

## 三峡库区土壤营养元素分布特征研究\*

唐 将<sup>1</sup> 李 勇<sup>1</sup> 邓富银<sup>2</sup> 付绍红<sup>3</sup>

(1 成都理工大学地球科学学院, 成都 610059)

(2 重庆川东南地质调查研究院 重庆 401329)

(3 中国科学院地球化学研究所, 贵阳 550002)

**摘 要** 三峡移民工程中土地资源的合理规划利用需要建立在查清区域土壤营养元素背景及分布特征的基础之上, 作者利用多目标地球化学调查方法, 通过野外实地调查、大面积系统性采集土壤表层样品、测试分析、数理统计, 探讨了三峡库区表层土壤中 N、P、K、Ca、Mg、S、B、Fe、Mn、Mo、Cl 等植物生长必需元素在不同土壤类型中的含量分布特征, 以紫色土为例探讨了不同分布高度、不同坡度、不同植被条件对其元素含量分布的影响。结果表明: 石灰土是营养元素最丰富的土壤, 黄壤是营养元素最低的土壤。母岩对土壤元素分布影响明显, 灰岩母岩区土壤营养元素最丰富, 砂岩母岩区土壤养分元素含量最低; 同为碎屑岩类的泥岩、粉砂岩、杂砂岩、砂岩母岩区的土壤相比, 泥岩类母岩区的土壤养分元素含量相对较高, 粉砂岩母岩区土壤养分元素含量居于泥岩与砂岩母岩区土壤之间。随紫色土分布区地形坡度变化, 紫色土 Ca、Mg、K 元素含量无规律性变化, 但随地形坡度变缓, N、S、Mo 含量明显增高, Fe、Mn、P 含量有增高的趋势; 随海拔高度降低, 紫色土 P、S 含量增高, Mn、Mo 含量有增高的趋势, 而其他元素含量无规律性变化。紫色土在相同的母质、气候及相似的地貌条件下, 植被覆盖类型不同, 土壤中不同元素分异特征差异明显。总体来说, 土壤类型是土壤元素分布的主要控制因素, 不同土壤类型的元素含量差异十分显著; 不同母质来源的土壤元素差异性显著; 紫色土的元素分布除受土壤类型控制外, 还受地形坡度、高度、植被条件等其他因素的影响, 但不同元素受影响的因素及程度不同。

**关键词** 三峡库区; 土壤; 营养元素; 分布特征

中图分类号 S159 文献标识码 A

土壤植物营养研究证实, 植物生长发育必需元素 16 种, 分别为 C、H、O、N、P、K、Ca、Mg、S、B、Fe、Mn、Cu、Zn、Mo、Cl, 除 C、H、O 主要来自大气和水, 其余元素均来自土壤<sup>[1~3]</sup>。土壤中植物生长元素含量的高低, 对植物正常生长发育具有十分重要的意义<sup>[2]</sup>。三峡库区农业经济处于半封闭、落后的状态, 在三峡工程兴建和移民过程中, 因地制宜, 全面规划经济作物, 建立多种经营的生态农业体系和高经济价值的特色产品将是发挥三峡工程综合效益的有效举措。全面合理的规划只有建立在清楚区域土壤营养元素的背景基础之上, 才能有的放矢。前人对三峡库区土壤元素分布研究在重金属元素方面见有报道<sup>[4]</sup>, 本文利用重庆市沿江经济带生态地球化学调查土壤表层样分析成果, 探讨了三峡库区表层土壤

中 N、P、K、Ca、Mg、S、B、Fe、Mn、Mo、Cl 等植物生长必需元素在不同土壤类型中的含量分布特征, 以紫色土为例探讨了不同分布高度、不同坡度、不同植被条件对其元素含量分布的影响, 为三峡移民工程中土地资源的合理规划利用提供资料。

## 1 研究区概况

研究区位于三峡库区范围, 上起于重庆主城区, 下至与湖北省交界的巫山县, 汇集该地区长江及其支流、川东平行岭谷、齐耀山、大巴山等多种景观特征, 区内地形高度、坡度变化大。出露地层主要为二叠系、三叠系、侏罗系, 岩石建造包括二叠系、三叠系的碳酸盐岩建造及含煤碎屑岩建造, 侏罗系碎屑岩

