

中國紅壤的化學性質

李慶遠 張效年

(中國科學院土壤研究所)

在中國長江以南,凡雨量在 1200 毫米以上,最熱月份平均溫度高於 28°C ,濕度在 75% 左右,地形佔拔海 600 米以下的地域,我們一般地認為是紅壤區。紅壤區的谷地及河流兩岸沖積地,幾乎全部利用於水稻。這項水稻土,經過長期的潛水作用,形成了特殊的剖面性能。紅壤區丘陵地目下也有大面積闢成梯田,種植水稻,並有一部分種植旱作,如小麥、蕃薯、玉米、芝麻、陸稻等,但是大部分產量很低。水稻產量平均每畝每季約在 180—200 斤間,陸稻在 100—120 斤間,且由於水源及肥料的限制,複種次數不高(紅壤丘陵地區的複種次數在海南島不到 1.3,在兩廣及江西、湖南約 1.5)。由於紅壤區對於作物生長具有優越的氣候環境,因此在提高單位面積產量方面,存在着極大的潛力。

華中及華南的紅壤丘陵地,目前尙有大面積的荒地僅長短草,並且一部分深受侵蝕。這項荒地的土壤養分一般雖然很低,但除了東北的黑土區以外,還是比較容易利用的土壤。所以在擴大耕田面積的前途上,紅壤區也處於很重要的地位。

土壤學者一般認為紅壤係在闊葉林的天然植被下所形成,在中國除了局部山地以外,目前大面積紅壤都因森林的砍伐而形成草地或灌木林地,這項人為的植被變遷在很多地方是最近所造成。我國土壤學者對於紅壤生成發育因子的看法很不一致。大部土壤工作者以古地理學的觀點來說明紅壤的形成,以為紅壤是一種母質。但是也沒有人提供任何論證,認為在華南目前的自然環境下,紅壤化作用已經停止進行。這些,在這裏難於說出一個明確的結論。

Thorp 在“中國之土壤”一書中對中國的紅壤有比較詳細的討論^[5]。這篇報告的重點在於說明華南主要紅壤的化學與礦物性質,並以這些性質為基礎,結合自然條件,把它們暫時歸納為磚紅壤、紅壤及灰化紅壤三類。

華南紅壤區土壤顏色的變化極為複雜,這些低砂鋁率、深度風化的強酸性土壤,是淺黃色、黃色、紅黃色或紅棕色。從同一母質發育,位於同一坡面的土壤,往往在排水較好的凸坡呈紅色,在局部平坦地點則呈黃色。土壤顏色的變化,主要的是隨氧化鐵的淋溶、聚積、水化和還原的情況而決定。在亞熱帶自然環境下土壤剖面中氧化鐵的變化,包括

鐵結核和網狀斑紋的形成，似乎相當於寒溫帶土區中由於碳酸鈣所引起的變化，這些變化在整個土壤的生成發育過程中，它是比較新近的。因此這裏在區分紅壤區土類時沒有把顏色當做重點。

一. 磚紅壤性土壤

我們把磚紅壤性的土壤分做兩類來敘述，第一類是磚紅壤性紅色土；第二類是磚紅壤性黃色土。它們的共同通性，均為深度風化的低矽鋁率土壤，成土母質中粘土礦物的組成極為單純，主要的為高嶺石及各種二、三氧化物，母岩中的原生礦物對於所形成的土壤已經沒有什麼影響。它是古氣候條件下所發育的深度風化的土壤。

磚紅壤性紅色土和磚紅壤性黃色土，除了剖面形態以外，是根據下列不同性質把它們區分開來。磚紅壤性紅色土含石英及矽酸鹽中的二氧化矽很低，含水氧化鋁和氧化鐵的含量很高，全剖面為均一的重粘土，由鹼性岩石而發育，主要的是玄武岩和石灰岩。

磚紅壤性黃色土，一般的是從酸性岩體而發育，主要是花崗岩、砂頁岩和變質岩系。關於母岩性質和土壤粘粒中鐵鋁含量的關係，在第五次國際土壤學會報告中^[1]也有同樣的材料。磚紅壤性黃色土，剖面中局部地位也可以有鐵子、鐵結核層，土壤組成是以高嶺土、三水鋁礦及石英為主，土體中沒有大量的氧化鐵。我們現把磚紅壤性紅色土和磚紅壤性黃色土的自然分佈情況及其性質，分別說明於後。

(1) 磚紅壤性紅色土：由玄武岩的深度風化體而發育的磚紅壤性紅色土，分佈於海南島北部、雷州半島南部、雲南中南部以及福建沿海階地。一般拔海都在 200 米以下。該項土壤目前尚有一小部分在森林被覆下，具有深可達三、四十厘米富有機質 ($5 \pm \%$) 的表土，這類土壤的特點是均勻深厚的硃紅色重粘土，剖面深度一般均在 3 米以上。

磚紅壤性紅色土的天然植被為次生季風林，常見的樹種為烏欖 (*Canarium pime-la*)、鴨腳 (*Schefflera octophylla*)、榕樹 (*Ficus* sp.)、山烏柏 (*Sapium discolor*)，但目前多已被破壞。一部分長有次生的灌木林，主要的是春花 (*Rhaphiolepis indica*)、桃金娘 (*Rhodomyrtus tomentosa*)、野牡丹 (*Melastoma candidum*) 及打鐵樹 (*Rapanea linearis*) 等，大部分已淪為草地，以鴨嘴草 (*Ischaemum aristatum*)、白茅 (*Imperata cylindrica*)、野香茅 (*Cymbopogon tortilis*)、野古草 (*Arundinella setosa*)、金髮茅 (*Pogonatherum crinitum*) 等為主。

我們把海南福山市的磚紅壤性紅色土的分析結果載於表 1，其分析及計算方法如下(以後各剖面均同)；首先將土壤母岩及半風化母岩做顯微鏡檢定(這項工作得到南京大學地質系的協助)，確定母岩及半風化體中的主要礦物成分。其次，將土壤分成三

