

# 華南土壤的粘土礦物組成

張效年 李慶達

華南熱帶區及亞熱帶區的成土作用，直到現在還有許多沒有解決的問題，例如，現代生物氣候條件下土壤的發育方向；紅壤和黃壤的關係及其基本特性的差異；紅壤中較普遍存在的鐵子、鐵盤及網狀斑紋的成因等，都有不少的爭論<sup>[1-8]</sup>。但是由於缺少具體的研究材料，使得這些分歧意見難於統一，因此在紅壤的分類上存在頗大的困難。本文目的是想從粘土礦物方面提供一些基本材料來決定土壤生成過程中的風化帶，以及受微域地形影響而產生的紅、黃色土壤的差異，做為土壤學家分類時參考。我們將進一步結合原生礦物到粘土礦物間的轉化過程，來闡明不同風化帶中土壤礦物的轉化規律。

分析所用的粘粒小於 1 微米。試驗的方法包括差熱分析，X-光分析，同時也做了粘粒的化學分析和代換量<sup>[9]</sup>。

根據鑑定結果，我們按粘土礦物組成的差異，將華南土壤分為四個區，如圖 1 所示。

圖 1 [II] 熱帶紅壤區及 [III] 亞熱帶紅壤區是代表生物氣候性的風化帶。[I] 磚紅壤性紅壤區是受了磚紅壤母質的影響，這項磚紅壤母質，是地質時期高度風化的產物，可能是第三紀產生的。[IV] 華南山地紅、黃壤區，是代表熱帶及亞熱帶 800—900 米以上山地土壤的風化階段，由於風化度不深，粘土礦物的變化，受母岩的影響便較大。

現將上述四區的粘土礦物組成，分別加以說明。

(一) 磚紅壤性紅壤區 (高嶺石-三水鋁石-赤鐵礦) 由玄武岩、玢岩及基性噴出岩發育的磚紅壤性紅壤。主要分佈在雷州半島南部，海南島北部及東北部，雲南的東部及西南部。多屬低丘陵。福建沿海台地亦有這類土壤。這種高度風化物質的粘土礦物類型是承受了地質時期風化的影響。而今天的成土作用則不是磚紅壤階段。

分析標本採自雷州半島及海南島，在雲南的本類土壤其化學及機械成分與廣東的極為相近<sup>[9]</sup>，某些由新噴出岩發育的土壤，年齡尚幼，不能劃為磚紅壤性紅壤，不包括在此區之內。

28053 號標本採自雷州半島曲界，為玄武岩發育的暗棕色粘土，該地區地形平坦，氣候比較濕潤，年降雨量在 1700 毫米以上，全年分佈較均勻，目前生長禾本科中草，標本採自 50—100 厘米深處，0—200 厘米間，化學成分及機械成分極為一致。

28056 號標本採自雷州半島徐聞，為玄武岩及玢岩發育的暗赭紅色重粘土，地形平坦，降雨量約 1600—1700 毫米，乾濕季較明顯，天然植被為林地，標本採自

<sup>1)</sup> 差熱分析是用自動加溫照相記錄的差熱分析儀，加熱速度 10—12°C/分，標本預先在濕度 50% 的保濕器中放置三、五日，標本量 0.3—0.4 克，X-光粉末照相是用捷克製 KPY-13 型 X-光機，使用 Fe 靶，電壓 35 KV。電流 14 m. A. 曝光 2 小時。照相機直徑 57.3 m.m. 對 14Å 的譜綫已不能分辨。

化學分析用 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 熔融法。代換量用 pH 7 的 NH<sub>4</sub>Cl 淋洗，洗去多餘的銨鹽後直接蒸餾土壤法。

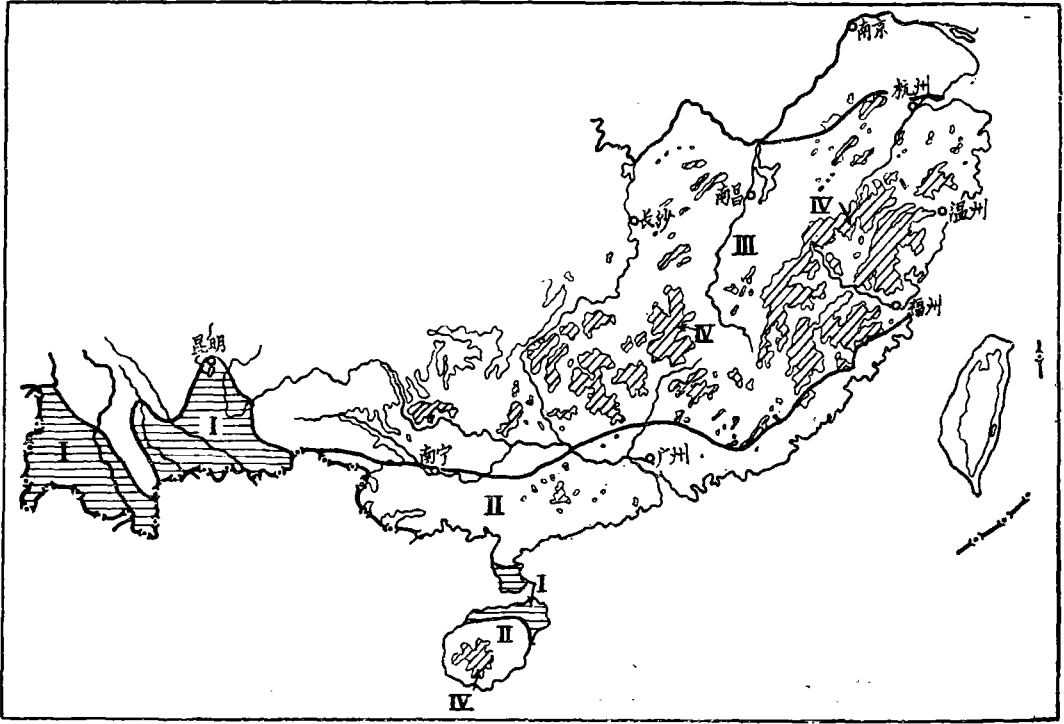


圖 1 華南土壤的主要粘土礦物分區圖

Figure 1 Zonality of the weathering stage of important soil types of southern China according to their composition of clay minerals.