\* 国土资源部“十五”重点调查项目(No. 200314200006)资助

作者简介: 唐 将(1968~), 男, 博士研究生, 高级工程师, 主要从事第四纪地质与生态环境研究。E-mail: tangjiang880@sina.com

收稿日期: 2004-05-28; 收到修改稿日期: 2004-12-15

等。土壤类型主要为紫色土、石灰土、黄壤、水稻土(母质主要为紫色砂、泥岩)等。

研究区多年年均温度 18.1℃, 最热月均温度 28.4℃, 极端最高气温 43.5℃, 最冷月均温度 7℃, 极端最低气温 -4.4℃, 年降雨量 1 087~1 400 mm,  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  的年积温 5 719~6 384℃, 多年年均无霜期 299 d, 多年年均日照 1302 h, 相对湿度 79%~82%。

海拔 500 m 以下的丘陵区主要为农耕区, 森林植被破坏殆尽, 气温高, 降雨量大, 土壤冲刷严重。海拔 500~1500 m 的低山和中山下部, 自然林被主要为常绿阔叶与针阔叶混交林, 次生林被有马尾松、松木、香樟等乔木和种类繁多的竹林、灌木、草本植物, 同时, 有成片的人工林果地、蔬菜地、耕地分布, 主产玉米、小麦、红苕、多种蔬菜、茶叶及柑橘等。

## 2 研究方法

根据中国地质调查局多目标地球化学调查规范<sup>(1)</sup>, 将工作区按 1 km × 1 km 的规格划分为网格状, 基本网格为 1 km<sup>2</sup>, 野外调查时在基本网格内采集表层土壤样品, 每个基本网格内采集 1~2 件土壤样品, 采样深度 0~20 cm, 样重 1.5 kg, 每件土壤样品在基本网格内的 4~5 个点上取等量土壤组合, 以最大限度地代表基本网格内土壤的地球化学特征, 共采集土壤样品 12 328 件。野外采样时采用专用表格记录采样点及附近地层、岩性、土壤、地形、高度、植被、植被覆盖类型等 20 余项属性参数。

样品分析: 根据多目标地球化学调查规范, 将相邻的 2 km × 2 km 大格内的 4 个基本网格内的野外采集原始样品等重量缩分、组合成 1 件分析样品<sup>(1)</sup>; 样品由成都地质岩矿测试中心分析, CaO、K<sub>2</sub>O、MgO、TF<sub>e2</sub>O<sub>3</sub>、Cl、P、S 采用 X 荧光法(XRF), N 采用蒸馏法, B 采用发射光谱法(ES), Mn 采用等离子体光量计法(ICP), Mo 采用极谱法(POL)<sup>(1)</sup>。测试过程及结果均受中国地质调查局测试分析质量监控组监控及检查验收。

资料整理: 以组合分析样品为研究单元, 对全区 3 085 个研究单元根据野外调查资料分别对各属性

参数进行分类统计, 只有当同一分析单元内 4 个采样点属于相同属性时纳入统计研究(例如, 四个采样点均为紫色土时纳入紫色土的分析研究, 以代表紫色土的特征, 如果有三个点为紫色土, 一个为黄壤, 则此点不纳入紫色土统计分析; 其他属性如高度、植被等也按此相同方法统计分析), 以保证数据对本属性的代表性。各属性纳入统计的单元数量见各元素含量特征表(表 2、表 3)的分类栏中的样品数。对不同土壤类型、不同母岩类型及紫色土在不同坡度、高程及植被条件下的元素含量进行了差异显著性分析( $p=0.05$ )。

## 3 结果与讨论

### 3.1 区域土壤化学元素含量及特征

对全区各元素进行统计分析, 经过频数分布检验, K、Mg、Mn、Fe、N、P 呈近似正态分布, Mo、B、S、Cl 呈对数正态分布; Ca 既不符合正态分布, 也不符合对数正态分布。对各个土壤类型的各元素分别进行频数分布检验, 石灰土的 Ca、Mo、棕壤的 S、黄棕壤的 Ca、Mg、S、黄壤的 Ca、S、水稻土的 S 呈近似对数正态分布, 其他土壤类型的其他元素均呈近似正态分布。三峡库区土壤营养元素基本统计量见表 1。