級來分析，即粘粒部分 (< 0.001 毫米)、土壤主體 (< 1 毫米，包括粘粒部分) 以及砂礫 (1—3 毫米)。首先將分離的粘粒 (< 0.001 毫米) 加以分析，對於次生礦物，先將 2SiO_2 與 Al_2O_3 及 $2\text{H}_2\text{O}$ 結合，計算成高嶺土，剩餘的 Al_2O_3 算成 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ，在紅壤中結合水一般是很高的，足以把全部的鋁算成三水鋁礦。FeO 算成欽鐵礦， Fe_2O_3 只列一個總量，看結合水的高低，說明主要的可能鐵礦。有的紅壤粘土中有游離的矽酸，這些都另外列出。

整個土體中 (< 1 毫米) 的礦物成分，是根據粘粒含量及分析結果來計算。先將一克分子的鹼金屬與 Al_2O_3 及 6SiO_2 相結合，計算成正長石及鈉長石。將 CaO 與 Al_2O_3 及 2SiO_2 結合，算成鈣斜長石。其餘的 Al_2O_3 算成高嶺石及三水鋁礦。MgO, MnO, FeO 與 SiO_2 相結合，算成角閃石或輝石，這點係根據顯微鏡對母岩半風化體的檢查結果來確定。多餘的 SiO_2 都算成石英。對於 1—3 毫米的砂粒，於分離後用鹽酸消煮，將石英析出，在所引用的剖面中，1—3 毫米部分的組成均為含 $\text{SiO}_2 > 80\%$ 的石英砂。

本類土壤在不良的利用過程中，有機質的分解很快，但是一般草原地，目前平均尚有 2—3% 的有機質。土壤酸度的變化也顯得極為明顯。森林植被下的表土一般為 pH6±，而草原地和利用地則在 5—5.5 間。

下面的磚紅壤性紅色土剖面由石華、龔子同、李慶逵等採於海南島西北福山市附近，自然植被為次生季風林，其剖面形態如下：

0—30 厘米 暗棕紅色粘土，核狀構造，有孔隙及蟲穴，含有機質 3.9% pH 5.7。

30—50 厘米 棕紅色粘土，緊實，塊狀構造，有孔隙，植物根少，pH 5.0。

50—80 厘米 棕紅色粘土，緊實，塊狀構造，pH 5.1。

80 厘米以下為棕紅色粘土，塊狀構造，構造面附有光亮的膠體，結成堅硬土塊，pH 5.0。

第(24597)號標本係半風化的玄武岩，(24604)號標本係玄武岩，採自該區的玄武岩風化殘餘體。在依然保持有岩體構造的半風化玄武岩中，我們可以看到鈣長石和橄欖石的迅速分解，以及高嶺石的急劇增加。可見玄武岩在風化過程中，基性礦物的分解極為迅速，而在均一深厚的土體中，基性的原生礦物的含量已經極為微少。雖然關於形成紅壤土壤膠體的等電點學說是為很多學者所反對，但是這樣具有大量 $\text{R}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 聚積的土壤，一般的都由鹼性岩石而發育，其風化過程中的酸度可能比較接近於中性 (表 1)。

大量氧化鈦的聚積是磚紅壤性紅色土特性之一，根據分析材料判斷，這項氧化鈦顯然是以欽鐵礦的狀態存在的。自石灰岩及玄武岩而發育的磚紅壤，一般含 TiO_2 在 2.5—4%，最高的聚積層可達 6%。

表 1 A 磚紅壤性紅色土的分析結果及計算所得的礦質成分(玄武岩母質)*

標本號碼	27758 (0—30 厘米)	27759 (30—50 厘米)	27760 (50—80 厘米)	27761 (80—100 厘米)	24597*** (半風化玄武岩)	24604*** (玄武岩)
化 學 成 分						
SiO ₂	34.80	35.55	34.34	34.45	42.55	49.28
Al ₂ O ₃	22.79	29.22	28.77	29.50	23.15	15.83
Fe ₂ O ₃	21.45**	17.11	18.74	18.88	15.75	2.82
FeO		2.22	2.00	1.93	1.39	8.72
TiO ₂	2.29	2.32	2.36	2.66	2.36	1.98
H ₂ O	11.63	11.83	11.92	11.81	9.28	0.05
MnO	0.19	0.15	0.15	0.15	0.18	0.17
MgO	0.47	0.50	0.43	0.71	2.47	8.13
CaO	痕跡	痕跡	痕跡	痕跡	0.62	8.84
K ₂ O	0.06	0.06	0.05	0.05	0.55	0.77
Na ₂ O	0.08	0.06	0.05	未 定	0.78	3.59
P ₂ O ₅	0.17	0.15	0.16	0.13	0.18	0.22
有機質	3.94	1.02	0.68	0.64	—	—
pH(水)	5.70	5.00	5.17	5.00		
計 算 所 得 主 要 礦 物 成 分						
正長石	—	—	—	—	3.5	4.5
斜長石	—	—	—	—	10	55.5
輝石	1.5	1.5	1.5	2	6	18
鈦鐵礦	4.5	4.5	4.5	4.5	3	4
高嶺石	45	60	57	57	50	—
三水鋁礦	8	9	11	11	—	—
氧化鐵(包 括針鐵礦 及赤鐵礦)	21	18	20	19.5	17	—
石英	13	5.5	5.5	6	—	—
磁鐵礦	—	—	—	—	1	4
橄欖石	—	—	—	—	—	14

* 張效年、張國珠、劉崇禧、李慶遠分析。

** 由於有機質難於完全分解，亞鐵不易測定。

*** 礦質成分根據化學分析結果與顯微鏡檢定相對照。

在正常的磚紅壤性紅色土中，一般都是重粘土，含粘粒(<0.001 毫米)在 50—70% 間，土壤的砂鋁率一般小於 1.5。但分佈於海南島及雷州半島的本類土壤，大部與或多或少砂質的淺海沉積物相混和，並不都是這樣粘重。磚紅壤性紅色土的物理性質極易變壞，底土一經暴露於地表，在乾燥後迅速結成硬塊，許多鐵盤都是這樣逐漸形成的。土壤持水力很強，當含吸着水(105°C 烘乾) 26% 時，很多作物都開始凋萎。在磚紅壤性紅色土中，代換性鋁的量極低，每百克土在 0.5 m.e. 以下，這點有別於紅壤，特別有

