

钱贞兵, 孙立剑, 徐升, 等. 淮河流域安徽段土壤重金属元素分布特征研究[J]. 岩矿测试, 2018, 37(2): 193 - 200.
QIAN Zhen-bing, SUN Li-jian, XU Sheng, et al. Distribution Characteristics of Heavy Metals in Soils of the Anhui Section of the Huaihe River Basin[J]. Rock and Mineral Analysis, 2018, 37(2): 193 - 200. [DOI: 10. 15898/j. cnki. 11 - 2131/td. 201710190168]

淮河流域安徽段土壤重金属元素分布特征研究

钱贞兵, 孙立剑*, 徐升, 陈超, 戴晓峰
(安徽省环境监测中心站, 安徽 合肥 230071)

摘要: 通过有限的土壤监测点位如何科学地反映一个区域的土壤环境质量, 是目前土壤环境监测领域研究的一个主要方向。本文以淮河流域安徽段为研究区域, 针对5个主要土壤污染类型在连续五年内开展了土壤环境质量监测, 监测项目为土壤中Cd、Hg、As、Pb、Cr、Cu、Zn、Ni等8种重金属元素, 采用单项污染指数法和内梅罗污染指数法对426个监测点位评价, 采用克里金插值法绘出区域土壤中各重金属元素分布图。从评价结果来看, 淮河流域安徽段土壤环境质量总体较为安全, 96.48%的调查地块属于清洁和尚清洁水平, 但是个别点位超标严重; 从评价区域中重金属分布情况来看, 各重金属总体含量均较低, 局部区域略高。本文采用分类型专项监测的方法, 探讨通过土壤点位监测结果反映区域分布特征, 具有重要的应用意义, 该方法适用于对大区域土壤环境质量的初步调查研究。

关键词: 淮河流域安徽段; 土壤环境质量; 重金属元素; 克里金插值; 区域分布

要点:

- (1) 对连续五年的区域监测数据进行了统计, 点位类型丰富, 数据量大。
- (2) 按照不同污染类型对区域土壤污染状况进行了分析和评价。
- (3) 采用分类型专项监测的方法, 探讨通过土壤点位监测结果反映区域分布特征, 绘制了区域土壤各重金属元素含量分布图, 直观反映实际状况和存在的问题。

中图分类号: X825 **文献标识码:** A

土壤是人类赖以生存的物质基础, 土壤环境质量不仅直接关系到农产品安全和生态安全, 而且关系到人体健康和社会发展与稳定^[1]。由于土壤污染具有隐蔽性、滞后性、累积性和难恢复性等特点, 已被严重污染的土壤治理周期长成本高。自二十世纪下半叶以来, 世界各国都投入大量的人力物力研究土壤监测方法和污染治理技术, 其中美国在1961~1988年开始按照网格进行背景调查; 加拿大自1989年开始建立监测基准点, 监测农业土壤健康状况变化; 瑞士于20世纪80年代开始建立国家环境监测网; 欧盟统一了成员国的土壤监测指标, 指导统一的评价标准^[2]。目前, 我国土壤污染形势严峻, 国家各相关部门也在各自领域相继开展土壤环境监测。在近20年的发展中, 中国先后实施了区域土壤

污染调查、耕地地力调查与评价、农用地分等定级、地质元素调查、农田土壤养分状况调查等, 对掌握不同时期土壤肥力与环境质量状况发挥了作用。但由于对土壤环境调查和监测工作的侧重点不同、采取的调查范围和研究角度各异, 得出的土壤污染情况有所差异^[3-6]。当前, 中国在土壤环境污染预防和控制方面面临的最突出问题是状况不清、原因不明和环境管理支撑体系不完善, 因此, 开展区域的土壤质量状况调查, 了解土壤重金属的区域分布特征是非常必要的^[7]。2016年5月, 国务院发布《土壤污染防治行动计划》, 要求掌握土壤环境质量状况。由于土壤污染物空间分布具有异质性, 通过对有限的土壤点位监测如何科学地反映一个大区域的土壤环境质量, 是当前的研究工作的难点, 也是目前研究

