

环鄱阳湖区农家菜地土壤重金属风险 评价及来源分析

胡春华^{1,2}, 蒋建华^{1,2}, 周文斌^{1,2}

(1.南昌大学环境与化学工程学院, 江西 南昌 330031; 2.鄱阳湖环境与资源利用教育部重点实验室, 江西 南昌 330029)

摘要:通过评价环鄱阳湖区10个县农家菜地土壤样品重金属的潜在生态风险,分析其与9个社会经济指标间的灰色关联度来探讨重金属的污染来源。结果显示,鄱阳湖区各菜地土壤中Cd的超标情况最严重,超标率达到90%,除部分地区Cu超标外,其余重金属均未超标。鄱阳湖区农家菜地土壤达到轻微生态风险,工业较发达地区重金属生态风险较大于工业落后地区,工业发展情况对湖区的空间污染分异有较大影响。蔬菜产量、工业发展情况、城镇化率、交通业发展情况和菜地土壤不同种重金属具有较高关联度,而地区生产总值、农药使用量对各种重金属含量的影响最弱。

关键词:农家菜地土; 重金属; 潜在生态风险; 社会经济指标; 环鄱阳湖区

中图分类号: S153

文章标识码: A

文章编号: 1000-0690(2012)06-0771-06

20世纪80年代以来,随着中国工农业的快速发展、城市化进程不断加快,交通运输、工业排放、化肥农药施用和大气沉降等造成的土壤重金属污染越来越严重^[1-4],一些原属于偏远地区农村菜地逐渐转变为城市近郊地,甚至被工业企业包围,受污染影响的土壤重金属含量显著偏高^[5]。菜地土壤中的重金属不仅影响和改变土壤生态功能,而且通过蔬菜的富集和积累间接危害人类健康^[6]。随着鄱阳湖生态经济圈的建设,湖区的工农业获得快速发展的同时也带来了较多的环境问题,其中重金属污染就是一个重要方面,区域内的农家菜地土壤也受到了不同程度的重金属污染^[7],由于农家蔬菜大部分供农家自给,因此农家菜地土壤的重金属污染将间接威胁鄱阳湖附近500多万农民的身体健康。近些年,国内外学者对蔬菜地土壤重金属的污染状况进行较多研究,已经取得较好的研究结果和结论。研究对象主要集中在对较发达城市郊区蔬菜地土壤^[5,8-10],但对发展落后的湖区菜地土壤重金属的污染研究较少^[6],尤其是广大

的偏远农村。徐明星等^[11]分析不同经济指标对长江三角洲土壤累积影响表明,土壤重金属与经济发展形式和水平有很强的相关性;楚纯洁等^[12]调查不同级别城镇土壤重金属污染状况,不仅仅大中城市,甚至是一些小型城镇的生态风险也较大。随着社会主义新农村的大力建设,广大的偏远农村人口基数增大,城镇化率提高,经济快速发展,加上乡镇企业的大力新办,区域菜地土重金属污染面临重大压力。本文以环鄱阳湖区农家菜地土壤为研究对象,在野外土壤调查、采样和重金属含量分析的基础上,利用潜在生态风险指数法,对土壤重金属潜在生态风险进行评价,继而对重金属和环湖区9个社会经济指标间进行灰色关联度分析探讨重金属的污染来源,旨在为治理鄱阳湖区农家菜地土壤重金属污染问题和保障人体健康提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域介绍和样品采集

本研究中讨论的区域仅指环鄱阳湖湖区,包

收稿日期: 2011-04-12; **修订日期:** 2011-07-05

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2008zx07526-008-03)、国际科技合作资助项目(2006DFB91920)、“十一五”国家科技支撑计划重点项目(2007BAB23CO2)、国家自然科学基金(41040032)、中国经济改革实施技术援助项目(支援期TCC5jxspy-hzxh09-03)资助。

