

东北地区中部主要农业土壤中若干 金属元素的背景值

孟宪玺 余中盛 刘桂琴 康淑莲 俞穆清
汪淑哲 王起超 齐少华

(中国科学院长春地理研究所)

摘 要

农业土壤是自然土壤开垦种植后,在自然因素和人为活动双重影响下长期形成的。所以农业土壤中各种元素的含量既与自然土壤有关联,而又与自然土壤有一些差异。采集东北地区中部近70个土壤剖面200个样品,用原子吸收法、阳极溶出伏安法和荧光光度法等分别测定了镉、铜、铁、汞、锰、镍、铅、钾、锌、硒等元素的含量。通过表土与心土对比法,4d法和 $\bar{x}+2s$ 法剔除异常值,采取直方图法、概率纸法、Vistelius置信带法、Kolmogorov, Smirnov法和偏度、峰度法进行检验,综合判定元素概率分布类型。分别以表层土壤的 $\bar{x} \pm S$ 和 $M/D-M \cdot D$ 表示耕种暗棕壤、耕种黑土、耕种暗色草甸土和水稻土的元素背景值。

随着农业土壤腐殖质层的变薄和耕作层有机质含量的下降,许多元素的含量随之降低,尤以汞、锰、硒、钾为明显。

土壤中化学元素的组成和含量主要取决于成土母质、成土条件和土壤类型,但长期的农业耕作使土壤原有属性发生了不同程度的改变,所以农业土壤的元素组成又受人类活动的制约。查明农业土壤中化学元素的背景含量,不仅为判别土壤是否遭受污染和污染程度、评定土壤质量、保护农田土壤的生态系统平衡提供基础数据,是农业环境保护的一项基础工作;而且对探求某些地方性疾病的病因和防治途径、进行农业区划、合理施用微量元素肥料、促进农业增产等亦具有重要的现实意义。

本工作区范围为东北地区中部,大致为 $42^{\circ}-45^{\circ}30'N$ 和 $124^{\circ}30'-127^{\circ}30'E$ 。区域环境特征已在前文论及(孟宪玺等,1983)。

一、样品的采集、制备和测定

1. 采样点的布设

本项研究工作范围广阔,自然条件复杂多样,为使背景值能恰当反映本地区农业土壤未受现代工业及其产物直接污染的实际状况,不宜按网格法均匀布点,也不必完全依照类型面积规定样点数。特拟定下列采样原则:(1)在区内主要土壤类型和母质类型上布设样点,照顾每一样点所能代表的范围,使其适当分散和均匀些;(2)为避免大气污染给土壤带来的影响,各采样点距中等以上城市不少于10公里,距县级城镇不少于5公里,距一般村屯不少

于 1 公里, 并尽量远离重要交通线; (3) 除水稻土外, 一般无人工灌溉, 全部样点避开污水灌区, 亦无其它明显的人为污染。

全区共设采样点 75 个, 分别属于暗棕壤、黑土、草甸土和水稻土等 4 个土类, 是当地主要农业土壤类型。

2. 样品的采集和制备

采样点选定后, 在野外挖掘土壤剖面, 按耕作层和其下面的心土层分别取样, 厚度各为 20 厘米左右。同时选择少量未经耕种的土壤剖面, 按发生层次逐层采样至母质层, 以做对照。每层取样 1.5—2 公斤, 用布袋盛装。

土样经室内风干后, 挑除植物根和大于 1 毫米砂砾, 混匀并用玛瑙研钵研细至能通过 100 目筛, 装于玻璃瓶中备测。

土壤样品采集和制备的全过程, 除在野外挖掘土壤剖面时用铁锹掘土外, 其余各过程均不接触金属器物。

3. 样品的测定

土壤中各种元素均测定总量。分析方法是: 汞, 用亚硝酸钠-硝酸-硫酸消解土样, 用冷原子吸收法测定; 硒, 用硫酸-高氯酸消解土样后, 用环己烷萃取, 荧光光度法测定; 铅和镉, 以王水-高氯酸消解土样, 用阳极溶出伏安法测定; 其余元素均采用王水-高氯酸消解土样, 用火焰原子吸收法测定。各项测定的回收率都在 85% 以上。

二、主要农业土壤中金属元素的含量

1. 主要农业土壤中金属元素的一般含量

未开垦的自然土壤, 其元素组成与成土母质的关系最为密切, 并受地形、气候、水文、植被等条件的影响。土壤开垦后, 随着农作物的收获, 一些植物必需的元素逐渐消耗, 坡地土壤遭到明显侵蚀, 元素迁出速度加快。另一方面, 人们又通过灌溉、施用肥料、农药等, 不断改变土壤中各种元素的组成。所以农业土壤各元素的含量会与自然土壤有些差异。

