

中国土壤胶体研究

VI. 西藏高原几种主要土壤的粘土矿物组成和演变

許冀泉 楊德涌

(中国科学院土壤研究所)

西藏高原突起于我国西南,絕大部分地面的海拔高度在4000米以上,为世界上最高的大高原。它大致在第三紀开始形成,后来曾受第四紀冰川的深刻作用,高山頂部至今仍是冰川的活动場所^[1,2]。高原为昆仑山、唐古拉山、喜馬拉雅山和横断山等大山脈所盘踞。岡底斯山和念青唐古拉山横臥其中,成为自然地理上划分藏南与藏北的重要界綫。地域辽闊,地势高聳,又有丛山峻岭的屏障,所以各地气候悬殊,垂直变化显著。温暖湿润的西南季风只能影响到东南峡谷地区,除盛夏7、8月外,其他月份中,整个高原都在西风带高空环流系統影响之下。除东南边缘地区和低谷地带外,高原主体的气候寒冷而干燥,其特点是降水少,蒸发多,太阳辐射强,昼夜温差大,气压低,风力猛^[3,4]。

高原上的土壤分布情况大致是:西北部为寒冷荒漠土壤,北部及西南部为高山及亚高山草原和草甸土壤,东部及雅魯藏布江中段河谷地区为山地森林、森林草原和灌丛草原土壤,南部边缘为山地森林土,土层都很浅薄^[1,3,5]。对于这些土壤的性质,过去研究甚少,最近,刘朝端等同志参加西藏考察,进行了較詳細的分析研究^[5,6]。在他们的协助下,我們选取了富有代表性的几种主要土壤,进行了粘土矿物组成及演变規律的研究。

一、土壤剖面概况

这次选作粘土矿物研究的土壤剖面共11个,其中高山土壤4个,亚高山土壤2个,山地土壤5个,分布地区北起黑河,南至亚东,跨緯度4度,代表西藏境内与农、林、牧有关的主要土壤类型。简单介绍于后:

剖面1(田間号碼为TN-40)为高山草原土,采自藏北班戈湖湖成阶地的阳坡,該处海拔約4400米,母质为砾质湖积物,植被組成以紫花針茅、异針茅、羊茅为主,伴生垫状植物,土壤呈碱性反应, CaCO_3 含量9.77—16.07%,有机质含量低,表层仅1.91%,土壤质地为砾质砂壤至輕壤。

剖面2(TN-5)为高山草甸土,采自藏北黑河附近海拔4490米的阴坡,母质为砂岩殘积物,土壤质地为砾质中壤土,呈中性反应,生长蒿草、小莎草等組成的草甸植被,有机质含量高,表层为7.89%,C层亦有1.47%。

剖面3(TL-141)采自藏南昂仁阿烏拉山口,剖面4(TL-143)采自郎卡子甘巴拉山頂,都为千枚岩殘积物所发育的高山草甸土,海拔高度都在4800米左右,剖面3质地較輕,为砂壤-輕壤土,剖面4为輕壤-中壤土,土壤都呈微酸性反应,亦生长蒿草为主的高山草甸植被,有机质含量高,表层达10.64—14.51%。

剖面 5 (TN-83) 为亚高山草甸土, 采自藏北索县附近海拔 4110 米的山頂, 母质为頁岩殘积物, 土壤质地为砾质輕壤土, 微碱性, 但无泡沫反应, 生长苔草、小莎草, 伴生金腊梅、錦鸡儿等灌丛, 根系交結成深厚的草皮层(此层何同康^[6]建議用 As 表示), 有机质含量 2.34—9.53%。

剖面 6 (T-30) 为亚高山草甸土, 采自藏南堆龙德庆嘎东沟山頂, 海拔約 4220 米, 母质为千枚岩殘积物, 土壤质地属輕壤-中壤, 表土和底土呈微碱性, 心土为中性, 生长植物以苔草为主, 伴生蕁麻、西藏紫云英、狼毒、金腊梅、蒿属、小蘗、禾草和垫状植物等, 有机质含量 3.43—0.42%。

剖面 7, 8, 9 为山地灌丛草原土, 当地称为阿嘎土(“阿嘎”为藏語白色之意), 过去曾归于栗鈣土或棕鈣土^[1], 广泛分布于雅魯藏布江中游, 侵蝕严重。剖面 7 采自日喀則洛吉村西南山坡, 海拔約 4000 米, 母质为超基性岩的风化物, 土壤质地为砂壤土, 呈碱性, 30 厘米以上土层中无石灰反应, CaCO_3 含量甚低, 仅 0.08—0.18%, 植被組成有蒿属、苔草、紫云英、苔藓、狼毒、蒲公英及禾本科杂草, 土壤含有机质 1.07—2.05%。剖面 8 采自日喀則德来热德村西北山坡, 海拔約 3900 米, 母质可能是第四紀紅土层, 土壤质地为輕壤-砂壤, 呈中性-微碱性反应, 剖面上部无石灰反应, 40 厘米以下为石灰聚积层, 含 CaCO_3 30.95%, 生长棘豆、狼毒、西藏狼牙刺及莎草科植物, 复盖度仅 20% 左右。剖面 9 (T-18) 采自曲水县雅魯藏布江北側, 海拔約 3700 米, 母质为花崗岩殘积物, 土壤质地为砂壤-輕壤土, 碱性反应, 40 厘米以下为石灰淀积层, 含 CaCO_3 21.35%, 生长小蘗、錦鸡儿、鬼見愁、軟叶繡綫菊、狼毒等, 土壤含有机质 0.61—1.52%。

