

滇桂地区变性土的发生特性 和系统分类研究*

仇 荣 亮

(中山大学环境科学系, 510275)

熊 德 祥 黄 瑞 采

(南京农业大学)

摘 要

本文研究了我国西南地区变性土的形成条件和发育程度,并结合世界主要分类系统进行了分类研究。结果表明,相对于地带性土壤而言,变性土风化成土作用较弱,发育程度较低,土壤中元素的淋溶迁移及相对富集程度也远低于地带性土壤。由于粘粒含量尤其是粘粒矿物组成的差异,变性土表现出极高的膨胀潜势。通过研究,本文还对我国土壤系统分类中变性土土纲、亚纲、土类的划分标准和依据及变性土性土的确立等提出了见解。

关键词 变性,发生特性,系统分类

作为美国土壤系统分类的十大土纲之一^[1],变性土也是世界土壤图 26 个制图单元之一^[2]。中国土壤系统分类^[3]根据一系列研究^[4-7]将变性土以土纲地位列入分类系统,肯定了此类土壤在我国的存在及其分类地位。然而,由于我国系统分类起步较晚,同时,作为一种主要取决于地形和母质的隐域性土壤,变性土很难在地理发生分类系统中找到相应的位置,因此土壤学界对变性土的认识较少,要建立一套完整的分类系统尚缺乏足够的资料和证据。本文旨在通过研究变性土及变性土性土在我国西南地区的分布特点和发生特性,阐明变性土与地带性土壤发生上的差异性与特殊性,为该类土壤的系统分类和合理利用提供依据。

一、材料与方 法

在广泛调查和采样的基础上,本文选取了七个典型剖面,其分布及所处的地理环境见表 1。

研究方法主要参照系统分类制实验室统一工作方法^[11]。颗粒分析用吸管法,胀缩度用膨胀仪法,COLE 值测定用 Saran 树脂法,并以针管法^[10]相对照;微形态研究用不饱和聚脂树脂法固结土壤,磨至标准厚度后偏光显微镜下鉴定;pH 用 1:1 水土比 Beckman pH 计测定;CEC 用醋酸铵法;游离氧化物用 DCB 法提取,原子吸收分光光度计测定;粘粒矿物用 Na_2CO_3 分散沉降法分离 $< 2\mu\text{m}$ 粘粒,

* 本项研究得到高校博士生专项基金资助,野外采样过程承蒙云南省农科院李坤阳、云南农业厅王文富、广西农业大学谢传维、陈美华、丁玉治等人协助,特此致谢。

表 1 供试样本所在地的地理环境

Table 1 Geological environments of soil sampling areas

剖面号 Profile No.	地点 Location	土壤普查定名 Soil type	经度和纬度 Longitude and latitude	海拔 Altitude (m)	地貌特征 Geomorphologic features	成土母质 Parent material	植被类型 Vegetation	年均温 (°C) Mean annual temperature	年降雨量 (mm) Precipitation	年潜在蒸腾 (mm) Annual potential transpiration	全年干旱月 Annual arid months	
											所在月 Month	共计月数 Total months
No. 2	广西百色	沼泽土	E106°41' N23°54'	151.0	右江谷地缓坡中部 坡度 5--10°	第三纪-第四纪湖积母质下伏第三纪页岩	草本白茅, 青香茅为主的自然植被	21.5	1139.9	1954.5	九月上 旬至次年 六月初	9.5
No. 3	广西田东	沼泽土	E106°43' N23°52'	132.0	右江谷地缓坡丘陵低洼地带及缓坡顶部 坡度 3--10°	第三纪-第四纪湖相母质	夏作双季稻或旱作甘蔗冬闲	21.9	1174.5	1901.8	九月上 旬至次年 六月初	9.5
No. 15	云南砚山	水稻土	E104°20' N23°31'	1560.0	溶蚀平原区低洼部位 坡度 3--5°	第四纪湖积冲积物	夏作水稻冬闲	16.1	996.4	1948.5	八月中 旬至次年 六月中旬	10.0
No. 5	广西上思	红壤	E107°03' N22°07'	170.0	明江谷地缓坡中上部 坡度 1--3°	第四纪红土下伏第三纪层序群内陆相沉积物	夏作甘蔗冬闲	21.3	1203.4	1680.7	九月中 旬至次年 五月中旬	8.0
No. 10	云南曲靖	水稻土	E103°05' N25°32'	1898.7	高原盆地边缘三岔坝中心低洼部位地势平坦	第四纪灰色粘土	稻麦一年两季	14.5	1007.8	751.6	十二月 至次年四 月	5.0
No. 14	云南蒙自	石灰土	E102 56' N23°34'	1282.0	草坝湖积盆地中部, 地势平坦	第四纪湖积冲积地层, 下伏第三纪泥灰岩	夏作水稻可见蒿等碱性指示植被	18.6	814.4	2380.2	除 8 月 中旬外的 所有月份	11.5

