توزیع مکانی کادمیم و سرب در خاک های کشاورزی لنجانات اصفهان

۱ـ اردشیر خسروی دهکردی*، ۲ـ مجید افیونی، ۳ـ علیرضا سفیانیان

۱-کارشناس ارشد، آلودگی های محیط زیست، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۲ـ استاد ، علوم خاک، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۳ـ دانشیار، ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

منابع آلاینده های غیر نقطه ای به عنوان مهمترین عوامل آلوده کننده منابع آب و خاک در مقیاس جهانی به شمار می روند. کشاورزی و حمل و نقل بیشترین سهم را در ایجاد این نوع آلاینده ها دارند. هدف از این مطالعه تهیه نقشه پتانسیل آلودگی خاک سطحی کشاورزی به کادمیم و سرب به روش کریجینگ ناپیوسته در اصفهان می باشد. برای این منظور تعداد ۳۸ نمونه خاک کشاورزی به عمق صفر تا ۱۵ Cm برداشت شد. آنالیز فیزیکی و شیمیایی خاک ها به روش استاندارد انجام شد. توصیف آماری در نرم افزار Minitab و همبستگی مکانی در برنامه رایانه‌ای ArcGIS 9.2 انجام شد. میان‌یابی به روش کریجینگ ناپیوسته در محیط GIS انجام شد. حداکثر غلظت کادمیم و سرب در خاک کشاورزی اصفهان به ترتیب ۲/۸ mg/kgو ۵۹/۶ و میانگین به ترتیب mg/kg ۱/۸ و ۳۲/۵ ، کمتر از مقدار سازمان حفاظت محیط زیست ایران(کادمیم(۵ mg/kg) و سرب (۷۵ mg/kg) بدست آمد.

مقدمه

انباشت عناصر سنگین در خاک بخصوص در زمین های کشاورزی باعث جذب مقادیر زیاد آنها توسط گیاهان شده و لذا بیشتر از حد طبیعی وارد زنجیره غذایی انسان ها و حیوانات می شوند انباشت عناصر سنگین در خاک باعث بروز اختلال در دیگر بخش های اکوسیستم خواهد شد. به عنوان نمونه در صورتی که غلظت کادمیوم در خاک از ۳ میلی گرم تجاوز نماید تثبیت نیتروژن توسط میکروارگانیسم ها مختل می گردد. در بین عناصر سنگین سرب و کادمیم به دلیل نیمه عمر طولانی آنها در بدن انسان و حیوانات ازاهمیت زیادی برخوردارند[Poikolainen, J.E. et al., 2004, NIOSH 1997]. در بین عناصر موجود در کودهای شیمیایی کادمیوم مهمترین آنها محسوب میشود .بر اساس مطالعه صورت گرفته در کشور انگلستان ،درمناطق غیر صنعتی و غیر آلوده بیش از۵۰ درصد ازکل کادمیم ورودی به زمین های کشاورزی ناشی ازکاربرد کودهای فسفره است[Mortvedt, J. 1996] سهم کودهای فسفره در ورود کادمیم به زمین های کشاورزی در کشورهای اروپایی بین ۴۴ تا ۷۷ درصد از مقدار کل کادمیم ورودی است[EUROSTAT 1995]. باتوجه به مصرف بی رویه کودهای شیمیایی در ایران سهم کودهای فسفره در انباشت عناصر سنگین و بخصوص کادمیم در زمین های کشاورزی قابل توجه است[امینی، م و همکاران، ۱۳۸۵]. به طور کلی بخش زیادی از عناصر سنگین تولید شده در اثر فعالیت های صنعتی و شهری وارد سیستم جمع آوری و تصفیه فاضلاب شده و در نهایت در لجن فاضلاب انباشته می شود. ورود پساب های صنعتی (بخصوص کارگاه های آبکاری فلزات و کارواش ها)، ورود غیر مستقیم آلودگی ناشی از ترافیک، ورود فاضلاب های خانگی و غیره منجر به ورود عناصر سنگین به لجن فاضلاب می شود[امینی، م. و همکاران ۱۳۸۵، واثقی، س.و همکاران ۱۳۸۲، هودجی، م. و همکاران ۱۳۸۶، Englund, E,1980 Van Meirvenne, M,2001]. این آلودگی ها در اثر مصرف لجن فاضلاب در زمین های کشاورزی باعث ورود فلزات سنگین از جمله سرب و کادمیم به خاک های کشاورزی می شوند. شناسایی مناطق آلوده و یا در معرض آلودگی به عناصر سنگین با توجه به وسعت مکانی و همچنین مشکلات مربوط به نمونه های جمع آوری شده، نیازمند استفاده از روش های پیشرفته آماری می باشد. تغییر پذیری مکانی و گسترش جغرافیایی غلظت عناصر سنگین در حقیقت جنبه کلیدی شناسایی مکان های آلوده است. زمین آمار به مجموعه روش هایی اطلاق می گردد که بر مبنای تئوری متغیر های ناحیه ای بوجود آمده و امکان تخمین و یا شبیه سازی مقادیر یک متغییر را در مکان خاص و به کمک اطلاعات موجود در اطراف آن فراهم می نماید. این تکنیک ها در سال های اخیر به طور گسترده ای برای مطالعه توزیع مکانی آلایندها و از جمله عناصر

