

福建省变性土特性的研究

朱鹤健 谭炳华 陈健飞

(福建师范大学地理系)

摘 要

在福建沿海低丘、台地玄武岩风化物上发育一种暗色粘质土壤,历史上归属于砖红壤性红壤。本研究证明,它明显区别于砖红壤性红壤,主要表现于:风化-淋溶作用和脱硅富铝化作用较弱,通体暗色,层次分异不明显,粘粒含量高,粘土矿物以蒙脱石占优势,有明显膨胀收缩性,干季出现一定深度的开裂,阳离子交换量大,盐基饱和度和 pH 值较高。据此,这种土壤有必要从砖红壤性红壤中划分出来。按美国土壤系统分类,本土壤定名为细质、蒙脱石型、高热、典型艳色湿润变性土。可以认为,变性土在我国也应作为一个独立的分类单元。

福建省漳浦县前亭、赤湖、佛潭等乡和龙海县港尾乡一带,在沿海低丘、台地玄武岩风化物上发育一种暗色粘质土壤,历史上视为砖红壤性红壤,近期开展的第二次全国土壤普查仍保持这一看法¹⁾。我们研究证实它与砖红壤性红壤有明显差别。参比美国土壤系统分类和联合国 FAO 分类法,本土壤符合变性土的定名要求。鉴于把两种属性差异悬殊的土壤混同于一个土类的做法很不合理,而变性土已是国际通行名称,因此,我们将这种土壤从砖红壤性红壤中划出来,作为变性土进行独立研究。

一、分布区的基本情况

本土壤与砖红壤性红壤呈复区分布,分布区属南亚热带海洋性季风气候,年平均气温

表 1 两种玄武岩的原生矿物和化学组成

Table 1 Primary mineral and chemical composition of the basalts on which lateritic red earth and vertisol are formed

发育不同土壤的玄武岩 Basalts on which the different soils are formed	原生矿物 Primary mineral	化 学 组 成 (%) Chemical composition									
		SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	MnO
发育砖红壤性红壤的玄武岩	拉长石 55—60%, 基性玻璃 25—30%, 伊丁石 10%, 杏仁体 5%	47.27	13.10	15.90	1.86	9.53	5.02	0.53	2.35	0.25	0.14
发育变性土的玄武岩	拉长石 65—70%, 辉石 10—15%, 伊丁石 5%, 基性玻璃 5%, 杏仁体 5%	50.20	10.14	16.70	1.77	8.55	4.64	0.92	2.52	0.26	0.08

本研究得到福建省自然科学基金的资助,参加工作的还有汤小华同志。

1) 福建省土壤普查办公室,1986: 福建省第二次土壤普查土壤分类系统表。

21℃, 年降水量 1430 毫米, 年蒸发量 1250 毫米(据 Penman 公式计算的水面蒸发), 干湿季分明, 4—9 月为湿季, 月降水量在 100 毫米以上, 其中 6—8 月的降水量约占全年降水量的 63—74%, 10 月至翌年 3 月, 月降水量在 100 毫米以下。干燥度为 0.67 (据 Penman 公式计算)。水热状况相当于美国土壤系统分类制的湿润 (Udic) 和高热 (Hyperthermic)。母岩为第三纪末和第四纪初喷发的玄武岩, 其原生矿物和化学组成与发育为砖红壤性红壤的玄武岩略有差异(表 1)。

二、基本特性

(一) 土壤剖面特征

全土层呈黑至棕黑色, 色调 7.5—10 YR, 湿态亮度、彩度均小于 3, 干态亮度小于 3.5, 彩度小于 3。土壤呈现的暗色程度超过其有机质含量所可能达到的水平。变性土有机质含量较低的层次, 其暗色程度尚比砖红壤性红壤有机质含量较高的层次来得深。变性土心土层有机质含量虽比表层降低, 但土色并不明显变淡(表 2)。变性土结构呈碎粒或角块状, 心土层可见滑擦面。

