

云南腾冲火山灰土发生学 特性的初步研究*

刘朝端

(中国科学院南京土壤研究所)

摘要

腾冲火山灰土形成于第四纪火山碎屑喷出物,通常土壤为酸性,土层中含有多少不等的浮岩和其他形式的熔岩块。A层色暗、有机质含量和持水量都很高、容重特低。粘粒矿物中有显著量的水铝英石。基质含有大量细粒腐殖质和玻璃碎屑。肥力高,能高产。成土作用主要是岩成草甸过程的有机质大量积累和富铁铝伴有表土层的生物富硅作用。该土的许多发生特性与国外的火山灰土相似。

鉴于该土受母质的影响深刻和与附近地带性土壤的差异,在分类上可定为岩成土纲中的一个特殊土类,名为火山灰土。

火山灰土肥力优异^[1,2,9],在农业用地中占重要地位。其特殊性更引起世界土壤学界和农学界的注意。国际上几个重要的土壤分类系统均已将其列于较高的级别^[4, 11, 13, 18]。1964年东京会议上定名为“Andosol”,并下了定义^[10,17]。不少土壤学家宁愿用涵义更广泛的“Volcanic ash soil”^[14](火山灰土)或“Soils derived from volcanic ash”^[17](火山灰源土壤)。笔者采用第四纪火山附近喷出的疏松沉积物发育的称火山灰土的意见^[10,12,16]。

我国对火山灰土的研究开始较晚^[2-4]。至于腾冲火山灰土,过去未见报道。

据地质资料^[1,2],腾冲附近第四纪火山喷发分三期。本文所研究的土壤主要是Q₁和Q₂末期喷发的以玄武岩质和安山玄武岩质为主的基性和基中性火山灰上发育的。

一、火山灰土作为岩成土的主要特征

(一) 土壤形态特征

1. 田间形态: 从所研究的七个主要剖面的有关情况(表1)及野外观察的剖面(图版I, 1)可以看出:

* 根据1979年参加腾冲遥感试验区考察所搜集的资料。同时参加考察的主要有戴昌达、周慧珍、凌龙生等同志。文中化学和物理分析由分析室完成;绘图室清绘插图;照相室洗印照片;顾新运、李淑秋、蒋梅茵、陆长青同志鉴定矿物;曹升庚同志作微形态鉴定;蒋柏藩、顾益初同志作磷的组成;周瑞荣同志作土壤腐殖质组成;陈百明同志提供表9中四个标本的有机质含量和C/N值;定稿时承龚子同同志提了宝贵意见。统此谨志谢忱。

1) 云南省地质局, 1979: 中华人民共和国地质图腾冲幅(比例尺1:20万)的说明书。

2) 腾冲地热资源联合调查组, 1974: 云南省腾冲地区地热资源考察报告。

表1 腾冲火山灰土主要剖面的生成条件和形态特征
Table 1 Soil-forming conditions and morphological peculiarities of main profiles of volcanic ash soils in Tengchong County

剖面号 Profile No.	地点 Locality	地形 Relief	海拔(m) Elevation	喷发时期 ¹⁾ Eruptive period	熔岩类型 ²⁾ Lava type	气候条件 ³⁾ Climate		植被和利用情况 Vegetation and land use	所在土被 地带 Soil zone	剖面构造 ⁴⁾ Profile pattern	A ₁ 或Ap层颜色 ⁵⁾ Color of the A ₁ or Ap horizon
						年均温 (°C)	年降水 (mm)				
腾西1	尖山	西南坡中部	2030	Q ₁	安山岩	12-14	1700-2200	云南松疏林白茅草甸	黄壤	As, A ₁ , AB, B ₂ , IIA ₁ , IIB	棕黑 (10 YR 2/2)
腾西3	打鹰山	火山锥顶部鞍部	2610	Q ₂	辉石安山玄武岩	<9	>2200	杜鹃杂类草禾草草甸	黄棕壤	As, A ₁ , (AB), (B), (BC), C	棕黑 (10 YR 2/2)
腾西7	老龟坡	火山锥顶部	1847	Q ₁	辉石安山玄武岩	12-14	1700-2200	云南松疏林禾草草甸	黄壤	A ₁ , (AB), (B), (BC), C	暗红棕 (5 YR 3/2)
腾西8	马鞍山	火山锥顶部	1792	Q ₁	辉石安山玄武岩	12-14	1700-2200	云南松疏林禾草草甸	黄壤	A ₁ , (AB), (B), (BC), C	黑 (2.5 Y 2/1)
腾西11	马鞍山	台地	1600	Q ₁	辉石安山玄武岩	14.7	1425.4	香果疏林禾草草甸	红壤	A ₀ , A ₁ , (AB), (B)	棕黑 (10 YR 3/1)
腾西12	来凤山	台地	1650	Q ₁	橄榄二辉安山玄武岩	14.7	1425.4	农地稻麦轮作	红壤	DAP, A ₁ , B ₁ , B ₂ , BC, C	棕黑 (10 YR 3/1)
腾西15	垦荒社	台地	1560	Q ₁	安山玄武岩	>14.7	<1425.4	农地玉米	红壤	A _p , B	亮红棕 (5 YR 5/8)

1) 云南省地质局, 1979, 中华人民共和国地质图腾冲幅(比例尺1:20万); 中国科学院腾冲遥感试验组, 1981, 地质图(1:10万), 于: 腾冲遥感图集, 科学出版社。