东北地区中部主要农业土壤诸元素的含量(实测值)列于表 1—4。这些元素的含量都在一般报道的土壤元素含量范围之内。

2. 土壤类型与元素含量

比较 4 种类型农业土壤表层的元素含量可以看出, 一些元素呈现暗棕壤 > 水稻土 ≥ 草甸土 > 黑土的规律。暗棕壤中镉、铜、锰、铅、锶、锌含量均高于其它土类, 这主要是由其成土母质的元素含量状况决定的。暗棕壤是在基岩(本区主要为玄武岩和花岗岩类)风化物上形成的, 母质中多数元素的含量, 尤其玄武岩及其风化物中镉、铜、锌等元素的含量较高。黑土的成土母质为黄土状亚粘土, 这是一种微量元素含量偏低的第四纪沉积物(方肇伦等, 1963)。

在土壤形成过程中, 随着腐殖质的积累, 许多微量元素在土壤表层相对聚集, 尤其锰、锶、锌、铜等元素, 在未开垦的暗棕壤腐殖质层的累积较明显(方肇伦等, 1963; 孟宪玺等, 1982)。本区耕种暗棕壤分布于低山丘陵, 开垦历史虽不算长, 但水土流失严重, 一般不施肥或施肥很少, 所以一些元素的表聚现象已经不太明显。

表 1 东北地区中部耕种暗棕壤的元素组成 (ppm)

Table 1 Element composition (in ppm) of cultivated brown forest dark soil in the middle Northeastern

元 素 elements	剖 面 数 No. of profile	层 次 horizon of soil	元素含量全距 range of element content	平均值 mean	中 值 middle value	标 准 差 standard deviation
Cd	19	P*	0.050—0.500	0.183	0.275	0.159
		S*	0.050—1.750	0.247	0.900	0.399
Cu	19	P	12.0—35.0	16.94	23.50	6.01
		S	10.0—36.0	16.45	23.00	6.38
Fe(%)	19	P	1.71—3.45	2.23	2.58	0.47
		S	1.76—3.95	2.42	2.85	0.55
Hg	19	P	0.034—0.520	0.114	0.277	0.113
		S	0.008—0.220	0.073	0.114	0.046
Mn	19	P	405—1700	862	1053	331
		S	375—2121	792	1248	360
Ni	19	P	14.0—37.5	22.5	25.7	7.0
		S	11.0—54.5	23.0	32.7	9.5
Pb	18	P	2.7—69.3	15.32	36.0	16.05
		S	3.2—88.2	22.69	45.7	20.08
Se	5	P	0.095—0.245	0.196	0.170	0.060
		S	0.187—0.375	0.249	0.281	0.083
Sr	19	P	15.5—74.5	36.7	45.0	17.6
		S	7.0—62.0	25.4	34.5	13.9
Zn	19	P	49.0—172.5	80.7	110.7	29.1
		S	42.0—165.5	77.4	103.8	32.0

* P——耕作层, S——犁底层。下同。

表 2 东北地区中部耕种黑土的元素组成 (ppm)

Table 2 Element composition (in ppm) of cultivated black soil in middle the Northeastern

元 素 elements	剖 面 数 No. of profile	层 次 horizon of soil	元素含量全距 range of element content	平均值 mean	中 值 middle value	标 准 差 standard deviation
Cd	18	P	<0.050—1.050	0.142	0.540	0.234
		S	<0.050—0.255	0.069	0.142	0.056
Cu	19	P	7.5—22.5	16.5	15.00	3.88
		S	10.5—21.5	16.68	16.00	3.29
Fe(%)	19	P	1.41—2.51	2.09	1.96	0.30
		S	1.58—2.54	2.20	2.06	0.24
Hg	18	P	0.022—0.112	0.054	0.067	0.020
		S	0.018—0.079	0.045	0.049	0.024
Mn	19	P	280—650	516	478	118
		S	295—750	537	523	119
Ni	19	P	12.5—29.5	21.24	21.00	4.53
		S	12.5—27.5	21.47	20.00	4.32
Pb	19	P	2.4—30.3	10.21	16.35	7.53
		S	0.9—44.2	12.32	22.55	11.02
Se	9	P	0.120—0.338	0.209	0.229	0.084
		S	0.150—0.313	0.239	0.232	0.055
Sr	19	P	12.5—44.0	26.53	28.25	7.98
		S	16.5—66.5	30.22	41.50	11.91
Zn	19	P	38.5—75.0	52.53	56.75	9.10
		S	40.5—70.0	53.95	55.25	8.12

表 3 东北地区中部耕种草甸土的元素组成(ppm)

Table 3 Element composition(in ppm)of cultivated meadow soil in the middle Northeastern

