

昆明地区不同母质对红壤发育的影响*

趙其國

(中国科学院土壤研究所)

昆明地区位于云南省中部,为我国西南高原红壤的主要分布区。关于本区土壤形成过程及发生分类等问题,虽然曾有人做过不少工作,但至今仍存在着一些分歧;有人认为本区土壤的形成过程以砖红壤化为主,土壤类型为砖红壤及铁质砖红壤性土^[1,2];有人认为棕壤化为本区土壤的主要成土过程,土壤应命名为棕色森林土^[4];另有人认为本区土壤属红壤,目前的成土过程为红壤化^[5],所有这些意见,均因资料不足而难取得统一。鉴于这种情况,我们结合本区自然条件对土壤形成的影响,对本区几种不同母质上所发育的土壤进行了初步研究,企图通过这些土壤的发生性质及形成过程,进一步说明成土母质对土壤矿物及某些特性的影响,分析地质风化与成土作用的关系,为土壤分类及土壤区划提供依据。

一、主要土壤的形成条件

本区位于云南高原中部,在地质构造上属昆明凹陷的一部分,由于整个地区在震旦纪至三迭纪长期处于下沉,自第三纪末期以来,因新构造运动而不断升起,因此地质构造比较复杂,除震旦纪至三迭纪海相或海陆交替相沉积物外,二迭纪岩层亦有出露。按地质及地理学家研究结果^[8,9],构成本区地层的主要岩石有砂页岩(震旦纪及下寒武纪)、石灰岩(石炭纪与上二迭纪)、玄武岩(中上二迭纪)及近代沉积物等四类,其中以砂岩、页岩分布较广,石灰岩分布较狭(图1)。

其次,本区地形属高原及丘陵盆地,海拔2,000—2,200米。东部砂页岩分布区为高原低丘,目前遭受侵蚀。西部石灰岩区,坡度较陡,岩石大多裸露。北部玄武岩区,以低丘分布为主,丘顶平坦,坡度甚小,部分地段尚保留古地貌特点,为整个地区侵蚀较小土层发育最为深厚的地段。

本区属亚热带气候,年均温15°C,年雨量1,000毫米,相对湿度70%, $\geq 10^\circ\text{C}$ 的积温5,500°C左右。在自然植被上,本区以亚热带常绿阔叶林为主,多为白栎(*Castanopsis delavayi*)和锥栗(*Castanopsis concolor*)等所组成的常绿栎林,也有与云南松(*Pinus yunnanensis*)等所组成的各种松栎混交林。由于人为破坏结果,这类森林目前多沦为灌木草地,并遭到不同程度的侵蚀。

由此可见,本区除具有复杂的地质构造外,尚具有明显的亚热带常绿阔叶林的生物气候特点,所有这些均对本区土壤发育起明显影响,并使其表现出与此成土条件密切联系的地带性特征。

* 参加工作的尚有袁仁保、徐登元两同志。此项工作得到李庆远先生的指导;本文曾蒙马裕之、文振旺先生斧正,在粘土矿物的分析与判读中,得到许冀泉和楊德涌同志的帮助,特此志谢。

二、土壤的一般特性

本文着重对頁岩、砂岩、玄武岩及石灰岩等四种母质上所发育的土壤进行研究,茲将各类土壤性质说明如下(表 1, 2, 3)。

1. 頁岩上发育的土壤 主要分布于本区西北部筇竹寺一带,海拔 2,240 米,地形为高丘陵,植被为锥栗及儲櫟 (*Lithocarpus dealbata*) 所组成的常綠櫟林。其代表剖面如下:

- 0—10 厘米 暗灰棕色中壤土,团块结构,疏松多孔,多根系。
- 10—26 厘米 淡灰棕色重壤土,团块结构,疏松,稍潤。
- 26—65 厘米 淡紅色重壤土,块状结构,孔隙較多。
- 65—140 厘米 紅色重壤土,較紧实,其下过渡到半风化母质。

这类土壤土层較厚,酸性至微酸性反应,活性鋁含量超过 4 毫克当量/百克土,鉄及鋁

的富集不甚明显,胶体中全鉄含量較低, $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 比率在 2.04—2.18 間,在风化过程中,碱金属及碱土金属淋溶較輕,氧化鉀含量高达 1.54% 以上,胶体代換量为 22.31—33.4 毫克当量/百克土。所有这些均可說明其富鋁化程度一般不深。这类土壤目前大多开垦,以种植豆类、洋芋及桃、梨等为主。