作者简介: 胡春华(1976-),男,瑶族,湖南永州人,博士,讲师,主要研究方向为水环境化学。E-mail:ouyangyinghui@126.com

通讯作者: 周文斌,教授。E-mail:wbzhou@ncu.edu.cn

括南昌、进贤、九江、湖口、德安、星子、永修、都昌、鄱阳、余干 10 个行政县(图 1), 总面积达 20 781 km², 占江西全省土地面积的 13%, 农业人口 536.7 万人, 占全省的 12.29%。湖区属亚热带湿润气候, 年平均气温 17.3℃, 年平均水温 18℃, 多年平均降水量 1 620 mm。

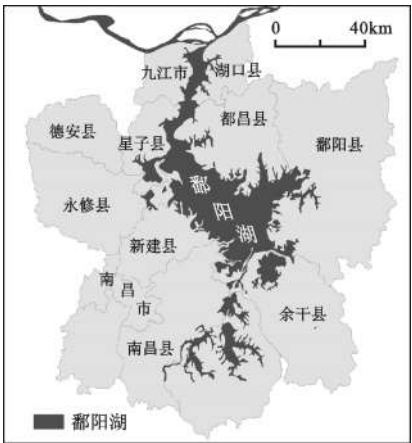


图 1 采样区域
Fig.1 The region of sampling

于 2010 年 3 月份, 采集鄱阳湖区周边九江、星子、德安、永修、南昌、进贤、余干、鄱阳、都昌、湖口 10 个县(市)的具有代表性的农家菜地土壤, 根据每个县农村地区蔬菜种植面积大小、人口及经济状况分别布设 8~10 个点, 共采集 92 个样品。为保证土壤样品的代表性, 每个样点按梅花形布设 5 个分样点, 5 个分样点均采集表层(0~20 cm)土壤并充分混合作为一个样品, 然后按“四分法”获得 1 kg 左右土壤样品。

1.2 样品处理与重金属分析方法

先将采集来的土壤样品置于干燥通风处自然风干, 用木棍碾碎, 剔除植物残体、石块及其他杂质, 用玛瑙研钵研磨, 过 100 目筛, 贮存备用。样品采用三酸(HF-HNO₃-HClO₄)消解法消解。采用 ICP-AES 原子吸收光谱仪测定 Cd、Cr、Pb、Cu、Zn 5 种重金属元素的含量。分析过程所用试剂均为优级纯, 所用水均为 Milli-Q 超纯水器产生的去离子水。

1.3 潜在生态风险评价方法

1980 年瑞典科学家 Lars Hakanson 应用沉积学原理, 提出了土壤和沉积物潜在生态风险指数 (RI) 评价方法^[13]。本方法是一种应用较为广泛的重金属污染评价方法之一, 该方法不仅考虑了土壤重金属含量, 而且将重金属的生态效应、环境效

应与毒理学联系在一起, 采用具有可比的、等价属性指数分级法进行评价, 其公式为:

$$RI = \sum_{i=1}^n E_i^i \tag{1}$$

$$E_i^i = T_i \times C_f^i \tag{2}$$

$$C_f^i = C_{\text{表层}}^i / C_n^i \tag{3}$$

式(1)~(3)中, RI 为某一采样点土壤重金属综合潜在生态风险指数; Eⁱ_i 为潜在生态风险单项系数; T_i 为某一种金属的毒性响应系数, 采用 Hakanson 指定的标准化重金属毒性系数为评价依据 (Tⁱ_{Zn}=1<Tⁱ_{Cr}=2<Tⁱ_{Cu}=Tⁱ_{Pb}=5<Tⁱ_{Cd}=30); C_fⁱ 为单项污染系数; Cⁱ_{表层} 为土壤表层重金属 i 的浓度实测值; C_nⁱ 为土壤重金属 i 的参比浓度值。根据 Eⁱ_i 和 RI 的大小, 将土壤重金属的潜在生态风险状况进行分级^[14](表 1)。

表 1 Hakanson 潜在生态风险指标

Table 1 The indicators of potential ecological risk of Hakanson

<i>E_i</i> 范围	单因子生态 风险程度	<i>RI</i> 范围	潜在生态总 风险程度
<i>E_i</i> <40	低	<i>RI</i> <150	低
40≤ <i>E_i</i> <80	中	150≤ <i>RI</i> <300	中
80≤ <i>E_i</i> <160	重	300≤ <i>RI</i> <600	重
160≤ <i>E_i</i> <320	严重	<i>RI</i> ≥600	严重
<i>E_i</i> ≥320	极严重	—	—