加热条件下用 DCB 提取剂去铁,制成镁饱和甘油定向片后在 X 射线衍射仪上用 Cu 靶,20kV、5mA 条件下测得衍射图谱,并取粘粒悬液在透射电镜下观察;全量分析分别取 80 目细土及 $<2\mu\text{m}$ 粘粒按石墨坩埚快速熔样法制备待测液,其中 SiO_2 用重量法, TiO_2 用变色酸法, Al_2O_3 用 KF-EDTA 法, K_2O 、 Na_2O 、 CaO 、 MgO 、 Fe_2O_3 、 MnO 用原子吸收光谱法, P_2O_5 用钼锑抗比色法。

二、结果与讨论

(一) 土壤剖面形态特征

由表 2 可知,剖面 2、3、4 和 15 土层呈黑至暗灰黑色,干湿态亮度及彩度均较低,个别底层由于下伏第三纪泥岩风化物,颜色有较大差异。剖面干季开裂相当明显,发生层次均为楔块状结构,且结构体表面可观察到密集交织的滑擦面。其它剖面颜色较浅,彩度和亮

表 2 土壤形态特征
Table 2 Morphological features of the soils

剖面号 Profile No.	地点 Location	深度 (cm) Depth	土色 ¹⁾ soil color		有机质(%) Organic matter	土壤结构 Structure	开裂状况 Crack
			湿态 Moist	干态 Dry			
No. 2	广西 百色	0-9	5Y 2.5/2	5Y 3/2	5.47	团粒	明显
		9-57	5Y 2.5/2	5Y 3/2	3.77	楔块状	明显
		57-115	10YR 5/8	10YR 7/6	0.39	紧实无结构	未见开裂
No. 3	广西 田东	0-12	5Y 2.5/2	5Y 3/2	4.21	团粒	明显
		12-40	5Y 2.5/2	5Y 3/2	2.46	块状	可见(水分含量高)
		40-70	5Y 2.5/2	5Y 3/2	1.14	楔块状	可见(水分含量高)
No. 4	广西 田东	0-4	5Y 2.5/2	5Y 3/2	3.81	团粒	明显
		4-65	5Y 2.5/2	5Y 2.5/2	3.03	楔块状	明显
		65-85	5Y 2.5/2	5Y 2.5/2	1.91	楔块状	明显
		85-	10YR 6/6	2.5Y 8/6	0.28	略有水平层理	未见开裂
No. 15	云南 砚山	0-12	5Y 3.5/1	5Y 3/1	2.08	团粒	较宽
		12-35	5Y 3.5/1	5Y 3/1	1.03	楔块状	明显
		35-90	5Y 6/1	5Y 7/1	0.58	楔块状	明显
No. 5	广西 上思	0-17	5YR 4/6	5YR 5/8	2.44	粒状	明显
		17-58	5YR 4/6	2.5Y 7/3	1.19	块状	干时较宽
		58-102	2.5Y 7/3	2.5Y 8/3	0.89	粘重无结构	干时可见
No. 10	云南 曲靖	0-10	2.5Y 5/2	2.5Y 7/3	1.76	棱柱形(夹小楔块)	较宽
		10-30	5Y 4/1	2.5Y 7/3	1.04	棱柱形(夹小楔块)	明显
		30-50	5Y 4/1	2.5Y 7/3	1.40	棱柱形	明显
		50-80	5Y 4/1	2.5Y 7/3	0.43	棱柱形	可见
		80-110	2.5Y 8/4	2.5Y 8/3	0.30	柱状	可见
No. 14	云南 蒙自	0-25	5YR 4/4	5YR 5/4	2.04	团粒	明显
		25-80	5YR 5/7	5YR 5/8	0.44	柱状	明显
		80-110	2.5Y 7/3	2.5YR 5/8	0.27	紧实无结构	未见开裂

