

中国土壤环境背景值研究*

魏复盛

(中国环境监测总站)

陈静生

(北京大学城市与环境学系)

吴燕玉

(中国科学院沈阳应用生态所)

郑春江

(中国环境监测总站)

摘要 本文报告了中国土壤 61 种元素的背景值以及某些元素在全国的分布特征和变化趋势。简要介绍了中国土壤背景值图集,讨论了土壤背景值在制定土壤环境质量标准、研究人体健康和农业方面的应用实例。

关键词 中国土壤;背景含量。

土壤元素环境背景值已作过许多研究工作^[1-4],其中以美国的研究规模最大,最为系统完整。美国大陆本土以 $80\text{km} \times 80\text{km}$ 布设一个采样点,报道了 46 个元素的背景值^[1],之后又在阿拉斯加采集了 355 个样品,分析测试了 35 个元素^[2]。我国“六五”期间在湘江谷地和松辽平原开展了土壤背景值研究,提出了所述区域约 30 个元素的背景值^[3]。

中国土壤环境背景值研究是国家“七五”重点科技攻关课题之一,其目的在于获得中国主要土类 60 余种元素准确可比的背景值,编制中国土壤环境背景值图集,探讨土壤背景值的区域分异规律及影响因素,探讨土壤背景值在环境、健康、农业等方面的应用前景。本项研究实行了统一优化设计和严密的全程序质量保证,在一个短期内完成了多元素、多目标的深入系统研究,在国内外尚属罕见。

一、布点、采样和分析测试

1. 布点

为获得中国各土类(41 类)的土壤背景值,我们按“中国土壤”(中国科学院南京土壤所编,1980 年版)的分类系统,以土类为基

础,同时兼顾统计学与制图学的要求,采用了网格法布点,使采样点位有适当的密度和均匀性。又根据我国东、中、西部地区经济发展的差异及土壤和地理自然环境复杂程度不同,确定了三种不同的布点密度:东部(辽宁、河北、山东、江苏、浙江、福建、广东、广西)以 $40\text{km} \times 40\text{km}$ 、中部(黑龙江、吉林、内蒙、山西、河南、安徽、江西、湖北、湖南)以 $50\text{km} \times 50\text{km}$ 、西部(宁夏、陕西、四川、云南、贵州、甘肃、青海、西藏、新疆)以 $80\text{km} \times 80\text{km}$ 布点一个采样点;三个直辖市(北京、天津、上海)和五个沿海城市(大连、宁波、温州、厦门、深圳)的采样密度适当增加,在全国(除台湾省外)共布设了 4095 个土壤典型剖面。

2. 采样

每个采样点要符合环境背景值的要求,要在很少受人类活动影响和不受或未明显受现代工业污染与破坏的情况下,选择典型的土壤发育剖面采样。一般情况下,每个剖面按土壤发育层次采集 A、B、C 三个样品。拣出样品中的非土壤部分、晾干、研磨过 100 目筛,供化学分析用。

* 参加本项研究的有环境监测科研、大专院校和中国科学院等 70 多个单位 800 余名科技人员,是一项集体成果。属国家“七五”科技攻关项目。

3. 化学分析

对全国 4095 个典型剖面的土壤样品分析测试了 As、Cd、Co、Cr、Cu、F、Hg、Mn、Ni、Pb、Se、V、Zn 等 13 个元素和 pH 值、有机质、粉砂 (1.0—0.01 mm)、物理粘粒 (0.01—0.001 mm)、粘粒 (< 0.001 mm)。又从 4095 个典型土壤样本中选取在全国均匀分布的 860 余个主剖面的表土, 加测了 48 个元素。采用了各种较先进分析方法(包括原子吸收、原子荧光、等离子体发射光谱、极谱、离子色谱、X-射线荧光光谱、仪器中子活化、分子吸收与分子荧光等)分析测定的 61 个元素均能准确定量^[6], 共获得 40 万个数据和信息资料, 每个元素按土类、土壤发育的母质母岩、行政区域划分为 97 个统计单元, 经统计处理编辑出版了《中国土壤元素背景值》(数据册)^[7]。

二、中国土壤元素背景值及其特征

本项研究涉及 61 个元素, 外加总稀土 (TR)、铈组稀土 (Ce 组)、钇组稀土 (Y 组), 比国内外已研究的元素都多。中国和美国大陆本土在纬度、面积、气候格局与土网格局等方面大体相似, 其背景值的基本统计量的比较见表 1。中、日、英三国土壤 12 个常见微量元素的算术平均值比较见表 2。由表可见:

1. 中国土壤各主要元素环境背景值和美国本土及日本、英国土壤的含量水平大体相当, 在数量级上更为一致, 说明本项研究结果和各国土壤背景值有较高的可比性。土壤是地壳表层岩石风化与成土作用的产物, 总体上化学组成相对稳定, 元素含量水平与变化幅度也相对固定, 仅有少数矿点和污染点例外, 这是世界各地土壤化学元素之间存在较高可比性的原因。

2. 本项研究初次系统地揭示了中国土壤 15 个稀土元素以及其它稀有分散元素 (Te、In、Tl、Ge、Sn、Sb、Bi、Ag、Hf、Li、Rb、

Cs、Be、Sr、B、W 等)的环境背景值, 填补了土壤化学元素的空白。

3. 与日本、英国土壤相比, 中国土壤中的汞、镉明显偏低, 可能是中国大面积土壤受人为活动和现代工业污染影响较小之故。中国土壤铬、铅比日本、美国含量偏高, 比英国含量偏低, 原因可能是美、日分析土壤采用的酸消解方法, 我们的研究采用土壤全量消解方法(用含氢氟酸消解, 将 SiO_2 分解破坏)之故。中国土壤的钼、硼、钼、溴、碘的含量比美国土壤高 50% 以上, 可能与测试方法灵敏度提高、使定量水平提高有关, 而其中有部分元素美国的测定结果是光谱半定量, 误差较大。

在此仅将全国作为一统计单元给出了土壤背景值及其特征。按 41 个土类、按土壤发育的 21 个母质母岩、按 34 个行政区域作统计单元的背景值及其特征可参阅“中国土壤元素背景值”^[7]。

三、土壤环境背景值图的编制

以土壤环境背景值研究为目的, 编制土壤微量元素含量分布图, 文献报道较少。本项研究以机助制图为主, 机助制图与常规制图相结合的成图原则, 采用多种制图方法和表现形式, 反映了我国除台湾省外近千万平方公里的广大范围内 4000 多个典型土壤剖面 61 种元素的含量分布状况与特征。在超低密度地球化学扫描填图这一新领域里, 所反映的面积之大、元素种类之多、表现方法的多样性等方面在世界土壤背景值制图研究中未见报道。

中国土壤背景值图集由六个图组共 186 幅图组成, 现分别简介如下:

1. 序图组: 由 6 幅图组成, 反映土壤背景值主要影响因素的 5 幅图, 即土壤类型图、土壤母质母岩图、土壤有机质含量分布图、土壤质地图、土壤 pH 值图。采样点位图也列入序图组中, 并加注了分省、市、区内的统一编码, 使图集与“中国土壤元素背景值”数据