与全国土壤背景值相比较, B、Ca、K、Mg、Fe 平均值均高于全国平均值<sup>[5]</sup>, Mn 略低于全国平均值, Mo 远低于全国平均值(2.00 mg kg<sup>-1</sup>), 并且 95% 以上的样品 Mo 含量均低于 1.2 mg kg<sup>-1</sup>, 三峡库区土壤中元素钼含量较低。Cl、S、P、N 无全国参照标准, 与桂西南地区相比较<sup>[6]</sup>, Cl、S 高于桂西南地区, P、N 低于桂西南地区。

### 3.2 不同土壤类型元素分布特征

研究区土壤类型主要有石灰土、黄壤、黄棕壤、紫色土及水稻土等, 石灰土是研究区内营养元素最丰富的土壤, B、Ca、Mg、Mn、Mo、N、Fe 均在石灰土中含量最高(表 2), 但石灰土的 P 含量极低; 黄壤是营养元素最低的土壤, Ca、Mg、K、P、S、Cl、Fe 均以黄壤中最低, N、B、Mn、Mo 与其他各类土壤中的含量相

(1) 中国地质调查局. 多目标地球化学调查(暂行)规范(1:25万). 2003

表 1 三峡库区土壤元素基本统计参数

Table 1 Basic parameters for statistics of soil elements in the Three Gorge Reservoir District

分析项 Analysis item	算术 Arithmetic		几何 平均数 geometry Mean	最小值 Minimum	顺序统计量 <sup>1)</sup> Sequence statistical value							最大值 Maximum	95% 范围值 95% range value
	平均值 Mean	标准差 SD	5% 值 5% value		10% 值 10% value	25% 值 25% value	中位数 Median	75% 值 75% value	90% 值 90% value	95% 值 95% value			
CaO(g kg <sup>-1</sup> )	25.20	36.60	14.00	0.800	2.900	4.500	7.700	11.90	25.70	58.00	99.90	299.8	2.200~148.0
K <sub>2</sub> O(g kg <sup>-1</sup> )	25.40	3.900	25.00	7.100	18.50	20.40	23.00	25.70	27.90	29.90	31.10	38.80	16.90~32.50
MgO(g kg <sup>-1</sup> )	19.20	8.800	17.50	2.300	7.800	9.700	13.70	18.70	22.90	27.40	33.50	97.60	6.200~41.50
TFe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (g kg <sup>-1</sup> )	51.30	11.30	50.10	17.70	33.00	37.90	44.60	50.90	56.80	65.00	72.00	107.1	29.30~78.00
Cl(mg kg <sup>-1</sup> )	64.52	18.59	62.55	29.66	43.66	47.60	54.04	61.38	70.49	84.65	94.86	478.5	40.23~108.4
N(mg kg <sup>-1</sup> )	957.2	294.2	917.0	236.0	592.0	645.6	750.0	901.0	1.105	1.337	1.505	3.072	537.2~1665
P(mg kg <sup>-1</sup> )	507.62	156.3	483.0	104.6	269.5	312.8	395.4	497.6	608.3	709.0	777.4	1.369	238.2~836.7
S(mg kg <sup>-1</sup> )	178.02	101.1	167.3	73.35	109.5	120.9	135.1	157.9	199.4	252.3	291.9	3.116	102.7~335.1
B(mg kg <sup>-1</sup> )	55.26	31.71	49.09	9.500	24.93	29.10	36.00	46.00	64.00	92.00	114.0	336.0	22.30~138.0
Mn(mg kg <sup>-1</sup> )	575.9	184.1	548.6	102.7	311.9	378.4	479.5	571.0	648.1	748.0	877.5	2.787	249.5~1022
Mo(mg kg <sup>-1</sup> )	0.640	0.640	0.560	0.210	0.320	0.350	0.410	0.520	0.740	1.000	1.200	24.00	0.300~1.400

