

中国的火山灰土*

赵其国

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

中国火山灰土的分布面积甚小,大致可分为蒙古高原、西藏高原及太平洋三个区,本文对中国海南岛的雷虎、云南的腾冲、黑龙江的德都及辽宁的长白山四地区火山灰土的发生特性及分类问题进行初步讨论。

1. 火山灰母质大多为火山灰,地形为台地、土层浅薄,色呈棕黑,土体含玻璃碎屑,粉砂中含有斜长石、辉石等可风化矿物。土壤容重小,孔隙度与持水能力高,毛管持水量接近饱和含水量。土壤呈微酸至中性,代换性 Ca^{++} 及全磷、全钾含量甚高。

2. 火山灰土土体全量组成中 CaO 、 MgO 、 Na_2O 、 TiO_2 含量甚高, CaO 含量几乎与母质含量相当。土壤微量元素以 Ni 、 V 与 Zn 为主,并随母质到土层有所增加。粘土矿物为硅酸盐非晶物质,以水铝英石为主。

3. 由于受不同的自然条件与发育年龄影响,火山灰土除具有上述共同特性外,它们之间,在有机质含量及酸度,铁与铝的富集度及土壤淋溶强度等方面均有所差别,这些差别正是火山灰土不同发育程度的反映。

4. 按研究结果,初步提出将中国火山灰土列入初育土土纲,并按其发育程度分为粗骨性火山灰土(D-117, T-8),轻度发育火山灰土(C-10, T-3)及中度发育火山灰土(R-4)。

中国火山的分布面积甚小,近期火山约200多座,从分布看,大致可分三个区,一是内蒙古高原区,包括山西、新疆及内蒙高原边缘;二是西藏高原区,包括云南及崑崙山;三是太平洋区,包括东南、华中及海南岛^[1]。火山灰土直接发育于近代火山灰母质,它在土壤特性及分类上有其特殊性。本文仅对中国海南岛的雷虎(R-4)^[2]、云南的腾冲(T-3, T-8)^[2]、黑龙江的德都(D-117)^[4]及辽宁的长白山(C-10)^[3]四个地区火山灰土壤的发生特性及分类问题进行初步讨论。

一、土壤形态及理化特性

(一) 成土条件及形态特征

从图1及表1可见,中国四个地区的火山灰土,它们在成土条件上有较大差异,在海拔上,最高达2610米,最低仅14.1米,喷发时期从 Q_2 (中更新世), Q_4 (全新世),直到距

