

刘海春,张益民. 江苏省沿江地区土壤环境质量现状及趋势分析——以江苏省仪征市为例[J]. 江苏农业科学,2015,43(12):339-343.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.12.107

江苏省沿江地区土壤环境质量现状及趋势分析 ——以江苏省仪征市为例

刘海春¹, 张益民²

(1. 扬州市职业大学,江苏扬州 225009,2. 江苏省扬州市环境监测中心站,江苏扬州 225007)

摘要:为了解江苏省仪征市土壤中重金属含量的变化情况及变化趋势,将 2010 年仪征 58 个取样检测数据与 2002 年仪征市 81 个土壤环境质量调查样品检测数据相对应的点位进行了比较。由 2010 年与 2002 年仪征市土壤 8 种重金属差减变化趋势分析可见,仪征市土壤重金属含量整体较为稳定,部分区域有上升趋势,部分区域有下降趋势,其中 As、Cr、Zn 减少趋势较为明显,Ni 增加趋势较为明显。

关键词:仪征市;土壤;重金属;污染;分析

中图分类号: X825 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)12-0339-05

土壤是人类环境的重要组成部分,也是农业生产的基础,在长期的农业生产和人类活动中,土壤作为可再生的资源,在维护农业生态平衡中具有重要意义。但随着我国工业和城镇化的不断发展,由工业和生活废水排放、污水灌溉、汽车尾气排放等造成的土壤重金属污染问题也日趋严重。与其他污染物相比,重金属污染具有隐蔽性、长期性、毒性大、污染修复十分困难等特点。重金属污染不仅能够引起土壤的组成、结构和功能的变化,还能够抑制作物根系生长和光合作用,导致作物减产甚至绝收,还会通过径流、淋失作用污染地表水和地下水,甚至通过食物链危害人体健康^[1-7]。江苏省沿江地区属长江三角洲经济发达地区。作为经济最为发达的区域之一,该地区具有人多地少的典型特征。随着经济的发展和人口的增长,该地区对土地的需求不断增加,人地矛盾愈发突出。为进一步掌握江苏沿江地区土壤重金属污染现状及演变规律,本研究以江苏沿江典型地区仪征市为例进行分析。

1 研究区域概况

以江苏省仪征市为研究区域。该县位于长江三角洲顶端,土地总面积 882 km²。气候属于北亚热带沿江季风气候,光能资源丰富,雨量较为充沛,年均降水量为 1 015 mm,年平均日照时数为 2 226.5 h,年均气温为 15℃,耕作制度以稻麦两熟为主。仪征市境内主要地貌类型有丘陵、沙砾石岗地、黄土地、河谷平原、沿江平原。

2 土壤样品采集与处理

2010 年 1 月,课题组按照 4 km × 4 km 网格布点在仪征市采样,共计 58 个点位(图 1)。采样时选择 20 cm 左右深度

的表层样,清除土壤表面腐殖质,用木铲采集。去除沙砾、动物残体、植物根系等异物后,自然风干,用四分法弃取,玛瑙研钵研磨,过 100 目尼龙筛,备用。所有土壤样品均采用土壤微波消解法进行处理后备测。

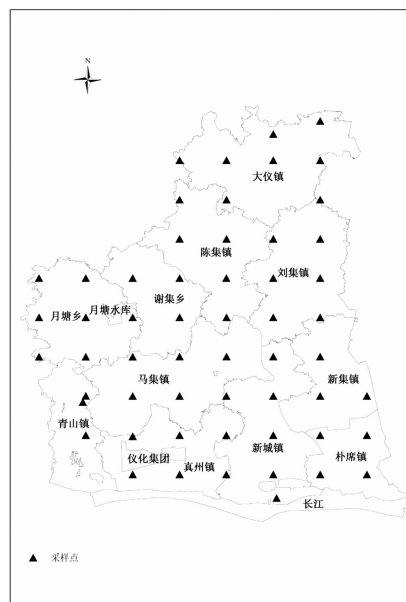


图1 2010 年仪征市土壤采样点分布

3 分析项目与方法

分析项目包括土壤样品中的 Cd、Hg、As、Cr、Cu、Pb、Zn、Ni 等 8 种重金属元素含量的测定,所有土壤样品均采用土壤微波消解,其中 Cd、Cu、Pb、Zn 含量采用微波消解-等离子体质谱联用法(ICP-MS)测定;Cr、Ni 含量采用微波消解-等离子体原子发射光谱法(ICP-AES)测定;汞含量采用热分解-冷原子吸收光度法测定;砷含量采用氢化物发生原子荧光法测定。

