

江苏省平原地区土壤元素背景值

江苏省环科所

一九八三年

江苏省平原地区土壤元素背景值

前言

土壤元素背景值是判断土壤污染及污染程度的重要依据。随着工农业生产迅速发展，防止污染，保持良好的生态环境，已刻不容缓。也提出了尽快取得区域性土壤元素背景值的要求。

80年农业部组织了全国十三个省市地区的农业土壤及农作物背景值调查。我们负责江苏省的背景值研究工作。经过三年的工作，得出初步结果。

一、概况

江苏省位于我国东部，南起北纬 $30^{\circ}46'$ ，东抵北纬 $35^{\circ}07'$ ，南北跨纬度 $4^{\circ}11'$ ，最大直线距离为四百六十多公里；西起东经 $116^{\circ}22'$ ，东迄东经 $120^{\circ}55'$ ，经度跨 $5^{\circ}33'$ ，最大直线距离不超过三百二十公里。总面积为十万二千一百平方公里。（折一亿五千三百十五万亩），占全国总面积的1.05%其中水面积为一万七千三百六十平方公里，约占全省总面积的17%，低山丘陵岗地面积合计为一万五千六百平方公里，约占全省总面积15%，其余68%属于45米以下的平原。全省耕地面积为七千零五十八万三千亩，约占土地面积的46.1%，林地五百十六万五千五百亩，占总面积的3.37%。

本省以灌溉总渠为界，分为暖温带及亚热带两大自然区域。其西部及北部受不同时期的地质构造运动制约，形成母质复杂的

执笔人：梁伟

参加工作：夏家淇、扬桂芬、张纪伍、张爱云、陆善萍、陈彦、

顾建宁、李德波等。

山地丘陵。东部受到新构造运动制约。形成大片泻湖平原、滨海平原等。因而形成的农业土壤也以沼泽起源。草甸起源和盐渍起源为主。属于泛域性和隐域性土壤。

二、方法

1、土壤元素区域背景值的含义

目前。连人迹罕到的珠穆朗玛峰及格陵兰的土壤。也有某些污染物残留。所以。已很难找到一块未受人为活动影响的土壤。农业土壤更是如此。因而目前研究不受人为活动影响的土壤自然背景值。既不可能也无此必要。

我们研究的土壤元素区域背景值。指在一定时间及空间范围内。不受工业三废污染影响。仍然保持良好生态环境的元素现实含量。

国内研究的区域背景值。通常是行政区域。例：南京、北京地区土壤元素背景值的区域。实质上是南京郊区和北京郊区。它既包括丘陵山地及冲积平原。也包括各种母岩发育的土壤。省的区域划分可以从地球化学角度。根据气候带、地貌、地质、土壤等多种因素划分。本文仅讨论东部平原区。

2、布点及采样

点的布置既要有各地主要土壤及主要成土母质。又要尽可能作到点分布的均匀性。

采样时远离已知工业三废污染源。并尽可能避免在农药、化肥施量很多的地段采样。样点设主点及对照点。每个土壤类型设若干个主点。按自然发生层采集；对照点若干。采集二层。（耕层及心土层）；有的采集耕层。

采样范围涉及全省三个带。二个亚带。75个市县十五种主

要土壤类型，20种母质。545个样点，1129土壤样品，并对应采集粮食作物（小麦、水稻等）。

从北向南，土壤类型包括^包浆土、^母黑土、黄潮土、淋浴^母土各种起源的水稻土，盐土系列，各种^母的^母黄棕壤，长江冲击物的高沙土，灰湖土等。

表一 江苏省土壤概况

气候带	土 貌		土 境
北亚热带	东部平原区	长江两岸冲积平原	草甸起源的水 ^母 积土（灰潮土）
		长江高沙平原	高 沙 土
		江淮平原	沼泽起源水 ^母 积土（鸭尿土）
		太湖平原	沼泽起源水 ^母 积土（黄泥土、青 ^紫 黄泥等）
		滨海平原	盐渍起源水 ^母 积土
暖温带		黄泛平原	黄河冲击物为主的黄潮土
北亚热带	西部山地丘陵	东海—铜山山地山陵	片麻岩风化物的包浆土及岗黑土 石灰岩风化物的淋浴 ^母 土
		六合山地丘陵	下蜀黄土复盖于玄武岩之上的黄棕壤及地带性起源水积土
		宁镇山地丘陵	各种 ^母 岩发育的黄棕壤下蜀黄土发育的黄岗土、白土等
中亚带	陵	宜 溧 山 也	各种母岩发育的黄红壤

