

文章编号:1001-4810(2010)03-0246-07

# 贵州典型喀斯特区土壤地球化学特征研究

陈武<sup>1</sup>,任明强<sup>2</sup>,芦正艳<sup>1</sup>,王宁宁<sup>3</sup>

(1. 贵州省地质调查院, 贵州 贵阳 550005; 2. 贵州省地质环境监测院, 贵州 贵阳 550001;  
3. 重庆地质矿产研究院贵州分院, 贵州 贵阳 550001)

**摘要:**以贵州花溪党武、遵义虾子和安龙木咱3个地区的土壤为主要研究对象,从地球化学的角度研究其土壤中相关矿物元素的含量、元素在岩-土剖面中的迁移富集特征及其风化成土系数,综合表征出研究区土壤的农业地质环境特征,并对其矿物营养元素环境质量做出初步评价。研究结果表明,石灰土中矿物营养元素的淋溶较为强烈,有10种左右元素的含量低于中国或世界土壤化学组成中值。具体表现为纯的碳酸盐岩所发育的土壤中矿物营养元素的含量较少,而安龙木咱地区由于其成土母质为白云质灰岩,且所处地质环境易于汇集周边淋溶出来的营养元素,使得其土壤矿物营养元素环境质量好于其余两地,三地土壤中营养元素达标率分别为73.7%(安龙木咱)、63.1%(遵义虾子)和68.4%(花溪党武)。总体而言,碳酸盐岩风化成土作用缓慢,土层较薄,土壤营养元素含量不足,需要施用相应的矿物肥料。

**关键词:**喀斯特;土壤地质环境;营养元素;地球化学;贵州

**中图分类号:**P596;S151 **文献标识码:**A

## 0 引言

贵州省是我国典型喀斯特发育的地区,碳酸盐岩出露面积达10.90万km<sup>2</sup>,占全省国土面积的61.9%。贵州喀斯特生态环境容量和承载力低下,岩石裸露面积大、水土流失严重,农产品产出率低,严重地制约了贵州社会经济的发展。从上世纪八十年代起,有许多专家和学者从地质、农业、生态环境等方面对贵州喀斯特生态环境的特殊性进行了探索和研究,取得了许多突破性的进展,并有针对性地提出了许多治理喀斯特生态环境的地球化学方法<sup>[1,2]</sup>。其中,尤以中科院地球化学研究所的科研成果最有代表性,其在元素的迁移机制及碳酸盐岩成土方面都取得了标志性成果。但是,对于各类喀斯特区之间的对比研究比较缺乏,特别是各类碳酸盐岩发育的石灰土中矿物元素含量的地球化学评价。本文作为贵州省农业地质调查环境项目的一部分,摸清碳酸盐岩地区土壤的特性

对于保护和恢复碳酸盐岩地区土地资源具有非常重要的现实意义。本文选择花溪区党武乡、安龙县木咱镇和遵义县虾子镇3个研究点进行对比研究,以弄清不同喀斯特区土壤的地球化学迁移与富集特征,并对其土壤环境质量进行评价,为改善喀斯特地区农业生产环境提供科学依据。

## 1 研究区地质环境概述

花溪区党武乡、安龙县木咱镇和遵义县虾子镇分别位于黔中、黔西南和黔北地区。根据王明章等人<sup>[3]</sup>(2005年)研究成果,该3个研究点分别位于喀斯特强烈发育区、较强发育区和中等发育区内。其中,花溪区党武乡研究区出露地层及岩性为大冶组(T<sub>1</sub>d)灰岩及泥灰岩,土层厚170cm(图1),在构造上属于黔北台隆—遵义断拱亚区—贵阳复杂构造变形区与黔南台陷—贵定南北向构造变形区的交界处,地貌以山地和

基金项目:贵州省地矿局2010年度局青年地质科学研究项目

第一作者简介:陈武(1983-),男,硕士研究生,水工环助理工程师,研究方向为环境地质和环境地球化学。E-mail:cw02082405@163.com.