2 结果与讨论

2.1 农家菜地土壤重金属含量分布特征

由表 2 分析可得, 与国家土壤 II 级标准相比较, Cd 在鄱阳湖区各采样点超标严重, 超标率达到 90%, 除南昌菜地土 Zn 和湖口菜地土 Cu 超标外, 其余均未超标; 5 种重金属的变异系数由大到小的顺序是 Cd>Cu>Cr>Zn>Pb, 其中 Cd 变异系数最大, 为 52.5%, 总体上 5 种重金属变异系数相差不大, 表明环鄱阳湖区农家菜地土中重金属含量空间分布均匀。

通过研究重金属元素之间的相关性可以推测重金属的来源是否相同。若它们之间存在相关性, 则它们的来源可能相同, 否则来源可能不同^[15]。利用 SPSS17.0 统计软件对环鄱阳湖区菜地土中重金属含量作 Pearson 相关分析, 计算出 Zn、Cu、Pb、Cd、Cr 之间的相关系数, 见表 3。重金属含量相关性分析结果表明: 环鄱阳湖区菜地土中 Cr-Zn、Cr-Pb 呈极显著的正相关关系, 相关系数分别为 0.844、

0.812; Cu-Zn、Pb-Zn 呈显著正相关关系,相关系数分别为 0.556、0.599; Pb-Cu、Cr-Cu、Cr 与其他 4 种重金属没有相关关系。除 Cd 和 Cu、Cr 外,其余 Zn、Pb、Cu、Cd、和 Cr 均存在不同程度的相关性,表明环鄱阳湖区农家菜地土壤中这 5 种重金属存在不同程度的复合污染或污染具有同源性。

2.2 农家菜地土壤重金属潜在生态风险评价

在应用 Hakanson 提出的潜在生态风险指数评价重金属污染时,所选择的参比值对最终评定结果有很大影响,本文选择《土壤环境质量标准》GB15618-1995 作为比较基准。根据上述(1~3)式

计算,得到鄱阳湖区农家菜地土壤重金属的潜在生态风险系数以及潜在生态风险综合指数(表 4)。

从潜在生态风险单项系数的角度来看,在鄱阳湖区 10 个县(市)中,各种重金属平均生态风险大小的顺序依次为: Cd>Cu>Pb>Zn>Cr。其中以 Cd 的生态风险为最大,九江、德安、南昌、进贤、都昌等 5 个县(市)Cd 的潜在生态风险单项系数超过 100,达到重度生态风险,永修和湖口的潜在生态风险单项系数大于 40,达到中度生态风险,其他地区属于轻微风险。根据环鄱阳湖各地区的总生态风险程度,结合 ArcGIS 软件的空间分析工具做

表2 农家菜地土壤中重金属分布特征

Table 2 The distribution of heavy metals in vegetable field soil in rural areas

项目	最小值(mg/kg)	最大值(mg/kg)	平均值(mg/kg)	标准差(mg/kg)	变异系数(%)	国标 ^[21] (mg/kg)
Zn	54.22	216.67	113.96	49.51	43.45	200
Cu	17.61	69.2	31	15.32	49.42	50
Pb	20.17	63.33	33.87	13.99	41.30	250
Cr	20.33	79	35.61	16.72	45.00	250
Cd	0.06	1.22	0.8	0.42	52.50	0.3

表3 农家菜地土重金属元素间的相关性分析

Table 3 The Correlation analysis between five heavy metals in vegetable field soil in rural areas

	Zn	Cu	Pb	Cr	Cd
Zn	1.000				
Cu	0.556*	1.000			
Pb	0.599*	0.420	1.000		
Cr	0.844**	0.457	0.812**	1.000	
Cd	0.460	0.269	0.417	0.278	1.000

注:**表示在 0.01 水平上显著,*表示在 0.05 水平上显著。

表4 农家菜地土壤的潜在生态风险系数与潜在生态风险指数

Table 4 The coefficient and index of potential ecological risk of vegetable field soil in rural areas

