

# 昆山市农业土壤基本性质与重金属含量及二者的关系

陈凤, 濮励杰\*

(南京大学城市与资源学系, 南京 210093)

**摘要:** 研究了昆山市农业土壤基本性质和土壤中的重金属含量, 并对二者的相关关系进行了分析。结果表明: 昆山市农业土壤基本全为壤土, 土壤 pH 值平均为 6.50, 土壤有机质平均含量为 30.53 g/kg, 土壤 CEC 平均值为 17.51 cmol/kg, 且各区之间变幅不大; 昆山市主要污染重金属 Cd、Pb 和 Hg 含量大小排序基本为黄泥土 > 青泥土 > 青紫土 > 乌栅土; 土壤重金属含量和土壤理化性质间的关系复杂, 如全量 As 与 pH 值、有机质含量和全 N 含量呈极显著负相关, 而全量 Hg 与土壤有机质含量、全 N 含量、碱解 N 含量、CEC 呈极显著正相关。

**关键词:** 土壤性质; 重金属; 相关分析; 昆山

**中图分类号:** S15; X53

近年来, 土壤重金属污染治理一直是国内外土壤科学和环境科学工作者研究的热点问题之一<sup>[1-9]</sup>。昆山市农用地是长江三角洲重要的蔬菜、粮食产区, 城市郊区的土壤环境质量与当地居民的健康有着密切联系。为了查清昆山市农业土壤重金属污染状况与土壤性质的关系, 揭示土壤重金属元素的影响因素, 有针对性地提出切实可行的治理途径, 使城乡居民的食品质量和身体健康得到保障, 对昆山市农业土壤重金属与土壤性质关系进行了研究。

根据昆山市第四纪沉积母质与地貌类型, 结合昆山地区地形因素以及土壤分区<sup>[10]</sup>把昆山市农用土壤分为 4 个区进行研究。它们是昆北阳澄湖低洼圩田土区: 包括周市镇、陆杨镇、巴城镇和石牌镇; 昆东青阳港半高平田土区: 包括蓬朗镇、陆家镇和花桥镇; 昆中吴淞江湖荡平田土区: 包括张浦镇、石浦镇、干灯镇和正仪镇; 昆南淀泖高平田土区: 包括周庄镇、淀山湖镇和锦西镇。

## 1 样品的采集、处理与分析

### 1.1 样品的采集和处理

根据郊区农业土壤的面积和分布, 确定采样的数量和分布, 共采集 240 个表层样品 (0~20 cm)。采用多点采样混合法, 即在一定面积土壤中采集 5 个点的土壤 (梅花采样法) 形成 1 个土壤混合样, 混合均匀后, 进行四分法。土壤样品用聚乙烯薄膜袋包紧, 于实验室自然风干, 磨碎, 分别过孔径 1.00 mm (18 目)

0.25 mm (60 目) 和 0.149 mm (100 目) 筛, 贮藏于聚乙烯薄膜袋中, 以备分析用。利用 EXCEL 软件和 SPSS 统计软件处理数据。根据分析结果, 数据有效的土样共有 237 个, 其中昆南区 40 个、昆北区 69 个、昆中区 83 个、昆东区 45 个<sup>[11]</sup>。

### 1.2 土壤理化性质和重金属测定

土壤 pH 值、土壤有机质 (OM)、土壤全 N、碱解 N、速效 P、速效 K、土壤 CEC 和土壤机械组成的测定方法参见文献[12], 土壤中 As、Cd、Cr、Cu、Pb、Ni、Hg、Zn 的全量的测定方法参见文献[13]。所有样品分析均由中国科学院南京土壤研究所帮助完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤理化性质

**2.1.1 土壤机械组成** 按美国土壤质地分类标准<sup>[14]</sup>对昆山市农业土壤进行分类。对土壤样品的统计分析结果表明, 昆山市农业土壤以壤土为主, 采集样品全部为壤土, 主要为粉砂壤土和粉砂质粘壤土。

**2.1.2 土壤 pH 值** 样品测定结果表明, 昆山市农用地土壤接近于中性, 土壤 pH 值平均为 6.50。其中 pH < 4.55 的土壤样品数为 0, pH 4.55 ~ 5.5 的土壤占 9.06%, pH 5.5 ~ 6.0 的土壤占 13.39%, pH 6.0 ~ 6.5 的土壤占 32.28%, pH 6.5 ~ 7.0 的土壤占 19.69%, pH 7.0 ~ 7.5 的土壤占 13.78%, pH > 7.5 的土壤占 11.81%。昆山市土壤 pH 值最高的是昆北区 6.82, 其后依次为昆东区、昆中区和昆南区。

