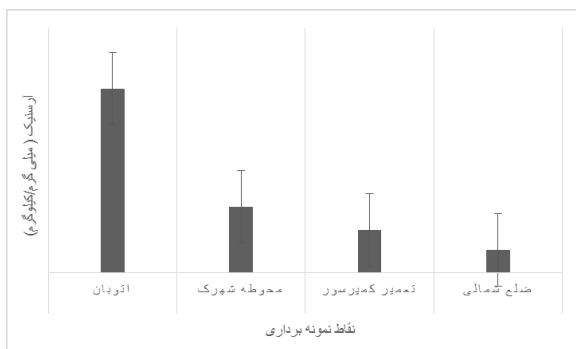
منطقه مورد مطالعه شهرک صنعتی آبیگ و نواحی مجاور آن بوده است. تعداد هفت نقطه از داخل، خارج و فاصله دورتری نسبت به شهرک صنعتی برای اندازه گیری انتخاب شده است. جهت نمونه برداری از بیلچه پلاستیکی استفاده شد. نمونه برداری در عمق (۰-۱۰ سانتی متری) انجام شده است. نمونه برداری ابتدا بصورت مرکب انجام شده است و نمونه هایی نیز از عمق ۵ و ۱۰ نیز برداشت شده است. یعنی در ظرف پلاستیکی مخلوط و در نهایت در کیسه پلاستیکی دردار ریخته و در جعبه یخ به آزمایشگاه منتقل خواهد شد. نمونه های خاک ابتدا در هوای آزاد خشک شدند و سپس ۲۴ ساعت در اون در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد خشک شده از الک ۶۳/۰ میکرون گذرانده شدند. نیم گرم از نمونه وزن شده و سپس با ۲ قطره اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال

حفظ و تحرک آن بستگی دارد. پیوند آرسنیک با ذرات کلوئیدی ، تابعی از تغییرات اسیدیته و هدایت الکتریکی بستگی دارد (Naidu et al., 2001). تحرک آرسنیک در فاز تبدیلی همچنین به بارهای سطحی خاک و حضور عناصری مثل آهن، منگنز، کلسیم و فسفات در خاک بستگی دارد (سوری و بیگ محمدی ، ۱۳۹۵). در اسیدیته بالا و میزان کلسیم بالا جذب آرسنیک افزایش می یابد و آبشویی آرسنیک کمتر خواهد بود. خاک های سنگین یا رسی محتوی بیش از ۲۸ درصد رس بوده و چسبندگی آنها زیاد است. ساختمان خاک در صورتی که مواد آلی خاک ناچیز باشد از پایداری مطلوبی برخوردار بوده و سطح خاک در اثر تناوب خشکی و رطوبت، ایجاد درز و ترک می کند که به انتقال آب و هوا به درون خاک کمک می کند.



شکل ۱- مقایسه مقادیر آرسنیک در داخل شهرک

میزان آرسنیک در خاکهای داخل شهرک را نشان میدهد. بیشترین میزان تجمع آرسنیک در نقطه ۳ و کمترین در نقطه ۴ میباشد. نقطه ۴ در ضلع شمالی شهرک قرار داشته و نزدیک به زمینهای خارج منطقه میباشد که کاربری صنعتی ندارند. نقطه ۳ در ورودی شهرک صنعتی میباشد و در کنار جاده نیز واقع شده است.



شکل ۲ - مقادیر آرسنیک با افزایش فاصله از جاده

نشان میدهد که با افزایش فاصله از جاده (اتوبان) میزان آرسنیک کاهش می یابد. درون شهرک نیز هر چه به قسمتهای شمالی که اصله بیشتری نسبت به جاده دارند میرسیم میزان آرسنیک کاهش می یابد. البته این نکته را هم باید در نظر داشت که فعالیتهای ضلع شمالی و مرکزی شهرک کمتر در فرآیندشان فلزات سنگین کاربرد دارد و یا سیستمهای تصفیه کامل و مجهزی دارند. به نظر میرسد که آرسنیک علاوه بر منشأ صنعتی، دارای منشأ موتوری نیز میباشد و همکنشی منابع صنعتی و منابع موتوری سبب افزایش میزان تجمع آرسنیک خاک میشود، زیرا نزدیکی به جاده اثر مستقیم بر افزایش آرسنیک خاک دارد.