4 评价标准

本次评价选择 GB1 5618—1995《土壤环境质量标准》中

收稿日期:2015-06-25

基金项目:江苏省扬州市市环课题(编号:YHK1309)。

作者简介:刘海春(1967—),女,山东烟台人,硕士,教授,主要从事环境工程生物处理技术研究。E-mail:yzhchliu2006@126.com。

通信作者:张益民(1968—),女,江苏南通人,高级工程师,主要从事环境监测工作。E-mail:jczfxs001@163.com。

二级标准值作为评价标准^[8]。

4.1 单项污染指标评价方法

单项污染评价采用指数法进行评价,单项污染指数计算方法如下:

$$P_i = \frac{C_i}{S_i}。$$
 (1)

式中: P_i 为土壤中污染物 i 的单项污染指数; C_i 为土壤中污染物 i 含量的实测值; S_i 为污染物 i 的评价标准。 $P_i < 1$ 表示土壤未受污染物 i 的明显污染; $P_i > 1$ 表示土壤受污染, P_i 越大,表示受污染程度越重。

4.2 综合污染指标评价方法

综合污染指标评价方法采用内梅罗污染指数法,综合污染指数计算方法如下:

$$P_{综} = \sqrt{\frac{(C_i/S_i)_{max}^2 + (C_i/S_i)_{avg}^2}{2}}。$$
 (2)

式中: $P_{综}$ 为土壤综合污染指数; $(C_i/S_i)_{max}$ 为土壤污染中污染指数的最大值; $(C_i/S_i)_{avg}$ 为土壤污染中污染指数的平均值。土壤污染指数的平均值计算方法如下:

表 2 仪征市土壤重金属测定结果

测定项目	GB 15618—1995 二级	实测范围	平均值	标准差	95% 置信范围
Cd	0.30	0.00 ~ 0.39	0.11	0.07	0.03 ~ 0.24
Hg	0.50	0.01 ~ 0.80	0.09	0.14	0.02 ~ 0.57
As	25	2.69 ~ 14.85	8.02	2.23	3.69 ~ 10.82
Cr	300	45.40 ~ 82.80	64.25	8.28	51.48 ~ 80.94
Cu	100	12.52 ~ 51.41	25.38	6.99	16.00 ~ 43.97
Pb	300	13.90 ~ 50.85	22.77	6.39	15.73 ~ 37.57
Zn	250	36.7 ~ 131.75	63.20	18.25	43.38 ~ 104.24
Ni	50	19.41 ~ 56.95	33.33	7.05	21.78 ~ 47.07

5.2 单项污染指数评价

根据单项污染指数法评价模式,按照按照 GB 15618—1995《土壤环境质量标准》中二级标准计算出仪征市土壤 8 种重金属元素的单项污染指数(P_i)。表 3 给出了仪征市土壤重金属元素 P_i 的分布范围、平均值、超标样品数。从平均值看,8 种重金属元素的 P_i 平均值都小于 1,都符合一级标准,即达到绿色食品产地环境技术条件。就单项指标看,所有土壤样品的 As、Cr、Cu、Zn、Pb 全部符合一级标准;有 1 个土壤样品的 Cd 含量超过二级标准,分布在十二圩镇;有 2 个土壤样品的 Ni 含量超过二级标准,分别分布在朴席镇、新城镇;有 2 个土壤样品的 Hg 含量超过二级标准,分别分布在朴席镇、真州镇。对照上述评价结果进行实地调查分析得知,Cd、Ni、Hg 元素的单项污染指数超过二级标准可能与农业面源污染及灌溉污水的污染密切相关。