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40371106、70341021) 教育部“跨世纪优秀人才培养计划”基金项目 (2003) 江苏省自然科学基金项目 (8k2005080) 和江苏省“青蓝工程中青年学术带头人培养计划”基金项目 (2002) 联合资助。

● 通讯作者 (pulj@nju.edu.cn)

作者简介: 陈凤 (1981 - ), 女, 江苏泰兴人, 硕士研究生, 主要从事资源与环境的研究。E-mail: njuchenfeng8112@126.com

表 1 昆山市不同 pH 值土壤所占的比例 (%)

Table 1 Statistics of soils different in pH value in Kunshan County

pH	昆南	昆北	昆中	昆东	昆山市
<5.5	17.50	1.45	10.84	6.67	9.06
5.5~6.0	20.00	7.25	14.46	11.11	13.39
6.0~6.5	40.00	28.99	43.37	20.00	32.28
6.5~7.0	20.00	20.29	18.07	20.00	19.69
7.0~7.5	0.00	26.09	6.02	17.78	13.78
>7.5	2.50	15.94	7.23	24.44	11.81
范围	4.55~7.68	4.97~8.30	4.64~8.00	4.80~8.25	4.55~8.30

**2.1.3 土壤有机质** 根据对土壤耕层土壤样品的分析, 昆山市土壤有机质平均为 30.53 g/kg, 昆北区、昆东区、昆中区、昆南区有机质含量依次为 33.61、31.44、29.11 和 26.7 g/kg, 各农用地土壤样品有机质含量分级统计结果见表 2。其中有机质含量 >40 g/kg 的样品占样品总数的 11.42%; 30~40 g/kg 的占 42.13%; 20~30 g/kg 的占 38.19%; 10~20 g/kg 的占 7.48%; <10 g/kg 的占 0.79%, 有机质最低含量为 9.67 g/kg。

可见多数样品有机质含量 >20 g/kg (占样品总数的 91.74%)。总体来看, 昆山市农用土壤有机质含量比较高。这主要原因是昆山市大多数农用土壤类型是水稻土类, 分为潴育型水稻土如黄泥土, 脱潜型水稻土如乌栅土、青紫土, 潜育型水稻土如青泥土。水稻土是在水田条件下形成, 土壤较长时间处于还原状态有利于土壤有机质的累积, 良好的轮作制度和合理的施肥, 也有利于提高土壤有机质含量。

表 2 昆山市不同有机质含量土壤所占的比例 (%)

Table 2 Statistics of soils different in organic matter content in Kunshan County

OM (g/kg)	昆南	昆北	昆中	昆东	昆山市
OM>40	0.00	27.54	0.00	13.30	11.42
30<OM<40	25.00	46.38	49.40	42.22	42.13
20<OM<30	65.00	14.49	42.17	42.22	38.19
10<OM<20	10.00	10.14	7.23	2.22	7.48
OM<10	0.00	1.45	1.20	0.00	0.79
范围	15.64~37.86	9.67~50.62	9.84~37.21	12.56~44.23	9.67~50.62

**2.1.4 土壤 CEC** 由表 3 可知, 昆山市农用地耕层土壤 CEC 平均为 17.51 cmol/kg。总体上看, 昆山市农用地土壤 CEC 还是比较高的, 各区间变幅也不是很大。昆东区耕层土壤 CEC 最低, 为 15.43 cmol/kg, 昆中区、昆北区、昆南区 CEC 依次为 17.47、18.23 和 18.34 cmol/kg。CEC 量低于 10 cmol/kg 的样品占样品总数的 1.19%, 为保肥力弱的土壤。

## 2.2 重金属在不同土壤中的分布

**2.2.1 重金属在不同土壤类型中的分布** 9 种重金属元素在黄泥土、青泥土、青紫土和乌栅土中的含量见表 4。由表可知, Cd、Pb 和 Hg 全量大小排序基本为黄泥土>青泥土>青紫土>乌栅土; Cr 的排序为青紫土>青泥土>黄泥土>乌栅土, 相互之间差异很大; As 和 Ni 全量排序为黄泥土>青紫土>黄泥土、乌栅土, 相互差异不是很大; Zn 全量大小排序为青泥土

>黄泥土>青紫土、乌栅土; Cu 为青紫土>黄泥土>乌栅土>青泥土, 相互之间有一定的差异。Cd 和 Hg 在各类土壤中变异系数大, 样品之间差距大, 可能是点源污染引起的。