1) n= 3085

表 2 不同类型土壤元素含量特征

Table 2 Characteristics of element contents in soils different in type

项目 Item	分类 Type	样品数 Sample	CaO (g kg <sup>-1</sup> )	K <sub>2</sub> O (g kg <sup>-1</sup> )	MgO (g kg <sup>-1</sup> )	TFe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (g kg <sup>-1</sup> )	B (mg kg <sup>-1</sup> )	Cl (mg kg <sup>-1</sup> )	N (mg kg <sup>-1</sup> )	P (mg kg <sup>-1</sup> )	S (mg kg <sup>-1</sup> )	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	Mo (mg kg <sup>-1</sup> )
土壤类型 <sup>1)</sup>	紫色土 <sup>④</sup>	970	19.20	26.70	20.50	50.60	42.50	65.44	847.9	582.7	169.2	576.3	0.470
	石灰土 <sup>⑦</sup>	237	46.90	25.40	23.00	66.80	97.64	64.48	1.300	422.2	188.6	786.4	1.310
	棕壤 <sup>¼</sup>	11	12.60	24.40	15.00	49.60	57.25	61.92	930.9	502.9	319.2	547.8	0.750
	黄棕壤 <sup>½</sup>	84	25.10	24.40	16.30	48.90	55.65	63.89	1.042	477.5	242.4	492.1	0.770
	黄壤 <sup>¾</sup>	180	11.40	21.00	10.40	41.80	55.26	56.81	936.4	360.7	161.5	485.8	0.770
	水稻土 <sup>⑧</sup>	55	12.70	24.20	16.50	45.70	46.99	62.38	921.2	490.0	211.2	477.4	0.510
母岩类型 <sup>②)</sup>	砂岩 <sup>③</sup>	498	15.00	23.20	15.20	43.20	44.00	62.42	852.0	435.2	154.4	485.8	0.560
	杂砂岩 <sup>⑤</sup>	59	12.30	25.70	16.70	49.10	45.96	68.11	966.9	544.1	191.1	551.7	0.580
	粉砂岩 <sup>⑥</sup>	39	25.00	25.80	20.10	49.80	41.21	63.41	956.3	539.6	173.1	567.6	0.530
	泥岩 <sup>⑫</sup>	339	19.50	27.50	21.10	53.10	48.81	64.72	896.7	605.5	179.6	601.8	0.490
	灰岩 <sup>⑬</sup>	273	42.80	25.20	21.70	67.20	91.44	63.47	1.308	441.0	194.5	829.2	1.280

1) Type of soils; ④Purple soil; ⑦Calcareous soil; ¼ Brown soil; ½ Yellow-brown soil; ¾ Yellow soil; ⑧Paddy soil; ②) Type of parent rock; ③Sandstone;

⑤Greywacke; ⑥Siltstone; ⑫Mudstone; ⑬Limestone

比,也仅分列第三到五位。紫色土中P、K、Cl含量最高,但N、Mo、S含量较低,与何毓蓉等研究认为紫色土中N含量较低的认识一致<sup>[7]</sup>。总体来看,水稻土中营养元素含量也较低,特别是B、Mn、Mo等微量元素。S含量在各类土壤中差异较大,棕壤中的S含量最高,比黄壤和紫色土的S含量高近一倍。从不同土壤类型各元素含量差异显著性统计结果分析,不同土壤类型中元素含量差异显著性十分明显<sup>[8]</sup>。

土壤元素含量受母岩类型的影响十分明显<sup>[9]</sup>,研究区黄壤的母岩主要为三叠系上统的砂岩、粉砂岩等碎屑岩类,黄棕壤、棕壤的母岩均主要为二叠系、三叠系的灰岩及少量砂质页岩;石灰土的母岩主要为二叠系、三叠系的灰岩,紫色土的母岩主要为侏罗系及中三叠统的紫色砂岩、杂砂岩、粉砂岩及泥岩。本区土壤主要为各类母岩的残积、残坡积堆积物等经成土作用形成,母岩经风化作用形成的残、坡