سنگین مورد استفاده قرار گرفته است [Alloway, B.J 1990, Celick, A.and et al. 2005, Garrett, R.G. and et al. 1990, Isaaks, E.h. and et al. 1989, Li, X. 2001, Tao. S.1994, Unwin, D. 1981]. این مجموعه روش ها امکان کمی نمودن توزیع مکانی غلظت عناصر را فراهم می نماید. [Von Stieger, B. 1996]. در کریجینگ ناپیوسته هدف بدست آوردن یک تخمین ساده نیست بلکه در این روش توزیع احتمال یک تخمین محاسبه می شود. در این روش احتمال اینکه مقدار واقعی برابر یا بیشتر از یک حد آستانه[1] از قبل تعیین شده باشدتعیین می شود. این روش در بیشتر مسائل کشاورزی که در قالب کمبود یا سمیت بیان می شوند مورد استفاده قرار گیرد. GIS ابزاری توانا برای تلفیق و تحلیل مدل سازی لایه های اطلاعاتی مکانی است. در دهه اخیر دانشمندان خاک کاربرد GIS را به عنوان ابزار در سازمان دهی داده و تصور مکانی مدل تخمین آلودگی منابع غیر نقطه ای بکار بردند. [مخدوم، م. ۱۳۷۷]. هدف از انجام این مطالعه تهیه نقشه پتانسیل آلودگی خاک سطحی کشاورزی به کادمیم و سرب به روش کریجینگ ناپیوسته در اصفهان می باشد.

مواد و روش‌ها

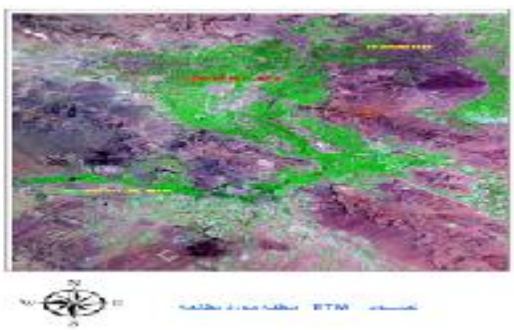
نمونه برداری از مراحل اولیه و بسیار مهم در مطالعات زیست محیطی است. موقعیت، تعداد و اندازه نمونه ویژگی هایی است که در هنگام نمونه برداری بایستی در نظر قرار گیرند. روش های متداول نمونه برداری به دو گروه اصلی تصادفی و نظامدار تقسیم بندی می شوند. در مطالعه حاضر نمونه برداری سیستماتیک تصادفی انجام شده است[کرمی، م. ۱۳۸۶،وهاب زاده ۱۳۷۲]

