

# 福建红壤和砖红壤性红壤的 发生和分类的探讨\*

王果 林景亮 庄卫民  
(福建农学院土化系)

## 摘 要

本文研究了发育于福建中亚热带和南亚热带 13 个土壤剖面的理化性质、微形态性质和粘粒矿物性质, 讨论了这些土壤的富铝化程度、红壤和砖红壤性红壤土类划分指标的选择及分类问题, 结果表明, 供试土壤均处于中度脱硅富铝化阶段, 但在程度上有差别。以 B 层粘粒高岭石的平均含量为主要指标, 平均硅铝率为辅助指标, 将供试土壤分为两个土类: 第一类是砖红壤性红壤, 其 B 层粘粒高岭石平均含量大于 70%, 或介于 60—70% 之间, 但硅铝率小于 2.10; 第二类为红壤, 其 B 层粘粒高岭石平均含量小于 60%, 或介于 60—70% 之间, 但硅铝率大于 2.10, 这里红壤和砖红壤性红壤的概念不完全等同于地带性土壤的概念。

在我国现行的土壤分类制中, 红壤和砖红壤性红壤与黄壤、砖红壤及燥红壤土均属富铝土纲, 它们之间的差异主要为地带性的差异<sup>[1]</sup>。迄今世界上尚未有一个公认的统一关于富铝化土壤的分类系统<sup>[2]</sup>。为了探讨红壤和砖红壤性红壤在发生和属性上的特点及其在分类上的意义, 使分类能进一步向定量化方向发展, 我们对福建南亚热带和中亚热带的红壤和砖红壤性红壤进行了研究。

## 一、供试土壤的环境特点

供试土壤为本省 12 个县(市)的 13 个剖面, 其中 01—07 号为南亚热带土壤, 08—13 号为中亚热带土壤。前者所处地区降雨量较低, 但年均气温较高; 后者所处地区的降雨量较高, 但年平均气温较低。成土母质以各种母岩的残积-坡积物为主, 兼有第四纪红土。地貌类型有丘陵、台地、低山及河谷阶地等。植被状况总的说来是中亚热带比南亚热带好。部分土壤遭受一定程度的侵蚀作用。土壤的理化性质见表 1。

## 二、结果与讨论

### (一) 土壤的富铝化程度

供试土壤的粘粒硅铝率在 1.72—2.45 之间(表 3), 绝大部分发生层的硅铝率在 1.93—

\* 本文系有第一作者硕士论文的主要部分。吴德斌副教授曾给予帮助并提出有益意见。微形态研究在南京土壤所曹开虞副研究员指导下完成。粘粒矿物分析在福建物质结构所吴镛金和福建地科所林友焕等同志的协助下完成; 矿质全量分析主要由本院中心实验室吴炳源、彭时尧等同志完成。在此一并致谢。

表 1 土壤一般理化性质 (<2mm)