收稿日期:2010-03-22

丘陵为主,属于高原区二级高原台面<sup>[4]</sup>,常年气温温差不大,年均气温 14.9℃,年平均降雨量 1 100~1 200mm。安龙县木咱镇研究区出露地层及岩性为永宁镇组( $T_{1yn}$ )白云岩、白云质灰岩,土层厚 120cm,在构造上属于黔北台隆-六盘水断陷亚区-普安旋扭构造变形区与黔南台陷-望谟北西向构造变形区的交界处,属典型的喀斯特地貌,地形切割强烈,年平均气温

16.4℃,年平均降水量 1 253mm。遵义县虾子镇研究区出露地层及岩性为关岭组( $T_{2g}$ )中厚层、互层状灰岩,土层厚 135cm,在构造上属于黔北台隆-遵义断拱亚区-凤冈北北东向构造变形区,地貌复杂多变,主要为低山丘陵宽谷盆地地貌,年均气温 14.7℃,终年温凉湿润,年均降水量 1 200mm。

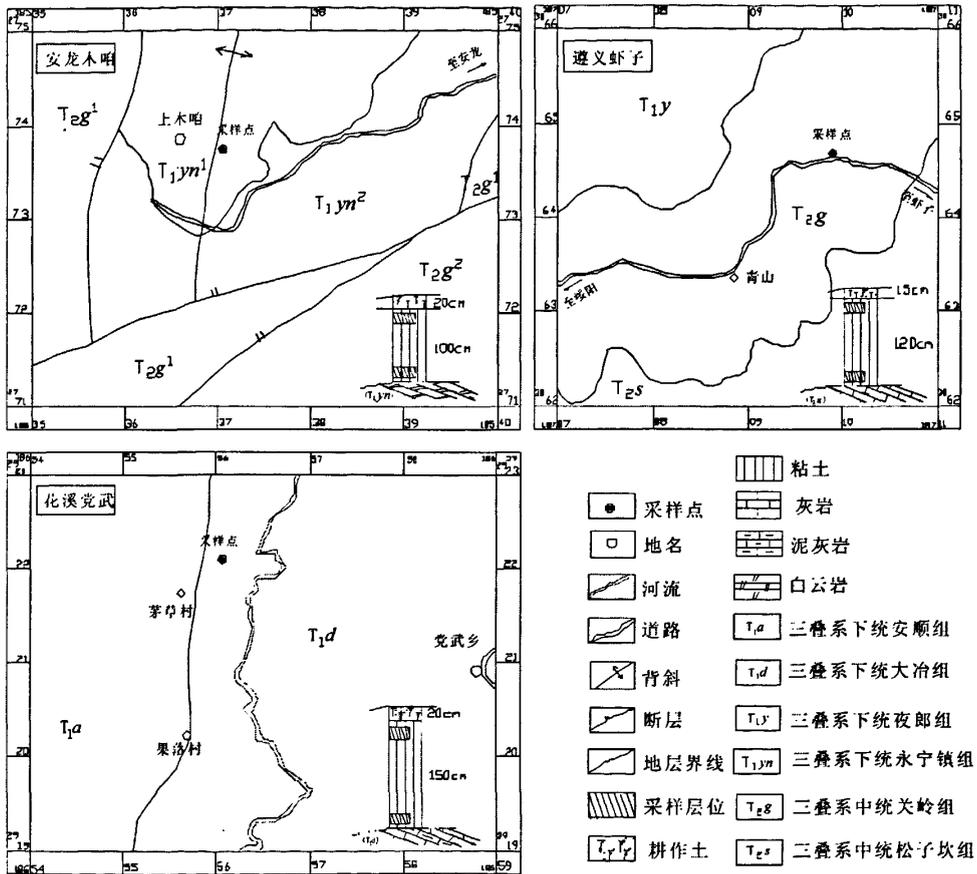


图 1 采样点点位及岩、土剖面示意图

Fig. 1 The schematic diagram of sampling point location and rock-soil profile

## 2 采样与测试结果

样品采集包括浅层土样、深层土样和母岩样,其中浅层土指除去表层腐殖层后较为靠近地表的土壤,深层土即土壤剖面中位于较深层位较靠近成土母岩的土壤,母岩样即为下伏基岩。采样按照常规的垂直剖面采集方法,自上而下采集土壤样品。浅层土壤样品的采集:在新鲜面上揭露出来的土坎上,除去顶部腐殖层 20~30cm,剥除外层粘土,直到新鲜层,以 20