元 素 elements	剖 面 数 No. of profile	层 次 horizon of soil	元素含量全距 range of element content	平均值 mean	中 值 middle value	标 准 差 standard deviation
Cd	14	P	<0.050—0.155	0.080	0.098	0.048
		S	<0.050—0.250	0.077	0.140	0.062
Cu	14	P	12.5—26.0	16.21	19.25	3.51
		S	11.5—26.5	15.96	19.00	3.98
Fe(%)	14	P	1.64—3.24	2.11	2.44	0.46
		S	1.52—3.54	2.23	2.53	0.59
Hg	13	P	0.015—0.177	0.062	0.096	0.042
		S	0.027—0.160	0.056	0.094	0.038
Mn	14	P	385—1080	611	732	195
		S	355—1735	652	1045	354
Ni	14	P	14.5—56.0	22.79	35.25	10.40
		S	14.0—57.5	22.75	35.75	11.93
Pb	14	P	1.2—18.5	10.47	9.85	5.74
		S	2.4—22.9	11.76	12.65	7.59
Se	8	P	0.116—0.305	0.227	0.211	0.071
		S	0.110—0.388	0.240	0.249	0.108
Sr	14	P	9.0—108.5	36.14	58.75	28.75
		S	4.5—113.5	29.43	59.00	27.20
Zn	14	P	45.5—120.5	70.14	83.00	21.52
		S	33.0—112.0	69.11	72.50	23.17

表 4 东北地区中部水稻土的元素组成(ppm)

Table 4 Element composition(in ppm)of paddy soil in the middle Northeastern

元 素 elements	剖 面 数 No. of profile	层 次 horizon of soil	元素含量全距 range of element content	平均值 mean	中 值 middle value	标 准 差 standard deviation
Cd	22	P	<0.050—0.310	0.108	0.167	0.082
		S	<0.050—0.310	0.110	0.161	0.080
Cu	23	P	11.0—35.5	16.85	23.25	5.00
		S	9.0—35.5	17.43	22.25	5.25
Fe(%)	23	P	1.85—3.54	2.26	2.70	0.38
		S	1.55—3.94	2.27	2.75	0.52
Hg	22	P	0.017—0.124	0.066	0.071	0.034
		S	0.014—0.128	0.054	0.071	0.027
Mn	22	P	355—880	627	618	142
		S	330—1080	725	705	189
Ni	23	P	14.5—62.0	21.80	38.25	9.57
		S	10.0—61.5	21.98	35.75	9.88
Pb	23	P	3.8—45.6	15.30	24.70	10.63
		S	1.7—62.4	16.74	32.05	16.06
Se	8	P	0.136—0.520	0.243	0.328	0.120
		S	0.120—0.390	0.236	0.225	0.102
Sr	23	P	14.0—63.5	25.22	38.75	12.95
		S	9.0—39.0	21.85	24.00	7.36
Zn	23	P	46.5—113.5	71.17	80.00	17.23
		S	42.5—120.0	70.57	81.25	15.44

黑土具有深厚的腐殖质层,腐殖质含量亦高,由于处于山前平原地区,开垦耕作方便,农用历史较长,随着农业利用,腐殖质层因耕作而致破坏,变薄,腐殖质含量下降,元素释放速度快,一些元素被作物耗竭或流失,一些元素下移,故而时常出现耕作层元素含量低于心土(犁底层)的状况。

水稻土多数是草甸土发展而来,但其元素含量一般都比旱作的草甸土高,显然是施用化学农药和元素随水、土迁移和富集的结果。

三、主要农业土壤的元素背景值

1. 测定值的检验(污染样品的剔除)

为了探求土壤的元素背景值,除在样品采集、贮运和分析过程中尽量避免污染以外,还必须对分析数据进行检验,防止混入受污染样品的分析结果,才能获得较为真实的背景值。各地环境特征和土壤元素迁移、累积规律不同,获得调查资料的内容和方法不同,采用的检验方法也各不一样。本文采用表土、心土含量对比检验(t 检验)法,用 $4d$ 法和 $\bar{X} + 2S$ (或 $\bar{X} + 3S$)法剔除过高样品。对其中一种方法判为异常的数值定为可能异常,两种方法均判为异常的数值为必须异常,予以剔除。 $\bar{X} + 2S$ 或 $\bar{X} + 3S$ 的选择,视土壤母质类型和具体元素的含量状况而定。

经过剔除污染样品后的耕作层与犁底层元素含量对比检验结果,显著性均满足 $P > 0.1$ 的要求(表5)。并且实际剔除的样品数量很少(仅暗棕壤中的汞和黑土中的镉各一个样品),表明预定的采样点布设原则和方法运用得当,达到了避开现代污染的预期目的。

表 5 耕层元素含量高于犁底层的差异显著性检验

Table 5 significance test of difference of element content in plough layer higher than subsoil's