2) 腾冲地热能资源联合调查组, 1974, 云南省腾冲地区地热能资源考察报告。

3) 腾冲农业区划工作队, 1980, 腾冲县综合农业区划报告。

4) As 草皮层, Ap 耕作层, DAp 堆积的耕作层, (C₀) 为发育不成熟的成土发生层。

5) 自然结构的风干土, 按日新版标准土色帖(1973)命名。

(1) 火山灰土具有颜色甚暗的腐殖质层 A_1 , 一般黑到暗红棕色, 这与后面将阐述的“岩成草甸过程”积累大量有机质有关。与其附近花岗岩上发育的黄壤(腾西 5, 浊黄棕 10YR 5/3) 和红壤(腾西 27, 浊黄橙 10YR 6/3) 迥然不同; 在剖面构造上, 火山灰土大多只有发育不成熟的(AB)、(B) 层, 一般都缺少如红壤那样发育完全的浊橙(5YR 6/4) 和橙色(5YR 6/5) 的 B_1 和 B_2 层以及具网纹的 BC 层。至于微发育的红壤和黄壤, 剖面构造虽与火山灰土类似, 但没有暗色的 A_1 层。

(2) 腾西 1 那样的迭置剖面, 无论是火山锥的坡上或熔岩台地上, 都是常见的。这正是火山灰土因火山多次喷发造成的剖面构造特点之一。

(3) 更新世的火山灰土, 如腾西 1、12、15, 剖面中可见明显的粘化 B 层。腾西 15 处于红壤垂直带中, 显示出“红壤化”的现象。一般越老越红, 而腾西 1 在黄壤垂直带中, 虽更老, 却不显红壤化。这些情况显示了某种程度的地带性特征。

此外, 据野外观察, 火山灰土的所有发生层, 特别是下部的, 通常含有大小不等的浮岩块和火山渣等。在腾西 3 的 (BC) 层中有少量豆状铁结核。

2. 微形态: 薄片研究看出, 火山灰土母质¹⁾多为垒结疏松、孔隙甚多的玻璃质熔岩物质(图版 I, 2)。土壤基质中也含有玻璃碎屑, 并有大量细粒腐殖质。在 0.01—0.001 毫米颗粒中可见到一些石英、金红石、角闪石和云母等原生矿物碎屑。土体的结构垒结松, 多裂隙和孔隙(图版 I, 3、4)。含粘粒较多, 呈核粒结构的表土层可见较大结构体被 0.1—0.2 毫米的裂隙分开, 大结构体内又为均匀连通的 0.004—0.01 毫米宽的网纹裂隙分成小结构体(直径 0.15—0.5 毫米), 大结构体间的裂隙中可见到小的团聚体。所有结构均具明显的稜角(图版 I, 3)。呈团粒结构的表层, 土体被 0.01—0.15 毫米的团聚体垒结成海绵状, 团聚体间为不规则的孔隙, 大团块中不见明显裂纹, 大小结构均成团块而不显稜角(图版 I, 4)。从上述研究中可以看出, 火山灰土的矿质部分除含有玻璃碎屑外, 在粉砂中还有不少可风化的矿物。它一般不像其附近的红壤和黄壤那样有明显的铁质浓聚物和定向粘粒。这一切显示了火山灰土的幼年性和母质的深刻影响, 但由于草本植物根系的强大作用, 其结构的发育程度仍然较高。

(二) 特殊的物理性质

火山灰土以其很小的容重、很高的孔隙度和相当强的持水能力而有别于其他土壤^[10, 14, 17]。如表 2 所示, 无论草地或农地的火山灰土, 由于比重小、孔隙度高, 其容重均小于 1 克/厘米³, 比重、容重随有机质增加而减小。由于非毛管孔隙度低, 毛管孔隙度很高, 因而毛管持水量接近饱和水量, 且都很高, 后者可达 106%。虽然草地的毛管孔隙度略低于农地的, 而毛管持水量却较高。对比表 3, 可设想这些特点与疏松母质的容重甚小, 孔隙度极高, 以及成土过程中有机质的大量积累有关。

火山灰土颗粒组成的细粒部分可能偏低^[10, 14], 但从图 1 仍能看出: (1) 火山灰土全部土层平均颗粒分配值有两个明显的峰。野外观察这几个剖面时, 明显看到母质包括块状熔岩碎片和粉尘物质两种。而红壤和黄壤, 虽因花岗岩母质残留石英粒影响, 粗、中砂含

1) 火山灰易风化, 不可能采得当时喷发的母质, 故取土中同时喷发的浮岩块或凝灰岩块等代替。下同。

表 2 火山灰土某些物理性质

Table 2 Some physical properties of volcanic ash soils

地点 Locality	利用情况 Land use	比重 Sp. Gr.	容重 (g/cm ³) Bulk density	毛细孔隙度(%) Capillary porosity	非毛细孔隙度(%) Non-capillary porosity	毛管持水量(%) Capillary moisture cap.	饱和水量(%) Saturated water cont.	土壤有机质(%) O. M.
打鹰山台地	农地	2.64	0.84	66.8	1.5	80.4	82.4	9.15
马鞍山台地	草地	2.24	0.68	60.0	10.0	91.6	105.7	24.82

表 3 火山灰土母质的物理性质

Table 3 The physical properties of parent material of volcanic ash soils

剖面号 Profile No.	母质 Parent material	比重 Sp. Gr.	容重(g/cm ³) Bulk density	孔隙度(%) Porosity
腾西 3	浮岩	2.67	0.48	82
腾西 7	浮岩	2.83	1.04	63
腾西 30	埋藏 10 米深之凝灰岩	2.91	1.38	52

