

母质和微地形条件 对变性土形成的影响*

朱鹤健 郑建闽** 谭炳华

(福建师范大学, 35000)

EFFECTS OF PARENT MATERIAL AND MICRO-RELIEF ON FORMATION OF VERTISOL

Zhu Hejian, Zheng Jianmin, and Tan Binghua

(Fujian Normal University, Fuzhou, 350007)

关键词 变性土, 玄武岩风化物, 蒙脱石, 微地形

福建南亚热带的地带性土壤为砖红壤性红壤。在本地带沿海漳浦、龙海等县的低丘、台地玄武岩风化物上发育的一种暗色粘质土壤,历史上归属于砖红壤性红壤,经研究其性状明显区别于砖红壤性红壤,我们确定它为典型艳色湿润变性土^[1]。这种变性土与砖红壤性红壤呈复区分布。在同一生物气候带内,为何有这两种属性差异悬殊的土壤共同存在,针对这一问题,我们进行了变性土成因的研究。现研究探明本区变性土的形成与母质、微地形条件之间的关系。

一、材料与方法

(一) 供试土壤

在本调查区内采取玄武岩风化物发育的土壤共10个剖面。其中暗黑色气孔状玄武岩风化物发育的土壤5个剖面(3、4、5、6、7号);红色致密状玄武岩风化物发育的土壤3个剖面(8、9、10号);暗黑色气孔状玄武岩与红色致密状玄武岩交界过渡地带风化物发育的土壤2个剖面(1、2号)。这些土壤样本所处的地形部位是:上坡(1、5、8、10号)、中坡(3、6号)和下坡(2、4、7、9号)。其中1和2号;3和4号;5、6和7号土壤剖面分别构成三个不同的微地形序列。

(二) 测定方法

<1> 土壤颗粒组成: 吸管法测定。土壤粘粒($<0.002\text{mm}$)以沉降法提取。<2> 土壤腐殖质组成测定: 焦磷酸钠提取——重铬酸钾法。<3> 土壤 pH 值测定: 土液比为1:5,用 S-2 型酸度计测定。<4> 土壤阳离子交换性能测定: 用 pH7.0 的醋酸铵法测定表观代换量;用 $\frac{1}{2}$ mol 醋酸铵交换——

* 本课题得到国家自然科学基金资助。

** 现在漳州市土地局工作。

中和滴定法测定交换性盐基总量;用原子吸收分光光度计分别测定醋酸铵浸提液中的钙、镁、钾、钠;交换性酸用氯化钾交换——中和滴定法。〈5〉粘粒化学组成和细土(<2mm)全量测定: 碳酸钠碱熔法。铁用原子吸收分光光度计测定;铝用差减法;硅用重量法。〈6〉土壤无定形铁(Fe_o)和游离铁(Fe_d)测定: 无定形铁用 pH3.2 草酸——草酸铵缓冲液提取,游离铁用连二亚硫酸钠提取,均用邻菲罗啉比色法比色测定。〈7〉线性膨胀系数(COLE)测定: 分别测定土壤湿润和烘干时的长度,然后计算而得^[1]。〈8〉风化母质薄片鉴定: 切片,镜下观察。〈9〉粘土矿物组成: 用 X 射线衍射谱分析,并以粘粒全量矿物质的分析数据,按 L. van Der plas 法估算而得^[1]。

二、结果与讨论

(一) 变性土的形成与母质条件的关系

本区分布的玄武岩是第三纪末至第四纪初多次喷发的。各期次的岩性不尽相同。野外观察: 玄武岩的风化母质有红色致密状和暗黑色气孔状两种类型。前者喷发早于后者,因此后者层位覆盖于前者之上,两者的化学组成见表 1

表 1 两种不同类型玄武岩风化物的化学组成

玄武岩风化物类型	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	MnO	SiO ₂ / Fe ₂ O ₃	SiO ₂ / Al ₂ O ₃	SiO ₂ / R ₂ O ₃
	(g kg ⁻¹)													
暗黑色气孔状	485.6	122.3	22.0	159.5	20.0	73.2	64.9	16.1	6.2	3.5	3.6	3.97	3.05	1.72
红色致密状	357.2	195.8	3.3	274.1	25.3	5.0	6.3	1.0	1.2	2.3	2.6	1.82	1.30	0.76

从表 1 看出: 暗黑色气孔状玄武岩风化物中 SiO₂、CaO、MgO、K₂O、Na₂O、P₂O₅、MnO 的含量均较红色致密状玄武岩风化物为多,而 Fe₂O₃、Al₂O₃ 含量则较少。因此,前者的 SiO₂/Fe₂O₃、SiO₂/Al₂O₃、SiO₂/R₂O₃ 远较后者为大。它说明前者风化物的风化度较后者风化物来得低。

上述两种不同类型玄武岩母质所发育的土壤性状差异是显著的。现取暗黑色气孔状玄武岩风化物发育的土壤典型剖面(7号)、红色致密状玄武岩风化物发育的土壤典型剖面(9号)和这两种母质交界地带的土壤典型剖面(1号)各 1 个,比较其间土壤的理化性质(表 2、3)。