剖面 10 (TL-32) 为山地灰化土, 采于喜馬拉雅山南坡之亚东, 海拔 3800 米, 在郁閉的冷杉林下, 母质为花崗岩殘积物, 土壤质地为砂壤-輕壤, 呈強酸性反应, 除灰化层外, 其它各层有机质含量都极高。

剖面 11 (TL-31) 为山地棕壤, 亦采于亚东, 地形部位較灰化土为低(海拔 3200 米), 母质为花崗岩坡积物, 表土质地为輕壤, 心土为中壤, 底土为紧砂土, 呈微碱性反应, 森林树种以云杉为主, 伴生樺树、鉄杉等, 有机质含量高。

二、分析 方 法

土壤标本檢去粗有机质后用稀盐酸除去碳酸盐, 采用多次研磨分散法^[7] 沉降分离出粘粒(<1 微米)和細粉砂粒(1—5 微米), 加稀盐酸凝聚后, 用 30% 的过氧化氢分解有机质。一部分粘粒先以稀盐酸淋洗, 继用水和酒精洗去多余的氯离子, 制成氢粘粒, 用紅外線在 60°C 左右低温烤干, 供化学元素分析和阳离子交換量測定; 另一部分以鎂离子飽和, 供差热分析和 X-射綫分析之用。

化学分析——依照現行土壤分析步驟^[8] 进行, 氧化硅和二三氧化物总量用重量法測定, 氧化鉄用高錳酸鉀滴定。氧化鉀采用修改过的 Smith 法^[9] 以火焰光度計測定。

阳离子交換量測定——用氯化錳半微量速測法^[10]。

差热分析——將鎂飽和粘粒鋪于貯有硝酸鈣飽和液的干燥器中, 使之在 50% 左右的相对湿度下达到水分平衡, 称取 0.5—0.6 克, 以同体积的磨細剛玉粉末为中性体, 在自动控制、照相記錄的差热分析仪上进行分析。所用鉑-鉑/鎂差热电偶的直径为 0.5 毫米, 炉

表1 土壤和粘粒的理化性質*

剖面編號 土壤名稱 田間號碼	採集地點 母質	發生 層	深度 (厘米)	pH	CaCO ₃ (%)	有機質 (%)	細粉砂 (%)	粘粒 (%)	粘粒部分	
									陽離子交換 量(毫克當 量/百克)	K ₂ O (%)
No. 1 高山草原土 TN-40	班戈 湖積物	A ₁	0—6	8.0	10.21	1.91	11.7	3.7	31.36	—
		AB	6—22	8.4	16.07	1.30	9.2	4.7	28.35	2.29
		BC	22—48	8.6	16.07	0.74	12.8	4.9	33.29	—
		C	48—60	8.7	9.77	0.27	8.4	6.9	26.24	3.44
No. 2 高山草甸土 TN-5	黑河 砂岩殘積物	A _s	0—7	6.9		7.89	12.3	10.0	17.31	—
		A ₁	7—13	7.0		5.31	15.1	12.1	17.00	3.77
		A ₁ B	13—30	7.2		4.00	13.0	12.1	21.22	—
		C	30—40	7.0		1.47	13.2	19.6	18.54	2.79
No. 3 高山草甸土 TL-141	昂仁 千枚岩 殘積物	A _s	0—10	6.5		14.51	7.4	7.0	13.81	—
		A ₁	10—18	6.0		9.04	7.6	4.3	14.45	2.51
		AC	18—28	6.0		3.66	6.5	4.6	12.89	—
		C	28—42	6.1		1.09	4.2	3.7	14.22	3.43
No. 4 高山草甸土 TL-143	耶卡子 千枚岩 殘積物	A _s	0—18	5.9		10.64	8.8	12.7	15.45	—
		A ₁	18—25	5.8		5.38	10.5	14.8	13.69	2.92
		AB	25—42	5.4		4.90	11.5	13.1	14.99	—
		BC	42—52	5.5		3.32	7.7	12.5	14.50	—
C	52—100	6.0		—	11.3	7.7	11.76	4.21		
No. 5 亞高山草甸土 TN-83	索縣 頁岩殘積物	A _s	0—9	7.2		9.53	8.1	7.2	—	4.37
		A ₁	9—24	6.8		4.02	11.1	5.5	17.98	4.13
		BC	24—46	7.2		2.34	9.1	8.8	17.39	4.31
No. 6 亞高山草甸土 T-30	堆龍德慶 千枚岩 殘積物	A _s	0—7	7.4		3.43	9.0	7.0	12.78	2.16
		A ₁	7—22	7.0		0.94	12.5	7.5	16.96	—
		AB	22—34	6.8		0.47	10.0	11.0	24.01	0.36
		BC	34—40	6.7		0.42	13.0	10.0	28.71	—
C	40—70	7.7		—	—	—	28.88	0.24		
No. 7 山地灌叢 草原土	日喀則 超基性岩 風化物	A	0—10	8.2	0.18	2.05			28.62	1.74
		AB	10—20	8.0	0.16	1.28			28.08	1.72
		BC	20—30	7.8	0.08	1.27			30.35	1.74
No. 8 山地灌叢草原土	日喀則 第四紀紅土 層(?)	A	0—6	7.0	0.03	1.28	7.6	12.7	26.71	2.65
		AB	6—40	7.5	6.29	1.67	0.8	7.2	28.25	2.70
No. 9 山地灌叢草原土 T-18	曲水 花崗岩 殘積物	A	0—20	7.7	0.19	1.52	11.6	3.4	22.97	1.88
		B _s	20—40	7.9	0.50	0.61	4.9	13.2	27.93	1.95
		BC	40—70	8.6	21.35	—	—	—	35.45	1.46
No. 10 山地灰化土 TL-32	亞東 花崗岩 殘積物	A ₁	7—18	3.6		**	5.6	15.1		
		A _s	18—23	3.9		2.22	4.6	3.0		
		B ₁	23—30	3.8		26.95	4.1	14.1		
		C	44—70	4.9		8.96	7.1	4.7		
No. 11 山地棕壤 TL-31	亞東 花崗岩 坡積物	A ₁	0—10	5.7		11.55	9.4	7.5	11.33	1.59
		B	20—30	5.7		3.33	14.7	8.1	9.67	1.16
		C	40—50	5.5		0.47	4.3	2.9	13.25	1.71