- I. 磚紅壤性紅壤區(主要受地質風化的影響) 高嶺石-三水鋁石-赤鐵礦
- II. 熱帶紅壤區 高嶺石-埃洛石
- III. 亞熱帶紅壤區 高嶺石-石英-蒙脫石
- IV. 華南山地黃壤土 1. 高嶺石-蒙脫石; 2. 伊利石-石英; 3. 蒙脫石-石英

Region (I) Lateritic soil developed on highly weathered parent material  
Kaolinite-gibbsite-hematite

Region (II) Red soils of tropic zone  
Kaolinite-halloysite

Region (III) Red soils of subtropic zone  
Kaolinite-quartz-montmorillonite

Region (IV) Yellow soils of the mountainous region  
1. Kaolinite-montmorillonite  
2. Illite-quartz  
3. Montmorillonite-quartz

中英文地名對照

昆明(Kunming) 南寧(Nanning) 廣州(Kwangchow) 福州(Foochow) 長沙(Changsha)  
南昌(Nanchang) 溫州(Wenchow) 杭州(Hangchow) 南京(Nanking)

50—100 厘米深處，200 厘米以內土壤的化學成分及機械成分極為一致。

27760 號標本採自海南澄邁，係玄武岩發育的暗紅色重粘土，該地區降雨量大於 1500 毫米，乾濕季明顯，植被為次生雜木林，標本採自 50—100 厘米深處，200 厘米以內土壤的化學成分及機械成分極為一致。

以上三地區之年平均溫度為 24°C 左右。

上列三個標本的化學性質及化學分析結果分別列於表 1a 和表 1b。

表 1a 磚紅壤性紅壤的化學性質

土 號	有機質%	pH		活 性 鋁	代換性氫	含 粘 粒 ( $<1\mu$ )%	粘粒代換量毫 當量/100克土
		H <sub>2</sub> O	KCl	毫當量/100克土			
28053	0.90	4.80	4.70	痕跡	—	60	5.5
28056	1.34	4.95	4.78	0.08	0.29	77	5.2
27760	0.68	5.17	4.80	0.24	0.06	78.9	5.0

分析者：石 華， 陳萬才等。

表 1b 磚紅壤性紅壤的化學分析結果

土號	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
28053	25.84	1.81	31.04	21.65	1.32	0.05	0.15	0.35	—	—	17.60	1.42	0.99
28056	30.30	1.67	33.29	16.30	1.67	0.10	0.13	0.35	0.10	0.04	16.08	1.55	1.18
27760	30.06	1.68	34.33	17.89	0.94	0.16	Tr.	0.43	0.05	0.08	15.13	1.49	1.12

磚紅壤性紅壤活性鋁和代換性氫含量很低，因之水提取液 pH 值與 KCl 提取液 pH 值相差不大。粘粒部分的代換量每 100 克只 5—5.5 毫當量，粘粒的 SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>/R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 分別在 1.42—1.55 和 0.99—1.18 之間。基性岩中的碱金屬和碱土金屬，特別是 CaO、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O 幾乎淋失殆盡，在這種高度風化過程中累積了大量的氧化鐵，高者可達 21.65%。結晶水含量特別多也是特點之一。

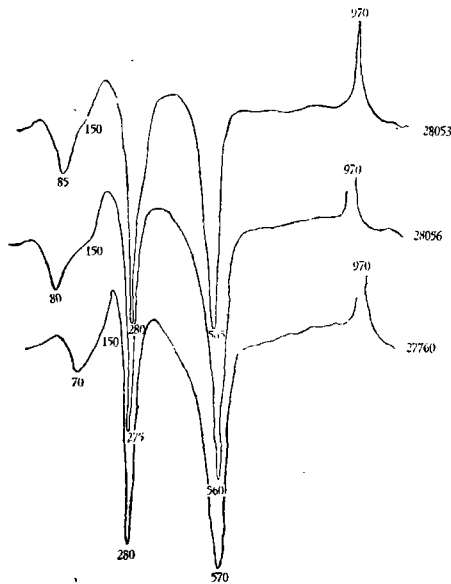


圖 2 磚紅壤性紅壤的差熱分析曲綫

在圖 2 的差熱曲綫中 560—570°C 吸熱谷及 970°C 放熱峯是高嶺石的特徵，前者為晶格破壞。結晶水 (OH) 放出時之熱效應，後者為形成  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 和非晶質 SiO<sub>2</sub> 所引起的熱峯<sup>[10]</sup>，樣品放熱峯溫度較標準高嶺石放熱峯溫度稍低，這是由於含有氧化鐵所致<sup>[11]</sup>。275—280°C 吸熱谷是三水鋁石的特徵，為釋放結晶水 (OH) 而轉變成  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的熱效應<sup>[12]</sup>。低於 200°C 的吸熱谷，系埃洛石的低溫吸着水的釋放及非晶物質 (包括矽酸、鐵鋁凝膠、腐殖質等) 的熱反應，150°C 小谷可能為水鋁英石的特徵<sup>[13,14]</sup>。

X-光分析的結果與差熱分析結果完全一致，表 1c 中，7.1Å，4.40—4.41Å，3.52—3.56Å，2.33—2.34Å，1.79Å，1.69Å，1.48—1.49Å 等為高嶺石譜綫，4.78—4.87Å，4.40—4.41Å，2.49Å，2.19—2.21Å 為三水鋁石譜綫，

2.64—2.69Å 為赤鐵礦譜綫。28053 號標本的 4.12Å 譜綫可能是針鐵礦的，由於三水鋁石的吸熱谷在差熱曲綫上太大它掩蓋了針鐵礦的 350°C 吸熱谷。

綜合以上，磚紅壤性紅壤區的粘土礦物主要是：高嶺石、三水鋁石和赤鐵礦。本類土壤的粘土礦物組成與英國的某些由玄武岩發育的磚紅壤極為相似<sup>[15]</sup>。從世界上許多文獻來看，這類由基性岩的風化體而發育的熱帶土壤，在美洲南部、南美、非洲和印度都有分佈，其化學成分和礦物組成都很接近。

28053 號標本與 28056 號標本系由同一母岩發育，二者相距不遠，但前者土色棕黃，後者赭紅，過去有人將這種黃色土壤叫做黃壤。我們研究結果表明，28053 與 28056 的化學性質、化學成分和礦物組成都極為相似。僅由於局部地形及氣候的不同，在濕潤的 28053 號標本地區，赤鐵礦部分水化成為針鐵礦，使土壤顯現了黃色。

我們認為中國磚紅壤性土壤是以高嶺石-三水鋁石-赤鐵礦為代表類型，它們是由磚紅壤性的母質而發育，這種母質可能是基性岩石在第三紀高度風化而形成。在當時強烈風化條件下基性岩石迅速分解，脫鹽基及脫硅的結果生成高嶺石，部分高嶺石更脫硅而生成三水鋁石，因為它們是同一時期的產物，在選用的三個標本中，三水鋁石及高嶺石的含量都差不多。

在磚紅壤性紅壤的土體中鈦鐵礦含量達 4—6%。

## (二) 熱帶紅壤區 (高嶺石-埃洛石)

南嶺以南及福建南部沿海丘陵地區的土壤發育自各種母質包括花崗岩、變質岩、砂岩、頁岩及淺海沉積物等。除由淺海沉積物發育的土壤地形平坦外，其他地區多為丘陵及小山地形，年平均溫度不低於 22°C，雨量一般在 1200—2000 毫米。我們選用的標本如下：