表 2 土壤的颜色和有机质的含量

Table 2 Color and content of organic matter in the soils

剖面号 Profile No.	地 点 Locality	土壤类型 Soil type	深度 (cm) Depth	土 色 Soil color		有机质(%) O. M.
				湿 态 Moist	干 态 Dry	
1	漳浦县佛潭乡 岸头村	砖红壤性红壤 (玄武岩发育)	0—12	5 YR 3/3	5 YR 4/3	5.58
			12—102	2.5 YR 3/5	2.5 YR 4/4	1.26
			>102	5 YR 3/4	5 YR 4/4	0.80
2	漳浦县佛潭乡 下店村	砖红壤性红壤 (花岗岩发育)	0—10	7.5 YR 4/6	7.5 YR 5/4	2.09
			10—37	5 YR 4/5	5 YR 5/4	0.76
			37—87	5 YR 5/8	5 YR 5/6	0.49
			>87		7.5 YR 5/4	0.41
3	漳浦县前亭乡 大社村	变性土	0—18	10 YR 2.5/2	10 YR 3/2.5	3.04
			18—32	10 YR 2.5/3	10 YR 3/3	1.49
			32—58	10 YR 3/3	10 YR 3.5/3	1.57
			58—81	10 YR 3/2	10 YR 2.5/3	1.65
			>81	2.5 Y 3.5/2	2.5 Y 5/2	0.78
4	漳浦县前亭乡 大社村	变性土	0—25	10 YR 2/2	10 YR 2.5/2	1.60
			25—62	10 YR 2.5/3	10 YR 3/2	1.00
			62—96	10 YR 3/3	7.5 YR 3.5/2	1.17
			>96	10 YR 3/2	7.5 YR 3.5/2	1.27
5	漳浦县前亭乡 大社村	变性土	0—12	10 YR 2.5/2	10 YR 3/2	3.98
			12—46	10 YR 2.5/2.5	10 YR 3/3	1.68
			46—72	10 YR 2.5/2	10 YR 3/2	1.18
			>72	10 YR 3/3	10 YR 3.5/2	0.81

(二) 土壤物理性质

变性土在 50 厘米深度内, < 0.002 毫米粘粒含量达 38% 以上。各层次质地分异不甚明显(图 1)。B 层/A 层粘粒含量比值在 1.1 以下, 而同区砖红壤性红壤却在 1.2 以上。变性土有明显收缩膨胀性, COLE 值 > 0.07 , COLE $\times 100$ /粘粒%比值 > 0.17 , 这些数值均比砖红壤性红壤大(表 3)。据研究^[6]: COLE $\times 100$ /粘粒%比值 > 0.15 者可作为蒙脱石存在的佐证。所以, 以此值也可证明本土壤粘土矿物是以蒙脱石占优势, 这与 X 射线衍射谱分析结果相吻合。变性土干时出现开裂, 宽度 1—2 厘米, 深度可达 50—100 厘米。

表 3 土壤粘粒含量和线性膨胀系数

Table 3 Clay content and COLP of the soil

剖面号 Profile No.	土壤类型 Soil type	发生层 Horizon	< 0.002 mm 粘粒(%) Clay	粘化率 该层粘粒/A 层粘粒 Ratio of clay content in the horizon to that in A horizon	线性膨胀系数 COLE*	COLE $\times 100$ 粘粒%
						COLE $\times 100$ Clay %
1	砖红壤性红壤 (玄武岩发育)	A	32.0	1.00	—	—
		B	73.6	2.30	0.062	0.08
		C	56.3	1.75	—	—
2	砖红壤性红壤 (花岗岩发育)	A	29.0	1.00	—	—
		B ₁	34.8	1.20	近于 0	近于 0
		B ₂	30.4	1.05	—	—
		C	29.2	1.00	—	—
3	变性土	A	16.7	1.00	—	—
		B ₁	40.8	0.87	0.071	0.71
		B ₂	34.2	0.73	—	—
		C	28.4	0.61	—	—
4	变性土	A	37.8	1.00	—	—
		B ₁	38.5	1.02	—	—
		B ₂	41.9	1.11	0.094	0.22
5	变性土	A	40.9	1.00	—	—
		B ₁	41.4	1.01	—	—
		B ₂	42.7	1.04	—	—
		B ₃	43.0	1.05	0.103	0.24

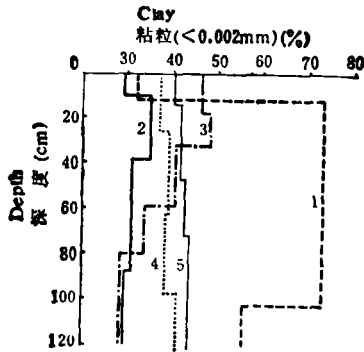
$$* \text{COLE} = \left[\frac{\text{烘干土容重}}{\frac{1}{3} \text{巴水吸力时土壤容重}} \right]^{\frac{1}{3}} - 1.$$

(三) 土壤化学性质

从表 4 看出: 变性土的许多化学特性有别于砖红壤性红壤, 对花岗岩发育的砖红壤性红壤区别得尤为明显。变性土的交换性酸含量较低, pH 值较高(6.2—7.0), 阳离子交换量较大, 且与有机质和粘粒含量不呈明显相关性(图 2)。心土层阳离子交换量一般还比表层高, 这可能与蒙脱石的贡献有关。变性土的交换量 CEC pH 7/每克粘粒 > 0.7 毫克当量, 而砖红壤性红壤这一数值为 < 0.7 毫克当量。变性土的盐基饱和度、胡敏酸含量