Table 1 Chemical and physical properties of soils

剖面号(地点) No. (Locality)	母质 Parent material	发生层 Horizon	深度 Depth (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	有机质(%) Organic matter	代换性酸 (me./100g) Exchange acidity	代换性盐基 (me./100g) Exchange bases	有效阳离子代换量 (me./100g) F. C. E. C.	盐基饱和度(%) Base saturation	粘粒(<0.001mm 占烘干土%) Clay(<0.001mm % of oven dry soil)	土壤铁游离度* (%) Degree of segregation
01 惠安涂岭	黑云母 花岗岩	A <sub>1</sub>	0-33	5.7	0.56	1.95	2.29	4.24	54.01	12.01	68.66
		B <sub>1</sub>	33-95	5.2	0.27	2.32	1.26	3.58	35.20	23.58	65.79
		B <sub>2</sub>	95-170	5.5	0.17	1.93	0.68	2.61	26.05	10.06	67.17
		C	>170	5.7	0.16	1.46	0.67	2.13	31.46	7.67	58.16
02 泉州河市	英安质 凝灰岩	A	0-25	4.8	1.50	3.10	0.65	3.75	17.33	47.69	75.25
		B	25-130	5.2	0.31	2.94	0.31	3.25	3.69	27.12	73.74
		C	>130	5.1	0.19	2.53	0.32	2.85	11.23	24.71	72.29
03 泉州北峰	花岗岩	A	0-30	6.5	0.12	0.14	2.50	2.64	94.70	0.13	53.72
		A/B	30-100	6.7	0.11	0.18	2.19	2.37	92.41	4.57	54.85
		B <sub>1</sub>	100-170	6.7	0.27	0.21	3.82	4.03	94.79	9.86	56.44
		B <sub>2</sub>	170-270	6.9	0.11	0.23	3.54	3.77	93.90	10.20	61.94
04 漳浦佛昙	玄武岩	A	0-18	5.5	3.69	0.24	8.20	8.44	97.16	64.01	62.54
		B <sub>1</sub>	18-80	5.7	1.06	0.33	7.36	7.69	95.71	67.18	70.48
		B <sub>2</sub>	80-128	5.7	1.04	0.34	7.61	7.95	95.72	45.59	57.60
05 诏安桥东	粗砂质 第四纪 沉积物	A	0-20	6.1	1.55	0.17	2.49	2.66	93.61	9.15	63.89
		B <sub>1</sub>	20-65	5.2	0.84	0.48	0.83	1.31	63.36	18.69	72.14
		B <sub>2</sub>	65-100	5.5	0.61	0.46	0.65	1.11	58.56	29.96	84.14
		C	100-150	6.1	0.30	0.23	1.58	1.81	87.29	31.27	71.68
06 华安城关	第四纪 红土	A	0-10	4.7	2.40	4.51	0.38	4.89	7.77	35.64	81.03
		A/B	10-40	5.0	1.02	3.81	0.14	3.95	3.54	47.14	85.05
		B	40-120	5.0	2.35	3.65	0.26	3.91	6.65	39.24	86.52
		C	>120	5.0	0.37	5.75	0.23	5.98	3.85	37.58	86.71
07 龙海榜山	火山角 砾岩	A	0-25	4.8	1.67	4.95	0.14	5.09	2.75	40.04	81.82
		A/B	25-70	5.0	1.10	4.29	0.10	4.39	2.28	45.04	82.18
		B <sub>1</sub>	70-125	5.1	0.64	3.86	0.06	3.92	1.53	54.70	83.72
		B <sub>2</sub>	>125	5.1	0.58	3.21	0.12	3.33	3.60	54.83	79.09
08 崇安兴田	第四纪 红土	A	0-15	5.7	2.20	3.36	0.51	3.87	13.18	29.80	80.10
		A/B	15-41	5.9	1.28	3.16	0.20	3.36	5.95	28.22	80.15
		B	41-50	5.9	1.08	3.01	0.34	3.35	10.15	38.95	81.11
09 邵武城郊	第四纪 红土	A	0-8	6.0	3.28	2.34	2.91	5.25	55.43	10.12	>6.52
		B	8-70	5.9	0.81	2.09	1.11	3.20	34.69	14.10	>4.44
		C	70-130	5.9	0.28	0.92	1.35	2.27	59.47	5.35	69.95
10 大田东坑	黑云母 花岗岩	A	0-10	5.6	3.16	3.91	0.57	4.48	12.72	22.05	83.49
		A/B	10-60	5.9	2.02	3.72	0.21	3.93	5.34	35.62	82.70
		B <sub>1</sub>	60-95	5.8	1.03	2.90	0.22	3.12	7.05	37.56	84.58
		B <sub>2</sub>	95-125	5.8	0.73	2.73	0.16	2.89	5.54	29.77	82.51
		B <sub>3</sub>	125~	5.7	0.79	3.11	0.35	3.47	10.38	32.02	90.02
C	半风化	6.0	0.13	1.96	0.38	2.34	16.24	0.26	48.88		
11 永安坑边	石灰岩	A	0-15	7.4	2.26	0.40	4.30	4.70	91.49	34.94	89.46
		A/B	15-35	5.8	1.09	0.28	3.99	4.27	93.44	30.19	92.71
		B	35-100	5.6	0.38	2.27	0.75	3.02	24.83	33.01	94.08
12 宁化湖村	石灰岩	A	0-18	5.6	1.05	3.07	0.69	3.76	18.35	10.96	83.98
		A/B	18-53	5.5	1.04	2.26	0.47	2.73	17.22	17.34	85.35
B	53-100								15.19	82.22	
13 明溪盖洋	橄榄玄 武岩	A	0-12	4.8	6.42	5.95	1.62	7.57	21.40	41.37	48.55
		B <sub>1</sub>	12-56	5.2	0.98	1.67	0.28	1.95	14.36	58.53	42.35
		B <sub>2</sub>	56-123	5.2	0.56	1.40	0.12	1.52	7.90	50.73	31.69

注: pH用雷磁25型酸度计测定,水土比1.5:1;有机质用重铬酸钾法测定;代换性酸用1N氯化钾淋洗,滴定测定H<sup>+</sup>和Al<sup>+++</sup>;代换性盐基用1N醋酸铵提取,原子吸收光谱测定;颗粒组成用吸管法测定;游离氧化铁用连二亚硫酸钠-柠檬酸钠-重碳酸钠溶液提取,原子吸收光谱测定;全铁量用碳酸钠熔融,原子吸收光谱测定。

\* 游离度% =  $\frac{\text{游离铁}}{\text{全铁}} \times 100\%$

表 2 不同土壤元素的富集系数及迁移量

Table 2 Elemental enrichment coefficients and migration ratios in different soils