5.3 综合评价

根据内梅罗污染指数法计算仪征市土壤综合污染指数 $P_{综}$,结果(表 4)表明,本研究调查的仪征市的 58 个土壤样品中,有 89.66% 的土壤样品(52 个)的 $P_{综} \leq 0.7$,处于安全等级,污染水平为清洁;有 5.17% 的土壤样品(3 个)的 $P_{综}$ 为 0.7 ~ 1.0,处于警戒等级,污染水平为尚清洁;有 5.17% 的土壤样品(3 个)的 $P_{综}$ 为 1.0 ~ 2.0,处于轻污染等级;没有土壤样品的土壤污染指数大于 2。属于轻污染等级的样品分布在真州镇、十二圩镇、朴席镇,综合污染指数与 Cd、Ni、Hg 元素的单项污染指数超过二级标准有关。

$$P_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i = (C_i/S_i)_{avg}。$$
 (3)

综合污染指数全面反映了各污染物对土壤的作用,同时又突出高浓度污染物对土壤环境质量的影响,本研究计算的综合污染指数各单项污染指数均按一级标准来计算,按综合污染指数最终评定,划定质量等级(表 1)。

表 1 土壤污染分级标准(NY/T 395—2000
《农田土壤环境质量监测技术规范》)

等级	综合污染指数	污染等级	污染水平
1	$P_{综} \leq 0.7$	安全	清洁
2	$0.7 < P_{综} \leq 1.0$	警戒	尚清洁
3	$1.0 < P_{综} \leq 2.0$	轻污染	可能引起作物污染
4	$2.0 < P_{综} \leq 3.0$	中污染	土壤、作物中等污染染

5 结果分析

5.1 样品检测结果

仪征市土壤重金属测定统计结果见表 2。

表 3 仪征市土壤重金属单项污染指数

测定项目	P_i 分布范围	P_i 平均值	超标样品数 (个)	占百分比 (%)
Cd	0.01 ~ 1.30	0.36	1	1.69
Hg	0.02 ~ 1.61	0.18	3	5.08
As	0.11 ~ 0.59	0.32	0	0.00
Cr	0.23 ~ 0.42	0.32	0	0.00
Cu	0.13 ~ 0.51	0.25	0	0.00
Pb	0.09 ~ 0.34	0.15	0	0.00
Zn	0.15 ~ 0.53	0.25	0	0.00
Ni	0.39 ~ 1.14	0.67	2	3.39

表 4 仪征市土壤重金属综合污染指数

等级	综合污染指数	样品数 (个)	比例 (%)
1	$P_{综} \leq 0.7$	52	89.66
2	$0.7 < P_{综} \leq 1.0$	3	5.17
3	$1.0 < P_{综} \leq 2.0$	3	5.17
4	$2.0 < P_{综} \leq 3.0$	0	0

5.4 土壤环境质量空间评价

土壤环境质量污染状况的空间分布能够表明土壤环境污染物的空间分布状况,将 58 个样点分乡(镇)统计后,利用 Arc Map 软件绘制 2009 年仪征市 8 种重金属含量的分布特征图(图 2)。由图 2 可知,土壤 Cd 含量较高的地区为朴席镇和长江以东,土壤 Hg 含量较高的地区为真州镇以东和朴席镇

以南,土壤 As 含量较高的地区为青山镇,土壤 Cr 含量较高的地区主要为朴席镇和长江以东,还有青山镇、宜化集团、新集镇,土壤 Cu 含量较高的地区为朴席镇、长江以东及大仪镇,