* 本文曾在1987年7月第九届国际土壤分类工作会议上进行过交流。

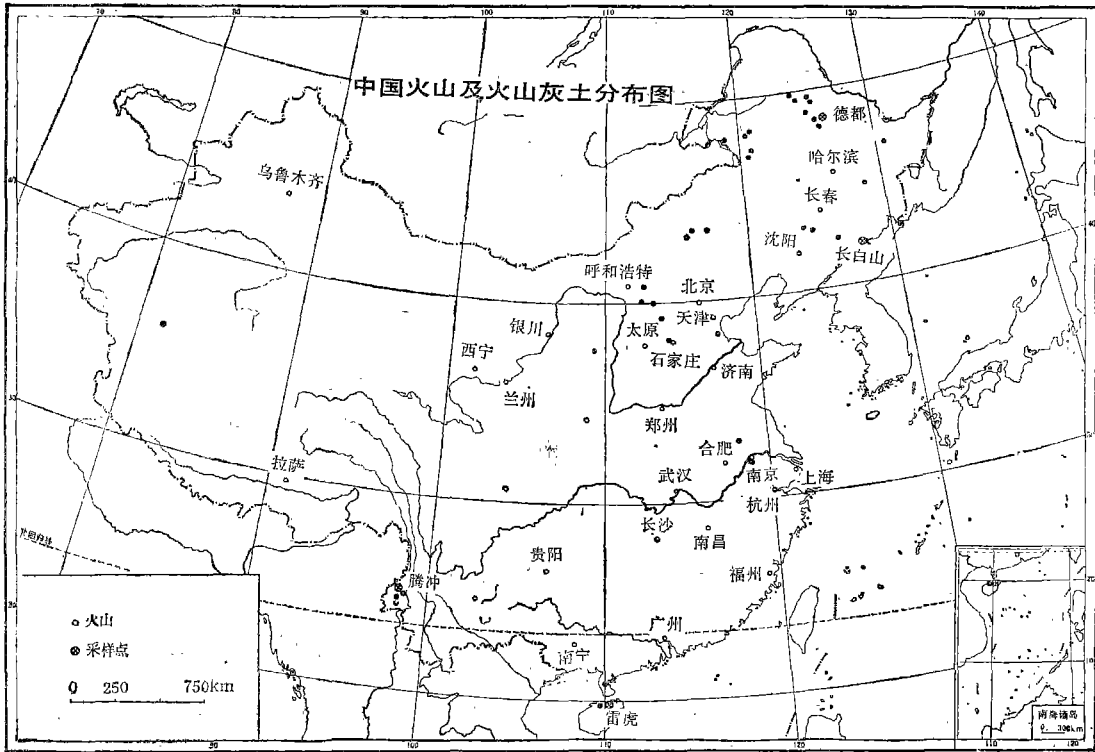


图 1 中国火山及火山灰土分布图

Fig. 1 Generalized map of volcanos and andosols in China

今267—390年,气候条件从热带、亚热带,直到温带。但其共同特点是,母质为火山灰,地形为台地及火山锥,植被为稀树草地,颜色呈棕黑色(10YR2/2),土层浅薄并含有大小不等的浮石块和火山渣。此外,从微形态看,在T-3, T-8剖面中,土壤基质内含有玻璃碎屑及细粒腐殖质,在0.01—0.001mm颗粒中,可见石英、金红石、角闪石和云母等原生矿物碎屑,在R-4剖面中,可见大量玄武岩岩屑、斜长石、辉石、橄榄石正处于开始风化阶段,土壤基质尚未发育到胶凝基质。上述特性表明,火山灰土的矿质部分,除含玻璃碎屑外,在粉砂中尚有不少可风化矿物,这是火山灰土幼年特性的反映。

(二) 土壤物理性质

按土壤颗粒分析结果(见表2),火山灰土的质地甚粗,粘粒含量($<0.001\text{mm}$)一般在2—4.5%,而砂粒(1—0.05mm)却占50—80%,同时,火山灰土的容重很小,孔隙度和持水能力甚高。由于比重小,孔隙度高,其容重均 $<1\text{克/厘米}^3$;由于非毛管孔隙度低,毛管孔隙度高,因而毛管持水量接近饱和水量(达105.7%)^[2]。这些特性表明,火山灰土发育微弱并保留母质的特点。

(三) 土壤的化学性质

从土壤一般化学性质看(见表3)土壤有机质含量一般不高,且随土壤发育程度加深而增高。总的看来,腐殖化程度较弱,土壤肥力的发展尚处于初期阶段,其次,土壤呈微酸

表 1 火山灰土的成土条件与形态特征

Table 1 Soil-forming conditions and morphological characteristics of volcanic ash soils

剖面号 Profile No.	T-3	T-8	R-4	D-117	C-10	
地点 Locality	云南腾冲	云南腾冲	海南岛雷虎	黑龙江德都	辽宁长白山	
地形 Relief	火山锥	火山锥	火山锥台地	火山锥	火山湖	
海拔高度(m) Elevation	2610	1792	14.1	350	1200	
喷发期 Eruptive period	Q ₃	Q ₃	Q ₄	1720 AD	1597-1702AD	
熔岩类型 Lava type	安山玄武岩及 火山灰	安山玄武岩及 火山灰	火山灰	火山灰	火山灰	
气候(全年) Climate	温度(°C)	8—9	12—14	23.4	2.10	4.9—4
	雨量 (mm)	>2200	1700—2200	1603	550	1200
植被 Vegetation	Rhododendron meadow	Yunnan-pine meadow	Trees of laurel family	Wasteland (Short grasses)	Sparse Korean pine forest	
A及B层颜色 Color of A and B horizon	10YR2/2 (A层)	2.5Y 2/1 (A层)	8.7YR3.6/3.0 (A层) 5.5YR3.7/1.9 (B层)	2.5T2/5 (A层)	2.5Y2/4 (A层)	