~45cm 为浅层土刻槽取样;深层土壤样品的采集:在取得浅层土壤后,将剥除的外层粘土和浅层土刻槽剥离出来的废渣土清理干净,再将其下 100~150cm 深度的粘土表层清理干净,然后刻槽取样,样品原始重量大约 1kg;母岩样的采集:打开基岩新鲜面,在规定的地层及岩性采样单元 5~10m 范围内 3~5 处取 2~3cm 的同类岩石组合成一个样品,单个样品重量一般重量 200~300g。样品现场缩分后将样品分别放入用棉布制作的新样品袋内,扎紧带口,样品带回室内,在

自然通风条件下风干后,送中国地质科学院地球物理地球化学调查研究所中心实验室进行全量检测,分析的项目包括N、P、K<sub>2</sub>O、CaO、MgO、S、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、B、Mn、

Cu、Zn、Mo、Cl、SiO<sub>2</sub>、Na<sub>2</sub>O、Co、Ni、Se 和 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 等20种。表1为本测试结果。

表1 矿物元素含量统计  
Tab. 1 The statistic table of mineral elements

元 素	遵义虾子			花溪党武			安龙木咱		
	岩石	深层土	浅层土	岩石	深层土	浅层土	岩石	深层土	浅层土
N/ $\mu\text{g/g}$	69.0	1 364	1 870	54.0	903	1 605	68.0	586	2 500
P/ $\mu\text{g/g}$	112	416	696	212	314	683	217	505	787
K <sub>2</sub> O/%	0.44	1.83	1.91	0.34	1.63	1.76	0.80	2.87	2.72
CaO/%	50.4	0.48	0.49	48.7	0.87	0.49	35.2	2.84	4.86
MgO/%	0.56	0.71	0.78	0.72	1.15	0.81	12.6	2.81	1.57
S/ $\mu\text{g/g}$	713	297	480	384	171	325	401	192	483
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /%	0.46	5.79	6.12	1.20	11.4	9.03	1.32	8.83	10.0
B/ $\mu\text{g/g}$	5.00	102	113	6.39	86.2	87.2	9.06	90.0	69.9
Mn/ $\mu\text{g/g}$	105	1 727	1 712	145	984	2 231	190	2 223	767
Cu/ $\mu\text{g/g}$	4.44	30.9	32.8	16.6	105	80.0	9.55	62.8	70.74
Zn/ $\mu\text{g/g}$	8.28	83.2	93.1	25.5	131	96.8	17.0	108	110
Mo/ $\mu\text{g/g}$	0.12	0.92	1.16	0.17	1.69	3.00	0.74	3.32	2.72
Cl/ $\mu\text{g/g}$	168	48.8	54.5	61.2	36.9	34.9	151	48.0	56.9
SiO <sub>2</sub> /%	4.14	73.4	71.1	6.34	50.4	59.4	7.18	55.7	49.0
Na <sub>2</sub> O/%	0.02	0.17	0.16	0.05	0.10	0.12	0.02	0.10	0.09
Co/ $\mu\text{g/g}$	2.20	21.1	23.8	4.10	32.5	31.7	3.50	68.9	26.1
Ni/ $\mu\text{g/g}$	2.00	29.3	29.3	34.4	115.5	60.1	11.2	58.1	53.8
Se/ $\mu\text{g/g}$	0.04	0.38	0.48	0.12	0.25	0.59	0.06	0.22	0.03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /%	1.06	9.39	9.90	1.89	19.7	15.5	2.05	16.7	14.5
TiO <sub>2</sub> / $\mu\text{g/g}$	498	9 636	9 392	991	11 149	11 931	915	9 158	10 098

### 3 结果分析

#### 3.1 岩石风化成土作用

在岩石风化成土过程研究中,一般可用矿物的水解程度来反映母质的风化度,并且可以用二氧化硅与铁、铝氧化物的分子比率( $sa_f = \text{SiO}_2 / (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3)$ )作为母质风化度的指标推断出母质风化的深浅;可用土体中硅铝率( $sa = \text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ )的突异来判