3、分析方法

表二 十种元素含量测定方法一览表

分析项目	样前处理	分析方法	仪器
Cu	王水—高氯酸	水溶液原子吸收测定法	P—E 2380
Zn	王水—高氯酸	水溶液原子吸收测定法	"
Pb	王水—高氯酸	水溶液原子吸收测定 灯扣除背景	"
Cd	王水—高氯酸	KLa络合甲基异丁酮萃取 原子吸收测定法	"
Ni	王水—高氯酸	水溶液原子吸收测定法	"
Hg	硫酸—硝酸— 高锰酸钾	冷原子吸收测定法	59.0 测录 仪
Cr	硫酸—硝酸— 磷酸	二苯碳酰二月并显色分光 光度测定法	721 分光 光度计
F	氢氧化钠熔融 (干灰化)	离子选择电极测定法	电位计
As	硫酸—硝酸分解 增压溶样法	DDTC—Ag显色分 光光度测定	分光光 度计
Cc	王水—高氯酸	水溶液原子吸收测定法 (灯背景扣除)	P—E 2380

表三、统一参考土壤样品元素分析结果对照表

土壤号	元素名称	协作组统计组		江苏环科所测定值		土壤号	元素名称	协作组统计组		江苏环科所测定值	
		平均值	标准差	平均值	标准差			平均值	标准差	平均值	标准差
二 五	Cu	21.9	1.25	21.06	1.55	五 号	Cu	13.5	0.99	12.86	0.56
	Zn	65.0	10.1	62.99	2.12		Zn	48.0	6.46	46.65	1.18
	Pb	17.2	2.35	18.52	0.77		Pb	18.8	2.20	18.67	0.86
	Cd	0.084	0.034	0.079	0.0028		Cd	0.079	0.025	0.095	0.013
	Ni	30.1	27.2	28.39	1.03		Ni	18.8	0.95	19.21	0.64
	Cr	58.00		54.50	1.75		Cr	47.10		40.03	1.79
	Hg	0.043	0.007	0.064	0.0054		Hg	0.218	0.031	0.236	0.013
	As	9.87	0.087	10.00	0.65		As	7.34	0.99	7.94	0.39
	F			354.92	8.02		F			271.8	14.77
三 号	Cu	23.6	1.41	22.64	1.13	六 号	Cu	25.2	2.2	23.30	1.07
	Zn	88.3	9.41	86.36	1.61		Zn	91.1	8.06	91.07	1.33
	Pb	18.9	2.12	20.59	1.06		Pb	18.3	2.81	18.80	0.61
	Cd	0.142	0.033	0.13	0.015		Cd	0.248	0.026	0.24	0.013
	Ni	23.6	2.85	22.06	0.90		Ni	28.5	2.90	27.38	0.69
	Cr	49.6		43.08	1.62		Cr	63.10		60.83	3.29
	Hg	1.08	0.19	1.28	0.024		Hg	0.222	0.033	0.253	0.0058
	As	7.85	0.87	8.02	0.39		As	6.28	0.81	6.72	0.30
	F			435.0	8.66		T			486.3	58.17
四 号	Cu	25.2	2.61	23.14	0.76						
	Zn	70.4	8.17	71.82	2.15						
	Pb	18.5	3.14	20.26	0.89						
	Cd	0.21	0.026	0.138	0.01						
	Ni	35.1	4.21	32.22	1.14						
	Cr	63.70		60.15	3.79						
	Hg	0.099	0.032	0.11	0.0093						
	As	14.36	1.68	15.75	0.68						
	F			468.8	28.53						

4、区域背景值取得的依据

1) 污染点的判断及剔除

由于土壤元素含量的多寡与多种因素有关，仅用数理统计方法判断，容易武断失真。把地学与土壤学有关专业知识与数理统计结合。判断点的污染与取舍，则是可取的。

例来自长江二岸。11个县45个点的水稻土（灰潮土）

表四 灰潮土中镉的频率分布

区间	0.038	0.211	0.382	0.553	0.724	0.895	1.066
项目	~0.211	~0.332	~0.553	~0.724	~0.895	~1.066	~1.237
频数率	41	25	6	1	1	5	3
频率%	50.00	30.49	7.32	1.22	1.22	6.10	3.65