采样点		E _r 及其风险程度					RI 及其总生态
		Zn	Cu	Pb	Cr	Cd	风险程度
环湖工业 发达地区	湖口	0.68(低)	6.92(低)	0.69(低)	0.31(低)	79.63(中)	88.23(低)
	九江	0.62(低)	3.07(低)	0.92(低)	0.29(低)	111.11(重)	116.02(低)
	星子	0.38(低)	1.81(低)	0.40(低)	0.24(低)	38.89(低)	41.72(低)
	德安	0.41(低)	2.23(低)	0.46(低)	0.19(低)	118.52(重)	121.81(低)
	永修	0.63(低)	2.73(低)	0.34(低)	0.16(低)	66.67(中)	70.53(低)
	南昌	1.08(低)	4.37(低)	1.27(低)	0.63(低)	100.00(重)	107.35(低)
	进贤	0.82(低)	2.82(低)	0.62(低)	0.34(低)	122.22(重)	126.83(低)
环湖工业	余干	0.44(低)	2.45(低)	0.63(低)	0.25(低)	29.63(低)	33.39(低)
落后地区	鄱阳	0.27(低)	1.76(低)	0.55(低)	0.21(低)	5.56(低)	8.35(低)
	都昌	0.37(低)	2.84(低)	0.88(低)	0.22(低)	122.22(重)	126.54(低)
环湖区	平均值	0.57(低)	3.1(低)	0.68(低)	0.28(低)	79.45(中)	84.08(低)

出环湖区各地区重金属的空间分异图(图2),环鄱阳湖区农家菜地土壤总体上属于轻微污染,风险指数空间分异明显,除都昌外,工业较发达地区重金属潜在风险较高于工业落后偏僻地区。其中生态风险最大的是进贤和都昌,生态风险指数高达126.83和126.54;生态风险指数最低的是鄱阳,仅为8.35。另外,分析发现:环湖区生态总风险主要是Cd的贡献造成的,Cd的潜在风险占总风险的66.53%~97.30%,其次为Cu,其他重金属贡献很小。

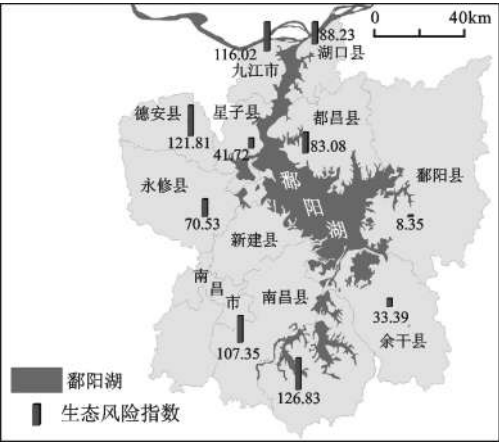


图2 环鄱阳湖区菜地土壤重金属污染空间分异
Fig. 2 The spatial variation of heavy metal pollution in vegetable field soil around Poyang Lake

2.3 农家菜地土壤重金属与区域相关社会经济指标关联分析

利用DPS3.0统计软件对各重金属含量与2010

年环鄱阳湖区10个县区9个社会经济指标间进行灰色关联度分析(表5),分析过程采用均值化,分析系数为0.5。Zn、Cu、Pb、Cr、Cd与社会经济指标的关联度排序前3位见表6。由表6可以看出,蔬菜产量、城镇化率和重金属的关联度相对较稳定,除蔬菜产量与Zn、Cu、Cr的关联度大于0.9,其他参数之间的关联度均小于0.9,而地区生产总值、农药使用量对各种重金属含量的影响最弱。

