

金坛市耕地重金属含量调查与评价

尹微琴¹, 奚云龙², 储亚云² (1. 扬州大学环境科学与工程学院, 江苏扬州 225009; 2. 江苏省金坛市土肥站, 江苏金坛 213200)

摘要 为了解金坛市耕地重金属污染状况。在2003年对金坛市4大农业区域土壤中Cr、Cu、Pb、Zn、Cd、Hg、As含量进行了测定和研究,并对该地区耕地质量进行了评价。金坛市土壤重金属含量的变幅较大,以Cd和Hg最为明显;不同农业区域土壤Cr、Pb含量存在显著性差异。与1990年江苏土壤元素背景值比较,该市土壤Cr、Hg、As含量超背景值的比例较低,在4.4%~18.9%,Cu、Pb、Zn、Cd含量超背景值的比例较高,达63.3%~97.8%;土壤重金属的相关性分析表明,土壤存在重金属复合污染的可能。该市土壤环境质量优良,受重金属污染较小。

关键词 耕地; 重金属; 评价

中图分类号 S153.6 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)21-06516-03

Investigation and Evaluation of the Contents of the Heavy Metals in Cultivated Land in Jintan City

YIN Wei-qin et al (College of Environmental Science and Engineering, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225009)

Abstract The objective of the research was to know the pollution status of heavy metals in the cultivated land in Jintan city. The contents of Cr, Cu, Pb, Zn, Cd, Hg and As in soil of 4 agricultural regions in Jintan city were determined, and the qualities of the cultivated land in these regions were evaluated. The variable amplitude of heavy metal content was larger in soils of Jintan city, with that of Cd and Hg being most obvious. The content of Cr and Pb had significant difference among different agricultural regions. Compared with the background value of soil element of Jintan city in 1990, the proportion of Cr, Hg and As content over the background values were lower, being at 4.4%~18.9%, while the proportion of Cu, Pb, Zn and Cd content over the background value was higher, being at 63.3%~97.8%. The correlation analysis of heavy metal in soil showed the compound pollution of heavy metal was possible in soil. The soil environmental quality in Jintan city was fine and the pollution from heavy metal was light.

Key words Cultivated land; Heavy metal; Evaluation

重金属污染物在土壤中移动性小,不易经径流或淋溶迁出土体,也不被微生物降解^[1-2],对农作物、地下水、农产品品质产生重大影响,进而通过食物链危害人体健康;同时其对土壤理化性质及土壤生物学特性(微生物群落结构)等产生不良影响,从而破坏土壤生态结构和功能的稳定性^[3-5]。因此,土壤重金属的污染已引起广泛关注。金坛市地处江苏省南部,现有耕地4.6万hm²,西依茅山,南濒太湖,自古就有“二山二水六分田”的美誉,是太湖地区重要粮食和蔬菜生产基地之一。准确了解和掌握该市的土壤肥力水平和耕地质量的区域分布,对于指导当前农业结构战略性调整和加强耕地管理,为实现农业可持续发展奠定基础,同时对于减少和控制土壤环境和农产品的污染也具有重要意义。在2003年对金坛市土壤养分状况和耕地质量进行调查的基础上,笔者主要对土壤重金属污染状况进行分析评价。

1 材料与方 法

1.1 样品的采集与处理 2003年9月下旬进行土壤样品的采集。在样品采集前,收集该市土地利用、地形、地貌、土壤类型及污染源分布等情况,考虑不同土地利用类型及所在区域的代表性,在全市4.6万hm²的耕地上,对目前的4大农业区域(东部洮滆平原区、南部洮湖沿湖区、中部洮滆圩田区和西部茅山丘陵区)依据土壤质地和村镇地界对取样点进行划分,选取具有一定代表意义的田块作为采样点。在上述4大农业区域分别确定33、18、21、18个采样点,全市共90个。用不锈钢土钻采集0~20cm耕层土样,每样点均用“S”型采样方法采集10~15处耕层土样,混合均匀后,用四分法分出约1kg土样,贴好标签,带回实验室,经自然阴干、去除杂质、木

棒研磨,过100目尼龙筛,充分混匀后装磨口瓶待测。

1.2 检测项目与分析方法 检测项目包括7种重金属指标,分别为Cd、Cu、Pb、Zn、Cr、Hg、As。

土壤重金属的测定采用《农田土壤环境质量监测技术规范》推荐的国家标准方法^[6]。样品分析测试由中国科学院南京土壤研究所测试中心完成。

1.3 统计与土壤污染评价 对检测结果用Excel 2003、SPSS 10.0进行统计分析。土壤环境质量采用单项污染指数法和综合污染指数法进行评价,综合指数法采用内梅罗污染指数法计算^[6]。