别成土过程中是否存在异源母质。此外,可以用Hans Jenny 等人所提出的土壤的退碱系数( $\alpha = (\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{MgO}) / \text{Al}_2\text{O}_3$ )、风化指数( $\beta = (\text{K}_2\text{O} / \text{Na}_2\text{O})_{\text{土壤}} / (\text{K}_2\text{O} / \text{Na}_2\text{O})_{\text{母岩}}$ )、土壤的铝化系数( $\gamma = \text{Al}_2\text{O}_3_{\text{土壤}} / \text{Al}_2\text{O}_3_{\text{母岩}}$ )来表征土壤的熟化程度。 $\alpha$  越小, $\beta$  越大,土壤熟化度则越高; $sa$ 、 $sa_f$  越小, $\gamma$  越大,说明土壤富铝化程度越高,质地粘重<sup>[6,7]</sup>。遵义虾子、花溪党武、安龙木咱三地岩石风化成土系数如表2所示。

表2 岩石风化成土系数  
Tab. 2 The coefficient of pedogenesis for rock parent

地 点	层 位	硅铝率( $sa$ )	硅铝铁率( $sa_f$ )	退碱系数( $\alpha$ )	风化指数( $\beta$ )	铝化系数( $\gamma$ )
		$\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$	$\frac{\text{K}_2\text{O} + \text{NaO} + \text{CaO} + \text{MgO}}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	$\frac{(\text{K}_2\text{O} / \text{Na}_2\text{O})_{\text{土壤}}}{(\text{K}_2\text{O} / \text{Na}_2\text{O})_{\text{母岩}}}$	$\frac{\text{Al}_2\text{O}_3_{\text{土壤}}}{\text{Al}_2\text{O}_3_{\text{母岩}}}$
遵义虾子	浅层土	7.18	4.44	0.34	0.54	9.34
	深层土	7.82	4.84	0.34	0.49	8.86
花溪党武	浅层土	3.83	2.42	0.20	2.16	8.22
	深层土	2.55	1.62	0.19	2.40	10.5
安龙木咱	浅层土	3.38	2.00	0.64	0.76	7.08
	深层土	3.33	2.18	0.52	0.72	8.15

从表2中看到,三地土体中的各自硅铝率在土壤剖面中的突异性不大,其成土过程受异源母质影响可忽略。而三地土壤中硅铝率均大于2,说明石灰土富铝化程度均较低,这是由于石灰岩土壤脱钙与复钙作用的反复进行,由景观地球化学流的相关理论得知,脱钙是石灰土中以钙离子为主的盐基物质淋失过程,而复钙则是指土壤得到外源盐基物质的补充。由于盐基物质本身为较容易迁移的物质,加上碳酸盐岩以化学风化为主,盐基物质能源源不断的从碳酸盐岩中淋出补充给土壤,以致土体内盐基物质淋失不彻底,阻挠或延缓了土壤的富铝化作用。其中又以遵义虾子土体中硅铝率为最高,这可能是因为遵义虾子的成土母质灰岩较纯,在成土过程中能提供充足的可溶性盐基所致。

众所周知,碳酸盐岩以化学风化为主,且岩石中含有大量的可溶性物质,但经计算,三地石灰土的风化指数均较小,这就造成了母岩具有强烈的风化潜力和土壤实际的低风化指数。这从侧面证实了王世杰等人<sup>[8]</sup>关于碳酸盐岩风化成土的两阶段模式的推论,进而推断出基岩中“杂质或不溶物”在风化作用过程中逐步堆积形成残积土阶段相对独立于残积土的演化阶段,而且喀斯特成土是自下而上逐步进行的<sup>[9,10]</sup>。另外由于母岩中方解石和白云石等矿物分解程度较低,加上土壤中元素风化淋溶程度较低,以至于土壤中保留下较多的母岩特性。

对比三地土壤的风化成土系数,遵义虾子的土壤中硅铝率与硅铝铁率明显偏高,这说明遵义虾子的土壤较其它两地更多的保留了母岩的性质;而花溪党武的土壤中退碱系数最低,且风化指数又是明显大于其它两地,这说明其土壤熟化程度较高。这可能与当地耕作历史较强、耕作程度较强,且当地气候适宜有关。

三地土壤均属于石灰土类型,主要为土黄、土灰色粘土,其中白云岩地区母质土中含母岩碎块较多,总体而言碳酸盐岩风化壳厚度小,土层较薄,三地土

壤剖面厚度最大是花溪党武剖面,其也仅为170cm,而遵义虾子和安龙木咱土壤剖面则分别为135cm和120cm。这些差异可能是由于各地地貌、气候、母质的差异以及不同的人类活动作用所造成的。