表 1 B. 磚紅壤性紅色土粘粒部分 (<0.001 毫米)的分析結果
及計算所得的礦質成分

標 本 號 碼	27758	27759	27760	27761
粘粒部分(<0.001 毫米)佔土體的%	63.1	78.0	78.9	77.5
化 學 成 分				
SiO ₂	30.02	30.22	30.06	30.49
Al ₂ O ₃	34.04	33.50	34.33	34.34
Fe ₂ O ₃	17.24	18.02	17.89	18.29
FeO	1.25	1.14	0.94	0.53
TiO ₂	1.55	1.61	1.68	1.65
H ₂ O	15.36	15.04	15.13	14.59
CaO	痕 跡	痕 跡	痕 跡	痕 跡
MgO	0.56	0.46	0.43	0.49
MnO	0.22	0.14	0.16	0.15
K ₂ O	0.07	0.04	0.05	0.07
Na ₂ O	0.02	0.04	0.08	0.05
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	1.50	1.53	1.49	1.51
SiO ₂ /R ₂ O ₃	1.13	1.14	1.12	1.13
計 算 所 得 主 要 礦 物 成 分				
鈦 鐵 礦	2	2.5	2	1
高 嶺 土	64	63	63	63
三 水 鋁 礦	13	13	15	14
氧 化 鐵 (以褐鐵礦及針鐵礦為主)	18	19	19	19

表 1 C 磚紅壤性紅色土的機械成分

號 碼	27758	27759	27760	27761
粗 砂 (1—3 毫米)	—	—	—	—
砂 1—0.01 毫米	12.55	7.5	5.6	5.5
粉粒 0.01—0.001 毫米	24.35	14.5	15.5	17.0
粘粒 <0.001 毫米	63.1	78.0	78.9	77.5
質 地	重粘土	重粘土	重粘土	重粘土

別於灰化紅壤。

由石灰岩而發育的磚紅壤性紅色土，分佈於雲南及廣西，氧化鐵和氧化鋁的含量，一般來講比玄武岩發育的還要高些。土壤的礦物質主要是由高嶺土、三水鋁礦、褐鐵礦、針鐵礦及鈦鐵礦組成。這樣的土壤，與其石灰岩母質已經很少聯系。由含 R₂O₃ 不到 1% 的石灰岩，發育成含 R₂O₃ 達 50% 的磚紅壤性土壤。我們可以想到地形的變化很大，因此總覺得磚紅壤物質是一種地質時代的產物，當做成土母質來看更為適當些。下

面引用 Thorp 等在昆明東北六、七公里丘陵地上所採的這樣標本及其分析結果，該地原為松櫟等次生林，現長粗草，全剖面為重粘土，表土含粘粒約 50%，底土近 70%，剖面附近有風化殘餘的石灰岩。由石灰岩而發育的磚紅壤性土壤，其粘粒部分的砂鋁率要較玄武岩母質的為低，一般在 0.8—1.1 間(表 2)。

表 2 磚紅壤性紅色土的分析結果及計算所得的礦質組成
(石灰岩母質)

標 本 號 碼	Y3—1 0—50	Y3—2 50—150	Y3—3 150—350	Y3—4 母 質
化 學 成 分				
SiO ₂	28.82	23.60	19.58	1.90
Al ₂ O ₃	32.58	33.62	35.51	0.40
Fe ₂ O ₃	16.54	17.36	20.40	} 0.28
FeO	2.45	2.60	2.57	
TiO ₂	2.95	3.20	3.06	痕 跡
H ₂ O	14.63	16.78	16.20	7.97
MnO	未分析	未分析	未分析	未分析
MgO	0.12	0.09	0.10	11.10
CaO	痕 跡	痕 跡	痕 跡	36.68
K ₂ O	0.22	0.22	0.14	0.06
Na ₂ O	0.14	0.13	0.13	痕 跡
CO ₂	—	—	—	40.78
P ₂ O ₅	0.12	0.11	0.10	0.02
有 機 質	1.63	1.71	1.35	
計 算 所 得 主 要 礦 物 成 分				
正 長 石	1	1	1	石 灰 岩
斜 長 石	1	1	1	
鈦 鐵 礦	5.5	5.5	5.5	
高 嶺 石	58	48	39	
三 水 鋁 礦	14	22	30	
氧 化 鐵 (以針鐵礦及褐鐵礦為主)	18	19	20.5	
粘粒部分 (< 0.001 毫米) 的風化率				
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	0.87	0.84	0.80	
SiO ₂ /R ₂ O ₃	0.64	0.60	0.58	

(李慶遠分析)

由石灰岩而發育的磚紅壤性土壤，也有呈黃棕色，主要分佈於廣西西部。

(2) 磚紅壤性黃色土：磚紅壤性黃色土，分佈於雷州半島北部，北部灣的合浦欽州區，以及廣州灣的陽江區南部的階地。磚紅壤性黃色土是由質地較粗的酸性岩系發育成的，主要是花崗岩及變質岩系，但大部分經過搬運而重行沉積。這類土壤也是高度風

化,低矽鋁率,母質中的鹼性礦物已經沒有什麼殘餘。由於母岩質地較粗,土壤中遺留有大量的石英。

本類土壤的天然植被為稀疏的短草,以三芒草 (*Aristida chinensis*)、知風草 (*Eragrostis* sp.)、金鬚茅 (*Pogonatherum crinitum*)、蜈蚣草 (*Eremochloa ophiuroides*) 等為主,間有零星的矮灌木,如桃金娘、野牡丹等,局部地點尚有馬尾松林 (*Pinus massoniana*)。趙其國、鄒國楚等在逐溪大嶺坑南採有一剖面,表土 0—20 厘米為淡棕色砂質粘壤土,小塊狀構造,含有機質 0.98%,含植物粗根。pH 4.45; 20—45 厘米為棕黃色砂質粘壤土,鬆散,透水性強, pH 4.36; 45—100 厘米為黃色砂壤土,本層植物根極少, pH 4.30。下面是這個剖面的分析結果。(表 3)