地点 (剖面 号) Loc- ality (No.)	富 集 系 数*										风化及成土过程的迁移量**(%)				
	Enrichment coefficients										Migration ratios in weathering and soil-forming processes				
	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO
01 惠安 涂岭	0.94	2.05	1.50	1.46	0.86	0.19	0.38	0.99	0.43	0.17	36.78	34.01	71.67	87.34	74.57
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> >Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> >TiO <sub>2</sub> >K <sub>2</sub> O>SiO <sub>2</sub> >MnO>Na <sub>2</sub> O>MgO>CaO>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>														
02 泉州 河市	0.93	1.82	1.76	1.17	0.40	0.06	0.28	0.26	0.01	0.17	47.05	85.53	99.29	96.96	84.36
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> >Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> >TiO <sub>2</sub> >SiO <sub>2</sub> >MnO>MgO>K <sub>2</sub> O>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> >CaO>Na <sub>2</sub> O														
03 泉州 北峰	1.00	1.16	1.25	1.21	0.86	0.67	0.34	1.03	0.37	0.33	20.29	17.83	70.75	46.45	72.47
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> >TiO <sub>2</sub> >Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> >SiO <sub>2</sub> >K <sub>2</sub> O>MnO>CaO>Na <sub>2</sub> O>MgO>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>														
04 漳浦 佛昙	0.83	1.80	2.09	1.19	1.18	0.05	0.13	0.09	0.03	0.23	60.44	95.58	98.40	97.45	93.63
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> >Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> >TiO <sub>2</sub> >MnO>SiO <sub>2</sub> >P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> >MgO>K <sub>2</sub> O>CaO>Na <sub>2</sub> O														
07 海澄 榜山	0.88	1.54	2.07	0.38	5.00	0.18	0.88	0.18	0.17	0.17	57.38	91.28	91.95	91.48	57.47
	MnO>Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> >Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> >SiO <sub>2</sub> =MgO>TiO <sub>2</sub> >K <sub>2</sub> O=CaO>Na <sub>2</sub> O=P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>														
10 大田 东坑	0.98	1.85	1.49	1.49	0.23	0.03	0.43	0.24	0.13	0.26	78.89	80.47	97.81	96.03	75.00
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> >Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =TiO <sub>2</sub> >SiO <sub>2</sub> >MgO>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> >K <sub>2</sub> O>MnO>Na <sub>2</sub> O>CaO														
11 永安 坑边	24.78	15.73	30.59	14.83	0.24	0.007	0.12	4.81	4.80	0.43	18.97	84.30	84.30	99.98	99.61
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> >SiO <sub>2</sub> >Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> >TiO <sub>2</sub> >K <sub>2</sub> O>Na <sub>2</sub> O>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> >MnO>MgO>CaO														
13 明溪 盖洋	0.85	2.35	2.21	1.25	1.18	0.01	0.09	0.15	0.03	0.55	61.59	93.17	98.80	99.44	95.94
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> >Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> >TiO <sub>2</sub> >MnO>SiO <sub>2</sub> >P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> >K <sub>2</sub> O>Na <sub>2</sub> O>MgO>CaO														

\* 富集系数 =  $\frac{\text{土壤中元素的含量(各层算术平均数)}}{\text{母岩中元素的含量}}$  (土壤指 < 2mm 样本);

\*\* 迁移量计算公式:  $i = \frac{i_2 - i_1}{i_1} \times 100\%$   $i_2 = r \times \frac{\text{母岩中 Al}_2\text{O}_3 \times 100\%}{\text{土壤中 Al}_2\text{O}_3}$  其中:  $i$  为氧化物从母岩风化过程中迁移的重量%;  $i_1$  为母岩氧化物的重量%;  $i_2$  为 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 在不变情况下土壤中氧化物的重量%;  $r$  为土壤氧化物的重量%。

2.28 之间,大部分剖面中已无明显可风化物存在;粘粒矿物以高岭石为主,部分剖面有少量三水铝石出现;盐基强烈淋失,硅的迁移程度中等,铁、铝相对聚积,但未发现明显的铁子和铁盘(表 2)。这些结果均表明,供试土壤尚处中度脱硅富铝化阶段<sup>[7]</sup>,但各剖面的富铝化程度有差异。分析这些差异,可发现供试土壤的富铝化程度不仅与现代气候条件有关,还与古气候条件、地形条件及母质堆积年代有关。

01 号、03 号和 10 号剖面都是发育于花岗岩土壤。从表 2 可见,3 个剖面的钠、钙、镁都已遭受相当强烈的淋失。03 号剖面钾的迁移量最低,为 17.83%。硅的迁移量是 03 号(20.29%) < 01 号(36.78%) < 10 号(78.89%)。铁的富集系数是 01 号(2.05) > 10 号(1.85) > 03 号(1.16);铝的富集系数亦是 01 号(1.50) > 10 号(1.49) > 03 号(1.25)。铁的游离度是 03(53.72%—61.94%) < 01 号(58.16%—68.66%) < 10 号(48.88%—90.02%),10 号剖面中以 B<sub>3</sub> 层最高(表 1)。微形态研究表明,03 号剖面下部尚有未完全风化的黑云母及斜长石(照片 2)。粘粒高岭石含量是 01 号剖面最高(72.52—88.64%),03 号和 10 号剖面较低(分别为 64.86—81.48% 和 66.07—78.70%,半风化体除外)。这些性质表明,10 号和 01 号剖面的脱硅富铝化程度较 03 号剖面高。10 号剖面地处中亚热带,却具有较高的富铝化程度,这与古气候条件有关,该剖面从 A 层到 B<sub>3</sub> 层,颜色从暗棕