全距 0.039~1.23，平均值 0.306，标准差 0.282，如采用凡大于平均值加二个标准差的数值，一律剔除，则应剔除 8 个样品，但这些高镉土样采集于物中县，五个点均远离工业污染源，其中二个点，在 60 公分土体内含镉均高（见表三）。

表五 物中县土壤样点含镉量 (PPm)

层次 样号	耕层	犁底层	心土层	底土层
6801	1.007	0.688	0.975	1.22
6804	0.901		1.001	0.938
6805	1.23	0.306	0.319	

此外，有些高镉样点也分别分布于长江新冲积物上，由此证明长江冲积物在不同时期，物质成分有一定的差异，但高镉点

分布局限于局部地方。故我们在处理灰湖土时，单独求其背景值。
以便于广大地区的灰湖土分开比较合理。

2) 选择土层的原则

对进行数理统计时^{选择土层}应酌情而定。目前国内一般采用表土与底土均值检验。选用显著性水平 $P < 0.1$ 。当表土元素含量的平均值显著高于底土。且出现频率大于二分之一时。就选用底土。而扬弃表土。这似可商榷。当表土在统计上不高于底土。表土有害元素的含量。可视为该元素的背景值。但表土高于底土时。既可能由污染造成。也可能由其它成土过程造成。污染来自多种途径。既有农药、化肥、污灌、降尘等。也有地下水带来的污染。因而对每个采样点具体分析。决定土层的取舍。不一刀切。应是合理的。

我们对江苏苏州地区五种土壤的十种元素进行表土与底土均值检验。发现除汞、镉分别在两种土壤有显著性差异。镍与钴分别在一种土壤有显著性差异外。其余都无显著性差异（表六见下页）。

由此可以证实。在广大农村地区。土壤表层中大部分元素并未受到工业三废的污染。因而根据每个样点的土体元素背景值。求出土壤类型以及一个地貌单元或一个地区的区域背景值。比较适当。

表六 蘇州地区五种主要土壤的表土与底土中元素均值檢驗

土 壤 元 素	黄泥土			果园黄土			青紫泥			烏山土			潮	
	t	P	差异	t	P	差异	t	P	差异	t	P	差异	t	P
Hg	1.39	70.1	不	2.44	<0.05	*	2.43	<0.05	*	0.52	>0.6	不	0.20	>0.6
Zn	0.85	>0.3	"	0.43	>0.7	不	1.49	>0.1	不	0.82	>0.4	"	1.37	>0.1
Cd	1.40	>0.1	"	1.76	<0.1	*	0.24	>0.8	"	0.98	>0.3	"	3.53	<0.01
Pb	1.28	>0.2	"	0.74	>0.4	不	0.55	>0.5	"	0.29	>0.7	"	0.31	>0.7
As	0.52	>0.6	"	1.14	>0.2	"	0.25	>0.8	"	0.54	>0.5	"	0.20	>0.8
F	0.21	>0.8	"	0.010	>0.9	"	0.92	>0.3	"	0.33	>0.7	"	0.17	>0.8
Ni	0.99	>0.3	"	1.78	<0.1	*	0.54	>0.5	"	0.65	>0.5	"	1.23	>0.2
Co	0.42	>0.6	"	1.33	>0.2	不	0.27	>0.7	"	0.52	>0.6	"	2.24	<0.05
Cr	0.12	>0.9	"	0.73	>0.5	"	1.07	>0.2	"	1.26	>0.2	"	0.11	>0.9
Cu	1.51	>0.1	"	1.34	>0.1	"	0.46	>0.6	"	0.12	>0.9	"	0.42	>0.6

注*有顯著差異。

3) 元素分布类型可分别采用 χ^2 法。偏度—峰度法。图解法等。对于一些样品数量少的样本。采用偏度—峰度法。对样品数量多的样本。则采用图解法及 χ^2 法。例滩涂的元素分布形态。应用了偏度—峰度法。

表七 滩涂元素的分布类型

元素	偏 度		峰 度		分布形态
	g_1	t_{g_1}	g_2	t_{g_2}	
Cu	1.44	4.04	2.95	2.56	偏态(右偏)
Pb	0.11	0.32	-0.55	-0.41	正 态
Zn	0.96	1.61	2.25	1.95	近似正态