积物距各类母岩距离均较近,母岩附近的土壤元素继承了母岩的元素特征。从各类不同母岩分布区上的土壤元素分析,灰岩母岩分布区的土壤营养元素最富集,除P、K外,其余元素均以灰岩母岩区的土壤元素含量最高,灰岩形成于海相环境,物质来源丰富,母岩养分元素含量高于碎屑岩类,其形成的土壤(主要为石灰土)养分元素含量明显高于其他母岩类型形成的土壤。砂岩母质区的土壤养分元素含量最低,除Ca略高于杂砂岩区、B略高于粉砂岩区、Mo仅低于灰岩区外,其他元素均以砂岩母岩区的土壤元素含量最低,砂岩主要形成于陆相河流环境,物源单一,并且经过长期分选、搬运再沉积,以砂粒为主,化学成分以SiO<sub>2</sub>为主,经过机械沉积分异后砂岩的养分元素含量极低<sup>[10]</sup>,此类母岩形成的土壤(主要为黄壤、部分紫色土等)养分元素含量普通低于其他类母岩形成的土壤。同为碎屑岩类的泥岩、粉砂岩、杂砂岩、砂岩相比,泥岩类母岩区的土壤养分元素相对较高,除Mo、N较低外,K、Mg、Fe、B、P、Mn等均相对最高;粉砂岩母岩区的土壤养分元素含量居于泥岩与砂岩母岩区土壤之间;杂砂岩母岩区以高Cl、N、S、Mo为特点。从母岩的粒度特征上分析,泥岩粒度最细,其次依次为粉砂岩、杂砂岩,最粗为砂岩,碎屑岩母岩粒度的粗细对母岩沉积时养分元素的吸附具有重要作用,一般粒度越细,越有利于养分元素的富集<sup>[10]</sup>,由于母质的这一特点,导致母岩中养分元素含量的差异,进一步影响到其形成土壤的养分元素含量。从不同母岩类型条件下土壤元素含量差异显著性统计结果看,除Cl差异显著性较小外,其他元素差异显著性均十分明显。

紫色土是研究区分布最广的土壤类型,本文以紫色土为例探讨在不同坡度、不同海拔高度、不同植被条件下元素分异特征。

### 3.3 不同坡度、海拔高度对紫色土元素分异的影响

不同坡度、不同海拔高度具有不同的水热分配条件和物质移动堆积的特点,地貌差异对土壤元素分异具有明显的影响<sup>[11,12]</sup>。随紫色土分布区的地貌条件不同,元素分异特征也不一样。从紫色土分布坡度分析,Ca、Mg、K 3个大量元素随地形坡度的变化,其含量无规律性变化;N、S、Mo 3元素均随地形坡度变缓,含量明显增高(表3);Fe、Mn、P 随地形坡度变缓,含量有增高的趋势。但是5°~15°这个坡度范围的土壤元素含量特征比较特别,多个元素如

Ca、Mg、K、Fe、Cl、Mn的含量均比小于5°及大于15°地区的紫色土含量低。5°~15°的坡度区域是区内农业耕作最频繁的区域,一方面,农作物轮作大量吸收了土壤中的养分元素,另一方面,长期的农业农耕也可能加剧了表层土壤中养分元素的流失。从不同坡度条件下元素含量差异显著性统计结果分析,除B、Cl、Mn外,其他元素差异性均十分显著。

随海拔高度降低,P、S含量明显增高,Mn、Mo含量有增高的趋势,特别是P,随海拔高度的降低,P含量急剧增高。其他元素含量变化规律性不强。总体来看,坡度对土壤养分元素的分异影响大于海拔高度对土壤养分元素分异的影响。从不同高度条件下元素差异显著性统计结果,除Ca、K、P、S、Mn外,其他元素差异性均不显著。