元 素	土 类	剖 面 数	耕层 高于 犁底 层剖 面数	元 素 平 均 值 (ppm)		差 值 (ppm)	t 值	显 著 水 平
				耕 作 层	犁 底 层			
Mn	耕种暗棕壤	19	11	862	792	70	0.624	$0.6 > P > 0.5$
		19	14	80.7	77.4	3.3	0.156	$0.9 > P > 0.8$
Zn		18	15	0.091	0.073	0.018	1.062	$0.4 > P > 0.3$
	耕种黑土	18	12	0.054	0.045	0.009	1.495	$0.2 > P > 0.1$
Hg	水稻土	22	16	0.066	0.054	0.012	1.305	$0.3 > P > 0.2$

针对农业土壤的性质和利用方面的特殊状况;本文以耕作层元素含量代表农业土壤的背景值。

2. 土壤元素含量概率分布类型的判定

土壤元素背景值的表示方法,国内外尚无统一模式。至于农业土壤背景值,公开发表的资料不多,方法也不统一。康纳等(1975)统一用几何平均值和标准差来表示美国农业土壤背景值。Mills(1975)和Frank(1976)用平均值分别表示加拿大曼尼巴托背和安大略省农业土壤

中重金属元素的背景值(含量)。若月利之等人(1978)根据元素含量的频率分布类型, 分别用测定值或测定值的对数值计算平均值和标准差, 并用平均值加减两个标准差表示日本水稻土中 5 种元素的背景值。汪雅各等 (1983) 按元素含量的频率分布类型, 选用算术平均值或几何平均值报道了上海市农业土壤中八种元素的背景值, 是国内公开发表较早的农业土壤背景值文献。目前普遍认为, 应当根据元素含量的概率分布类型来确定适宜的统计方法, 以使土壤元素背景值的表达更接近真实。

判定概率分布类型的方法很多, 并且各有其优缺点。我们在用比较简便、直观的直方图法和概率纸法检验之后, 又用维斯捷利乌斯置信带法、柯尔莫哥洛夫-斯米尔诺夫法和偏度、峰度法进行验证, 综合判定概率分布类型, 使其尽可能符合实际。全部运算过程, 用 BASIC 语言编制程序, 交由计算机完成。

检验结果(表 6)表明, 元素含量概率分布类型因土壤类型和元素各异, 绝大多数为正态和对数正态, 个别为较大的偏态(正偏)。暗棕壤地处低山丘陵区, 不仅地形多变, 而且成土母质的类型和矿物组成也比较复杂, 所以元素含量分布类型以对数正态为多, 正态分布甚少。黑土则因为连片分布在山前波状起伏的台地上, 成土母质均为第四纪黄土状沉积物, 甚至土壤质地都很接近, 故其元素含量概率以正态分布为多。

3. 土壤元素背景值的计算和表达

如前所述, 本区农业土壤中元素含量概率分布类型有正态、对数正态和偏态等。对于呈正态分布的元素, 其背景值用算术平均值($\bar{X}$)和标准差(S)表示, 计算公式为:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \quad S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

取 $(\bar{X} \pm S)$ 表示其背景值范围。

呈对数正态分布的元素, 背景值用几何平均值(M)和几何标准差(D)表示, 计算公式为:

$$M = \ln^{-1} \left(-\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln x_i \right),$$

$$D = \ln^{-1} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \ln^2 x_i - n \cdot \ln^2 M}{n-1}}$$

取 $(M/D - M \cdot D)$ 为其背景值范围。

对于其它偏态分布的元素, 应当通过正态化的方法, 然后求其算术平均值和标准差, 并以此表示其背景值。由于其运算过程过于麻烦, 而且经过例证验算结果与按对数正态分布计算结果比较接近, 本文统一按对数正态分布元素背景值的表达方法处理。

将东北地区中部 4 种主要农业土壤类型的元素背景值分别列于表 7—10。

为进一步满足土壤环境质量评价的需要, 文中引用了元素异常下限值这一地球化学中常用的概念。即当土壤中某元素的含量超过其异常下限值时, 称为土壤地球化学异常。土壤异常下限值可以用做环境质量评价的标准, 也可用来确定异常的高低和异常区的范围, 从而进一步寻找产生异常的原因。

