

基于 GIS 的山东寿光蔬菜产地土壤重金属空间分布特征

刘庆^{1,2}, 杜志勇², 史衍玺^{2*}, 庞绪贵³

(1. 滨州学院山东省黄河三角洲生态环境重点实验室, 滨州 256603; 2. 青岛农业大学资源与环境学院, 青岛 265200; 3. 山东省地质调查院, 济南 250013)

摘要: 以山东省寿光市蔬菜种植基地为研究区, 通过数理统计与地统计学空间分析的方法, 研究了寿光市表层土壤中的重金属质量分数及其空间分布特征, 并在地理信息系统支持下绘制土壤重金属的空间分布图。结果表明: 寿光市表层土壤中重金属质量分数平均值低于食用农产品产地环境质量标准 (HJ332-2006)。除 Zn、Pb 和 As 3 种元素外, 其他 5 种重金属元素 (Cu、Cd、Cr、Hg、Ni) 呈现出正偏态的分布特征, 所有重金属元素分布峰的顶点均超出正态分布的最高点。空间分析结果表明, 8 种重金属元素在寿光市表层土壤中的质量分数呈中等程度的空间相关性。土壤中各重金属的分布呈现出中部、南部、东南部质量分数较高, 北部、东北部与西南部质量分数较低的空间分布特征。寿光表层土壤中的重金属质量分数受到自然因素与人为因素的双重影响。

关键词: 土壤, 重金属, GIS, 空间分布, 寿光市

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2009.10.047

中图分类号: X131.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2009)-10-0258-06

刘庆, 杜志勇, 史衍玺, 等. 基于 GIS 的山东寿光蔬菜产地土壤重金属空间分布特征[J]. 农业工程学报, 2009, 25(10): 258-263.

Liu Qing, Du Zhiyong, Shi Yanxi, et al. Spatial distribution characteristics of soil heavy metals in vegetable growing area based on GIS in Shouguang city, Shandong province[J]. Transactions of the CSAE, 2009,25(10): 258-263.(in Chinese with English abstract)

0 引言

人口的增长、城市化进程的加快以及工农业生产的迅速发展, 不仅导致了土地的使用强度逐年增高, 而且不合理的土地利用还造成了土壤的污染, 重金属便是土壤重要污染物之一。进入到土壤中的重金属最终会通过食物链进入人体, 危害人类健康。在不同土地利用方式的土壤中, 重金属元素在不同影响因素的作用下, 空间分布特征具有一定的差异性, 这就要求人们针对不同重金属的空间分布状况, 有针对性地对各类土地利用进行管理。近年来, 涉及农产品安全及土壤环境质量的一系列问题已引起各级政府及环境保护部门的高度关注。

国内外有关土壤重金属研究, 如利用相关分析、主成分分析等分析方法研究土壤中不同重金属元素质量分数间的相关性对土壤中的重金属元素的来源进行判别^[1-4]; 利用多元统计和 GIS 结合的方法研究土壤中不同重金属元素间的统计规律, 分析其空间分布特征并做空间分布图, 为进行合理的土地利用规划提供依据^[5-7]; 通过模拟试验探索作物对重金属的吸收规律, 研究通过对

作物生长基质的改进, 从而降低重金属污染对作物的毒害或者提高超积累作物对重金属的富集效果, 为污染土壤的植物修复提供理论基础^[8-9]。已有的研究多集中于城市快速发展区、工业区、矿区以及农业的污灌区等, 其研究的目的多从土地利用的角度出发, 研究土地利用影响下的环境效应, 并对土壤质量及其健康风险做出相应的评价^[3-5,10-12]。

本研究以山东省寿光市蔬菜种植基地为研究区, 通过对其表层土壤中 Cu、Zn、Pb、Cd、Cr、As、Hg、Ni 8 种重金属质量分数的基本统计分析、频数分布分析和地统计分析, 研究各种重金属元素在寿光表层土壤中的统计分布规律, 然后在 GIS 的地统计分析模块支持下做出空间分布图, 探讨土壤中重金属的分布状况, 形成原因及影响因素, 以期为指导寿光市绿色蔬菜生产和制定相关的农业管理政策提供理论基础和科学依据。