单项污染指数法计算公式为:

$$P_i = C_i / S_i$$

式中, P_i 为土壤环境中污染物*i*的单项污染指数; C_i (ng/kg)为土壤环境中污染物*i*的实测数据; S_i (ng/kg)为污染物*i*的评价标准值; $P_i < 1$ 表示土壤未受污染, $P_i > 1$ 表示土壤受污染。 P_i 值越大所受污染越重。

综合污染指数法采用内梅罗综合指数法计算公式:

$$P_{\text{综}} = \frac{P_{i\text{ave}}^2 + P_{i\text{max}}^2}{2}$$

式中, $P_{\text{综}}$ 为土壤综合污染指数, $P_{i\text{max}}$ 为土壤所有污染物中最大单项污染指数; $P_{i\text{ave}}$ 为土壤各项污染指数的平均值。

综合污染指数全面反映了各污染物对土壤的不同作用,同时又突出了高浓度污染物对土壤环境质量的影响,因此,按综合污染指数最终评定,划定土壤质量等级(表1)。

2 结果与分析

2.1 土壤重金属含量 该市的土壤重金属含量见表2,全市土壤0~20cm耕层的Cr、Cu、Pb、Zn、Cd、Hg、As平均含量分别为69.06、28.89、29.36、67.61、0.10、0.07、8.13 ng/kg,其变幅依次为50.36~101.83、18.68~68.39、20.52~40.24、39.30~290.60、0.01~0.31、0.01~0.41、4.99~11.67 ng/kg。可见,土壤重金属含量均有一定的变幅,其中以Cd和Hg最为明显,

基金项目 农业部交江苏省农林厅发放(苏农计(2003)56号)。

作者简介 尹微琴(1971-),女,江苏金坛人,农艺师,从事土壤环境方面的研究。

收稿日期 2007-04-07

如以最大值与最小值的比值衡量变幅的程度,则土壤 Cd 和 Hg 分别为23.8 和29.5 倍,土壤 Zn 为7.4 倍,其余4 种重金属变幅较小,在2.0 ~3.7 倍。

土壤重金属含量在不同农业区域上有所不同,土壤 Zn、Cr 和 Cu 含量从高到低排列顺序为:洮滆圩田区>洮滆平原区>洮湖沿湖区>茅山丘陵区。土壤中 Pb 的含量从高到低排列顺序为:洮湖沿湖区>丘陵山区>洮滆平原区>洮滆圩田区。土壤中 Cd 的含量洮滆圩田区最低,其他3 个区都为0.10 ng/kg。土壤中 Hg 和 As 的含量从高到低排列顺序为:洮滆平原区>茅山丘陵区>洮湖沿湖区>洮滆圩田区。对不同区域土壤重金属含量进行差异显著性分析表明(表2),土壤 Cu、Zn、Cd、Hg、As 含量在4 个农业区域土壤中无显著性差异。不同农业区域土壤 Cr、Pb 含量存在显著性差异,具体表现为,洮滆圩田区土壤 Cr 含量(72.54 ng/kg)显著高于茅山丘陵区(66.55 ng/kg),而与另外2 个区无显著差异;而洮滆圩田区土壤 Pb 含量(26.25 ng/kg)显著低于其余3 个区域。