1) 土色测定使用华中农学院“标准色卡”。

度较低楔块状结构不明显,但旱季开裂也均很突出,剖面 14 甚至可达 5—10 cm 左右宽。

研究表明: (1) 剖面 2、3、4、15 和 10 的亚层中有大量连通或斜向排列的面状孔隙和裂纹存在,并将土体分割成棱角状的二级结构体(照片 1),剖面 5 和 14 以孔道和孔洞为主,但有一定量的裂隙尤其是裂纹仍反映了膨胀收缩作用的影响。(2) 剖面 2、3、4、15 和 10 中均有大量应力胶膜存在,其种类丰富(照片 2、3、4),多表现为亮线状、纤维状、束状及格子状排列。剖面 5、14 亚层中观察到大量淀积胶膜及少量应力胶膜和扩散胶膜反映出粘粒移动淀积及季节性干湿交替的双重影响,且应力胶膜使淀积胶膜受扰动并大量破碎。(3) 铁锰形成物所有层次均有存在,反映了干湿季节交替或先前的水化条件。而碳酸盐在剖面 2、3、4 和 15 中也较为明显,上层多为晶膜、晶管、底层则多为凝团、凝块甚至结核,说

表 3 土壤膨胀收缩特性与基本理化性质

Table 3 Swell-shrink features and basic physical and chemical properties of the soils

剖面号 Profile No.	层次 Depth (cm)	粘粒 Clay <0.002mm (%)	粘化率 Clay ratio	胀缩度 Swell- shrink degree (%)	线性胀缩系数		pH (1:1H ₂ O)	CEC (cmol/kg)	铁游离度 Fe _d /Fe _t (%)
					1) COLE _{rod}	2) COLE _{std}			
No. 2	0—9	68.68	1.00	37.70	0.1347		7.79	36.45	46.24
	9—57	63.18	0.92	44.65	0.1453	0.1123	7.85	44.50	65.71
	57—110	69.22	1.01	47.78	0.1307		8.08	24.75	39.48
No. 3	0—12	67.40	1.00	46.94	0.1627		7.68	48.71	53.23
	12—40	68.64	1.02	55.91	0.1483	0.1217	7.87	46.36	70.78
	40—70	76.81	1.14	55.94	0.1530		8.07	47.74	47.54
No. 4	0—4	61.38	1.00	45.43	0.0989		7.74	38.88	72.95
	4—65	63.55	1.04	39.51	0.1349	0.1007	7.56	42.41	64.19
	65—85	61.99	1.01	42.58	0.1298		7.69	41.10	56.01
	85—	79.02	1.29	51.24	0.1261	0.0985	7.92	23.09	52.37
No. 15	0—12	49.04	1.00	44.46	0.1141		6.15	20.72	48.87
	12—35	49.35	1.01	45.47	0.1342	0.1054	7.03	22.75	41.40
	35—90	64.83	1.32	62.37	0.1011		7.03	23.27	49.16
No. 5	0—17	39.45	1.00	23.93	0.0570		4.88	13.91	62.12
	17—58	69.29	1.76	31.20	0.0732	0.0593	4.76	23.63	86.35
	58—102	74.74	1.89	28.55	0.0759		5.17	24.75	88.36
No. 10	0—10	41.48	1.00	33.65	0.0865		7.04	12.72	37.64
	10—30	48.90	1.18	26.55	0.0856		7.09	10.89	39.66
	30—50	48.61	1.17	27.61	0.0826	0.0605	7.11	12.27	37.41
	50—80	40.68	0.98	28.12	0.0986		7.13	10.93	56.17
	80—110	45.51	1.10	24.98	0.0932		7.03	9.10	52.37
No. 14	0—25	53.30	1.00	27.23	0.0763		6.82	25.44	88.68
	25—80	59.42	1.12	25.99	0.0837	0.0768	7.05	22.79	81.17
	80—110	63.88	1.20	26.18	0.1304		5.26	25.28	81.05

1) 针管法测定 COLE 值;

2) 萨冉树脂标准方法测定 COLE 值。

明它们既反映了母质特性,也是土壤发生的产物^[13]。(4) 由于粘粒含量较高,供试剖面均为基质,斑晶骨骼嵌埋状微结构,基质比高于 0.8。

(二) 土壤膨胀收缩特性及理化性质

供试剖面土壤质地相当粘重,各层次粘粒含量(<0.002mm)均超过 40%。从表 3 可见,剖面 2、3 底层粘粒含量稍高,但均不足以划分出粘粒淀积层,剖面 4 和 15 异常的底层粘化率分别归结于上下土体异源母质特性及土壤表层掺砂的影响。剖面 10 均一的粘粒含量及剖面 5 和 14 明显的层次质地分异与微形态观察结果一致,均较为贴切地反映了剖面粘粒迁移淀积的程度。

尽管剖面均有明显开裂,膨胀收缩特性仍有一定差异。剖面 2、3、4、15 的 COLE₁₁₄ 值高于 0.09,达到变性土标准^[12],其余剖面则与变性土性土相当,变化在 0.05—0.07 之间。胀缩度也反映出与 COLE 值较为一致的特点。

表 4 粘粒 (<0.002mm) 全量组成与粘粒矿物组成
Table 4 Total mineral and composition of clay fractions