2. 砂岩上发育的土壤 主要分布于本区东部呈貢一带,海拔 1,900 米,緩坡丘陵,植被为麻櫟 (*Quercus acutissima*) 及云南松所组成的松櫟混交林。其代表剖面如下:

- 0—10 厘米 淡灰棕色砂壤土,块状结构,較松,夹有細砂粒。
- 10—30 厘米 黄棕色輕壤土,大块状结构,夹有砂岩碎块。
- 30—80 厘米 淡紅色中壤土,无结构,夹有砂岩块。

此类土壤土层浅薄,質地甚粗,地表有明显的侵蝕特征,酸性反应。按全量分析結果,此土在风化过程中,碱金属及碱土金属淋溶不甚明显(母质与土体中含量較为接近),胶体 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$

比率 2.11—2.28。由此可見,此类土壤富鋁化作用較頁岩上发育的土壤稍弱。在利用上,目前多种植花生、玉米等旱作,产量不高。

3. 玄武岩上发育的土壤 分布于东北部黑龙潭一带,海拔 2,000 米,緩坡丘陵、植被以栓皮櫟 (*Quercus variabilis*) 为主。其代表剖面如下:

- 0—14 厘米 暗棕色輕粘土,团块状结构,稍紧实,有炭屑。
- 14—42 厘米 棕紅色輕粘土,块状结构,紧实,稍潤。
- 42—128 厘米 暗紅色輕粘土,大块状结构,有少量瓣形鉄結核。
- 128—190 厘米 暗紅色輕粘土,甚紧实,有鉄結核及胶膜。