روی آن در بشر ریخته شد. سپس برای تجزیه سیلیکات های خاک ۵ سی سی اسید فلوریدریک روی حمام شن تا ۱۲۵ درجه سانتی گراد حرارت داده شد. برای هر نمونه حدود ۷ سی سی تیزاب سلطانی به منظور تجزیه نیترات ها و کربنات های خاک افزوده و روی حمام شن تا ۱۲۵ درجه سانتی گراد حرارت داده شد. سپس ۳ سی سی اسید پرکلریک (برای تجزیه مواد آلی) اضافه و مجدداً توسط هات پلیت تا نزدیک خشک شدن حرارت داده شد. در نهایت توسط اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال حجم نمونه در بالن ژوژه به ۵۰ سی سی رسانده شد. سپس نمونه ها به دستگاه جذب اتمی تزریق و نتایج قرائت گشت.

جدول ۱- نقاط نمونه برداری از خاک

نقاط	محل	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	اتوبان	۵۰,۵۲۹۹۸۴	۳۶,۰۵۰۷۹۲
۲	ضلع غربی	۵۰,۵۲۹۹۸۴	۳۶,۰۵۰۷۹۲
۳	ورودی شهرک صنعتی	۵۰,۵۳۴۹۵۱	۳۶,۰۵۳۷۴۱
۴	ضلع شمالی	۵۰,۵۲۸۰۵۵	۳۶,۰۶۲۵۲۱
۵	تعمیر کمپرسور	۵۰,۵۲۹۷۹۳	۳۶,۰۵۵۷۳۰
۶	پارک بانوان (شاهد)	۵۰,۵۲۹۹۰۵	۳۶,۰۴۹۱۷۳
۷	محوطه شهرک	۵۰,۵۳۴۸۰۳	۳۶,۰۵۵۳۰۱

۳- نتایج

جدول ۲- پارامترهای خاک در منطقه مورد بررسی

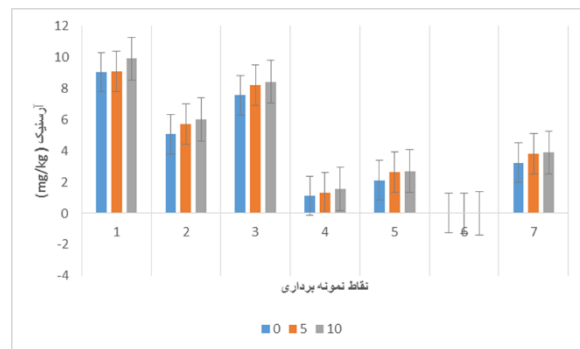
پارامتر	نتایج	واحد
pH	۸/۳	
EC	۱۰/۶	ds/m
کربن آلی	۱۹	درصد
کلسیم	۴/۱	mg/L
منیزیم	۵/۳	mg/L
پتاسیم	۱/۶	mg/L
کربنات	۳/۹	mg/L
سدیم	۹۰/۲۳	mg/L
باقات خاک	سنگین	

جدول (۲) پارامترهای خاک در منطقه مورد بررسی را نشان میدهد. پارامترهای تشکیل دهنده خاک اطلاعاتی را درباره شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک ارائه میدهد. pH خاک شاخص مهمی در ارزیابی شیمیایی محیطی خاک می باشد که بعنوان یک عامل برای میزان پایداری خاک مورد بهره برداری قرار می گیرد. اسیدیته خاک همچنین شاخصی برای فرآیند های شیمیایی است که در خاک در حال وقوع است. اسیدیته خاک در مقادیر مختلف سبب کاهش و یونیزه شدن کاتیون ها و آنیون ها موجود در محلول خاک می شود. اسیدیته برابر با ۸/۳ میباشد که خاک را در دسته خاکهای نسبتاً قلیایی قرار میدهد. در محلولیت عناصر در خاک اسیدیته موثر است. تجمع آرسنیک در خاک به