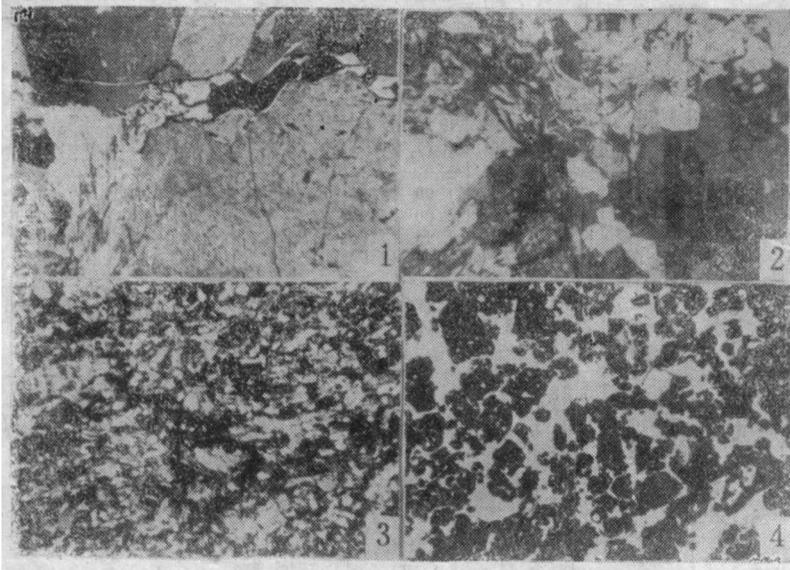
表3 粘粒的主要分子比率和矿物组成

Table 3 Molar ratios and clay minerals in clay (<0.001mm) fraction

剖面号 No.	母质 Parent material	发生层 Horizon	深度 (cm) Depth	主要分子比率 Main molar ratios			几种矿物的含量* Contents of several clay minerals					矿物组成** Composition of clay minerals
				SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> / R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Kaol.	Mml.	Go.	Ms.	Gibb	
01	黑云母 花岗岩	A B <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C	0-33	2.13	30.63	1.99	78.38	6.59	4.33	5.63	0.64	高岭石为主, 蛭石, 伊利 石, 石英, 赤铁矿
			33-95	2.15	29.40	2.00	72.52	4.54	4.67	7.08	2.60	
			95-170	2.07	34.52	1.95	85.98	2.22	3.75	4.71	0.48	
			>170	2.06	42.96	1.96	88.64		3.18	4.15	0.48	
02	英安质 凝灰岩	A B C	0-25	2.03	17.13	1.81	83.71		7.26	5.97	0.55	高岭石为主, 石英, 少量伊 利石
			25-130	2.11	18.31	1.89	80.31	4.75	6.98	5.83	0.31	
			>130	2.03	16.00	1.80	79.93		7.68	5.51	4.94	
03	花岗岩	A A/B B <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	0-30	2.28	21.97	2.07	64.86	9.60	5.93	10.76	1.13	高岭石为主, 伊利石, 埃洛 石(7Å), 石英
			30-100	2.28	23.77	2.08	71.84	10.01	5.56	7.86	0.32	
			100-170	2.17	21.44	1.97	78.51	5.17	6.23	6.90		
			170-270	2.17	22.12	1.97	81.48		5.80	4.96		
04	玄武岩	A B <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	0-18	2.12	6.36	1.61	70.69		16.28	2.46	0.97	高岭石, 埃洛石(7Å)为 主, 针铁矿, 赤铁矿
			18-80	2.08	5.85	1.57	71.08		17.81	1.55	2.10	
			80-128	2.09	5.87	1.54	67.02	0.21	18.12	2.06	0.77	
05	粗砂质 第四纪 沉积物	A B <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C	0-20	2.27	37.75	2.14	71.63	10.20	3.54	10.44		高岭石为主, 石英, 少量伊 利石和赤铁矿
			20-65	2.24	37.10	2.11	65.87	11.13	3.54	12.33	1.63	
			65-100	2.20	35.05	2.07	72.41	9.16	3.65	10.96	0.65	
			100-150	2.18	41.17	2.07	76.79	8.00	3.49	8.41	0.65	
06	第四纪 红土	A A/B B C	0-10	2.16	9.99	1.78	71.74	7.57	12.31	3.64	0.53	高岭石为主, 次生绿泥石, 针铁矿, 赤铁矿
			10-40	2.07	8.46	1.67	73.94	2.85	13.80	3.35	0.77	
			40-120	1.92	7.48	1.53	75.92		14.88	3.61	2.31	
			>120	2.07	8.38	1.66	75.13	5.27	16.48	1.52	0.46	
07	火山角 砾岩	A A/B B <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	0-25	2.09	28.44	1.95	80.84	4.24	4.56	6.92	0.64	高岭石为主, 次生绿泥石, 三水铝石, 少量赤铁矿
			25-70	2.09	29.00	1.95	79.96	3.43	4.43	6.78	1.21	
			70-125	2.12	33.36	2.00	81.88	5.54	3.74	4.97	0.48	
			>125	2.10	31.26	1.97	82.83		4.27	6.79	0.58	