* 除粘粒一項外,其餘項目都是本所分析室測定的,除剖面6和9用比重計法測定機械組成外,其餘都是用吸管法測定的。

** 有機質含量在7—15厘米為63.14%,15—18厘米為55.79%,以粗有機質為主。

温每分钟上升 10°C 左右。

X-射线分析——用 $\text{CuK}\alpha$ 辐射在 X-射线衍射仪上进行。X-射线管电压为 34 千伏，电流为 10 毫安，发射狭缝为 1° ，接收狭缝为 0.2° ，以盖革计数管探测，测角仪每分钟转 1° (2θ)，用线性电子电位记录仪记录。粘粒采用甘油化定向薄膜法^[11]，细粉砂则用无定向粉末薄片法。为了辨别绿泥石，曾将部分粘粒在蒙煅炉中以 600°C 的温度烧半小时后再行分析。

三、分析结果

土壤和粘粒的化学分析结果列于表 1 和表 2，差热分析和 X-射线衍射分析如图 1—4 所示，细粉砂部分的 X-射线粉末图谱限于篇幅，没有列出。现将结果分述于后：

表 2 粘粒部分的硅、铝、铁组成
(占 105°C 烘干土重)

剖面号	深度 (厘米)	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	Fe_2O_3 (%)	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$
No. 1 (TN-40)	0—6	47.55	22.36	8.73	3.61	2.89
	6—22	48.75	23.44	9.32	3.53	2.81
	22—48	48.66	23.66	9.91	3.49	2.75
	48—60	48.06	24.60	11.01	3.31	2.57
No. 3 (TL-141)	0—10	42.82	27.01	12.05	2.69	2.09
	10—18	38.69	28.42	15.18	2.31	1.72
	28—42	44.04	28.16	11.29	2.65	2.11
No. 6 (T-30)	0—7	39.19	30.17	10.66	2.20	1.80
	7—22	40.35	34.62	7.90	1.98	1.73
	22—34	40.51	33.54	6.82	2.05	1.81
	34—40	42.81	33.17	6.63	2.19	1.94
	40—70	43.81	33.26	6.27	2.24	2.00
No. 9 (T-18)	0—20	42.29	28.01	12.49	2.56	1.99
	20—40	42.58	26.99	12.29	2.68	2.07
	40—70	45.40	25.62	10.73	3.01	2.37
No. 11 (TL-31)	0—10	36.18	29.17	14.81	2.10	1.59
	20—30	29.85	31.31	13.70	1.62	1.26
	40—50	34.74	36.73	9.15	1.60	1.39

(一) 高山草原土

发育于班戈湖积物的高山草原土(剖面 1)粘粒含量甚低，粘土矿物组成以伊利石为主， K_2O 含量高达 2.3—3.4%，其次为高岭、蛭石和蒙脱，阳离子交换量为每百克粘粒 26.2—33.3 毫克当量，钙积层中蒙脱含量略微增高，阳离子交换量亦最高，粘粒部分硅、铝、铁的含量变化不大，硅铝率为 3.31—3.61，硅铁铝率为 2.57—2.89，都以表层较大，但由差热分析看来，表层似乎含有少量非晶质氧化铁。细粉砂含量较高，X-射线表明其矿物组成以石英为主，其次为云母或伊利石、高岭和蛭石，剖面下层石英和高岭显著增加。

