

# 中国土壤胶体研究

## V. 滇桂地区石灰岩发育的三种土壤 的粘土矿物组成和演变\*

顧新运 許冀泉

(中国科学院土壤研究所)

石灰岩在我国分布相当广泛。由石灰岩所发育的土壤在不同成土条件下产生不同的特性。欲阐明此类土壤的特性，必须依靠细致的野外调查和精密的室内分析。广西是著名的喀斯特地区，石灰岩出露面占总面积的60%左右；云南东南部的石灰岩地区也占总面积的50%以上<sup>[1]</sup>。对于这些地区的土壤发生、特性和利用等问题，已有不少研究<sup>[2,3,4]</sup>，但在粘土矿物组成及其演变规律方面还缺乏资料，故由滇桂地区石灰岩发育的土壤中挑选少数土壤标本，分析其粘土矿物组成，借以阐明不同成土条件对石灰岩发育土壤的影响。

### 一、研究标本及试验方法

本文中所研究的标本只限于云南东南部和广西德保一带。现将所研究的土壤描述于后：

(1) 黑色石灰土——零散分布于岩隙和排水不畅的山麓低地。滇36号剖面系采自云南墨江双龙村石灰岩高丘上的局部低平地，海拔1,500米，剖面深厚，质地粘重，表层含碳酸盐，pH 8.06，植被为余甘子、木蓝、狗脊等灌木，有机质分布深，剖面颜色灰黑-暗棕。

(2) 棕色石灰土——大多数发育于坡积-残积物。德保6号剖面系采自广西德保龙烟山山脚，海拔660米，剖面深厚，质地粘重，呈中性反应，植被为香椿、檫木、红背山麻杆、云实等，土色黄棕带灰-黄棕。另选了下列三个标本作对比：(1) 龙烟山山腰上(海拔690米)有机质含量较高的德保5号剖面表土，为暗灰棕色中粘土；(2) 云南砚山附近石灰岩孤山山腰的砚山1号剖面表土，为暗灰棕色重壤土；(3) 德保巴隆屯山麓(海拔740米)的德保9号剖面底土，土色淡黄棕。

(3) 红色石灰土——大多数分布于地形平缓的石灰岩古风化壳上。邱北2号剖面系采自云南邱北城南，海拔1,460米，土层深厚，质地粘重，剖面颜色暗红棕带灰到暗红色，表土pH 7.62，心土pH 6.03，植被为灌丛。为了与砚山1号棕色石灰土对比，又选了砚山3号剖面的表土，该剖面位于砚山1号之下，发育于坡麓古风化壳露头上，土色鲜红。

土壤标本用碳酸铵法<sup>[5]</sup>分散，沉降分离出<1微米的粘粒，加稀盐酸絮凝，用巴氏滤

\* 蒙韦启瑞同志热心帮助挑选标本，介绍野外情况并提供一部分分析数据，作者在此深表谢意。

焯洗至无氯离子反应,在紅外綫灯下低温烤干,研細以供各項分析之用。除X射綫衍射分析前曾用連二亚硫酸鈉除去游离氧化鉄并采用了乙二醇法<sup>[10]</sup>外,其它分析条件同以往一样<sup>[8]</sup>。由于乙二醇法对蒙脫和蛭石的鉴定不如甘油法准确<sup>[6]</sup>,曾將黑色石灰土和棕色石灰土粘粒用甘油薄膜法重作X射綫衍射分析进行检查。少数試样曾在500℃烧1小时再行粉末X射綫衍射分析以鉴定綠泥石的存在。

## 二、研究結果

(一)黑色石灰土 黑色石灰土粘粒的硅鋁率、阳离子交換量和 K<sub>2</sub>O 含量在三种土壤中都是最高(表 1)。从分析数值来看,2:1 型的粘土矿物应占优势;从X射綫分析結果

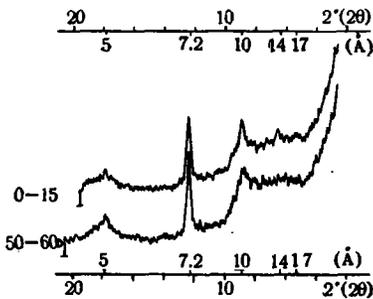


图 1 黑色石灰土(滇 36)粘粒的 X射綫衍射譜

(图 1)来看,应以伊利石(10 Å)为主,其次为高岭(7.2 Å),此外尚有少量蛭石(14.1 Å)和蒙脫(17 Å)存在。如以伊利石平均含 K<sub>2</sub>O 6%<sup>[15]</sup>計算,那末,其中伊利石約占 1/2。差热曲綫(图 2)上 100—200℃ 間的吸热反应大,亦表明有亲水性的伊利石、蒙脫和蛭石存在。500—600℃ 間的吸热谷較寬,以及 900℃ 附近有小的吸热谷并随之而产生不高的放热峯,亦表明粘土矿物以伊利石为主并有高岭伴存。至于 300—400℃ 間微弱的吸热反应,可能是針鉄矿和三水鋁矿所致,因含量太低,又經去除游离 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,