**2.2.2 重金属在不同区域土壤中的分布** 昆山市农用地重金属 As、Cd、Cr、Cu、Pb、Ni、Hg、Zn 平均含量分别为 8.15、0.20、87.73、34.27、30.48、31.08、0.20、105.93 mg/kg (表 5)。由表 5 可知, Cr、Cu 和 Ni 全量大小排序基本为昆南>昆东>昆北>昆中, Hg 和 Cd 全量排序为昆中>昆东>昆南>昆北, Pb 和 Zn 全量大小排序为昆东>昆中>昆南>昆北, As 的排序为昆南>昆中>昆东>昆北。Cd 和 Hg 在各个地区的变异系数大, 样品之间差距大, 可能是点源污染引起的<sup>[15]</sup>。Cd 变异大的主要在昆中、昆东地区, 而 Hg 变异大的主要在昆南、昆北地区。不同区域之间差异

表 3 昆山市不同 CEC 土壤所占的比例 (%)

Table 3 Statistics of soils different in CEC in Kunshan county

CEC (cmol/kg)	昆南	昆北	昆中	昆东	昆山市
CEC>20	20.00	15.94	18.07	2.22	14.96
15<CEC<20	80.00	82.61	73.49	66.67	75.98
10<CEC<15	0.00	1.45	6.02	28.89	7.87
CEC<10	0.00	0.00	2.42	2.22	1.19
范围	15.14 ~ 21.57	14.78 ~ 23.54	9.75 ~ 22.56	9.69 ~ 22.12	9.69 ~ 23.54

表 4 4 种类型土壤中重金属全量的分布

Table 4 Distribution of total heavy metals in four types of soils

土壤类型	项目	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Hg	Zn
黄泥土	平均值 (mg/kg)	8.07	0.25	84.46	34.45	31.86	30.67	0.22	107.45
	中位数 (mg/kg)	7.85	0.12	83.12	30.81	26.62	31.22	0.19	87.26
	标准差 (mg/kg)	1.21	0.86	4.59	3.70	3.87	1.96	0.36	8.93
	变异系数	0.15	3.44	0.05	0.11	0.12	0.06	1.68	0.08
	最大值 (mg/kg)	12.90	5.74	174.07	94.20	102.34	38.24	0.58	608.40
	最小值 (mg/kg)	5.90	0.02	51.09	18.63	22.06	19.38	0.01	13.38
青泥土	平均值 (mg/kg)	8.88	0.13	91.09	31.33	29.40	32.47	0.21	111.24
	中位数 (mg/kg)	8.87	0.13	86.99	29.32	29.46	34.00	0.14	87.42
	标准差 (mg/kg)	1.41	0.20	3.72	2.68	1.96	1.93	0.43	6.85
	变异系数	0.16	1.48	0.04	0.09	0.07	0.06	2.06	0.06
	最大值 (mg/kg)	12.90	0.20	118.87	48.02	34.87	36.34	0.60	72.71
	最小值 (mg/kg)	5.76	0.08	77.00	24.61	24.17	27.58	0.05	207.90
青紫土	平均值 (mg/kg)	8.68	0.12	122.75	36.09	28.27	31.79	0.16	105.52
	中位数 (mg/kg)	7.84	0.11	88.12	32.29	25.71	31.20	0.15	88.86
	标准差 (mg/kg)	1.41	0.18	8.25	3.56	2.52	2.27	0.27	6.07
	变异系数	0.16	1.53	0.07	0.10	0.09	0.07	1.67	0.06
	最大值 (mg/kg)	11.60	0.18	280.28	56.38	43.87	43.53	0.37	185.00
	最小值 (mg/kg)	6.20	0.08	66.64	24.19	21.43	22.67	0.09	65.04
乌栅土	平均值/ (mg/kg)	7.82	0.12	76.29	34.23	29.13	30.90	0.17	96.62
	中位数 (mg/kg)	7.63	0.11	72.07	33.62	28.64	31.11	0.17	88.24
	标准差 (mg/kg)	1.32	0.21	4.33	2.88	1.91	1.94	0.26	5.66
	变异系数	0.17	1.68	0.06	0.08	0.07	0.06	1.54	0.06
	最大值 (mg/kg)	13.25	0.23	134.55	53.98	37.74	38.24	0.30	173.60
	最小值 (mg/kg)	6.00	0.08	52.33	23.49	22.40	22.40	0.09	61.33