收稿日期: 2017-10-19; 修回日期: 2018-03-05; 接受日期: 2018-03-21

作者简介: 钱贞兵, 硕士, 高级工程师, 从事土壤环境监测和生态环境监测。E-mail: qianzhenbing@163.com。

通信作者: 孙立剑, 高级工程师, 从事土壤环境监测和环境影响评价。E-mail: 452029772@qq.com。

的主要方向。

本文以淮河流域安徽段为研究区域,在连续五年内分别选择5种土壤污染类型开展了土壤环境质量监测,依据我国《土壤环境质量标准》(GB15618—1995),采用单项污染指数对各监测点位的Cd、Hg、As、Pb、Cr、Cu、Zn、Ni共8种重金属元素进行评价,采用内梅罗污染指数法对426个监测点位进行综合评价,并对5种土壤污染类型监测数据进行了比较分析,最后采用克里金插值法绘出淮河流域安徽段土壤中各重金属元素分布图。本文采用分类型专项监测的方法,探讨将土壤点位监测结果转换为区域分布特征,具有重要的应用意义,该研究方法可应用于大区域土壤环境质量的初步调查研究。

1 研究区概述

淮河地处中国东部,在长江和黄河之间,跨河南、安徽、江苏、山东及湖北五省,位于东经 $112^{\circ} \sim 121^{\circ}$,北纬 $31^{\circ} \sim 36^{\circ}$,流域面积 27.5万 km^2 ,安徽省位居淮河流域中游,安徽省淮河流域覆盖淮南、蚌埠、淮北、阜阳、宿州、亳州、滁州、六安和合肥9个省辖市的47个县、市、区,境内流域面积 6.7万 km^2 ,淮河流域耕地面积约 3.6万 km^2 。淮河流域是安徽省主要的农副产品产区,流域内煤炭等矿产资源丰富,是华东重要的能源基地^[8]。但该流域总体经济发展水平仍然较低,农业生产条件不够理想,工业发展较粗放,集聚度不高。近年来,淮河流域随着经济快速增长,生态环境也在不断恶化中^[9-11]。

淮河是我国南北方的一条自然分界线,淮河以北属暖温带,淮河以南属北亚热带区。淮河中游地区地处南北气候过渡带,季风盛行,冷暖、旱涝的转变往往交替出现。安徽省淮河流域多年平均降水量 $750 \sim 1400 \text{ mm}$,由南向北递减,年内和年际变化都很大。淮河干流河道自洪河口至洪山头长 431 km ,淮河两岸支流众多,呈扇形分布。安徽省境内淮河以北是广阔的平原,面积 3.7万 km^2 ,地势西北高,东南低,坡度平缓,东北部有局部低山残丘;淮河以南面积 3.0万 km^2 ,中部和南部是丘陵,西南为大别山区,沿淮是连串洼地,大多虽沿用湖名,实已淤为耕地,无水面积^[9,11]。

2 研究方法

2.1 点位布设

为了摸清淮河流域安徽段土壤重金属元素的分布特征,在2011~2015年期间,分别选择国控重点

污染源周边、基本农田区、蔬菜种植基地、集中式饮用水水源地、规模畜禽养殖场周边等5种土壤污染类型开展了土壤环境质量监测,根据技术规范要求,选择84个地块,共布设点位426个,以上5种类型分别布设点位26个、110个、115个、70个、105个。

2.2 样品采集和测定

依据《土壤环境监测技术规范》(HJ/T166—2004),本次采样选择 $0 \sim 20 \text{ cm}$ 表层样。本项研究的监测项目包括pH、Cd、Hg、As、Pb、Cr、Cu、Zn、Ni共9项^[12-13]。

2.3 数据分析与评价

2.3.1 评价标准

本项研究的土壤环境质量评价采用《土壤环境质量标准》(GB15618—1995),其中饮用水源地土壤采用一级标准进行评价,其他地块土壤采用二级标准进行评价。

2.3.2 评价方法

土壤单项污染指数、内梅罗污染指数和土壤污染程度分级评价执行《土壤环境监测技术规范》(HJ/T166—2004)。通过土壤单项污染指数确定单个重金属元素的累积情况,其计算公式如下:

$$P_i = \frac{C_i}{S_{ip}}$$

式中: P_i 为土壤中污染物*i*的单项污染指数; C_i 为调查土壤中污染物*i*的实测浓度; S_{ip} 为污染物*i*的评价标准值或参考值。其评价分5个等级: $P_i \leq 1$ 为无污染; $1 < P_i \leq 2$ 为轻微污染; $2 < P_i \leq 3$ 为轻度污染; $3 < P_i \leq 5$ 为中度污染; $P_i > 5$ 为重度污染。

在土壤单项污染指数评价的基础上,运用内梅罗污染指数(P_N)对监测点位进行累积性综合评价,其计算公式如下:

$$P_N = \sqrt{\frac{1}{2} \left[\left(\frac{1}{n} \sum_i P_i \right)^2 + (P_{i,\max})^2 \right]}$$