1 数据来源与处理方法

1.1 研究区概况

寿光市地处山东半岛中北部, 渤海莱州湾南岸, 东经 118°32'~119°10', 北纬 36°41'~37°19'。地形全部为平原, 总面积 2 180 km²。寿光市属暖温带半湿润气候, 年平均气温在 12.4℃左右, 年平均降雨量 608 mm 左右, 无霜期为 195 d。寿光市土壤类型主要有褐土、潮褐土、潮土、沙姜黑土、滨海盐土等, 土壤 pH 值呈中性或弱碱性。自 20 世纪以来, 寿光经济发展较快, 农业优势突出, 是中国北方地区冬暖式蔬菜大棚的发源地, 也是中国最大的蔬菜生产基地, 蔬菜种植面积达 5.3 万多 hm², 是著名

收稿日期: 2008-08-25 修订日期: 2009-09-04

基金项目: 中国地质调查局项目 (200314200023); 山东省滨州学院“博士研究生奖励基金” (2007Y07)

作者简介: 刘庆 (1972-), 男, 山东菏泽人, 博士, 主要研究方向为土壤生态与环境。滨州 滨州学院山东省黄河三角洲生态环境重点实验室, 256603。Email: qy7271@163.com

*通信作者: 史衍玺 (1955-), 男, 博士, 博士生导师, 主要研究方向为植物营养与肥料。青岛 青岛农业大学资源与环境学院, 265200

的“中国蔬菜之乡”。

1.2 数据来源

本研究数据来自于山东省地质调查院 2007 年地球化学调查数据。该调查采用网格法均匀布点采样，采样时用 GPS 对每一个采样点精确定位，采样密度为每 4 km² 1 个采样点，土壤样品全部采集自 0~20 cm 表层土壤，共采集土壤样品 601 个。土壤采样点位分布见图 1。土壤样品中重金属质量分数的测定全部按照国家标准方法进行。(GB/T17135/17136/17137/17138/17139/17141-1997)

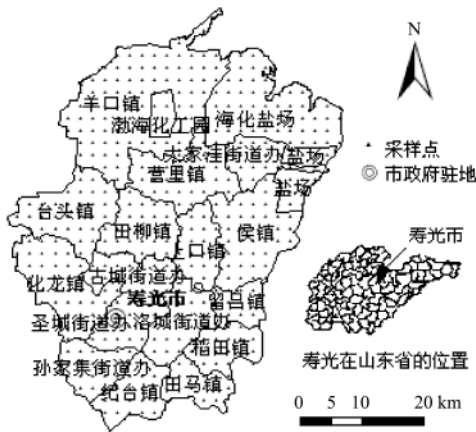


图 1 研究区土壤表层采样点分布

Fig.1 Distribution of soil sampling points in surface soil in study area

1.3 数据处理

土壤中重金属质量分数数据的统计分析采用 SPSS 11.5、Excel 2003 等软件，各元素的半方差函数分析与空间分布图的制作通过 ArcGIS 9.2 的地统计模块来完成。

2 结果与分析

2.1 土壤中重金属质量分数的基本统计分析

寿光市农田土壤中的重金属质量分数统计结果见表 1。从变异系数来看，除汞元素在土壤中的变异系数为 50.7%，达到中等的变异外，其余各元素的变异系数均在 30% 以下，不同元素在土壤中的变异系数大小顺序为 Hg > Cu > Ni > Cd > Zn > As > Pb > Cr。从各元素在土壤中质量分数的 95% 置信区间来看，所有重金属元素的质量分数均在较低的范围。从各种元素质量分数与食用农产品产地环境质量标准 (HJ332-2006, 6.5 < pH < 7.5) 比较来看，各元素在土壤中质量分数的平均值均未超标，只有 Cd 和 Ni 两种元素质量分数的最大值超出这一标准。由此

可以看出，寿光市表层土壤样品中重金属质量分数并不高，且变异系数不大，但个别高质量分数样点的存在仍然表明该处土壤存在着环境质量的隐患，需要引起管理者的注意。

表 1 寿光农田表层土壤重金属统计特征值

Table 1 Statistical characteristics of heavy metals in surface soil in Shouguang city mg · kg⁻¹