表 1 中国土壤元素环境背景值与美国大陆土壤的比较

元素	中 国 土 壤					美 国 大 陆 土 壤		
	全 距	中 值	AM	GM	95%置信度 范围值	AM	GM	全 距
As	0.01—626	9.6	11.2	9.2	2.5—33.5	7.2	5.2	<0.1—97
Cd	0.001—13.4	0.079	0.097	0.074	0.017—0.33	—	—	—
Co	0.01—93.9	11.6	12.7	11.2	4.0—31.2	9.1	6.7	<0.3—70
Cr	2.20—1209	57.3	61.0	53.9	19.3—150	54	37	1—2000
Cu	0.33—272	20.7	22.6	20.0	7.3—55.1	25	17	<1—700
F	50—3467	453	478	440	191—1011	430	210	<10—3700
Hg	0.001—45.9	0.038	0.065	0.040	0.006—0.272	0.089	0.058	<0.01—4.6
Mn	1—5888	540	583	482	130—1786	550	330	<2—7000
Ni	0.06—627	24.9	26.9	23.4	7.7—71.0	19	13	<5—700
Pb	0.68—1143	23.5	26.0	23.6	10.0—56.1	19	16	<10—700
Se	0.006—9.13	0.207	0.290	0.216	0.047—0.993	0.39	0.26	<0.1—4.3
V	0.46—1264	76.8	82.4	76.4	34.8—168	80	58	<7—500
Zn	2.6—593	68.0	74.2	67.7	28.4—161	60	48	<5—2500
Li	2.0—225	30.6	32.5	29.1	11.1—76.4	24	20	<5—140
Na*	0.01—6.07	1.11	1.02	0.68	0.01—2.29	1.2	0.59	<0.005—10
K*	0.03—4.87	1.88	1.86	1.79	0.94—2.79	—	1.5	0.005—6.3
Rb	1—435	106	111	107	63—184	67	58	<20—210
Cs	0.001—195	7.02	8.24	7.21	2.6—20.0	—	—	—
Ag	0.001—0.84	0.10	0.13	0.11	0.027—0.41	—	—	—
Be	0.001—10.0	1.90	1.95	1.82	0.85—3.91	0.92	0.63	<1—15
Mg*	0.02—4.00	0.74	0.78	0.63	0.062—1.64	0.90	0.44	0.005—>10
Ca*	0.01—47.9	0.93	1.54	0.71	0.01—4.80	2.40	0.92	0.01—32
Sr	6—5957	147	167	121	21—690	240	120	<5—3000
Ba	5—1675	454	469	450	251—809	580	440	10—5000
B	1.0—768	41.0	47.8	38.7	9.9—151	33	26	<20—300
Al*	0.005—27.3	6.65	6.62	6.41	3.37—9.87	7.2	4.7	0.5—>10
Ga	1.7—46.0	17.0	17.5	15.8	6.0—41.7	17	13	<5—70
In	0.001—0.25	0.064	0.068	0.061	0.022—0.167	—	—	—
Tl	0.036—2.38	0.58	0.62	0.58	0.29—1.17	—	—	—
Sc	0.03—61.7	10.8	11.1	10.6	5.5—20.2	8.9	7.5	<5—50
Y	0.50—130	22.1	22.9	21.8	11.4—41.6	25	21	<10—200
La	0.26—242	36.8	39.7	37.4	18.5—75.3	37	30	<30—200
Ce	0.02—265	65.2	68.4	64.7	33.0—127	75	63	<150—300
Pr	0.10—40.5	6.17	7.17	6.67	3.1—14.3	—	—	—
Nd	0.05—100	25.2	26.4	25.1	13.0—48.4	46	40	<70—300
Sm	0.004—20.1	4.99	5.22	4.94	2.53—9.65	—	—	—
Eu	0.01—5.15	1.00	1.03	0.98	0.52—1.86	—	—	—
Gd	0.19—16.8	4.44	4.60	4.38	2.31—8.30	—	—	—
Tb	0.005—3.10	0.59	0.63	0.58	0.25—1.33	—	—	—
Dy	0.07—14.4	4.03	4.13	3.93	2.08—7.43	—	—	—
Ho	0.04—3.04	0.84	0.87	0.83	0.44—1.56	—	—	—
Er	0.13—9.37	2.47	2.54	2.42	1.29—4.55	—	—	—
Tm	0.04—1.40	0.36	0.37	0.35	0.19—0.65	—	—	—
Yb	0.02—7.68	2.35	2.44	2.32	1.25—4.32	3.1	2.6	<1—50

续表 1

元素	中 国 土 壤					美 国 大 陆 土 壤		
	全 距	中 值	AM	GM	95%置信度 范围值	AM	GM	全 距
Lu	0.002—1.90	0.35	0.36	0.35	0.19—0.62	—	—	—
Ce 组	15.4—492	142.8	143.2	136.9	74.0—253.3	—	—	—
Y 组	2.6—185	37.9	37.2	35.6	19.8—65.8	—	—	—
TR	18.0—582	181.1	187.6	179.1	97.1—330.2	—	—	—
Th	0.003—100	12.4	13.8	12.8	6.1—26.9	9.4	8.6	2.2—31
U	0.42—21.1	2.72	3.03	2.79	1.24—6.24	2.7	2.3	0.29—11
Ge	0.50—7.6	1.7	1.7	1.7	1.2—2.4	1.2	1.2	<0.1—2.5
Sn	0.10—27.6	2.3	2.6	2.3	0.8—6.7	1.3	0.89	<0.1—10
Ti*	0.05—8.22	0.381	0.380	0.363	0.15—0.60	0.29	0.24	0.007—2.0
Zr	1—871	228	256	237	109—517	230	180	<20—2000
Hf	0.002—62.5	7.36	7.72	7.34	3.89—13.8	—	—	—
Sb	0.002—87.6	1.07	1.21	1.06	0.38—2.98	0.67	0.48	<1—8.8
Bi	0.06—12.1	0.31	0.37	0.32	0.12—0.88	—	—	—
Ta	0.002—9.91	1.09	1.15	1.09	0.55—2.14	—	—	—
Te	0.004—1.02	0.029	0.035	0.027	0.007—0.113	—	—	—
Mo	0.10—75.1	1.1	2.0	1.2	0.14—9.6	0.97	0.59	<3—15
W	0.10—146	2.27	2.48	2.22	0.86—5.77	—	—	—
Br	0.13—126	3.63	5.40	3.40	0.46—25.3	0.85	0.56	<0.5—11
I	0.13—33.1	2.20	3.76	2.38	0.39—14.7	1.2	0.75	<0.5—9.6
Fe*	0.12—12.5	2.97	2.94	2.73	1.05—4.84	2.6	1.8	0.01—>10