表 3 A 磚紅壤性黃色土的化學分析結果及計算所得的礦物組成

標 本 號 碼	27916 0—20 厘米	27917 20—45 厘米	27918 45—100 厘米
土壤部分(< 1 毫米)佔土體的%	98.6	91.44	89.59
化 學 成 分			
SiO ₂	87.44	82.78	76.45
Al ₂ O ₃	6.09	7.72	13.72
Fe ₂ O ₃	1.13	1.58	3.58
FeO	1.20	1.00	0.87
TiO ₂	0.47	0.50	0.88
H ₂ O	2.23	3.48	5.30
MnO	0.01	0.01	0.01
MgO	0.16	0.10	0.10
CaO	痕 跡	痕 跡	痕 跡
K ₂ O	0.06	0.08	0.14
Na ₂ O	0.07	0.19	0.16
P ₂ O ₅	0.02	0.03	0.03
有 機 質	0.98	0.76	0.51
pH(水)	4.45	4.36	4.30
計 算 所 得 主 要 礦 物 成 分			
正 長 石	—	—	1
鈉 長 石	—	1.5	1.5
鈦 鐵 礦	1	1	1.5
高 嶺 石	13	17	31.5
三 水 鋁 礦	1.5	1.5	2.0
氧 化 鐵	1.5	2.5	4
石 英	82	75	60

(張效年、張國珠、劉崇禧、李慶遠分析)

表 3 B 磚紅壤性黃色土粘粒部分 (<0.001 毫米)
的化學成分及計算所得的礦物組成

標 本 號 碼	27916	27917	27918
粘粒部分 (< 0.001 毫米)佔土體的%	18.9	18.3	34.0
化 學 成 分			
SiO ₂	37.38	37.25	36.47
Al ₂ O ₃	36.34	36.54	36.32
Fe ₂ O ₃	10.80	11.28	9.91
FeO	0.48	0.26	1.04
TiO ₂	1.44	1.33	0.98
H ₂ O	13.39	13.58	15.09
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	1.75	1.73	1.71
SiO ₂ /R ₂ O ₃	1.47	1.45	1.46
計 算 所 得 主 要 礦 物 成 分			
高 嶺 土	80	80	79
三 水 鋁 礦	7	7	8
氧 化 鐵 (赤鐵礦為主)	11	11.5	11
鈦 鐵 礦	1	1	2

表 3 C 磚紅壤性黃色土的機械成分

標 本 號 碼	27916	27917	27918
粗砂 (1—3 毫米)	1.40	8.56	10.40
石 英	1.25	7.54	8.70
其 他 矽 酸 鹽	0.15	1.02	1.71
砂 1—0.01 毫米	76.1	69.5	52.0
粉粒 0.01—0.001 毫米	3.66	3.66	3.59
粘粒 <0.001 毫米	18.9	18.3	34.0

這個剖面的心土及底土，含有 8.5% 及 10.4% 的石英粗砂 (1—3 毫米)。成土礦物極為簡單，剖面中整個土體 (< 1 毫米) 為大量石英及一部分高嶺土所組成，氧化鐵的含量很低。而土壤粘粒部分 (< 0.001 毫米)，則為 80% 的高嶺土和近 20% 的含水二三氧化物。雖然就土壤顏色來講，與一般文獻上的磚紅壤很不相同，但鑒於這樣深度風化的成土母質，和低矽鋁率的土壤粘粒，我們把它列為磚紅壤性的土類。剖面內除砂礫部分在沉積中不甚一致以外，各層間土壤粘粒的成分變化極少，表示在沉積以前已經有過強烈的風化階段。

由深度風化的次生粘土礦物，以及石英所組成的磚紅壤性黃色土，其吸收量及代換量都極低，含有機質在 1% 左右，每百克土壤的代換量只有 2—3 m.e., pH 4.5。當前的

土壤肥力極為貧乏，但是在水源充足地點，施上有機質肥料以後，這類土壤也有很好的生產。

二. 紅 壤

如果磚紅壤性土壤，是專指深度風化的成土母質而發育的土壤，那麼紅壤的情況便不完全的這樣。長江以南地區，有發育於花崗岩、變質岩、砂岩、頁岩及第四紀紅色粘土等各種母質的紅壤。這些土壤與它母質的關係還是很清楚。在沒有遭受侵蝕的剖面中，我們可以看到 A, B, C 明晰的剖面發育，在受潛水影響的地點（無論過去的或現在的），由於鐵、鋁矽酸鹽水解的結果，底土中通常有紅色、黃色、白色交錯的網紋層。在紅壤剖面內，母質中所含的許多抵抗風化性能較強的原生礦金屬，如正長石、鈉質斜長石、角閃石等，還可以在土體中看到。紅壤的風化程度遠較磚紅壤為低，它的矽鋁率一般在 1.8—2 間（而磚紅壤則一般在 1.7 以下）。

磚紅壤性土壤，除在森林覆蓋下擁有大量有機質以外，土壤礦質部分的養分是不高的，但是紅壤的性質顯然要較磚紅壤為好。紅壤的粘粒具有較高的吸收代換性能，其物理性質也顯然較好，不像磚紅壤那樣容易結成硬塊。當然，我們並不把磚紅壤性土壤看成一種風化最後階段的死土。在森林覆蓋下的磚紅壤性土壤，由於表層有機質的礦質化， PO_4^{3-} ， Ca^{++} ， Mg^{++} ， K^+ 等礦質，漸續的被土壤酸性聚膠所固定，這樣使土壤剖面趨向於更新的方向，這類 Б. Б. 波雷諾夫^[4]早已指出的情況在華南是可以看到的。

已如上述，要從土壤顏色作為紅壤命名的因子，在華南是有困難的，各種紅壤中，鐵質的水化、水解、淋溶和局部聚積是很普遍的。在同樣母質、同樣植被小地區內，由於微域地形的不同，同一矽鋁率的土壤，因為氧化鐵的變化，可以使土壤呈紅色、紅黃色或黃色。就是在一萬分之一比例尺的土壤圖上，也很難具體的分出來。因此，在紅壤區區分發生性土類時，我們並不把顏色的變化當做一個主要因子。