剖面号 Profile No.	深度 (cm) Depth	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ / Al ₂ O ₃	SiO ₂ / R ₂ O ₃	蒙脱石 (%) Mont.	高岭石 (%) Kaol.	伊利石 (%) Ill.	14×0.1nm 矿物 (%) 14×0.1nm mineral
No. 2	0—9	52.85	22.59	7.21	3.98	3.30	51.5	20.6	14.0	13.9
	9—57	49.55	24.12	7.74	3.49	2.90	50.9	19.9	19.3	9.9
	57—110	42.50	22.49	14.68	3.21	2.27	55.7	26.5	17.8	
No. 3	0—12	49.65	23.51	8.41	3.59	2.92	73.0	14.4	8.0	14.6
	12—40	50.80	23.06	6.76	3.75	3.16	67.5	10.6	4.8	17.1
	40—70	50.00	24.19	7.74	3.51	2.92	69.0	10.5	5.9	14.6
No. 4	0—4	47.90	29.15	6.22	2.79	2.46	47.2	22.7	11.0	19.1
	4—65	45.45	29.99	6.63	2.58	2.26	44.0	25.7	9.6	20.7
	65—85	48.10	27.92	6.98	2.93	2.53	46.3	27.0	10.7	15.1
	85—	48.05	26.29	8.09	3.11	2.60	43.6	22.0	23.9	10.5
No. 15	0—12	45.75	25.81	3.33	3.01	2.78	82.0	6.9	8.9	2.2
	12—35	46.85	26.76	3.77	2.98	2.73	83.8	3.1	5.8	7.4
	35—90	46.53	27.55	2.84	2.87	2.69	74.9	8.4	7.5	9.2
No. 5	0—17	47.50	26.27	9.03	3.07	2.52	28.3	49.7	4.8	17.2
	17—58	49.25	26.78	6.94	3.13	2.68	25.5	51.8	5.6	17.1
	58—102	51.00	24.92	6.85	3.48	2.96	28.8	49.1	6.7	15.4
No. 10	0—10	46.60	25.04	8.23	3.16	2.62		12.9	70.7	16.4
	10—30	46.15	31.30	7.89	2.51	2.16		10.0	72.2	17.8
	30—50	43.90	30.30	7.15	2.46	2.14		8.2	71.2	20.6
	50—80	46.05	27.48	7.94	2.85	2.41		6.7	77.9	15.4
	80—110	50.00	27.72	9.01	3.07	2.54		6.5	81.5	12.0
No. 14	0—25	40.80	32.60	11.46	2.13	1.74	8.7	58.3	6.2	26.8
	25—80	41.90	30.59	10.48	2.33	1.91	6.5	63.8	12.0	17.7
	80—110	44.30	31.07	7.89	2.42	2.09	8.8	69.7		21.5

除剖面 5 外,供试土壤基本呈中性反应。剖面 2、3、4 及 15 的 CEC 值也较高,一般在 20—50 $\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ 之间,尤以中间黑土层最突出。这个结果与 Texas 典型变性土相近^[9]。其它剖面略低,但仍高于同地区地带性土壤。

供试剖面铁游离度变幅较大,剖面 5 和 14 较高,其它剖面均低于同地区红壤、赤红壤多变动在 40—60%,反映出这些剖面风化成土作用较弱,但仍高于我国低纬带变性土^[2,3],说明后期成土条件对变性土成土过程仍有一定影响。

(三) 粘粒化学与矿物学组成

从表 4 可见,剖面 2、3、4 和 15 的粘粒 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 较高,且以蒙脱类粘粒矿物为主,结合其较高的粘粒代换量和 K_2O 、 MgO 富集率,可推断其土壤粘粒多为“予形成”,受现代成土作用影响微弱,脱硅富铝化过程不明显,碱和碱土金属也未遭大的淋失。剖面 10 发育程度也较低,但伊利石为主的粘粒矿物限制了土壤的膨胀性能。其余剖面风化程度较高,粘粒矿物以高岭石为主,剖面 5 较高的 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 则可归于粘粒中大量石英矿物的存在(图 1)。