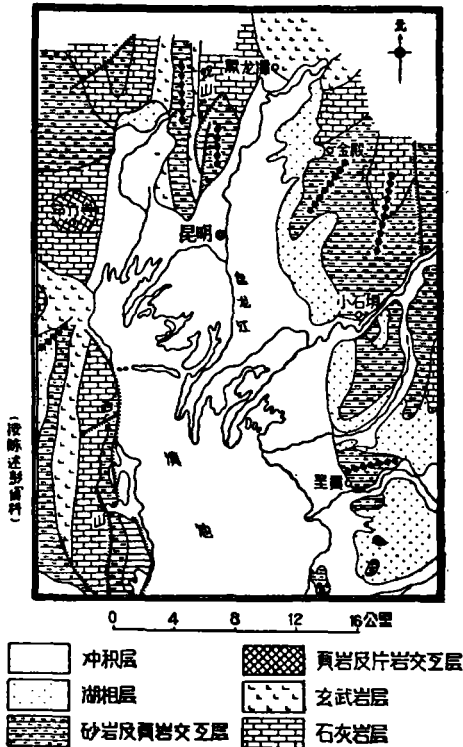


图 1 昆明附近地质略图

表 1 土壤的一般特性*

土壤类型	总号	深度 (厘米)	pH (H ₂ O)	有机 质 (%)	全氮 (%)	代换性盐基 (毫克当量/百克土)					代换性酸 (毫克当量/ 百克土)			颗粒含量(%)		质地
						Ca	Mg	K	Na	总量	总量	H ⁺	Al ⁺⁺⁺	<0.001 毫米	<0.01 毫米	
頁岩上发育的土壤	35880	0—10	5.92	4.28	0.25	5.13	1.05	0.32	0.43	6.93	4.46	0.30	4.16	15.2	39.2	中壤土
	35881	10—20	5.65	2.98	0.10	0.61	0.19	0.19	0.39	1.38	4.68	0.06	4.62	18.1	47.5	重壤土
	35882	50—60	5.32	0.85	0.04	0.15	0.10	0.17	0.43	0.85	4.82	0.12	4.70	27.0	51.7	重壤土
	35883	130—140	5.10	0.45	0.03	1.91	1.80	0.15	0.43	4.29	5.44	0.12	5.32	32.2	55.7	重壤土
砂岩上发育的土壤	35887	0—10	6.65	3.69	0.23	0.71	2.11	0.29	0.54	3.75	3.15	0.07	3.08	8.5	15.7	砂壤土
	35888	20—30	5.10	0.65	0.04	0.30	0.22	0.08	0.39	0.99	2.96	0.11	2.85	14.3	27.9	轻壤土
	35889	70—80	4.92	0.59	0.04	0.40	0.12	0.13	0.48	1.13	5.35	0.15	5.20	21.8	33.0	中壤土
玄武岩上发育的土壤	35896	0—10	5.10	5.06	0.19	1.11	0.72	0.27	0.78	2.88	1.12	0.12	1.00	33.1	67.2	轻粘土
	35897	30—40	5.25	1.48	0.06	3.07	0.59	0.14	0.51	4.29	1.65	0.09	1.56	34.7	71.2	轻粘土
	35898	80—90	5.15	0.36	0.02	0.80	0.16	0.07	0.51	1.54	1.08	0.07	1.01	39.6	72.9	轻粘土
	35899	180—190	5.25	0.13	0.01	0.70	0.02	0.08	0.39	1.19	5.10	0.92	4.18	15.4	60.9	轻粘土
石灰岩上发育的土壤	35884	0—10	5.85	4.23	0.29	5.65	2.01	0.29	0.45	8.40	0.27	0.19	0.08	61.2	90.1	重粘土
	35885	40—50	6.15	1.98	0.11	4.87	1.65	0.09	0.10	6.71	0.14	0.03	0.11	68.9	91.9	重粘土
	35886	130—140	6.25	1.05	0.07	3.72	2.03	0.19	0.79	6.73	0.09	0.01	0.08	73.5	97.9	重粘土

* 除 pH 外,均系土壤所土壤地理室分析室分析。

此土土层甚厚(风化壳达 5 米以上),质地较粘,酸性反应,剖面中有雛形鉄結核发育。这类土壤由于受古风化壳影响,无论在鉄鋁富集及碱金属与碱土金属淋溶上,均显著地较上两类土壤强烈,胶体 SiO₂/Al₂O₃ 比率在 1.70—1.95 間, TiO₂ 含量达 2.38—4.06%。如与雷州半島徐聞地区玄武岩发育土壤相比,其粘粒含量及富鋁化程度显然較低(粘粒含量本土为 35%,徐聞土壤为 75%;胶体 SiO₂/Al₂O₃ 比率相应为 1.70—1.95 及 1.5)。由此可见,此类土壤虽由高度富鋁化的成土母质发育,但由于受地带性条件及风化作用影响,其发育深度仍不及热带强烈。此外,如果将土壤、半风化体及母岩三者的組成相比较(表 2),

表 2 土壤土体部分(<1 毫米)及母质全量分析结果(按烘干土重計)

土壤类型	总号	深度(厘米)	烧失重 (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	MnO (%)	P ₂ O ₅ (%)	CaO (%)	MgO (%)	K ₂ O (%)	NaO (%)	CO ₂ (%)
頁岩上发育的土壤	35882	50—60	4.83	72.73	12.80	5.12	1.44	0.02	0.05	0.76	0.05	1.54	0.13	—
	半风化体	半风化体	4.40	63.76	19.33	6.62	1.14	0.01	0.10	0.15	0.15	3.21	0.36	—
	母岩体	母岩体	3.50	66.73	16.01	6.78	0.91	0.07	0.08	0.16	0.98	3.41	0.38	—
砂岩上发育的土壤	35888	20—30	3.91	84.31	6.54	2.52	0.76	0.01	0.05	0.10	0.03	0.72	0.06	—
	半风化体	半风化体	2.61	84.55	7.05	4.40	0.53	0.01	0.06	0.12	0.05	0.74	0.08	—
	母岩体	母岩体	1.03	89.30	3.79	3.12	0.28	0.06	0.03	0.58	0.03	1.07	0.23	—
玄武岩上发育的土壤	35897	30—40	11.67	30.78	26.46	24.31	5.72	0.19	0.07	0.10	0.02	0.06	0.67	—
	半风化体	半风化体	10.77	23.74	24.82	33.82	5.81	0.17	0.10	0.39	0.34	0.15	0.71	—
	母岩体	母岩体	1.92	50.03	13.86	13.29	4.04	0.25	0.15	8.78	3.87	1.25	2.62	—
石灰岩上发育的土壤	35885	40—50	15.18	29.31	29.24	20.64	3.93	0.08	0.06	0.39	0.10	0.16	0.59	—
	母岩体	母岩体	4.04	1.56	0.27	0.65	痕迹	0.02	0.01	50.11	1.91	0.29	0.64	41.16