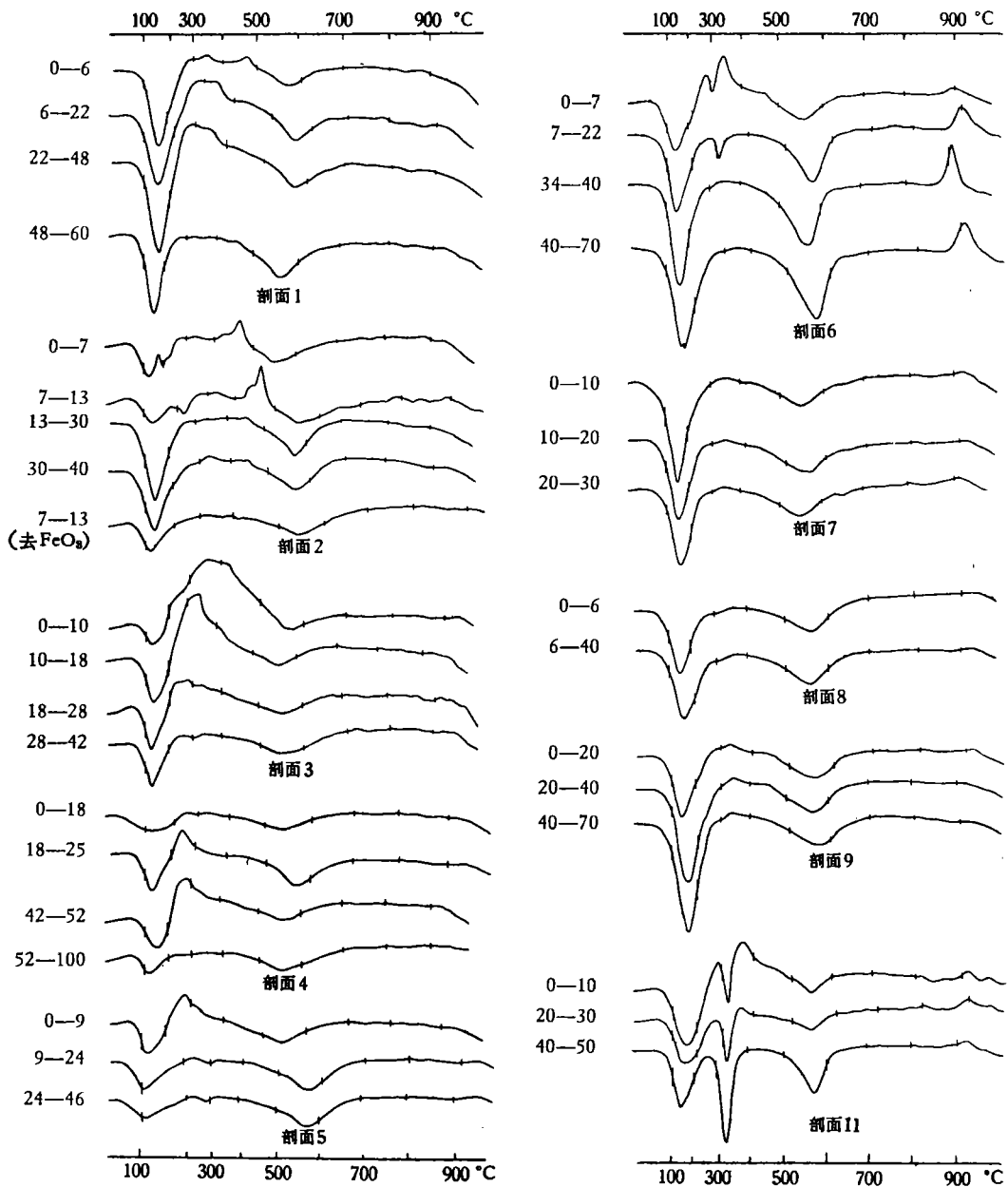


图1 粘粒的差热曲线

(二) 高山草甸土

1. 黑河附近砂岩殘积物上的高山草甸土(剖面2)中,粘粒部分 K_2O 含量高达 2.8—3.8%, 阳离子交换量为每百克 17.3—21.2 毫克当量,从差热分析结果看出 A_s 层和 A_1 层在 200°C 附近出现第二个吸热反应,而在 400—500°C 之間出现了放热反应,用連二亚硫酸鈉-柠檬酸鈉法除去游离氧化鉄后,此放热反应消失,表明这二层的粘粒含有非晶质氧化鉄。X-射线分析表明其粘粒部分以伊利石为主,并有高岭和蛭石伴存。 A_1B 和 C 层的伊利石晶性較差,且有蒙脱出现,此与差热曲线上第一个吸热反应較大和阳离子交换量較高

是一致的。热处理前后的 X-射线分析结果表明, C层还含有少量绿泥石。细粉砂的含量比高山草原土高, 占土体的 12.3—15.1%, 亦以石英为主, 伴有伊利石或云母、高岭和蛭石。