### 3.2 岩石、土壤间元素的迁移与富集

成土过程中由于物理化学条件的改变,元素发生了相应的迁移与富集。元素在岩土中的迁移可分为相对迁移和绝对迁移。可用下式来判断土壤剖面中矿质元素的丰缺:

$$MFX = X_{\text{土壤样}}/X_{\text{母岩}}$$

式中, $X_{\text{土壤样}}$ 和 $X_{\text{母岩}}$ 分别为土壤样和母岩中元素X的含量。若 $EFX$ 值 $>1$ ,则土壤中元素X相对于成土母岩富集;若 $EFX$ 值 $=1$ ,表明土壤中元素X相对于成土母岩没有富集或亏损;若 $EFX$ 值 $<1$ ,则土壤中元素X相对于成土母岩亏损。

元素的富集只是一个表象,其往往掩盖了很多元素迁移的实际过程。为了解土壤剖面中矿质元素的活性及富集机理,我们引入了元素迁移因子,它表征了岩土元素绝对迁移的能力。其定义为(Middelburg et al,1988<sup>[11]</sup>):

$$MFX = (X/R)_{\text{土壤样}}/(X/R)_{\text{母岩}}$$

式中, $(X/R)_{\text{土壤样}}$ 和 $(X/R)_{\text{母岩}}$ 分别为土壤样和母岩中组分X与参照元素R的质量比。

由于Ti具有很低的溶解度,而且在弱酸性、中性和碱性等条件下的岩石风化成土过程中具有很低的活性等特点(顾尚义,2002<sup>[12]</sup>),因此在讨论矿质元素迁移时,我们用Ti作为参照元素。我们可以根据 $MFX$ 值的大小判断元素在风化剖面中的迁移情况:若比值小于1表明该层土壤中元素亏损;若比值大于1则表明该层土壤中元素获得;若比值等于1则表明该层土壤中元素相对稳定。