27918 號標本為淺海沉積物質發育的淺棕色輕壤土，目前生長短草。標本採自廣東遂溪，深度 45—100 厘米。淺海沉積物質系由風化的花崗岩體經搬運而重新沉積的，我們過去推想它風化程度較深，因此劃為磚紅壤性土壤。根據現在結果，我們把它劃歸紅壤區。

30453 和 30455 號標本，採自廣東信宜，系由花崗岩發育的紅壤，植被皆為草類，**低丘**。

表 1c 磚紅壤性紅壤的 X-光衍射數據

28053		28056	
d(Å)	I	d(Å)	I
7.1	S.	7.1	V. S.
5.34	W.	5.34	W.
4.78	M.	4.87	M.
4.40	S.—M.	4.41	S.
4.12	M.	3.94	V. W.
3.81	V. W.	3.56	V. S.
3.52	S.	3.36	V. W.
3.30	V. W.	3.19	V. W.
2.64	W.	2.69	M.
2.55	W.	2.56	M.
2.49	M.	2.49	M.
2.33	V. W.	2.34	Wb.
2.21	W.	2.19	W.
2.16		2.04	V. W.
1.98	V. W.	1.99	W.
1.79	V. W.	1.83	V. W.
1.69	S.—Mb.	1.79	V. W.
1.53	W.	1.74	V. W.
1.48	S.	1.69	M.
1.45	W.	1.64	V. W.
1.43	V. W.	1.59	V. W.
1.24	V. W.	1.54	V. W.
		1.49	S.
		1.45	M.
		1.30	V. W.
		1.28	V. W.
		1.23	V. W.
		1.14	V. W.

V.S.=最強; S.=強; M.=中強;  
W.=弱; V.W.=最弱。

陵地形,相對高度約 20 米,30453 採自北坡,坡度 22°,土色淺黃。30455 採自南坡,坡度 27°,土色橘紅。這是一對受微域地形影響而致土色不同的標本。

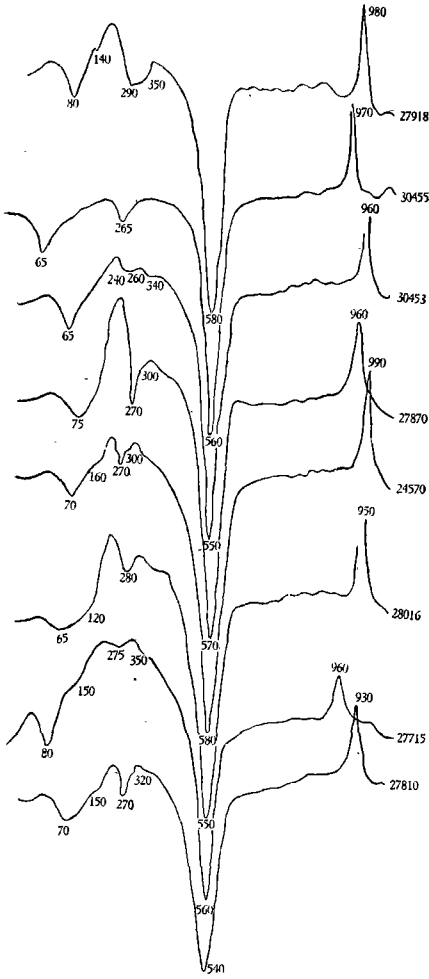


圖 3 熱帶紅壤的差熱分析曲線

標本深度 110—130 厘米。

27870 號標本採自海南通什,系花崗岩發育的棕色土壤,植被為草類,丘陵地形,所用標本為 28—46 厘米處心土。

24570 號標本來自海南和慶,花崗岩發育棕黃色土壤,目前生長雜木林及草類,丘陵地形,標本採自 50—85 厘米深處。

28016 採自廣東吳川,花崗岩發育的紅棕色土壤,目前生有小灌木及草類,低丘陵地形,侵蝕嚴重,標本系表土。

27715 採自海南島東方,系由片岩發育的棕紅色土壤,目前生長次生雜木林,丘陵地形,標本採自 40—60 厘米深處,整個剖面中有大量半風化的母岩碎塊,80 厘米以下即為半風化岩體。

27810 採自海南東方,由花崗岩發育的紅棕色土壤,為稀疏林地,丘陵地形,標本採自 27—55 厘米深處,此剖面 1 公尺深處即為半風化岩體,下接母岩。

上述土壤的化學性質及化學分析結果分別列於表 2a 和表 2b。

本類土壤的活性鋁含量顯著較磚紅壤性紅壤高,粘粒的代換量每百克粘粒 10—23 毫當量,約高 2—4 倍,它們的  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  及  $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$

一般在 1.70—2.00 和 1.45—1.80 間(標本 27715 所表現的性質有些不同)。從化學分析結果來看,本類土壤仍遭受了強的風化作用,含鈣鈉的斜長石已完全分解,  $\text{CaO}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$  只有痕跡存在,而  $\text{MgO}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  也不超過 1%。

由圖 3 差熱曲線中,540—580°C 吸熱谷和 930—990°C 放熱峯是高嶺石和埃洛石的特徵,200°C 以下的吸熱谷是埃洛石的低溫吸着水釋放和非晶物質的熱反應,150°C 左右的小谷可能是水鋁英石,260—290°C 為三水鋁石的吸熱谷,300—350°C 小谷為含水氧化鐵的熱反應,200—300°C 放熱峯為未除盡的有機質燃燒產生的放熱效應。

關於高嶺石和埃洛石在差熱曲線上的區別,曾有人<sup>[16]</sup>指出高嶺石接近 600 度的吸熱谷是對稱的,而埃洛石的吸熱谷成不對稱狀, L. A. Dean<sup>[17]</sup> 更進一步利用這種差別及吸熱谷的面積做為定量的方法,但 Van der Marel H. W. <sup>[18]</sup> 通過試驗後正確的指出由於土壤粘粒差熱曲線的形狀受很多因子的影響,谷峯面積變化也大。因之應用差熱分析

方法不能區別高嶺石和埃洛石，也不能做為定量的方法。

表2a 熱帶紅壤的化學性質

土 號	有機質%	pH		活性鋁	代換性氫	含粘粒 ( $<1\mu$ )%	粘粒代換量 毫當量/ 100克土
		H <sub>2</sub> O	KCl	毫當量/100克土			
27918	0.51	4.70	4.30	0.10	—	34.0	10.4
30455	—	4.80	4.14	2.24	0.07	—	11.9
30453	—	4.90	4.17	2.58	0.04	—	11.9
27870	1.05	4.44	4.20	1.45	0.33	31.0	16.2
24570	0.48	4.56	4.10	2.14	0.02	21.8	—
28016	1.12	4.56	4.19	0.94	—	27.9	—
27715	1.01	5.35	4.40	0.63	0.09	25.0	22.8
27810	0.55	4.82	4.54	0.54	0.31	—	20.7