表6 东北地区中部主要农业土壤

Table 6 Test of probability distributional type of elemen

土壤类型	元素	剖面数	置信带法			柯氏-斯氏法				
			正态假设 信 度	对数正态 假设信度	分布类型 制 定	正 态 假 设 临界值	信 度	对数正态假设 临界值	信 度	分布类型 制 定
耕 种 暗 棕 壤	Cd	19	<0.05	0.05—0.10	对数正态	0.1857	0.05—0.10	0.2117	0.01—0.05	正 态
	Cu	19	<0.05	<0.05	偏 态	0.2401	<0.01	0.1738	0.10—0.15	对数正态
	Fe	19	0.05—0.10	0.10—0.20	对数正态	0.1312	>0.20	0.1332	>0.20	正 态
	Hg	18	<0.05	0.30—0.40	对数正态	0.9997	<0.01	0.1088	>0.20	对数正态
	Mn	19	<0.05	0.05—0.10	对数正态	0.2239	0.01—0.05	0.1711	0.10—0.15	对数正态
	Ni	19	0.05—0.10	0.20—0.30	对数正态	0.1586	>0.20	0.1447	>0.20	对数正态
	Pb	18	<0.05	0.30—0.40	对数正态	0.9896	<0.01	0.1287	>0.20	对数正态
	Se	5	0.40—0.50	0.30—0.40	正 态	0.2760	>0.20	0.3083	0.10—0.15	正 态
	Sr	19	0.10—0.20	0.30—0.40	对数正态	0.1944	0.05—0.10	0.1306	>0.20	对数正态
	Zn	19	<0.05	0.20—0.30	对数正态	0.2171	0.01—0.05	0.1466	>0.20	对数正态
耕 种 黑 土	Cd	18	<0.05	<0.05	对数正态	0.3620	<0.01	0.3245	<0.01	对数正态
	Cu	19	0.30—0.40	0.10—0.20	正 态	0.1329	>0.20	0.1862	0.05—0.10	正 态
	Fe	19	0.20—0.30	0.10—0.20	正 态	0.1535	>0.20	0.1853	0.05—0.10	正 态
	Hg	18	0.05—0.10	0.10—0.20	对数正态	0.2090	0.01—0.05	0.1872	0.05—0.10	对数正态
	Mn	19	0.05—0.10	<0.05	正 态	0.2291	0.01—0.05	0.2588	<0.01	正 态
	Ni	19	0.40—0.50	0.30—0.40	正 态	0.0997	>0.20	0.1119	>0.20	正 态
	Pb	19	<0.05	0.40—0.50	对数正态	0.2006	0.01—0.05	0.1001	>0.20	对数正态
	Se	9	0.10—0.20	0.10—0.20	正 态	0.3165	<0.01	0.2995	0.01—0.05	对数正态
	Sr	19	0.30—0.40	0.20—0.30	正 态	0.1295	>0.20	0.1658	0.15—0.20	正 态
	Zn	19	0.10—0.20	0.30—0.40	对数正态	0.1725	0.10—0.15	0.1388	>0.20	对数正态
耕 种 草 甸 土	Cd	14	<0.05	0.05—0.10	对数正态	0.3027	<0.01	0.2154	<0.01	对数正态
	Cu	14	0.10—0.20	0.30—0.40	对数正态	0.7451	>0.20	0.1180	>0.20	对数正态
	Fe	14	<0.05	0.10—0.20	对数正态	0.2474	0.01—0.05	0.2114	0.05—0.10	对数正态
	Hg	13	0.10—0.20	0.20—0.30	对数正态	0.1917	0.15—0.20	0.1987	0.15—0.20	正 态
	Mn	14	0.20—0.30	0.40—0.50	对数正态	0.1964	0.10—0.15	0.1387	>0.20	对数正态
	Ni	14	<0.05	<0.05	对数正态	0.3489	<0.01	0.2711	<0.01	对数正态
	Pb	14	0.20—0.30	0.10—0.20	正 态	0.1944	0.10—0.15	0.2209	0.05—0.10	正 态
	Se	8	0.30—0.40	0.20—0.30	正 态	0.2399	0.15—0.20	0.2766	0.05—0.10	正 态
	Sr	14	0.05—0.10	0.30—0.40	对数正态	0.2784	<0.01	0.1541	>0.20	对数正态
	Zn	14	0.10—0.20	0.10—0.20	正 态	0.2020	0.10—0.15	0.2033	0.10—0.15	正 态
水 稻 土	Cd	21	<0.05	0.05—0.10	对数正态	0.2925	<0.01	0.2377	<0.01	对数正态
	Cu	23	<0.05	0.05—0.10	对数正态	0.9999	<0.01	0.1489	0.15—0.20	对数正态
	Fe	23	<0.05	0.05—0.10	对数正态	0.9997	<0.01	0.1411	>0.20	对数正态
	Hg	22	0.30—0.40	0.10—0.20	正 态	0.0993	>0.20	0.1511	>0.20	正 态
	Mn	22	0.10—0.20	0.20—0.30	对数正态	0.1942	>0.20	0.1530	>0.20	对数正态
	Ni	23	<0.05	<0.05	偏 态	0.9999	<0.01	0.9998	<0.01	偏 态
	Pb	23	<0.05	0.10—0.20	对数正态	0.2764	<0.01	0.1638	0.10—0.15	对数正态
	Se	8	0.20—0.30	0.40—0.50	对数正态	0.2687	0.05—0.10	0.1993	>0.20	对数正态
	Sr	23	<0.05	0.05—0.10	对数正态	0.2484	<0.01	0.1970	0.01—0.05	对数正态
	Zn	23	0.20—0.30	0.30—0.40	对数正态	0.1071	>0.20	0.1100	0.20	正 态