凡正态分布。以算术平均值及标准差表示样本特征数。凡偏态分布用几何平均值及标准差表示。

三、结果与讨论

(一) 长江三角洲平原

其范围大致北起通扬运河和东串场河。南抵抗州湾。西以十米等高线与江苏省西南低山丘陵边界。东止海滨。总面积计二百多平方公里。在三角洲内。由于新构造运动。造成内部地形母质。成因等差异。又可分为如下几种类型。

高沙平原。它属于下沉的北岸砂咀地区。北接里下河碟形洼地。成土母质为古海岸沉积的沙性土。形成高沙土。分布在泰县。如皋等地。土壤中若干元素的含量全在国内土壤常见范围内。其中有些元素 Zn、Pb、Cu、As 等低于其它土壤。

表八 长江高沙平原土壤的元素背景值

元素	n	全距	算术 平均值	算术 标准值	几何 平均值	几何 标准值	类型	σ_1 偏差	σ_1	σ_2 偏差	σ_1
Pb	21	4.90 ~ 21.70	13.97	4.36	/	/	正态	-0.42	0.84	-0.47	0.50
cd	23	0.033 ~ 0.167	0.0978	0.0383	0.0898	0.0156	对称 正态	8.0×10^{-3}	0.017	2.57	2.75
Ca	20	6.79 Z: 18.98	10.26	3.76	/	/	正态	/	/	/	/
Hg	23	0.028 Z: 0.226	0.113	0.0575	/	/	"	-0.03	-0.066	1.12	1.2
Co	25	3.58 Z: 12.36	6.85	2.28	6.53	1.36	正偏	1.19	2.57	0.81	0.90
Zn	21	26.87 Z: 60.51	43.07	11.92	/	/	正态	0.23	0.46	-1.3	-1.37
F	26	243.8 Z: 500	353.15	73.49	/	/	"	0.093	0.20	0.82	0.92
Ni	22	16.65 Z: 35.75	24.57	4.55	24.16	1.21	尖峭 峰	0.185	0.376	2.20	2.31

2) 长江二岸冲击平原灰湖土区。它包括长江二岸及江中沙洲群。从土壤年龄而言。又可分为二种。一种由长江近代冲积物沉积而成的“新三角洲平原”。其中包括古沙洲并岸而成的沿江平原如瓜州、靖江、启东以及江中沙洲群。如南京江心洲、八挂洲、扬中县等。另一种是土壤年龄较早的灰潮土如太仓、嘉定、上海等地。

表七列出了这两种土壤年龄不同的灰湖土中十种元素含量。大致可判断出该地区土壤元素含量有如下特点。

①“新三角洲平原”中近代沉积物发育的灰潮土出现较多高镉点。如南京营盘分^层芦苇滩地。瓜州及扬中县等地尤其主扬中县五个点中出现了三个高镉点。而有些高镉点在60公分土体内含镉量都近1 ppm左右。