2.4 讨论

总体上环鄱阳湖区农家菜地土重金属属于轻微污染,Cd超标率达90%,污染情况最严重,其次为铜污染。各种重金属平均生态风险大小的顺序依次为: Cd>Cu>Pb>Zn>Cr,与朱德新^[8]、白玲玉^[16]等对蔬菜种植地研究结果相对一致,均以Cd、Cu污染为主,同刘莘等^[17]对山东省露地蔬菜产地土壤以Cu、Pb污染为主的结果差异较大,可能与两者的施肥习惯、栽培方式、污染源分布等因素不同有关。研究表明,由于Cd的毒性系数大造成的较高的生态风险,同时蔬菜对重金属Cd的富集系数最大,最容易吸收土壤中的Cd并在其体内富集^[18],通过食物链富集影响人体健康,应该引起极大关注。另外,环鄱阳湖区农家菜地土重金属空间污染特征分异明显,工业较发达地区重金属生态风险较大于工业落后地区。环湖工业发达地区湖口、九江、德安、永修以及南昌、新建等县由于靠近省会城市南昌和昌九工业走廊,工业发展实力较强,各类工业企业相对较多,污染源普遍,工业“三废”和生活污水的大量排放导致重金属污染严

表5 各重金属含量与社会经济指标间的灰色关联度分析
Table 5 The gray correlation analysis among heavy metal and socio-economic indicators

	元素	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
关联度	Zn	0.88964	0.81284	0.8861	0.8737	0.95716	0.79753	0.7791	0.84912	0.82546
排序		3	8	2	5	1	7	9	6	4
关联度	Cu	0.86149	0.76474	0.78744	0.82959	0.90178	0.88108	0.77076	0.89936	0.7917
排序		4	9	8	6	3	1	7	2	5
关联度	Pb	0.79653	0.76342	0.73779	0.77877	0.89057	0.7667	0.73885	0.78631	0.75592
排序		4	6	9	7	1	2	8	5	3
关联度	Cr	0.85207	0.80747	0.80734	0.85384	0.90993	0.79045	0.75429	0.81241	0.78201
排序		3	6	8	2	1	4	9	7	5
关联度	Cd	0.84814	0.76134	0.83714	0.89447	0.81924	0.72673	0.74869	0.77901	0.80942
排序		3	7	4	1	5	9	8	6	2

注:社会经济指标资料来源于2010年江西统计年鉴;X1:城镇化率(%);X2:地区生产总值(万元);X3:工业总产值(万元);X4:工业企业数(个),代表工业发展情况;X5:蔬菜产量(t/hm²);X6:化肥使用量(t/hm²);X7:农药使用量(t/hm²);X8:地膜使用量(t/hm²);X9:境内公路里程(km),代表交通发展情况;化肥、农药和地膜使用量(t/hm²)=总使用量(t)/蔬菜种植面积(hm²)。

重。另外密集的人口和发达的交通也对菜地土壤重金属含量有一定影响;而工业落后地区都昌、余干、鄱阳等滨湖偏僻地区,整体经济发展水平滞后,工业发展滞后,交通闭塞,土壤重金属的污染可能较多来自于施用化肥、有机肥等和重金属大气沉降等。

由表6可知,蔬菜产量与Zn、Cu、Pb、Cr 4种重金属的关联度均最大,这是因为蔬菜产量的提高意味着相应的化肥、农药、灌溉水、地膜等配套农用品、设施使用量的增加,考虑到上文中化肥、农药和重金属的关联度较小,因此灌溉水、地膜等是蔬菜种植过程中土壤重金属的重要来源;工业总产值和企业数量反映的是工业化水平,环湖地区企业众多,且多以乡镇企业的形式存在,其成为重金属元素排放的重要来源,Zn的工业污染源主要是冶炼、镀锌、纺织等工业废水和污泥、废渣,化工、电子类企业往往导致Cd、Cr等多元素的积累^[19],故工业总产值和Zn的关联度最高,而工业企业数与Cr、Cd关联度较高;化肥使用量和Cu、Pb关联度较高,排在第二位,与Cd、Cr关联较弱,环鄱阳湖区农村种植蔬菜主要肥料品种为氮肥、含磷复合肥和主要以猪粪和鸡粪为主的有机肥,白玲玉^[17]等认为部分有机肥特别是猪粪中Cu、Cd的含量较高,重金属含量超高的化肥、有机肥的施用是土壤中Cr、Cu、Cd的重要来源,对Pb污染不明显。另外,也有较多研究认为磷肥和有机肥中Cd含量较高,大量使用会导致土壤Cd的累积超标^[12,16,17],与本研究结果有差异,表明环湖区菜地土中Pb、Cd更可能来源于交通和大气沉降^[20]而不是化肥施用输入,交通发展情况和Pb和Cd关联度最高便很好的得到佐证;城镇化水平的提高,导致城镇居民的生活垃圾和其它废弃物排放增加,增加包括重金属元素在内的土壤外源物质输入,因此城镇化率和Zn、Cr、Cd的关联度较高;农药使用量对重金属