表 4 土壤主要化学特性
Table 4 Main chemical properties of the soils

剖面号 Profile No.	土壤类型 Soil type	深度 (cm) Depth	pH		交换性酸 (meq/100g) Exch. acidity			交换性盐基 (meq/100g) Exch. bases				表观交换量 (meq/100g)		潜在交换量		有效 交换量 ECFC	盐基饱和度 (%) B. S.		粘粒交换量 CEC _{phr.0} Clay %	胡敏酸 (%) H. A.	胡敏酸 含量 H. A. P. A.	
			H ₂ O	KCl	H	Al	Ca	Mg	Na	K	CEC _{phr.0}	CEC _{phr.2}	CEC _{phr.0}	CEC _{phr.2}	CEC _{phr.0}		CEC _{phr.2}					
1	砖红壤性红壤 (玄武岩发育)	0-12	6.20	4.77	0.08	0.34	8.86	7.59	1.05	0.54	0.54	0.54	22.62	35.18	18.38	51.28	98.15	0.71	0.07	0.07	0.07	
		12-102	6.16	4.99	0.10	0.18	6.26	5.89	1.31	0.42	0.42	0.42	15.22	28.06	14.06	49.47	98.72	0.21	0.015	0.015	0.05	
		>102	5.47	4.62	0.07	0.43	7.60	6.11	2.19	0.37	0.37	0.37	17.00	31.53	16.70	51.60	97.43	0.30	0.009	0.009	0.05	
2	砖红壤性红壤 (花岗岩发育)	0-10	5.15	4.10	0.14	1.27	0.85	0.71	0.70	0.51	0.51	0.51	6.49	9.56	4.04	29.00	68.60	0.22	-	-	-	
		10-37	5.48	4.14	0.10	1.48	0.63	0.52	0.48	0.18	0.18	0.18	6.06	7.62	3.25	23.80	55.70	0.17	-	-	-	-
		37-87	5.84	4.36	0.14	0.59	1.01	0.68	0.48	0.25	0.25	0.25	5.20	7.30	3.01	33.20	80.40	0.17	-	-	-	-
3	变性土	0-18	6.73	4.90	0.05	0.27	18.69	16.02	2.37	0.83	0.83	0.83	36.60	53.68	38.18	70.62	99.29	0.78	0.128	0.128	0.21	
		18-32	6.56	4.56	0.05	0.15	21.89	18.20	0.66	0.39	0.39	0.39	39.33	57.47	41.29	71.59	99.61	0.81	0.026	0.026	0.08	
		32-58	6.32	4.52	0.05	0.21	20.29	18.20	0.30	0.20	0.20	0.20	37.52	55.32	39.20	70.48	99.46	0.92	0.022	0.022	0.06	
4	变性土	0-25	6.86	5.10	0.005	0.10	33.58	22.02	0.73	0.27	0.27	0.27	47.97	72.93	56.70	77.61	99.82	1.27	0.117	0.117	0.53	
		25-62	6.94	5.22	0.04	0.11	35.50	23.65	0.68	0.17	0.17	0.17	51.26	77.86	60.11	77.06	99.82	1.26	0.115	0.115	0.71	
		62-96	6.51	4.98	0.05	0.09	36.30	23.11	0.68	0.20	0.20	0.20	51.82	79.29	60.38	76.04	99.85	1.35	0.039	0.039	0.20	
5	变性土	>96	6.68	4.90	0.06	0.10	33.90	20.38	0.70	0.27	0.27	0.27	49.32	73.15	55.35	75.53	99.82	1.18	0.077	0.077	0.38	
		0-12	6.28	4.86	0.08	0.18	23.49	17.93	1.08	0.58	0.58	0.58	41.44	60.53	43.26	71.17	99.58	1.01	0.205	0.205	0.26	
		12-46	6.99	5.44	0.06	0.10	24.29	17.66	1.03	0.28	0.28	0.28	39.12	57.54	43.36	75.18	99.77	0.94	0.096	0.096	0.34	
5	变性土	46-72	6.86	5.21	0.04	0.10	24.29	18.20	0.89	0.29	0.29	0.29	40.58	57.95	43.77	75.36	99.27	0.95	0.081	0.081	0.39	
		>72	6.95	5.49	0.04	0.08	23.49	16.02	0.46	0.18	0.18	0.18	37.55	56.48	40.23	71.09	99.80	0.87	0.045	0.045	0.24	