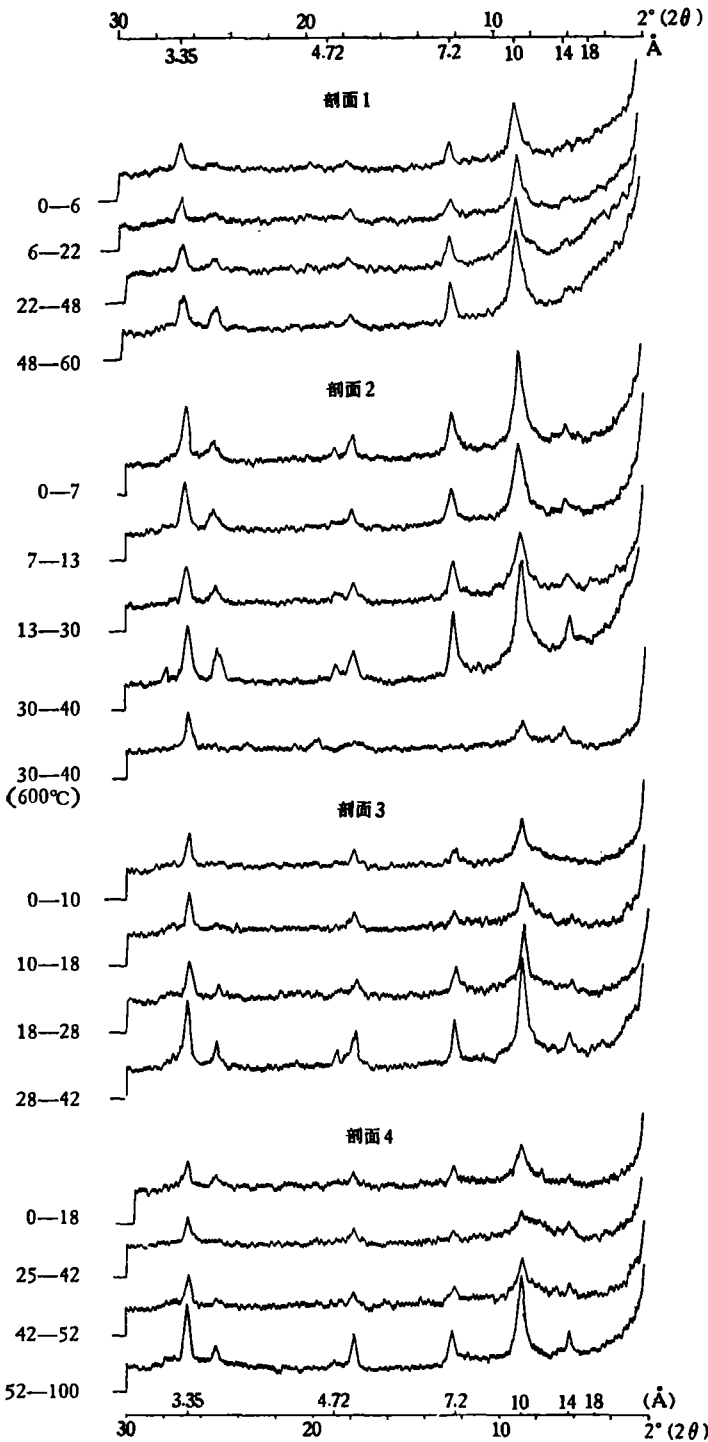


图2 高山土壤粘粒的 X-射线衍射谱

石。

2. 采自藏南昂仁(剖面3)和甘巴拉山顶(剖面4)的高山草甸土(都是千枚岩发育的), 有机质含量较黑河的高, 酸度亦高, 所以脱钾作用比较强盛, 粘粒含量在剖面中自下向上增加很显著, 其 K_2O 含量分别由 C层的 3.4% 和 4.2% 降为 A_1 层的 2.5% 和 2.9%。由差热和 X-射线分析看来, 藏南高山草甸土粘粒部分亦以伊利石为主, 其次为高岭和蛭石, 这些矿物的晶性随剖面向上显著降低, 显然是土体内淋溶作用比藏北的高山草甸土较强的缘故。除剖面3 C层外未见有蒙脱存在, 所以阳离子交换量较低, 每百克粘粒为 12—15.5 毫克当量。剖面3 C层粘粒的差热曲线显示其中可能有少量铁铝三氧化物矿物聚集。细粉砂的 X-射线分析表明其中除石英外尚有大量云母或伊利石、高岭和蛭石。C层有少量绿泥石。

(三) 亚高山土壤

1. 藏北亚高山草甸土(剖面5) 采自索县, 母质为页岩, BC层的细粉砂和粘粒中都含有高岭和伊

利石及云母，說明这些矿物来自母质，在上部土层中高岭的衍射峰略低，表明晶性变差，每百克粘粒的阳离子交换量在 17.39—17.97 毫克当量之間， K_2O 4.1—4.4%，所以，与藏北高山草甸土接近，亦以伊利石为主，但蛭石和蒙脱較少。

2. 藏南亚高山草甸土 (剖面 6) 藏南的亚高山土壤不同于高山土壤。采自堆龙德庆的亚高山草甸土表层和下部各层差异甚大，表层細粉砂含量为 9%，粘粒含量为 7%，每百克粘粒的阳离子交换量为 12.78 毫克当量， K_2O 占粘粒的 2.16%，硅鋁率为 2.20，硅鉄鋁率为 1.80，粘土矿物以伊利石为主，伴有高岭和蛭石。細粉砂中除这些矿物外，还有較多的石英和少量长石。其下各层細粉砂和粘粒含量較高，分别为 10—13% 和 7.5

—11%，粘粒的阳离子交换量亦較高，即每百克 17—28.8 毫克当量，但 K_2O 低至 0.24—0.36%，硅鋁率在 1.98—2.24 之間，硅鉄鋁率在 1.73—2.00 之間。根据差热曲线看来，应以高岭为主，X-射线分析表明除高岭(其结晶較差)外还有蛭石和蒙脱，伊利石很少。細粉砂的 X-射线分析明白指出此剖面的下部各层含石英极少，而粘土矿物含量甚高，有高岭、伊利石、蛭石、夹层矿物 (12.6 Å) 和蒙脱。粘粒部分的 X-射线衍射譜上 10 Å 与 14 Å 間衍射峰寬而低，可能亦为夹层矿物存在所致。此外，从差热曲线可以看出，藏南亚高山草甸土中全剖面都有鉄鋁二氧化物形成，尤以上部較多，X-射线分析指出，这主要是三水鋁矿 (4.83 Å)。

(四) 一般山地土壤

1. 藏南山地灌丛草原土：所分析的三个剖面的粘土矿物組成和性质都十分相似。粘粒部分的粘土矿物主要为伊利石、高岭、蛭石，三者含量相若，并伴有蒙脱，但没有三水鋁矿，鈣积层中蒙脱含量增高。細粉砂部分除含有大量石英外，亦含有伊利石、高岭和蛭石。在发育于超基性岩的剖面 7 中，上下差异很少，粘粒的阳离子交换量为每百克 28.1—30.4 毫克当量，粘土矿物晶性最差，石英含量最低；在发育于花崗岩上的剖面 9 中， B_2 层粘粒含量比 B_1 层高出三倍許，但粘土矿物与 B_1 层相似，表示粘粒在移动过程中沒有破坏，鈣积层中蒙脱增高而蛭石减少。粘粒的阳离子交换量变动較寬，每百克在 23—36 毫克当量之間，矿物晶性最好，石英含量亦高。