08	第四纪 红土	A A/B B	0-15	2.12	11.86	1.80	67.32		9.78	15.85	0.48	高岭石为主, 蛭石, 针铁 矿, 石英, 少量伊利石和赤铁 矿
			15-41	2.12	12.13	1.80	66.44		10.35	17.30	0.16	
			41-50	2.15	11.36	1.81	65.98	2.27	10.50	15.65	0.32	
09	第四纪 红土	A B C	0-8	2.45	11.73	2.02	42.07	17.92	10.26	24.24	0.65	高岭石为主, 石英, 针铁 矿, 赤铁矿, 蛭石, 伊利石
			8-70	2.17	7.00	1.66	57.84		16.34	18.67		
			70-130	2.34	8.68	1.85	47.68	11.45	14.13	22.10	0.48	
10	黑云母 花岗岩	A A/B B <sub>1</sub> B <sub>2</sub> B <sub>3</sub> C	0-10	2.16	10.61	1.79	66.07	4.62	11.75	12.60	0.31	高岭石为主, 次生绿泥石 (表层较多), 三水铝石(底层 较多), 针铁矿, 石英, 赤铁矿
			10-60	2.10	10.86	1.76	68.72		11.10	13.19	0.63	
			60-95	2.03	11.31	1.72	71.78		10.27	12.36	0.71	
			95-125	1.95	12.07	1.68	68.86		9.76	12.41	4.35	
			125- 半风化体	1.93	11.36	1.65	78.70	23.66	10.26	1.22	5.43	
11	石灰岩	A A/B B	0-15	2.17	6.92	1.65	66.96	4.41	16.53	6.78	0.76	高岭石为主, 针铁矿, 蛭 石, 赤铁矿, 石英, 少量三水 铝石
			15-35	1.85	6.08	1.42	67.24		17.62	5.86	2.47	
			35-100	2.04	6.44	1.55	66.37		17.18	5.73	2.17	
12	石灰岩	A A/B B	0-18	2.08	8.28	1.66	55.80		13.70	12.33	3.82	次生绿泥石为主, 高岭石, 三水铝石, 石英, 少量赤铁矿
			18-53 53-100	2.13	8.46	1.70	58.47		13.58	12.22	2.61	
13	橄辉玄 武岩	A B <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	0-12	2.05	6.39	1.55	72.21		17.72	2.70		赤铁矿, 埃洛石(7Å) 高 岭石为主, 针铁矿, 三水铝石 少量
			12-56	1.98	4.31	1.36	64.95		22.87	3.41	1.42	
			56-123	1.99	4.02	1.33	63.23		23.90	3.81	1.85	

\* 粘粒矿物的含量以粘粒全量分析数据为基础, 按参考文献[8]方法计算。Kaol.: 高岭石; Mml.: 包括蒙脱石, 绿泥石和蛭石; Go.: 针铁矿(含赤铁矿); Ms.: 伊利石及白云母; Gibb: 三水铝石。

\*\* 粘粒矿物组成用X射线衍射鉴定(分风干样和K<sup>+</sup>饱和样两种)。



照片 1 03 号, 170—270 cm, 以骨骼颗粒(石英、云母、正长石)为主要的土壤基体(正交偏光,  $\times 25$ )

Photo 1 (Soil No. 3) S-matrix dominated by skeleton grains (Quartz, mica, orthoclase) in depth of 170—270cm. (crossed polarised light,  $\times 25$ )

照片 2 03 号, 100—170 cm, 骨骼颗粒中的石英、正长石、斜长石及未完全风化的黑云母(正交偏光,  $\times 25$ )

Photo 2 (Soil No. 3) Quartz, orthoclase, plagioclase and unweathered biotite as skeletons in depth of 100—170cm. (crossed polarised light,  $\times 25$ )

照片 3 09 号, 70—130 cm, 骨骼颗粒中的石英、白云母及未完全风化的黑云母(正交偏光,  $\times 25$ )

Photo 3 (Soil No.9) Quartz, muscovite and unweathered biotite as skeletons in depth of 70—130cm. (crossed polarised light,  $\times 25$ )

照片 4 13 号, 13—56 cm, 发育良好的微团聚体和团聚性孔隙(单偏光,  $\times 25$ )

Photo 4 (Soil No. 13) Well-developed macroaggregates and aggregative voids in depth of 13—56cm. (plane transmitted light,  $\times 25$ )