分析者：石 華，陳萬才等。

表2b 熱帶紅壤的化學分析結果

土號	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
27918	36.47	0.98	36.32	9.91	1.04	—	—	—	—	—	15.09	1.71	1.46
30455	38.09	0.71	34.63	10.42	1.10	0.03	—	—	—	—	13.76	1.87	1.57
30453	42.74	0.34	36.56	3.94	0.87	0.02	—	—	—	—	14.01	1.99	1.86
27870	37.36	0.45	33.98	8.35	2.15	0.03	痕跡	0.89	0.42	0.07	16.06	1.87	1.61
24570	42.46	0.09	40.19	3.88	0.80	—	—	—	—	—	13.58	1.79	1.69
28016	38.74	0.80	34.89	7.56	1.83	—	—	—	—	—	15.58	1.88	1.61
27715	40.75	0.07	30.92	10.69	1.75	—	—	—	—	—	11.86	2.24	1.83
27810	41.74	0.57	33.51	8.22	0.92	—	—	—	—	—	13.57	2.11	1.83

從表2c X-光數據中7.1—7.2Å, 3.55—3.60Å, 2.55—2.58Å, 2.33—2.35Å, 1.78—1.79Å, 1.69—1.70Å, 1.48—1.49Å 為高嶺石的綫譜，埃洛石的分散性較強，含量不够大時，在 X-光底片上顯不出特幟綫條來。4.80—4.93Å 的弱譜綫表明三水鋁石的存在。27918 號標本中4.17Å, 2.43Å, 1.70Å, 1.54Å 表明存在針鐵礦。30455 和27715 號標本中2.66—2.70Å 的弱綫表明有少量赤鐵礦存在，4.15—4.20Å 弱綫可能是存在針鐵礦。30453 和 30455 號標本都有最弱的3.35Å 譜綫表明含有極少量石英。

本區土壤中27715 號標本表現了特殊的性質，它除有與其他標本共同性的粘土礦物外，從 X-光數據中可看出還含有相當量的伊利石。10.0Å 為其特幟綫，3.35Å, 2.52Å 也是它的譜綫。從粘粒代換量較高，SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 值也較高更肯定了伊利石的存在。3.35Å 譜綫強度超過了伊利石應有的強度，因此表明還有石英存在(3.35Å, 1.53Å)。從27810 標本的粘粒代換量，SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 及差熱曲綫判斷也存在有伊利石。

總結以上，各標本的粘土礦物組成如下：

27918: 高嶺石，埃洛石為主，次要礦物有：針鐵礦，三水鋁石，非晶物質，水鋁英石。

30455: 高嶺石，埃洛石為主，次要礦物有：赤鐵礦，三水鋁石，非晶物質，少量石英。

30453: 高嶺石，埃洛石為主，次要礦物有：針鐵礦，三水鋁石，非晶物質，少量石英。

27870: 高嶺石，埃洛石為主，次要礦物有：三水鋁石，含水氧化鐵，非晶物質。

表 2c 熱帶紅壤的 X-光衍射數據

27918		30453		30455		27715	
d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I
8.0	V. W.	7.7	W.	7.7	V. W.	10.0	M.—W.
7.2	S.	7.2	V. S.	7.2	V. S.	7.1	V. S.
4.85	W.	4.8	W.	5.1	V. W.	4.93	W.
4.47	S.	4.45	S.	4.85	W.	4.47	V. S.
4.17	S.—M.	3.91	M.—W.	4.42	Sb.	4.20	W.
3.97	V. W.	3.56	V. S.	4.15	V. W.	3.94	W.
3.60	V. S.	3.35	V. W.	3.86	V. W.	3.58	V.S.—S.
2.81	V. W.	2.78	W.	3.55	V. S.	2.35	S.
2.65	W.	2.55	S.—M.	3.35	V. W.	3.20	V. W.
2.58	M.	2.49	M.—W.	2.78	V. W.	3.00	W.
2.51	M.—W.	2.33	S.—M.	2.66	W.	2.86	W.
2.43	M.	1.97	M.	2.55	S.—M.	2.70	W.
2.34	M.	1.81	V. W.	2.50	M.—W.	2.57	V. S.
2.24	W.	1.78	W.	2.34	S.—M.	2.52	V. W.
2.16	W.	1.69	S.—Mb.	2.21	W.	2.35	M.—W.
1.99	W.	1.66		2.19	W.	2.16	Wb.
1.79	V. W.	1.53	W.	1.98	M.—W.	1.99	M.
1.70	M.	1.48	S.	1.83	V. W.	1.85	V. W.
1.65	M.	1.33	V. W.	1.78	V. W.	1.79	V. W.
1.54	W.	1.30	W.	1.69	M.—W.	1.69	W.
1.49	S.	1.28	W.	1.65		1.65	
1.46	W.	1.23	Wb.	1.53	W.	1.53	V. W.
1.43	W.	1.19	V. W.	1.48	V.S.—S.	1.49	S.
1.36	V. W.	1.11	V. W.	1.45	V. W.	1.45	W.
1.28	V. W.			1.30	V. W.	1.34	V. W.
1.23	V. W.			1.28	V. W.	1.30	V. W.
				1.25	W.	1.24	V. W.

V. S. =最強; S. =強; M. =中強; W. =弱; V.W. =最弱。

24570: 高嶺石, 埃洛石爲主, 次要礦物有: 三水鋁石, 含水氧化鐵, 非晶物質。

28016: 高嶺石, 埃洛石爲主, 次要礦物有: 三水鋁石, 赤鐵礦, 非晶物質, 水鋁英石。

27715: 高嶺石, 埃洛石, 伊利石爲主, 次要礦物有: 赤鐵礦, 針鐵礦, 三水鋁石, 非晶物質。

27810: 高嶺石, 埃洛石, 伊利石爲主, 次要礦物有: 三水鋁石, 針鐵礦, 非晶物質。

由以上粘土礦物組成看出, 熱帶紅壤在高溫多雨的氣候條件下, 風化強烈, 高嶺石、埃洛石佔絕對優勢, 但在特殊情況下, 如像 27715 號標本所在的海南島西部乾旱氣候條件下, 雖然溫度高, 但雨量較少, 不能把風化分解出來的基性物質迅速全部的帶走, 因此減慢了風化速度, 使雲母在向高嶺石變化過程中, 還有一部分礦物處在過渡階段——伊利石階段。當我們注意到 27715 號標本的 pH 值較其他標本顯著高時, 更加强了上述推論。