現在我們介紹幾種主要類型的紅壤。

(1) 由第四紀紅色粘土而發育的低丘陵地紅壤：這類紅壤廣泛分佈於江西、湖南、湖北南部以及福建、浙江、廣東等局部地點的低丘，高自十數米至百米左右，另外有一種紅壤發育於第三紀紅色砂岩，通常與第四紀紅色粘土所發育的交錯存在。除質地較粗剖面深度一般較薄以外，其植被及利用情況大致相同。

由第四紀紅色粘土而發育的丘陵地紅壤，目前有大面積的荒地長禾本科短草，以白茅 (*Imperata cylindrica*)、蜈蚣草等為主，並且有部分深受侵蝕。這項荒地有大部分為最近一世紀來所造成，在過去長有馬尾松林及油茶 (*Camellia obifera*) 等。解放後

造林工作開展得很快，但僅以馬尾松為主。在目前荒地利用中，我們認為這項低丘陵地的合理經營，應該放在極重要的地位。

對於發育於第四紀紅色粘土的丘陵地紅壤，我們舉江西南昌望城崗的標本為例（何金海、李慶遠等採集）。自然植被為禾本科疏草，附近地點有很多已被利用，植有小麥、花生、籽瓜等。表土 0—15 厘米為紅色粘壤土，擬粒狀構造，乾時堅實，pH5，含有機質 1.5%；25—65 厘米為橘紅色粘壤土，含粘粒較高，呈堅硬的小塊狀構造，有顯著的澱積現象；65—100 厘米為黃紅色粘壤土，雜有黃色、紅色、白色相間的網紋層，乾時十分堅硬，但網紋的發育還不十分清晰；100 厘米以下為碎塊狀，紅、黃、白分明的網紋層，極為堅硬。這個剖面的分析結果見於下表：（表 4）

表 4 A 由第四紀紅色粘土而發育紅壤的分析結果及計算所得的礦物成分

標 本 號 碼	20684 (0—25 厘米)	20685 (25—65 厘米)	20686 (65—100 厘米)	20687 (100 厘米→)
化 學 成 分				
SiO ₂	77.31	76.65	78.00	79.32
Al ₂ O ₃	10.70	12.44	11.21	9.87
Fe ₂ O ₃	3.07	4.51	4.93	4.84
FeO	1.81	0.71	0.41	0.37
TiO ₂	1.32	1.31	1.16	1.25
H ₂ O	3.57	3.62	3.13	2.77
MnO	0.03	0.03	0.03	0.02
MgO	0.53	0.60	0.55	0.53
CaO	0.22	0.15	0.19	0.17
K ₂ O	0.76	0.78	0.67	0.57
Na ₂ O	0.22	0.23	0.25	未 定
P ₂ O ₅	0.08	0.05	0.05	0.04
有 機 質	1.51	0.57	0.31	0.27
pH(水)	5.0	4.5	4.5	4.5
計 算 所 得 主 要 礦 物 成 分				
正 長 石	4	4	3	3.5
斜 長 石	6	6	7	6
角 閃 石	2.5	1.5	1.5	1.5
欽 鐵 礦	2.5	1.5	1	1
高 嶺 石	17	25	22	20
三 水 鋁 礦	2.5	1	1.5	—
氧 化 鐵 (包括赤鐵針鐵礦及褐鐵礦)	4	4.5	5	5
石 英	61.5	57	59	63
雲 母	+	+	+	+

(蔣柏藩、馮秀美分析)

表 4 B 由第四紀紅色粘土發育成的紅壤的粘粒部分分析結果

標 本 號 碼	20684	20685	20686	20687
粘粒部分 (<0.001 毫米) 佔土體的%	27	33	27	25
化 學 成 分				
SiO ₂	39.15	39.85	40.45	41.39
Al ₂ O ₃	32.15	32.65	30.46	29.75
Fe ₂ O ₃	9.49	11.32	12.13	12.37
FeO	2.99	1.28	0.84	0.62
TiO ₂	0.71	0.78	0.81	0.81
H ₂ O	12.85	11.37	10.79	10.82
CaO	0.50	0.74	0.51	0.42
MgO	1.16	1.19	2.17	1.22
MnO	0.04	0.03	0.03	0.10
K ₂ O	1.36	1.34	1.31	1.38
Na ₂ O	0.18	0.12	0.20	0.33
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	2.07	2.07	2.25	2.36
SiO ₂ /R ₂ O ₃	1.73	1.70	1.80	1.85

在上面的分析結果中,可以看出這類紅壤的矽鋁率接近於 2, 與高嶺石的比例大致相等。土壤中含有相當數量的原生礦物,這類原生礦物大部抵抗風化的性能較強,如鉀長石、鈉斜長石及角閃石等。因此我們揣測,第四紀紅色粘土的風化,並不在磚紅壤化的自然環境下進行,發育過程中的雨量、溫度和時間,可能均不遜華南磚紅壤區的古氣候。

在過去紅壤的肥料試驗中,也已經多次證明,在紅壤中鉀肥的效果並不十分顯著(至少對於小粒穀類作物是這樣),而石灰的施用,無論碳酸鈣或硫酸鈣,其功效都遠較鉀鹽為高。這點與分析結果完全一致。由第四紀紅色粘土而發育的紅壤, TiO₂ 的含量遠較磚紅壤性紅色土為低,在 1—1.5% 間。

由第四紀紅色粘土發育的紅壤,粘粒的代換量比較磚紅壤型的為高,每百克粘粒約有 25 毫克當量。每百克土壤中含有 2—4 m.e. 的活性鋁。這些都說明紅壤的風化程度沒有磚紅壤這樣深。過去的研究結果^[2],說明第四紀紅色粘土中的正長石,絕大部分是在粒徑較粗的顆粒中 (> 0.002 毫米)。但從我們所做的粘粒部分化學分析中,可見 < 0.001 毫米的粘粒中,也含有 1.3% 的 K₂O, 而粘粒的吸收代換量又比較高,因此這類土壤的粘土礦物中,可能有伊利石(Illite)的存在。由於對於這個土類的主要粘土礦物類型不能肯定,所以沒有加以計算。