جمع آوری اطلاعات و نمونه برداری

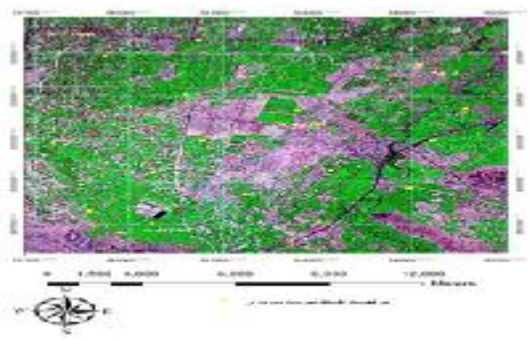
پس از بررسی منابع اطلاعاتی موجود شامل تصاویر ماهواره ای و نقشه های توپوگرافی ۵۰۰۰۰ : ۱ همچنین بازدید از منطقه اصفهان (شکل ۱)، محدوده مطالعه با توجه به وسعت و ویژگی موقعیت منطقه کشاورزی به مختصات شرقی ۵۶۸۴۷۱ ، ۳۶۱۸۱۸۳ و غربی ۵۵۸۶۷۰ ، ۳۶۰۷۸۰۵ متر اصفهان انتخاب شد. سپس تعداد ۳۸ نمونه خاک های سطحی (Cm ۲۰ ـ ۰) برداشت شد. (شکل ۲).

تجزیه های آزمایشگاهی

نمونه های خاک جمع آوری شده برای آنالیز آماده گردیدند. بافت خاک(درصد شن،سیلت،رس) به روش هیدرومتر، ماده آلی(بلاک و والکی)، پی اچ(عصاره گل اشباع، و پتانسیومتر)، هدایت الکتریکی(عصاره گل اشباع، پتانسیومتری)، ظرفیت تبادل کاتیونی(روش باور) پس از هوا خشک شدن نمونه ها اندازه گیری شد. برای اندازه گیری غلظت کل, کادمیم و سرب نمونه های خاک، ۵ گرم از هر نمونه توزین و سپس در دمای ۱۱۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شد آنگاه به به روش تیزاب سلطانی Aquilegias برای اکسیداسیون مواد آلی خاک استفاده شد . پس از سرد شدن ، سوسپانسیون حاصل را از کاغذ واتمن ۴۲ عبور داده و حجم عصاره با آب مقطر به ۴۰ میلی لیتر رسانده شد. غلظت کل، عناصر Ni,Cu,Cd,Pb,Zn در عصاره نمونه ها با دستگاه جذب اتمی پرکین المرمد ل ۷۰۰ قرائت شد .



شکل ۱: موقعیت منطقه مطالعاتی اصفهان



شکل۲: موقعیت نقاط نمونه برداری خاک سطحی

آنالیز های زمین آماری

توزیع فراوانی داده ها به لحاظ تاثیری که روی تخمین به روش های میان یابی دارای اهمیت زیادی است. توزیع فراوانی با شاخص های حداقل، حداکثر، میانگین، انحراف معیار، ضریب تغییرات ، چگولگی و کشیدگی مورد بررسی قرارگرفت. در جدول ۱ آمار توصیفی متغیرهای مختلف خاک های سطحی شهر اصفهان نشان داده شده است. آنالیز همبستگی مکانی با استفاده از تغییر نما انجام شد. محاسبه و ترسیم تغییر نما از برنامه رایانه ای ArcGIS9.2 استفاده گردید.در محاسبه تغییر نما داده ها بایستی حتی الامکان از توزیع نرمال برخوردار باشند. لذا در مورد خصوصیاتی که توزیع فراوانی آنها نرمال نبود تبدیل داده به روش BOX COX انجام شد. سپس تغییر نمای همه جهته توسط برنامه رایانه ای ArcGIS9.2 محاسبه و ترسیم شد. پس از محاسبه و ترسیم تغییر نما در جهات مختلف وضعیت همسانگردی و ناهمسانگردی مورد مطالعه بررسی گردید.