从表 2、3 可以看出三种不同风化物: 从暗色气孔状玄武岩风化物(剖面 7)→暗黑色气孔状玄武岩与红色致密状玄武岩交界地带风化物(剖面 1)→红色致密状玄武岩风化物(剖面 9)所发育的土壤理化性状及其所显示的成土作用和变性特征是呈有规律的递变,这从以下两个方面得到反映:

1. 风化淋溶作用和脱硅富铝化作用逐渐增强,这表现于: 硅铝率、硅铁铝率、风化淋溶系数(ba 值)、铁的活化度、交换性盐基总量、代换量、盐基饱和度、pH 值等数值逐

表 2 不同类型玄武岩发育的土壤的主要物理性质*

母质类型	剖面号	土壤类型	土层深度	发生层	结构	裂隙状况	颜色		粘粒 ($<0.002\text{mm}$) g kg^{-1}	粘化率 (该层粘粒) (A层粘粒)	线性膨胀 系数*	COLE $\times 100$ 粘粒%
							干	湿				
暗黑色气孔状玄武岩	7	棕色湿润 变性土	0-15	A	块状	$>10\text{mm}$ 裂隙多	10YR3/2	10YR2/2	470.0	1.00	0.145	0.32
			15-58 58以下	B ₁ B ₂	棱柱状 棱柱状	同上 同上	10YR4/2 10YR3/3	10YR3/2	495.0	1.05	0.158	0.32
暗黑色气孔状玄武岩与红色 致密状玄武岩交界过渡地带	1	棕色湿润 变性土	0-15	A	粒状	2-10mm 裂隙较多	7.5YR4/2	7.5YR3/2	464.4	1.00	0.127	0.27
			15以下	B	棱柱状	同上	7.5YR4/2	7.5YR3/4	490.0	1.06	0.130	0.27
红色致密状玄武岩	9	砖红壤性 红壤	0-30	A	团粒状	少量 $<2\text{mm}$ 的裂隙	5YR4/6	5YR3/4	552.7	1.00	0.070	0.11
			30-50 50以下	B ₁ B ₂	块状 团块状	同上 同上	7YR5/6 7YR4/4	7YR4/4	681.6	1.23	0.077	0.11

* 粘粒含量和 COLE 测定 B 层均用 B₁ 层混合样本。

表 3 不同类型玄武岩发育的土壤的主要化学性质*

母质类型	剖面号	土壤类型	发生层	H.A F.A	pH	交换性盐 基总量	CEC _{pH7}	盐基饱 和度 (%)	粘粒交 换量 CEC _{pH5} 粘粒% $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1}$	各形态的铁 g kg^{-1}				水合系数 $\text{Fe}_o \times 100$ clay%	风化淋 溶系数 (ba 值)	粘粒部分 ($<0.002\text{mm}$)			粘土矿物 组成
										游离度 $\text{Fe}_f \times 100$ Fe_t	活化度 $\text{Fe}_a \times 100$ Fe_d	活化度 $\text{Fe}_a \times 100$ Fe_d	活化度 $\text{Fe}_a \times 100$ Fe_d			$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2/\text{IV}/\text{SiO}_2$	$\text{SiO}_2/\text{IV}/\text{SiO}_2$	
暗黑色气孔状 玄武岩风化物	7	棕色湿润 变性土	A	1.78	6.94	29.13	41.91	54.85	0.89	25.35	22.83	77.17	19.6	0.59	2.67	1.99	1.14	以蒙脱石 占优势	
			B	2.00	7.23	29.72	44.23	55.66	0.89	28.99	21.62	78.38	21.0	0.58	2.63	1.92	1.11		
暗黑色气孔状 玄武岩与红色 致密状玄武岩交界过渡地带 风化物	1	棕色湿润 变性土	A	0.59	6.20	16.23	24.57	40.31	0.53	30.97	17.27	82.73	14.4	0.30	2.31	1.69	0.98	高岭石, 蒙脱石混 合型	
			B	0.24	6.31	21.45	32.02	44.87	0.65	30.67	15.55	84.45	15.1	0.28	2.53	1.64	0.99		
红色致密状玄 武岩风化物	9	砖红壤性 红壤	A	0.06	5.57	2.13	9.57	9.34	0.17	29.27	6.23	93.77	6.3	0.05	1.92	1.13	0.71	以高岭石 占优势	
			B	0.14	5.78	2.84	8.09	14.04	0.12	39.72	3.18	96.82	3.1	0.05	2.30	1.17	0.77		

* B 层各项目测定用 B₁ 和 B₂ 层混合样本; ba 值 = $\frac{\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{MgO}}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ (分子比)