(2) 由花崗岩母質而發育的紅壤: 在江西、廣東、福建、湖南的高丘陵地及山地,有廣泛的分佈。剖面的通性是在自然植被覆蓋之下,表土為厚約 30 厘米的暗棕色富有機

質壤土或粘壤土，核狀構造，鬆散， $\text{pH } 5.5 \pm$ ；以下為棕紅色、質地比較粘重的心土，通常在 1 米左右地方，為半風化的花崗岩，土壤質地視母岩的粗細而不同，此下緊接花崗岩母質。這些土壤通常含有 5—12% 的正長石，和為量不等的斜長石（主要的為鈉長石）。心土以下的半風化母質中，一般可以看到黑雲母的分解殘體。在湖南、江西、福建

表 5 由花崗岩母質而發育的紅壤分析結果及計算所得的礦物成分
土壤部分(< 1 毫米)

標 本 號 碼	27022 (0—20 厘米)	27023 (50—70 厘米)	27024 (97—160 厘米)	27020 (半風化偉晶花 崗岩)*	27021 (偉晶花崗岩岩 體)*
石英砂% (1—3 毫米)	32.9	24.8	28.8		
土壤% (< 1 毫米)	67.1	75.2	71.2		
化 學 成 分					
SiO_2	54.56	54.38	54.46	65.19	71.83
Al_2O_3	22.10	24.87	24.33	19.79	16.13
Fe_2O_3	} 6.11**	5.00	4.86	2.56	1.01
FeO		1.73	1.46	0.96	1.37
TiO_2	0.64	0.77	0.76	0.21	痕 跡
H_2O	11.18	10.13	10.49	5.95	1.88
MnO	0.03	0.05	0.04	0.05	0.05
MgO	0.42	0.35	0.41	0.54	0.79
CaO	痕 跡	痕 跡	痕 跡	0.24	1.3
K_2O	1.10	0.79	1.90	2.26	3.77
Na_2O	0.12	0.18	0.14	0.71	2.45
P_2O_5	0.06	0.06	0.04		
有 機 質	4.45	0.80	0.70		
$\text{pH}(\text{水})$	4.80	4.57	4.55	4.85	
計 算 所 得 主 要 礦 物 成 分					
正 長 石	6.5	5	11	11	17
斜 長 石	1	1.5	1	7.5	27.5
鈦 鐵 礦	1	1.5	1.5	1.5	—
高 嶺 石	53	60	56	26.5	—
氧 化 鐵 (以褐鐵礦為主)	11	8	6	6	—
角 閃 石	3	2	2	+	+
黑 雲 母				5***	14
白 雲 母	+	+	+	+	+
石 英	23	21	21	39(包括>1毫米)	40(包括>1毫米)

(張效年、張國珠、李慶遠分析)

* 礦質成分根據化學分析結果與顯微鏡檢查對照。

** 由於有機質不易完全分解，亞鐵難於分析。

*** 可見黑雲母分解為氧化鐵的殘體。

等省花崗岩山區的谷地，由於承受山上基性的風化礦物質及有機質，谷地中的水稻土，一般的年產量在每畝 700 斤左右。

華南 1000 米左右的山地，目前也有紅壤的分佈。土壤學者認為這些佔位較高的紅壤是發育於第四紀的地質時期，而在目前的植被及氣候下仍能保持其古土壤的性質。江西廬山 1000 米的紅壤剖面（母質為第四紀紅色粘土）便為一例。張俊民在海南島五指山東麓高 910 米的山地所採的標本，也應該屬於古氣候條件下所發育的紅壤。這個剖面發育於原始的常綠闊葉林下，母質為偉晶花崗岩，表土 0—20 厘米為棕色礫質粘壤土，結構疏鬆，含石英砂（1—3 毫米）32.9%；50—70 厘米處為紅色輕礫質粘壤土，是比較顯著的澱積層，含石英砂 24.8%；97—110 厘米為棕紅色礫質粘壤土，含石英砂 28.8%。紅壤分佈的高度大體到 900 米為限，900 米以上是黃壤及其他灰化土壤。表 5 是這個土壤（< 1 毫米部分）及其母質的分析結果。（表 5）

從上表可以看出，由花崗岩發育到紅壤的過程中，石英的含量大致上變化很少（由 1—3 毫米的砂礫及 < 1 毫米的土體合計）。高嶺土是風化中主要的產物，並且增加得極快。正長石及鈉斜長石在紅壤化的過程中還有相當量遺留在土中，而鈣斜長石及黑雲母的分解極快。土壤（< 1 毫米部分）的代換量每百克作 8—10 m.e. 間，含有 2 m.e. 上下的代換性鈣。

由花崗岩而發育的紅壤，廣泛分佈於廣東北部以及江西、福建、湖南等山地，其粘土部分（< 0.001 毫米）的砂鋁率一般在 1.8—2.0 間。這類土壤由於利用不良，有相當大的面積深受侵蝕。

三. 灰化紅壤

在華南紅壤區丘陵地，有大面積具有灰化作用的紅壤。其自然植被不是單純的常綠闊葉林，而為次生的雜木林。除常綠闊葉樹以外，有山烏桕 (*Sapium discolor*)、楓樹 (*Liquidambar formosama*) 及楝樹 (*Melia azedarach*) 等落葉樹種。除一般的紅壤特性以外，由於淋溶關係，土壤剖面中二三氧化物，特別是氧化鐵的移動極為明顯，表土有呈色較淺、質地較粗的灰化層，心土有鐵鋁的澱積層，下接性狀不同的底土。目前華南紅壤大部都有程度不同的灰化作用，但是灰化紅壤僅指有明顯灰化層及澱積層的土類。

灰化紅壤通常具有各種性狀不一的鐵子、鐵結核及鐵盤層。這些鐵質聚積物質，一般成為膠結體，由氧化鐵、石英及高嶺石物質膠結而成，因此各部分的化學成分很不一致，就廣西、廣東灰化紅壤剖面中鐵質聚積物的分析結果看來， Fe_2O_3 為量可以高達