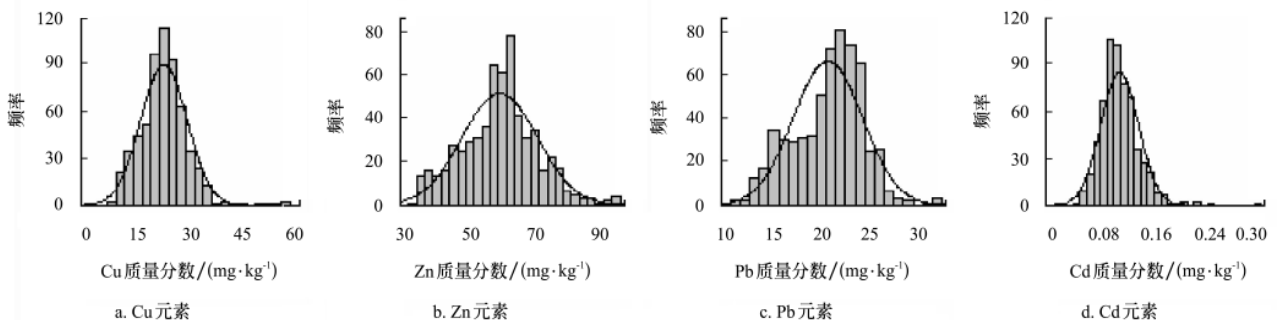
元素	样品数	质量分数范围	平均值	标准差	变异系数	95% 置信区间	环境质量标准
Cu	601	8.2~57	22.5	6.7	29.6	22.0~23.0	100
Zn	601	33.4~160	59.6	12.6	21.2	58.6~60.6	250
Pb	601	10.8~32.2	20.7	3.6	17.5	20.4~21.0	50
Cd	601	0.04~0.31	0.10	0.03	27.2	0.101~0.106	0.3
Cr	601	45.3~164.8	71.3	10.9	15.3	70.4~72.2	200
As	601	3.4~16	8.1	1.6	19.9	7.99~8.25	25
Hg	601	0.003~0.114	0.031	0.015	50.7	0.030~0.032	0.3
Ni	601	14.7~70.6	29	8.5	29.4	28.3~29.7	50

2.2 寿光市表层土壤重金属的频数分布

寿光市表层土壤中重金属质量分数的频数分布见图 2。由图可以看出，8 种重金属元素的频数分布与标准正态分布均不一致。除 Zn、Pb 和 As 3 种元素外，其他元素分布峰向左偏，而在右边有拖尾现象，说明这些元素的分布特征为正偏态的分布。张朝生等曾对爱尔兰国家土壤中重金属的分布特征进行研究，认为在大量样本的前提下，土壤中重金属的统计分析结果显示为正偏态分布的特征^[13]。本研究的结果与张朝生等人的结果基本一致。从频数分布图上还可以看出，除 As 元素分布峰的顶点与标准正态分布顶点大致相同外，其余各元素分布峰的顶点均明显超出正态分布的最高点，说明这些元素处于中值区的样品量较多，而处于高值与低值区的样品相对较少，正偏态的分布特征说明该区域表层土壤中的重金属元素有了一定程度的累积现象，从而证明寿光市表层土壤中的重金属质量分数受到了外源重金属的影响。

2.3 土壤重金属的空间分布特征

土壤重金属污染的空间变异通过变异函数来描述，变异函数反映了不同距离的观测值之间的变化^[14-15]。变异函数的计算一般要求数据符合正态分布，否则可能存在比例效应^[16-17]。本研究通过 Kolmogorov-Smirnov 法^[17]检验发现 8 种重金属质量分数数据均不符合正态分布。因此，在对数据进行分析前，将所有数据进行对数转化，并进行特异值剔除^[18]。对数转化与特异值剔除后，所有函数分析，得到 8 种重金属元素的变异函数的拟合模型及其检验参数见表 2。