渐减小、而交换性酸,铁的晶化度、粘粒含量和粘化率的数值逐渐增大。

2. 变性特征由强减弱而至无,这表现为土壤裂隙从发育变为不发育, CDLE 值减少,粘土矿物类型由蒙脱石占优势转变为高岭石占优势,并产生了粘粒交换量的降低。

根据土壤理化性质的评定,由红色致密状玄武岩风化物发育的 9 号土壤剖面定为砖红壤性土壤,由暗黑色气孔状玄武岩风化物发育的 7 号土壤剖面和上述二种类型母质交界地带风化物发育的 1 号土壤剖面均定为变性土,但前者的变性特征较后者显著。从上述可知,变性土的形成与暗黑色气孔状玄武岩风化物直接有关。据有关钻孔资料记录:在气孔状玄武岩底板之上发育有褐黑色蒙脱石粘土层¹⁾,这从另一侧面证实了变性土形成与气孔状玄武岩之间有一定的联系。从表 1 中可以看出:气孔状玄武岩风化物中含较多的 SiO_2 、 CaO 、 MgO 、 K_2O 和 Na_2O 。由此可见,变性土可以由风化物中丰富的溶解硅和盐基合成而成。薄片鉴定还表明这一风化母质属橄榄玄武岩风化物,其中的橄榄石多已蚀变,气孔周围有大量的隐晶质类的细小集合体,属于蒙脱石,基质为一些脱玻的玻璃质,其中的基性斜长石大都已蒙脱石化,可以认为气孔状玄武岩在脱玻化的过程中,伴有广泛的蒙脱石化,从而形成大量的蒙脱石类矿物²⁾。大量蒙脱石类矿物的产生为变性土的形成提供了物质基础,这就是暗黑色气孔状玄武岩风化物所以能发育为变性土的主要原因。

(二) 土壤变性特征在不同地形部位上的表现

我们在基里山这个低丘的顶部、中部和坡脚三个不同地形部位各选取一个典型土壤剖面,其剖面号分别是 5、6 和 7 号。母质同是暗黑色气孔状玄武岩风化物。野外观察和室内分析资料(表 4)得出以下结果:

低丘顶部的 5 号剖面,已受到较强侵蚀,土层浅薄, A 层只有 6cm, B 层不发育,构成 A—C 型剖面。土壤发育处于幼年状态,风化程度低,土壤性状受到母质的影响要比处于中、下坡的 6 和 7 号土壤剖面来得强。这表现于土壤具有较高的代换性盐基总量、表观代换量、盐基饱和度和蒙脱石类粘土矿物含量,并有较大的 $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ 比率,这些性状本来可以为发育变性土提供更有利的条件,但因受到侵蚀以至土层过浅,粘粒含量降低,因此在剖面形态上,如土色黑暗程度,结构和土壤开裂度等所表现的变性特征尚不如中、下坡的 6、7 号土壤剖面发育得好,按 Taxonomg 分类标准³⁾,变性土在 50cm 深处裂隙宽度 $\geq 1\text{cm}$,而 5 号剖面整个土体深度只有 6cm,仅土层厚度这一项就达不到变性土的要求,而只能归属于新成土。而处于中、下坡的 6、7 号剖面,虽然其所受到母质的影响比 5 号剖面相对较小,在代换性盐基总量、表观代换量、粘粒交换量、盐基饱和度和蒙脱石类粘土矿物含量以及 $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ 都比 5 号剖面来得低(或小),但这些指标达到变性土的基本要求,尤其是粘粒交换量 ($\text{CEC}_{\text{H}7}/\text{粘粒}\%$) 都大于 0.7,说明粘土矿物组成以蒙脱石类为主。加以土体厚度大,由于聚集了高处而来的粘粒,其含量也有所提高,因此在剖面形态上仍表现出变性特征:如宽大的裂隙,棱柱状结构体等,并达到变性土的定名要求。这一情况说明了本区暗黑色气孔状玄武岩风化物虽是变性土形成的主要因素,但如果是处于坡度较大,侵蚀较严重的地形部位,变性的特征也难以完全发育,达不到变性土的定名要求。因此可以认为本区变性土的形成,母质条件是主因,而微地形条件对促进变性土发育

1) 闽东南地质大队,1983:福建省漳浦县佛昙群地质调查报告。

也起着一定作用。据此,本区变性土发育在暗黑色气孔状玄武岩风化物上,可以认为是岩成土壤的一种,其变性特征的发育延缓和阻碍了本地带土壤所具有的富铝化过程,从而形成独特的土类。变性土一旦形成后,则趋向于自我保护,阻碍成土作用的进一步发展,使其处于相对稳定阶段。这就是为什么在亚热带地区广泛分布的富铝化土壤的范围内会出现风化度很低,性状独特的变性土的原因。且由于平缓地形有利汇集物质,易于保存形成完整土体,这使变性特征能更好表现出来,更有助于变性土的发育。

参 考 文 献

- [1] 朱鹤健等,1989: 福建省变性土特性的研究。土壤学报,第26卷3期,287—292页。
- [2] 孙薰等,1985: 火成岩石学。25页。地质出版社。
- [3] Soil conservation service, 1972: Soil Survey Laboratory Methods. and Procedures for Collecting Soil Samples p. 17. USDA.
- [4] Agronomy Department, Cornell University, 1983: Key to Soil Taxonomy. Soil management support services, p. 57—58; 241—242. USDA.
- [5] Der Plas, L. V. and Schuylenborgh, J. V., 1970: Petrochemical calulations applied to soil-with special reference to soil formation. Geoderma, (4): 357—385.