比较明显。

### 2.3 土壤重金属与土壤理化性质的关系

2.3.1 重金属元素全量与土壤理化性质的关系 表 6 是土壤重金属元素全量与土壤理化性质的相关系数矩阵<sup>[16]</sup>。分析结果表明,土壤中 As 全量与 pH 值呈极显著负相关,其他与其相关性不显著;土壤中 As、Hg 全量与土壤有机质、全 N 含量呈极显著相关;Pb 全量与有机质含量呈显著相关<sup>[17]</sup>;Hg 全量与土壤的碱解 N 含量呈极显著相关;土壤中速效 P 含量与 Cd、Cr、

Cu 和 Pb 全量呈显著相关<sup>[17]</sup>;速效 K 含量与 Cr 全量呈极显著相关;Hg 全量与土壤的 CEC 呈极显著相关;土壤颗粒粒径在 2 ~ 0.05 mm 的与 Hg 全量呈显著相关;而土壤颗粒粒径在 0.05 ~ 0.002 mm 的与 As 全量呈极显著负相关;<0.002 mm 的土壤颗粒与 As 全量呈极显著正相关<sup>[18]</sup>。

苏南地区湖积物上发育的第四纪沉积物及土壤,其黏粒 (<0.005 mm) 含量与土壤 As 含量之间有极显著的正相关关系,而黏粒含量不同的 4 个水稻土,其

表 5 不同区域土壤中重金属全量的分布

Table 5 Distribution of total heavy metals in soils different in location

区域	项目	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Hg	Zn
昆北	平均值 (mg/kg)	7.41	0.12	87.00	32.41	27.90	31.49	0.17	95.94
	中位数 (mg/kg)	7.54	0.10	82.89	29.30	26.30	32.14	0.16	86.27
	标准差 (mg/kg)	0.99	0.20	5.44	3.08	2.22	2.00	0.31	5.84
	变异系数	0.13	1.69	0.06	0.10	0.08	0.06	1.83	0.06
	最大值 (mg/kg)	9.67	0.23	217.23	55.08	43.87	38.24	0.55	207.90
	最小值 (mg/kg)	5.76	0.06	52.33	19.95	21.43	22.40	0.01	61.33
昆东	平均值 (mg/kg)	7.67	0.24	87.47	37.01	36.08	31.79	0.22	133.26
	中位数 (mg/kg)	7.65	0.15	82.65	33.80	28.51	32.32	0.17	137.50
	标准差 (mg/kg)	0.87	0.54	4.36	4.19	4.37	1.54	0.35	7.93
	变异系数	0.11	2.28	0.05	0.11	0.12	0.05	1.62	0.06
	最大值 (mg/kg)	9.73	1.42	149.89	94.20	102.2	38.24	0.54	296.00
	最小值 (mg/kg)	6.59	0.08	61.40	18.63	22.21	28.25	0.09	13.38
昆南	平均值 (mg/kg)	10.28	0.11	115.35	43.60	29.31	32.54	0.19	101.65
	中位数 (mg/kg)	9.68	0.11	91.64	38.04	26.70	33.13	0.13	87.95
	标准差 (mg/kg)	1.39	0.15	7.70	3.55	2.34	2.37	0.41	6.13
	变异系数	0.14	1.38	0.07	0.08	0.08	0.07	2.15	0.06
	最大值 (mg/kg)	13.25	0.15	280.28	63.16	40.18	43.53	0.58	173.60
	最小值 (mg/kg)	7.85	0.07	66.64	26.79	24.17	22.67	0.05	51.77
昆中	平均值 (mg/kg)	8.42	0.31	77.48	30.96	30.55	29.61	0.23	102.70
	中位数 (mg/kg)	8.23	0.11	77.34	28.88	28.78	30.16	0.19	87.05
	标准差 (mg/kg)	1.27	1.00	4.20	2.80	3.65	1.87	0.35	9.69
	变异系数	0.15	3.27	0.05	0.09	0.12	0.06	1.54	0.09
	最大值 (mg/kg)	11.98	5.74	134.55	51.36	102.3	34.91	0.60	608.40
	最小值 (mg/kg)	5.90	0.02	51.09	22.05	22.80	19.38	0.06	43.31
昆山市	平均值 (mg/kg)	8.15	0.20	87.73	34.27	30.48	31.08	0.20	105.93
	中位数 (mg/kg)	7.85	0.11	82.88	31.82	26.96	31.23	0.17	88.34
	标准差 (mg/kg)	1.61	0.58	32.14	12.01	11.94	3.93	0.12	65.17
	变异系数	0.20	2.90	0.37	0.35	0.39	0.13	0.61	0.62
	最大值 (mg/kg)	13.25	5.74	280.28	94.20	102.34	43.53	0.60	608.40
	最小值 (mg/kg)	5.76	0.02	51.09	18.63	21.43	19.38	0.01	13.38