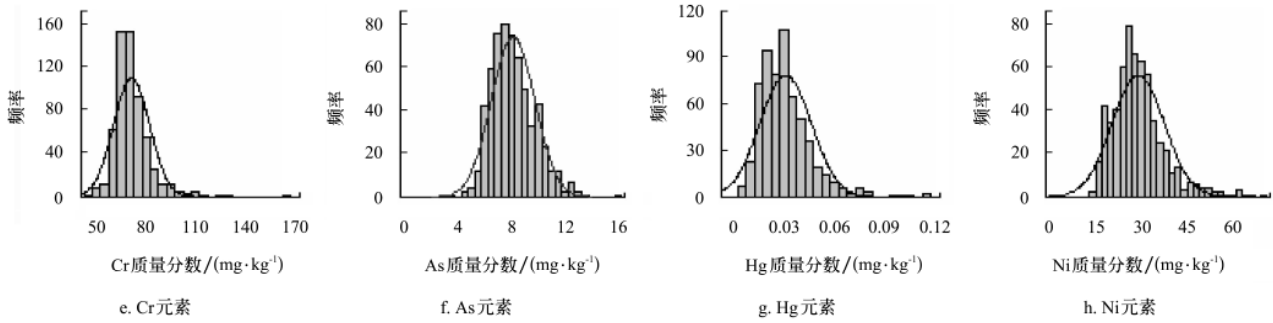


图2 土壤重金属的频数分布
Fig.2 Frequency histograms of soil heavy metals

表2 不同模型拟和及其检验参数

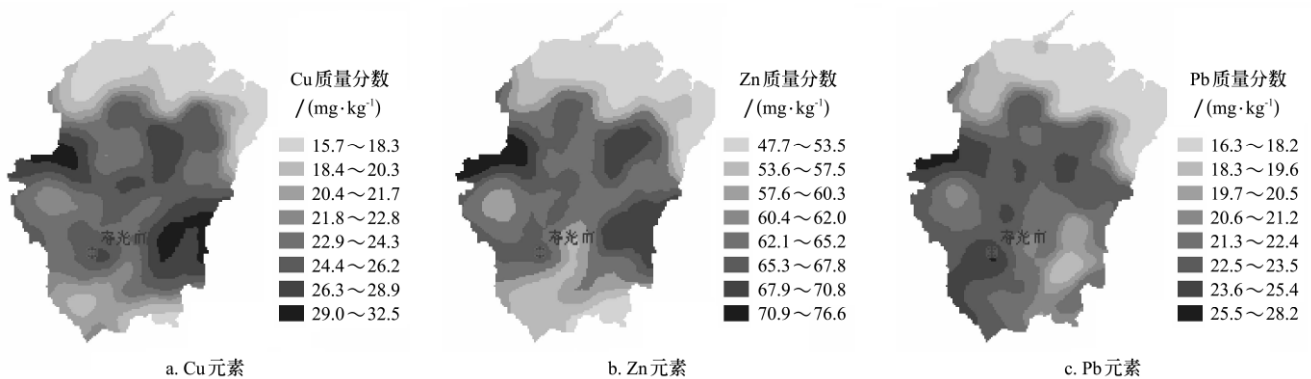
Table 2 Different models and their evaluation parameters

元素名称	Kriging 模型	块金值	基台值	块金值/基台值/%	变程/km	平均预测标准差	标准均方差预测误差
Cu	球状模型	0.02182	0.05784	37.7	30.0	3.776	0.937
Zn	球状模型	0.01018	0.02765	36.8	30.0	8.003	1.021
Pb	球状模型	0.00798	0.02702	29.5	30.0	2.201	1.022
Cd	高斯模型	0.03660	0.05545	66.0	9.7	0.021	0.935
Cr	指数模型	0.00738	0.01783	41.4	30.0	7.176	0.939
As	球状模型	0.01945	0.03909	49.8	25.3	1.274	0.927
Hg	球状模型	0.09151	0.18276	50.1	30.0	0.012	1.026
Ni	球状模型	0.01680	0.05821	28.9	30.0	4.52	0.907

由表2可见,8种元素的半方差拟合模型除Cd和Cr分别符合高斯模型和指数模型外,其余6种元素均符合球状模型。从模型的块金值与基台值的比值来看,8种元素块金值与基台值的比值在28.9%~66.0%。块金值与基台值的比值可以表明系统变量的空间相关性程度,如果比值小于25%,说明系统具有强烈的空间相关性;如果比值在25%~75%,表明系统具有中等的空间相关性;大于75%说明系统空间相关性很弱^[16]。由此说明,这些元素在土壤中的质量分数均存在中等程度的空间相关性。从预测结果的平均预测标准差与标准均方差预测误差评价,预测精度满足区域插值的要求,可以进行克里格估计插值^[16,19]。根据半方差分析结果,利用普通克里格方法对土壤重金属质量分数进行空间插值,插值结果见图3。