中元素含量概率分布类型检验

tal content in main agriculture soil of middle Northeastern

偏 度 、 峰 度 法								分 布 类 型	
正 态 假 设				对 数 正 态 假 数				分布类型判定	综 合 判 定
偏 度	信 度	峰 度	信 度	偏 度	信 度	峰 度	信 度		
1.0209	0.05—0.10	-0.2131	>0.50	0.1059	>0.50	-1.3603	>0.10	对数正态	对数正态
1.9168	<0.01	3.0151	<0.01	1.3272	<0.02	1.1735	>0.20	对数正态	对数正态
0.9883	0.05—0.10	0.6012	>0.50	0.5682	>0.20	-0.3305	>0.50	对数正态	对数正态
2.0271	<0.01	4.6323	<0.01	0.4162	>0.20	-0.6948	>0.50	对数正态	对数正态
1.3058	<0.02	0.8643	>0.20	0.5376	>0.20	0.2207	>0.50	对数正态	对数正态
0.7029	<0.10	-0.6824	>0.50	0.3530	>0.50	-1.0726	>0.20	对数正态	对数正态
2.3138	<0.01	5.2085	>0.01	0.5487	>0.20	-0.2762	>0.50	对数正态	对数正态
-1.1014	>0.20	-0.3476	>0.50	-1.2810	>0.20	-0.0766	>0.50	正 态	正 态
0.6105	>0.20	-0.7666	>0.20	0.0665	>0.50	-1.2202	>0.20	对数正态	对数正态
1.7613	<0.01	3.2553	<0.01	0.8665	0.05—0.10	0.6263	>0.50	对数正态	对数正态
1.2973	<0.02	0.1158	>0.50	0.8090	>0.10	-0.8562	>0.20	对数正态	对数正态
-0.6984	>0.10	0.0567	>0.50	-1.3174	<0.05	1.2926	>0.20	正 态	正 态
-0.7314	>0.10	-0.1968	>0.50	-1.0206	0.05—0.10	0.3646	>0.50	正 态	正 态
1.1086	<0.05	1.9771	0.50—0.10	-0.2630	0.50	0.5228	>0.50	对数正态	对数正态
-0.7229	>0.10	-0.8417	>0.20	-0.9799	0.05—0.10	-0.3162	>0.50	正 态	正 态
0.2023	>0.50	-0.4861	>0.50	-0.3317	>0.50	-0.0505	>0.50	正 态	正 态
1.2664	<0.02	0.7941	>0.20	0.1993	>0.50	-0.7963	>0.20	对数正态	对数正态
0.3395	>0.50	-1.5938	>0.20	0.1968	>0.50	-1.7100	>0.10	正 态	正 态
0.4169	>0.20	0.0801	>0.50	-0.4274	>0.20	0.0064	>0.50	正 态	正 态
0.9429	0.05—0.10	0.3644	>0.50	0.5682	>0.20	-0.0437	>0.05	对数正态	对数正态
0.7162	>0.20	-1.2013	>0.20	0.4849	>0.20	-1.4780	>0.20	对数正态	对数正态
1.5151	<0.02	2.3107	<0.05	0.9649	>0.10	0.8085	>0.20	对数正态	对数正态
1.2091	<0.05	0.4950	>0.50	0.9285	>0.10	-0.2062	>0.50	对数正态	对数正态
1.5649	<0.02	2.5768	<0.05	-0.3184	>0.50	-0.1313	>0.50	对数正态	对数正态
1.0203	0.05—0.10	0.4434	>0.50	0.5460	>0.20	-0.5331	>0.50	对数正态	对数正态
2.5499	<0.01	5.7259	<0.01	1.8053	<0.05	3.0506	<0.02	对数正态	对数正态
-0.2158	>0.50	-1.3774	>0.20	-1.1093	0.05—0.10	0.3646	>0.50	正 态	正 态
-0.4161	>0.50	-1.3273	>0.20	-0.6740	>0.20	-0.9986	>0.50	正 态	正 态
1.4470	<0.02	1.0394	>0.20	0.3802	>0.50	-0.5699	>0.50	对数正态	对数正态
0.8295	>0.10	0.0302	>0.50	0.3571	>0.50	-0.8812	>0.20	对数正态	正 态
0.9583	0.05—0.10	-0.1638	>0.50	0.3099	>0.50	-1.3794	>0.10	对数正态	对数正态
2.3125	<0.01	6.5685	<0.01	1.1686	<0.02	2.3884	<0.02	对数正态	对数正态
1.7890	<0.01	3.4639	<0.01	1.3166	<0.01	1.7507	0.05—0.10	正态对数	对数正态
0.1561	>0.50	-1.0762	>0.20	-0.6394	>0.10	-0.6962	>0.20	正 态	正 态
0.2178	>0.50	-0.9241	>0.20	-0.2241	>0.50	-0.3901	>0.50	对数正态	对数正态
3.3451	<0.01	11.8568	<0.01	1.8722	<0.01	4.9340	<0.01	偏 态	偏 态
1.7644	<0.01	2.3690	<0.02	0.2495	>0.50	0.2788	>0.50	对数正态	对数正态
1.7427	<0.02	1.8400	>0.20	1.1013	>0.10	0.6445	>0.50	对数正态	对数正态
1.8151	<0.01	2.3305	<0.02	1.1879	<0.02	0.5149	>0.50	对数正态	对数正态
0.6369	>0.10	-0.1728	>0.50	0.1918	>0.50	-0.7462	>0.20	对数正态	对数正态