30455 和 30453 號標本的化學性質, 粘土礦物組成完全一樣, 只在鐵的含量和形態上

稍有差別，30453 號標本含鐵量較少，並以針鐵礦形態存在，因此現黃色。

我們認為華南熱帶區土壤的風化階段，應該是高嶺石——埃洛石型，而這個階段，可能代表目下華南熱帶區的成土作用。

(三)亞熱帶紅壤區(高嶺石-石英-蒙脫石)包括江西、湖南、福建和浙江的丘陵地區，此地區雨量與熱帶地區相近，但溫度比熱帶低。土壤發育自花崗岩、變質岩、砂岩、頁岩、千枚岩和第四紀紅色粘土等母質。所用標本如下：

31161 和 31163 號標本係採自江西新建，由第四紀紅色粘土母質發育，為低丘陵地形，目前生長草類及小灌木，此二標本採自一緩坡上，坡度約 5°。31161 在坡上，呈棕紅色，31163 採自坡下，淺黃棕色，高度相差約 5 米，兩個標本都是表土。

K<sub>4</sub> 號標本採自江西新建西山，海拔約 400 米，由花崗岩發育，暗棕紅色粘壤土。植被為雜木林，剖面 70 厘米以下即為半風化岩體。標本採自 30—50 厘米處。

20702 號標本採自江西南昌，由千枚岩發育的棕紅色砂質粘壤土，丘陵地形，目前生長草類。剖面的 80 厘米以下，即為深度風化的千枚岩。標本採自 55—80 厘米處。

上述標本的化學性質及化學分析結果列於表 3a 和表 3b。

表 3a 亞熱帶紅壤的化學性質

土 號	有機質%	pH		活 性 鋁	代 換 性 氫	粘粒代換量 毫當量/100克土
		H <sub>2</sub> O	KCl	毫當量/100克土		
31163		5.11	4.19	1.75	0.05	23.0
31161		4.81	4.10	2.68	0.04	21.9
K <sub>4</sub>		5.40	4.26	3.74	0.04	20.9
20702	0.42	4.90	4.21	2.13	0.13	14.7

本類土壤與熱帶紅壤比較，活性鋁含量及水浸出液的 pH 值稍高，粘粒代換量也增高的不少，為 20—30 毫當量 / 100 克，SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 都在 2 以上，SiO<sub>2</sub>/R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 也較熱帶紅壤高，MgO、K<sub>2</sub>O 有較多的含量。這些性質表明亞熱帶紅壤風化程度較熱帶紅壤淺些。

表 3b 亞熱帶紅壤的化學分析結果

土號	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
31163	41.54	1.01	30.88	4.43	3.80	0.02	痕跡	1.39			14.11	2.29	2.09
31161	40.35	1.00	30.41	10.26	1.84	0.04			1.36	0.18	12.89	2.26	1.86
K <sub>4</sub>	37.76	0.82	31.09	11.89	1.70	0.06	痕跡	1.49			13.30	2.06	1.66
20702	34.28		29.45	19.74								1.98	1.12

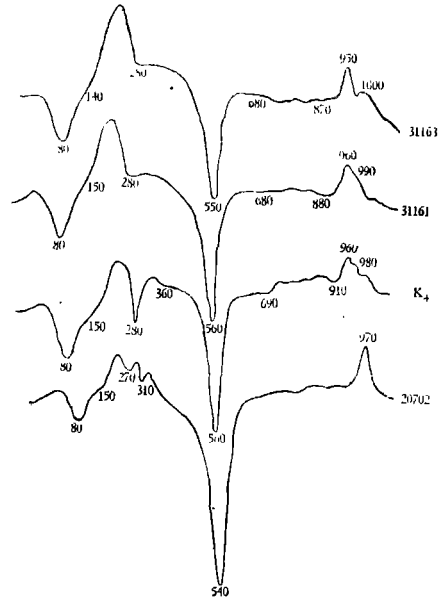


圖 4 亞熱帶紅壤的差熱分析曲線



表 3c 亞熱帶紅壤的 X-光衍射數據

31163		31161		K <sub>4</sub>	
d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I
7.2	W.—M.	7.2	W.—Mb.	7.2	S.
4.84	W.	4.9	M.	5.1	V. W.
4.46	V. S.	4.43	V. S.—S.	4.78	W.—M.
4.17	V. W.	3.71	V. W.	4.45	V. S.
3.64	V. W.	3.51	V. W.	3.55	Sb.
3.48	W.	3.33	S.	3.31	M.
3.32	S.	2.99	W.—V. W.	2.79	V. W.
2.81	W.	2.83	W.	2.66	W.
2.57	S.	2.67	W.	2.56	S.
2.34	W.	2.56	S.	2.36	W.
2.18	Wb.	2.50	V. W.	2.19	W.
1.99	W.	2.36	V. W.	1.98	W.
1.80	W.	2.21	V. W.	1.83	V. W.
1.69	Mb.	1.99	V. W.	1.68	S.
1.64	Mb.	1.69	W.—M.	1.64	M.
1.53	W.	1.64	W.—M.	1.49	S.
1.49	S.	1.49	M.	1.38	V. W.
1.37	W.	1.44	W.	1.29	V. W.
1.29	W.	1.29	W.		
1.19	V. W.				
1.17	V. W.				

V. S. =最強; S. =強; M. =中強; W. =弱; V. W. =最弱。

從圖 4, 差熱曲綫和表 3c X-光數據看出本類紅壤含有多量高嶺石, 中強到強的 3.31—3.33Å 譜綫, 表明石英含量也不少。因之差熱曲綫的谷峯面積變小。由差熱曲綫 680—690°C, 870—910°C 吸熱谷和 980—1000°C 放熱峯, 以及 200°C 以下的吸熱谷推斷, 存在着濛脫石。X-光數據中, 4.43—4.46Å, 2.56—2.57Å, 1.68—1.69Å, 1.49Å, 1.29Å 等譜綫。雖然也為高嶺石所有, 但綫條強度已超過高嶺石應有的強度, 因之它們也是濛脫石的譜綫。前面已指出的粘粒代換量的增大, 1.45% 左右的 MgO 含量, 也證明了濛脫石的存在。20702 號標本的差熱曲綫中沒有明顯的濛脫石的熱反應, 其代換量又低, 可能含濛脫石很少, 但從差熱曲綫的谷峯面積較小推測, 石英含量不少。各標本的粘粒礦物組成如下:

31163: 高嶺石, 石英, 濛脫石為主, 次要礦物: 埃洛石, 針鐵礦, 三水鋁石, 非晶物質。

31161: 高嶺石, 石英, 濛脫石為主, 次要礦物: 埃洛石, 赤鐵礦, 三水鋁石, 非晶物質。

K<sub>4</sub>: 高嶺石, 石英, 濛脫石為主, 次要礦物: 三水鋁石, 埃洛石, 赤鐵礦, 非晶物質。

20702: 高嶺石, 石英為主, 次要礦物: 針鐵礦, 埃洛石, 三水鋁石, 濛脫石, 非晶物質。

從以上結果看 31163, 31161 二標本的粘土礦物組成完全相同, 不同的只是鐵的含量和形態。坡下黃色土含鐵量少, 以針鐵礦形態存在, 坡上的紅色土含鐵量高, 以赤鐵礦形態存在。這就是微域地形使土壤顏色迥然不同的原因。

前人曾研究了江西新建的第四紀紅色粘土母質（深度 108—150 厘米）的粘土礦物組成，發現粘粒中有 8% 的伊利石存在<sup>[19, 20]</sup>。在我們的 X-光數據中，找不到作為伊利石的特徵綫 10.0Å 譜綫。可能表土中伊利石進一步的脫鉀成為濛脫石，使其含量更少，以致在 X-光照相中表現不出來。

20702 標本與 31163 等三個標本的採集地點相距不過數十里，氣候條件相同，但 20702 標本中濛脫石含量不顯著，可見在亞熱帶的成土條件下母岩對粘土礦物的生成尚有一定影響。

根據上述結果，我們把高嶺石-石英-濛脫石類型粘土代表華南亞熱帶區紅壤的風化階段。顯然本區土壤較熱帶紅壤風化程度淺些。

(四) 華南山地黃壤區（根據粘土礦物組成，分為三類：高嶺石-濛脫石。伊利石-石英。濛脫石-石英。）

華南山地黃壤區包括：福建、浙江、湖南、江西、廣東、廣西等省的海拔在 800—900 米以上的山區。山區氣候特點是溫度低，降雨量大，空氣濕度大。土壤母岩有花崗岩，片麻岩，片岩，砂岩，凝灰岩等。

30714 採自廣東信宜，海拔 930 米，係由片岩發育的，土壤顏色棕黃色，植被為草類及小灌木，標本深度 25—35 厘米。

30689 採自廣東防城，海拔 900 米，由紫紅色砂岩發育的，顏色呈橙黃色，目前生長禾本科高草。標本深度 35—55 厘米。

30760 採自廣東陽春，海拔 1400 米，由花崗岩發育，黃色，植被為林地。標本深度 45—55 厘米。

從表 4a 和表 4b 中看出山地黃壤含有較紅壤為多的活性鋁，所以鹽提取液的 pH 比紅壤低。其粘粒代換量比紅壤高，為 25—35 毫當量/100 克，其  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ， $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$  變動範圍較寬，基性金屬有一定含量。30689 號標本，含結晶水特別低，已測定元素的總和尙不足 96%，因此估計它含  $\text{K}_2\text{O}$  頗多。

表 4a 華南山地黃壤的化學性質

土 號	有機質%	pH		活 性 鋁 毫當量/100克土	代換性氫	粘 粒 代 換 量 毫當量/100克土
		H <sub>2</sub> O	KCl			
30714	—	5.13	4.19	2.46	0.11	24.0
30689	—	4.91	3.78	3.80	0.09	26.8
30760	0.50	4.78	3.47	5.41	0.15	34.2

表 4b 華南山地黃壤的化學分析結果

土 號	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
30714	35.56	0.43	33.07	8.52	3.09	0.02	0.20	0.75	—	—	15.83	1.83	1.57
30689	39.48	0.34	29.70	11.02	1.60	0.02	0.12	2.28	—	—	11.10	2.26	1.83
30760	38.26	0.27	36.46	6.63	1.45	0.03	0.28	0.50	—	—	14.03	1.78	1.60

表 4c 華南山地黃壤 X-光衍射數據

30760		30714		30689	
d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I
7.2	M.	7.3	S.—M.	10.1	V. S.
5.2	V. W.	5.2	V. W.	6.9	W.
4.84	S.—M.	4.78	M.—W.	6.1	M.
4.45	V. S.—S.	4.45	S.	4.87	M.—W.
4.15	V. W.	4.17	W.	4.47	V. S.
3.56	M.	3.86	V. W.	4.17	V. W.
3.32	S.—M.	3.52	S.—M.	3.88	V. W.
2.96	V. W.	3.30	M.	3.68	V. W.
2.82	W.	3.15	V. W.	3.50	W.
2.57	V. S.	2.99	V. W.	3.30	V. S.
2.35	M.—Wb.	2.83	W.	2.99	W.
2.17	M.—Wb.	2.66	V. W.	2.83	M.
1.98	M.—Wb.	2.56	V. S.—S.	2.66	V. W.
1.69	M.	2.34	W.	2.56	V. S.
1.64	M.	2.23	W.	2.45	M.—W.
1.53	V. W.	2.12	W.	2.35	W.
1.49	V. S.—S.	1.99	M.	2.19	M.—W.
1.29	M.—W.	1.78	V. W.	2.12	M.—W.
1.25	M.—W.	1.69	M.	1.99	S.
		1.64	M.	1.92	M.—W.
		1.59	V. W.	1.81	V. W.
		1.54	W.	1.69	W.
		1.49	V. S.—S.	1.65	S.—M.
		1.46	V. W.	1.55	V. W.
		1.42	V. W.	1.49	S.
				1.45	V. W.
				1.43	W.
				1.35	V. W.

V. S. =最強; S. =強; M. =中強; W. =弱; V. W. =最弱。

根據綜合鑑定的結果表明三標本的粘土礦物組成是不相同的。分別敘述如下：

30714:從差熱曲綫看出含有高嶺石、三水鋁石。680°C 和 880°C 的吸熱谷和 1000°C 的放熱峯，以及 200°C 以下的低溫吸熱谷可看出蒙脫石的存在。低溫吸熱谷又可能是埃洛石和非晶物質的熱效應。從表 4c X-光數據同樣表明有蒙脫石存在，同時還可看出有一定量的石英及少量針鐵礦。

30689:從差熱曲綫中看出 150°C 以下的吸熱谷和 560°C 吸熱谷以及 880°C 的吸熱谷為伊利石的熱反應。590°C 處還有一個吸熱谷存在。275°C 為三水鋁石。從表 4c 的 X-光數據看 10.1Å, 3.31Å, 2.56Å, 2.45Å, 1.99Å, 1.49Å 為伊利石的譜綫，3.30Å, 2.45Å, 1.81Å, 1.55Å 為石英譜綫，6.9Å, 6.1Å, 2.35Å 三條弱到中強的綫，從 A. S. T. M. 卡片查得為一水軟鉛石 (Boehmite) 所有。差熱曲綫上 590°C 之吸熱谷就是它的熱反應。三水鋁石，針鐵礦的存在，從差熱曲綫及 X-光數據中得到證實。