2. 山地灰化土 (剖面 10)：由于所采得的标本量很少，只作了 X-射线分析。从分析

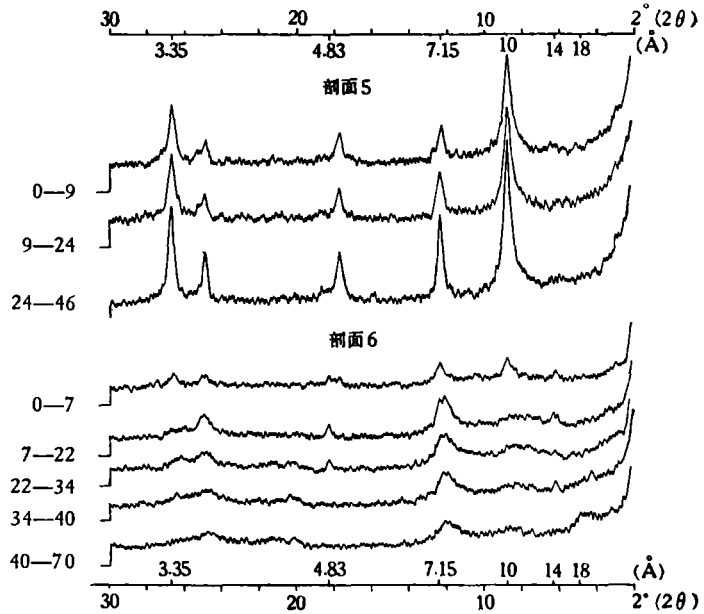


图 3 亚高山土壤粘粒的 X-射线衍射譜

結果看来, A₁ 层粘粒以伊利石为主, 伴有少量高岭和蛭石; 細粉砂中除伊利石外, 还有大量石英和少量纤铁矿。灰化层粘粒含量极低, 仅 3%, 除高岭、伊利石和蛭石外, 含有大量

蒙脱; 細粉砂中伊利石比 A₁ 层低, 但蛭石较高, 并且也有蒙脱存在。腐殖质淀积层的粘粒含量和粘土矿物组成与 A₁ 层大体相似, 但开始出现显著的三水铝矿, 同时, 石英大大减少。

3. 山地棕壤 (剖面 11): 发育于花岗岩母质的山地棕壤 C 层粘粒含量甚低, 仅 2.9%, 其阳离子交换量为每百克 13.25 毫克当量, K₂O 约 1.7%, 硅铝率为全剖面最低者 (1.60), 硅铁铝率为 1.39, X-射线分析和差热分析结果表明其中含有大量高岭、三水铝矿和伊利石, 并伴随着少量蛭石和蒙脱。細粉砂粒的 X-射线衍射谱与粘粒大体相似, 但无三水铝矿, 石英含量比其它土层低, 而长石较多。B 层粘粒含量最高。其阳离子交换量、K₂O 含量和硅铁铝率最低, 可是硅铝率并非最低, 而且 Fe₂O₃ 含量很高, 表示此层有较多的游离氧化铁积聚。差热分析和 X-射线分析表明

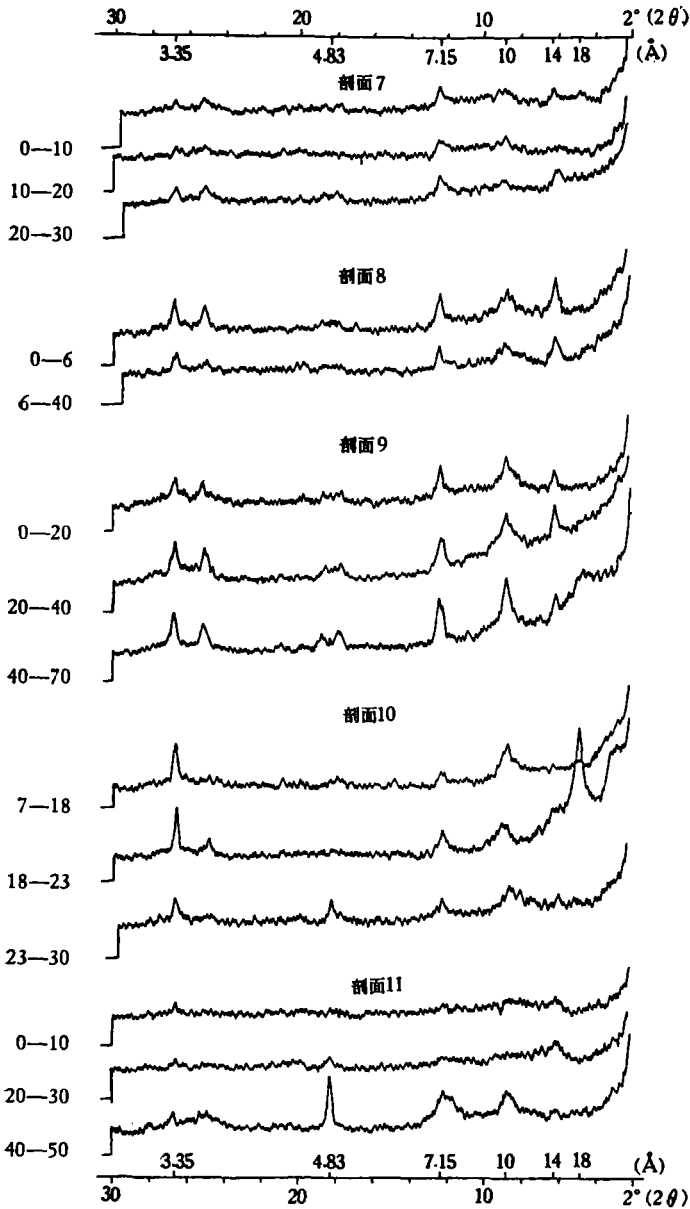


图 4 山地土壤粘粒的 X-射线衍射谱

其粘土矿物以蛭石和伊利石为主, 三水铝矿和高岭的量比 C 层减少。同 C 层相比, 所有衍射峰都偏低, 这也是与游离氧化铁过多有关。A₁ 层与 B 层矿物组成相似, 但比较起来, B 层粘粒量稍多, 其中伊利石较少而蛭石和三水铝矿较多。細粉砂粒中也有同样现象: B 层高岭和伊利石较少而蛭石和三水铝矿较多。