تمامی نمونه ها میزان آرسنیک از حد استاندارد کمتر میباشد. تمامی نمونه ها میزان آرسنیک از حد استاندارد کمتر میباشد. در پژوهش مشابهی توسط ها شمی و همکاران در مقاله ای تحت عنوان " بررسی آلودگی فلزات سنگین سرب کروم منگنز و آرسنیک و اثرات آنها بر شرایط زیست محیطی منطقه بهاباد استان یزد " به منظور آنالیز عنصری نمونه ها بر اساس شبکه بندی های سیستماتیک ، اعماق مختلف خاک را مورد بررسی قرار دادند. آنها دریافتند که غیر از چند نمونه های شهری و کشاورزی در شمال شهر بهاباد که میزان آرسنیک در آنها بالاتر از استاندارد می باشد و در باقی نمونه ها میزان آرسنیک موجود در خاک در حد استاندارد های جهانی است (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۵).

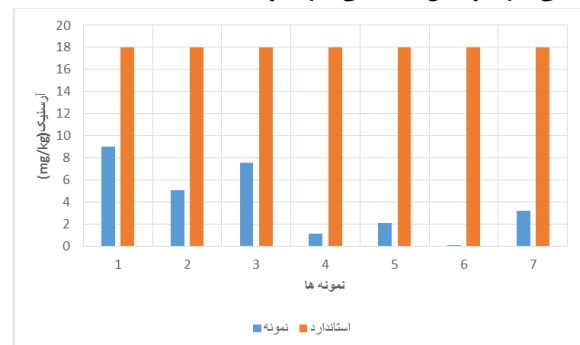
۴- نتیجه گیری

در این پژوهش که در مورد تجمع آرسنیک در خاکهای محدوده شهرک صنعتی آبیگ صورت گرفته است، با افزایش عمق خاک میزان آرسنیک افزایش یافته است. همچنین در محدوده شهرک در ضلع جنوبی و در قسمتهایی که به جاده نزدیکتر بود میزان آرسنیک بیشتر از اضلاع شمالی شهرک صنعتی بوده است. میزان آرسنیک در تمامی نقاط نمونه برداری در حد استاندارد و مجاز بوده است. میتوان به این نتیجه رسید که این شهرک از سیستمهای تصفیه مناسب بهره میبرد و یا محصولات جانبی که آرسنیک وارد محیط میکنند در این محیط حداقل هستند. آلودگی فلزی ناشی از فرایندهای صنعتی به محیطهای دیگر وارد نشده است و در قسمتهای دیگر بخصوص نزدیکترین پارک به محدوده مطالعاتی خاک فاقد آلودگی فلزی بوده است.



شکل ۳- مقادیر آرسنیک در سطح، عمق ۵ و ۱۰ سانتی متری خاک

میزان آرسنیک با افزایش عمق در خاک افزایش داشته است. آرسنیک به طور طبیعی به مقدار کم در زمین وجود دارد. آلودگی آرسنیک گسترده است زیرا به راحتی منتشر می شود. هنگامی که آرسنیک غیرمتحرک باشد، نمی تواند به آسانی حرکت کند. در پژوهشی مشابه که توسط کریمی و همکاران در مقاله ای تحت عنوان " تاثیر کاربرد فاضلاب تصفیه شده شهری بر میزان و الگوی تجمع برخی از فلزات سنگین در نیمرخ خاک زیر کشت ذرت و گوجه فرنگی " در آزمایشی به صورت فاکتوریل و کاملاً تصادفی ، دریافتند خاک آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده شهری نسبت به آبیاری با آب معمولی حاوی مقادیر بالای فلزات سنگین می باشد. نتایج نشان داد هرچه عمق و فاصله از گیاه افزایش یابد میزان فلزات سنگین کاهش می یابد (کریمی و همکاران - ۱۳۹۵). در پژوهش حاضر در سطح خاک میزان آرسنیک بسیار کمتر از عمق ۵ سانتی متری و عمق ۱۰ سانتی متری بوده است .