影响较弱,滕彦国等^[21]认为农业生产过程中长期施用农药化肥会改变土壤的理化状态,使土壤化学元素特别是有毒有害元素重金属等活动性增强,使土壤重金属释放进入环境,因此注意农药合理使用。本研究在一定程度上揭示环鄱阳湖区农家菜地土重金属污染分布及差异,从湖区社会经济指标上解释不同重金属的最可能来源,由于受条件限制,各研究区域社会经济指标偏重不一,也未对各县区土壤重金属区域性背景值和不同种社会经济指标对重金属的综合污染效应做研究,今后研究将进一步补充并探讨。

3 结 论

- 1) 环鄱阳湖区农家菜地土重金属属于轻微污染,Cd超标率达90%,污染情况最严重,除部分地区Cu超标外,其余均未超标。潜在风险评价表明:单项重金属风险程度依次为Cd>Cu>Pb>Zn>Cr,Cd的潜在风险占总风险的66.53%~97.30%,其他重金属贡献很小。环鄱阳湖区工业较发达地区农家菜地土重金属生态风险较大于工业落后地区,工业发展情况对湖区的空间污染分异具有较大的影响。
- 2) 农家菜地土壤重金属与区域相关社会经济指标关联分析表明:蔬菜产量、工业发展情况、城镇化率、交通业发展情况和菜地土壤不同重金属具有较高关联度,是不同种重金属的重要污染源,由于重金属存在不同程度的复合污染或同源性,需要综合考虑不同种社会经济指标的治理。农药施用量与重金属含量关联度较弱,但仍然不能忽视。

参考文献:

[1] Garcia R,Millan E.Assessment of Cd,Pb,and Zn contamination in roadside soils and grasses from Gipuzkoa(Spain) [J].Chemosphere,1998,37(8):1615-1625.

[2] Aleem A,Isar J,Malik A.Impact of long-term application of industrial wastewater on the emergence of resistance traits in Azotobacter chroococcum isolated from rhizospheric soil[J].Biore-source Techology, 2003,86:7-13.

[3] 曹伟,周生路,王国梁,等.长江三角洲典型区工业发展影响下土壤重金属空间变异特征[J].地理科学,2010,30(2):283~289.

[4] 吴绍华,周生路,张红富,等.经济发展梯度影响下的江苏农用地土壤重金属含量分布[J].地理科学,2008,28(3):412~418.

[5] 姚春霞,陈振楼,许世远,等.上海市浦东新区蔬菜地土壤重金

表6 各重金属含量关联度前3位的社会经济指标

Table 6 The top 3 socio-economic indicators with a high gray correlation with heavy metals

	1	2	3
Zn	蔬菜产量	工业总产值	城镇化率
Cu	蔬菜产量	化肥使用量	地膜使用量
Pb	蔬菜产量	化肥使用量	境内公路里程
Cr	蔬菜产量	工业企业数	城镇化率
Cd	工业企业数	境内公路里程	城镇化率