由此可见, 山地灰化土和山地棕壤剖面中矿物的分异十分显著。

四、討 論

1. 生物气候条件决定土壤粘土矿物的分布类型：从上述結果看来，西藏高原的土壤中粘土矿物的組成类型，随着生物气候条件从北至南由干冷逐渐变为湿温而发生了显著的变化。藏北过于干冷，在高山土壤和亚高山土壤中，粘土矿物都还停留在水化和脱钾作用阶段，組成上差异不大。但是，在藏南，高山土壤与藏北的土壤相同，然而亚高山土壤已进入脱硅阶段，有高岭和少量三水铝矿形成，两者差异已显。雅鲁藏布江河谷两岸的山地地带，气候干暖，属半干旱灌丛草原地区，土壤中蛭石的相对含量较高，并且没有三水铝矿，其钙积层中且有较多的蒙脱存在。至高原的南部边缘，喜马拉雅山南坡森林植被下，则出现了大量三水铝矿和较多的高岭。与粘土矿物組成变化的同时，粘粒部分硅铝铁率亦相应缩小：藏北为 2.57—2.89，藏南为 1.72—2.11，喜马拉雅山南坡为 1.26—1.59。

2. 成土作用对粘土矿物的影响：剖面中各层粘土矿物的組成分异和晶性变化可以反映成土作用对它的影响。一般认为 X-射线衍射峰宽而低表示粘土矿物分散度高，结晶较差。当氧化铁含量相差不多时，从各层之间 X-射线衍射峰形状变化的趋势可以大致判断粘土矿物的分散度和晶性。西藏高原中部各种土壤中粘土矿物的衍射峰普遍地随剖面向上变宽变低。其趋势与土壤中有机质的含量和淋溶作用强弱是一致的。有机质含量最高的昂仁高山草甸土，各层之间粘土矿物晶性变化最大；有机质含量最低、淋溶作用最弱的阿嘎土上下土层中，粘土矿物的組成相似，晶性差异亦微；而有机质含量高和淋溶作用显著的山地棕壤和山地灰化土剖面中，粘土矿物的組成和变化最大。上面已经提到，钙积层有利于蒙脱的聚集，这本是常见的现象。至于亚东的山地灰化土灰化层中大量蒙脱的形成，可能与灰化作用有关。威斯康辛北部的灰化土^[12]有类似现象。

3. 三水铝矿的形成：有三个剖面较明显地存在着三水铝矿：藏南亚高山草甸土、山地棕壤和山地灰化土。但是，其分布的情况和含量各不相同。亚高山草甸土比较干冷，淋溶作用仅及于剖面的上部，故下部未见有三水铝矿存在；山地灰化土和山地棕壤比较湿温，但山地灰化土呈强酸性反应，淋溶强烈，所以，在灰化层以下始能发现三水铝矿；山地棕壤虽然全剖面都有三水铝矿，但 A₁ 层远比 B、C 二层为少，C 层的相对量较 B 层高，可是此层粘粒总量比 B 层少一半以上，所以，就整个土体来说，其含量还是相近的。

4. 非晶质水化氧化铁和纤铁矿的形成：在藏北高山草甸土和高山草原土的粘粒中有非晶质水化氧化铁存在，但是亚高山草甸土和藏南高山土壤中都没有，这似乎与藏北高山土壤的封冻期长和土温低有关。由于温度太低，氧化铁凝胶难以结晶，故呈非晶态存在，或与腐殖质结合，最近 Oades 等^[11]曾得到类似的结果。差热分析过程中 400—500°C 间的放热反应可解释为凝胶结晶成赤铁矿^[13]。从发生放热反应时的温度范围较高这一点看来，凝胶应是在碱性介质中析出的。在山地灰化土 A₁ 层出现了纤铁矿，说明这一层有氧化-还原交替过程，亚铁化合物(可能是与有机质结合的)氧化，同时，温度够高，所以，形成了纤铁矿。

5. 细粉砂中的粘土矿物：西藏高原寒冷干燥，昼夜气温变化大，物理风化作用强烈，尽管頁岩、千枚岩和砂岩等母质中原来含有大量粘土物质，然而，土壤中粘粒含量仍然甚低。为了更全面地研究土壤中粘土矿物的組成，观察粘土矿物随颗粒大小而分异的情况，

我們不仅分析了粘粒部分的粘土矿物組成,同时,也对細粉砂部分进行了X-射綫分析。从分析結果可以看出,这一部分所含的粘土矿物数量相当可观,特别是千枚岩发育的土壤。細粉砂中粘土矿物的組成和晶性不完全与粘粒相同。在組成上,这一粒級中高岭和伊利石(或云母)相对較多,蛭石和蒙脫較少。由于顆粒較粗,所以晶性較好,对于某些粘粒部分矿物晶性不良、鉴定上有困难的土壤來說,这一部分的粘土矿物組成具有参考价值。在矿物組成和性質上,細粉砂比粘粒更接近于母質,所以,它可以幫助我們了解母質的性質,更清楚地認識成土过程中粘土矿物所发生的变化。