30760:差熱曲綫中 680°C, 860°C 和 200°C 以下的低溫吸熱谷和 990°C 的放熱峯爲濛脫石的特徵, 560°C 吸熱谷 960°C 放熱峯爲高嶺石的特徵。三水鋁石有一定含量。表 4c 中的 X-光數據表明的結果和差熱曲綫所示完全一致。

從 X-光結果還看出存在着大量的石英, 及少量針鐵礦(4.15Å)。

在山地的生物氣候環境下, 我們推測在粘粒中可能含有屬於中度風化的蛭石。但因其特巒綫 14.0Å 不能分辨, 而其他譜綫又較弱, 故不能從 X-光分析中鑑別出來。有人<sup>[20]</sup>研究過蛭石用 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>飽和後用不同碱蒸餾, 大部分 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>不能被 KOH 蒸出。A. D. Scott 等<sup>[21]</sup>試驗結果證明 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>質蛭石中的 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>只有很少部分能被 KOH 蒸出, 而斑脫土和伊利石所吸着的 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>則絕大部分可以被 KOH 蒸出。我們把山地黃壤和兩個亞熱帶紅壤的粘粒用 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>飽和以 NaOH 和 KOH 分別蒸餾, 結果如表 5。

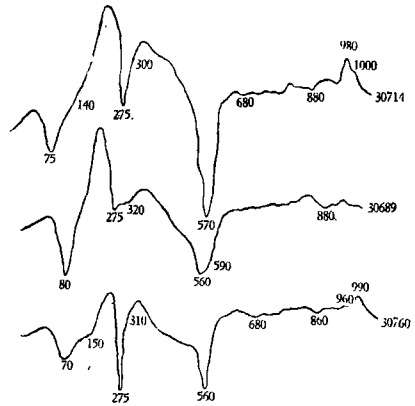


圖 5 華南山地黃壤的差熱分析曲綫

表 5 山地黃壤和亞熱帶紅壤對 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>的固定

土 號	30760	30689	30714	31163	K <sub>4</sub>
NaOH 蒸餾(毫當量/100克)	34.2	26.8	24.0	23.0	20.9
KOH 蒸餾(毫當量/100克)	29.7	21.3	16.1	22.7	21.2
被固定 NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 量(毫當量/100克)	4.5	5.5	7.9	0.3	-0.3

由上表看出山地黃壤對 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>有固定作用, 證明其中存在少量蛭石, 而亞熱帶紅壤則不存在蛭石。

總結以上結果, 山地黃壤的粘土礦物組成如下:

30714: 高嶺石, 濛脫石爲主, 三水鋁石, 石英有一定含量, 針鐵礦, 蛭石, 埃洛石和非晶物質也有少量存在。

30689: 伊利石, 石英爲主, 明顯的存在着一水軟鋁石。三水鋁石, 針鐵礦, 蛭石及非晶物質也少量存在。

30760: 濛脫石, 石英爲主。三水鋁石, 高嶺石有一定含量。含水氧化鐵和蛭石也有少量存在。

從以上三個標本的粘土礦物組成中可看出, 它們是由風化程度較輕的粘土礦物所組成。由於風化階段較淺, 母質的影響便相對的增大, 粘土礦物的組成在一定程度上便隨原生礦物而變化。

在山地黃壤中與風化程度較淺的粘土礦物同時共存的尙有一定量的三水鋁石。這些三水鋁石不是像磚紅壤性紅壤中的一種, 是高嶺石的進一步的分解產物, 它們可能是由母岩中的某些原生礦物直接風化生成的<sup>[23]</sup>。

一水軟鋁石  $[\text{AlO}(\text{OH})]$  是一水硬鋁石  $[\text{HAlO}_2]$  的同質異構體，有人<sup>[24]</sup>曾指出它是三水鋁石脫水的產物，在 pH 低於 6.0 時才能生成，一水軟鋁石在土壤中出现，前人報導不多，Н. И. Горбунов<sup>[25]</sup> 曾推想蘇聯紅壤中有一水軟鋁石存在，但沒有肯定的證明材料。日人佐佐木清一等<sup>[26]</sup>用 X-光研究日本的火山灰土壤的膠體時，發現有一水軟鋁石存在，但並未說明它的生成條件及影響變化的因素。由於我們對它了解也不够，有關它的發生和轉變等，有待於今後更進一步研究。

總結上述結果，我們認為華南山區土壤的粘土礦物，代表中度的風化階段，以濛脫石、伊利石、石英、高嶺石為主。這些粘土礦物在組成上的變化，是以母岩為轉移的。

### 摘 要

1. 用 X-光分析，差熱分析，化學分析和代換量測定方法，綜合鑑定了華南磚紅壤性紅壤，熱帶紅壤，亞熱帶紅壤和山地黃壤的粘土礦物組成，並繪製了華南土壤主要粘土礦物組成分區圖。我們將華南土壤分為四個區，即磚紅壤性紅壤區，主要粘土礦物為高嶺石，三水鋁石，赤鐵礦；熱帶紅壤區，主要粘土礦物為高嶺石，埃洛石；亞熱帶紅壤區以高嶺石，石英，濛脫石為主；山地黃壤區，以伊利石，濛脫石，石英，高嶺石為主，其組合因母岩的不同而轉移。

2. 我們對微域地形，如坡上、坡下；南坡、北坡和局部氣候的影響，使土壤顏色發生了顯著的變化的紅色，黃色土壤進行了研究。結果證明，二者的化學性質、粘土礦物組成完全相同。在低窪地區和陽坡等濕潤條件下赤鐵礦部分水化成為針鐵礦，因之使土壤顏色變黃。但這種黃色土壤與風化程度較淺的山地黃壤是有很大區別的。

3. 我們把由淺海沉積物母岩發育，過去稱為磚紅壤性紅黃色土的土壤，劃歸紅壤。因為我們研究結果證明，這類土壤的風化程度並不比紅壤深些，它們的粘土礦物組成和化學性質與熱帶地區的紅壤也很一致。磚紅壤性土壤，僅僅局限於一定的母岩。