جدول ۱: آمار توصیفی متغییرهای منطقه کشاورزی مورد مطالعه

متغییر	واحد	تعداد	میانگین	میانه	S.d.	C.V.	چولگی	کشیدگی	حداقل	حداکثر
هدایت الکتریکی	dS/m	۳۸	۳/۳۲۵	۲/۲۱	۳/۶۵۲	۱/۱	۲/۵	۷/۱۵۵	۰/۱	۱۸/۲
ظرفیت تبادل کاتیونی	(meq/100g)	۳۸	۲۲/۴	۲۲/۵	۱۲/۰۳۰	۰/۵	۰/۵	۰/۱۶۸	۱/۲	۵۴/۳
مواد آلی	%	۳۸	۱/۵	۱/۳	۰/۸	۰/۵	۱/۶	۴/۵	۰/۲	۴/۵
اسیدیته	___	۳۸	۸	۷/۹	۰/۳	۰/۰۳	۰/۳	-۰/۲	۷/۴	۸/۶
شن	%	۳۸	۴۵/۴	۴۳/۴	۲۰/۴	۰/۴	۰/۳	-۰/۴	۱۰	۹۰
سیلت	%	۳۸	۲۹/۸	۲۹	۱۴/۱	۰/۵	-۰/۰۱	-۰/۵	۲	۵۶
رس	%	۳۸	۲۴/۷	۲۶/۵	۱۰/۱	۰/۴	-۰/۰۵	-۱/۰	۸	۴۵
نیکل	mg/l	۳۸	۵۵/۷	۵۷/۳	۱۴/۶	۰/۳	-۰/۸	۱/۵	۹/۶۰	۸۱/۴
مس	mg/l	۳۸	۱۷	۱۶/۳	۵/۴	۰/۳	۰/۵	۲	۲/۷۰	۳۲/۸
کادمیم	mg/l	۳۸	۱/۸	۱/۸	۰/۵	۰/۳	-۰/۵	۲/۴	۰/۲	۲/۸
سرب	mg/l	۳۸	۳۲/۵	۲۸/۷	۱۱/۷۳	۰/۴	۰/۰۵	-۰/۱	۳/۴	۵۹/۶
روی	mg/l	۳۸	۳۶/۷	۴۰/۸	۱۹/۳	۰/۵	۰/۱	-۰/۸	۹/۴	۸۱/۵

نتایج و بحث

در مطالعه حاضر جهت تخمین پارامترهای تغییر نما از روش کریجینگ جک نایف استفاده شده است. میانگین خطای تخمین[۲] بایستی برابر صفر و میانگین مجذور خطای[۳] کاهش یافته برابر یک شود. در مطالعه حاضر با استفاده از سعی و خطا مناسب ترین الگوی تغییر نمای متغییرهای مورد مطالعه تعیین گردید. جدول۲ مقادیرکنترل اعتبار را نشان می دهد[مدنی، ح. ۱۳۷۳].

جدول ۲- مدل تغییر نمای انتخاب شده سرب و کادمیم کریجینگ ناپیوسته در منطقه کشاورزی

عنصر (متغییر)	مدل	MEE[۴]	RMS[۵]	اثرقطعه ای *	حد آستانه*	دامنه **
Cd	Spherical	۰/۰۰۷	۰/۵۰۱	۰/۰۳۹	۰/۱۰۰۵	۲۵۴۱/۱۲
Pb	Spherical	۰/۳۶۷	۸/۹۵	۲۵	۶۸	۵۸۲۷/۷۳