五、摘 要

发育于沉积物、砂岩和頁岩殘积物的藏北高山草原土、高山草甸土和亚高山草甸土,粘土矿物組成十分相似,各层次之間差异很少,都以云母和伊利石为主,伴有高岭、蛭石以及少量蒙脫和綠泥石,此外在高山土壤的表层則有非晶質水氧化鐵存在,似乎与土壤封冻期长有关。藏南高山土壤与亚高山土壤在粘土矿物組成上有显著不同,千枚岩发育的高山草甸土与藏北土壤接近,但同类母質所发育的亚高山草甸土,除表层可能受坡积物影响,以致云母和伊利石較多外,其余土层中伊利石含量都很低,以結晶較差的高岭为主,并伴有蛭石、三水鋁矿和蒙脫,同时还有夹层矿物(12.6 \AA)存在。三水鋁矿聚集在剖面上部;而蒙脫則聚集在下部。山地灌丛草原土所处气候条件比較干旱,粘土矿物的主要組成是伊利石、高岭和蛭石,伴存蒙脫而沒有三水鋁矿,鈣积层中蒙脫含量有所增多。喜馬拉雅山南坡亚东附近森林植被下花崗岩坡积物所发育的山地灰化土各层都有伊利石、蛭石和高岭存在,此外,在 A_2 层有大量的蒙脫聚集,在腐殖质淀积层出現显著量的三水鋁矿。同类母質所发育的山地棕壤中,粘土矿物組成以伊利石、高岭、三水鋁矿、氧化鐵矿物为主,蛭石和蒙脫数量甚少。

西藏高原土壤中粘土矿物組成随着生物气候条件而发生相应的变化。藏北高山带和亚高山带以及藏南高山带气候干冷,土壤中粘土矿物的組成与母質中的相差不多,主要是脫鉀和水化作用使云母变为伊利石。藏南亚高山带以下,气候比較温暖,所以,在比較湿润的亚高山草甸土中开始了脫硅作用,形成高岭和三水鋁矿;在半干旱的山地灌丛草原土中則形成較多的蛭石。再向南,至湿润温暖的喜馬拉雅山南坡山地棕壤中,則有大量的三水鋁矿和較多的高岭形成。

参 考 文 献

- [1] 李連捷: 西藏高原的自然区域。地理学报, 20卷, 3期, 255—266頁, 1954。
- [2] 萧前椿: 西藏高原的自然环境和农业生产。地理学报, 20卷, 4期, 427—449頁, 1954。
- [3] 賈慎修: 西藏高原的自然概況。科学通报, 8期, 51—58頁, 1953。
- [4] 楊鑑初、罗四維: 从西藏高原地面观测結果探討高原上的环流系統和热力問題。气象学报, 28卷, 4期, 264—274頁, 1957。
- [5] 刘朝端: 西藏高原的土壤分布規律。(未刊稿)
- [6] 何同康: 西藏高原高山草甸土和亚高山草甸土的发生和分类。(未刊稿)
- [7] Горбунов, Н. И.: Методика разделения почв и глин на фракции для рентгенографического и термографического изучения. Почвоведение, № 7, 431—435, 1950.
- [8] 李庆遠、魯如坤、陈家坊: 土壤分析法。39—50頁, 科学出版社, 1958。
- [9] 周維珍等: 土壤中含鉀測定方法的改进。土壤学报, 10卷, 1期, 98—101頁, 1962。

- [10] 許冀泉、熊毅：陽離子交換量半微量速測法。土壤學報，3卷，1期，31—38頁，1955。
- [11] 熊毅：膠體礦物與土壤風化(未發表)。
- [12] Brown, B. E., and Jackson, M. L.: Clay mineral distribution in the Hiawatha sandy soils of Northern Wisconsin. Proc. 5th Conf. on Clays and Clay Minerals, pp. 213—226, Natl. Acad. Sci-Natl. Res. Council pub., 566. 1957.
- [13] Mackenzie, R. C.: The differential thermal investigation of clays. Mineralogical Society, London, pp. 307—311, 1958.
- [14] Oades, J. M. and Townsend, W. N.: The influence of iron on the stability of soil organic matter during peroxidation. J. Soil Sci., 14: pp. 134—143, 1963.

SOIL COLLOID RESEARCHES

VI. CLAY MINERALS IN SOME IMPORTANT SOILS FROM TIBETAN HIGHLAND OF CHINA

HSU CHI-CHUAN AND YANG TEH-YUNG
(*Institute of Soil Science, Academia Sinica*)

(ABSTRACT)

The constituents of clay minerals in 11 soil profiles of Tibetan highland were identified by chemical analysis, cation-exchange capacity determination, differential thermal analysis and X-ray diffraction.

The mineral constituents in the clay fractions of alpine and subalpine soils of northern Tibet are very similar, illite being predominant, accompanied with kaolinite and vermiculite and sometimes small amounts of chlorite and montmorillonite. Besides, some amorphous free iron oxide is also present in the surface layer of alpine soils.

There are significant differences in clay mineral constituents between the alpine and subalpine soils of southern Tibet. The clay fraction of alpine meadow soil derived from phyllite is similar to that of alpine soils in northern Tibet, but is quite different from that of subalpine soils derived from similar parent material, which contain greater amount of poorly crystallized kaolinite together with some vermiculite, gibbsite, montmorillonite and interstratified mineral (12.6 Å). Except in the surface layer, the content of illite in the profile of subalpine meadow soil of southern Tibet is very low. Gibbsite usually accumulates in the upper horizons, while montmorillonite often found in the lower horizons. In the mountain shrub-steppe soils, the clay minerals consist mainly of an association of illite, kaolinite and vermiculite accompanied with montmorillonite, which increases in the calcareous layers, but no gibbsite is found. In the mountain podzolic soil from granite origin, illite, kaolinite and vermiculite occur in all horizons. Besides, a great amounts of montmorillonite accumulate in A₂, and gibbsite appears in the humus accumulating layer. The clay minerals of mountain brown forest soil (also from granite origin) consist mainly of illite, kaolinite, gibbsite and iron oxides, the amount of vermiculite and montmorillonite is small.

It is very clear that the clay mineral constituents of the soils of Tibetan highland vary under different bio-climatic conditions. Illite occurs abundantly in the cool dry alpine tract, much vermiculite in the semiarid mountain regions along the River Tsanpo; while kaolinite and gibbsite in large amount in the warm moist region of southern Tibet.