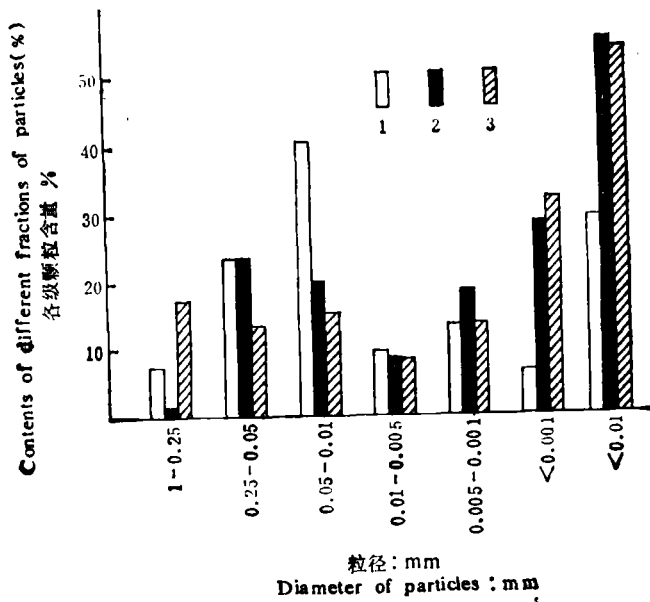


图 1 火山灰土和红壤、黄壤的颗粒组成

(1. 火山灰土(Q₄), 2. 火山灰土(Q₃), 3. 红壤、黄壤)

Fig. 1 Distribution of soil particles

(1. Volcanic ash soil(Q₄), 2. Volcanic ash soil (Q₃), 3. Red earth, yellow earth)

量高于火山灰土,却只有粘粒部分一个明显的峰。由此推测,火山灰土这二个峰可能是母质这两种不同状态的影响。(2)若成土条件近似,粘粒含量标志着土壤的发育程度。尽管花岗岩母质比火山灰难于风化,但其粘粒含量最高。故据图 1 可推测,火山灰土发育程度, Q_1 的低于 Q_2 的,而二者又均低于红壤、黄壤。反映了火山灰土的幼年性。(3)火山灰土与红壤、黄壤这种颗粒组成的差异,当捏碎土块时,给人以迥然不同的感觉,火山灰土细腻酥脆,红壤、黄壤粗糙粘结。

(三) 主要化学性质和养分状况

土壤反应一般为酸性。地形平坦和分布高而降水多的腾西 1、3、12 酸性较强(表 4)。

火山灰土由于富含水铝英石而可变电荷较多, pH 改变,交换量随之不同^[14,17],故所测得的交换量有可能偏高。但所有交换性盐基基本上以 Ca、Mg 为主(表 4)。

对于盐基饱和度,地形-水分状况比成土年龄和生物-气候垂直分异表现了更大的影响。腾西 7、8 地表排水好, A_1 层盐基饱和度高达 90% 左右,而地表排水较差的腾西 3、12 则高度不饱和。至于交换性酸低,其与交换性盐基之和低于交换量,据报道,其原因可能是中性介质中测得的交换量比实际偏高,另外,水铝英石持有可交换的 H^+ 和 OH^- 两种离子,二者可同时交换出来而互相中和,因此,测得的只是余下部分的交换性酸^[17]。

未开垦的火山灰土 A_1 层有机质、全氮和碱解氮含量都很高。开垦以后,相应降低。唯全钾、速效钾略增,这可能是薰烧所致。

全磷都属高含量级,比附近花岗岩上的红壤、黄壤(腾西 5、27,全磷 0.07、0.08%) 高 5—10 倍。全磷量高而速效磷低,反映了火山灰土对磷强烈的固定作用^[14,17],腾西 6 的最大吸附量达 5048 微克/1 克土¹⁾,比我国南方的红壤、黄壤高数倍^[7]。因此,我们用 $NaHCO_3$ 法和 $HCl-NH_4F$ 法测定速效磷,前者的结果低到中等含量,后者都是痕迹。火山灰土 A_1 的活性随酸度增加而增强,从而增强了磷的固定作用^[17]。这可能是本文 $NaHCO_3$ 法结果明显高于 $HCl-NH_4F$ 法的原因。

表 5 表明,火山灰土中无机磷约占全磷 23—59%。各种形态无机磷的比例与我国南

表 5 火山灰土无机磷组成(风干土)

Table 5 Composition of soil inorganic phosphorus (Air dried soil)

剖面号 Profile No.	发生层 Horizon	全 P(%) Total P	Al-P	Fe-P	Ca-P	O-P	合计 Total
			ppm %				
腾西 3	A_1	23.3	$\frac{311}{20.8}$	$\frac{535}{35.8}$	$\frac{466}{3.2}$	$\frac{599}{40.2}$	$\frac{1492}{100.0}$
腾西 8	A_1	59.4	$\frac{1017}{29.5}$	$\frac{1154}{33.5}$	$\frac{393}{11.4}$	$\frac{882}{25.6}$	$\frac{3446}{100.0}$

1) 朱荫桐同志据其测定结果推算。标本地点距腾西 / 约 100 米。

方一些主要土壤^[7]不同。闭蓄态磷火山灰土只占全磷 25—10%，而红壤达 50—90%；磷酸铝盐和铁盐则占很大比例，尤其磷酸铝盐比我国南方主要土壤高 5—10 倍。这可能与前述火山灰土有显著数量的水铝英石有关。磷酸钙盐的比例小，接近我国南方其他土壤。