由图3可以看出,寿光市表层土壤中Cu、Zn空间分布特征相似,全区范围内二者均呈现北部滨海滩涂区质量分数低,中部地区质量分数高,南部地区质量分数又低的三层夹心式空间分布特征;土壤Pb的高值区主要分

布在寿光市区周围、中部个别乡镇及西部与广饶县接壤的地区,其余地区均为较低值分布,尤其以东北沿海和东南部的稻田镇附近质量分数不高;土壤Cd高值区主要分布在中北部的盐场附近,且在西北部沿小清河呈条带状分布,其次,在东南和西南的稻田镇和圣城街道办事处的大部地区也有较高质量分数分布,其他区域相对稍低;土壤Cr与Ni的分布特征相似,质量分数较高的区域主要集中在东南部的留吕镇、稻田镇和侯镇等,而田马镇、纪台镇和孙家集街道质量分数较低;土壤中As分布表现为以化龙镇—台头镇—营里镇和田柳镇—侯镇一线的地区质量分数较高,其他地区则处于质量分数较低水平,其分布和特点与Cu、Zn相似;土壤Hg表现为峰值分布在寿光市区—化龙镇间的区域,且全区呈现中南部质量分数高,东北部质量分数低的空间分布特征,质量分数较低的区域主要分布在田柳镇—营里镇—大家洼街道—侯镇东部一线临近广饶、寒亭区及莱州湾的地区。