1. 玄武岩发育的砖红壤性红壤
2. 花岗岩发育的砖红壤性红壤
- 3-5. 玄武岩发育的变性土

图 1 粘粒的剖面分布

Fig. 1 Segregation of clay in the profiles

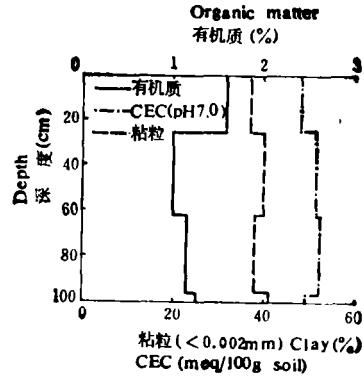


图 2 变性土(剖面 4)的有机质, 粘粒和 CEC 的剖面分异

Fig. 2 Segregation of organic matter, clay and CEC in the profile of vertisol (No. 4)

以及胡敏酸/富里酸的比值也都高于砖红壤性红壤。

土壤中氧化铁的数量和形态是受母岩类型和风化-成土作用强度的影响^[1, 11]。本研究表明：玄武岩发育的变性土和砖红壤性红壤中氧化铁的数量均高于花岗岩发育的砖红壤

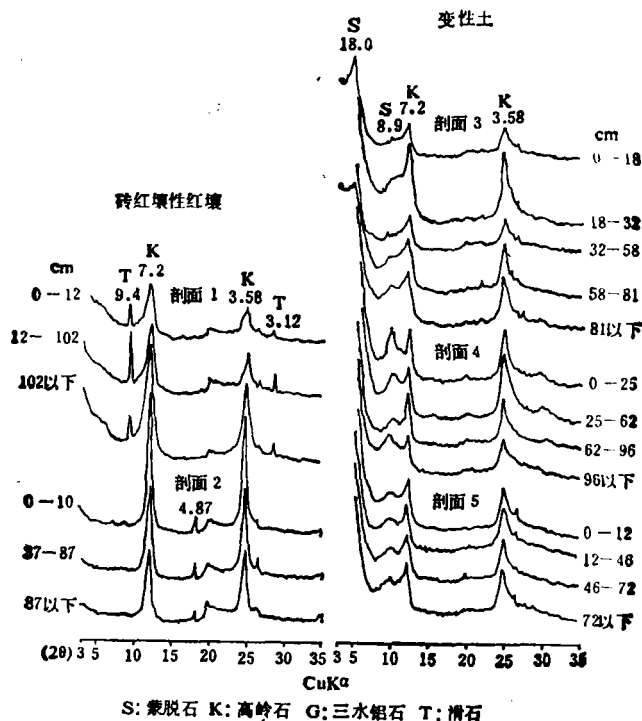


图 3 粘粒 X 射线衍射谱

Fig. 3 X-ray diffraction patterns of clay fraction (<math><0.002\text{ mm}</math>) of the soil profiles (No. 1-5)

表 5 土壤中各种形态铁的含量 (Fe_2O_3 ,%)

Table 5 Content of different forms of iron in the soils

剖面号 Profile No.	土壤类型 Soil type	深度 (cm) Depth	全铁 (Fe) Total iron	游离铁 (Fed) Free iron	无定形铁 (Fe_0) Amorphous iron	晶质铁 (Fe_c-Fe_0) Crystalline iron	游离度 (Fe_0/Fe_c) $\times 100$	活化度 (Fe_0/Fe_d) $\times 100$	晶化度 (Fe_c-Fe_0/Fe_d) $\times 100$	水合系数 ($Fe_0 \times 100$) 黏粒% Fe_0 Clay%
1	砖红壤性红壤 (玄武岩发育)	0-12	17.67	10.92	1.07	9.85	67.80	9.7	90.20	3.34
		12-102	18.11	10.04	1.16	8.92	55.66	11.5	88.49	1.58
		>102	18.68	10.08	1.31	6.77	53.97	12.9	87.00	2.33
2	砖红壤性红壤 (花岗岩发育)	0-10	5.74	2.36	0.63	1.73	41.11	27.0	73.31	2.47
		10-37	-	2.45	0.54	1.91	-	22.0	77.96	1.55
		37-87	5.98	2.40	0.47	1.93	40.13	19.0	80.42	1.55
3	变牲土	0-18	17.56	8.06	1.33	6.73	45.90	16.5	83.50	2.85
		18-32	16.04	5.40	1.33	4.07	33.67	24.6	75.37	2.73
		32-58	16.84	7.00	1.35	5.65	41.57	19.3	79.43	3.31
4	变牲土	0-81	18.86	8.80	1.47	7.33	46.66	16.7	83.30	4.30
		>81	17.60	4.35	1.16	3.19	24.72	26.7	73.33	4.08
		0-25	14.38	4.08	1.33	2.75	28.37	32.6	67.40	3.52
5	变牲土	25-62	14.61	3.72	1.20	2.52	25.46	32.3	67.74	2.96
		62-96	14.75	4.33	2.44	1.89	29.36	56.4	43.65	6.34
		>96	16.17	5.24	1.25	3.99	32.41	23.9	76.13	2.98
5	变牲土	0-12	16.36	7.36	1.89	5.47	44.99	25.7	74.32	4.62
		12-46	16.91	6.50	1.83	4.67	38.44	28.2	71.85	4.42
		46-72	16.03	6.87	1.38	5.49	42.86	20.1	79.91	3.23
5	变牲土	>72	16.02	8.55	1.14	7.41	53.37	13.3	86.67	2.65