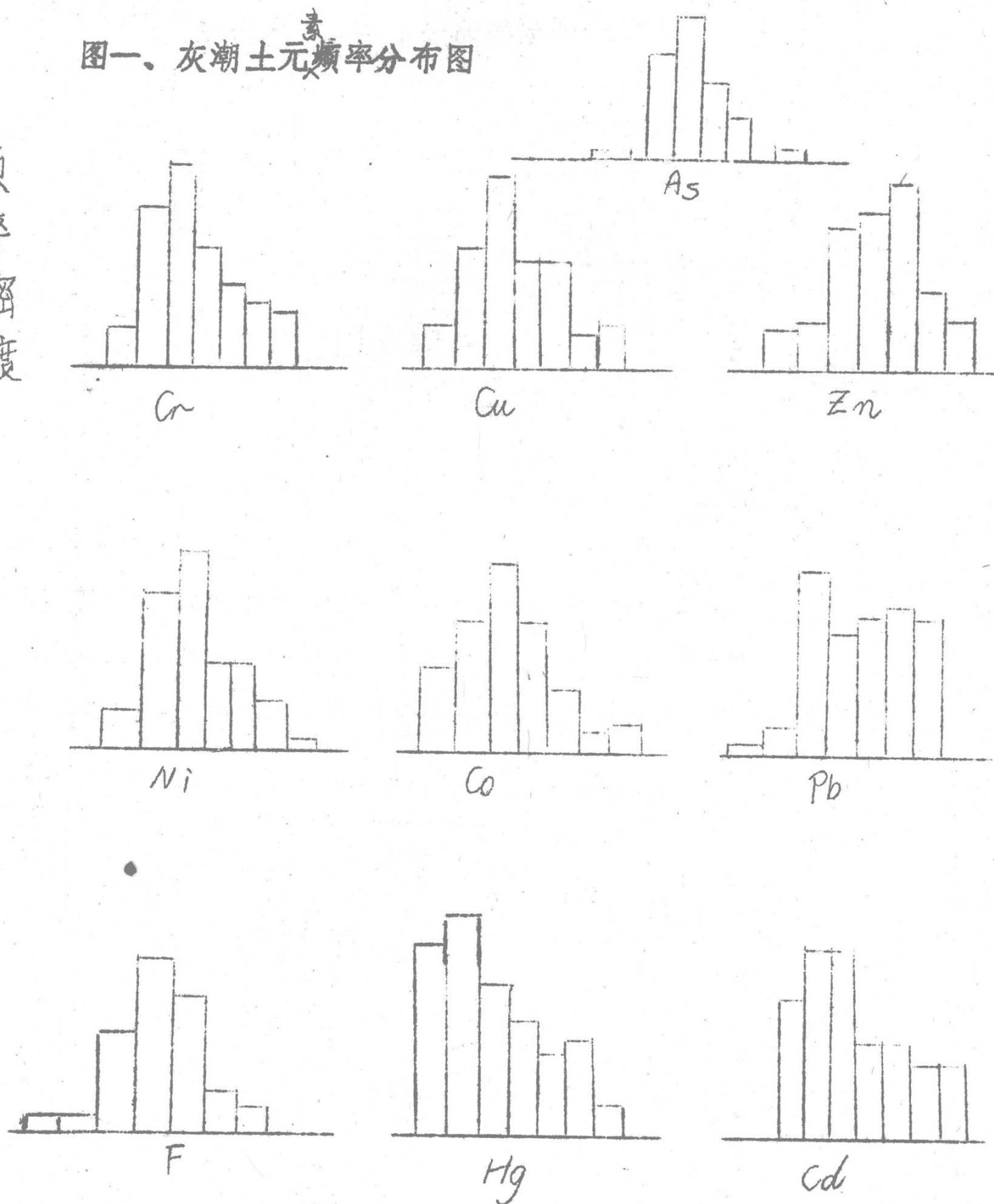
但在大部分地区的灰潮土中含镉量小于0.040 ppm。根据当地^在成陆过程中。尤其是河口区。土壤由盐渍向脱盐方向过渡。或是脱^盐面^{过程}。pH处于中性或微碱性。镉不易在土壤中移动。所以很难用^的移动或流失来解释高镉点60公分土体含镉均高或其它地区灰潮土含镉较低的现象。这只能用不同沉积时期长江冲积物成分有一定差异来解释。

②大部分灰湖土区。土壤含水量小于0.1 ppm占22.78%不到四分之一。小于0.32 ppm。占79.74%。大于0.4 ppm。占11.39%。氮含量主要集中在334~584 ppm范围内。占85.06%。主要集中在4.92~13.47 ppm范围。占87.5%。镉小于0.1 ppm。占14.52%。小于0.33 ppm。占85.48%。镍集中于45~82 ppm。占82.5%。约60.55%镍在23~35.5 ppm。铜分布在12.7~36.2 ppm范围。占85%左右。

钴分布在6~17 ppm范围. 占93.15%. 锌主要集中在60~96 ppm范围. 占73.61%. 铅的分布呈平阔峰形. 17~38 ppm. 约占94%左右.

图一、灰潮土^素元频率分布图

频率密度



表九 长江老冲积物发育的灰潮土 (ppm)

元素	样品	全距	平均值	标准差	几何平均值	几何标准差	分布类型	χ^2
Pb	73	8.60 Z 38.40	26.09	7.00	25.32	1.34	对称正态	2.09 < $\chi^2_{0.10}$
Co	73	6.17 Z 21.00	11.94	2.98	/	/	正态	3.85 < $\chi^2_{0.3}$
Zn	73	36.10 Z 184.51	79.71	17.51	/	/	" "	0.96 < $\chi^2_{0.30}$
Cu	73	6.80 Z 48.10	25.76	9.58	24.06	1.46	对称正态	1.58 < $\chi^2_{0.3}$
Ni	73	6.67 Z 70.26	33.86	9.32	32.63	1.31	" "	3.19 < $\chi^2_{0.2}$
Cd	63	0.0396 Z 1.19	0.207	0.102	0.182	0.0169	" "	1.07 < $\chi^2_{0.5}$
As	80	2.07 Z 21.99	9.15	3.14	8.66	1.41	正偏尖峭峰	4.77 > $\chi^2_{0.05}$
Hg	79	0.031 Z 0.525	0.211	0.119	0.177	0.0189	对称正态	1.99 < $\chi^2_{0.50}$
F	67	188.5 Z 750	482.75	95.15	/	/	正态	0.25 < $\chi^2_{0.3}$
Cr	82	36.6 Z 100.3	63.5	13.46	61.91	1.22	偏态	