利用表1中的数据,现将三剖面中TiO<sub>2</sub>以外的19种元素或氧化物的富集因子和迁移因子的示意图列于图2、3。

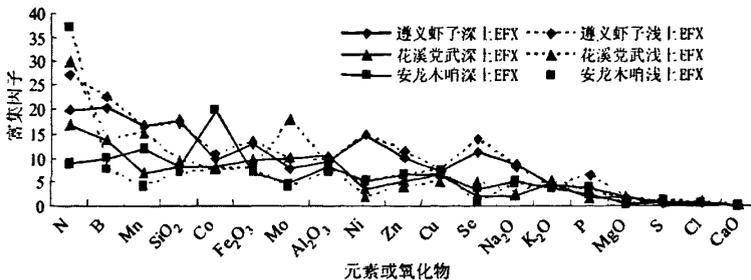


图2 土壤中元素富集因子图解

Fig. 2 The schematic diagram of the element enrichment factors in the soil

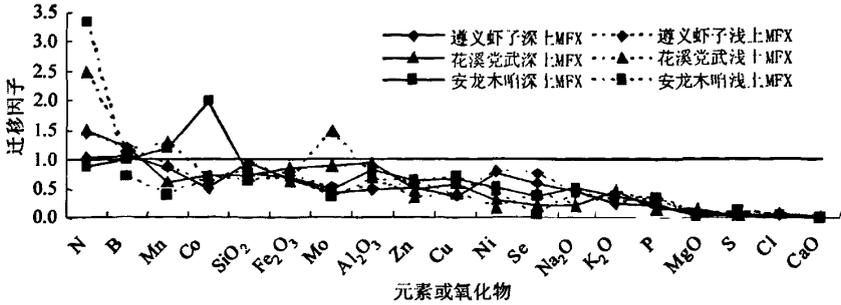


图3 土壤中元素迁移因子图解

Fig. 3 The schematic diagram of the element migration factors in the soil

从图2中,除了CaO、Cl、S和MgO等整体表现为元素或氧化物的亏损以外,其余元素或氧化物都相对于母岩有不同程度的富集。Ca、Cl、S和Mg等属于强迁移或迁移物质元素,本计算结果也正好说明了这点。此外,尽管CaO中Ca离子迁移能力不如Cl和S,但由于其母质中含有十分丰富的碳酸钙或碳酸钙镁等含钙物质,所以CaO富集因子表现出低值。图示左侧为富集较为强烈的元素或氧化物,其中除N与B两元素属于强移动元素以外,其余均属于弱移动或难移动元素,N与B两元素的富集可能是施用农用化肥造成的。因为氮元素是第一个植物必需大量元素,其是蛋白质、叶绿素、核酸、酶、生物激素等重要生命物质的组成部分,是植物结构组分元素;而缺硼植物受影响最大的是代谢旺盛的细胞和组织,硼不足时根端、茎端生长停止,严重时生长点坏死,侧芽、侧根萌发生长,枝叶丛生。据实地调研了解,当地农户喜施用含氮和硼等营养元素的肥料用于春耕生产,包括碳酸氢铵、硫酸铵、氯化铵等铵态氮肥以及硝酸钠、硝酸钾、硝酸钙等硝态氮肥,应用最广泛的硼肥是硼砂(Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>·10H<sub>2</sub>O)和硼酸。

从图3中可以看到,大部分元素或氧化物发生了绝对迁移,特别是图右侧的一系列元素或氧化物,其均属于强迁移或较易迁移元素,故而元素或氧化物的绝对迁移量较大,表现出在土壤中的含量大于成土母岩中的含量。只有在部分地区的部分层位中N、B、Mn、Co和Mo五元素的元素迁移因子大于1,其中N、B可归因于受到化肥不同程度的污染,而安龙木咱深层土中的Mn与Co两元素的富集,以及花溪党武浅层土中Mn与Mo元素的富集,一部分原因可能是受到了外源物质的补充,比如说,来源于相邻地质体的表生地球化学迁移,而更重要的是该三类元素均属于弱迁移元素,本身在土壤中的迁移就较慢。

对比图2和图3我们可以看到,两图中元素或氧化物的序列是基本一致的,而且图左侧的参数要大于

右侧。这说明虽然相对迁移和绝对迁移在数值上有很大的差异,但它们很大程度上都受元素的迁移能力以及部分外源物质补偿的影响,如相邻地质体表生地球化学迁移。

### 3.3 土壤矿物元素环境质量评价

这里仅对浅层土壤中营养矿物元素的地球化学评价。选取植物生长过程中所需的N、P、K、Ca、Mg、S、Fe、B、Mn、Cu、Zn、Mo、Cl等19种矿物营养元素,参照中国土壤化学组成中值和世界土壤化学组成中值(如表3所示),对于部分中国土壤化学组成中值没有数据,以相应世界值作为标准,利用达标率来评价土壤中营养有益矿物元素的地球化学环境质量<sup>[13,14]</sup>。

利用表1浅层土中元素或氧化物的数据与表3中两组中值进行对比,可知三地土壤中P、S、Cl和Na<sub>2</sub>O的含量普遍低于中国土壤化学组成中值和世界土壤化学组成中值,这是由于它们均为易迁移元素,加上三研究区均处于多雨地区,故而导致这些元素易随水流失,从而含量相对贫乏。而三个研究区表层土壤中K、Fe、B、Mn、Cu、Zn、Co、以及Ni元素含量则相对较丰富,K可能归因其成土母质中的高背景;其它几种元素,一是其本身难以迁移或迁移能力较弱,被土壤中粘土矿物或胶体吸附,从而相对固存于土壤中,此外还可能受到植物根系吸收的影响,即植物通过吸收并将它们传送到植物的茎叶等各个部位,最后再以植物落叶或遗体的形式归还于土壤表层,从而造成表层土壤富集。N、CaO、MgO、Mo、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>和Se等7元素在各研究区表现不尽一致,但其中遵义虾子和花溪党武两地的相似性要更大一点。综合分析三地土壤质量的达标率,安龙木咱土壤的达标率最高,其全达标为57.9%,单达标及以上为73.7%;而遵义虾子和花溪党武的分别为52.6%、63.1%和52.6%、68.4%。