شکل ۴- مقایسه میزان آرسنیک در خاک با استاندارد

منابع

- سیستمی ندا، معین الدینی مظاهر، خراسانی نعمت اله، حمیدیان امیرحسین، علی طالشی محمد صالح، عظیمی یانچشمه رخساره. آلودگی فلزات سنگین در خاکهای مجاور صنایع فولاد کرمان: ارزیابی غنای فلزی و درجه آلودگی. سلامت و محیط زیست. ۱۳۹۶؛ ۱۰ (۱): ۷۵-۸۶
- سوری، بابک، بیگ محمدی، فوزیه. (۱۳۹۵). مطالعه اثر کود فسفات آمونیوم بر روی اسیدیت و شوری خاک های آهکی و قابلیت دستیابی زیستی آرسنیک با استفاده از ستون های خاک (مطالعه موردی منطقه قروه). پژوهش های محیط زیست، ۷(۱۴): ۵-۱۴.
- کرمی سرخه لیژه، شهناز و امجد ملکی، ۱۳۹۳، آلودگی خاک و راه های پیشگیری از آن، دومین همایش ملی مهندسی و مدیریت کشاورزی، محیط زیست و منابع طبیعی پایدار، تهران، دبیر خانه دائمی همایش، دانشگاه شهید بهشتی، https://www.civilica.com/Paper-MEAENRS02-MEAENRS02_249.html
- عبدلی، دکتر محمد علی، کرباسی، دکتر عبدالرضا، قنبری، دکتر احمد، خواجه، دکتر مصطفی، قادری، عباسعلی. (۱۳۹۱). تحلیلی بر آلودگی خاک و آثار آن بر اقتصاد کشاورزی مورد شناسی: آلودگی خاک و آثار آن بر کشت شاهی در سیستان. فصلنامه جغرافیا و آمایش شهری - منطقه ای، ۲(۵)، ۷۷-۸۸.