表十 长江新三角州平原，现代冲积物发育水稻土 (ppm)

元素	样品	全距	平均值	标准差	变异系数
Cd	16	0.131 ~ 1.22	0.557	0.422	0.7576
Cu	16	24.92 ~ 36.11	30.85	3.71	0.1203
Zn	16	60.77 ~ 88.23	74.01	9.45	0.1277
Co	16	11.38 ~ 15.27	13.88	1.40	0.1009
Pb	16	21.28 ~ 33.95	27.66	3.40	0.1229
Ni	16	29.74 ~ 45.52	38.84	4.97	0.1280
F	13	318.75 ~ 750	514.18	145.15	0.2823
Hg	15	0.096 ~ 0.340	0.197	0.075	0.3807
Cr	16	50.8 ~ 65.6	57.14	5.08	0.0889

表十一 长江冲积物三种土壤元素的平均值 95%置信域

元素 \ 土壤	高沙土	灰潮土 (老冲积物)	长江新三角洲平原 (扬中县)
Pb	11.99 ~15.95	25.01 ~25.63	25.26~29.46
Cu	8.50 ~12.02	23.92 ~24.60	28.88~32.82
Cd	0.0831 ~0.0965	0.178 ~0.186	0.332~0.782
Hg	0.088 ~0.138	0.173 ~0.181	0.156~0.238
Co	5.97 ~7.09	11.24 ~12.64	13.14~14.62
Zn	37.64 ~48.00	75.61 ~83.81	69.00~79.02
F	323.46 ~382.84	459.50 ~506.00	425.35~603.01
Ni	23.62 ~24.70	32.32 ~32.94	36.21~41.47
As	5.22 ~7.26	8.03 ~8.98	
Cr		54.43 ~62.55	54.45~59.83

三种土壤的平均值95%置信域表明,高沙土的Pb、Cu、Cd、Hg、Co、Zn、F、Ni、As某含量皆低于灰潮土。而扬中县水稻土又比发育于老沉积物的灰潮土,含较高的Pb、Cd、Co、Ni、Cu。

3. 太湖平原。它是一块下沉的太湖碟形洼地。自北西向东南倾斜。海拔由7米降至4米。5米以上的地区为黄土状物质组成。形成黄泥土、白土等。5米以下地区有大片低洼湖积平原。河网沼泽密布。地下水位高。在湖积物为主的母质上形成大量腐殖质沼泽土。如青紫泥等。由于新构造运动对这一地区的土壤形成因素。如地貌、地形、母质、水分等有制约性影响。因而常常在土体中发现“土体母质重迭”及“土壤发育重迭”的现象。其基本土层有四种:(甲)含有多量铁锰新生体(结核锈斑、锈纹等)的黄色土层。这标志着它产生于排水良好的条件;(乙)含有腐泥或泥炭的黑色土层。它形成于积水的沼泽条件;(丙)大部铁锰被淋洗的白土层。形成于位置略高。具有一定的水分侧流或渗漏条件;(丁)含有多量还原性物质的青兰色土层。它形成于水位较高的还原性条件。

在太湖西南岸。按紧砂慢淤的沉积规律。依次分布砂土、砂壤土、壤土、粘壤土等。形成2—3公里条带。同时岸边又常接受来自西部山区的冲刷物。不断露出成土年龄轻的土壤。太湖东北岸。质地变化条带不明显。

我们将在这一节讨论这一平原的土壤若干元素含量及背景值。

1. 太湖平原土壤中若干元素含量

这一地区土壤中各元素含量的出现频率可分述如下:汞在0.20ppm以下占51.81%。在0.20—0.50ppm范围内。占32.84%。众数为0.10~0.20ppm。占37.24%; 在5