土壤 Pb 含量较高的地区为真州镇和朴席镇东南,土壤 Zn 含量较高的地区为朴席镇西南和真州镇东南交汇处,土壤 Ni 含量较高的地区为朴席镇、长江以东及刘集镇。

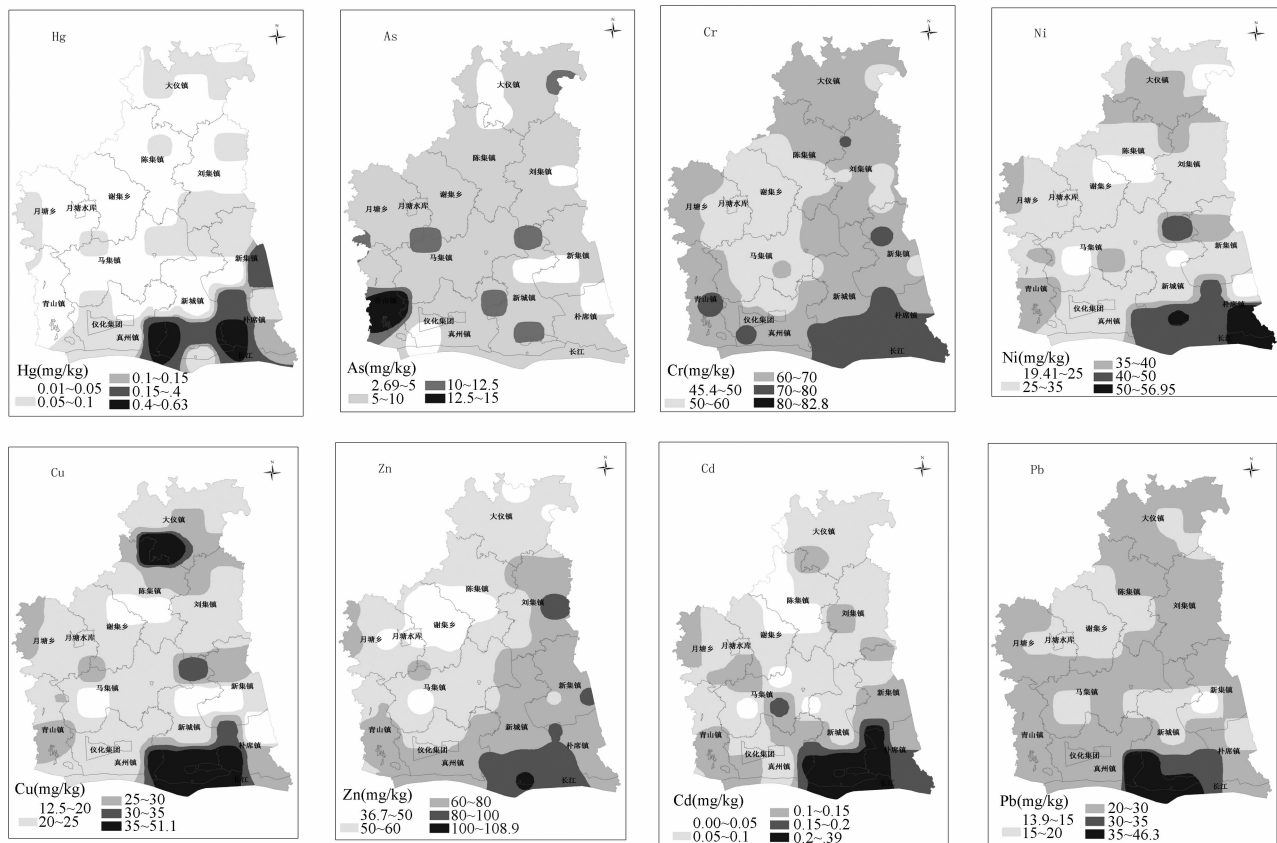


图2 2010年仪征市土壤重金属分布

5.4 趋势分析

为进一步了解仪征市土壤中重金属含量的变化情况及变化趋势,将本次取样检测数据与2002年仪征市81个土壤环境质量调查样品检测数据相对应的点位进行了比较。2002年仪征市土壤采样点分布见图3,2002年仪征市土壤重金属统计结果见表5,2002年仪征市土壤重金属综合污染指数见表6,2002年仪征市土壤重金属含量分布见图4,通过GIS对2002年和2010年对应位点的土壤重金属含量分布图进行了图层空间差减提取比较(图5)。