50—84%，而 MnO 的含量一般在 1% 以下，只有小圓形（徑 $2 \pm$ 毫米）的黑色錳結核中 MnO 可達 20%。在灰化紅壤及紅壤區中，鐵子、鐵盤層也有暴露於地表的，這是由於植被破壞以後表土沖失所引起，這點可以參考 Mohr 等著“熱帶之土壤”一書上的圖說^[3]。

在正常的紅壤剖面中，也有鐵結核的存在。但是紅壤中的鐵結核一般是由矽酸鹽在水解過程中所分離的氧化鐵的聚積而形成。因此在紅壤及磚紅壤質土壤剖面中，不僅各層粘粒的矽鋁率比較一致，而且剖面各層中 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 的移動現象也不顯著。

表 6 灰化紅壤的分析結果及計算所得的礦物組成

標 本 號 碼	24568 (0—25 厘米)	24569 (25—50 厘米)	24570 (50—85 厘米)	24571 (85 厘米以下)
砂礫(1—3 毫米)%	30.10	67.25	57.51	53.71
土壤部分(<1 毫米)佔土體的%	69.90	38.75	42.49	46.29
化 學 成 分				
SiO_2	76.65	78.14	73.34	72.68
Al_2O_3	13.15	12.58	16.83	17.70
Fe_2O_3	} 1.50	0.76	1.22	1.20
FeO		0.88	0.88	0.86
TiO_2	0.35	0.31	0.20	0.30
H_2O	3.52	3.29	4.88	4.85
MnO	未 定	未 定	未 定	未 定
MgO	0.25	0.23	0.27	1.46
CaO	痕 跡	痕 跡	痕 跡	痕 跡
K_2O	1.55	0.90	1.20	0.90
Na_2O	0.19	0.19	0.13	0.13
P_2O_5	0.02	0.02	0.02	0.02
有 機 質	1.64	0.62	0.48	0.55
pH(水)	5.00	5.30	4.56	4.71
計 算 所 得 主 要 礦 物 成 分				
正 長 石	9	6	7	6
斜 長 石	1	1	1	1
高 嶺 石	29	29	39	42
氧 化 鐵 (不包括鐵結核部分)	1	1	1	1
角 閃 石	2	2	2	5
雲 母	+	+	+	+
石 英	56	59	49	45
粘 粒 部 分 的 風 化 率				
粘粒(<0.001)%	13.9	23.3	21.8	22.7
$\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$	1.88	1.73	1.69	1.76
$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$	1.90	1.83	1.79	1.86

(蔣柏藩、馮秀美分析)

由沉積物質而發育的紅壤,有時鐵子及鐵盤在剖面中成一連接層。這是沉積中所形成,有時與石礫相混合。

灰化紅壤分佈於廣東、廣西、貴州等山地,與黃壤區相連接。茲舉何金海、李慶達等在海南島西北部和慶市附近丘陵地所採的剖面為例,自然植被為矮灌木及草類,母質為花崗岩。表面 25 厘米為灰棕色輕粘壤土,構造疏松,含有機質 1.64%, pH 5.0; 25—50 厘米為灰黃色礫質粘壤土,含大量半透明的石英砂,結構比較緊實; 50—80 厘米為堅實的黃棕色礫質粘壤土,有堅硬的鐵盤層; 85 厘米以下為黃白色粉狀高嶺土,與鐵結核及鐵盤相混合。表 6 是這個土壤(<1 毫米部分)的分析結果。其砂礫部分(1—3 毫米)含量也列出。最後二層中的鐵結核部分的成分,並不包括於分析表中。

由上表分析的結果,可見除了二氧化物的移動以外,灰化紅壤的基本化學性質是接近於紅壤,而與磚紅壤性土壤有顯著的差別。粘粒部分(<0.001 毫米)的矽鋁率在 1.7—2 之間,由於 Fe_2O_3 的局部聚積,粘粒的 $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ 與 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 的數字,一般極為接近。灰化紅壤如同紅壤一樣,依然含有不易分解的基性原生礦物。上述的剖面,在二十年來已經過多次間歇性的伐林和墾殖,現已變成草原。在次生的雜木林下,這項土壤的有機質含量一般在 3—4% 間,表土厚可達 30—40 厘米。森林被破壞以後,有機質的分解極快,過去農民利用這種土壤,多在伐樹以後燃燒地面,不施肥料即行種植。在海南島、廣東及廣西山地,多種植蕃薯、陸稻等。三、四年後,原來的暗色表土即行消失,隨之引起侵蝕,成為灰白色砂土,目前在紅壤區丘陵地中經常可以見到這樣造成的荒地。但是紅壤區有它優越的自然條件,即植被的自然更新很快,只要土壤還沒有遭到最後的破壞,氣溫、雨量和雨水中的礦質(由海風挾帶而來)及氮素,使熱帶的草地能很快的復生。但儘管如此,由於不斷的鋤草(大都被用做肥料、燃料及飼料),今天在華南還是可以看到大面積侵蝕嚴重的不毛之地。在侵蝕地區,各種鐵子、鐵塊結核體往往暴露於地表。

無論磚紅壤性土壤、紅壤或灰化紅壤,礦質養分一般的比較缺乏,但是在森林的覆蔽下,通常有富有機質的深厚表土。樹木根系深度的伸展,足以集合底土中的營養物質,使形成比較肥沃的表土。但是在森林不斷砍伐的過程中,常綠闊葉林轉變為混交林、灌木林以及馬尾松為主的針葉林,最後形成不同類型的草地,以至侵蝕地。在這項過程中,土壤肥力的變化很大,有機質迅速分解,鹽基飽和度減低,土壤反應由微酸性而至強酸性。由於利用不良而引起的土地破壞情況,現在各處都可以看到。所以以提高地力為目的合宜耕作方法,是今天紅壤區工作的主要目標。

紅壤區的幼年粗骨土: 紅壤區及黃壤區中有很多發育於不同母質的粗骨土,它們

由頁岩、砂岩、變質岩及噴出岩的母質而發育。通常只有 30 厘米以內的厚度，以下即是母岩。土層中雜有大量岩石碎塊，其性質隨母質而不同。在紅壤區中，除了在貴州及廣西有小面積的石灰岩腐殖質土外，大部是強酸性的粗骨土。