表3 土壤化学组成中值<sup>[15]</sup>

Tab. 3 The mid-value of the pedochemical composition

元素	中国土壤化学 组成中值	世界土壤化学 组成中值	元素	中国土壤化学 组成中值	世界土壤化学 组成中值
N/ $\times 10^{-6}$	—	2 000	Zn/ $\times 10^{-6}$	68.0	9
P/ $\times 10^{-6}$	—	800	Mo/ $\times 10^{-6}$	11	1.2
K <sub>2</sub> O/%	2.27	1.69	Cl/ $\times 10^{-6}$	—	100
CaO/%	1.30	2.10	SiO <sub>2</sub> /%	—	70.7
MgO/%	1.25	0.83	Na <sub>2</sub> O/%	1.50	0.67
S/ $\times 10^{-6}$	—	700	Co/ $\times 10^{-6}$	116	8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /%	4.24	5.71	Ni/ $\times 10^{-6}$	24.9	50
B/ $\times 10^{-6}$	41.0	20	Se/ $\times 10^{-6}$	0.207	0.4
Mn/ $\times 10^{-6}$	540	1 000	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /%	12.56	13.41
Cu/ $\times 10^{-6}$	20.7	30			

注:数据引自中国环境监测总站,1990,其中“—”表示无此元素数据。

由上可见,作为碳酸盐岩地区,由于喀斯特作用,成土物质缺乏,故其土壤的部分营养元素及有益元素的含量相对缺乏。相比较而言,遵义虾子土壤的矿物元素环境质量较差,主要可能是因为其母岩为纯灰岩,而安龙木咱土壤中质量比较高是因为其母岩为白云岩、白云质灰岩和灰岩、泥质灰岩组合。总体而言,在矿物营养元素含量上喀斯特地区土壤质量较低,其中P、S、Cl、Na、N、Ca、Mg、Si等元素表现为缺乏或不富余,而且其中只有N元素表现为向表层土壤中富集,故在农业生产中可考虑施加相应的矿物肥料。

### 3.4 影响元素迁移与富集的外界环境因素

土壤中元素的迁移除了与元素的迁移特性有关以外,与其所处环境也有很大地关系。一般来说,土壤中物质的迁移是随着水分和热量的增加而增加的。安龙木咱在年均气温和降雨量上都大于其余两个地方,从而导致其中物质的迁移比较强烈。地形与地貌虽然没有给土壤提供任何新的物质,但其支配着地表径流引起地表物质与能量的再分配,从而间接影响土壤的发育。由于水自高向低流动,山地斜坡处排水较快,故土壤物质易遭受淋溶;而在低洼处,易于积水,土壤物质较易累积。这样一来,元素或氧化物的迁移能力可能与地形的变化程度成正相关。遵义虾子、花溪党武和安龙木咱在地形和地貌上分别属于低山丘陵宽谷盆地地貌、山地与丘陵相间地貌和深切峡谷地貌,所以整体上木咱土壤中元素或氧化物的迁移也比较明显。此外,由于喀斯特发育程度的不同,导致其地下水水文情况亦有差别,特别是表层带喀斯特发育,地下水丰富,对加速土壤中元素的迁移有很强的促进作用。

用。

由于安龙木咱在气候与地形地貌上都有利于土壤中元素的迁移,加上表层带喀斯特发育较强烈,故会有更多的矿物元素淋溶至平缓地带。

## 4 结论与建议

(1)在喀斯特地区,由碳酸盐岩发育而成的石灰土除了流失了大量的可溶性物质以外,还保留了一定的母岩特性。母岩中可溶性物质的溶蚀,造成较多的矿物营养元素流失,所以三地土壤矿物营养元素环境质量一般,本次研究所选择的19个矿物营养元素中,有P、S、Cl、Na、N、Ca、Mg、Si等元素表现为缺乏或不富余,而且S、Cl、Na、Ca、Mg、Si更表现为外迁迁移或向下淋溶,这样加重了浅层耕作土中这些矿物质营养元素的贫化。

(2)三个研究区中,安龙木咱土壤的矿物元素环境质量为最好,但其周边所处地质环境是三地中最差的,为典型的喀斯特地貌,地形切割强烈,土壤流失,土壤层厚最薄,周边环境石漠化较严重,也正是因为这一点,导致了处于河谷中的木咱的土壤汇集了更多的矿物营养元素。

(3)鉴于喀斯特地区缓慢的风化成土作用和脆弱的生态环境,我们要更加注重保护好当地的土壤资源,在农业生产中我们可以利用相应的矿物肥料来调整当地土壤所缺少的矿物元素,以增加农作物的产量和质量。同时积极加大植树造林力度,以增加植被覆盖率,恢复生态环境,减少石漠化对农业生产的危害。