* Na、K、Mg、Ca、Al、Ti、Fe 含量为百分数,其它元素为 mg/kg.

AM: 算术平均值; GM: 几何均值.

表 2 中国土壤背景值与其它国家的比较

元 素	中 国			日 本			英国
	AM	S	C. V. %	AM	S	C. V. %	AM
砷	11.2	7.86	70.2	9.02	7.13	79.0	11.3
镉	0.097	0.074	76.4	0.413	0.275	66.6	0.62
钴	12.7	6.4	50.4	10			12
铬	61.0	31.1	50.9	41.3	61.5	148.9	84
铜	22.6	11.4	50.4	36.97	40.85	111.5	25.8
汞	0.065	0.080	123.1	0.28			0.098
锰	583	362	62.1	583	454	77.9	761
镍	26.9	14.4	53.5	28.5	34.9	122.5	33.7
铅	26.0	12.4	47.4	20.4	11.7	57.4	29.2
硒	0.29	0.255	87.9	—			0.40
钒	82.4	32.7	39.7	—			108
锌	74.2	32.8	44.2	63.8	33.4	52.4	59.8

册相联系,便于使用和查对.

2. 分区分级统计图组: 包括主要研究的 13 个元素,即 As、Cd、Co、Cr、Cu、F、Hg、Mn、

Ni、Pb、Se、V、Zn 的 13 幅手工图. 这种图充分发挥了专家智能,对各种影响因素进行了分析和排序,使分级界线更趋于合理.

3. 分级点位符号图组: 包括所研究的 61 个元素的分级点位图 61 幅。

4. 格网图组: 包括能找到数学模型, 经插值而编制成的 58 个元素格网图 58 幅。

5. 综合图组: 包括 28 幅综合图, 其中有 15 组元素的综合点位分级图和 13 幅综合插值格网图。

6. 试验图组: 包括 20 幅试验图, 其中有立体透视图、立体透视剖面图和等值线图三种。

详情请参阅即将出版的“中华人民共和国土壤环境背景值图集”。

四、中国土壤元素背景值地域分异规律及影响因素

1. 土壤元素背景值的土纲分区和大自然区分异

我国各主要地带性土纲和岩成土纲 (不包括所含的风沙土) 分布示意于图 1。图 2 绘出了环境意义较大的 12 种元素按土纲的比较图。从中可知: (1) 除汞、铅以外, 其它元素含量均以在富铝土纲为最低, 尤其以铜、镍、钴、钒、铬等第四周期过渡元素为最明显, 在不饱和和硅铝土亚纲中次之; (2) 除锰外, 其它元素含量均在岩成土纲中最高, 在高山土



图 1 我国各土纲区示意图

纲中次高; (3) 除汞、钒外, 其它元素在饱和和硅铝土亚纲、钙成土纲及石膏盐成土纲中含量较接近, 排序居中间位置。

归纳一下可以认为, 第四周期过渡元素在各土纲中的含量顺序为: 岩成土纲 > 高山土纲 > 钙成土纲与石膏盐成土纲 = 饱和和硅铝土亚纲 > 不饱和和硅铝土亚纲 > 富铝土纲。相应地, 我国土壤中上述元素含量的大自然区顺序概略为: 西南区 > 青藏高原区 > 蒙新区 = 华北区 > 东北区 > 华南区。