综上所述，腾冲火山灰土的形态特征和主要理化性质都直接、间接地深受母质影响，而不同于当地的地带性土壤。

二、风化-成土特点

腾冲火山灰土分布在海拔 1000—2600 多米间，表 6 四个剖面由低到高，依次嵌于红壤、黄壤和黄棕壤等垂直带中(表 1)。总的气候(表 1)堪称温暖湿润，这有利于土壤的有机质大量形成、矿物质迅速分解淋溶和铁铝富集。

(一) 全量化学组成显示富铁铝伴随 A₁ 层富硅

表 6 所列 SiO₂/Al₂O₃，土体的均小于母质的；10 个粘粒的有 5 个 < 2，甚至 < 1。SiO₂/Fe₂O₃ 则无论粘粒的或土体的均显著小于母质的。这表明腾冲火山灰土既富铝，也富铁。日

表 6 火山灰土的硅铁铝分子率
Table 6 Silica-sesquioxide ratio of the soils

剖面号 Profile No.	发生层 Horizon	深度 Depth (cm)	SiO ₂ /Fe ₂ O ₃			SiO ₂ /Al ₂ O ₃		
			粘粒* Clay	土体* Soil	母质 Parent material	粘粒* Clay	土体* Soil	母质 Parent material
腾西 3	A ₁	0—10	10.13	11.02		3.36	3.47	
	(B)	45—65	10.30	6.50		2.15	1.64	
	母质				13.51			3.86
腾西 7	A ₁	0—10	3.08	7.81		1.50	2.60	
	(B)	30—40	1.34	6.20		1.35	2.20	
	母质				10.75			3.94
腾西 8	A ₁	0—10	5.45	12.97		4.46	3.52	
	(B)	25—45	3.60	12.17		4.21	3.51	
	母质				15.57			4.32
腾西 11	A ₁	0—15	4.64	12.89		2.45	3.76	
	(AB)	15—65	4.30	9.48		1.19	2.31	
	(B)	65—110	4.22	7.64		0.98	1.77	
	(BC)	110—200	4.17	6.80		0.91	1.58	
	母质**				15.57			4.32

* 粘粒粒径 < 0.001mm，土体粒径 < 1mm。

** 以腾西 8 的母质为代表。

本的也发现富铝^[10,14,17]。

从表 7 富集情况可见: 母质发育为土体, 铁、铝两者富集程度相近。同理, 形成粘粒, 铁的富集程度显著大于铝。根据铁在粘粒矿物中富集程度最高, 而在土体中也不亚于铝, 故以铁为基数计算硅、铝的损失情况(表 7), 在成土过程中有相当于母质 32% 的 SiO_2 损失, 7% 的 Al_2O_3 增加。同理, 粘粒形成中有 63% SiO_2 和 44% Al_2O_3 损失。

表 7 硅、铁、铝分子率在火山灰土形成中的变化*

Table 7 The change of silica-sesquioxide ratio in the soil formation process of volcanic ash soil

层 段 Section		富集情况 Enrichment				损失情况 Loss			
		$\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{SiO}_2}$	Al_2O_3 富集程度 Enrichment degree of Al_2O_3	$\frac{\text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{SiO}_2}$	Fe_2O_3 富集程度 Enrichment degree of Fe_2O_3	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$	SiO_2 损失程度 Loss degree of SiO_2	$\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$	Al_2O_3 损失程度 Loss degree of Al_2O_3
土体层 Solum	粘粒部分 Clay	0.44	183	0.19	286	5.43	+63	1.85	+44
	土体部分 Soil	0.38	158	0.11	157	9.50	+32	3.57	-7
母质 Parent material		0.24	100	0.07	100	12.83	0	3.33	0

* 表 6 四个剖面平均值。

与总的富铝相反, 表 6 四个剖面表层的 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 和 $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$, 无论土体的还是粘粒的, 除个别与下层相近外, 都大于下层的, 尤其腾西 8A₁ 和 (B) 层的 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 与母质相近, 表明硅在表层富集。电镜鉴定土中有硅藻(图版 I, 5)。日本研究在 A 层发现植物蛋白石^[17], 硅的含量也以表层为多^[6]。由此推断, 这不是灰化, 而应是与有机质在该层大量积累相应的生物富集。硅在表层富集的情况如表 8 所示, 粘粒中 SiO_2 富集 29%, 土体中更多, 达 48%。至于腾西 8 粘粒含硅量超过母质(表 6), 有其特殊之处。其粘粒组成, 按红外光谱(图 3)主要是硅酸盐。它处于黄壤垂直带中, 生物富集作用较年龄相同的红壤垂直带中的腾西 11 强¹⁾, 淋溶作用较黄壤垂直带中的腾西 3 弱, 因而表层富集的硅

表 8 火山灰土 SiO_2 在表层的富集*

Table 8 Enrichment of SiO_2 in surface soil of the volcanic ash soil

发生层 Horizon	$\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$			
	粘粒 Clay	富集程度 Enrichment degree	土体 Soil	富集程度 Enrichment degree
A ₁ 和 (AB)	1.76	129	2.42	148
(B) 和 (BC)	1.36	100	1.63	100

* 表 6 四个剖面平均值。

1) 腾西 11 有机质含量略高, 因有坡积作用。

较多。腾西 7 成土条件虽然与其相似,但成土年龄较大,在残积条件下,物质总的迁移趋势必然导致铁铝进一步富集,从而抵消了硅的富集,因而不如腾西 8 那样更显著地富硅。笔者曾按 A. И. 彼列尔曼方法计算了火山灰土各元素迁移程度,所得结果相同,不赘述。