式中: $P_{i,\max}$ 是最大单项污染指数。

内梅罗污染指数反映了各污染物对土壤的作用,同时突出了高浓度污染物对土壤环境质量的影响,其评价分5个等级: $P_N \leq 0.7$ 为清洁(安全); $0.7 < P_N \leq 1.0$ 为尚清洁(警戒限); $1 < P_N \leq 2.0$ 为轻度污染; $2 < P_N \leq 3.0$ 为中度污染; $P_N > 3$ 为重污染^[14-17]。

2.4 元素含量空间分析方法

克里金(Kriging)插值法是利用区域化变量的原始数据和变异函数的结构特点,对未采样点的区域化变量的取值进行线性无偏最优估计的一种方

法。克里金插值是目前地质统计学中应用最广泛的插值方法,其最适用于既具有结构性又有随机性的地理要素。它以变异函数理论、结构分析为基础,在有限区域内对区域化变量进行无偏最优估计的一种方法。克里金法有许多种,本研究选择最为常用的普通克里金法进行插值。克里金法通过变异函数的块金值、变程、基台值、偏基台值反映空间变异性程度。块金值与基台值之比称为块金效应,该比值越大则随机性和变异越强,结构性变异越弱。各向异性比为大于1的实数,反映土壤重金属主要变异过程的变化,该比值越大则各向异性越显著^[18-21]。

设 $Z(x)$ 为区域化变量且满足平稳条件和本证假设, $Z(x_i)$ 和 $Z(x_i + h)$ 分别为 $Z(x_i)$ 在空间位置 x_i 和 $x_i + h$ 上的观测值 [$i = 1, 2, \dots, N(h)$], 数学表达式:

$$r_h = \frac{1}{2N_h} \sum_{i=1}^{N_h} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

式中: r_h 是空间插值的结果,即距采样点的间隔为 h 的插值点的值; N_h 为分隔距离为 h 的样点数; h 代表插值点与采样点的距离; x_i 代表采样点的位置。通过半变异函数模型及参数,可以分析区域化变量的空间分布特征^[22]。

3 结果与讨论

3.1 监测结果统计分析

对土壤中重金属元素的监测数据进行统计。统计结果(表1)表明:在安徽省淮河流域的426个监测点位中共有28个点位超标,超标率为6.6%,其中,轻微、轻度、中度和重度污染点位数量分别为23个、3个、2个、0个,所占比例分别5.4%、0.7%、0.5%和0%。

从超标点位的超标元素来看,除Cr外的其他元素均有超标情况。其中Cd、Hg、As、Pb、Cu、Zn、Ni的超标率分别为1.6%、0.9%、2.6%、1.6%、2.1%、

2.2%、2.9%,As和Zn各有2个中度超标,Cu和Zn分别有1个和2个轻度超标,其余都是轻微超标。

《全国土壤污染状况调查公报》^[23-24] 中全国土壤总的超标率为16.1%,轻微、轻度、中度和重度污染点位比例分别为11.2%、2.3%、1.5%和1.1%。该评价结果包含有机监测项目,但因其污染类型以无机型为主,无机污染物超标点数占全部超标点位的82.8%,所以本研究可用作参考比较,通过对比可以看出淮河流域安徽段总体污染较低。《公报》中全国无机污染物Cd、Hg、As、Cu、Pb、Cr、Zn、Ni等8种重金属点位超标率分别为7.0%、1.6%、2.7%、2.1%、1.5%、1.1%、0.9%、4.8%。通过对比,本文研究区域As、Pb、Cu的超标率与全国水平相当,Zn超标率高于全国水平,Cd、Hg、Cr、Ni均低于全国水平。淮河流域安徽段是农副产品产区,总体土壤重金属污染较低,该结果与相关文献中表述的我国农业主产区耕地重金属状况总体较好的结论相符^[25]。

3.2 监测点位污染状况综合评价

采用内梅罗污染指数评价方法对监测点位污染状况进行综合评价。污染级别评价结果表明:安徽省淮河流域共监测了426个点位的土壤环境质量,其中332个点位内梅罗污染指数均小于或等于0.7,属于清洁(安全)级别,占比77.93%;内梅罗污染指数大于0.7小于等于1.0的点位共79个,属于尚清洁级别,占比18.54%;大于1.0小于等于2.0的点位共13个,属于轻度污染,占比3.05%;大于2.0小于等于3.0的点位共2个,属于中度污染,占比0.47%;无重度污染点位。