2. 东部森林土类元素背景值纬向变化趋势

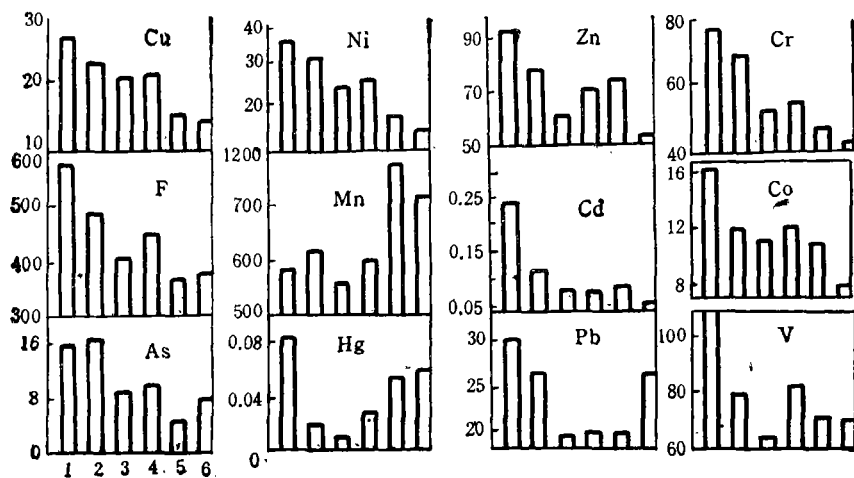


图 2 我国各土纲土壤元素含量比较 (mg/kg)

1. 岩成土 2. 高山土 3. 钙成土与石膏盐成土 4. 饱和和硅铝土 5. 不饱和和硅铝土 6. 富铝土

我国东部自北向南 9 个森林土类（棕色针叶林土、暗棕壤、棕壤、褐土、黄棕壤、黄壤、红壤、赤红壤、砖红壤）中微量元素含量的纬向变化趋势可分为以下几种情况：（1）铜、镍、钴、钒、铬及氟在华北及华中区的褐土、棕壤及黄棕壤中含量较高，在北部的暗棕壤、棕色针叶林土及南部的赤红壤与砖红壤中含量较低，而砖红壤最低；（2）锰和镉的含量自北方土类向南方土类逐渐降低；（3）锌、汞等无明显变化趋势。

3. 北部荒漠与草原土类元素背景值的经向变化趋势

中国北部自东向西 6 个草原与荒漠土类（灰色森林土、黑钙土、栗钙土、棕钙土、灰漠土与灰棕漠土）中微量元素含量的变化趋势难以通过统计均值反映出来，因这个区域内气候-土类条件与母质母岩条件的交叉影响比较复杂。因此，在比较土类间元素含量的差异时必须剔除母质因素干扰的基础上进行。我们采用多重分类分析获得的调整独立方差来描述不同土类中微量元素含量的差别。该指标虽然在数值上无绝对意义，但其大小仍能反映含量的相对关系。以铜、锌、铬、镍、钒为例，其调整独立方差的变化趋势如图 3 所示。其值先下降而后上升，尽管不同元素最低值出现的位置不完全相同，但草原与荒漠土壤中微量元素含量从东向西先递减而后递增的趋势是十分明显的。

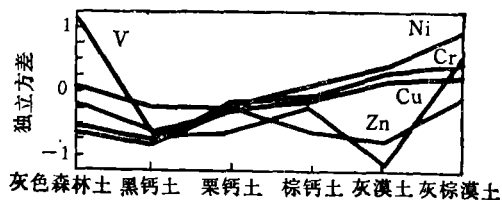


图 3 不同草原与荒漠土壤中铜、锌、铬、镍、钒含量调整独立方差图

4. 东部平原区与上游侵蚀区之间土壤元素背景值的共轭联系

在分析中国东部冲积平原土壤环境背景

值时可发现一个有意义的事实，即东部自松嫩平原向南至珠江平原相对均匀分布的 200 个随机样点与从全国范围内采集的 4000 余样点及从占全国面积 63.7% 的外流区流域 3000 余样点土壤中微量元素的均值之间存在着惊人的一致性（见表 3）。我国东部冲积平原区位于我国地势西-东向三阶梯的最低一级，由数十条大、中河流冲积而成。不难理解，这些河流在向下游流动过程中将来自中、上游流域的风化产物和土壤进行充分研磨混合后，输送与堆积在东部大平原上。通过本研究，我们发现黄河平原、长江平原、珠江平原土壤中微量元素的含量都与上游被侵蚀物质之间存在着地球化学共轭联系。