表2

不同农业区域土壤重金属含量

ng/kg

重金属	洮滆平原区	洮湖沿湖区	洮滆圩田区	茅山丘陵区	全市
Cr	68.95 ±1.85 ab (50.36 ~101.83)	67.73 ±1.23 ab (59.57 ~79.21)	72.54 ±1.76 b (50.36 ~84.15)	66.55 ±1.80 a (54.65 ~83.65)	69.06 ±0.92 (50.36 ~101.83)
Cu	29.14 ±1.53 a (20.23 ~68.39)	27.57 ±0.63 a (23.96 ~34.16)	31.42 ±1.91 a (23.3 ~63.41)	26.82 ±0.83 a (18.68 ~32.91)	28.89 ±0.76 (18.68 ~68.39)
Pb	29.73 ±0.75 b (22.46 ~40.24)	31.39 ±0.66 b (25.78 ~35.35)	26.25 ±0.69 a (20.52 ~31.85)	30.27 ±0.92 b (25.2 ~40.24)	29.36 ±0.43 (20.52 ~40.24)
Zn	68.89 ±2.54 a (39.30 ~119.00)	66.84 ±4.09 a (50.19 ~121.80)	73.98 ±11.05 a (50.19 ~290.60)	58.58 ±1.60 a (43.77 ~70.1)	67.61 ±2.88 (39.3 ~290.6)
Cd	0.10 ±0.01 a (0.04 ~0.16)	0.10 ±0.01 a (0.01 ~0.19)	0.09 ±0.01 a (0.01 ~0.31)	0.10 ±0.01 a (0.02 ~0.16)	0.10 ±0.00 (0.01 ~0.31)
Hg	0.08 ±0.01 a (0.04 ~0.41)	0.06 ±0.00 a (0.04 ~0.10)	0.05 ±0.00 a (0.02 ~0.10)	0.07 ±0.02 a (0.01 ~0.41)	0.07 ±0.01 (0.01 ~0.41)
AS	8.41 ±0.29 a (4.99 ~11.67)	7.96 ±0.20 a (5.82 ~9.08)	7.81 ±0.33 a (5.42 ~11.31)	8.14 ±0.37 a (5.77 ~11.67)	8.13 ±0.16 (4.99 ~11.67)

注:表中所示数字为平均值 ± 标准误,括号内数字为最小值 ~ 最大值,下表同。同一行中的不同字母表示存在显著性差异(P < 0.05)。

表3

不同农业区域土壤重金属富集系数

重金属	土壤背景值 ng/kg	洮滆平原区	洮湖沿湖区	洮滆圩田区	茅山丘陵区	全市
Cr	76.60	0.90 ±0.02 (0.66 ~1.33)	0.88 ±0.02 (0.31 ~1.03)	0.95 ±0.02 (0.66 ~1.10)	0.87 ±0.02 (0.24 ~1.09)	0.90 ±0.01 (0.66 ~1.33)
Cu	21.00	1.39 ±0.07 (0.96 ~3.26)	1.31 ±0.03 (1.14 ~1.63)	1.50 ±0.09 (1.11 ~3.02)	1.28 ±0.04 (0.89 ~1.57)	1.38 ±0.04 (0.89 ~3.26)
Pb	24.40	1.22 ±0.03 (0.92 ~1.65)	1.29 ±0.03 (1.06 ~1.45)	1.08 ±0.03 (0.84 ~1.31)	1.24 ±0.04 (1.03 ~1.65)	1.20 ±0.02 (0.84 ~1.65)
Zn	59.60	1.16 ±0.04 (0.66 ~2.00)	1.12 ±0.07 (0.00 ~2.04)	1.24 ±0.19 (0.84 ~4.88)	0.98 ±0.03 (0.00 ~1.18)	1.13 ±0.05 (0.66 ~4.88)
Cd	0.05	2.07 ±0.13 (0.78 ~3.28)	2.02 ±0.20 (0.26 ~3.70)	1.87 ±0.28 (0.26 ~6.18)	1.99 ±0.17 (0.28 ~3.28)	2.00 ±0.10 (0.26 ~6.18)
Hg	0.12	0.65 ±0.10 (0.30 ~3.44)	0.50 ±0.02 (0.35 ~0.81)	0.41 ±0.04 (0.16 ~0.83)	0.60 ±0.17 (0.12 ~3.44)	0.55 ±0.05 (0.12 ~3.44)
AS	9.40	0.89 ±0.03 (0.53 ~1.24)	0.85 ±0.02 (0.62 ~0.97)	0.83 ±0.04 (0.58 ~1.20)	0.87 ±0.04 (0.61 ~1.24)	0.86 ±0.02 (0.53 ~1.24)

各农业区域土壤重金属浓度超过1990 年土壤重金属背景值(即土壤重金属富集系数大于1)的样品占总样品的比例分布状况见图1。从全市范围来看,耕地土壤 Cr、Hg、As 含量

表1 土壤污染分级标准(NY/T395-2000)

等级	综合污染指数	污染等级	污染程度描述
1	P ≤ 0.7	安全	清洁
2	0.7 < P ≤ 1.0	警戒限	尚清洁
3	1.0 < P ≤ 2.0	轻污染	土壤污染物超标,视为轻污染
4	2.0 < P ≤ 3.0	中污染	土壤、作物受中度污染
5	P > 3.0	重污染	土壤、作物受严重污染