故未在 X 射綫衍射譜中获得表現。

表 1 土壤及其粘粒的性質\*

土壤名称	剖面号	采集深度 (厘米)	土 壤			粘 粒 部 分 (<1μ)			
			有机质 (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	粘粒含量 (%)	K <sub>2</sub> O (%)	游离 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	阳离子交換量 (毫当量/100克)
黑色石灰土	滇 36	0—15	4.96	8.06	56.50	3.12	7.58	2.38	20.77
		50—60	3.41	—	65.35	2.90	8.89	2.38	21.76
棕色石灰土	德保 6	0—10	4.89	6.66	73.1	0.74	9.88	1.78	16.35
		40—60	1.34	7.48	66.3	0.78	10.39	1.81	14.91
	德保 5	0—20	9.24	7.50		0.49	10.19	1.80	19.87
	硯山 1	0—10	8.73	7.40		0.82	10.54	1.81	21.76
	德保 9	65—100	1.74	7.29		2.11	13.85	1.78	15.55
紅色石灰土	邱北 2	0—10	6.16	7.62	27.3	0.35	18.55	1.38	6.79
		45—55	2.53	6.03	57.0	0.39	17.52	1.48	6.13
		130—140	—	7.46	53.9	0.40	17.91	1.45	8.39
	硯山 3	0—10	2.93	7.10		0.68	13.41	1.30	7.58

\* 除 pH 和阳离子交換量外,其余数据都是韦启璠和袁仁保同志提供的。

(二)棕色石灰土 棕色石灰土粘粒的硅鋁率低于前者,阳离子交換量变化較寬,一般以表层較高, K<sub>2</sub>O 含量随土层而异(表 1)。X 射綫衍射分析(图 2)表明沒有綠泥石存在,高岭(7.2 Å)和蛭石(14.1 Å)普遍存在于全部标本中,伊利石(10 Å)仅見于德保 9 号剖