可見此三者中,鈣、鎂、鉀、鈉的含量极为悬殊,这說明玄武岩中鈣斜长石、輝石、鈉斜长石等在地質风化时期中迅速分解,同时引起了鉄鋁的大量富集,这些巨大的变化,均很难想象是现代成土作用所造成。

本类土壤目前多辟为亚热带林用基地,部分以种植玉米及豆类为主。

4. 石灰岩上发育的土壤 分布于西山一带,海拔 2,290 米,为陡坡高丘地,植被为小鉄子 (*Myrsine africana*) 及楊梅 (*Myrica nana*) 所組成的灌丛。其代表剖面如下:

0—18 厘米 暗灰棕色重粘土,块状结构,較松,孔隙稍多。

18—52 厘米 暗紅色重粘土,块状结构,土粒表面有鉄質胶膜。

52—140 厘米 暗紅色重粘土,紧实,有鉄結核,下为石灰岩。

此土質地极粘,土层較厚,微酸性反应,代換量达 13—31 毫克当量/百克土(受母岩影响),活性鋁 0.08 毫克当量/百克土,在其风化过程中,发生着 R_2O_3 的急剧增加与 CaO 的高度淋溶(前者由 0.92% 增至 50%,后者由 50% 減至 0.39%),胶体中的鉄,特别是鋁的富集作用甚为明显, SiO_2/Al_2O_3 比率低达 1.24—1.43。

在云南高原上,也有由石灰岩发育的幼年土壤,我們一般将其列为紅色或黑色石灰土,这种土壤土层很薄,中性至碱性反应,其理化性質和本类土壤显然不同。根据本类土壤 $CaCO_3$ 的淋失及 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 富集等特点,可以想見,在其形成过程中,地形条件必然经历了极大的变化,而此变化与过去的地質作用有密切联系。

表 3 土壤胶体 (<0.001 毫米) 全量分析結果 (按烘干土重計)

土壤类型	总号	深度 (厘米)	烧失重 (%)	SiO_2 (%)	Fe_2O_3 (%)	Al_2O_3 (%)	TiO_2 (%)	K_2O (%)	CaO (%)	MgO (%)	SiO_2/Al_2O_3	SiO_2/R_2O_3
頁岩上发育的土壤	35880	0—10	13.88	38.30	11.65	29.86	0.98	1.51	0.54	1.06	2.18	1.75
	35882	50—60	11.26	38.29	11.28	31.81	0.93	1.06	0.45	1.28	2.04	1.66
	35883	130—140	11.42	38.27	13.48	31.85	0.94	1.53	0.30	0.79	2.04	1.61
砂岩上发育的土壤	35887	0—10	9.97	41.89	11.84	33.27	0.78	2.60	0.24	1.14	2.14	1.74
	35888	20—30	9.55	42.06	11.06	31.33	0.70	2.45	0.28	1.10	2.28	1.86
	35889	70—80	10.36	40.70	11.39	32.67	0.77	2.36	0.33	0.95	2.11	1.73
玄武岩上发育的土壤	35896	0—10	11.31	29.27	22.73	26.63	2.54	0.09	0.22	0.22	1.86	1.21
	35897	30—40	12.79	29.77	25.34	29.67	2.38	0.05	0.15	0.33	1.70	1.10
	35898	80—90	10.84	30.18	24.67	26.31	3.52	0.09	0.12	0.55	1.95	1.22
	35899	180—190	9.86	30.23	23.91	27.32	4.06	0.27	痕迹	0.38	1.88	1.20
石灰岩上发育的土壤	35884	0—10	12.82	28.72	19.11	34.07	3.27	0.35	0.58	0.98	1.43	1.05
	35885	40—50	13.66	25.94	22.42	32.74	3.12	0.34	0.48	0.86	1.34	0.94
	35886	130—140	13.67	24.81	22.63	33.59	3.65	0.37	0.29	0.73	1.26	0.88