*میلی گرم بر کیلو گرم خاک ** متر

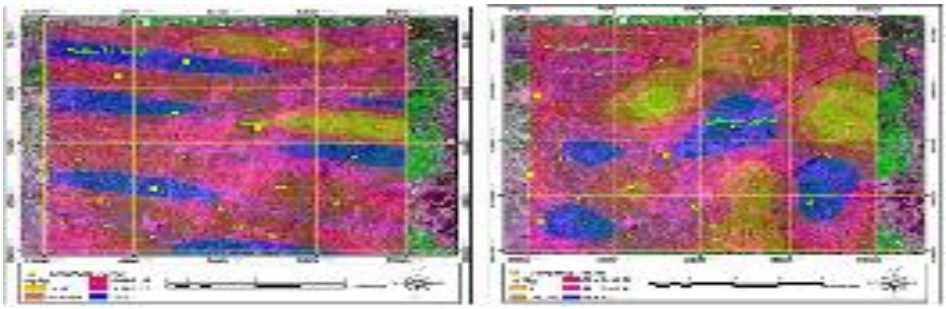
بزرگی میانگین خطای تخمین به دلیل محدودیت تعداد نمونه و بزرگی داده ها می باشد.دامنه غلظت کادمیم، سرب، نیکل، مس و روی به ترتیب mg/kg (۲/۸-۰/۲) ، (۵۹/۶-۳/۴) ، (۸۱/۴-۹/۶) ، (۳۲/۸-۲/۷) و (۸۱/۵-۹/۳) در خاک سطحی منطقه کشاورزی اندازه گیری شد. میانگین غلظت کادمیم و سرب به ترتیب mg/kg ۱/۸۱ و ۳۲/۵ از میانگین غلظت جهانی (به ترتیب mg/kg ۰/۳۵و۱۲) بالاتر و از مقدار سازمان حفاظت محیط زیست ایران(کادمیم(mg/kg ۵) و سرب (mg/kg ۷۵) پایین تر بود [Blom, H. A., 1989] با توجه به مقدار غلظت آستانه شروع سمیت برای کادمیم، کلاس بندی مجدد مدل

[2] - Minimum Error Estimate
[3] - Mean Root Square
[4] -Minimum Error Estimate
[5] -Mean Root Square

بدست آمده برای آن انجام گرفت، شکل ۴ کلاس های آلودگی براساس حساسیت انسان نسبت به میزان غلظت کادمیم را نشان میدهد.

کادمیم در خاک های کشاورزی منطقه مورد مطالعه

خلاصه ای از آمار توصیفی مربوط به غلظت کادمیوم کل خاک منطقه کشاورزی در جدول۱ نشان داده شده است. دامنه غلظت کادمیم در خاک بین۰/۰۱ mg/kg تا ۰/۷ می باشد [Pagliuca, A.D. and et al.1990]، بدین ترتیب اغلب خاک های منطقه مطالعاتی به دلیل وجود منابع آلوده کننده غیر نقطه ای در اثر مصرف کودهای شیمیایی فسفره دارای غلظت بالای کادمیم می باشند.شکل ۴ توزیع مکانی کادمیم را در منطقه کشاورزی نشان می دهد. مشاهدات میدانی از قبیل نوع کاشت و میزان مصرف کود از عوامل عمده آلودگی است به طوری که در ناحیه میناشت با توجه به اظهارات کشاورزان میانگین مصرف یک کیسه کود شیمیایی در ازای یک جریب زمین زیر کشت بود و بعضا در هر کشت نیز استفاده می شود. اسلوان و همکاران همچنین کرمی و همکاران ۱۳۸۶ نشان دادند کاربرد طولانی مدت لجن فاضلاب در خاک باعث افزایش معنی دار غلظت فلزات سنگین در خاک می شود. وجود نیروگاه برق آبی درچه و مصرف سوخت فسیلی از جمله منابع نقطه ای آلوده ساز و در حاشیه منطقه مورد مطالعه است.



شکل: ۳ توزیع احتمالی سرب در منطقه کشاورزی **شکل۴: توزیع احتمالی کادمیم در منطقه کشاورزی**

فرونشست جوی [Russo, R and et al.1987] ترکیبات حاوی عناصر سنگین از جمله کادمیم در اطراف نیروگاه باعث افزایش غلظت کادمیم خاک می شود که با توجه به نوع و کاربری داخل منطقه کلاس آلوده تا بسیار آلوده را به خود اختصاص داده است. با توجه به غلظت قابل تحمل (۲ میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک) کاهو نسبت به کادمیم کشت این صیفی درصحرای گاریا خان فلاورجان ، صحرای جلال آباد درچه ،میناشت فولادشهر و بخشی از صحرای شرودان که در کلاس بسیار آلوده قرار دارند. کشت دیگر گیاهان زراعی نظیر اسفناج با غلظت قابل تحمل (۲/۴ میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک)و گندم با غلظت قابل تحمل (۰/۳ میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک) سیب زمینی با غلظت قابل تحمل (۰/۴۵ میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک) با توجه به کلاس های آلودگی ، مصرف آن برای انسان خطر آفرین است نواحی بسیار آلوده و خیلی آلوده در منطقه، توزیع آلودگی کادمیم توسط مدل بدست آمده را تائید می کند این انطباق تا حدودی با مطالعه افیونی و همکاران هم جهت است. آبیاری مقطعی از پساب تصفیه شده فولادشهر در برخی از قسمت های میناشت باعث توزیع کلاس بسیار آلوده شده است. اثرات سمیت عناصر سنگین در آب ، حتی در غلظت های کم شناخته شده است و آژانس حفاظت محیط زیست امریکا آنها را به عنوان ارجح ترین آلاینده های محیطی می شناسد .