2.2 土壤重金属的富集 以1990 年江苏土壤元素背景值^[7]作为该地区土壤重金属含量的参照标准,计算出各地区各种重金属的富集系数列于表3。从中可见,若以全市或各区土壤平均富集系数计,在测定的7 种重金属中 Cr、Hg、As 3 种元素含量低于背景值,Cu、Pb、Zn、Cd 等均出现明显富集现象,其中以 Cd 平均富集系数最高,达2.00。同时还可看出,该市土壤重金属富集系数的变幅较大,每种重金属的最小富集系数均小于1,且最大富集系数均大于1,其中以 Cd 为最高,最大富集系数达6.18。尽管 Hg 的平均富集系数为0.55,但其最大富集系数达3.44,表明部分样点的 Hg 富集明显。

超背景值的比例较低,分别为18.9%、4.4%、15.6%,而 Cu、Pb、Zn、Cd 含量超背景值的比例较高,分别为97.8%、92.2%、63.3%、80.0%。土壤重金属含量超背景值的比例在各区域

有一定区别,同一区域不同重金属的表现也有明显差异。如洮湖沿湖区和洮湖圩田区中土壤 Cu 浓度超过背景值的比例为 100%,而 Hg 的比例为 0,即在这 2 个区域中所有土壤样品的 Cu 浓度均超过背景值,Hg 浓度均低于背景值。

2.3 土壤重金属的相关性分析 相关分析结果表明(表 4),Gr 与 Cu、Zn 达极显著正相关($P < 0.01$),相关系数为 0.637、0.393,此外,Cu 与 Zn、Pb 与 Cd、Hg、As, Cd 与 Zn、As 也达极显著正相关。而 Hg 与 Cd、As 呈显著正相关($P < 0.01$)。说明土壤中存在重金属复合污染的可能,有关的更深层次的机理有待进一步研究。

表 4 土壤重金属的相关性分析

	Gr	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As
Gr	1						
Cu	0.637**	1					
Pb	-0.256*	-0.070	1				
Zn	0.393**	0.637**	0.177	1			
Cd	-0.026	0.152	0.397**	0.564**	1		
Hg	-0.374**	-0.110	0.391**	0.010	0.230*	1	
As	0.022	-0.050	0.390**	0.152	0.351**	0.231*	1

注: ** 表示在 0.01 水平上显著; * 表示在 0.05 水平上显著。

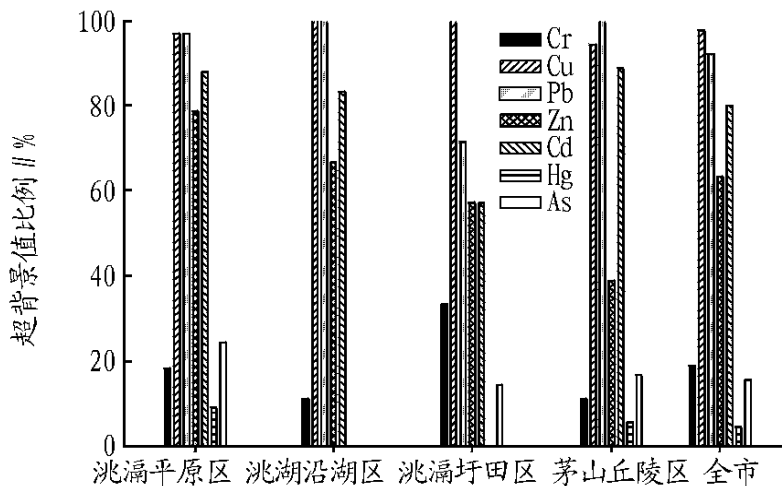


图 1 金坛市各农业区域土壤重金属浓度超背景值比例

2.4 土壤重金属污染评价及污染来源分析 此次评价对照无公害^[8]和绿色产品^[9]的质量标准,分别计算不同农业区域的 P_i 和 $P_{综}$,采用内梅罗指数法评价(表 5)。对照无公害和绿色产品质量标准,该市平均综合污染指数分别为 0.30 和 0.52,均属 1 级清洁水平。4 个农业区域综合污染指数分别在 0.29~0.31(无公害标准)和 0.52~0.54(绿色标准),也均属 1 级,且各区域间清洁水平非常接近。