## 参考文献

- [1] 杨小忠, 邓自民, 杨泊. 贵州岩溶石山农业地质环境及其效应[J]. 贵州环保科技, 1999, 5(3): 24-28.
- [2] 李阳兵, 王世杰, 李瑞玲, 等. 关于西南岩溶山区生态建设的一些讨论——以贵州省为例[J]. 中国岩溶, 2004, 23(1): 20-24.
- [3] 王明章, 王尚彦, 等. 贵州岩溶石山生态地质环境[M]. 北京: 地质出版社, 2005. 1-13.
- [4] 贵州省地质矿产局. 贵州省区域地质志[M]. 地质出版社, 1987.
- [5] 毕坤. 论矿物元素在农作物中的综合平衡效应[J]. 贵州地质, 1999, 15(1): 61-67.
- [6] 西南农业大学主编. 土壤学(南方版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001. 4-192.
- [7] 于天仁, 王振权主编. 土壤分析化学[M]. 北京: 科学出版社, 1988. 4. 327-336.
- [8] 王世杰, 季宏兵, 欧阳自远, 等. 碳酸盐岩风化土作用的初步研究[J]. 中国科学, 1999, 29(5): 441-449.
- [9] 李景阳, 朱立军, 王朝富, 等. 碳酸盐岩风化壳及喀斯特成土作用研究[J]. 贵州地质, 1996, 13(2): 139-145.
- [10] 李景阳, 朱立军, 梁风. 碳酸盐岩风化壳界面土层的结构和矿物学特征[J]. 中国岩溶, 2000, 19(4): 301-307.
- [11] 宋照亮. 喀斯特流域风化土作用及其矿质元素行为与环境质量[D]. 贵阳: 中国科学院地球化学研究所, 2006.
- [12] 顾尚义, 毛健全, 张启厚. 广西龙塘蚀变流纹岩风化过程中Ti、Nb、Ta、Zr、Hf、Th的活动性研究[J]. 贵州工业大学学报(自然科学版), 2002, 31(1): 14-18.
- [13] 曾昭华. 贵州生态农业土壤环境质量与作物优质高产的关系[J]. 贵州农业科学, 2005, 33(1): 87-90.
- [14] 李瑞敏, 侯春堂, 刘永生, 等. 农业地质地球化学评价的理论与方法初探[J]. 地质科技情报, 2005, 24(4): 83-86.
- [15] 陈怀满主编. 土壤环境学[M]. 北京: 科学出版社, 2006. 548-550.

## Research on the property of soil geochemistry in typical karst area in Guizhou Province

CHEN Wu<sup>1</sup>, REN Ming-qiang<sup>2</sup>, LU Zheng-yan<sup>1</sup>, WANG Ning-ning<sup>3</sup>

(1. Guizhou Geological Survey Academy, Guiyang, Guizhou 550005, China;

2. Guizhou Geologic Environment Monitoring Institute, Guiyang, Guizhou 550001, China;

3. Chongqing Institute of Geology and Mineral Resources - Guizhou Branch, Guiyang, Guizhou 550001, China)

**Abstract:** The main research object of this paper is the soil samples from three sampling sites - Dangwu in Huaxi, Xiazi in Zunyi and Muza in Anlong, in Guizhou Province. The relevant element content and the features in migration process from the rock to soil as well as the laterite-forming capacity coefficient are studied from the point of geochemistry, which shows the synthetic agro-geologic properties in the study area. Furthermore, preliminary evaluation is made on the environmental quality of the mineral nutrient elements in the paper. The results prove that leaching of mineral nutrient elements in limestone is comparatively strong with about 10 kinds of elements lower than the mid-value in China or the world, and the mineral nutrient element content is lower in the soil developed from pure limestone in particular. But the mineral nutrient element content in Anlong is higher than the other two sites for two reasons, first, the parent rock being dolomitic limestone, and second, the position of Anlong being easy to collect the elements leached out from the nearby areas. The rate of reaching standard of nutrient elements is 73.7% (Muza in Anlong), 63.1% (Xiazi in Zunyi) and 68.4% (Dangwu in Huaxi). Generally speaking, for the slow pedogenesis of carbonatite, the soil layer developed from carbonatite is thin with low nutrient content, so the soil needs being fertilized by some mineral fertilizers.

**Key words:** karst; geologic environment of the soil; nutritive element; geochemistry; Guizhou