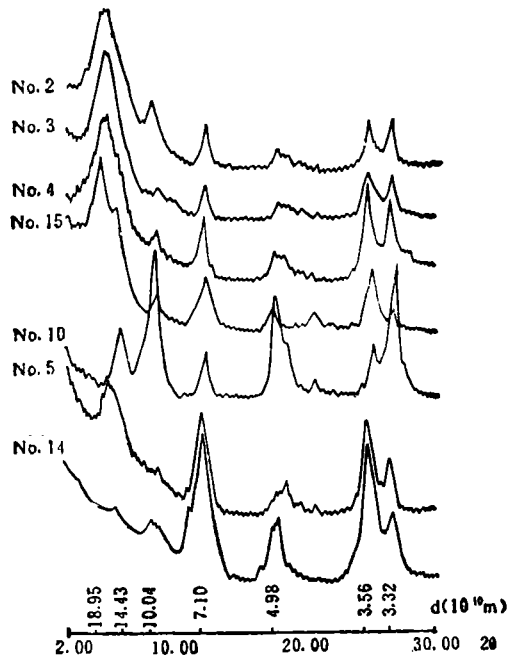


图 1 剖面 B 层粘粒 X 射线谱

Fig. 1 X-Ray diffraction patterns of clay fraction in B horizon

(四) 土体全量及地球化学特点

与大陆型沉积岩中氧化物平均含量相比,供试土体显示出不同的成土过程特点。从表 5 可见,剖面 2 和 4 的相对富集顺序为: $\text{Al}_2\text{O}_3 > \text{MnO} > \text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{SiO}_2(\text{:}) > \text{TiO}_2 > \text{K}_2\text{O} > \text{P}_2\text{O}_5 > \text{MgO} \approx \text{Na}_2\text{O} \approx \text{CaO}$ (前面的富集系数高于 1)。说明在地球化学特点上,尽管这些土壤与地带性土壤有着较大差异,但元素迁移序列仍有一定地带性特点,

表 5 土体元素全量及富集迁移特点

Table 5 Total contents and migration-enrichment features of elements in the soils

剖面号 Profile No.	项目 Item	深度 (cm) Depth	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	K ₂ O (%)	Na ₂ O (%)	MnO (%)	P ₂ O ₅ (%)	TiO ₂ (%)	ba 值 ba value
No. 2	土体全量(%)	0—9	52.80	17.78	6.71	4.65	0.80	1.28	0.29	0.17	0.06	0.45	0.69
		9—57	55.60	18.42	8.13	2.05	0.79	1.28	0.31	0.28	0.05	0.62	0.41
	富集系数 ¹⁾ 迁移量 ²⁾		1.08 22.01	1.39 0	1.28 8.05	0.29 79.37	0.26 81.57	0.63 54.90	0.19 86.49	2.05 -47.02	0.32 76.75	0.82 40.84	
No. 4	土体全量(%)	0—4	52.70	18.72	6.08	1.95	0.66	1.05	0.35	0.13	0.06	0.45	0.37
		4—65	61.75	18.64	7.20	2.29	0.70	1.14	0.26	0.17	0.05	0.76	0.41
	富集系数 ¹⁾ 迁移量 ²⁾		1.15 19.78	1.44 0	1.14 19.84	0.18 87.28	0.22 84.64	0.54 62.41	0.19 86.40	1.36 4.52	0.32 77.35	0.93 34.83	
No. 15	土体全量(%)	0—12	72.05	16.63	3.09	1.09	1.08	0.95	0.34	0.08	0.07	0.77	0.38
		12—35	72.65	16.82	3.18	0.94	0.96	1.01	0.35	0.06	0.05	0.62	0.35
	富集系数 ¹⁾ 迁移量 ²⁾		1.45 -12.67	1.29 0	0.54 57.95	0.09 93.23	0.33 74.41	0.48 62.63	0.22 82.91	0.64 50.50	0.35 72.55	1.07 16.83	
No. 10	土体全量(%)	0—10	68.10	14.34	6.03	1.35	1.56	2.09	0.39	0.31	0.08	0.90	0.65
		10—30	68.40	14.34	7.35	1.23	1.27	2.09	0.27	0.35	0.08	0.24	0.57
	富集系数 ¹⁾ 迁移量 ²⁾		1.37 -23.96	1.10 0	1.15 -4.65	1.11 29.97	0.46 58.59	1.02 7.50	0.21 80.93	3.00 -172.18	0.47 57.31	0.88 20.44	
No. 14	土体全量(%)	0—25	49.70	21.99	12.15	0.90	0.63	0.65	0.20	0.17	0.11	2.08	0.19
		25—80	38.15	19.36	11.41	0.90	0.78	1.02	0.47	0.15	0.07	1.88	0.28
	富集系数 ¹⁾ 迁移量 ²⁾		0.88 44.66	1.59 0	2.03 -27.51	0.08 95.15	0.23 85.59	0.41 74.24	0.21 86.57	1.45 8.47	0.53 66.69	3.05 -91.68	
	大陆型沉积岩 平均含量(%)		49.95	13.01	5.80	11.67	3.10	2.04	1.57	0.11	0.17	0.65	