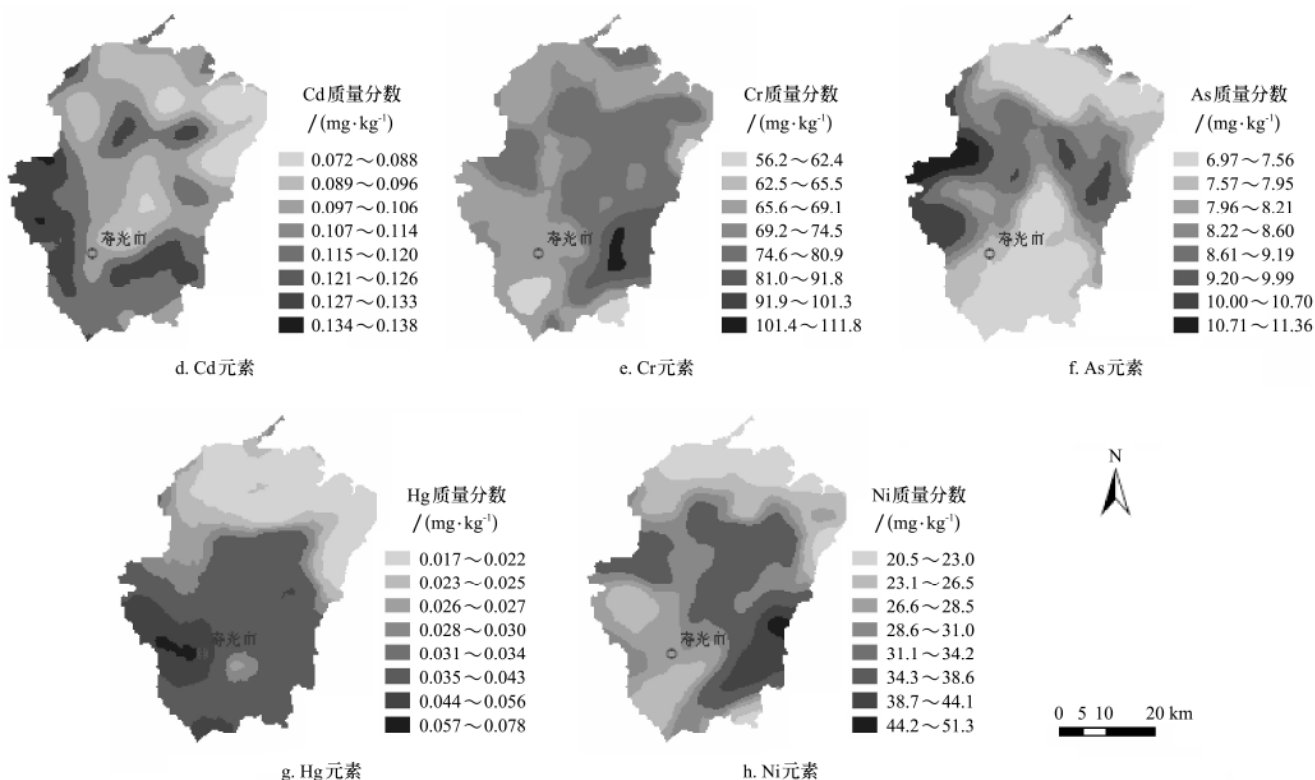


图 3 寿光市土壤重金属元素空间分布

Fig.3 Spatial distribution of soil heavy metals in Shouguang city

3 讨 论

由于寿光市属黄河冲积平原，土壤中重金属元素质量分数受地形因素的影响较小，受当地土壤类型、土地利用特点影响相对较大。寿光市内的一些化工企业、复混肥生产企业，多分布在寿光市区及其东部的经济开发区内，另外，寿光市的蔬菜种植区也主要分布在中部和南部地区，且有多年种植历史；而其北部濒临渤海，土壤受海水入侵的影响，盐渍化较为严重，大多无法进行农业利用，其土地利用方式主要为一些盐碱荒地和盐场，土壤中的重金属元素质量分数不高。综合以上分析认为，Cu、Zn 两种元素具有大致相同的空间分布特征，可能来源上具有一定的相似性，从其与当地蔬菜种植的空间分布特征上比较来看，土壤中 Cu 和 Zn 的来源应和农业生产中的农药，化肥施用有密切的关系；Pb 元素来源之一是机动车辆排放的尾气，另外还可能与土壤母质有关；土壤中 Cd 的来源和蔬菜种植过程中施用复混肥不无关系，另外西北部地区土壤中的 Cd 和小清河所带来的线源污染有关；土壤中 Cr 和 Ni 的来源一方面与土壤母质有关，另外和该区的几家合金、化工企业的点源污染有关；As 元素的来源主要是与农业有机肥施用有关；由于寿光市域内没有含 Hg 的污染源企业存在，故寿光市土壤中 Hg 的分布主要是和土壤本身的性质有关。可见，寿光市土壤中的重金属元素质量分数，除土壤母质和土壤本身性质的影响之外，土地利用现状与农业生产的特点也应该是造成土壤重金属质量分数变异的另一重要因素。

除 Zn、Pb 和 As 3 种元素外，其他 5 种重金属元素

呈现出正偏态的分布特征，且大多重金属元素分布峰的顶点均超出正态分布的最高点，说明这些元素处于中值区的样品量较多，而处于高值和低值区的样品相对较少。正偏态的分布特征证明土壤中的重金属质量分数有累积的趋势，应在今后的环境保护与治理中加以注意。当然，如能通过采集当地深层土壤样品，进行重金属质量分数的分析并与表层土壤进行比较，或以当地土壤重金属的背景质量分数为参照进行比较，将有利于进一步阐明研究区重金属元素在表层土壤中的累积状况及其空间分布特征。

由于受数据占有情况的影响，本文仅分析了寿光市表层土壤中重金属元素的空间变异特征与分布规律，尚无法对寿光市的每一种重金属质量分数与工业企业的关系进行深入的定量分析。因此，要想掌握工业生产对土壤中重金属累积的贡献，还需要通过收集各工业企业的地理位置、生产规模、污染物排放量等方面的资料，结合土壤中重金属质量分数及分布情况进行深入研究。

4 结 论

寿光市农田表层土壤中的重金属质量分数总体上处于较低的水平，其质量分数的均值均未超出食用农产品产地环境质量标准 (HJ332-2006)。各种元素在土壤中的变异属于中等偏下的变异，不同元素在土壤中的变异系数大小顺序为 Hg>Cu>Ni>Cd>Zn>As>Pb>Cr。

8 种重金属元素的频数分布特点与标准的正态分布均不一致。除 As 元素分布峰的顶点与标准正态分布顶点大致相同外，其余各元素分布峰的顶点均明显超出正态

分布的最高点。除 Zn、Pb 和 As 3 种元素外，其他重金属元素频数分布特征均为正偏态的分布。

8 种重金属元素在寿光表层土壤中的质量分数均呈现中等的空间变异性。土壤中各重金属的分布呈现出中部、南部、东南部等地区质量分数高，北部、东北部与西南部质量分数低的总体特征，这是受自然因素和人为因素双重影响的结果。对于 Cd、Ni 存在超标的样点，应通过有针对性的控制点源污染与非点源污染的途径加以解决。