3.3 重金属元素含量空间分布

统计五年的土壤点位监测数据,采用克里金插值法分别绘制安徽省淮河流域土壤中8种重金属元素区域分布图^[26-27],如图1所示。

表1 土壤监测结果统计

Table 1 Statistics of soil monitoring results

项目	无污染		轻微污染		轻度污染		中度污染		重度污染		样品数量	总超标率 (%)
	个数	比例 (%)	个数	比例 (%)	个数	比例 (%)	个数	比例 (%)	个数	比例 (%)		
Cd	419	98.4	7	1.6	0	0	0	0	0	0	426	1.6
Hg	422	99.1	4	0.9	0	0	0	0	0	0	426	0.9
As	415	97.4	9	2.1	0	0	2	0.5	0	0	426	2.6
Pb	419	98.4	7	1.6	0	0	0	0	0	0	426	1.6
Cr	426	100	0	0	0	0	0	0	0	0	426	0.0
Cu	417	97.9	8	1.9	1	0.2	0	0	0	0	426	2.1
Zn	395	97.8	5	1.2	2	0.5	2	0.5	0	0	404	2.2
Ni	402	97.1	12	2.9	0	0	0	0	0	0	414	2.9
综合	398	93.4	23	5.4	3	0.7	2	0.5	0	0	426	6.6

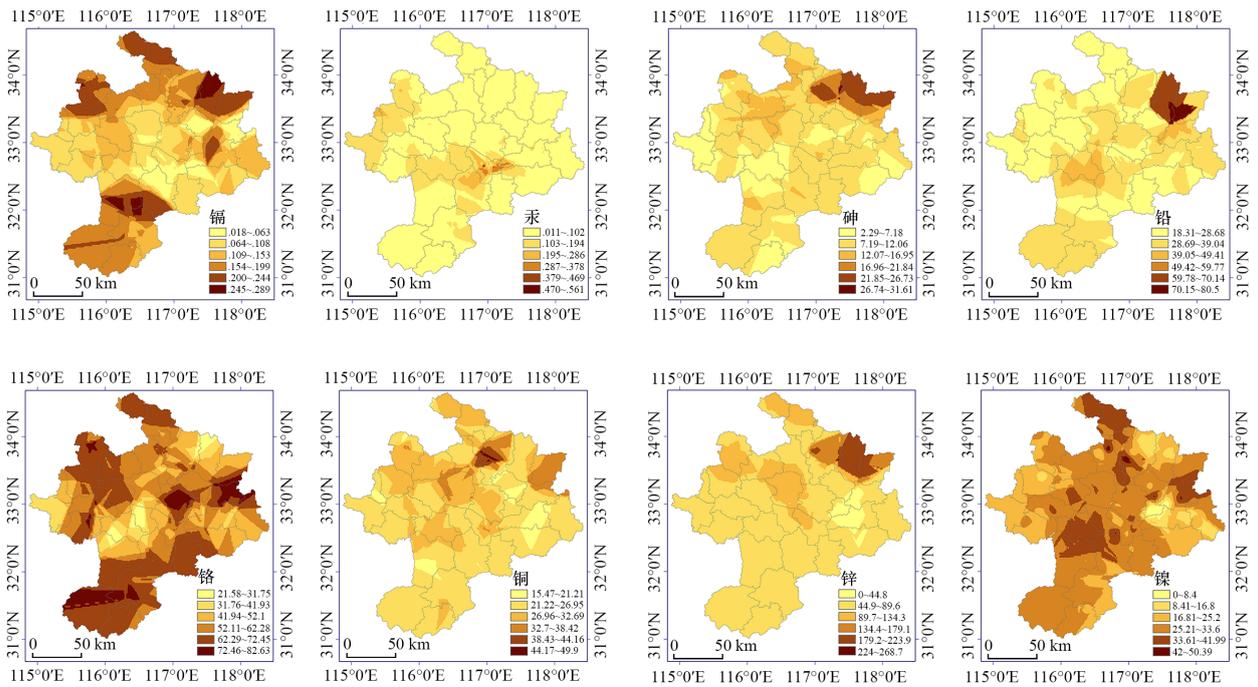


图1 淮河流域安徽段土壤各重金属元素含量分布图

Fig. 1 The distribution of heavy metals in the soil of Anhui section of Huai River Basin