1) 富集系数 = $\frac{1}{2} (A + B)$ 土壤氧化物 / 母岩氧化物;

2) 迁移量 = $\left[1 - \left(\frac{\frac{1}{2} (A + B) \text{ 土壤氧化物} \times \text{母岩 Al}_2\text{O}_3}{\frac{1}{2} (A + B) \text{ 土壤 Al}_2\text{O}_3} \right) \right] \times 100\%$

(小括号中为迁移系数)

即表现为 K、Mg、Na、Ca 的淋失和 Al、Mn、Fe 的相对富集。剖面 15 略有差异, 其元素相对富集顺序为 $\text{SiO}_2 > \text{Al}_2\text{O}_3 > \text{MnO} > \text{Fe}_2\text{O}_3$, 该剖面地处滇东南高海拔区, 较低的气温和降雨量及相似的蒸发量可能是其脱硅富铝化作用远不如百色剖面明显的主要因素。剖面 10 与剖面 15 有些相似之处, 均表现为硅的富集系数增高, 另外该剖面铁锰的富集率也增高 ($\text{MnO} > \text{SiO}_2 > \text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{Al}_2\text{O}_3$), 反映了气候状况和土壤氧化还原条件的综合影响。而剖面 14 则表现出截然不同的特征, 其元素迁移序列为: $\text{TiO}_2 > \text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{Al}_2\text{O}_3 > \text{MnO}(\cdot) > \text{SiO}_2 > \text{P}_2\text{O}_5 > \text{K}_2\text{O} > \text{MgO} > \text{Na}_2\text{O} > \text{CaO}$ 与地带性赤红壤和红壤高度一致, 脱硅富铝化过程明显。

表 6 供试土壤分类命名对照表

Table 6 Comparisons among classification names of the soils sampled

剖面号及位置 Profile No. and location	美国土壤系统分类 ¹⁾ Soil taxonomy	ICOMERT 建议的变性土分类 Classification system suggested by ICOMERT ¹⁾	世界土壤图上图亚单元 ¹⁾ Map unit in map of the world	中国土壤系统分类(首次方案) Chinese taxonomic classification (1st Project)			
				土纲 order	亚纲 Suborder	土类 Great group	亚类 Subgroup
No. 2 广西百色	典型的艳色半干旱变性土	典型的钙积半干旱变性土	钙积变性土	变性土	湿润变性土	艳粘土 (?)	石灰性艳粘土
No. 3 广西田东	典型的艳色半干旱变性土	湿润的钙积半干旱变性土	钙积变性土	变性土	湿润变性土	艳粘土 (?)	石灰性艳粘土
No. 4 广西田东	典型艳色半干旱变性土	干旱的钙积半干旱变性土	钙积变性土	变性土	湿润变性土	艳粘土 (?)	石灰性艳粘土
No. 15 云南砚山	典型暗褐半干旱变性土	湿润的弱发育半干旱变性土	饱和变性土	变性土	湿润变性土	油粘土	普通浊粘土
No. 5 广西上思	变性弱发育湿润老成土	—	—	铁铝土	湿润铁铝土	红壤	?
No. 10 云南曲靖	变性半干旱冲积新成土	—	—	人为土	水耕人为土	水稻土	?
No. 14 云南蒙自	变性强发育半干旱淋溶土	—	—	铁铝土	湿润铁铝土	红壤	?

1) ICOMERT 1st-5th Circular letter, J. Comerma, Dept. of Soil and Crop Science, Texas A&M University, U. S. A.

由于母质、气候和地形因素的综合影响,剖面发生程度存在着较大差异。剖面 14 表现出强烈的脱硅富铝化特性,而剖面 2、4 中也有一定的富铝化过程存在,剖面 15 和 10 中这个过程则较为微弱或基本不存在,迁移量的结果从另一侧面验证了上述结论。

(五) 土壤系统分类拟合

1. 分类现状: 供试土壤在三个主要分类系统中的地位见表 6。按美国土壤系统分类制的检索表进行检索,剖面分别归属于变性土、淋溶土、老成土和新成土四个土纲。按中国土壤系统分类(首次方案)则可分别划归变性土纲、铁铝土纲和人为土纲。但依据作者的认识,土纲、亚纲及土类的划分仍有商榷之处。

2. 土壤数值分类: 为使土壤分类更为系统、客观,本文对供试十四个剖面的发生层次的特性进行了主组元聚类分析。根据因子载荷筛选出十三个指标,运用 R 型因子分析方法计算相关矩阵,然后用雅可比法求得特征值与特征向量(表 7)。第一主组元的正向指标为 COLE 值、CEC/粘粒%、胀缩率、蒙脱%及粘粒定向程度,负向指标为高岭%,因此可将第一主组元视为土壤胀缩潜力的量度,第二主组元正向指标为粘粒%和高岭%,负向指标为盐基饱和度、干容重和 ba 值,因此可视为土壤发育程度的量度。根据前两个主组元值作图,再由剖面间的主组元值进行最短距离聚类(图 2)。