火山灰土的富铝与其附近地带性土壤是一致的。而表层富硅程度较强乃腾冲火山灰土“岩成草甸过程”的发生特性。

(二) 粘粒矿物组成所显示的发生特性

X 射线衍射谱(图 2)表明,最年轻的火山灰土腾西 8A₁ 层不显衍射峰,故其粘粒矿物主要应是非晶质的,电子显微镜鉴定为水铝英石(图版 I, 6)。其(B)层 3.21 Å 峰是长石。发育年龄较大的腾西 7A₁ 和(B)层的 4.83 Å 和 14.3 Å 两衍射峰分别为三水铝石和蛭石。环境条件较湿润的腾西 3 含蛭石、高岭(3.53 Å、7.2 Å)和蒙脱(17—18 Å),表层未发现含三水铝石。从腾西 3、7 两个剖面各粘粒矿物的衍射峰均甚低判断,其结晶矿物含量不多或晶性较差。电子显微镜鉴定,其中均含有水铝英石。

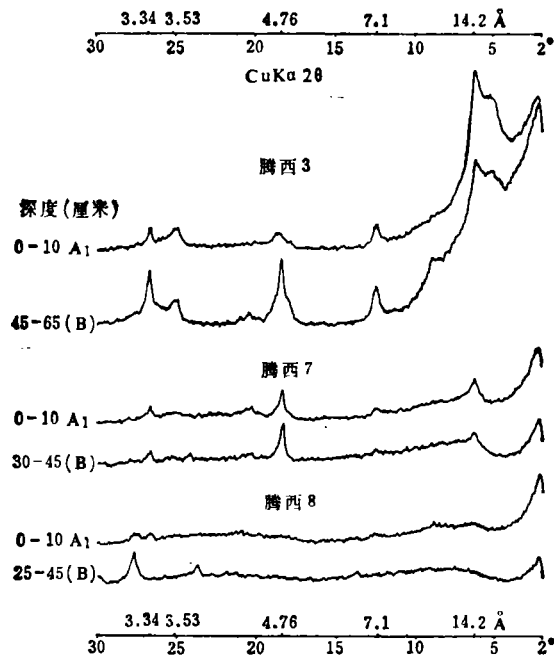


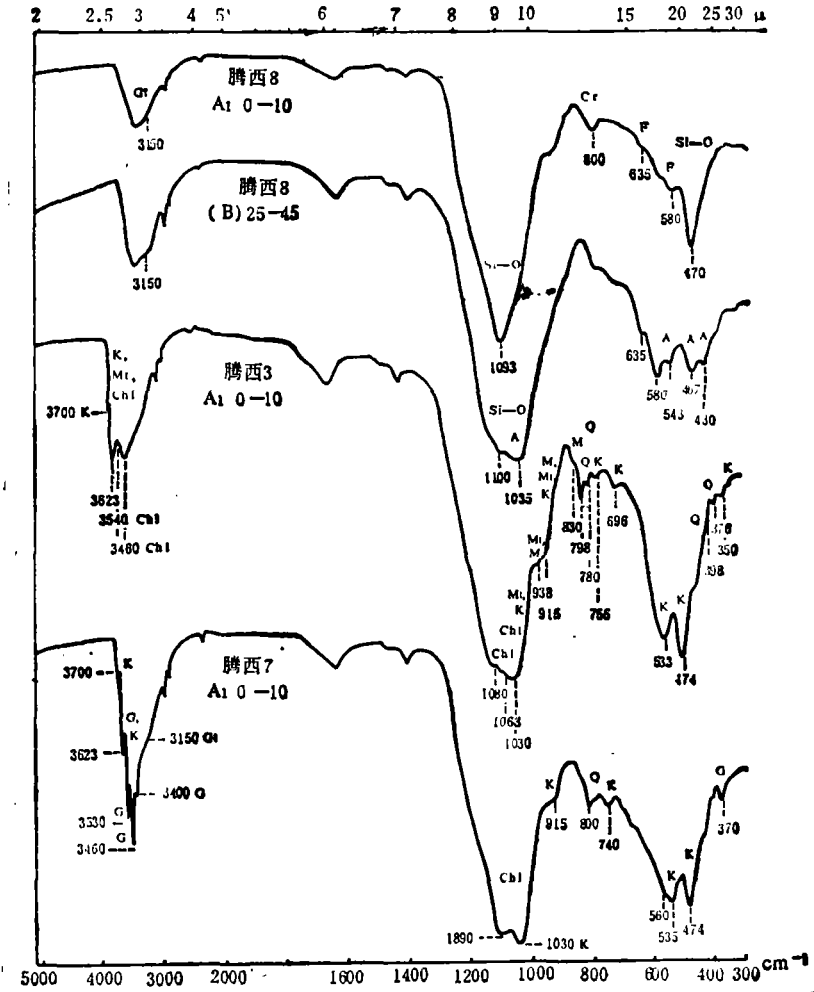
图 2 火山灰土粘粒 ($< 1\mu$) 的 X 射线衍射谱

Fig. 2 X-ray diffraction patterns of clays ($< 1\mu$) of volcanic ash soils

红外光谱的测定结果(图 3)表明,腾西 8A₁ 层粘粒主要是硅酸盐的非晶物质,以及少量长石、石英和针铁矿;(B)层含有显著数量的铁铝质水铝英石,此外,仍含有长石和针铁矿。腾西 3、7 表层主要含有高岭、绿泥石及少量的石英和针铁矿等,此外,腾西 3 还有蒙脱和蛭石,腾西 7 还有相当数量的三水铝石。这与 X 射线鉴定结果一致。