### 3.4 不同植被类型对紫色土元素分异的影响

紫色土分布区植被主要有阔叶林、针叶林、混交林、灌丛、草丛。在相同的母质、气候及相似的地貌条件下,植被类型不同,土壤中不同元素分异特征差异明显。Ca在各类植被覆盖区的土壤含量差异最明显,混交林、针叶林区含量最高,比少植被区(指调查单元内植被覆盖率低于20%的地区)的土壤含量高出达109%,其余林种区土壤含量高低为阔叶林>灌丛>草地区,缺乏植被覆盖区的土壤Ca流失严重。K、Fe是11个元素中在各类植被区含量相差最小的,K含量最高的草丛区与含量最低的针叶林区仅相差7%,Fe含量最高的混交林区也仅比含量最低的针叶林区高6%,这两个元素在土壤中的分布受植被覆盖类型的影响最小。B受植被覆盖的影响可分为两组,阔叶林、灌丛、草丛区为一组,针叶林、混交林及缺乏植被覆盖区为一组,各组内土壤中B含量差异不明显,含量差低于2%,但两组间含量差异较大,前组比后组平均含量高约11%。Mg含量高低表现为混交林区>草丛区>针叶林区>灌丛区>少植被区>阔叶林区。Cl、P的含量特征较为相似,均表现为草丛区>阔叶林区>灌丛区>少植被区>针叶林区,但Cl在混交林区仅低于草地区,而P在混交林区含量仅高于针叶林区。N含量为阔叶林区>少植被区>混交林区>草丛区>灌丛区>针叶林区,阔叶林区土壤N含量比其他所有林种区土壤N含量均高,与田昆等的研究结果<sup>[13]</sup>一致。Mn含量为混交林区>草丛区>灌丛区>阔叶林区>少植被区>针叶林区。

表 3 紫色土不同坡度、高程及植被覆盖条件下元素含量特征

Table 3 Characteristics of element contents in purple soils as affected by slope, altitude and vegetation

项目 Item	分类 Type	样品数 Sample	CaO (g kg <sup>-1</sup> )	K <sub>2</sub> O (g kg <sup>-1</sup> )	MgO (g kg <sup>-1</sup> )	TFe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (g kg <sup>-1</sup> )	B (mg kg <sup>-1</sup> )	Cl (mg kg <sup>-1</sup> )	N (mg kg <sup>-1</sup> )	P (mg kg <sup>-1</sup> )	S (mg kg <sup>-1</sup> )	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	Mo (mg kg <sup>-1</sup> )
坡度 <sup>1</sup> (°)	< 5	16	18.40	26.90	21.80	54.10	45.16	69.84	990.9	702.7	225.5	609.2	0.510
	5~ 14	97	16.50	25.80	18.30	48.60	44.09	63.56	919.0	593.7	186.1	563.0	0.500
	14~ 24	72	18.40	27.20	21.00	51.80	43.97	66.85	848.0	546.7	158.8	585.2	0.470
	25~ 34	41	30.30	27.00	22.60	51.20	42.57	65.38	786.6	513.1	153.9	582.1	0.420
	> 35	9	22.90	27.70	20.10	50.10	36.76	62.82	754.8	551.0	136.6	575.4	0.420
高程 <sup>④</sup> (m)	< 175	21	31.70	25.20	21.10	50.40	44.49	65.40	768.7	652.2	202.3	628.5	0.520
	175~ 500	404	17.20	26.90	20.40	51.00	42.27	66.31	849.4	613.4	181.5	599.3	0.460
	500~ 1000	133	19.10	26.40	20.40	50.00	44.71	64.64	874.3	521.5	156.3	531.7	0.480
	1 000~ 1 500	14	21.80	26.80	21.60	51.90	44.17	62.64	812.0	425.4	151.6	546.1	0.470
植被 <sup>⑥</sup>	少植被 <sup>¼</sup>	15	12.20	26.10	19.40	50.50	40.95	63.99	983.0	589.5	203.0	535.4	0.460
	草丛 <sup>½</sup>	14	15.00	27.60	21.30	51.80	46.29	77.32	849.1	647.5	190.6	601.7	0.520
	灌丛 <sup>¾</sup>	198	16.40	27.30	20.40	50.60	45.24	64.14	846.3	602.4	170.3	576.4	0.450
	阔叶林 <sup>⑧</sup>	36	18.00	25.90	19.10	50.20	46.98	66.29	992.4	626.8	197.2	573.5	0.530
	针叶林 <sup>⑨</sup>	17	25.00	25.70	20.90	49.10	41.37	60.43	796.7	457.0	155.8	506.1	0.520
	混交林 <sup>⑩</sup>	82	25.50	26.90	22.20	52.20	42.35	67.50	864.9	578.2	176.4	604.8	0.500

<sup>1</sup> Slope; <sup>④</sup> Altitude; <sup>⑥</sup> Vegetation; <sup>¼</sup> Little vegetation; <sup>½</sup> Tussock; <sup>¾</sup> Shrubbery; <sup>⑧</sup> Broadleaf forest; <sup>⑨</sup> Conifer forest; <sup>⑩</sup> The mixing forest