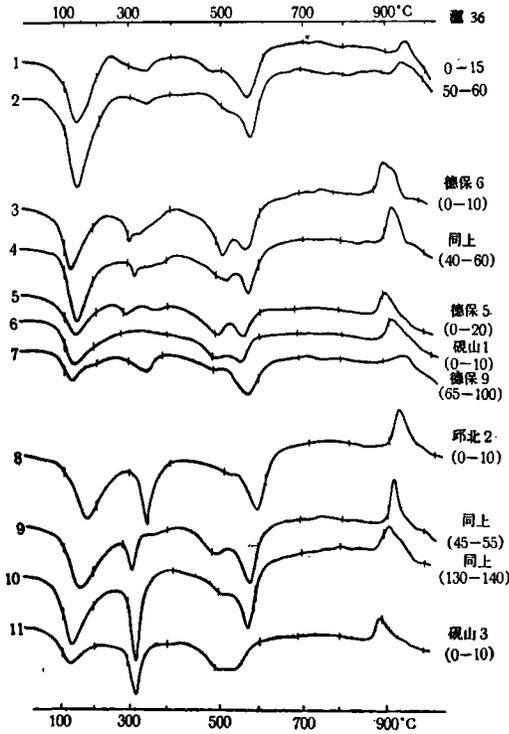


图 2 土壤粘粒的差热曲线

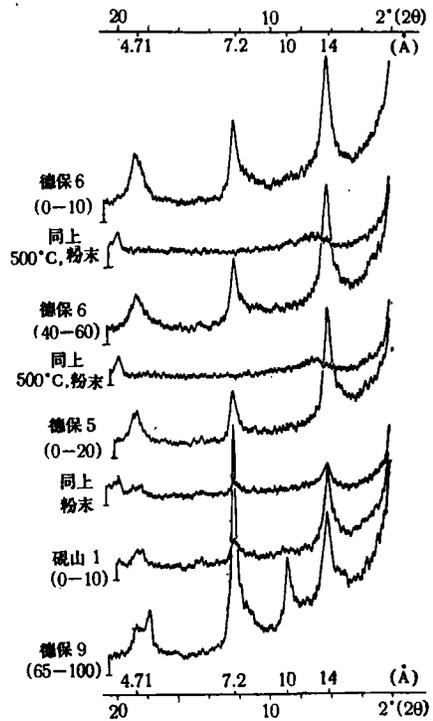


图 3 棕色石灰土粘粒的 X 射线衍射谱

面 C 层。从  $K_2O$  含量估计，此层粘粒中约含有 35% 的伊利石。将棕色石灰土的粘粒的差热曲线与黑色石灰土粘粒的差热曲线（图 2）对比，100—200°C 的吸热谷一般稍小，而 300—400°C 间的热反应稍大，表明了亲水性矿物减少而二二氧化矿物增多的趋势。硯山 1 号标本采于山腰，土壤异常干燥，故在差热曲线上未见有二三氧化物形成。石灰岩发育的土壤在 500°C 附近常出现吸热反应，张效年<sup>[7]</sup>曾认为可能是囊脱石，但 X 射线衍射结果与囊脱石的数据出入很多。为了查明这一反应究竟隶属何种矿物，我们曾将德保 5 号土壤的粘粒作了 X 射线粉末分析（图 3），但在衍射谱上除蛭石和高岭外未发现有其他矿物。这个问题仍然悬而未决。在高温部分，棕色石灰土粘粒在 900—1,000°C 间的放热反应较高，说明高岭增多，伊利石甚少。德保 9 号剖面 C 层的 X 射线衍射分析表明其中高岭的结晶较好或含量较高，但由于有伊利石伴存，高温反应不同，故在差热曲线上放热峰反而较低。

**（三）红色石灰土** 红色石灰土粘粒部分的硅铝率、阳离子交换量和  $K_2O$  含量均最低。从 X 射线分析结果（图 4）可以看出其矿物组成与棕色石灰土粘粒相似，其特点是全剖面都没有伊利石，但有大量三水铝矿（4.84 Å）。硯山 3 号红色石灰土粘粒在 X 射线衍射谱上表现出与邱北 2 号剖面略有不同，即 14.1 Å 的衍射峰较高，并在 6.1 Å 处有一衍射峰。从图 4 中显然可以看出，试样经 500°C 烧灼后，14.1 Å 和 7.2 Å 的衍射峰同时消失并出现 12.67 Å 的衍射，证明其中没有绿泥石，只有蛭石和高岭。至于 6.1 Å 的衍射峰则可能是勃姆铝矿所产生，因为它在烧灼到 500°C 后消失，而补充作的粉末 X 射线分析表明在

3.16 Å 处还有一衍射峰(图 5)。差热分析结果与化学分析和 X 射线分析的结果完全一致: 300—400°C 间三水铝矿的吸热谷甚深, 900—1,000°C 间高岭的放热峰高耸。