从图1可以初步看出淮河流域安徽段土壤中8种重金属元素含量的分布情况,在评价区域各重金属元素含量分布特征归纳为: Cd 总体含量低于 0.3 mg/kg, 其中在北部和南部相对较高, 中部区域较低; Hg 总体含量低于 0.3 mg/kg, 其中在中部和西北局部区域相对较高, 其他区域均相对较低; As 总体含量低于 22 mg/kg, 除东北局部区域相对较高外, 其他区域均较低; Pb 总体含量低于 70 mg/kg, 除东北局部区域相对较高外, 其他区域均较低; Cr 总体含量较低, 均低于 82 mg/kg, 除东北和中部局部区域相对较低外, 其他区域相对略高; Cu 总体含量低于 50 mg/kg, 除北局部区域相对较高外, 其他区域均较低; Zn 总体含量低于 180 mg/kg, 其中在东北部区域相对较高, 中部和南部区域相对较低; Ni 总体含量低于 50 mg/kg, 其中在北部和中部局部区域相对较高, 其他大部分区域相对较低。

3.4 不同土壤污染类型监测结果与评价

通过对五年不同土壤污染类型数据的统计, 淮河流域安徽段的五种土壤污染类型的重金属监测数据监测结果统计见表2。根据表2的统计结果来看, 集中式饮用水水源地超标率较高, 超标的点位也较多, 共14个, 主要由于该区域土壤评价标准为一级标准, 其超标的重金属元素为 As、Cu、Zn、Pb; 本

次调查的国控重点污染源周边无超标点位, 从此次检查结果表明该污染源对周边土壤实际影响较小, 但由于本次监测未对企业特征污染物进行监测, 加上对此类型选择的地块和点位数量较少, 其影响情况还需增加点位和监测项目进行深入分析。基本农田区的超标率为 3.6%, 有4个点位超标, 且都为轻微污染, 超标项目为 Cu 和 Ni; 蔬菜种植基地的超标率为 4.3%, 有5个点位超标, 其中有一个点为轻度污染, 其他均为轻微污染, 超标项目为 Cd、Hg、Pb、Zn; 规模畜禽养殖场周边的超标率为 4.8%, 有5个点位超标, 其中有两个点为中度污染, 一个点轻度污染, 其他两个点为轻微污染, 超标项目为 As、Zn、Ni。

表2 五种土壤污染类型监测结果统计

Table 2 Monitoring results of the five soil pollution types

土壤污染类型	无污染		轻微污染		轻度污染		中度污染		重度污染		超标率 (%)
	个数	%	个数	%	个数	%	个数	%	个数	%	
国控重点污染源	26	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
周边场地											
基本农田区	106	96.4	4	3.6	0	0	0	0	0	0	3.6
蔬菜种植基地	110	95.7	4	3.5	1	0.9	0	0	0	0	4.3
集中式饮用水水源地	56	80.0	13	18.6	1	1.4	0	0	0	0	20
规模畜禽养殖场周边	100	95.2	2	1.9	1	1.0	2	1.9	0	0	4.8
合计	398	93.4	23	5.4	3	0.7	2	0.5	0	0	6.6

根据内梅罗污染指数综合评价方法,计算出5种土壤类型的综合污染指数,统计结果见表3。从统计结果可以看出,评价区域点位多为清洁和尚清洁类型,其中集中式饮用水水源地周边土壤以尚清洁为主,其他的4种类型多数为清洁类型。

表3 五种土壤污染类型内梅罗污染指数评价结果统计

Table 3 The evaluation results of the Nemerow index for five soil pollution types

土壤污染类型	内梅罗污染指数评价类型				
	清洁 (%)	尚清洁 (%)	轻度污染 (%)	中度污染 (%)	重度污染 (%)
国控重点污染源周边场地	96.15	3.85	0.00	0.00	0.00
基本农田区	89.09	10.91	0.00	0.00	0.00
蔬菜种植基地	88.70	9.57	1.74	0.00	0.00
集中式饮用水水源地	17.14	70.00	12.86	0.00	0.00
规模畜禽养殖场周边	90.48	5.71	1.90	1.90	0.00
合计	77.93	18.54	3.05	0.47	0.00

4 结论

本文以淮河流域安徽段为研究区域,在连续五年内针对5种主要土壤污染类型开展了土壤环境质量监测,共获取426个土壤点位的监测数据,采用单项污染指数和内梅罗污染指数法对监测点位评价,采用克里金插值法绘出研究区域土壤中各重金属元素分布图,初步掌握了淮河流域安徽段土壤重金属元素的分布特征。

从淮河流域安徽段监测数据的结果分析来看:

①淮河流域安徽段土壤环境质量总体较为安全,96.48%的调查地块属于清洁和尚清洁水平,但是个别点位超标严重,需给予关注;②从超标点位的土壤污染类型来看,集中式饮用水水源地土壤超标较多,这与其采用一级评价标准有关,其他类型土壤超标相对较少;③从评价区域的各重金属元素分布情况来看,各重金属总体含量均较低,局部区域略高。

淮河流域安徽段的面积6.7万km²,本文探索着通过有限的土壤点位监测来科学地反映一个区域的土壤环境质量。因受点位数量限制,本研究方法对研究区域土壤环境质量为初步调查,该研究成果为进一步有针对性地深入开展监测研究奠定了基础,对今后科学系统地深入开展监测和管理具有重要的参考意义。

5 参考文献

[1] 陆泗进,何立环. 浅谈我国土壤环境质量监测[J]. 环境监测管理与技术,2013,25(3):6-8.