表 7 东北地区中部耕种暗棕壤元素背景值 (ppm)

Table 7 Element background value (in ppm) of cultivated brown forest dark soil in the middle Northeastern

元 素 elements	剖面数 No. of profile	全 距 range	平均值 mean	标准差 standard deviation	背 景 值 范 围 range of background	异常值下限 minimum of abnormal value
Cd	19	0.050—0.500	0.126*	2.496*	0.050—0.314	0.783
Cu	19	12.0—35.0	16.19*	1.339*	12.10—21.67	29.01
Fe(%)	19	1.71—3.45	2.19*	1.219*	1.80—2.67	3.25
Hg	18	0.034—0.280	0.079*	1.706*	0.046—0.135	0.230
Mn	19	405—1700	812.3*	1.412*	575.3—1147.0	1,619.5
Ni	19	14.0—37.5	21.51*	1.350*	15.93—29.04	39.19
Pb	18	2.7—69.3	10.72*	2.279*	4.70—24.45	55.73
Se	5	0.095—0.245	0.196	0.060	0.136—0.257	0.317
Sr	19	15.5—74.5	32.84*	1.624*	28.71—53.32	86.55
Zn	19	49.0—172.5	76.76*	1.364*	56.27—104.71	142.84

* 有星号者为几何平均值和几何标准差。

表 8 东北地区中部耕种黑土元素背景值 (ppm)

Table 8 Element background value (in ppm) of cultivated black soil in the middle Northeastern

元 素 elements	剖面数 No. of profile	全 距 range	平均值 mean	标准差 standard deviation	背 景 值 范 围 range of background	异常值下限 minimum of abnormal value
Cd	18	<0.050—0.255	0.068*	2.114*	0.032—0.143	0.303
Cu	19	7.5—22.5	16.50	3.88	12.62—20.33	24.26
Fe(%)	19	1.41—2.51	2.09	0.30	1.79—2.39	2.69
Hg	18	0.022—0.112	0.051*	1.448*	0.035—0.074	0.107
Mn	19	280—650	515.8	118.2	397.6—634.0	752.2
Ni	19	12.5—29.5	21.24	4.53	16.70—35.77	30.30
Pb	19	2.4—30.3	8.08*	2.010*	4.02—16.26	32.64
Se	9	0.120—0.336	0.209	0.084	0.126—0.293	0.326
Sr	19	12.5—44.0	26.53	7.98	18.55—34.50	42.48
Zn	19	38.5—75.0	51.83*	1.179*	43.95—61.13	72.10

表 9 东北地区中部耕种草甸土元素背景值 (ppm)

Table 9 Element background value (in ppm) of cultivated meadow soil in the middle Northeastern

元 素 elements	剖面数 No. of profile	全 距 range	平均值 mean	标准差 standard deviation	背 景 值 范 围 range of background	异 常 值 下 限 minimum of abnormal value
Cd	14	<0.050—0.155	0.068*	1.772*	0.038—0.121	0.213
Cu	14	12.5—26.0	15.91*	1.217*	13.08—19.36	23.54
Fe (%)	14	1.64—3.24	2.07*	1.223*	1.69—2.53	3.09
Hg	13	0.015—0.177	0.051*	1.953*	0.026—0.100	0.196
Mn	14	385—1080	585.3*	1.347*	434.4—788.6	1062.5
Ni	14	14.5—56.0	21.39*	1.397*	15.31—29.88	41.75
Pb	14	1.2—18.7	10.48	5.75	4.73—16.22	21.97
Se	8	0.116—0.305	0.227	0.071	0.156—0.299	0.370
Sr	14	9.0—108.5	28.30*	2.028*	13.96—57.39	116.34
Zn	14	45.0—120.5	70.14	21.52	48.63—91.66	120.84

表 10 东北地区中部水稻土元素背景值 (ppm)

Table 10 Element background value (in ppm) of paddy soil in the middle Northeastern