性至中性,全氮含量低,C/N比率甚宽,表明有机质分解缓慢和淋溶作用微弱。火山灰土的交换性盐基,特别是Ca⁺⁺,含量甚高,土壤中全磷与全钾含量高,分别为0.4—0.5%及3—5%,而火山灰母质中分别含5%及1%,可见火山灰土仍保留其母质富含磷、钾的特点,正因为如此,使得这类土壤在农业利用中,对作物生长起良好影响。

二、土壤的全量组成与矿物特点

(一) 土壤的全量及微量组成

从全量组成看,火山灰土体中(<0.15mm)CaO, MgO, Na₂O及TiO₂的含量甚高,其中CaO含量最高,几乎保持与母质相等含量,而在胶体中(<0.001mm),除CaO, MgO, K₂O, Na₂O含量甚高外, B层中的TiO₂, P₂O₅和A层的CaO,分别为4.88%, 2.83%和1.53%^[3],这样高的含量与地区性其他土壤相比都是很突出的。

此外,按微量元素分析结果,土壤含有较高的Ni, V与Zn,同时随母质到表层,微量元素含量随之不同程度增加¹⁾,虽然这种增长量并不显著,但说明这种土壤轻度发育的特点。

1) 史学正, 1984: 玄武岩发育土壤的地球化学特征及其在发生上的意义(硕士论文),油印稿。

表 2 火山灰土的颗粒组成

Table 2 Particle size composition of volcanic ash soils

剖面号 Profile No.	地点 Locality	土层深度 (cm) Horizon	砾质 (3-1mm)% Gravel	粒级百分数 (粒径: mm) Percentage of size fraction % (mm)					质地 Texture		
				1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001		<0.001	
				9.5	26.50	36.80	8.10	15.60		3.50	
T-3	腾冲	0-10								轻质壤土	
R-4	雷虎	0-15		12.25	18.89	35.43	9.20	19.47	4.76	24.50	壤土
		15-60		26.79	19.64	32.12	10.25	5.95	5.25	28.65	砂壤
D-117	德都	0-15	2.94	21.40	33.10	20.90	6.1	16.0	2.50	24.60	轻质壤土
		15-30	2.50	42.20	34.20	13.70	2.5	4.5	2.90	9.90	砂土
		30-40	3.16	51.20	37.90	7.20	1.1	1.5	1.10	3.70	砂土
C-10	长白山	0-15	1.30	28.60	7.09	46.95	6.7	3.30	7.36	15.00	轻质壤土
		30-40	7.88	45.10	19.11	20.16	5.7	4.30	5.36	14.68	砂土
		20-80	1.05	44.46	22.40	22.60	4.2	1.84	4.52	12.30	砂土