Lu S J, He L H. On the developing of soil environmental monitoring in China[J]. The Administration and Technique of Environmental Monitoring, 2013, 25(3): 6-8.

[2] 中国环境监测总站. 土壤环境监测技术[M]. 北京: 中国环境出版社, 2013.

China National Environmental Monitoring Centre. Soil Environmental Monitoring Technology [M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2013.

[3] 陆泗进,王业耀,何立环. 中国土壤环境调查、评价与监测[J]. 中国环境监测, 2014, 30(6): 19-26.

Lu S J, Wang Y Y, He L H. Soil environmental quality survey and monitoring in China [J]. Environmental Monitoring in China, 2014, 30(6): 19-26.

[4] 王业耀,赵晓军,何立环. 我国土壤环境质量监测技术路线研究[J]. 中国环境监测, 2012, 28(3): 116-120.

Wang Y Y, Zhao X J, He L H. The research of technique route for national soil environment monitoring [J]. Environmental Monitoring in China, 2012, 28(3): 116-120.

[5] 白雪,邵超峰,陆文涛,等. 工业企业集聚区周边土壤环境质量综合评价指标体系与分区管理对策研究[J]. 环境污染与防治, 2014, 36(9): 93-99.

Bai X, Shao C F, Lu W T, et al. Study on the industrial agglomeration areas' soil environmental quality comprehensive evaluation indicator system and partition management strategy [J]. Soil Environmental Quality Indicator Management Strategy, 2014, 36(9): 93-99.

[6] 巩玉玲,冯永军. 中外土壤环境监测技术应用与发展状况[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(19): 6229-6230.

Gong Y L, Feng Y J. Application and development of soil environment monitoring technology in China and foreign countries [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2014, 42(19): 6229-6230.

[7] 陆泗进,王业耀,何立环. 湖南省某冶炼厂周边农田土壤重金属污染及生态风险评价[J]. 中国环境监测, 2015, 31(3): 77-83.

Lu S J, Wang Y Y, He L H. Heavy metal pollution and ecological risk assessment of the paddy soils near a smelting area in Hunan Province [J]. Environmental Monitoring in China, 2015, 31(3): 77-83.

[8] 王婕,刘桂建,方婷,等. 基于污染负荷指数法评价淮河(安徽段)底泥中重金属污染研究[J]. 中国科学技术大学学报, 2013, 43(2): 97-103.

Wang J, Liu G J, Fang T, et al. Assessment of pollution characteristics of heavy metals in the sediments of Huaihe River (Anhui Section) by pollution load index [J]. Journal of University of Science and Technology of China, 2013, 43(2): 97-103.