[参 考 文 献]

- [1] Facchinelli A, Sacchi E, Mallen L. Multivariate statistical and GIS based approach to identify heavy metal sources in soils[J]. *Environment Pollution*, 2001, 114(3): 313-324.
- [2] DragovićS, MihailovićN, GajićB. Heavy metals in soils: Distribution, relationship with soil characteristics and radio nuclides and multivariate assessment of contamination sources[J]. *Chemosphere*, 2008, 72(3): 91-495.
- [3] 张庆利, 史学正, 黄标, 等. 南京城郊蔬菜基地土壤有效态铅、锌、铜和镉的空间分异及其驱动因子研究[J]. *土壤*, 2005, 37(1): 14-47.
Zhang Qingli, Shi Xuezheng, Huang Biao, et al. Characteristics of spatial variability of soil available lead, zinc, copper and cadmium in a vegetable base in the suburbs of Nanjing[J]. *Soils*, 2005, 37(1): 14-47. (in Chinese with English abstract)
- [4] 赵彦锋, 史学正, 于东升, 等. 工业型城乡交错区农业土壤 Cu、Zn、Pb 和 Cd 的空间分布及影响因素研究[J]. *土壤学报*, 2007, 44(2): 227-234.
Zhao Yanfeng, Shi Xuezheng, Yu Dongshen, et al. Spatial distributions of Cu, Zn, Pb and Cd in agricultural soils of industry-based peri-urban regions[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2007, 44(2): 227-234. (in Chinese with English abstract)
- [5] 钟晓兰, 周生路, 李江涛, 等. 长江三角洲地区土壤盐酸可提取态重金属含量的空间变异特征[J]. *农业工程学报*, 2007, 23(10): 71-78.
Zhong Xiaolan, Zhou Shenglu, Li Jiangtao, et al. Spatial variability of soil hydrochloric acid extractable heavy metals in the Yangtze River Delta[J]. *Transactions of the CSAE*, 2007, 23(10): 71-78. (in Chinese with English abstract)
- [6] 王国梁, 周生路, 赵其国, 等. 菜地土壤剖面上重金属元素含量随时间的变化规律研究[J]. *农业工程学报*, 2006, 22(1): 79-84.
Wang Guoliang, Zhou Shenglu, Zhao Qiguo, et al. Spatial and temporal changes of soil heavy metal concentrations in vegetable cultivation land[J]. *Transactions of the CSAE*, 2006, 22(1): 79-84. (in Chinese with English abstract)
- [7] 马溪平, 李法云, 肖鹏飞, 等. 典型工业区周围土壤重金属污染评价及空间分布[J]. *哈尔滨工业大学学报*, 2007, 39(2): 326-329.
Ma Xiping, Li Fayun, Xiao Pengfei, et al. Assessment of heavymetal pollution and characteristics of its spatial distribution in soil near the typical industry area[J]. *Journal of Harbin Institute of Technology*, 2007, 39(2): 326-329. (in Chinese with English abstract)
- [8] 王林, 周启星. 农艺措施强化重金属污染土壤的植物修复[J]. *中国生态农业学报*, 2008, 16(3): 772-777.
Wang Lin, Zhou Qixing. Strengthening phytoremediation of heavy-metal contaminated soils by agronomic management practices[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2008, 16(3): 772-777. (in Chinese with English abstract)
- [9] 温丽, 傅大放. 没食子酸辅助溧阳苦菜对复合重金属污染土壤的修复[J]. *中国环境科学*, 2008, 28(7): 651-655.
Wen Li, Fu Dafang. The phytoremediation of rape(*Brassica juncea* L.cv.Liyang kucai) with gallic acid on multiple heavy metal contaminated soils[J]. *China Environmental Science*, 2008, 28(7): 651-655. (in Chinese with English abstract)
- [10] 谢正苗, 李静, 王碧玲, 等. 基于地统计学和 GIS 的土壤和蔬菜重金属的环境质量评价[J]. *环境科学*, 2006, (10): 742-747.
Xie Zhengmiao, Li Jing, Wang Biling, et al. Evaluation on environmental quality of heavy metals in soils and vegetables based on geostatistics and GIS[J]. *Environmental Science*, 2006, (10): 742-747. (in Chinese with English abstract)
- [11] 周生路, 廖富强, 吴绍华, 等. 基于分等样地的江苏典型区农用地土壤重金属污染研究[J]. *农业工程学报*, 2008, 24(5): 78-84.
Zhou Shenglu, Liao Fuqiang, Wu Shaohua, et al. Farmland soil heavy metal pollution in typical areas of Jiangsu Province based on classification sample plots[J]. *Transactions of the CSAE*, 2008, 24(5): 78-83. (in Chinese with English abstract)
- [12] MicóC, RecataláL, Peris M, et al. Assessing heavy metal sources in agricultural soils of an European mediterranean area by multivariate analysis[J]. *Chemosphere*, 2006, 65(5): 863-872.
- [13] Zhang C S. Using multivariate analyses and GIS to identify pollutants and their spatial patterns in urban soils in Galway, Ireland[J]. *Environmental Pollution*, 2006, 142 (3): 501-511.
- [14] Goovaerts P. Geostatistics in soil science: State-of-the-art and perspectives[J]. *Geoderma*, 1999, 89(1/2): 1-45.
- [15] Kelly J, Thornton I, Simpson P R. Urban geochemistry: A study of the influence of anthropogenic activity on the heavy metal content of soils in traditionally industrial and nonindustrial areas of Britain[J]. *Application Geochemistry*, 1996, 11(1/2): 363-370.
- [16] 刘庆, 王静, 史衍玺, 等. 基于 GIS 的农田土壤重金属空间分布研究[J]. *安全与环境学报*, 2007, 7(2): 109-113.
Liu Qing, Wang Jing, Shi Yanxi, et al. Spatial distribution of heavy metal in cropland based on GIS[J]. *Journal of Safety and Environmen*, 2007, 7(2): 109-113. (in Chinese with English abstract)
- [17] 余建英, 何旭宏. 数据统计分析与 SPSS 应用[M]. 北京, 人民邮电出版社, 2003.
- [18] 农业环境背景值研究编写组. 农业环境背景值研究[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1997.
- [19] 曾杉, 姚永慧, 潘志强, 等. ArcGIS 地统计分析实用指南[M]. 北京: ArcInfo 中国技术咨询与培训中心, 2002.
Zeng Shan, Yao Yonghui, Pan Zhiqiang, et al. Arcgis Geostatistical Analyst User's Guide[M]. Beijing: ArcInfo consulting and training center, China, Beijing CASW Data Technology Co.,Ltd., 2002. (in Chinese)