火山灰土粘粒矿物用三种手段鉴定的结果说明,这些土壤除含有特征矿物——水铝

英石外,均保存了少量可风化的原生矿物,而附近红壤和黄壤中是难以见到的。这也说明了火山灰土在发生上的幼年性和母质影响之深。至于这三个剖面次生矿物组成的差异,则可能反映其成土年龄和生物气候条件所引起的差异,如:(1)腾西7和8成土条件相似,主要年龄不同,前者有三水铝石而后者不显,反映其富铝化程度随绝对年龄增长而提高;(2)腾西3和8绝对年龄相同,前者形成高岭和蛭石而后者无,说明淋溶条件好的有利于富铝化。



A 水铝英石、Chl 绿泥石、Cr 方英石、F 长石、G 三水铝石、
Gt 针铁矿、K 高岭、M 云母、Mt 蒙脱、Q 石英

图3 火山灰土粘粒的红外光谱 (<1μ, 150℃, 16hr)

Fig. 3 Infra-red spectra of clays in volcanic ash soils

K. Wada (1973)^[16] 论证了日本火山灰土中水铝英石随成土年龄增长向三水铝石发展。腾冲火山灰土粘粒矿物组成的上述情况在某种程度上证实了 Wada 的观点。由此看来,可以将与土壤发育程度有联系的这些粘粒矿物作为火山灰土分类的依据之一。

三、“岩成草甸过程”

火山灰土,即使处在森林区中或乔木林下,其发生特征均显示长期绝对优势的生草作用。

目前,腾冲火山灰土上的植被¹⁾,大面积的是草甸和灌丛草甸或疏林草甸等。在腾冲主要有两类草甸: 1. 禾草草甸,分布较低,海拔 1800 米以下,盖度 80—90%,草高 15—25 厘米; 2. 杂类草禾草甸,分布在海拔 1800 米以上,草高一般 10—15 厘米,低于前者,但密度和盖度大,多双子叶植物。灌丛或疏林下主要也是这两类草甸,草本植物盖度达 70—80%。以禾本科为主的草甸植被为腾冲火山灰土的有机质积累提供了丰富的物质来源,同时,以其含硅较多的特点^[5]促成了表土的富硅。

火山灰土有机质的大量积累是其有别于其他土壤的重要特征^[10-12,14-17]。从表 9 可见,一般厚 10—15 厘米的 A₁ 层有机质含量高达 20—38%, 比其附近常绿阔叶林或松林下

表 9 火山灰土及其附近土壤 A₁、A_p 层有机质含量和碳氮比
Table 9 Content of organic matter and C:N of the A₁ or A_p horizon

海拔 Elevation m	耕种火山灰土 Cultivated volcanic ash soil			火山灰土 Volcanic ash soil			黄棕壤 Yellow brown earth			红壤、黄壤 Red earth, yellow earth		
	有机质% O. M.	C/N	标本数 Sample numbers	有机质% O. M.	C/N	标本数 Sample numbers	有机质% O. M.	C/N	标本数 Sample numbers	有机质% O. M.	C/N	标本数 Sample numbers
2200—2600	17.8	12.9	1	37.6	15.6	1	17.6	16.0	2	-	-	-
1600—2200	7.7	11.5*	6	21.6	14.2	4	-	-	-	9.5	16.6	4

* 5 个标本平均值。

表 10 A₁ 层腐殖质组成比较
Table 10 Humus composition of the A₁ horizon

剖面号 Profile No.	土壤 Soil	C	I*		II*	I—II	残渣 Residue
		%	占全 C %	H/F	占全 C %	占全 C %	占全 C %
腾西 3	火山灰土	21.7	39.7	1.43	32.3	7.4	60.3
腾西 7	火山灰土	10.8	37.1	0.53	35.9	1.2	62.9
腾西 8	火山灰土	11.1	32.4	0.88	29.1	3.3	67.6
腾西 5	黄壤**	5.9	39.0	0.47	38.7	0.3	61.0

* I 系 0.1 NNaOH + 0.1NNa₄P₂O₇·10H₂O 提取; II 系 0.1NNaOH 提取。

** 地点: 侍郎坝后山, 海拔 2100m, 母质: 花岗岩上的红色风化壳。

1) 植被组, 1979, 腾冲地区的植被, 于: 腾冲航空遥感试验报告文集(农林分册)。

的黄棕壤和黄壤、红壤约高一倍多。表土即使经过耕垦和多次熏烧,有机质含量仍相当高,接近自然植被下的地带性土壤,只是 C/N 较后者窄。

表 10 说明火山灰土的有机质主要是较稳定的“残渣”。腐殖质以游离态为主。胡敏酸与富里酸比值似乎与全碳量趋势一致。对照表 1 所示火山灰土的海拔和生物气候条件,腾西 7 和 8 处于同一个黄壤垂直带中,成土条件接近,二者腐殖质组成的差异,与黄壤的对比,看来可能是成土年龄不同所致,随着成土年龄增长,其组成有接近地带性土壤——黄壤的趋势。腾西 3 处于另一垂直带(黄棕壤)中,条件与之相差甚远,全碳量和 H/F 显著增高。这样的差异似乎反映了,腾西 3 所处的比较温凉湿润、草本植物较茂密的生物气候条件,更有利于腐殖质的积累、芳构化程度提高和分子量增大。