全铁用氢氧化钠熔融-重铬酸钾容量法;游离铁和无定形铁分别以连二亚硫酸钠和 pH 3.2 的草酸-草酸铵溶液浸提, 邻菲罗啉比色法测定。

表 6 细土 (<2 mm) 和粘粒 (<0.002 mm) 的元素含量
 Table 6 Content of elements in fine soil (<2mm) fraction and clay (<0.002 mm) fraction

剖面号 Profile No.	土壤类型 Soil type	深度 (cm) Depth	元素含量 (占灼烧土 %) Content of elements (% of ignited mater)									
			SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	MnO
1	砖红壤性 红壤	0—12	34.61	17.12	26.70	1.70	0.25	0.84	0.15	0.08	0.22	0.05
			35.36	17.67	22.62	3.27	0.31	1.06	0.35	0.12	0.20	0.18
		12—102	36.32	16.68	26.94	1.65	0.20	1.48	0.16	0.07	0.15	0.07
			36.12	18.11	26.04	2.75	0.09	0.98	0.19	0.06	0.15	0.09
		>102	36.45	16.77	27.97	1.64	0.07	0.81	0.16	0.06	0.20	0.05
			36.01	18.68	25.62	2.97	0.17	1.15	0.16	0.06	0.20	0.08
3	变性土	0—18	42.52	14.19	21.75	1.53	0.25	2.11	0.30	0.15	0.16	0.08
			43.31	17.56	16.38	2.92	1.26	2.49	0.98	0.67	0.17	0.22
		18—32	42.06	13.29	22.48	1.41	0.26	1.86	0.22	0.11	0.12	0.06
			43.04	16.04	18.44	2.79	1.25	2.93	0.96	0.70	0.13	0.15
		32—58	41.22	13.39	22.58	1.50	0.28	2.33	0.22	0.12	0.10	0.07
			42.44	16.84	18.60	3.00	0.90	2.53	0.86	0.51	0.11	0.19
		58—81	41.94	14.10	22.13	1.85	0.19	1.84	0.26	0.13	0.11	0.09
			43.16	18.86	16.97	3.27	0.84	2.26	0.77	0.44	0.11	0.26
		>81	42.26	13.06	21.06	2.30	0.17	2.41	0.40	0.16	0.12	0.09
			41.27	17.60	16.94	3.04	0.94	4.26	0.87	0.42	0.12	0.14
4	变性土	0—25	42.91	12.50	19.53	1.10	0.34	3.20	0.33	0.25	0.12	0.07
			46.62	14.38	16.20	2.21	2.65	3.69	0.60	0.78	0.15	0.13
		25—62	42.93	12.88	19.94	1.07	0.43	3.09	0.19	0.16	0.10	0.06
			45.02	14.61	17.70	2.07	2.21	4.02	0.48	0.64	0.14	0.13
		62—96	42.61	13.14	19.82	1.18	0.63	2.54	0.20	0.26	0.10	0.03
			44.49	14.75	17.71	2.20	1.89	3.40	0.48	0.44	0.13	0.10
		>96	42.52	13.25	19.89	1.15	0.74	2.80	0.23	0.24	0.10	0.08
			43.85	16.17	17.13	2.32	1.85	3.52	0.50	0.51	0.15	0.16
5	变性土	0—12	39.98	15.05	20.25	1.53	0.40	1.95	0.38	0.18	0.17	0.07
			46.03	16.36	15.47	2.62	1.02	1.91	0.81	0.46	0.15	0.19
		12—46	40.20	15.07	20.05	1.49	0.51	2.05	0.36	0.13	0.12	0.10
			47.21	16.91	16.19	2.80	1.11	1.83	0.77	0.45	0.10	0.25
		46—72	40.45	14.89	20.94	1.46	0.60	2.02	0.29	0.12	0.10	0.08
			47.51	16.03	16.85	2.58	1.35	2.23	0.76	0.48	0.13	0.21
		>72	40.64	15.40	20.61	1.61	0.48	2.90	0.30	0.25	0.09	0.10
			48.47	16.02	16.06	2.76	1.22	2.21	0.87	0.51	0.13	0.21