4. 在紫紅色砂岩發育的山地黃壤中發現了一水軟鋁石的存在，對它的生成、轉變尚待進一步研究。

### 參 考 文 獻

- [1] 何金海、石華等，海南島土壤調查報告。土壤專報，第 31 號，1958。
- [2] 趙其國、鄒國礎，雷州半島之土壤及其利用。土壤專報，第 31 號，1958。
- [3] 何金海、張俊民等，廣東西南部及廣西東南部土壤調查報告。土壤專報，第 31 號，1958。
- [4] 黃端采，關於華南土壤發育和分佈規律的認識。土壤學報，第 2 卷，137—147，1953。
- [5] 劉海蓬，福建省土壤剖面中之聚鐵層。中國土壤學會會誌，第一卷，43—50，1948。
- [6] 朱顯謨，江西紅壤之氣候問題。中國土壤學會會誌，第一卷，51—55，1948。
- [7] С. В. 佐恩，格魯吉亞和中國南部紅色風化壳上土壤發育的一些問題。土壤學報，第 6 卷，44—53，1958。
- [8] 中國土壤分類問題討論。土壤學報，第 3 卷，1—13，1955。
- [9] 李慶遠、張效年，中國紅壤的化學性質。土壤學報，第 5 卷，78—96，1957。
- [10] 章元龍，高嶺石放熱反應的性質及其控制的研究。地質叢刊，第 1 號，41—78，1956。
- [11] 松井健，奄美諸島沖永良部島の赤色土の風化過程(第 2 報)。日本土肥雜誌，第 28 卷，365—368，1957。
- [12] 章元龍，三水鋁礦加熱相轉變的新研究。地質叢刊，第 1 號，1—40，1956。
- [13] Н. И. 戈爾布諾夫，И. Г. 丘魯伯，Е. А. 舒雷金娜，土壤和粘土礦物的變琴射綫繞射譜，差熱曲綫及脫水曲綫。地質出版社，1954。
- [14] Горбунов, Н. И., Закономерности распространения глинистых минералов в главнейших типах почв СССР. Почвоведение, № 2, 1956.

- [15] D. Carroll & M. Woof, Laterite developed on basalt at Inverell, New South Wales. *Soil. Sci.*, V. 72, 87—99, 1951.
- [16] L. Bramao, Criteria for the characterization of kaolinite, halloysite and a relation mineral in clays and soils. *Soil Sci.*, V. 73, 273—287, 1952.
- [17] L. A. Dean, Differential thermal analysis of Hawaiian Soils. *Soil Sci.*, V. 63, 95—105, 1947.
- [18] Van der Marel H. W., Quantitative differential thermal analysis of clay and other minerals. *Amer. Min.*, V. 41, 222—244, 1956.
- [19] Y. Hsenng & M. L. Jackson, Mineral composition of clay fraction: III. of some main soil groups of China. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, V. 16, 294—297, 1952.
- [20] Сюн. И. Общая характеристика коллоидов почв Китая. *Почвоведение*, № 2, 1956.
- [21] Issac Barshad, Vermiculate and its relation to biotite as revealed by base exchange reaction, X-ray analysis, differential thermal curves, and water Content. *Amer. Min.*, V. 33, 655—678, 1948.
- [22] A. D. Scott ate, Thermal study of ammonium fixation and release in certain clay minerals. *Amer. Min.*, V. 41, 701—721, 1956.
- [23] L. T. Alexander ate, Occurrence of gibbsite in some soil-forming material. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, V. 6, 52—62, 1941.
- [24] T. Tamua, & M. L. Jackson, Structural and energy relationships in the formation of iron and aluminum oxides, hydroxides and silicates. *Science*, V. 117, 381—383, 1953.
- [25] Горбунов, Н. И. Минералогический состав красновемов. Доклад на V между народном конгрессе почвоведов, 1954.
- [26] 佐佐木清一, 石塚喜明, 十勝地方に於ける火山性土壤の性質に就て, (第 2 報), 無機膠質物の性質, 日本土肥雑誌, 第 27 卷, 135—139, 1956.

## COMPOSITION OF CLAY MINERALS IN THE MAIN SOIL TYPES OF SOUTHERN CHINA

S. N. CHANG and C. K. LEE

(*Institute of Soil Science, Academia Sinica*)

(ABSTRACT)

Clay particles of less than  $1\mu$  were separated from 18 selected soil samples, representing important types of red and yellow soils of southern China. Composition of clay minerals was identified by X-ray defraction, differential thermal analysis, base exchange capacity and chemical constituents. Zonality of the weathering stage of the soil, as shown in Fig. I, is explained briefly as follows.

### *Region (I) Lateritic soils*

Representative clay minerals: Kaolinite-gibbsite-hematite. Soils of this type mainly distribute on the rolling hills of northern Hainan island, Laichou peninsula and south-central Yunnan. Formation of lateritic soil seems confined to the highly weathered parent materials of basalt origin, which were formed possibly at tertial geological age. Present direction of soil development remains much controversy.

The whole soil contains around 20%  $Fe_2O_3$  as hematite. Clay portions ( $< 1\mu$ ) of the soil possess base exchange capacity 5—5.5 m.e. per 100 grams

and  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  ratio 1.4—1.5.

$\text{TiO}_2$  in form of ilmenite presents both in silt and clay fractions up to 4—6%.

*Region (II) Red soils of tropic zone*

Representative clay minerals: Kaolinite-halloysite. Soils of this type form a narrow belt in the tropic zone, extending from southern Fukien to Kwangsi. They are derived from various parent materials, including granite, metamorphic rocks, sand stones, shales and marine deposits. Clay minerals of kaolinite group are the characteristic weathering product of this soil type with minor portions of gibbsite, hematite, quartz, and illite.

Clay fractions of this soil type possess base exchange capacity 10—15 m.e. per 100 grams and  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  ratio 1.7—2.0.

*Region (III) Red soils of subtropic zone*

Representative clay minerals: Kaolinite-quartz-Montmorillonite. Soils of this type distribute in the subtropic zone of south-central China, occurring on the low hills and terraces below 500—600 meters altitude. They are derived from granite, phyllite, sandstones, shales and red clay. The much higher exchange capacity of clay fraction (20—25 m.e. per 100 grams), higher  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  ratio (2.0—2.3), together with the identified clay minerals characterize the less advanced weathering stage in comparison to the soils of tropic zone.

In the silt fraction of this soil type much of orthoclase and mica remain undecomposed.

*Region (IV) Yellow soils on the mountainous region of southern China*

Representative clay minerals. Kaolinite-montmorillonite, Illitequartz and montmorillonite-quartz.

On the higher mountains above 600—700 meters altitude of southern China, including both tropic and subtropic zones, yellow soils and partially red soils occur. Clay minerals of this soil type characterize a moderately weathering stage. Montmorillonite, illite, kaolinite and quartz are the major constituents, but variations of the composition of these minerals are determined by the primary minerals of their parent rocks.

Clay fractions of this soil type possess base exchange capacity 24—34 m.e. per 100 grams, with higher content of active alumina up to 2.5—5.5 m.e. per 100 grams.

Soils occurring on the depression area of red earth region usually appear yellowish. The diversity of soil color leads much controversies in soil classification. Present investigation indicates that the change from reddish coloration to yellowish in the depression area is induced by the hydration of hematite. Once a small portion of the anhydrous ferric oxide has been hydrated into goethite or limonite due to local variation of the moisture condition, while the main constituents of the clay minerals remain unchanged, the soil gives a distinctive yellowish coating. The change is very sensitive.