Spatial distribution characteristics of soil heavy metals in vegetable growing area based on GIS in Shouguang city, Shandong province

Liu Qing^{1,2}, Du Zhiyong², Shi Yanxi^{2*}, Pang Xugui³

(1. Key Laboratory of Eco-Environmental Science for Yellow River Delta of Shandong Province, Binzhou University, Binzhou 256603, China;

2. College of Resources and Environment of Qingdao Agricultural University, Qingdao 265200, China;

3. Shandong Institute of Geological Survey, Ji'nan 250013, China)

Abstract: Through the mathematical statistics and geo-statistical spatial analysis method, the soil heavy metal content and its characteristics of spatial distribution in vegetable growing area in Shouguang city were researched, and the spatial distribution map of heavy metals based on the geography information system (GIS) was plotted. The results showed that the average contents of the heavy metals in surface soil in Shouguang city were lower than those in farmland environmental quality evaluation standards for edible agricultural products (HJ332-2006). Five heavy metals (Cu, Cd, Cr, Hg, Nr) followed a positively skewed distribution, except for Zn, Pb and As, and the vertexes of all heavy metals in frequency plots exceeded those of the normal distribution plots. The results of spatial analysis showed that there were middle relations of all eight heavy metals in surface soil in Shouguang city. The distribution of heavy metals was higher in middle, south and east-south soil but lower in north, east-north and west-south soil in Shouguang city. The heavy metal content in the surface soil in Shouguang city was affected by the natural and artificial factors.

Key words: soils, heavy metals, geographic information systems, spatial distribution, Shouguang city