表 3 火山灰土的化学性质

Table 3 Chemical properties of volcanic ash soils

剖面号 Profile No.	土层 Horiz.	深度 (cm) Depth	有机质 (%) O.M.	全氮 (%) Total N	全磷 (%) Total P ₂ O ₅	全钾 (%) Total K ₂ O	有效钾 (mg/100g) K ₂ O Avail.	pH		饱和度 (%) Base satur.	代换量 (meq/100g) CEC	代换性盐基 (meq/100g) Exch. base			交换性酸 (meq/100g) Exch. acidity		
								H ₂ O	KCl			9.2	1.09	0.83		0.19	0.37
T-3	A	0-10	37.6	1.40	0.64	0.68	36.1	5.26	4.20	16.7	67.6					7.03	
T-8	A	0-10	21.8	0.93	0.58	1.00	28.8	6.35	5.36	92.8	16.6	12.2	2.39	0.70	0.14	痕迹	0.13
R-4	A	0-15	3.71					6.40		58.49	16.6	6.98	2.36	0.14	0.23	痕迹	痕迹
	BC	15-60	5.15					6.40		64.91	22.4	10.3	3.76	0.06	0.38	痕迹	痕迹
	Ash																
D-117	A	0-3	2.63	0.090	0.402	3.85	46.4	6.32	5.22								
	BC	3-7	1.84	0.055	0.367	4.03	29.8	6.59	5.51								
	C	7-12	1.31	0.031	0.319	4.40	14.8	6.41	5.31								
C-10	A	0-15	0.33	0.009	0.606	5.48	12.7	6.73	6.32								
	B	15-40	5.22	0.12				4.90	3.70	18.38							
	C	70-80	0.51	0.03				6.10	5.0	37.36							
			0.13	0.01				6.40	5.1	37.66							

(二) 土壤粘土矿物组成

X 射线衍射谱(图 2)表明, T-8, D-117 等火山灰土, 并不显示衍射峰, 可见其粘土矿物主要属非晶质型。此外, 通过电子显微镜鉴定(图版 I 照片 1), 也进一步表明, T-8, R-4 及 D-117 等均以无定形粘土矿物, 即水铝英石为主。上述三方面的鉴定一致表明, 火山灰土的粘土矿物主要是非晶质的, 并以水铝英石为主, 它是火山灰土的特征性矿物, 也是该土风化初期的产物。

当然, 除水铝英石外, 有的火山灰土, 如 T-3, T-8 (B 层) 尚含有少量长石、石英、针铁矿、三水铝石、高岭石、蛭石及蒙脱石, D-117 还含有少量水云母。水云母是云母风化初期的粘土矿物, 蛭石是水云母进一步风化脱钾的产物。这种情况表明, 不同发育阶段的火山灰土, 其粘土矿物组成仍有所不同。

三、问题讨论

(一) 关于火山灰土的发生特性

火山灰土因受火山灰母质及发育年龄轻的影响, 表现出幼年土壤特性, 如土层浅薄, 颜色棕黑, 土体含玻璃碎屑及细粒腐殖质, 土壤容重小, 孔隙度与持水性高, 代换性盐基及磷钾含量高, 并含有以水铝英石为主的粘土矿物。但不同地区与不同发育年龄的火山灰土, 其发生特性有着一定差异, 具体表现如下。

1. 颜色: A 层除 10YR2/2 及 5.5YR3.7/1.9 外, 尚有 2.5YR2/1, 2.5YR2/5 及 2.5Y2/4 等, 后两种颜色即暗橄榄棕色 (dark olive brown) 为近代火山灰土的代表(见表 1)。

2. 有机质: 一般表土含 3—5%, 但随海拔由 1200—1790—2610 米, 其有机质含量由 5.22%—21.8%—37.6%, 说明有机质随海拔高度而有显著变化(见表 3)。

3. 酸度及盐基饱和度: 一般表土酸度 6.5 左右, 但高海拔火山灰土, 如 T-3(2610 米) 表土酸度 5.26, 此外, 土壤盐基饱和度为 40—60% 之间, 但 T-8 由于地表排水条件好, A 层盐基饱和度 >90%, 而地表排水差的 T-3 则高度不饱和, 仅 16.7% (见表 3)。

4. 铁、铝、硅的轻度富集: 从表 4 可见, 三个火山灰土, 土体的 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 比率均小于母质, 其中 R-4 的粘粒 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 率 <2, 同时, $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ 也表现同一趋势, 说明火山灰土有轻度富铁、铝的特点, 此外, 上述 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ 比率, 无论土体或胶体, 其表层一般高于底层, 其中 T-8 粘粒的 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 率与母质相近, 说明硅在表层有一定富集, 这可从硅藻的鉴定结果得到证实(见图版 I 照片 1—5)。