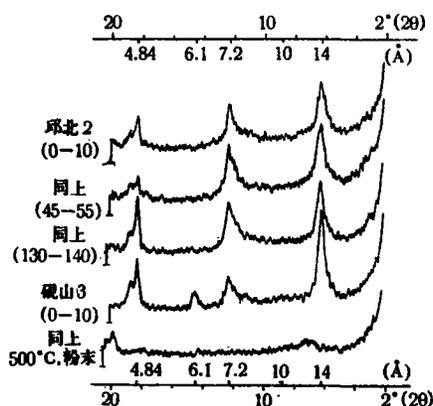


图 4 红色石灰土粘粒的 X 射线衍射谱

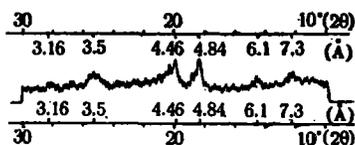


图 5 砚山 3 (0—10 厘米) 粘粒的粉末 X 射线衍射谱

### 三、讨 论

#### (一) 几种石灰岩发育的土壤在粘土矿物组成上的差异

Lippi-Boncambi 等<sup>[11]</sup>在研究意大利中部的土壤时曾指出, 红色石灰土粘粒 (<2 微米) 中估计有 65—70% 高岭、10% 伊利石和 5% 蒙脱; 另一接近棕壤的红色石灰土粘粒中估计有 70% 伊利石、20—25% 埃洛石、5% 石英; 黑色石灰土粘粒中估计有 70% 伊利石、5% 高岭、10% 石英; 此外, 还有蒙脱或水铝英石存在。Norrish 和 Rogers<sup>[12]</sup>对南澳大利亚东南部的黑色石灰土和红色石灰土粘粒部分 (<2 微米) 进行过 X 射线分析, 认为它们没有本质上的区别, 都以伊利石、高岭为主, 但是, 红色石灰土中针铁矿、赤铁矿等较多, 黑色石灰土中近似蒙脱的水化云母较多。最近, Khan<sup>[13]</sup>曾将英国、法国和西班牙等地由不同地质年代的石灰岩发育的红色石灰土、红棕壤和黑色石灰土(发育于白垩和泥灰岩)的粘粒部分 (<1.3 微米) 与母岩残余物进行粘土矿物研究。他发现这些石灰岩中主要含云母类矿物, 在成土过程中云母类矿物分解形成蛭石和高岭。红棕壤粘粒含蛭石较多, 高岭较少; 红色石灰土粘粒含蛭石较少, 高岭较多。至于黑色石灰土粘粒则受母岩所决定, 都以蒙脱石为主而没有蛭石。根据上述研究结果, 还不足以从矿物学角度来阐明黑色石灰土和红色石灰土等的发生与演变。

我们这次所研究的石灰岩发育的几种土壤都分布在同一个生物气候区, 母质又相近, 因此, 研究所得的结果可以反映出各种土壤在成土过程中的微小差异。黑色石灰土形成于岩隙或局部低凹处, 由于所处环境比较阴凉湿润, 排水不畅, 淋溶弱, 所以母质中所含粘土矿物的脱钾作用不深, 尚保留有大量伊利石, 蛭石量很少, 但因水分充足和有大量钙离子存在, 促使蒙脱的形成。棕色石灰土所处的环境较前者干热, 淋溶作用较强, 故伊利石只残存在 C 层, 在剖面上部出现了大量蛭石, 表明脱钾作用较深。红色石灰土形成于古风化壳的基础上, 目前所处的环境亦较湿热, 淋溶较强, 脱钾和脱硅作用进一步发展, 富铝化作用明显, 蛭石减少, 并有大量三水铝矿形成。

## (二) 粘土礦物的風化和土壤的演變

黑色石灰土、棕色石灰土和紅色石灰土中的粘土礦物組成不僅有差異，而且，依粘土礦物風化順序的理論<sup>[1]</sup>看來，這些差異正可表明它們在土壤發生上的關係。

黑色石灰土中雲母類礦物含量最高，意味着它最年輕，如果條件許可，排水狀況變好，淋溶和氧化作用加強，粘土礦物進一步脫鉀，雲母類礦物分解，蛭石和高嶺會增多，它可以向棕色石灰土的方向轉變。較早期的研究曾提到過這種“變質作用”<sup>[2]</sup>。紅色石灰土的風化程度較棕色石灰土深，如以硯山的紅色石灰土與棕色石灰土為例，儘管它們的粘粒部分蛭石和高嶺的含量和性質都很相似，但紅色石灰土中畢竟含有很多三水鋁礦和游離氧化鐵礦物。所以，棕色石灰土與紅色石灰土不僅僅是成土年齡的差異。我們認為，隨着時間的推進，土壤酸度逐漸提高，蛭石將進一步風化而形成高嶺，棕色石灰土有可能形成正常的紅壤。廣西武鳴由石灰岩發育的紅壤剖面就是一個很好的例子。在這個紅壤的粘粒部分，高嶺的含量已大大增多，而在 80 厘米以上的土層中，三水鋁礦含量仍然很低<sup>[9]</sup>。紅色石灰土中含有大量的三水鋁礦，很象是濕熱的古氣候下的產物，它在一定程度上與磚紅壤的礦物組成相似。