元 素 elements	剖面数 No. of profile	全 距 range	平均值 mean	标准差 standard deviation	背 景 值 范 围 range of background	异 常 值 下 限 minimum of abnormal value
Cd	21	<0.050—0.310	0.083*	2.114*	0.039—0.175	0.370
Cu	23	11.0—35.5	16.31*	1.282*	12.72—20.91	26.81
Fe (%)	23	1.85—3.54	2.24*	1.165*	1.92—2.61	3.03
Hg	22	0.017—0.124	0.066	0.034	0.033—0.100	0.133
Mn	22	355—880	611.7*	1.260*	485.4—771.0	971.7
Ni	23	14.5—62.0	20.61*	1.363*	15.12—28.09	38.28
Pb	23	3.8—45.6	12.76*	1.823*	7.00—23.26	42.41
Se	8	0.136—0.520	0.224*	1.491*	0.150—0.334	0.498
Sr	23	14.0—63.5	23.00*	1.503*	15.30—34.57	51.95
Zn	23	46.5—113.5	69.28*	1.267*	54.69—87.76	111.14

元素异常下限值的确定, 凡属正态分布者取 $\bar{x} + 2S$; 属对数正态和偏态者取 $M \cdot D^2$ 。

为便于比较, 将我国上海市及日本、美国、加拿大等国农业土壤中有关元素的背景值列于表11。经对比可以看出, 东北地区中部主要农业土壤中各元素的背景值都在一般报道值范围内, 并且有些元素如镉、铜、汞、铅等的含量比上海市及日、美等国略低。

表 11 上海市及日、美、加拿大等国农业土壤背景值 (ppm)

Table 11 Background value (in ppm) of agricultural soils in Shanghai city, Japan, United states and Canada

元 素	中 国 上 海	日 本	美国 (密苏里州)		加 拿 大 (安大略省)
			范 围	平 均 值	
Cd	0.091—0.197		< 1—11	< 1	0.56
Cu	19.0—29.1	30—37	5—150	13	25.4
Fe (%)			0.49—5.4	2.1	1.45
Hg	0.123—0.309		0.010—0.100	0.037	0.11
Mn			15—3,000	740	530
Ni		20—26	5—70	14	15.9
Pb	16.2—28.1	16—21	10—70	20	14.1
Se			< 0.1—2.7	0.28	
Sr			20—500	110	
Zn	66.2—89.0	108—122	18—640	49	53.5

参 考 文 献

- 方肇伦等 1963 东北及内蒙古东部的土壤微量元素。土壤学报 11 (2): 130—142。
- 孟宪玺等 1982 长白山地区土壤中的微量元素。土壤 14 (6): 210—215。
- 汪雅各等 1983 上海市农业土壤中镉、汞、锌、铜、铅、铬、砷和氟的含量及背景值水平。中国环境科学 3 (3): 23—28。
- 康纳, J.J.等 (王景华等译) 1980 美国大陆某些岩石、土壤、植物及蔬菜的地球化学背景值。科学出版社。
- Mills, J.G. et al. 1975 Heavy metal content of agricultural soils in Manitoba. *Can. J. Soil Sci.* 55: 295—300.
- Frank, R. et al. 1976 Metals in agricultural soils of Ontario. *Can. J. Soil Sci.* 56: 181—196.
- 若月利之等 1978 日本水稻土中Pb、Zn、Cu、Ni、Cr、V的自然背景值。日本土壤肥科学杂志。49 (6): 507—521。

BACKGROUND VALUES OF CERTAIN METAL ELEMENTS IN MAIN AGRICULTURAL SOIL OF MIDDLE NORTHEASTERN IN CHINA

Meng Xianxi She Zhongsheng Liu Guiqin Kang Shulian Yu Muqing
Wang Shuzhe Wang Qichao Qi Shaohua

(Changchun Institute of Geography, Academia sinica)

Agricultural soils are formed for long period under influence of both natural factors and human activities after reclamation and planting of natural soils, So the content of various elements in agricultutre both concerns natural soils and differ from natural soils. We collected over 200 samples in 70 soil profiles. Certain elements of Cd, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, Sr and Zn were determined with atomic adsorption spectrophotometry, anodic stripping voltammetry and fluorescence spectrophotometry. Abnormal values were eliminated, through methods of comparing the surface and subsurface of soil, $4d$ and $x+2s$. The probability distribution type of elements was decided comprehensively using methods of histogram, probability paper, Vistelius, kolmogorov-smirnov, deviation and peak value, $\bar{x} \pm s$ and $M/D-M \cdot D$ indicate background values of elements of plough dark brown soil plough black soil, plough dark meadow soil and paddy soil respectively.

The content of many elements, especialy Hg, Mn, Se and Sr, has reduced obviously with thinning of humic horizon in agricultural soil and decreasing of organic content in plough horizon.