5.4.1 Hg变化趋势分析 (1)增加趋势:朴西镇东北的部分区域比2002年增加了0.3 mg/kg以上;长江以北、新城镇南和西、新集镇东和南及西的部分区域比2002年增加了0.15~0.3 mg/kg;除去减少的区域仪征的其他大部分区域都比2002年增加了0.15 mg/kg。(2)减少趋势:长江以北有2个区域比2002年减少0.15 mg/kg以上;长江以北、朴席镇西、宜化集团北及青山镇东、马集镇北、月塘乡西、新集镇西北及刘集镇南、陈集镇北、大仪镇东、西及北的部分区域比2002年减少了0~0.15 mg/kg。

5.4.2 As变化趋势分析 (1)增加趋势:青山镇中部、新城镇东南、大仪镇东的部分区域比2002年增加了1 mg/kg以上;陈集镇北、刘集镇北、大仪镇东和南及北的部分区域比2002年增加了0~1 mg/kg。(2)减少趋势:除去有增加趋势的区域,

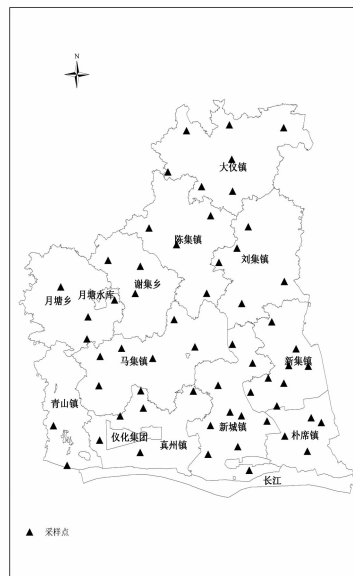


图3 2002年仪征市土壤采样点分布

其他大部分区域都比2002年不同程度减少了0~5 mg/kg。

5.4.3 Cr变化趋势分析 (1)增加趋势:陈集镇东与刘集镇西、新集镇北的部分区域比2002年增加了10 mg/kg以上;宜化集团南、青山镇东、马集镇西、新集镇西北、新城镇北及南、陈

表 5 2002 年仪征市土壤重金属统计结果

测定项目	分布范围 (mg/kg)	平均值 (mg/kg)	标准差 (mg/kg)	95% 置信范围 (mg/kg)	超标样品数(个)		
					背景值	优	良
Cd	0.048 ~ 0.241	0.103	0.03	0.095 ~ 0.104	1	0	0
Hg	0.022 ~ 0.695	0.125	0.12	0.092 ~ 0.146	21	3	2
As	3.51 ~ 16.56	10.45	2.58	9.94 ~ 11.04	2	0	0
Cr	49.6 ~ 109.43	68.94	12.55	65.01 ~ 69.98	7	0	0
Cu	4.46 ~ 61.72	26.83	8.78	25.91 ~ 29.54	12	1	0
Pb	15.03 ~ 49.67	23.98	6.98	21.80 ~ 24.56	7	0	0
Zn	47.40 ~ 243.00	78.00	34.07	70.96 ~ 86.16	13	0	0
Ni	19.72 ~ 55.33	31.68	6.87	29.82 ~ 32.89	9	2	2

表 6 2002 年仪征市土壤重金属综合污染指数

样本数	$P_{综}$	分布范围	平均值	标准差	95% 置信区间
81	0.36 ~ 1.04		0.55	0.12	0.52 ~ 0.57

集镇北、刘集镇北的部分区域比 2002 年增加了 0 ~ 10 mg/kg。
(2)减少趋势:青山镇南、真州镇以东、宜化集团北、新城镇西、大仪镇东的部分区域比 2002 年至少减少 15 mg/kg 以上;除去有增加趋势的区域,其余大部分区域都比 2002 年不同程度减