土壤黏粒含量 ( $<0.001\text{ mm}$ ) 愈高, 对 As 吸附能力也愈强<sup>[19]</sup>。pH 对 As 吸附有明显的影 响, 不同土壤的具体结果也不尽相同, 如在昆山的黄泥土上, pH 值在 6~8 时, 土壤对 As 的吸附量最大, pH $<6$  或 pH $>8$  时, 吸附量急剧下降<sup>[20]</sup>。土壤中黏土矿物类型及其阳离子组成的不同, 对 As 的吸附作用都有较大影响。一般土壤中, 速效 P 以磷酸盐固相所释放的 P 为主, 而磷酸盐固相的难溶性、固定性与重金属的难移动性、积累性有一定的关系, 证明速效 P 和重金属元素有比较好的相关性。土壤有机质与 Hg 有明显的络合作用, 且土壤腐殖质与 Hg 的络合能力相当强<sup>[21-22]</sup>。土壤中 Hg 的存在形态比较复杂, 它随着土壤各种条件的改变, 如

氧化还原电位等而不断变化<sup>[18]</sup>, 说明 Hg 和 CEC 有一定的相关性。土壤中 Pb 离子专性吸附的载体是有机质、氧化锰和氧化铁、铝, 这些使得不同土壤对 Pb 的亲合力各不相同, 证明了 Pb 和有机质的相关性<sup>[19]</sup>。

### 3 结论

昆山市农业土壤以壤土为主, 采集样品全部为壤土, 主要为粉砂壤土和粉砂质粘壤土。昆山市农用地土壤接近于中性, 土壤 pH 值平均为 6.50, 最高值是昆北区 6.82, 其后依次为昆东区、昆中区和昆南区。土壤有机质平均为 30.53 g/kg, 总体来看, 昆山市农用地土壤有机质含量比较高, 昆北区、昆东区、昆中区、昆

表6 土壤重金属全量与土壤理化指标的相关系数矩阵

Table 6 Matrix of correlation coefficients between total heavy metals and soil properties

	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Hg	Zn
pH	-0.31**	0.087	-0.02	0.038	0.144	-0.067	0.041	0.161
有机质	-0.33**	0.077	-0.17	0.137	0.25*	-0.02	0.422**	0.056
全 N	-0.31**	0.046	-0.14	0.106	0.184	-0.04	0.386**	0.058
碱解 N	-0.17	0.112	-0.15	0.081	0.186	-0.122	0.452**	0.089
速效 P	-0.07	0.234*	0.233*	0.208*	0.212*	0.1	0.15	0.035
速效 K	0.6	0.035	0.307**	0.083	0.06	0.106	-0.11	0.063
CEC	0.109	0.181	0.143	0.182	0.156	0.121	0.301**	-0.1
2~0.05 mm 颗粒	-0.2	-0.04	0.087	0.065	0.049	-0.008	0.202*	0.068
0.05~0.002 mm 颗粒	-0.53**	0.084	-0.12	-0.073	0.099	-0.091	-0.09	-0.05
<0.002 mm 颗粒	0.568**	-0.08	0.097	0.058	-0.12	0.099	0.03	0.068

\*\*表示相关极显著 ( $P \leq 0.01$ ), \*表示相关显著 ( $P \leq 0.05$ )。

南区有机质含量依次为 33.61、31.44、29.11 和 26.7 g/kg, 这主要原因是昆山市大多数农用土壤类型是水稻土类。农用地耕层土壤 CEC 平均为 17.51 cmol/kg, 总体上看还是比较高的, 各区间变幅也不是很大。土壤重金属元素全量与土壤理化性质的相关系数矩阵表明, 土壤中 As 全量与 pH 值呈极显著负相关, As、Hg 全量与土壤有机质、全 N 含量呈极显著相关; Hg 全量与土壤的碱解 N 含量呈极显著相关; 速效 K 含量与 Cr 全量呈极显著相关; Hg 全量与土壤的 CEC 呈极显著相关; 土壤 0.05 ~ 0.002 mm 的颗粒与 As 全量呈极显著负相关; <0.002 mm 的土壤颗粒与 As 全量呈极显著正相关。