5. 成土条件与土壤元素背景值的关系

近年来，我国某些学者认为，在决定土壤微量元素含量方面母岩起着决定性作用，而另一些研究者则认为气候和成土过程的影响起着至关重要的作用。通过全国范围内进行的大面积与大量样本研究，使我们对母岩和气候在决定土壤微量元素含量方面各自所起的作用的认识有所深化。

归纳起来，其认识如下：（1）某些岩类对其上土壤中微量元素的含量起着控制作用，不同气候下的成土过程不能明显地改变原母岩中微量元素的含量，抗风化能力强的石英质岩石（如较纯质砂岩与风沙土）属此种情况；（2）某些岩类对其上土壤中微量元素的含量控制作用不强，相反地，气候及风化作用程度能强烈地改变原母岩中微量元素的含量，如前所述，抗风化能力弱的碳酸盐类岩石（石灰岩、白云岩）属此种情况；（3）其它岩类对其上土壤中微量元素含量的控制作用介于上述二者之间，即在这些岩石上发育的土壤中元素的含量既继承了母岩的特点，又受到不同气候条件下风化成土过程的影响，抗风化能力中等的硅酸盐与铝硅酸盐岩石（如花岗岩、玄武岩、页岩、粘土、黄土等）属此类。在一般情况下，由于铝硅酸盐类岩石分布较

表 3 我国东部冲积平原区与全国及东部外流区土壤微量元素均值比较 (mg/kg)

区 域	Cu	Pb	Zn	Cd	Ni	Cr	Hg	As	F	Mn	Co	V
我国东部冲积平原区 (n = 200)	21.24	26.14	64.09	0.079	23.59	62.27	0.044	8.47	476	556.4	10.90	77.56
全国土壤 (n = 4000 左右)	20.00	23.60	67.70	0.074	23.40	53.1	0.040	8.20	440	430	11.20	76.0
全国东部外流区 (n = 3000 左右)	20.08	25.59	67.96	0.074	23.22	54.47	0.042	8.93	441	413	11.12	78.1

大,应该说,大部分土壤中微量元素的含量同时受到母岩和成土过程的双重影响。对一个区域而言,应该说受到成土母岩与成土过程组合方式的双重影响。故我们得出结论:“母岩和气候组合类型”是决定地带性土壤微量元素含量的决定性因素。此外,土壤 pH 值、有机质、土壤粘粒组成、土壤氧化铁含量等对土壤元素背景值亦有不同程度的影响。

五、土壤背景值的应用

土壤元素背景值的应用是多方面的,下面给出的结果仅是几个实例。

1. 用于制订土壤环境质量标准

制订土壤环境标准一般应综合考虑土壤地球化学背景值和生态效应。本研究根据土壤环境质量的功,将土壤划分为四类区域:一类为自然保护和生活饮用水源保护区,基本不受人为污染,为土壤背景值区;二类为农牧区,涉及各种食物链,为土壤背景值上限区;三类为天然、人工林地,基本不涉及食物链,已有轻度污染;四类为废弃物、污水土地处理区,城镇工矿用地,已经遭受污染,要防止污染扩大。一类、二类区主要根据土壤背景值来制订,三类、四类区综合考虑生态效应

及矿区土壤高背景值而提出的建议值。本研究提出的土壤汞、镉、铅、砷的标准建议值,见表 4。

2. 在研究人体健康方面的应用

在此以黄土高原土壤硒背景值为例加以说明。黄土高原土壤低硒与人群多发生克山病、大骨节病密切相关。经大量样本分析,表明土壤全硒(背景值)与水溶性硒密切相关($r = 0.70$),土壤水溶性硒与小麦含硒密切相关($r = 0.73$),病区与非病区的对比结果见表 5。病区土壤硒背景值 90.6% 样本在 $110 \mu\text{g/kg}$ 以下,非病区 87.7% 样本在 $100 \mu\text{g/kg}$ 以上;病区水溶性硒含量 88.7% 样本在 $2.4 \mu\text{g/kg}$ 以下,非病区有 86% 样本在 $2.4 \mu\text{g/kg}$ 以上。因此可定病区非病区土壤硒背景阈值为 $110 \mu\text{g/kg}$,水溶性硒阈值为 $2.4 \mu\text{g/kg}$,这为进一步研究硒地方病提供了科学依据。

此外还对广东顺德县肝癌高发与土壤元素背景值及某些地方氟病与土壤氟背景值的关系进行了探讨。

3. 在农业生产上的应用

土壤某元素有效态含量 C 与全量(背景值)A 的比值,称为该元素的活性 B。B 是土

表 4 我国土壤汞、镉、铅、砷的标准建议值 (mg/kg)