結 論

我們把中國紅壤分成三大類。第一類是磚紅壤性土壤：是由深度風化的磚紅壤母質發育而成，土壤礦物以高嶺石、三水鋁礦、各種氧化鐵以及石英為主。矽鋁率在 1.7 以下。由鹼性岩石風化體而發育的磚紅壤性土壤，通常為紅色重粘土，含氧化鐵極高。由酸性岩石風化體而發育的磚紅壤性土壤，氧化鐵顯著減少，而粘土礦物中的高嶺石成分增加，一般呈黃棕色。這項深度風化的成土物質，一般不形成網紋層。

第二類是紅壤：發育於花崗岩、砂岩、頁岩、變質岩及第四紀紅色粘土。在正常剖面下，土壤的 A、B、C 層很明顯，土體中還可以看到抵抗風化較強的原生礦物，如正長石、角閃石等。矽鋁率在 1.8—2.2 間。土壤粘粒的吸收及代換性能都較磚紅壤為強。經過潛水作用的剖面，通常在底土中有由矽酸鹽分解而生成的紅、黃、白網紋層。紅壤中也可以有鐵子及鐵盤。

第三類是灰化紅壤：在華南紅壤中，由於大部分已離常綠闊葉樹的植被很久，在酸性的淋溶下具有深度灰化層的土壤，我們列為灰化紅壤，通常有鐵盤、鐵子及各種鐵結核。灰化紅壤的礦物成分與膠體性質，一般的接近於紅壤。

紅壤區的荒地都極為貧瘠，但是這些土壤在森林植被之下，藉根系深入地吸取底土中的養分，能累積成比較肥沃的富有機質表土層。而在腐殖質礦質化以後，其基性礦物質，漸續的與酸性矽酸鹽相結合，因此在自然植被下能使磚紅壤性土壤趨向於復新。

紅壤區荒地中，有機肥料的資源已經很少，地表的短草植被和土壤中的微生物羣落，其類型都比較簡單。根據土壤的化學性質，我們可以相信，在紅壤荒地利用中，磷肥、石灰將有極大量需要，鉀肥在磚紅壤性土壤及灰化紅壤的荒地中也有一定的重要性。只有在礦質養分有一定保證以後，我們始能希望通過生物作用來利用一部分空氣中的氮素，來緩和氮肥的需要，這樣才能累積有機質來提高紅壤的肥力。

參 考 文 獻

- [1] Bastos de Macedo, J. M., 1954, Note on the development of ferrallitic soils from acid and basic rocks. *Trans. 5th Intern. Congr. soil sci.* **IV**, 173—180.
- [2] 熊毅，由更新統沉積物的膠體礦物分析試論第四紀氣候。地質學報，**32** (1,2), 26—41.
- [3] Mohr, E. C. J., and Van Baren, F. A., 1954, *Tropical soils*, p. 302, Interscience

Publisher, London.

- [4] Полянов, Б. Б., 1944, Валовой почвенный анализ и его толкование. *Почвоведение*, № 10, 482.
- [5] Thorp, J., 1939, Geography of the soils of China, *Geol. Surv. of China*, pp. 231—274.

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРАСНОЗЕМОВ КИТАЯ

Ли Цинь-куй и Чжан Сяо-нянь

(Институт Почвоведения Академии Наук Китая)

Выводы

Мы разделяем красноземы Китая на три группы. Первой группой являются латеритные почвы, развивавшиеся на сильновыветриваемых латеритных породах, в почвенных минералах преобладают каолинит, гидраргеллит, разный окиси железа и кварц. Молекулярное отношение кремния к алюминию ниже 1,7. Латеритные почвы, развивавшиеся на выветриваемых массах щелочных горных пород, как правило, являются красными тяжелыми глинами, содержащими большое количество окисей железа. Латеритные почвы, развивавшиеся на выветриваемых массах кислых горных пород, по окраске, эти почвы обычно окрашены желтобурые, в их глинистых минералах преобладают каолинит. Эти сильновыветриваемые почвообразующие породы часто не образуют горизонтов с прожилками.

Второй группой являются красноземы, развивавшиеся на гранитах, песчаниках, сланцах, метаморфолитах и четвертичных красных глинах, в нормальном профиле горизонты почвы А, В, С очень ясны, в почвенных образованиях также можно обнаруживать такие сильноантивыветриваемые первичные минералы, как полевые шпаты, роговые обманки и др. Молекулярное отношение кремния к алюминию колеблется в пределах 1,8—2,2, поглощающая и обменная способность глин красноземы больше, чем у латеритов. В оглеенном грунте обычно встречаются горизонты с красными, желтыми и белыми прожилками, образованными при выветривании силикатов. В красноземах также имеются железистые конкреции и ортштейны.

Красноземы Южного Китая имеют сильнооподзоленные горизонты благодаря кислому выщелачиванию при давном отсутствии растительного покрова вечно-зеленого лиственного леса. Мы относим почвы с таким подзоленным горизонтом к оподзоленным почвам, чаще содержащим железистые конкреции и ортштейны. Оподзоленные почвы вообще близки к красноземам по составу минералов и свойству коллоидов.

Зажели в области красноземов очень бесплодны, однако при лесном покрове эти почвы могут накапливать сравнительно плодородный, богатый

гумусом поверхностный горизонт благодаря всасыванию питательных веществ из грунтов корневой системой. После минерализации гумуса основные минеральные вещества постепенно соединятся с кислыми силикатами, поэтому при естественном растительном покрове латеритные почвы могут развиваться постепенно в направлениях смоложения.

В зажелях красноземной области резерв органических удобрений уже очень мало, типы покрова низкорослых растений на поверхности земли и микрофлора почвы сравнительно просты. По химическим свойствам почвы мы уверены в том, что при освоении зажелей земель в области красноземов требуется большое количество фосфорных удобрений и извести, калийные удобрения также имеют более или менее важное значение в зажелях латеритных почв и подзолистых красноземов. Только при обеспечении минеральными питательными веществами мы можем надеяться, чтобы использовать часть атмосферного азота через деятельность организмов и в известной мере удовлетворять потребность от азотных удобрений. При этом можно и накапливать органические вещества и повысить плодородие красноземов.