灰(7.5YR4/2)到红棕色(5YR5/8), 其他属性(硅铝率、高岭石含量和铁游离度见表 1 和 3) 也表明该剖面的富铝化程度有从 A 层到 B<sub>3</sub> 层逐渐增强的趋势。我们认为上述现象是由于该剖面经历了较暖湿的古气候的作用, 形成了富铝化程度较高的风化壳, 而后被抬升到现在的高度。过去的风化壳在新的生物气候条件下发生了变化, 主要表现为氧化铁矿物的水化作用及复硅作用。表层受现代条件的影响最为显著, 故变化也最明显, B<sub>3</sub> 层受影响最小, 故几乎无明显变化。03 号剖面的形成与侵蚀作用密切相关。严重的侵蚀流失了土体中大部分细粒物质, 使土壤中骨骼颗粒占优势<sup>[3]</sup>, (照片 1)。粘粒含量极低(0.13—10.20%, 见表 1), 同时也给土壤带来盐基物质, 使土壤盐基饱和度增高(92.41—94.79%)。

同是发育于第四纪红土的 06 号、08 号和 09 号剖面, 以 09 号剖面的高岭石含量最低(42.07—57.84%), 铁的游离度最低(69.95—76.52%), 而粘粒硅铝率则较高(2.17—2.45)(见表 1, 3); 剖面下部尚有未完全风化的黑云母(照片 3); 基质为胶凝基质<sup>1)</sup>。06 号剖

1) 胶凝基质和高度胶凝基质为较高度和高度风化土壤所特有的土壤基质<sup>[3]</sup>。

面的高岭石含量和铁游离度均较高,分别为 71.74—75.92% 和 81.03—86.71%;粘粒硅铝率较低,为 1.92—2.16(表 1、3);基质为胶凝-高度胶凝基质。08 号剖面的各项性质介于二者之间。这表明 06 号剖面的富铝化程度较 09 号为强,08 号则居中。这种差异除与现代气候条件有关外,地形和母质堆积年代也是十分重要的因素。06 号剖面位于高出河面 100 多米的低丘中部,海拔 170 米。若以阶地级数论,至少相当于二级阶地。淋溶条件好,母质堆积年代久远,有利于富铝化作用的进行。08 号剖面位于一级阶地与二级阶地之间的坡地上,海拔 140 米,淋溶条件尚好,但母质堆积年代不如 06 号剖面之久。09 号剖面位于一般阶地上,淋溶条件较差,还可能接受坡地上部物质的堆积,母质堆积年代也较近,故该剖面的富铝化程度较低。13 号剖面微团聚体发育最好,薄片孔隙总面积约占 35% (照片 4),这与母岩特性有关<sup>[3]</sup>。

## (二) 土壤分类

富铝化程度是富铝化土壤分类的基础,定量分类的关键就是如何选择合适的定量指标。我们认为,按照发生学原则去寻找与土壤发生过程有关的土壤属性作为分类指标是比较合理的。高级分类单元中土类的划分指标应是那些能反映土壤发生特点的、比较稳定的、并尽可能有较多的辅助特性的土壤属性。

本文基于以上研究,对于一些可能用于分类的指标作如下讨论:

1. 元素的迁移与富集系数 元素的迁移与富集状况常被用于衡量土壤的发育程度,但它的可靠性依赖于三个条件:(1)具有一定的参比基础(层次);(2)整个剖面必须从均一母质上发育而成;(3)含有稳定的指示组分。虽然本文计算元素的迁移与富集的参比基础是母岩,但由于母质的成因不同,有的剖面也未必是从均质的母质上发育而成,也并非是很稳定的  $Al_2O_3$  为指示组分,因此,元素的迁移和富集系数只能粗略地衡量供试土壤的发育程度,不宜作为定量指标。

2. 铁游离度 铁游离度也是一个常被用于衡量土壤发育程度的指标<sup>[9]</sup>。但许多研究表明它随母质、古气候等条件的变化而发生明显的变异<sup>[4,9]</sup>。就供试土壤而言,土壤铁游离度也深受母质的影响(表 1)。虽然可以用它来说明在同类母质上所形成土壤的发育度,但用它来说明不同母质上土壤发育度是有困难的。如橄榄玄武岩上发育的 13 号剖面的铁游离度仅为 31.69—48.55%,远低于其他母质上发育的土壤。然而,该剖面的发育度却不比其他土壤低。因此,铁游离度也不宜作为供试土壤的土类一级的分类指标。

3. 盐基饱和度 盐基饱和度与土壤发育度有一定关系,但它毕竟是一个易变的指标。处于坡地中、下部的土壤可能因携带盐基物质的地表径流的进入而升高,人为活动也容易影响盐基饱和度,因而这一指标在发生学上和实践中仍是有疑义的<sup>[10]</sup>。Eswaran (1980) 也指出:由于氧化土的阳离子代换量低,盐基饱和度的意义不大,所以一般的看法是把它降为较低级分类单元的指标<sup>[11]</sup>。供试土壤的盐基饱和度变异很大(表 1),与土壤的发育度没有太大联系。因此它不宜作为供试土壤土类一级的主要分类指标。