关于火山灰土大量积累有机质的机制尚无定论^[14,16,17]。由于腾冲火山灰土多属酸性,钙的作用看来不大(表 4)。另外,从其 C/N 在 14—16 左右(表 9),与附近红壤、黄壤和黄棕壤接近,可以推测,也不是由于分解程度低。至于是否水铝英石或三氧化物的作用形成抗分解的稳定形式,有待进一步研究。同时,现有研究结果对火山灰沉积物与草甸植被的优势作用间相联系的必然性尚不清楚,但从火山灰土的植被一般都是草甸这一事实推测,其间关系决不是偶然的巧合。

火山灰土上述的草甸过程,在发生上显然不同于森林土壤上被草甸植被更替后的“生草过程”;也不同于山顶地形和森林线以上,森林受抑制条件下的山地“草甸过程”,或半水成的草甸过程,而是发生在特殊成土母质——火山灰上的草甸过程。联系前述种种明显的岩成特征,本文暂称之为“岩成草甸过程”。

四、结 束 语

腾冲发育于第四纪火山灰上的土壤,许多重要特征与国外火山灰土^[9,11,14,17]相似。其富铁铝可能反映了地带性烙印。唯其性状和粘粒矿物中的水铝英石等受母质——火山灰影响突出;一些重要特征,如土壤有机质的高度积累和表层生物富硅等又是明显受特殊母质——火山灰影响的“岩成草甸过程”的结果;其主要成土过程为“岩成草甸过程”;故显著不同于当地的地带性土壤,而是一类特殊的隐域土。因此,可将其定为岩成土纲^[8]中的一个土类,名火山灰土。至于亚类的划分,笔者在 1979 年写的摘要¹⁾和编的腾冲土壤图²⁾中所分“饱和”与“不饱和”两个,根据目前资料,感到又难于肯定了。但若按“耕种的”、“薄层(微发育的)”、“普通的”(即联合国所分的“Andosol”^[11,15,17]或日本农民所称“Kuroboku”^[14,17]);或按其发育程度^[13],特别是接近地带性土壤的程度划分,看来是可行的。

参 考 文 献

- [1] B. A. 柯夫达(陆宝树等译), 1975: 土壤学原理。科学出版社。
- [2] 中国科学院南京土壤研究所黑龙江队, 1982: 黑龙江省与内蒙古自治区东北部土壤资源。科学出版社。
- [3] 赵其国、王明珠、熊国炎、刘朝端, 1979: 黑龙江省土壤发生分类, 于: 土壤分类及土壤地理论文集, 浙江人民出版社。

1) 第四届全国土壤学会论文摘要集。

2) 中国科学院腾冲遥感试验组, 1981, 腾冲遥感图集, 科学出版社。

- [4] 赵其国、王明珠、熊国炎, 1980: 黑龙江省黑河地区土壤资源评价。土壤专报, 37 号。
- [5] 何电源, 1980: 土壤和植物中的硅。土壤学进展, 第 5—6 期。
- [6] 近年来日本土壤肥科学的进展, 1980: 土壤学进展, 第 5—6 期。
- [7] 中国科学院南京土壤研究所主编, 1978: 中国土壤。科学出版社。
- [8] 中国土壤分类暂行草案(1978 年), 1978: 土壤, 第 5 期。
- [9] Buringh, P., 1970: Introduction to the study of soils in tropical and subtropical regions, 2nd, Agric. Univ. Wageningen, Netherlands.
- [10] FAO/UNESCO, 1965: Meeting on the classification and correlation of soils from volcanic ash (Tokyo 1964), World Soil Resources Reports 14.
- [11] FAO/UNESCO, 1974: Soil map of the world, 1:5000000, Vol. 1, Legend, Paris.
- [12] Martini, J. A. and J. A. Palencia, 1975: Soil derived from volcanic ash in central America: I. Andepts, Soil Sci., Vol. 120, No. 4
- [13] Martini, J. A. and L. R. Jaramillo, 1975: Soil derived from volcanic ash in central America: II. Soils more developed than Andepts, Soil Sci., Vol. 120, No. 5.
- [14] Ministry of Agriculture and Forestry Japanese Government, 1964: Volcanic ash soils in Japan.
- [15] Soil Survey Staff, 1975: Soil Taxonomy Agriculture Handbook 436, U. S. D. A., Washington.
- [16] Wada, K. and S. Aomine, 1973: Soil development on volcanic material during the Quaternary, Soil Sci., Vol. 116, No. 3.
- [17] Yoshiaki, Ishizuka and C. A. Black, 1977: Soils derived from volcanic ash in Japan, CIMMYT Mexico.
- [18] Иванова, Е. Н., 1976: Принципы классификации, систематика и номенклатура почв СССР, классификация почв СССР, изд-во "Наука".