级别	名称	水平	制订根据*	推荐值 (mg/kg)
一级	背景值	理想水平	GM · D	Hg0.10, Cd0.15, Pb30, As10—15
二级	基准值	可接受	GM · D ¹	Hg0.20, Cd0.30, Pb 60, As20(25)
三级	警戒值	可忍受	有生态影响	Hg0.50, Cd0.50, Pb100, As27
四级	临界值	超标	严重生态影响 (或高背景均值)	Hg1.0, Cd1.0, Pb300, As30

* GM: 几何均值, D: 几何标准差。

表 5 黄土高原病区、非病区土壤硒背景值 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

类 别	重病区	中病区	轻病区	病区总计	非病区	t 值测验
土壤全硒	75.6	88.0	101.2	87.8	145.5	$t = 6.45$ $P < 0.001$
土壤水溶硒	1.51	1.98	2.27	1.90	3.82	$t = 7.23$ $p < 0.001$
人发硒	57.0	74.0	98.0	73.0	229.0	$t = 8.14$ $p < 0.001$
小麦硒	6.13	9.53	11.75	9.14	33.7	$t = 6.62$ $p < 0.001$

表 6 土壤有效铜含量及背景值活性

土类	有效态 (mg/kg)	活性(%)	土类	有效态 (mg/kg)	活性(%)	土类	有效态 (mg/kg)	活性(%)
黄绵土	0.40	2.30	白浆土	1.50	12.3	潮 土	1.50	9.40
垆 土	0.60	3.50	暗棕壤	1.70	10.3	紫色土	1.10	7.60
塿 土	1.50	6.10	花岗岩棕壤	1.50	4.85	黄棕壤	1.20	6.20
灰钙土	0.90	7.00	黄土棕壤	2.30	10.9	水稻土	2.50	13.9
栗钙土	0.70	5.40	淋溶褐土	2.20	10.8	红 壤	0.70	2.90
黑钙土	1.80	10.4	碳酸盐褐土	1.40	7.20	黄 壤	1.40	4.90
黑 土	2.60	13.9	草甸土	2.90	12.5	砖红壤	0.40	4.60

有效态 $C = \text{背景值 } A \times \text{活性 } B$

壤元素背景值、有效态、土类、有机质、粘粒、pH 值的函数。引入土壤元素背景值的活性就可在农业上使用背景值数据。本研究探讨了土壤铜、锌、锰、钴、钼、硼背景值在农业上的应用,下面以铜为例予以说明。

我国发育在花岗岩、黄土、冲积物和紫色砂岩上的 21 种土壤的表土,有效态铜含量为 0.10—2.90 mg/kg , 平均为 1.45 mg/kg , 其中以砖红壤、红壤、黄绵土、垆土、栗钙土和灰钙土有效态的含量最低,一般小于 1.0 mg/kg 。大于 2.0 mg/kg 的土壤有淋溶褐土、黄棕壤、水稻土、黑土、和草甸土,见表 6。土壤中有有效态铜的多少与土壤铜背景值之间,存在着非常显著的相关性, $r = 0.7161$ 。活性铜与土壤有效态铜之间也存在非常显著的相关性, $r = 0.9703$ 。

已知 A 、 B 即可求 C , 与有效态临界含量相比,就可指导微量元素肥料的经济合理施用。我们可以借助土壤背景值含量粗略计算土壤中有效态含量范围与供给水平,也可

借助活性反推土壤中元素的丰缺,判断是缺全量或是活性低,从而采取相应的对策,既可使微肥施用合理,作物显著增产,又可防止过量施用造成土壤污染。

参 考 文 献

- [1] Shacklette H.T. et. al., *Element Concentrations in Soils and Other Surficial Materials of Conterminous United States*, U. S. Government Printing Office, Washington, 1984.
- [2] Shacklette, H. T. et. al., *Element Concentrations in soils and Other Surficial materials of Alaska*, U. S. Government Printing Office, Washington, 1988.
- [3] 吴燕玉等编,“环境地球化学制图及应用”,中国环境科学出版社,1989.
- [4] “环境科学”编辑部编,“环境中若干元素的自然背景值及其研究方法”,科学出版社,1982.
- [5] 缪天成,王惠琪、郑春江,中国环境科学,10(4), 225 (1990).
- [6] 魏复盛等,中国环境监测,6(1), 3(1990).
- [7] 中国环境监测总站主编,“中国土壤元素背景值”,中国环境科学出版社,1990.