- [9] 安徽省环境科学研究院. 安徽省淮河流域水环境综合治理总体方案[R]. 2009.
Anhui Academy of Environmental Sciences. General Scheme of Water Environment Comprehensive Management in Huaihe River Basin of Anhui Province [R]. 2009.
- [10] 齐翠翠, 潘成荣, 匡武, 等. 淮河安徽段跨界突发性水污染事故应急处理机制探讨[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(12): 3650-3651.
Qi C C, Pan C R, Kuang W, et al. Discussion on emergency treatment mechanism of transboundary sudden water pollution accident in Anhui section of Huaihe[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2014, 42(12): 3650-3651.
- [11] 安徽省地方志编撰委员会办公室. 安徽省志·环境志[M]. 2016.
Compilatory Commission of Anhui Chorography. Chorography of Anhui Province—Ecological Environment [M]. 2016.
- [12] 喻超, 智云宝, 代杰瑞, 等. 山东省威海市区域地质背景下土壤Cd的地球化学特征[J]. 物探与化探, 2014, 38(5): 1076-1084.
Yu C, Zhi Y B, Dai J R, et al. Geochemical characteristics of Cd in soils based on regional geological background in Shandong Province [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2014, 38(5): 1076-1084.
- [13] 赵庆令, 李清彩, 谢江坤, 等. 应用富集系数法和地累积指数法研究济宁南部区域土壤重金属污染特征及生态风险评价[J]. 岩矿测试, 2015, 34(1): 129-137.
Zhao Q L, Li Q C, Xie J K, et al. Characteristics of soil heavy metal pollution and its ecological risk assessment in South Jining district using methods of enrichment factor and index of geoaccumulation [J]. Rock and Mineral Analysis, 2015, 34(1): 129-137.
- [14] 孙鹏, 李艳伟, 张连科, 等. 包头市典型工业区表层土壤中重金属污染状况及其潜在生态风险研究[J]. 岩矿测试, 2016, 35(4): 433-439.
Sun P, Li Y W, Zhang L K, et al. Heavy metal pollution in topsoil from the Baotou industry area and its potential ecological risk evaluation [J]. Rock and Mineral Analysis, 2016, 35(4): 433-439.
- [15] 王显炜, 孟秦宇, 闫江涛, 等. 应用地球化学资料评价陕西某区土壤环境质量[J]. 黄金, 2017, 38(2): 70-73.
Wang X W, Meng Q Y, Yan J T, et al. Application of geochemical data in the assessment of soil environment quality in a region of Shaanxi [J]. Gold, 2017, 38(2): 70-73.
- [16] 陈惠芳, 李艳, 吴豪翔, 等. 富阳市不同类型农田土壤重金属变异特征及风险评价[J]. 生态与农村环境学报, 2013, 29(2): 164-169.
Chen H F, Li Y, Wu H X, et al. Characteristics and risk assessment of heavy metals pollution of farmland soils relative to type of land use [J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2013, 29(2): 164-169.
- [17] 宋恒飞, 吴克宁, 刘霏珈. 土壤重金属污染评价方法研究进展[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(15): 11-14.
Song H F, Wu K N, Liu P J. Progress on evaluation method of soil heavy metal contamination [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2017, 45(15): 11-14.
- [18] 李小曼, 徐梦洁, 刘勤, 等. 小尺度区域重金属含量空间插值方法比较——以Hg元素为例[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(12): 426-430.
Li X M, Xu M J, Liu Q, et al. Comparison of spatial interpolation methods for heavy metal content in small scale regions—Take Hg element as an example [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2015, 43(12): 426-430.
- [19] 冯玲, 张威, 修光利, 等. 三江源区玉树县和玛多县土壤Hg含量分布特征[J]. 生态与农村环境学报, 2014, 30(2): 262-267.
Feng L, Zhang W, Xiu G L, et al. Distribution of mercury in soil of Yushu and Maduo in the Three Rivers Source Region [J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2014, 30(2): 262-267.
- [20] 王超, 王纪华, 陆安祥, 等. 土壤重金属分布空间插值方法的优选——以湖南某地土壤重金属Cd的分布为例[J]. 吉林农业, 2015(21): 74-75.
Wang C, Wang J H, Lu A X, et al. Optimization of spatial interpolation method for soil heavy metal distribution—The distribution of heavy metal Cd in a soil in Hunan [J]. Jilin Agriculture, 2015(21): 74-75.
- [21] 姜红, 玉素甫江·如素力, 热伊莱·卡得尔, 等. 不同空间插值方法对博斯腾湖水体矿化度的适应性评价研究[J]. 新疆师范大学学报(自然科学版), 2016, 35(4): 7-14.
Jiang H, Rusuli Y, Kadeer R, et al. Study on suitability of different interpolation methods for evaluation of water salinity in Bosten Lake [J]. Journal of Xinjiang Normal University (Natural Sciences Edition), 2016, 35(4): 7-14.
- [22] 李姗姗, 曹广超, 石平超, 等. 青岛城区土壤重金属元素空间分布及其现状评价[J]. 生态与农村环境学报, 2015, 31(1): 112-117.
Li S S, Cao G C, Shi P C, et al. Status quo and evaluation of the spatial distribution of heavy metals in urban soil of Qingdao city [J]. Journal of Ecology and Rural