#### 参考文献:

- Martin AC. Contamination by heavy metals in soils in the neighborhood of a scrap yard of discarded vehicles. *Sci. Total Environ.*, 1998, 212 (2/3): 145-152
- Pichtel J, Sawyerr HT, Czarnowska K. Spatial and temporal distribution of metals in soils in Warsaw, Poland. *Environmental Pollution*, 1997, 98: 169-174
- Wong YS, Tam NFY, Liu WK. Heavy metal pollution in roadside urban parks and gardens in Hong Kong. *Sci. Total Environ.*, 1987, 59: 325-328
- 傅瑞标, 何青. 长江南槽重金属的分布特征. *中国环境科学*, 2000, 20 (4): 357-360
- 陈怀满, 郑春荣. 中国土壤重金属污染现状与防治对策. *AMBIO: 人类环境杂志*, 1999, 28 (2): 130-134
- 夏增禄. 土壤环境容量及其应用. 北京: 气象出版社, 1986
- 陈同斌, 黄铭洪, 黄焕忠, 周海云. 香港土壤中的重金属含量及其污染现状. *地理学报*, 1997, 52 (3): 228-236
- 夏星辉. 土壤重金属污染治理方法研究进展. *环境科学*, 1997, 18 (3): 72-76
- 张民, 龚子同. 我国菜园土壤中某些重金属元素的含量与分布. *土壤学报*, 1996, 33 (1): 85-93
- 昆山市土壤普查办公室. 江苏省昆山县土壤志. 北京: 中国农业出版社, 1984
- 孔德工, 唐其展, 田忠孝, 方东, 粟学军. 南宁市蔬菜土壤重金属含量及评价. *土壤*, 2004, 36 (1): 21-24
- 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1981
- 《环境污染分析方法》科研协作组. 环境污染分析方法. 2 版. 北京: 科学出版社, 1987
- 朱祖祥. 土壤学. 北京: 农业出版社, 1983
- Ni CY, Shi JY, Luo YM, Chen YX. "Co-culture Engineering" for enhanced phytoremediation of metal contaminated soils. *Pedosphere*, 2004, 14 (4): 475-482
- 李德成, 花建明, 李忠佩, 周祥, 张桃林, Velde B. 不同利用年限蔬菜大棚土壤中微量元素含量的演变. *土壤*, 35 (6): 495-499
- 陈晶中, 陈杰, 谢学俭, 毛久庚, 张学雷. 北京城市边缘区土壤重金属污染物分布特征. *土壤学报*, 2005, 42 (1): 149-152
- 柴世伟, 温琰茂, 张云霓, 董汉英, 陈玉娟, 刘英对, 张爱军, 龙祥葆, 罗妙榕, 向运容, 周毛. 广州郊区农业土壤重金属含量与土壤性质的关系. *农村生态环境*, 2004, 20 (2): 55-58
- 陈怀满, 龚子同, 鲁如坤, 等. 土壤-植物系统中的重金属污染. 北京: 科学出版社, 1996: 3-48, 195-202, 215-226
- Sadiq M. Arsenic chemistry in soils: An overview of thermodynamic predictions and field observations. *Water, Air Soil Pollut.*, 1997, 93: 117-136
- 余贵芬, 青长乐, 牟树森. 腐殖酸结合汞的研究现状. *农业环境保护*, 2000, 19 (4): 255-257
- Qing CL, Nou SS, Guo TY, Li QH. Chemical forms of mercury in soils and their influence factors. *Pedosphere*, 1998, 8: 791-797

## Relationship Between Heavy Metals and Basic Properties of Agricultural Soils in Kunshan County

CHEN Feng, PU Li-jie

(*Department of Urban and Resources Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China*)

**Abstract:** Soil properties and heavy metal contents of agriculture soils in Kunshan county were studied for relationships between soil properties and contents of soil heavy metals. Results showed that almost all the soil samples collected from Kunshan Area were of loamy soil with an average pH value being 6.50, an average content of organic matter being 30.53 g/kg and CEC being 17.51cmol/kg, but three parameters did not vary much from site to site; in terms of total content of the major heavy metal pollutants, Cd, Pb and Hg, in the soils of that region, the four types of soils were in the decreasing order of Huangni soil > Qingni soil > Qingzi soil > Wushan soil; and the results of correlation analysis showed that relationships between soil heavy metals and soil physical and chemical properties were very complicated.

**Key words:** Soil properties, Heavy metal, Correlation analysis, Kunshan