注：表中分子表示粘粒 (<0.002 mm) 中各元素含量；分母表示细土 (<2 mm) 中各元素含量。

性红壤，这显然是不同母岩影响所致。同属玄武岩发育的变性土和砖红壤性红壤之间全铁量相差不大，然而不同形态铁的含量却有明显差别，这表现于变性土的铁游离度和晶化度较低，活化度较高，它说明了变性土的风化-成土作用较弱。变性土的铁水合系数较高，又说明其水化程度较高(表 5)。

表 6 表明: 砖红壤性红壤各土层细土 (<2 毫米) 和粘粒 (<0.002 毫米) 中各元素含量分布具有一定层次性, 即表现由上而下递增或递减的趋势, 而这种规律性在变性土中表现并不明显。变性土各层次化学组成中 SiO_2 、 CaO 、 MgO 、 K_2O 、 Na_2O 、 MnO 含量均高于砖红壤性红壤, 而 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 TiO_2 、 P_2O_5 则较低。

(四) 粘土矿物组成

粘粒 (<0.002 毫米) 的 X 射线衍射谱 (图 3) 表明: 变性土均以蒙脱石 (18 Å) 为主, 高岭类矿物 (7.2 Å) 次之, 而砖红壤性红壤 (包括玄武岩和花岗岩发育的) 则以高岭类矿物占优势。

三、地球化学过程的特点

在本区气候条件下, 变性土与砖红壤性红壤 (包括花岗岩发育的¹⁾) 在元素富集迁移序列上有某些相似之处, 即 Al、Fe、Ti、Mn 富集较多, 而 Mg、K、Na、Ca 迁移较多。但它们之间又有许多差别, 变性土以 Mn 富集最多, 砖红壤性红壤 Mn 的富集量则居于 Al、Fe、

表 7 土壤元素迁移量和富集系数

Table 7 Migration and enrichment coefficient of elements in the soils

剖面号 Profile No.	土壤类型 Soil type	项 目 Item	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	MnO
1	砖红壤性 红壤 (玄武岩发育)	土壤含量(%)	36.12	18.11	26.04	2.75	0.09	0.98	0.19	0.06	0.15	0.09
		母岩含量(%)	47.27	13.10	15.90	1.86	9.53	5.02	0.53	2.35	0.25	0.14
		富集系数	0.76	1.38	1.64	1.48	0.01	0.20	0.36	0.03	0.60	0.64
		迁移量	53.35	15.57	0	9.68	94.23	88.05	77.36	98.30	64.00	64.29
3	变性土	土壤含量(%)	12.80	17.85	17.79	3.14	0.87	2.40	0.82	0.48	0.11	0.23
		母岩含量(%)	50.20	10.14	16.70	1.77	8.55	4.64	0.92	2.52	0.26	0.08
		富集系数	0.85	1.76	1.07	1.77	0.10	0.52	0.89	0.19	0.42	2.88
		迁移量	19.96	-65.28	0	-66.67	90.41	51.51	16.30	82.14	61.54	-175
4	变性土	土壤含量(%)	44.17	15.46	17.42	2.26	1.87	3.46	0.49	0.48	0.14	0.13
		母岩含量(%)	50.20	10.14	16.70	1.77	8.55	4.64	0.92	2.52	0.26	0.08
		富集系数	0.88	1.53	1.04	1.28	0.22	0.75	0.53	0.19	0.54	1.63
		迁移量	15.63	-16.15	0	-22.60	79.06	28.45	48.91	81.75	50	-50
5	变性土	土壤含量(%)	47.73	16.32	16.37	2.71	1.23	2.09	0.80	0.18	0.12	0.22
		母岩含量(%)	50.20	10.14	16.70	1.77	8.55	4.64	0.92	2.52	0.26	0.08
		富集系数	0.95	1.61	0.98	1.53	0.14	0.45	0.87	0.19	0.46	2.75
		迁移量	3.00	-64.20	0	-55.93	85.38	54.09	8.70	80.56	53.85	-175