سرب در خاک کشاورزی منطقه مورد مطالعه

خلاصه ای از آمار توصیفی مربوط به غلظت سرب کل در جدول ۱ نشان داده شده است. میانگین غلظت سربmg/kg ۳۲/۵ و دامنه تغییرات غلظت سرب در خاک های منطقهmg/kg ۳/۴-۵۹/۶ می باشد. دامنه غلظت سرب در خاک های غیر آلوده طبیعیmg/kg ۲- ۲۰۰ می باشد[Blom, H. A, 1989]. بدین ترتیب اغلب خاک های منطقه مطالعاتی به دلیل وجود منابع آلوده کننده غیر نقطه ی دارای غلظت سرب بالاتر از میانگین اولیه جهانی(۱۲ mg/kg) می باشند. شکل ۳ توزیع مکانی سرب را در منطقه نشان می دهد. مشاهدات میدانی علل و عوامل توزیع سرب قابل بیان است. توزیع مکانی سرب را در منطقه

کشاورزی نشان می دهدکه در سطح طبقه ۵ (بیشتر ازmg/kg ۴۴/۹) در مقایسه با کل سطح منطقه مورد مطالعه کم و بیشتر در اطراف مسیر های پر تردد جاده اصلی فلاورجان و جاده نجف آباد به فولادشهر و حوالی معدن سرب و روی ایرانکوه است. سطح عمده منطقه در طبقه ۱ (کمتر از mg/kg ۱) قرار دارد. طبق اظهارات کشاورزان منطقه بدلیل استفاده از لجن فاضلاب شهری در منطقه فلاورجان و مینا دشت و درچه از تصفیه خانه پساب شهری فولادشهر و جنوب اصفهان همچنین تنوع کشت در طول یک سال از جمله عوامل مهم افزایش غلظت سرب در خاک های کشاورزی چند محصوله در طول یک سال از جمله عوامل مهم افزایش غلظت سرب در خاک های کشاورزی منطقه مورد مطالعه شده است[افیونی،م،۱۳۷۷، هودجی، م.۱۳۸۶]. از عوامل دیگر می توان گرد و غبار ناشی از فعالیت های ذوب فلزات در صنایع واقع در جهت باد غالب می باشد که باعث فرونشست خشک در فصل های بدون بارندگی و فرونشست تر در فصل های بارندگی دانست. در مناطق کشاورزی حومه شهر فلاورجان و کلیشاد در سمت شرقی آن مصرف بیشتر لجن فاضلاب شهری در تنوع کشت است که به خوبی مدل آن را نشان داده است. در میانداشت نیز قسمتی از اراضی آن توسط کشاورزان بطور گسترده از لجن فاضلاب و در بعضی زمان ها از پساب تصفیه شده شهر فولاد شهر در اراضی خود استفاده می نمایند. با توجه به غلظت قابل تحمل سرب توسط کاهو، اسفناج ، سیب زمینی ، گندم و تربچه به ترتیب (mg/kg ۱۶و۱۰و۵/۰و۱/۱ وزن خشک) ناحیه هایی که در طبقه پنج(بیشتر از ۴۴/۹mg/kg) قرار می گیرند و مصرف آن برای انسان خطر آفرین است.