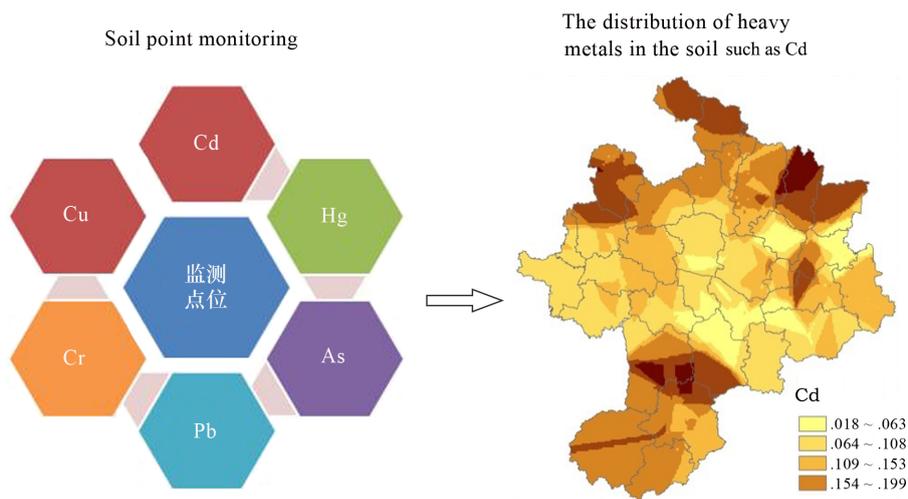
- Environment,2015,31(1):112-117.
- [23] 环境保护部,国土资源部. 全国土壤污染状况调查公报[R]. 2014.
Ministry of Environmental Protection, Ministry of Land and Resources. National Survey of Soil Pollution Status [R]. 2014.
- [24] 王玉军,刘存,周东美,等. 客观地看待我国耕地土壤环境质量的现状——关于《全国土壤污染状况调查公报》中有关问题的讨论和建议[J]. 农业环境科学学报,2014,33(8):1465-1473.
Wang Y J, Liu C, Zhou D M, et al. A critical view on the status quo of the farmland soil environmental quality in China; Discussion and suggestion of relevant issues on report on the national general survey of soil contamination [J]. Journal of Agro-Environment Science, 2014, 33 (8):1465-1473.
- [25] 曾希柏,徐建明,黄巧云,等. 中国农田重金属问题的若干思考[J]. 土壤学报,2013,50(1):186-194.
Zeng X B, Xu J M, Huang Q Y, et al. Some deliberations on the issues of heavy metals in farmlands of China[J]. Acta Pedologica Sinica, 2013, 50(1):186-194.
- [26] 王合玲,张辉国,秦璐,等. 新疆艾比湖流域土壤有机质的空间分布特征及其影响因素[J]. 生态学报, 2012,32(16):4969-4980.
Wang H L, Zhang H G, Qin L, et al. The characteristics of the spatial distribution of soil organic matter and factors influencing it in Ebinur Lake Basin of Xinjiang Autonomous Region, China [J]. Acta Ecologica Sinica, 2012,32(16):4969-4980.
- [27] 曹宏杰,王立民,罗春雨,等. 三江平原地区农田土壤中几种重金属空间分布状况[J]. 生态与农村环境学报,2014,30(2):155-161.
Cao H J, Wang L M, Luo C Y, et al. Spatial distribution of heavy metals in agricultural soil in Sanjiang Plain [J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2014, 30(2): 155-161.

Distribution Characteristics of Heavy Metals in Soils of the Anhui Section of the Huaihe River Basin

QIAN Zhen-bing, SUN Li-jian^{*}, XU Sheng, CHEN Chao, DAI Xiao-feng
(Anhui Environmental Monitoring Centre, Hefei 230071, China)

HIGHLIGHTS

- (1) The regional monitoring data for five consecutive years were statistically analyzed. The point types were abundant and the amount of data was large.
- (2) According to different pollution types, the regional soil pollution status was analyzed and evaluated.
- (3) This paper adopted the method of special type monitoring and discussed the characteristics of regional distribution through soil point monitoring results. The distribution map of the heavy metal elements in the soil was drawn to reflect the actual situation and the existing problems.



ABSTRACT: How to scientifically reflect the soil environmental quality of a large area through limited soil point monitoring is a major direction of current research. The Huaihe River Basin in Anhui Province was selected as the study area and soil environmental quality monitoring for five major soil pollution types during five consecutive years was conducted. The monitoring project includes Cd, Hg, As, Pb, Cr, Cu, Zn and Ni in the soil. The single pollution index and Nemerow pollution index methods were used to evaluate 426 monitoring sites. The Kriging interpolation method was used to plot the distribution of heavy metal elements in regional soil. In general, the soil environmental quality of the Anhui section of the Huaihe River Basin is relatively safe according to the evaluation results. 96.48% of the surveyed sites belong to clean and relatively clean levels, but some sites were severe. According to the distribution of heavy metal elements in the evaluation area, the overall content is low and the local area is slightly higher. The method of special type monitoring was applied and the characteristics of regional distribution through soil point monitoring results are discussed. The proposed method has great application potential. This method is suitable for preliminary investigation and research of large-scale environmental quality of soil.

KEY WORDS: Anhui section of Huaihe River Basin; soil environment quality; heavy metal elements; Kriging interpolation; regional distribution