5. 粘土矿物组成: 如前所述, 火山灰土除含水铝英石特征矿物外, 由于气候条件与成土年龄不同, 也使粘土矿物有所差异, 如图 2 所示, R-4 与 T-8, 因发育年龄有别, R-4 (Q₁) 含有三水铝石, 而 T-8 (Q₁) 则不明显。又如 T-3 与 T-8, 两者绝对年龄相同, 但前

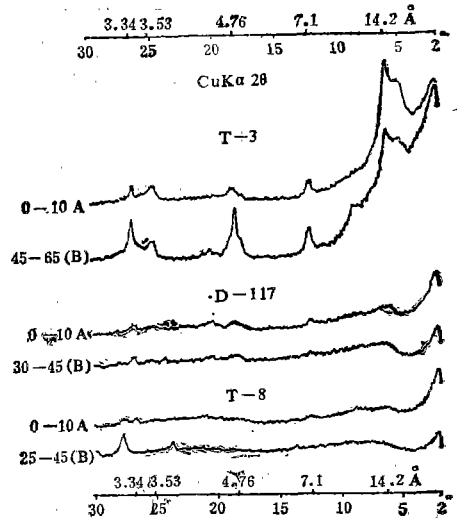


图 2 火山灰粘粒 (<1 μ) 的 X 射线衍射谱

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

表 4 火山灰土的硅铁铝分子率
Table 4 Silica-sesquioxide ratio of volcanic ash

剖面号 Profile No.	土 层 Horizon	深度 (cm) Depth	粘 粒* Clay	土 体* Soil	母质 Parent material	粘 粒* Clay	土 体* Soil	母质 Parent material
T-3	A	0—10	10.13	11.02	13.51	3.36	3.47	3.86
	B	45—65	10.30	6.50		2.15	1.64	
	母质							
T-8	A	0—10	5.45	12.97	15.57	4.46	3.52	4.32
	B	25—45	3.60	12.17		4.21	3.51	
	母质							
R-4	A	0—15	4.90	6.96	8.96	1.78	4.34	7.07
	B	15—60	4.41	5.27		1.59	3.48	
	火山灰							

* 粘粒 (<0.001mm), 土体 (<0.15mm)。

者形成高岭石与蛭石,后者并不形成,说明前者淋溶条件较好,利于产生土壤轻度富铝化。

根据 1987 年第九次国际土壤分类工作会议关于火山灰土的研究报道^[6],发育在火山喷发物或火山碎屑物上的火山灰土,其发育程度微弱,土壤原生矿物以玻璃质及长石为主,土壤容重 0.5—0.8 克/厘米³,土壤粘土矿物为短程有序矿物,如水铝英石及伊毛鎂石,并在一定条件下,出现非晶质的铁的氢氧化物,所有这些特性,均与中国上述火山灰土的性质相近。但另一方面,由于中国火山灰土的母质,不象其他国家,如日本、新西兰等,是由近代不同地质时期的火山碎屑物呈层堆积而成,它的发育层次单一,发育程度一般较上述其他国家较深,土壤粘粒矿物中,短程有序矿物,除三水铝石外不含伊毛鎂石,此外,不同形成期的火山灰土,其发育程度因不同剖面而有差别,这是中国火山灰土发生上的特点。