- رحمانی حمیدرضا، کلباسی محمود، حاجرسولیهها شاپور. آلودگی خاک بوسیله سرب حاصل از وسایل نقلیه در محدوده برخی از بزرگراه‌های ایران. مجله علوم آب و خاک. ۱۳۷۹؛ ۴ (۴): ۳۱-۴۲
- مهران هودجی ، احمد جلالیان . پراکنش نیکل، منگنز و کادمیوم در خاک و محصولات کشاورزی در منطقه استقرار مجتمع فولاد مبارکه. مجله علوم آب و خاک. ۱۳۸۳؛ ۸ (۳): ۵۵-۶۷.
- هاشمی، مجید؛ علی رضا قراگزلو و افشار ضیاءظریفی، ۱۳۹۵، بررسی آلودگی فلزات سنگین سرب، کروم، منگنز و آرسنیک و اثرات آنها بر شرایط زیست محیطی منطقه بهاباد ، استان یزد، پنجمین همایش سراسری محیط زیست، انرژی و پدافند زیستی، تهران، موسسه آموزش عالی مهر اروند، مرکز راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار، https://www.civilica.com/Paper-ECONF05-ECONF05_050.html
- کریمی، بهتیار، عبدی، چنور، فتحی تیلکو، زینب، گویلیان، هو شیار. (۱۳۹۵). تأثیر کاربرد فاضلاب تصفیه شده شهری بر میزان و الگوی تجمع برخی از فلزات سنگین در نیمرخ خاک زیر کشت ذرت و گوجه‌فرنگی. پژوهش آب در کشاورزی، ۱(۳۰)، ۸۹-۱۰۱. doi: 10.22092/jwra.2016.106204
- امینی، ملیحه، برومند، ناصر، حق پرست، حامد. (۱۳۹۶). بررسی میزان تجمع و انتقال فلز مس به گیاه نی‌تالابی در خاک‌های آلوده. پژوهش های محیط زیست، ۸(۱۶)، ۱۵۷-۱۶۶.
- آلینا کاباتا - پندیاس ، آرون.ب. موخرجی، عباسپور ، علی ، نادری علی اصغر (ترجمه) ، عناصر کمیاب از خاک به انسان ، ناشر : شاهرود: دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۳۹۵. شماره کتابشناسی ملی ۴۲۵۲۷۲۸
- کمره ئی بهرام، میر حسینی سید حامد، جعفری علی، عسگری قربان، بیرجندی مهدی، رستمی زینب. اندازه گیری غلظت فلزات سنگین (آر سنیک،باریم،کادمیوم،جیوه،سرب،کرم)در منابع آب و رودخانه شهر بروجرد در سال ۱۳۷۸-۱۳۸۸. مجله علمی پژوهشی یافته. ۱۳۸۸؛ ۱۱ (۴) ۴۵-۵۱:
- شاهمرادی سجاده، افیونی مجید، حاج‌عباسی محمدعلی، خوشگفتارمنش امیرحسین، شیروانی مهران. تأثیر جاذب‌های معدنی بر تحرک آرسنیک و فسفر در یک خاک آلوده به آرسنیک. مجله علوم آب و خاک. ۱۳۹۴؛ ۱۹ (۷۱): ۱۷۹-۱۸۹
- احمدی، مینا، خانی پور، علی اصغر، ابوالقاسمی، سید جواد. (۱۳۹۳). اندازه گیری و مقایسه غلظت فلزات سنگین کادمیوم ، نیکل و روی در بافت خوراکی عضله اردک ماهی (Esox lucius) تالاب انزلی. مجله علمی شیلات ایران، ۲۴(۱)، ۷۵-۸۲. doi: 10.22092/isfj.2014.103095
- خمر، زهرا؛ محمد حسین محمودی قرایی؛ علی مخدومی و علیرضا سیاره، ۱۳۹۱، تعیین شاخصهای آلودگی در منابع آب محدودهی معدن طلای زرمهر (ترت حیدریه)، سی و یکمین همایش علوم زمین، تهران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- سیستمی ندا، معین الدینی مظاهر، خراسانی نعمت اله، حمیدیان امیرحسین، علی طالشی محمد صالح، عطیمی یانچشمه رخساره. آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های مجاور صنایع فولاد کرمان: ارزیابی غنای فلزی و درجه آلودگی. سلامت و محیط زیست. ۱۳۹۶؛ ۱۰ (۱): ۷۵-۸۶.
- کاظم‌زاده خوبی، جواد، سادات نوری* ، اعظم، پورنگ ، نیما، عزیززاده، محمد، قریشی، حسین، پاداش، امین. (۱۳۹۱). بررسی و اندازه‌گیری فلزات سنگین نیکل، سرب، مس، منگنز، روی، کادمیوم و وانادیوم در سبزی‌های خوراکی جنوب پالایه شگاه تهران. پژوهش های محیط زیست، ۳(۶)، ۶۵-۷۴.
- بوداگی هاجر، یونسیان مسعود، محوی امیرحسین، محمدی محمودعلی، دهقانی محمدهادی، نظم‌آرا شاهرخ. بررسی میزان آرسنیک، کادمیوم و سرب در خاک و آب زیرزمینی و ارتباط آن با کود شیمیایی در خاک شالیزار. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران . ۱۳۹۰؛ ۲۱ (۱): ۲۰-۲۸
- صفری، شیرین، اصغری‌مقدم، اصغر، ندیری، عطاالله، سیاه‌چشم، کمال. (۱۳۹۵). منشا آرسنیک و چگونگی آزادسازی آن در منابع آب زیرزمینی دشت چهاردولی، استان کردستان. فصلنامه علمی-پژوهشی علوم زمین، ۲۵(۹۹)، ۲۶۱-۲۷۰. doi: 10.22071/gsj.2016.40917
- کلاه کج، مرضیه؛ صدیقه بطالبویی؛ حکیمه امانی پور و سروش مدبری، ۱۳۹۵، بررسی غلظت آرسنیک در نمونه های برنج و دوز ورودی به انسان در منطقه میداوود، خوزستان، فصلنامه سلامت و محیط زیست ۹(۴) ،
- Olajire, A. and Ayodede, E. 1997. Contamination of roadside soil and grass with heavy metals. Journal of Environment international 23: 91-101.
- Wang, X. 2005. Integrating GIS, simulation models and visualization in traffic impact analysis. Computers, Environment and Urban Systems. 29: 471-496.
- Naidu, A., Cooper, L., Finney, B. et al. Organic carbon isotope ratios ($\delta^{13}C$) of Arctic Amerasian Continental shelf sediments. Int J Earth Sci 89, 522-532 (2000). <https://doi.org/10.1007/s005310000121>
- Srinuttrakul, W., Yoshida, S. Concentration of arsenic in soil samples collected around the monazite processing facility, Thailand. J Radioanal Nucl Chem 297, 343-346 (2013). <https://doi.org/10.1007/s10967-012-2347-0>