注: 1. 土壤是指 B 层土壤

2. 富集系数 = 土壤中氧化物% / 母岩中氧化物%

3. 迁移量 = $\frac{\text{母岩氧化物}\% - \text{土壤氧化物}\% \times \text{母岩 } \text{Al}_2\text{O}_3 / \text{土壤 } \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{母岩氧化物}\%} \times 100\%$

1) 福建省龙溪地区土壤普查办公室, 1986: 龙溪土壤。(资料)

表 8 土壤风化淋溶系数

Table 8 Weathering-leaching coefficient of the soils

剖面号 Profile No.	土壤类型 Soil type	发生层 Horizon	风化淋溶系数 (ba 值) Weathering-leaching coefficient
1	砖红壤性红壤 (玄武岩发育)	A	0.17
		B	0.11
3	变性土	A	0.59
		B	0.52
4	变性土	A	0.99
		B	0.77
5	变性土	A	0.54
		B	0.56

注: $ba = \frac{K_2O + Na_2O + CaO + MgO}{Al_2O_3}$ (分子比)。

表 9 粘粒 (<0.002 mm) 的 SiO_2/Fe_2O_3 , SiO_2/Al_2O_3 , SiO_2/R_2O_3 分子比值Table 9 Molecular ratios of SiO_2/Fe_2O_3 , SiO_2/Al_2O_3 , SiO_2/R_2O_3 of the clay fraction (<0.002mm)

剖面号 Profile No.	土壤类型 Soil type	深度 Depth	分子比值 Molecular ratios		
			$\frac{SiO_2}{Fe_2O_3}$	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	$\frac{SiO_2}{R_2O_3}$
1	砖红壤性红壤 (玄武岩发育)	0—12	5.27	2.23	1.57
		12—102	6.10	2.35	1.69
		>102	6.10	2.26	1.65
2	砖红壤性红壤 (花岗岩发育)	0—10	13.12	2.07	1.79
		10—37	—	—	—
		37—87	13.40	1.98	1.72
		>87	13.80	2.02	1.76
3	变性土	0—18	7.89	3.38	2.37
		18—32	8.75	3.18	2.33
		32—58	8.63	3.14	2.30
		58—81	7.78	3.18	2.26
		>81	8.75	3.33	2.41
4	变性土	0—25	9.00	3.79	2.67
		25—65	9.00	3.60	2.57
		65—96	8.88	3.74	2.63
		>96	8.88	3.55	2.54
5	变性土	0—12	7.44	3.35	2.31
		12—46	7.44	3.35	2.31
		46—72	7.44	3.19	2.23
		>72	6.80	3.40	2.27

Ti 之后。变性土的 Mg、K、Na、Ca 的富集系数一般大于砖红壤性红壤。迁移量计算的结果从另一侧面验证了上述的结论(表 7)。

变性土的风化淋溶系数 (ba 值) > 0.52 , 而砖红壤性红壤 < 0.17 , 前者远大于后者, 说明了变性土的风化淋溶作用要比砖红壤性红壤弱得多(表 8)。

变性土的粘粒 (< 0.002 毫米)的 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ 比值分别是 > 3.14 、 > 2.23 ; 而砖红壤性红壤分别是 < 2.35 、 < 1.79 , 前者明显大于后者, 说明变性土的脱硅富铝化作用弱于砖红壤性红壤。从 $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ 比值来看, 玄武岩发育的砖红壤性红壤和变性土均比花岗岩发育的砖红壤性红壤小, 这主要是前者母岩中含铁量多而影响所致(表 9)。

从上述几项指标综合分析表明: 变性土的风化-成土作用要比砖红壤性红壤弱。这两种土壤在成土过程和土壤属性上都有明显差别, 将两者加以区分是完全必要的。

四、讨 论

1. 暗色粘质土壤在许多国家的土壤分类制中都作为一种独立的分类单元, 曾有腐殖质黑粘土 (Grumusols)、印度黑粘土 (Regurs)、热带黑粘土 (Margalitic soil)、摩洛哥黑粘土 (Tirs) 和灰粘土 (Pelosols) 等之称。美国土壤系统分类制和联合国 FAO 土壤分类单元采用变性土 (Vertisols) 这一名称, 并为许多国家所承认。我国历史上对这类土壤未立专门分类单元。黄瑞采 1979 年开始对我国暗色粘质土壤进行研究^[3]。中国科学院南京土壤研究所 1985 年拟定的中国土壤系统分类将变性土作为一个独立土纲^[4]。本研究论证了在我国亚热带地区内, 变性土是与砖红壤性红壤呈复区存在, 历史上出现混同做法, 有必要加以区分, 至于区分指标可结合我国具体情况作出修定。