对照无公害农产品环境质量要求,该市 90 个监测点中综合污染指数大于 0.7 的仅有 1 个(达 0.81,数据未列出),按污染等级划分为 2 级,属尚清洁区域,仅占总数的 1.1%,其他 89 个监测点综合污染指数均小于 0.7,按污染等级划分为 1 级,属清洁区域,占 98.9%。

对照更为严格的绿色产品环境质量标准,各检测点中综合污染指数大于 0.7 的有 4 个(综合污染指数分别为 0.88、

0.92、1.07 和 1.09,数据未列出);其中处于 2 级尚清洁水平的有 2 个,占总数的 2.2%;处于 3 级轻污染水平的有 2 个,占总数的 2.2%;其余 95.6% 均属于 1 级清洁安全。

该市耕地土壤重金属含量较之 1990 年土壤背景值有明显富集现象,部分样品重金属含量超过 1 级标准,经过对超标样品位置的考察,笔者认为土壤受污染的主要原因是:受到附近化工厂等工业“三废”排放的影响,导致土壤重金属污染物含量增高。此外,部分农田曾多年使用 Se、Hg 制剂等含重金属农药也是造成土壤重金属含量增加的原因之一。

表 5 金坛市耕地土壤污染指数及评价结果

项目	污染指数								等级	
	Gr	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As	$P_{综}$		
无公害标准	洮湖平原区	0.34	0.29	0.08	0.23	0.34	0.16	0.28	0.30	1
	洮湖沿湖区	0.34	0.28	0.09	0.22	0.34	0.12	0.27	0.29	1
	洮湖圩田区	0.36	0.31	0.07	0.25	0.31	0.10	0.26	0.31	1
	茅山丘陵区	0.33	0.27	0.09	0.20	0.33	0.14	0.27	0.29	1
	全市平均	0.35	0.29	0.08	0.23	0.33	0.13	0.27	0.30	1
绿色标准	洮湖平原区	0.57	0.49	0.59		0.34	0.26	0.42	0.53	1
	洮湖沿湖区	0.56	0.46	0.63		0.34	0.20	0.40	0.54	1
	洮湖圩田区	0.60	0.52	0.52		0.31	0.16	0.39	0.52	1
	茅山丘陵区	0.55	0.45	0.61		0.33	0.24	0.41	0.53	1
	全市平均	0.58	0.48	0.59		0.33	0.22	0.41	0.52	1

3 结论

通过对金坛市 4.6 万 hm^2 耕地土壤重金属含量分析表明:全市土壤重金属含量的变幅较大,不同农业区域土壤 Gr、Pb 含量存在显著性差异;与 1990 年土壤背景值比较,该市土壤 Gr、Hg、As 含量超背景值的比例较低,在 4.4%~18.9%,而土壤 Cu、Pb、Zn、Cd 含量超背景值的比例较高,达 63.3%~97.8%;对土壤重金属的相关性分析结果表明,土壤存在重金属复合污染的可能;该市土壤环境质量优良,受重金属污染较小,98.9%的耕地达到无公害农产品生产条件,95.6%的耕地达到绿色食品生产标准。

参考文献

- [1] 李永涛,吴启堂.土壤重金属污染治理措施综述[J].热带亚热带土壤科学,1997,6(2):134-139.
- [2] 李继明,叶学春,张全智,等.农产品的肥料污染与对策[J].河南农业科学,2002(9):29-30.
- [3] 陈怀满.土壤-植物系统中的重金属污染[M].北京:科学出版社,1996:210-252.
- [4] 龚平,孙铁衍,李培军.重金属对土壤微生物的生态效应[J].应用生态学报,1997,8(2):59-64.
- [5] 廖自基.环境中微量金属元素的污染危害与迁移转化[M].北京:科学出版社,1989:125-136.
- [6] 国家环保总局.NY/T395-2000 农田土壤环境质量监测技术规范[S].北京:中国标准出版社,2000.
- [7] 中国环境监测总站.中国土壤元素背景值[M].北京:中国环境科学出版社,1990:330-378.
- [8] 国家环保总局.GB/T18407.1-2001.农产品质量安全无公害蔬菜产地环境安全要求[S].北京:中国标准出版社,2001.
- [9] 中华人民共和国农业部.NY/T391-2000 绿色食品产地环境技术条件[S].中华人民共和国农业行业标准,2000.