总体上分析,各林种区土壤养分元素相比,以混交林区 and 草丛区土壤养分元素含量相对最高, Ca、Mg、Fe、Mn 等在混交林区均最高, Cl 排序第二, 其他元素在混交林区也相对较高, 仅 P 含量相对较低; K、P、Cl 等在草丛区含量最高, Mg、Fe、Mn、B、Mo 等其他林种区相比, 在草丛区含量均居第二位。针叶林区土壤养分元素含量最低, K、Fe、Cl、N、P、S、Mn 均以针叶林区土壤含量最低, B 含量也只高于少植被区土壤的含量。阔叶林区以高 B、N、Mo, 低 Mg 为特点, 少植被区以高 S 低 B、Ca 为特征, 而灌丛区含量总体上居于中等水平。

## 4 结 论

1) 土壤类型是土壤元素分布的主要控制因素, 不同土壤类型的元素含量差异十分显著; 除 Cl 外, 土壤中 N、P、K、Ca、Mg、S、B、Fe、Mn、Mo 等元素分布均受母岩继承性影响, 不同母质来源的土壤元素差异性显著, 母岩元素含量的差异导致土壤中养分元素含量的差异。

2) 紫色土的元素分布总体上受土壤类型及母质来源控制, 同时还受地形坡度、高度、植被覆盖等其他因素的影响, 但不同元素受影响的因素及程度不

同。P、K、Ca、S 均受到地形坡度、高度、植被覆盖等三因素影响, 而 B、Mo 则完全不受这些因素的影响; N、Mg 受地形坡度、植被覆盖影响, Mn 受高程、植被覆盖影响, 而 Fe 只受地形坡度影响, Cl 只受植被覆盖影响。

3) 地形坡度对紫色土元素分布的影响强于高度的影响。

致 谢 成文过程中得到四川大学资源与环境学院黄成敏博士后的指导与帮助, 在此深表感谢

## 参 考 文 献

- [1] 黄昌勇. 土壤学. 北京: 中国农业出版社, 2000. 192. Huang C Y. Agrobgy (In Chinese). Beijing: Chinese Agriculture Press, 2000. 192
- [2] 王忠. 植物生理学. 北京: 中国农业出版社, 2000. 80~ 89. Wang Z. Plant Physiology (In Chinese). Beijing: Chinese Agriculture Press, 2000. 80~ 89
- [3] 冯子道, 安智珠. 生命元素. 成都: 四川教育出版社, 1989. 55~ 174. Feng Z D, An Z Z. Life Elements (In Chinese). Chengdu: Sichuan Education Publishing House, 1989. 55~ 174
- [4] 李其林, 黄昀, 刘光德, 等. 三峡库区主要土壤类型重金属含量及特征. 土壤学报, 2004, 41(2): 301~ 304. Li Q L, Huang Y, Liu G D, et al. Characteristics of heavy metals distribution in main soils in Three Gorge Reservoir Area (In Chinese). Acta pedologica sinica, 2004, 41(2): 301~ 304
- [5] 王云, 魏复盛. 土壤环境元素化学. 北京: 中国环境科学出版社