(收稿日期: 1991 年 3 月 20 日)

Abstracts

Chinese Journal of Environmental Science

Awakening to the Importance of Environmental Consciousness of the Whole Nation. Zhou Li-san (Academician of the Chinese Academy of Sciences, Nanjing Institute of Geograph & Limnology, Nanjing): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(4), 1991, pp. 4—6

The author presents the article in commemorating the 15th anniversary of publication of *HUANJING KEXUE* (The Chinese Journal of Environmental Science).

The article discusses the relationship among population, resources and the environment in China, stresses that the priority which Chinese people extricate themselves from the predicament is to heighten environmental consciousness of the whole nation. Owing to the problems that population, resources and the environment in China have actually become a closely related integral, it is necessary to set up long-term strategic targets for reversing the course, in which putting emphasis on environmental awareness is of the most significance.

Key Words: relationship among population, resources and environment, environmental consciousness.

New Subjects for Environmental Studies.

Guo Fang (Vice Director of the Committee of Environmental Science, The Chinese Academy of Sciences, Beijing): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(4), 1991, pp. 7—9

This article introduces that the environmental problems human beings will confront with in 1990s are not only scientific issues, but also the ones closely related to society, economy, politics etc. Protection of global environment is internationally an urgent task. In 1990s, China will advance socio-economic development to a new stage. To solve environmental problems not only depend upon the growth of economic strength, legislation and policies, but mainly upon increasingly developed science and technology. The article reviews the recent advances in environmental studies in China and the main achievements obtained by the Chinese Academy of Sciences, universities and other research institutions over past fifteen years. On the basis, the article outlines new subjects of environmental studies in China over 1990s.

Key Words: environmental studies, subject.

Making Greater Efforts to Meet New Challenge. Editorial Board of «Chinese Journal of Environmental Sciences»: *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(4), 1991, pp. 10—11

In this paper, the character and the development of environmental sciences and technology in China were briefly introduced. It also reviewed how the «Chinese Journal of Environmental Sciences» has continuously been progressing and self-perfecting in accordance with the development of environmental science and technology.

The new development trends of environmental sciences in the 1990s of this century were forecasted. The Editorial Board reiterated the guiding principle for running the Journal and expressed their good wishes for further improving the Journal.

Key Words: environmental science and technology, development of environmental sciences, Chinese Journal of Environmental Sciences.

Study on the Background Contents on 61 Elements of Soils in China. Wei Fusheng, Zheng Chunjiang (China National Environmental Monitoring Center); Chen Jingsheng, (Department of Geography, Peking University, Beijing); Wu Yanyu (Institute of Applied Ecology, Academia Sinica, Shenyang): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(4), 1991, pp. 12—19

This paper reports the background contents of 61 elements in Chinese soil and the distribution character and change trend of the distribution of some elements in the whole country. The atlas of China soil background values was briefly introduced in this paper. The examples for the application of the background values to the formulation of soil environmental quality standard and the study of human health and agriculture were discussed.

Key Words: Chinese soil, background content.

Studies on The Synthetic Biological Pond System. Research Group of Synthetic Biological Pond System (Institute of Hydrobiology, Academia Sinica): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(4), 1991, pp. 20—23

Synthetic biological pond system is a new type of stabilization pond system. The present paper deals with the purification function of aquatic vascular plants, the metabolic activities of algae-bacteria commensal system, variation of heterotrophic activity and the ecological compensation of effluent quality. The results show that the synthetic biological pond system has obvious comprehensive (economic, social and ecological) benefits. It is a good sewage treatment system.

Key Words: Synthetic biological pond system, Aquatic vascular plants, Algae-bacteria commensal system.

Atmospheric Chemical Process for the Formation of Acid Precipitation in Southwestern China. Shen Ji, Wang Anpu, Chen Zongliang, Zhao Dianwu (Research Center for Eco-Environmental Sciences, Academia Sinica): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(4), 1991, pp. 24—28

The atmospheric chemical process for the formation of acid precipitation in southwestern China was studied by field experiments, laboratory experiments and numerical simulation. The findings are as follows: 1. acid rain or air pollution resulting from anthropogenic emission has not significantly affected Tibetan Plateau; 2.