表 7 前三个主组元的因子载荷、特征值与累计贡献率

Table 7 Factor loading eigen values and cumulative contribution rates of the former three principal elements

指标	Item	F ₁	F ₂	F ₃
COLE		0.941	0.147	0.1881
胀缩率		0.875	0.249	0.0808
粘粒%		0.251	0.847	-0.0255
干容重		0.724	-0.474	-0.2339
CEC		0.853	0.427	0.1996
CEC/粘粒%		0.908	0.118	0.2583
盐基饱和度		0.504	-0.484	0.5566
Fe _d /Fe _t		0.558	0.538	-0.2088
粘粒 SiO ₂ /R ₂ O ₃		0.670	0.171	-0.5687
蒙脱%		0.865	0.037	-0.1196
高岭%		-0.749	0.604	0.1604
ba 值		0.594	-0.417	-0.4566
粘粒定向程度		0.911	-0.221	0.2582
特征值		7.301	2.365	1.196
累计贡献率		56.2%	74.3%	83.5%

从数值分类的结果看,土纲级(阈值 1.0)的划分与三个分类系统基本符合,但按中国土壤系统分类中变性土划分的 COLE 值标准,剖面 5、10、14 似可划归变性土,而数值分类结果与之相左。另外,阈值 2.0 时,具有明显变性现象的剖面 9、10、5、13、14 在美国土壤系统分类中得到了体现而在我国系统分类中却难找到合适的地位。

3. 我国土壤系统分类中某些问题商榷:

(1) 土纲划分 系统分类中确定变性特征的标准多较为贴切地反映了变性土特点,

但规定线胀系数 (COLE) ≥ 0.05 则似不太恰当, 会造成变性土性土甚至部分地带性土壤的误判。结合国内各个气候带变性土的研究^[2,3,4,7], 作者认为仍应采用 COLE ≥ 0.09 的

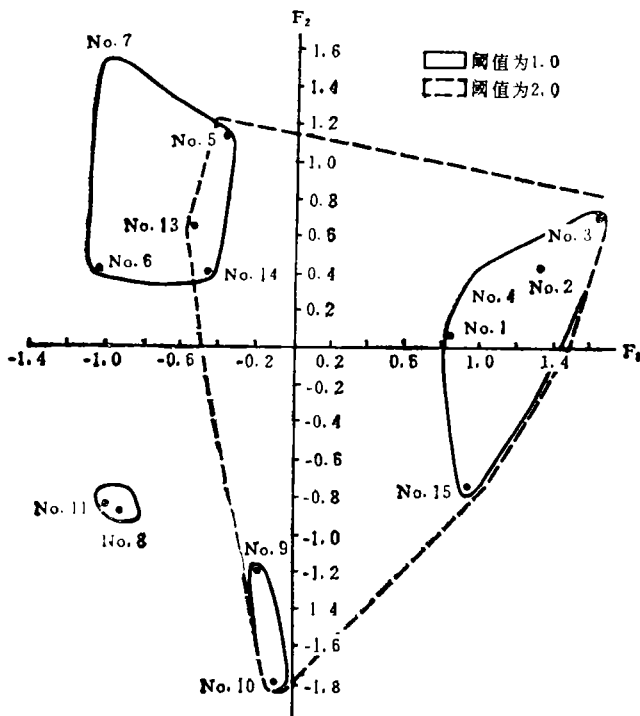


图2 剖面主组元散点图聚类

Fig. 2 Principal element scatter diagram of profiles

标准。鉴于萨冉树脂法原料的限制, 针管法是一种较好的替代方法, 后者可将 COLE 值定为 0.13 作为变性土划分标准。另外膨胀性粘土矿物含量 ($\geq 35\%$) 作为变性土土纲划分的辅助标准。

(2) 亚纲的划分 系统分类中将变性土分为湿润变性土和潮湿变性土两个亚纲, 然而本文研究发现供试变性土剖面虽然雨、热同季, 夏季降雨量较高, 但冬春干旱季节(干旱是指降水与土壤贮存水之和尚不足潜在蒸发蒸腾量的一半)相当长, 一般超过六个月, 同时冬季常受“焚风”影响, 温度高, 蒸发量大。因此, 将其划归湿润变性土显然不太符合实际情况, 同时也难反映出农业利用障碍因素, 建议划出“半干润变性土”亚纲。至于以前认为的云贵高原台地的干热变性土和西双版纳境内的夏旱变性土^[5], 作者考察认为, 存在的可能性不大。