4. 阳离子代换量 不少国家的分类系统采用阳离子代换量作为分类的指标。阳离子代换量,特别是粘粒的阳离子代换量,可在一定程度上反映土壤的发育度。供试土壤 B 层平均有效阳离子代换量(表 4)普遍较低,这与土壤总的发育度是相符的,但还存在着一些矛盾。如 04 号剖面与 13 号剖面的 B 层平均有效阳离子代换量分别为 7.82 me/100g ±

表 4 P 层的几个平均指标\*

Table 4 Several average indices of B horizons

剖面号 No.	高岭石平均含量(%) Average Kaolinite content in clays	平均硅铝率 Average silica-alumina ratio in clays	平均有效阳离子代换量 (me/100g soil) Average E. C. E. C. in soils
01	79.25	2.11	3.10
02	80.31	2.11	3.25
03	80.00	2.17	3.90
04	69.05	2.08	7.82
05	69.14	2.22	1.21
06	75.92	1.92	3.91
07	82.36	2.11	3.63
08	65.98	2.15	3.35
09	57.84	2.17	3.20
10	70.32	1.97	3.31
11	66.37	2.04	3.02
12	58.47	2.13	2.73
13	64.09	1.98	1.74

\* B 层指 A 层、AB 层、BC 层和 C 层以外的心土层。以上均为算术平均值。

和 1.74 me/100g $\pm$  (表 4), 相差甚远, 但二者的富铝化程度却相近; 04 号剖面的 B 层平均有效阳离子代换量最高, 但其发育度并非最低; 05 号剖面的 B 层平均有效阳离子代换量最低, 仅 1.21 me/100g $\pm$ , 但其发育度远非最高。

5. 粘粒硅铝率 早在二十年代粘粒硅铝率和硅铁铝率就被认为是土壤矿物化学的一个重要参数, 曾广泛地被用于鉴定矿物类型<sup>[12]</sup>。不少研究者认为红壤的发育程度可用粘粒硅铝率和硅铁铝率作为划分的依据。供试土壤的硅铝率能在一定程度上反映土壤的发育度, 但 B 层粘粒平均硅铝率的差异不明显, 分辨力不强, 容易混淆。

6. 粘粒矿物 土壤的矿物学性质向来被认为是反映风化程度的一个重要标准。一定的风化强度与一定的残余矿物和次生矿物的类型和比例相适应<sup>[6]</sup>。Jackson 等(1964)划分了 13 个风化阶段及其相应的主要矿物的典型组合, 清楚地反映了矿物和风化阶段的关系<sup>[6]</sup>。对热带亚热带年龄古老, 且植被大都遭受不同程度破坏的土壤而言, 矿物质是土壤的主要组成部分, 尤其是粘粒部分它对土壤的性质起了主要的支配作用。因此, 土壤中矿物的分解、转化及形成过程可以在很大程度上反映富铝化过程。我国富铝化土壤的粘粒矿物研究表明, 红壤地带内高岭化作用逐渐增强; 赤红壤地带内高岭石占绝对优势; 砖红壤地带的主要矿物与红壤、赤红壤无本质区别, 只表现为量上的增减<sup>[11]</sup>。就美国系统分类制而言, 高岭石最大量地出现于老成土与淋溶土中。从老成土到氧化土, 粘粒矿物的转变趋向相当一致, 其差异主要反映在转化强度上, 而不是在种类上<sup>[13]</sup>。

上述结果表明, 在热带亚热带土壤中, 特别是在富铝化程度不太深的土壤中, 主要粘粒矿物都是高岭石, 其他矿物居次要地位。粘粒矿物在不同风化程度的富铝化土壤中的差异主要表现为以高岭为主的量上的差异, 而不是种类和组合的差异, 所以用粘粒高岭石的含量去衡量富铝化程度, 特别是对富铝化程度不太深的土壤, 在理论上是可行的。目前用仪器分析直接测定高岭石含量不仅手续繁琐, 且不同方法的测定结果还有较大差异。

本文采用 L. Van Der Plas 提出的以矿质全量分析资料为基础来计算矿物含量的方法计算了粘粒中矿物的相对含量<sup>[8]</sup>。与粘粒硅铝率相比, 它的优点在于考虑了粘粒中各种化学成分的综合状况, 而硅铝率仅是粘粒中  $\text{SiO}_2$  与  $\text{Al}_2\text{O}_3$  分子的比例, 未考虑它们是以何种矿物形态出现, 也不考虑它们与其他化学成分的关系。其次, 从粘粒硅铝率作为土壤发育度的指标的历史来看, 它在这方面的作用还与它在鉴别矿物类型方面的作用有关, 但其可靠性不如定量计算的结果。供试土壤在粘粒高岭石含量方面的差异较显著, 所反映的土壤发育度与前面讨论的结果大致相符, 但也有些矛盾的地方。如 03 号剖面粘粒的高岭石含量较高, 这与发育度有些矛盾。该剖面母质和土壤属性均较复杂, 粘粒含量太低。对这类土壤还应进一步研究。