- 属含量及评价[J].土壤,2005,37(5): 517~522.
- [6] Zheng Y M, Song B, Chen T B, et al. A survey of copper concentrations in vegetables and soils in Beijing and their health risks[J]. Journal of Agro-Environment Science, 2006, 25(5): 1093-1101.
- [7] 罗珍珍, 傅 春. 鄱阳湖区农村面源污染现状及成因分析[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(22): 10625~10627.
- [8] 朱德新. 天津市蔬菜种植地土壤重金属潜在生态风险评价[J]. 监测分析, 2010, 34(6): 100~102.
- [9] 阎伍玖. 芜湖市城市边缘区土壤重金属污染空间特征研究[J]. 地理科学, 2008, 28(2): 262~266.
- [10] Anilew M A N, Nwobodo K C A. Long term effect of municipal waste disposal on soil properties and productivity of sites used for urban agriculture in Abakaliki, Nigeria[J]. Bioresource Technology, 2002, 83: 241-250.
- [11] 徐明星, 周生路, 王晓瑞, 等. 长江三角洲典型区社会经济发展对土壤重金属累积的影响[J]. 地理科学, 2010, 30(6): 880~885.
- [12] 楚纯洁, 马建华, 朱玉涛. 不同级别城镇土壤重金属污染状况比较分析——以郑州市、中牟县和韩寺镇为例[J]. 地球与环境, 2009, 37(4): 395~404.
- [13] Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control a sediment logical approach[J]. Water Research, 1980, 14(8): 975-1001.
- [14] 汤 洁, 陈初雨, 李海毅, 等. 大庆市建成区土壤重金属潜在生态危害和健康风险评价[J]. 地理科学, 2011, 31(1): 117~122.
- [15] 辛 蕊, 张思冲, 周晓聪, 等. 大庆城区土壤重金属污染及相关性分析[J]. 中国农学通报, 2008, 24(9): 416~420.
- [16] 白玲玉, 曾希柏, 李莲芳, 等. 不同农业利用方式对土壤重金属累积的影响及原因分析[J]. 中国农业科学, 2010, 43(1): 96~104.
- [17] 刘 苹, 赵海军, 刘兆辉, 等. 山东省露地蔬菜产地土壤重金属含量的环境质量分析与评价[J]. 农业环境科学学报, 2010, 29(6): 1130~1136.
- [18] LIU H Y, PROBST A, LIAO B H. Metal contamination of soils and crops affected by the Chenzhou lead/zinc mine spill (Hunan, China) [J]. Science of the Total Environment, 2005, 339: 153-166.
- [19] 邵学新, 黄 标, 孙维侠, 等. 长江三角洲典型地区工业企业的分布对土壤重金属污染的影响[J]. 土壤学报, 2006, 43(3): 397~404.
- [20] 谢小进, 康建成, 李卫江. 上海宝山区农用土壤重金属分布与来源分析[J]. 环境科学, 2010, 31(3): 768~774.
- [21] 滕彦国, 倪师军, 林学钰, 等. 城市环境地球化学研究综述[J]. 地质论评, 2005, 51(1): 64~76.

Risk Evaluation and Sources Analysis of Heavy Metals in Vegetable Field Soil of Rural Area Around Poyang Lake

HU Chun-hua^{1,2}, JIANG Jian-hua^{1,2}, ZHOU Wen-bin^{1,2}

(1. Institute of Environmental and Chemical Engineering, Nanchang University, Nanchang, Jiangxi 330031, China;

2. Key Laboratory of Lake Poyang Environment and Resource Utilization, Ministry of Education, Nanchang, Jiangxi 330029, China)

Abstract: The ecological risk of heavy metals of 10 counties in the rural area around the Poyang Lake were evaluated, and then pollution sources of heavy metals were analyzed through the gray correlation between heavy metal and nine socio-economic indicators. Results showed that Cd contents of vegetable soil around Poyang Lake were severely exceeded the national standard with an excessive rate of 90%. The other heavy metals were not exceeded excepting contents of Cu in some areas. Ecological risk of the vegetable soil around Poyang Lake area is slight, and the total risk index was contributed most by Cd, accounting for 66.53%~97.30%. The ecological risk of developed regions around the Poyang lake were higher than lower industrial level regions, indicating that industrial development make a important influence on the spatial variation of heavy metal pollution in soil around Poyang Lake. The socio-economic indices of vegetable production, industrial development, urbanization, transportation development have high grey correlation with heavy metals contents, and GDP and the amount of pesticides use show a weakest impact on heavy metals.

Key words: vegetable field soil; heavy metal; potential ecological risk; socio-economic indicators; Poyang Lake area