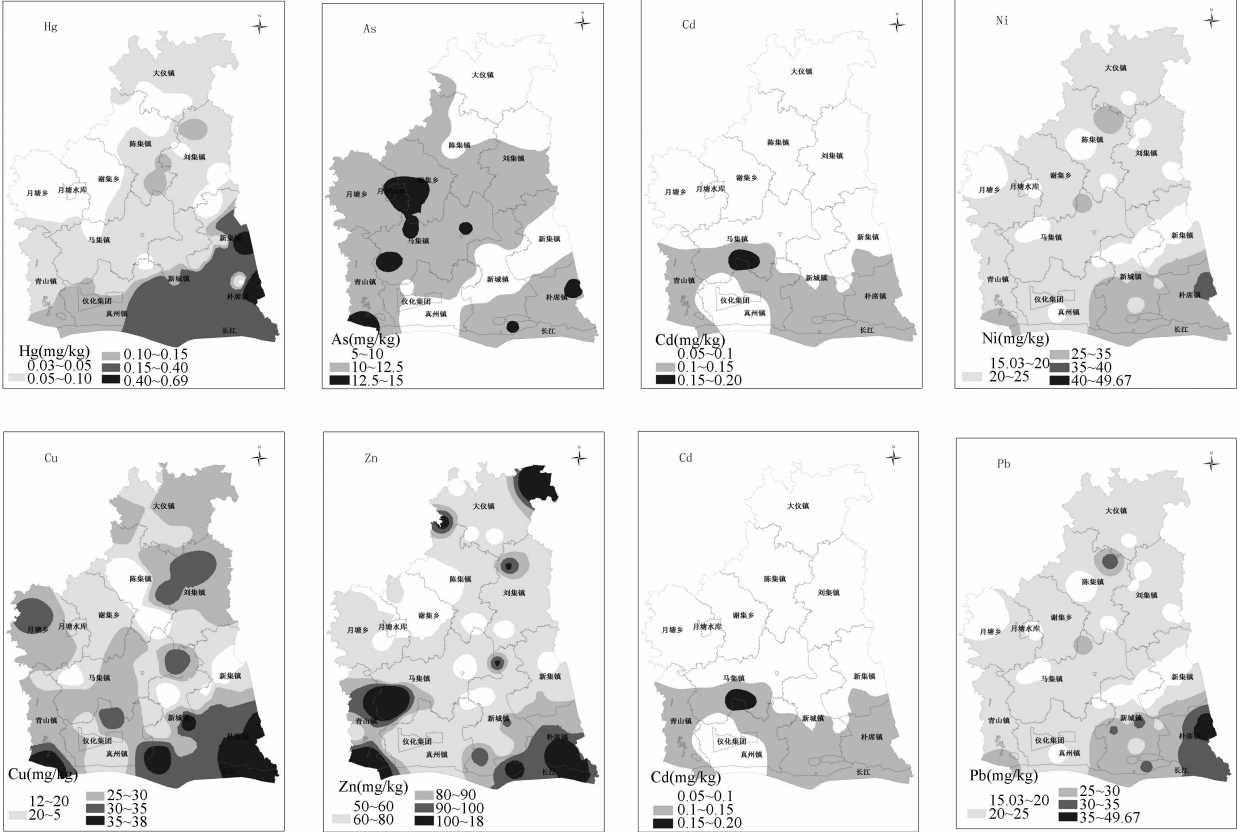


图4 2002年仪征市土壤重金属分布

少了 0 ~ 15 mg/kg。
5.4.4 Ni 变化趋势分析 (1)增加趋势:长江东及朴西镇南、新城镇以南、马集镇东的部分区域比 2002 年增加了 20.01 ~ 30.97 mg/kg;青山镇东南、真州镇北、长江北、新城镇南及西北、朴席镇西南、马集镇西及南、新集镇西北、月塘乡西北及东、陈集镇北及南、刘集镇西北、大仪镇西南及东的部分区域比 2002 年增加了 7.51 ~ 20.00 mg/kg;除去有减少趋势的区域其他大部分区域比 2002 年增加了 0.01 ~ 7.50 mg/kg。
(2)减少趋势:朴西镇东北部分区域比 2002 年减少 7.50 mg/kg 以上;青山镇南、马集镇东及西南、新城镇西南、朴西镇东北、谢集乡东、陈集镇东及中南、大仪镇南的部分区域