根据以上讨论, 我们选择 B 层粘粒高岭石平均含量为供试土壤土类一级的主要划分指标。为避免单一指标的片面性, 我们选用 B 层粘粒平均硅铝率为辅助指标, 指标选定后, 还存在确定不同土壤类型间的分割点问题, 这最好是通过大量资料的统计而求得。这里我们仅就以上的讨论, 结合土壤的具体情况, 暂按如下标准进行供试土壤类型的划分:

(1) 在 B 层粘粒高岭石平均含量大于 70%, 或介于 60—70% 之间, 平均硅铝率小于 2.10, 则划为砖红壤性红壤土类。这类土壤有 01 号、02 号、03 号、04 号、06 号、07 号、10 号、11 号、13 号等 9 个剖面。

(2) 在 B 层粘粒高岭石平均含量小于 60%, 或介于 60—70% 之间, 平均硅铝率大于 2.10, 则划为红壤土类。这类土壤有 05 号、08 号、09 号、12 号等 4 个剖面。

### 参 考 文 献

- [1] 李庆逵主编, 1983: 中国红壤。科学出版社。
- [2] 赵其国, 1983: 热带土壤发生与分类研究进展。土壤学进展, 第 1 期, 1—13 页, 第 2 期, 1—18 页。
- [3] 曹升康, 1986: 我国红壤的微形态特征。土壤专报, 第 40 号, 1—28 页。
- [4] 龚子同等, 1983: 华中亚热带土壤。湖南科技出版社。
- [5] 熊毅等, 1983: 土壤胶体。科学出版社。
- [6] 柯夫达(陆宝树等译), 1983: 土壤学原理。上、下册。科学出版社。
- [7] Mohr E. C. T. et al., 1972: Tropical Soils; Mouton-ichtiar baru-van hoeve, the Hague.
- [8] L. Van Der Plas et al., 1970: Petrochemical calaulations applied to soils-with special reference to soil formation. Geoderma, 4: 357—385.
- [9] Torrent J. et al., 1980: Iron oxide mineralogy of some soils of two river terrace sequences in spain. Geoderma, 23: 191—208.
- [10] Buol S. W. et al., 1973: Soil genesis and classification. Iowa State University Press, Ames.
- [11] Theng B. K. G. (editor), 1980: Soils with variable charge. Soil Bureau, Department of Scientific and Industrial Research, Lower hutt.
- [12] Tan K. H. et al., 1982: Silica-sesquioxide ratios as aids in characterization of some temperate region and tropical soil clays. Soil Sci. Soc. Am. J., 46: 1109—1114.
- [13] Wilding L. P. (editor) et al., 1983: Pedogenesis and Soil toxonomy. Elsevier. Amsterdam-Oxford-New York.

# STUDY ON THE GENESIS AND CLASSIFICATION OF RED EARTH AND LATERITIC RED EARTH IN FUJIAN PROVINCE

Wang Guo, Ling Jingliang and Zhang Weiming

(Department of Soil Science and Agricultural Chemistry of Fujian Agricultural College)

## Summary

This paper deals with the physical, chemical, micromorphological, and mineralogical properties of thirteen profiles of soils developed in the southern subtropical region and the central subtropical region in Fujian. The degree of allitic weathering, selection of indices for dividing soil groups, and classification of these soils are discussed.

These soils are all in the moderate allitic stage, but with more or less different degrees of development. As for the allitic soils which have not yet deeply weathered, kaolinization can reflect the soil development degree to a great extent. Thus, the average kaolinite contents of clays in B horizons have been chosen as the main index for dividing soil groups, and the average silica-alumina ratios of clays in these horizons as the accessory index.

All the soils have been divided into two groups. The first is the group of lateritic red earths, of which the average kaolinite contents of clays in B horizons are more than 70%, or the average silica-alumina ratios of clays in B horizons are less than 2.10 when the kaolinite contents are between 60% and 70%. The second is the group of red earths, of which the average kaolinite contents of clays in B horizons are less than 60%, or the average silica-alumina ratios of clays in B horizons are more than 2.10 when the kaolinite contents are between 60% and 70%. The distribution of the two groups soils does not entirely conform with the zonality.

## 国外新书简介

书 名	作(编)者	出版年份
1. Fertilizer Technology and Use (第三版, 633 页)	O. P. Engelstad	1985
2. The Human Impact on Natural Environment (第二版, 338 页)	A. Goudie	1986
3. Manual of Soil Laboratory Testing Vol.3 Effective stress tests (495 页)	K. H. Head	1986
4. Studies about Humus (二卷, 499 页)	B. NOVAK	1985
5. Agricultural Nonpoint Source Pollution-Model Selection and Application (409 页)	A Giorgini and F. Zingales	1986
6. Rates of Chemical Weathering of Rocks and Minerals (603 页)	S. M. Colman and D. P. DETHIER	1986
7. Micronutrients in Tropical Food Crop Production (260 页)	P. L. G. Vlek	1985