- 社, 1995. 25~ 34. Wang Y, Wei F S. Soil Environment Element Chemistry (In Chinese). Beijing: Chinese Environment Science Press, 1995. 25~ 34
- [ 6 ] 李先琨, 苏宗明. 桂西南不同地层土壤的元素地球化学特征. 广西科学, 2001, 8(4): 301~ 307. Li X K, Su Z M. The geo-chemical characteristics of soil elements of strata in southwest Guangxi (In Chinese). Guangxi Science, 2001, 8(4): 301~ 307
- [ 7 ] 何毓蓉. 中国紫色土(下). 北京: 科学出版社, 2003. 216~ 225. He Y R. Purple Soils in China(2) (In Chinese). Beijing: Science Press, 2003. 216~ 225
- [ 8 ] 龚子同, 黄标, 周瑞荣. 南海诸岛土壤的地球化学特征及其生物有效性. 土壤学报, 1997, 34(1): 10~ 27. Gong Z T, Huang B, Zhou R R. Pedo-geochemistry and bio-availability of soils in South China Sea Islands(In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 1997, 34(1): 10~ 27
- [ 9 ] 刘秀明, 王世杰, 冯志刚, 等. 石灰土物质来源的判别——以黔北、黔中几个剖面为例. 土壤, 2004, 36(1): 30~ 36. Liu X M, Wang S J, Feng Z G, *et al.* Identification of origin limestone soil—Case study of profiles in central and north Guizhou (In Chinese). Soils, 2004, 36(1): 30~ 36
- [ 10 ] 武汉地质学院地球化学教研室. 地球化学. 北京: 地质出版社, 1979. Wuhan College of Geology. Geochemistry(In Chinese). Beijing: Geological Publishing House. 1979
- [ 11 ] 刘秀娣, 李继云. 土壤有效态微量元素含量与不同地貌单元关系的研究——以河南省新乡地区卫辉市和辉县市为例. 环境科学, 1994, 15(5): 19~ 22. Liu X D, Li J Y. Relationships study between available contents of trace elements in soil and different physiognomy cell—Example as Huixian City and Wehui City in Helan Province(In Chinese). Environmental Science, 1994, 15(5): 19~ 22
- [ 12 ] 李永华, 王五一, 雒昆利, 等. 大巴山区土壤中的硒和氟. 土壤学报, 2004, 41(1): 61~ 67. Li Y H, Wang W Y, Luo K L, *et al.* Distribution of selenium and fluorine in soils of Daba mountains(In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2004, 41(1): 61~ 67
- [ 13 ] 田昆, 莫剑锋, 陆梅, 等. 澜沧江上游山地典型区不同利用方式的土壤肥力性状. 山地学报, 2004, 22(1): 87~ 91. Tian K, Mo J F, Lu M, *et al.* Soil fertility status under different utilization types in mountain area of the upper Lancang River(In Chinese). Journal of Mountain Science, 2004, 22(1): 87~ 91

## DISTRIBUTION CHARACTERISTICS OF NUTRITION ELEMENTS IN THE THREE GORGES RESERVOIR DISTRICT

Tang Jiang<sup>1</sup> Li Yong<sup>1</sup> Deng Fuyin<sup>2</sup> Fu Shaohong<sup>3</sup>

(1 Institute of Earth Science, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

(2 Sichuan Southeast Institute of Geological Survey, Chongqing 401329, China)

(3 Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China)

**Abstract** Based on testing results of topsoils, distribution characteristics of plant-growth elements, such as N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Mn, Mo, and Cl etc, were discussed by types of soils and rocks, elevations, degrees of slope, and vegetation covering. It can be concluded that calcareous soil is the highest in content of nutritional elements such as B, Ca, Mg, Mn, Mo, N, P, and Fe; where as yellow soil the lowest in content of nutritional elements, such as Ca, Mg, K, P, S, Cl, and Fe. Purple soils are the highest in content of P, K and Cl, but the lowest in content of N, Mo and S. Parent rocks play an important role in distribution of elements in soils. In the limestone area the soils are abundant in nutritional elements except for P, K, and Cl. On the other hand, in the sandstone districts the contents of most nutritional elements in the soils are lowest, but only Ca and B higher than that of greywacke district and siltstone district respectively, and Mo lower than that of the limestone area. Among soils formed from the mudstone, siltstone, greywacke, and sandstone, soils developed from mudstone are highest in most nutrition elements, such as K, Mg, Fe, B, P, and Mn, but relatively lower in Mo and N. The contents of nutritional elements in soils developed from siltstone are higher than those in soils developed from mudstone and lower than those from sandstone. In terms of the degree of slope, the contents of N, S, Mo, Fe, Mn, and P in the purple soils increase with the decline of the degree of slope, but the contents of Ca, Mg, and K do not show such a trend. When the elevation decreases, the contents of P and S in the purple soils increase remarkably, while Mn and Mo increase somewhat, and other elements show irregular change. When the parents, climate and topography are similar, the contents of elements in purple soils are determined by the types of plant cover. Soils in the mixed forest area and tussock area contain more nutritional elements relatively, than soils in the conifer forest area. In areas with little vegetation cover, the soils are higher in S and lower in B and Ca.

**Key words** Three Gorges Reservoir District; Soil; Nutrition element; Distribution characteristics