比 2002 年减少了 0 ~ 7.49 mg/kg。
5.4.5 Cu 变化趋势分析 (1)增加趋势:长江西北、真州镇东南、新城镇南、朴席镇西南、马集镇北、大仪镇南、新集镇东南、陈集镇东北、大仪镇西南的部分区域比 2002 年增加 10 mg/kg 以上;新城镇南、马集镇西北、新集镇北、谢集乡东、陈集镇北及南;大仪镇中的部分区域比 2002 年增加了 5 ~ 10 mg/kg;新城镇西北、新集镇西南、马集镇西北、陈集镇中、大仪镇东和南及西的部分区域都比 2002 年增加了 0 ~ 5 mg/kg。
(2)减少趋势:青山镇南、马集镇西南、新城镇东南、朴西镇东北、月塘乡西、刘集镇北和西的部分区域比 2002 年减少 10 mg/kg 以上;除去有增加趋势的区域,其他大部分

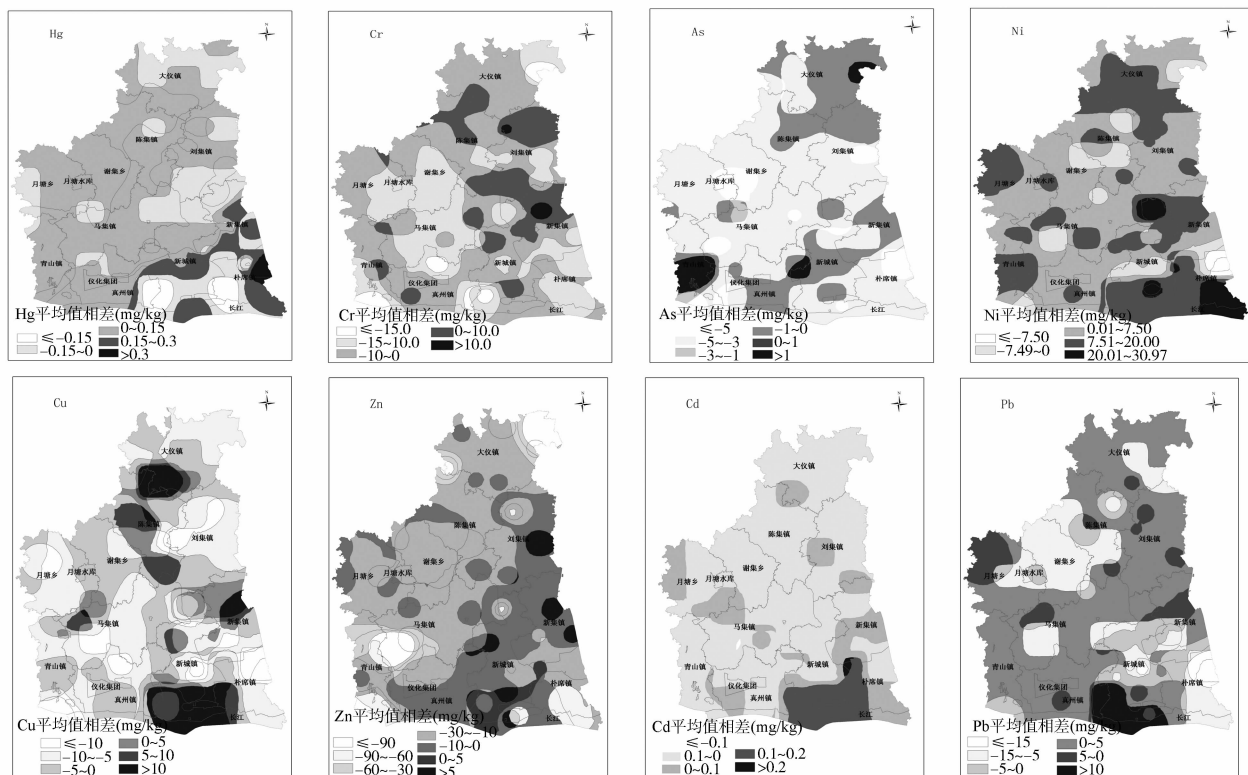


图5 2010 年与 2002 年仪征市土壤重金属差减变化

区域都比 2002 年不同程度减少了 0~10 mg/kg。

5.4.6 Zn 变化趋势分析 (1) 增加趋势: 长江西北、新城镇西及南、新集镇东和东南、刘集镇东的部分区域比 2002 年增加了 5 mg/kg 以上; 新城镇西南及东南的部分区域比 2002 年增加了 0~5 mg/kg。(2) 减少趋势: 除去增加的区域, 其他大部分区域都比 2002 年不同程度的减少了 0~90 mg/kg, 尤其是长江东北、朴席镇东南、马集镇西北、大仪镇西南及东的部分区域比 2002 年至少减少 90 mg/kg 以上。