(3) 土类的划分 系统分类中土类划分较为恰当地反映了主要分布区变性土颜色特点。本研究发现供试剖面应属油粘土, 但按美国土壤系统分类和其它研究^[2,12]又似应划为艳粘土。结合国际变性土分类趋势, 一则说明尚缺乏精确的颜色指标标准, 二则颜色特点本身在变性土土类划分中意义不大, 似应根据盐基饱和状况及钙积、铁铝特性。

(4) 变性土性土(过渡类型)的划分 从发生特性及数值分类可以看出, 具明显变性现象的剖面 10、5、14 在分类系统中很难划定其归属, 建议划分出“变性水稻土”和“变性红壤”亚类, 以更好地反映出与典型水稻土及红壤的差异。过渡类型滑擦面和应力胶膜等变性特性发育不如变性土明显, 主要以膨胀收缩系数与变性土相区别, 其 COLE 指标仍可取 0.05。

参 考 文 献

1. 中国科学院南京土壤所系统分类课题组, 1991: 中国土壤系统分类(首次方案)。科学出版社。
2. 张民、龚子同, 1992: 中国变性土的分布、特性和分类。土壤学报, 第 29 卷 1 期, 1—17 页。
3. 高锡荣、吴珊眉、黄瑞采, 1989: 鲁、豫、鄂部分地区变性土的发生学特性及系统试拟。南京农业大学学报, 第 12 卷 2 期, 58—65 页。

4. 黄瑞采等, 1987: 中国变性土和变性土性土壤的地理分布。南京农业大学学报, 第10卷4期, 63—68页。
5. 黄瑞采等, 1988: 关于中国土壤系统分类中变性土分类研究的商榷。南京农业大学学报, 第11卷1期, 65—69页。
6. 隋尧冰, 曹升康, 1992: 我国主要变性土的微形态研究。土壤学报, 第29卷1期, 18—25页。
7. 朱鹤健等, 1989: 福建变性土特性的研究。土壤学报, 第26卷3期, 287—297页。
8. FAO/UNESCO, 1988: Soil Map of the World, 1:5 000 000. Vol. 1, Revised Legend.
9. Kunze, G. W. et al., 1963: Grumusols of the coast prairie of Texas. Proc. Soil Sci. Soc. Am., 28: 412.
10. Schafer, W. M. et al., 1976: A New Method of Measuring Shrink-swell Potential Using Soil Pastes. Soil Sci. Soc. Am. J., 40: 26.
11. Soil Conservation Service, 1972: Soil Survey Laboratory Methods and Procedures for Collecting Soil Samples. Soil Survey Inve. Report No. 1.
12. Soil Survey Staff, 1975: Soil Taxonomy. Soil Conservation Service. U. S. A. Dep. Agricultural Handbook No. 436, Washington, D. C.
13. Wilding, L. P. & Puentes, R., 1988: Vertisols: their distribution, classification and management. pp.193. Texas A&M University Printing Center.

GENESIS AND TAXONOMIC CLASSIFICATION OF VERTISOLS IN YUNNAN-GUANGXI REGION OF CHINA

Qiu Rongliang

(Department of Environmental Science, Zhongshan University, 510275)

Xiong Dexiang and Huang Ruicai

(Nanjing Agricultural University)

Summary

For the understanding of the distribution of Vertisols and vertic soils in Yunnan-Guangxi region of China and better use of the soils, seven profiles were collected for the study of genetic properties and taxonomic classification. The results showed that the weathering process of Vertisols was much weaker than that of zonal soils. The element hyper-geochemical features also showed the same regularity because of the lower degrees of relative enrichment of Al, Fe and Mn and leaching of K, Mg, Ca and Na in Vertisols.

On account of the montmorillonites being over 35% of the clay minerals and a special microstructure, Vertisols had a very high swell-shrink potential with the swell-shrink value and COLE being 40% and 0.09 respectively. Meanwhile, high swell-shrink potential leads to the formation of unique micromorphology features, such as voids being mainly fissures, hairline cracks and plasma separations including aseptic, insepic, masepic, lattiseptic, vosepic and skelsepic.

The results obtained showed that profiles belong to Vertisols, Ferrasols and Anthropic Soils, respectively, according to the Chinese Soil Taxonomic Classification, and some profiles of the latter two soil orders maybe fall into the vertic subgroup. Some delimiting standards of orders, suborders and great groups of Vertisol and vertic soils are suggested.

Key words Vertisols, Genetic properties, Taxonomic Classification