(二) 关于火山灰土的分类

火山灰土在土壤分类中占有特殊地位。美国土壤系统分类,将其置于始成土土纲中,联合国粮农组织及世界科教文组织及日本土壤分类中,将其定名为火山灰土 (Andosol), 1987 年 7 月在日本召开的第九次国际土壤分类工作会议上,国际火山灰土分类委员会 (ICOMAND),正式建议将火山灰土列为独立土纲,其下共划分 8 个亚纲,即潮湿火山灰土,冷冻火山灰土,旱火山灰土,燥火山灰土,碎屑火山灰土,干火山灰土,水成火山灰土及润火山灰土等。1987 年中国制订的土壤系统分类 (Soil taxonomic classification) 中,将火山灰土列入初育土土纲中 (Primarosols),分火山渣粗骨土 (Cinderic skeletal soils)、不饱和火山灰土 (Dystric andosols) 及饱和火山灰土 (Eutric andosols)。据本文研究,中国火山灰土的许多基本性质,与 FAO, UNESCO 及日本所报道的火山灰土相似,因此,可考虑将列入始成土或初育土土纲,甚至可作为新的独立土纲 (Soil class)。另一方面,由于这类土壤所处自然条件及成土年龄的差异,因而在发育程度上有所不同,如铁铝的富积

度, 有机质与硅在表层的积聚及淋溶程度等, 针对此情况, 初步设想, 在始成土或初育土纲中, 将火山灰按相对发育程度分为三个土类即粗骨性火山灰土(如 D-117, T-8)、轻度发育火山灰土(C-10, T-3)和中度发育火山灰土(R-4)。总之, 中国火山灰土的研究刚刚开始, 不少土壤分类问题有待今后深入研究解决。

参 考 文 献

- [1] 王嘉荫, 1963: 中国地质史料。科学出版社。
- [2] 刘朝端, 1985: 云南省腾冲县火山灰土的发生特性。土壤学报, 第 22 卷 4 期, 377—389 页。
- [3] 史学正等, 1987: 不同时期形成的铁质富铝土特性及其在发生上的意义。土壤学报, 第 24 卷 2 期, 170—180 页。
- [4] 赵其国等, 1982: 黑龙江省与内蒙古自治区东北部土壤资源。科学出版社。
- [5] 程伯容等, 1981: 长白山北坡自然保护区主要土壤类型及其基本特征。森林生态系统研究, 沈阳出版社。
- [6] 赵其国, 1987: 第九届国际土壤分类工作会议概况。土壤, 第 6 期, 330—334 页。

VOLCANIC ASH SOILS IN CHINA

Zhao Qiguo

(Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing)