5.4.7 Cd 变化趋势分析 (1) 增加趋势: 新城镇东南、朴席镇西北、新集镇西南的小部分区域比 2002 年增加了 0.2 mg/kg 以上; 长江北、新城镇南、朴席镇西北、真州镇东南的部分区域比 2002 年增加了 0.1~0.2 mg/kg; 青山镇东南、宜化集团西南、真州镇东南、新城镇南、长江东、朴席镇东南、新集镇西南及东、马集镇西北及东、月塘乡西、刘集镇西、陈集镇东北、大仪镇西南的部分地区比 2002 年增加了 0~0.1 mg/kg。(2) 减少趋势: 除去增加的区域, 其他大部分区域都比 2002 年不同程度的减少了 0~0.1 mg/kg, 马集镇南有一个区域比 2002 年减少了 0.1 mg/kg 以上。

5.4.8 Pb 变化趋势分析 (1) 增加趋势: 真州镇东南和长江西北、新城镇南的部分区域比 2002 年增加了 10 mg/kg 以上; 真州镇南、长江南、马集镇西北、新集镇东北、月塘乡北及西北、陈集镇北、刘集镇西北及东南、大仪镇南的部分区域比 2002 年增加了 5~10 mg/kg; 除去减少的区域, 其他大部分区域都比 2002 年增加了 0~5 mg/kg。(2) 减少趋势: 新城镇中、朴席镇东北的部分区域比 2002 年减少了 15 mg/kg 以上; 马集镇西南及东南、长江东南朴席镇东南、新城镇中及、新集镇南、月塘乡东、谢集乡、陈集镇北及南、大仪镇东南的部分区

域比 2002 年减少了 5~15 mg/kg; 青山镇南、新城镇北及南、朴席镇西北、新集镇北及西、月塘乡东及西、陈集镇西及东的部分区域比 2002 年减少了 0~5 mg/kg。

由 2010 年与 2002 年仪征市土壤 8 种重金属差减变化趋势分析可见, 仪征市土壤重金属含量整体较为稳定, 有的金属在部分区域有上升趋势, 有的金属在部分区域有下降趋势, 其中 As、Cr、Zn 减少趋势较为明显, Ni 增加趋势较为明显。呈上升趋势主要是由于农业面源污染、灌溉污水的污染等, 呈下降趋势的原因是由于土地利用方式的改变及农药化肥的合理使用等。

参考文献:

- [1] 宋伟, 陈百明, 刘琳, 等. 土壤重金属污染概况水土保持研究[J]. 中国耕地, 2013(3): 293~298.
- [2] 刘刊, 王波, 权俊娇, 等. 土壤重金属污染修复研究进展[J]. 北方园艺, 2012(22): 189~194.
- [3] 张蕾, 杨航, 鲁雪, 等. 土壤重金属污染的植物修复[J]. 东北水利水电, 2013(2): 58~60.
- [4] 刘庆, 杜志勇, 史衍玺, 等. 山东省寿光市土壤重金属环境质量评价[J]. 江西农业大学学报, 2009, 31(1): 144~148.
- [5] Kabata-Pendias A. Soil-plant transfer of trace elements - an environmental issue[J]. Geoderma, 2004, 122(2/3/4): 143~149.
- [6] 董元华, 张桃林. 基于农产品质量安全的土壤资源管理与可持续利用[J]. 土壤, 2003, 35(3): 182~186.
- [7] 陈宏, 陈玉成, 杨学春. 化学添加剂对土壤和莴笋中重金属残留量的影响试验[J]. 农业工程学报, 2005, 21(7): 120~123.
- [8] 夏家洪, 蔡道基, 夏增禄, 等. GB 156182—1995 土壤环境质量标准[S]. 北京: 国家环境保护总局, 1995.