這三種土壤的粘土礦物組成的共同特點是伊利石和蛭石的含量比地帶性紅壤為多，這正是我們認為這類土壤具有較大可變性的礦物學依據。

## (三) 石灰岩發育的土壤是否受生物氣候帶的影響

對於這個問題，我們的回答是肯定的。這裡的棕色石灰土在粘土礦物組成和性質上與附近由頁岩風化物發育的地帶性紅壤<sup>[9]</sup>很相似，所不同的是：蛭石含量較後者多而高嶺含量較少，這可能是石灰性母質的影響所致。不久前，我們曾對南京栖霞山石灰岩發育的土壤剖面作了比較詳細的分析<sup>[8]</sup>。這一剖面的粘粒部分含  $K_2O$  1.83—1.34%，其硅鋁率為 2.61—2.48，陽離子交換量為每百克 36.5—32.9 毫當量，X 射綫分析和差熱分析都表明以高嶺和伊利石為主，並有蒙脫伴存，但沒有三水鋁礦，與南京附近的其它地帶性土壤十分類似。與滇桂地區石灰岩發育的土壤相比，南京的紅色石灰土的礦物風化度遠比雲南的紅色石灰土，甚至於棕色石灰土為淺，而且，在某些方面很接近於黑色石灰土。以上這些事實告訴我們，石灰岩所發育的土壤，在粘土礦物組成上強烈表現出地帶性的特徵。對於這一點，今後在討論此類土壤的發生分類時是必須強調的。

## 四、結 論

1. 在同一生物氣候帶內，由於局部地形影響，水分狀況不同，風化和成土作用深淺不一，所以，由類似的石灰岩所發育的黑色石灰土、棕色石灰土和紅色石灰土三種土壤的粘土礦物組成和性質有明顯的區別。

2. 黑色石灰土發育比較年輕，如果條件許可，它可以向棕色石灰土轉變；棕色石灰土比較接近於地帶性紅壤；紅色石灰土深受古氣候的影響。

3. 石灰岩發育的土壤，在粘土礦物組成上具有地帶性的特徵，今後討論土壤發生分類時，必須考慮到這一點。

## 参 考 文 献

- [1] 辛奎德: 1963. 喀斯特类型矿床水文地质勘探中的几个问题。中国地质, 2 期, 16—20 页。
- [2] 郭魁士: 1941. 广西石灰岩区土壤之初步观察。土壤季刊, 1 卷 4 期, 32—47 页。
- [3] 张俊民、韦启璠: 1958. 广西百色和德保主要土类的生成环境和特性。土壤通报, 3 期, 15—20 页。
- [4] 侯传庆、石 华: 1962. 华南石灰岩地区土壤的发生利用问题。土壤, 2 期, 6—14 页。
- [5] 李庆远、曹如坤、陈家坊: 土壤分析法。85—86 页, 科学出版社, 1958 年。
- [6] 唐诵六: 乙二醇和丙三醇用于 X 射线法鉴定土壤中蒙脱石和埃洛石的比较研究。(未发表)
- [7] 张效年: 1961. 中国水稻土的粘土矿物。土壤学报, 9 卷 3—4 期, 81—102 页。
- [8] 唐诵六等: 1963. 中国土壤胶体研究 IV. 南京地区几个土壤剖面的粘土矿物研究。土壤学报, 11 卷 3 期。
- [9] 蒋梅茵、许冀泉: 几种亚热带和热带土壤的粘土矿物。(未发表)
- [10] Kunze, G. W. et al.: The clay mineral composition of representative soils from five geological regions of Texas. Proc. 3 rd National Conf. on Clays and Clay Minerals, p. 375, 1955.
- [11] Lippi-Boncambi, C., R. C. Mackenzie, and W. A. Mitchell: 1955. The mineralogy of some soils from central Italy. Clay Min. Bull., 2, No. 13, p. 281—288.
- [12] Norrish, K., and L. E. R. Rogers: 1956. The mineralogy of some terra rossa and rendzina soils. J. Soil Sci., 7: 294—301.
- [13] Khan, D. H.: 1960. Clay mineral distribution in some rendzinas, red-brown soils, and terra rossas on limestones of different geological ages. Soil Sci., 90: 312—319.
- [14] Jackson, M. L., et al.: 1952. Weathering sequence of clay-size minerals in soils and sediments. II. Chemical weathering of layer silicates. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 16: 3—6.
- [15] Buehrer, T. F. et al.: 1949. The mineral composition of the colloidal fraction of some southern western soils in relation to field behaviour. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 13: 157—165.

## SOIL COLLOID RESEARCHES

V. CLAY MINERALS AND THEIR TRANSFORMATIONS IN RENDZINA,  
TERRA FUSCA AND TERRA ROSSA OF YUNNAN AND KWANGSI

KU SIN-YÜN AND HSÜ CHI-CHÜAN

*(Institute of Soil Science, Academia Sinica)*

## (ABSTRACT)

Present study reveals that divergency on the formation of clay minerals, as a result of bio-climatic function, occurs also in young soils derived from limestone in south-western China with incipient profile development. Illite predominates in rendzinas. Large quantities of vermiculite have been found in the upper part of terra fusca profiles. Kaolinite-gibbsite-vermiculite are the characteristic clay minerals of terra rossa soils.