Summary

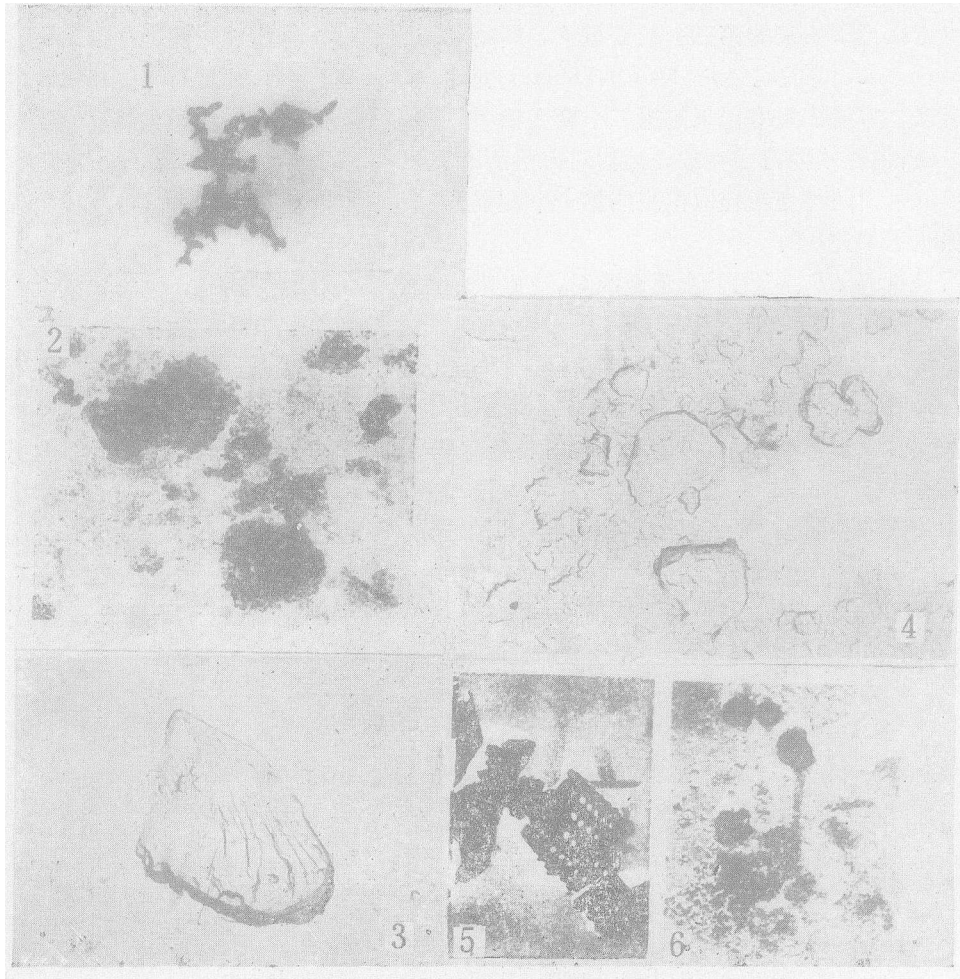
China has a very small area of volcanic ash soils which are roughly distributed in three regions, i.e. Inner Mongolia region, Xizang Plateau region and Pacific region. This paper deals with the preliminary study on the genetic characteristics and classification of volcanic ash soils in the four locations, Leihu of Hainan Island, Tengchong of Yunnan, Dedu of Heilongjiang and the Changbai Mts. of Liaoning in China.

(1) Volcanic ash soils derived from volcanic ash and generally developed on tableland have shallow solum and brownish black color, glassy fragments in the solum and weatherable minerals like plagioclase and pyroxene in the silt fraction. The soils are low in bulk density and high in porosity and water-holding capability, with a capillary moisture capacity close to the saturated water content, and slightly acid to neutral in reaction and very high in content of exchangeable Ca^{++} , total P and total K.

(2) Volcanic ash soils have a very high content of CaO , MgO , Na_2O and TiO_2 , especially that of CaO almost as high as in the parent material. The microelements in the soils are predominated by Ni, V and Zn and increase slightly from parent material horizon to soil horizon. The clay minerals are allophane-dominating amorphous silicates.

(3) Under the influence of different natural conditions and of different soil development ages, the soils vary in the organic matter content and acidity, enrichment of Fe and Al, leaching intensity of soil, etc., which are just a reflection of different development degree of volcanic ash soils.

(4) Based on the research results, it is suggested by the author that the volcanic ash soils of China may be put under the Order of Primarosols and further divided into skeleton volcanic ash soils (e.g. D-117 and T-8), lightly developed volcanic ash soils (e.g. C-10 and T-3) and moderately developed volcanic ash soils (e.g. R-4) in accordance with their development degree.



照片 1 火山灰土的电镜观察照片

Photo. 1 Electron micrographs of volcanic ash soils

- 1-1 水铝英石
Allophane in R-4 (15-60 cm), $\times 5,000$
- 1-2 水铝英石
Allophane in D-117 (3-7 cm, BC horizon), $\times 6,000$
- 1-3 玻璃体贝壳
Conchoidal glassy grain in D-117 $\times 8,600$
- 1-4 贝壳棱角磨圆片(表明开始风化)
Round edges & corners of conchoidal glassy grains (showing initial weathering) in D-117,
 $\times 5,000$
- 1-5 硅藻骨骼
Electron micrograph of diatoma skeleton (profile T-3, $\times 10,000$)
- 1-6 水铝英石
Electron micrograph of allophanes. (profile T-8, $\times 10,000$)