نتیجه گیری

میانگین غلظت مس، روی به ترتیب mg/kg ۱۶/۹ ،۳۶/۷ خاک کمتر از غلظت میانگین جهانی به ترتیب mg/kg ۳۰،۹۰ و میانگین غلظت نیکل (mg/kg ۵۵/۷) در حدود میانگین جهانی(mg/kg ۵۰)، میانگین غلظت کادمیم و سرب به ترتیب mg/kg ۱/۸ و ۳۲/۵ خاک بیشتر از غلظت میانگین جهانی (به ترتیبmg/kg ۰/۳۵ و ۱۲)گزارش می شود. با توجه به مجاورت معدن سرب و روی در حاشیه شرقی منطقه احتمال بالا بودن غلظت سرب و کادمیم ، روی در اراضی پایین در اثر آبشویی و رواناب از ناحیه معدن باشد. آنالیز آزمایشگاهی و توزیع مکانی کادمیم و در منطقه کشاورزی با توزیع و شکل کلاس های مختلف آلوده در مشاهدات میدانی منطبق بود. بیشترین سطح کلاس بسیار آلوده منطقه برای کادمیم به مکان هایی با کشاورزی شدید و کشت متنوع در یک سال مشاهده شد.

منابع

[۱] افیونی،م.،رضائی نژاد،ی.،" اثر لجن فاضلاب بر عملکرد و جذب فلزات سنگین به وسیله کاهو و اسفناج " ، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی شماره اول ،ص ص ۱۹-۳۰، ۱۳۷۷.

[۲] افیونی، م.، خادمی، ح.، شریعتمداری، ح.، امینی، م.، خسروی، ا.، " گزارش نهایی بررسی آلودگی خاک های سطحی منطقه مرکزی اصفهان "، دانشکده کشاورزی ،دانشگاه صنعتی اصفهان،۱۳۸۱ .

[۳] امینی، م.، افیونی، م. و خادمی، ح.،" مدلسازی توازن جرمی عناصر کادمیوم وسرب درزمین های زراعی منطقه اصفهان "مجله علوم وفنون کشاورزی و منابع طبیعی جلد الف شماره ۴،ص ص ۸۹-۷۷. ۱۳۸۵ .

[۴] کرمی، م.، رضایی نژاد، ی.، افیونی، م.، شریعتمداری، ح.،"اثرات تجمعی و باقیمانده لجن فاضلاب شهری بر غلظت عناصر سرب و کادمیوم در خاک و گیاه" مجله علوم وفنون کشاورزی و منابع طبیعی،شماره ۱،ص ص۹۴ – ۷۹ . ۱۳۸۶ .

[۵] مدنی، ح.،" مبانی زمین آمار"، چاپ اول ، دانشگاه صنعتی امیر کبیر واحد تفرش، ۱۳۷۳ .

[۶] میلر، جی.تی.، ترجمه مخدوم، م.، "زیستن در محیط زیست"، چاپ پنجم، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، ۱۳۷۷ .

[۷] واثقی، س.، افیونی، م.، شریعتمداری، ح.، مبلی، م.،"اثر لجن فاضلاب و pH خاک بر قابلیت جذب عناصر کم مصرف و فلزات سنگین"، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی شماره سوم، ص ص ۱۰۵ - ۹۵. ۱۳۸۲ .

[۸] وهاب زاده، ع.،"مبانی محیط زیست"، چاپ اول ،جهاد دانشگاهی مشهد، ۱۳۷۲.