GENETIC CHARACTERISTICS OF VOLCANIC ASH SOIL IN TENGCHONG COUNTY, YUNNAN PROVINCE

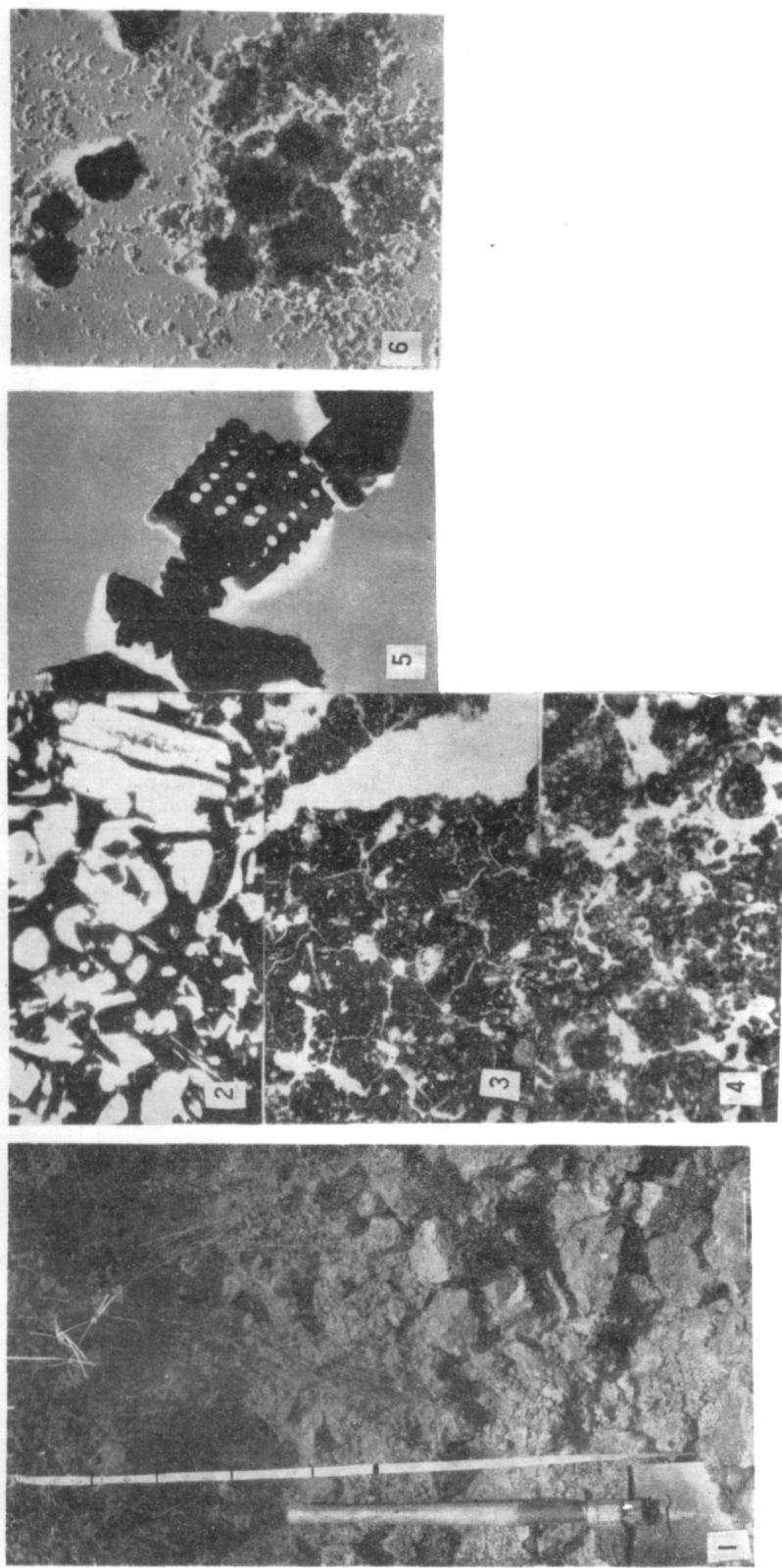
Liu Chaoduan

(*Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing*)

Summary

Volcanic ash soil in Tengchong is derived from eruptive pyroclastic materials of Quaternary volcano. Generally, the soil is acid in reaction, and has pumice and other kinds of blocky ejecta in its solum. The A horizon is characterized by a very dark colour, a very high content of organic matter, a very large water holding capacity, and a particularly low bulk density. There are considerable quantity of allophane in the clay minerals. A large amount of fine humus particles and vitric debris are present in soil matrix. The soil is fairly fertile and productive. The formation process of the soil is dominated by accumulation of organic matter which belongs to lithomorphic meadow type, and ferrallitization accompanied by the biological silicification in A horizon. Many of the genetic characteristics of these soils are similar to those in other regions of the world.

From the facts mentioned above, it can be concluded that this type of soil is influenced greatly by the parent materials and different from the neighbouring zonal soils, therefore, it should be regarded as a special soil group i.e. volcanic ash soil, under the lithomorphic soil order.



1. 火山灰土剖面, 大量草根、疏松、暗色的表层和土中多孔之浮岩(腾西 7, 腾冲老龟坡) 2. 玻璃基质(黑色)中具不规则气孔之凝灰岩薄片(腾西 30, 腾冲马站)单偏光 $\times 20$ 3. 核粒状结构的火山灰土(腾西 3, 0—10cm)示团块中之网状裂纹和结构体间之裂隙(右)单偏光 $\times 20$ 4. 海绵状叠结的火山灰土(腾西 7, 0—10 cm)单偏光 $\times 20$ 5. 硅藻骨骼和火山玻璃的电子显微照片(腾西 5) $\times 10000$ 6. 水铝英石的电子显微照片(腾西 8) $\times 10000$

1. Profile of a volcanic ash soil with a dark, loose and rooty humic horizon. Note that there are much of porous pumice in the solum (profile No. 7, Laoguiipo, Tengcheng) 2. Thin section of a frothy tuff, showing its vitric matrix (black) and irregular pores (white) (profile No. 30, Mazhan, Tengcheng). Plane transmitted light, $\times 20$ 3. Volcanic ash soil with fine angular blocky structures, reticular cracks and vughs (right) (profile No. 3, 0—10cm). Plane transmitted light, $\times 20$ 4. Volcanic ash soil with spongy fabric (profile No. 7, 0—10cm). Plane transmitted light, $\times 20$ 5. Electron micrograph of diatomaceous skeleton and volcanic glasses (profile No. 5, $\times 10000$) 6. Electron micrograph of allophanes. (profile No. 8, $\times 10000$)