2. 本区所分布的土壤, 粘土矿物多以高岭类矿物为主, 唯有变性土是以蒙脱石为主。变性土的蒙脱石来源有来自母岩或新生成产物之说^[7]。而本区玄武岩母岩既可发育为变性土, 也可发育为砖红壤性红壤, 以此判断, 本区变性土中蒙脱石以来自新生成作用的可能性更大, 即由风化物中丰富的溶解硅与盐基合成。变性土与砖红壤性红壤成为土链存在, 而前者的淋溶-化学风化作用均弱于后者, 在小区域相似气候条件下出现如此差异, 地形因素的影响当是很主要的原因。变性土多分布在砖红壤性红壤分布区的下段或低平地带, 这样地形部位不仅会导致土壤淋溶-化学风化作用的减弱, 而且它可能汇集来自周围高地迁移而来的粘粒和盐基, 为变性土的发育提供有利的条件。可以认为, 变性土与砖红壤性红壤在地形序列上所构成的土链组合主要是地形因素引起地球化学过程中物质分配差异的结果。但由于新构造运动、剥蚀、母岩喷发时期的不同等多种错综复杂的原因, 也造成这两种土壤分布并不尽符合上述的规律, 这方面尚有待深入探讨。因此, 鉴别这两种土壤主要是依据它们的属性, 而不能按地形序列作简单划分。

3. 变性土出现超过有机质含量水平所能表现的暗色, 其原因是多方面的。本研究表明变性土锰的氧化物富集系数最高, 这可能是一种原因。变性土的腐殖质活性很高, 它与粘土矿物和 Fe 可形成稳定的复合体^[8], 这也是异常暗色的另一原因。

4. 以研究所得材料, 按美国土壤系统分类制检索^[5], 本区变性土是细质、蒙脱石型、高热、典型艳色湿润变性土 (Fine, Montmorillonitic, Hyperthermic, Typic Chomuderts)。

参 考 文 献

- [1] 熊毅等编著, 1983: 土壤胶体(第一册), 土壤胶体的物质基础。162—164 页。科学出版社。
- [2] 赵其国, 1964: 昆明地区不同母质对红壤发育的影响。土壤学报, 第 12 卷 3 期, 253—264 页。
- [3] 黄瑞采, 吴珊眉, 1981: 我国某些暗色粘性水稻土的分类和利用。南京农学院学报, 第 1 期, 1—27 页。
- [4] 中国科学院南京土壤研究所土壤分类课题组, 1985: 中国土壤系统分类初拟。土壤, 第 17 卷 6 期, 290—318 页。
- [5] 康奈尔大学农学系(赵其国等译), 1985: 美国土壤系统分类检索。87—89 页, 381—386 页, 科学出版社。
- [6] Staff of The National Soil Survey Laboratory, 1983: Principles and procedures for using soil survey laboratory data. USDA Soil Conservation Service, pp 39—40.
- [7] Buol, S. W., Hole, F. D., McCracken, R. J., 1980: Soil genesis and classification, 2ed., Iowa State University Press, Ames., pp 231—238.
- [8] Duchaufour, P., (Translated by Paton, T. R., 1982) 1977: Pedology. English edition. George Allen and Unwin, London. pp 262—263.

STUDY ON CHARACTERISTICS OF VERTISOL IN FUJIAN PROVINCE

Zhu Hejian, Tan Binghua and Chen Jianfei

(Department of Geography, Fujian Teacher's University)

Summary

The dark clay soil developed on the weathering products of the basalt, distributed over hilly land and terraces along Fujian coast has been distinguished into the lateritic red earths. Now it is suggested by the authors that this soil is obviously different from the lateritic red earth. As compared with the lateritic red earth, this soil are weaker in leaching-weathering processes and desilicification allitic processes, darker in color of the whole solum, more indistinct in differentiation of the profile, higher in content of the clay within depth of 50 cm, with the clay minerals predominant by montmorillonite, a larger CEC, the higher base saturation and pH value, more distinct shrinkage-swelling and more cracks in dry season. Moreover, there appear angular blocky structure and slickenside features on the ped faces. According the criteria of the keys to US Soil Taxonomy, this soil is named "Fine, Montmorillonitic, Hyperthermic, Typic Chromudert". It is suggested that vertisol should be regarded as an independent classification unit in China. The vertisol exist with the lateritic red earth in the form of catena, its location is lower than that of lateritic red earth. As a result, the bases and clay are often accumulated in vertisol due to their migration from the high lands around it, which offers favorite conditions for development of vertisol. So the development of the vertisol is influenced by topography.