[۹] هودجی، م.، رضایی نژاد، ی.، افیونی، م.، شریعتمداری، ح.،" اثرات تجمعی و باقی مانده لجن فاضلاب شهری بر غلظت عناصر سرب و کادمیوم در خاک گیاه"، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی شماره یک،ص ص ۹۴-۷۹ . ۱۳۸۶.
[10] Alloway, B.J.,"Heavy metals in soil". *John Wiley & sons*, Inc., New York. 1990.
[11]Blom, H. A., 1989, " Heavy metal contamination of soils".PhD thesis, Norway Agri. Univ.
[12] Celick, A., karal , A.A., Akdogan , A. and Vaska, y., "Determining the heavy metal pollution in denizli (Turkey) by using Robinio pseudo – acasial", *Environmental International*,Vol.31, pp. 105-112,2005.
[13] Englund, E., "Geo-eas", USEPA, 600/4 – 88/033, 1980.
[14]EUROSTAT, "Europes Environment statistical compendium for Debris Assessment", *Brussels, European commission*, 1995.
[15]Garrett, R.G., Banville, R.M.P., and Adcock, S.W., "Regional Geochemical data compilation and map preparation", Labrador, Canada, *Journal Geochemical Exploration*, Vol. 39, pp. 91-11, 1990.
[16] Isaaks, E.h., Srivastava, R.M., "An introduction to applied geostatistics", *Oxford University press*, New York, 561p., 1989.
[17]Juang, k.W., and D.Y., Lee, "A comparison of three kriging methods using auxiliary variables in heavy–metal contaminated soils", *J. Env. Qual.*, Vol. 27, pp. 355-363, 1998.
[18]Li, X., C.Poon, P.S.Liu. 2001. Heavy metal Contamination of urban soils and street dusts in Hong Kong. Appli Geochem., 16(11):1361-1368.
[19]Mortvedt, J., "Heavy metal contamination in inorganic and organic fertilizers"*Fertilizer Research* Vol. 43, pp. 55-61, 1996.
[20]National Institute for Occupational Safety Health (NIOSH) pocket guide to chemical hazards U.S. department of health and human services, 1997.
[21]Pagliuca, A.D., Baldwin, A.N., Lsetas, R. M., Wallis, Bellingham, A.J. and Mufti, G. J., "Lead poisoning: clinical, biochemical and hematological aspects of a recent outbreak", *Journal of clinical pathology*, Vol. 43, pp. 277-287, 1990.
[22]Poikolainen, J.E., Kubin, J., and Karhu, J., "Atmospheric heavy metal deposition in Finland during 1985-2000 using mosses as bio-indicators", *Science of The Total Environ.*Vol. 318, pp. 171-185, 2004.
[23] Russo, R., and jury, W.A., "A theoretical study of estimation of the correlation scale in spatially variable field I, Stationary field", *Water Res. Res*., Vol. 23, pp.1257-1268, 1987.
[24]Tao. S., "Spatial structure of Copper. Lead and Mercury content in surface soil in the Shenzhmen area" *water, Air and soil pollution*, Vol. 82, pp. 583-591, 1994.
[25]Unwin, D., "introductory spatial Analysis" *Methuen*, London , New York, 212p., 1981.
[26]Van Meirvenne, M., and Goovaerts, P., "Evaluating the probability of exceeding a site-specific soil cadmium contamination threshold", *Geoderma 102:63-88*, 2001.
[27]Von Stieger, B., Webster, R., Schulin, R., and Lehmann, R., "Mapping heavy metal in Polluted soil by disjunctive kriging", *Environ. Pollut.*, Vol. 94, pp. 205-215, 1996.

The spatial distribution of Cd and Pb in soils of agricultural Lenjanat, Isfahan

1-Ardeshir Khosravi-Dehkordi, 2-Majid Afyuni, 3-Alireza Soffianian
1- Division of Environ. Sic., Dept. of Natural Resource, Isf. Univ. of Technol., Isfahan, Iran
2- Dept. of Soil Sci., College of Agric., Isf. Univ. of Technol., Isfahan, Iran.
3- Division of Environ. Sic., Dept. of Natural Resource, Isf. Univ. of Technol., Isfahan, Iran

Abstract

Non-point sources of pollution as the main causes of pollution of soil and water resources on a global scale. Agriculture and transport are the most important part in creating this type of pollution. The aim of this study mapping the potential for contamination of agricultural soil cadmium and lead kriging method is discontinuous in Isfahan. For this purpose, 38 soil samples were taken to the depth of 15 Cm. Soil physical and chemical analysis was performed by standard methods. Minitab Statistical Software and spatial correlation described in ArcGIS 9.2 computer program were carried out. Kriging interpolation method in GIS environment was disconnected. The maximum concentrations of cadmium and lead in the soil, respectively mg/kg 2.8 and 59.6 mg/kg respectively, and the average 1.8 and 32.5 mg/kg, less than the Environmental Protection Agency's (Cd (5 mg/kg) and Pb (75 mg/kg), respectively.

Keywords: Disjunctive Kriging method, soil, spatial distribution, Lenjanat, Isfahan.