三、土壤形成过程的特性

(一) 不同母质发育的土壤的粘土矿物組成

为了进一步研究不同母质对土壤形成过程的影响,曾对此四种土壤及其母岩与半风化体进行了 X 射綫衍射分析、差热分析及矿物磨片鉴定等(图 2, 3)。从所有結果証明,此四种土壤的粘土矿物組成及形成有以下特点:

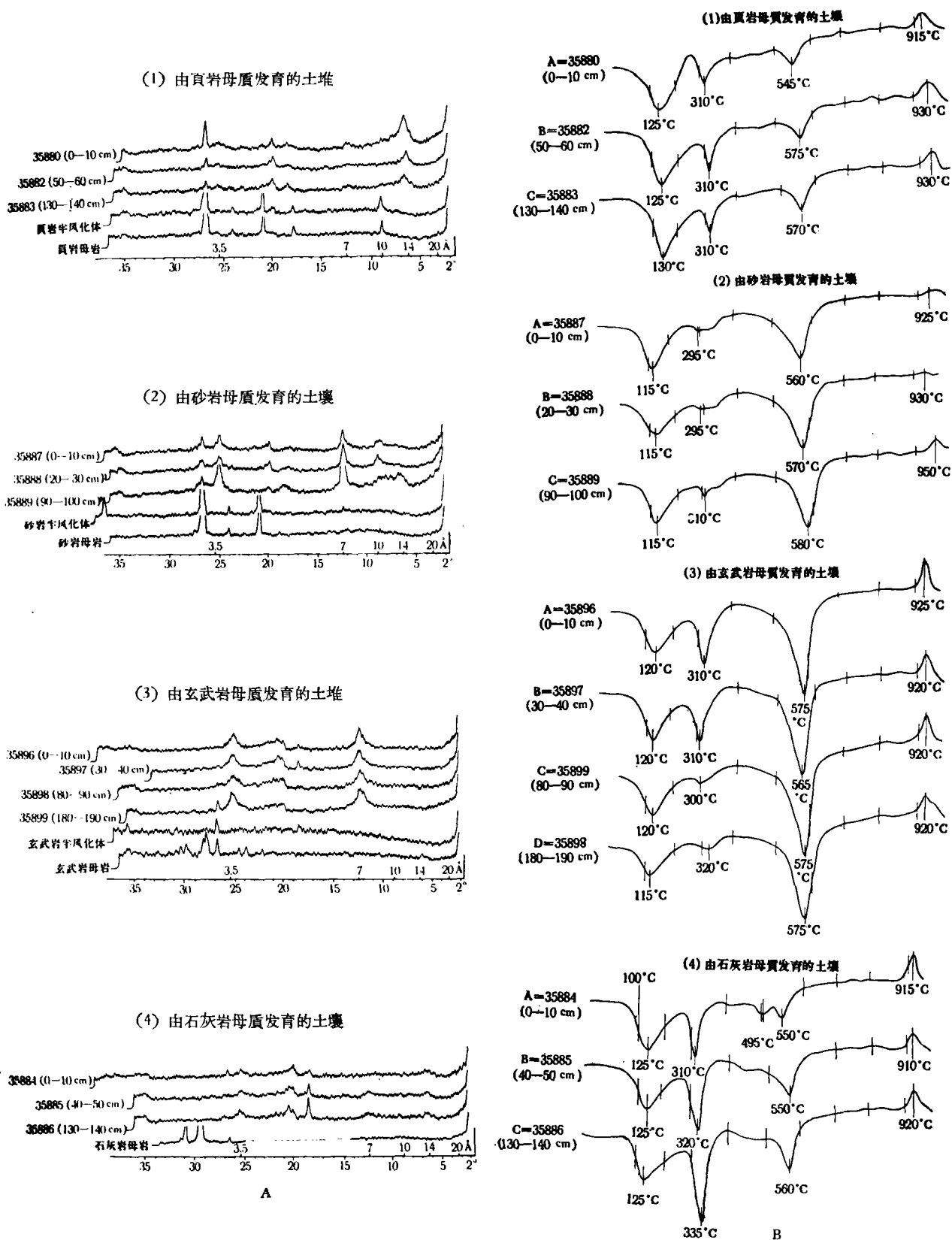
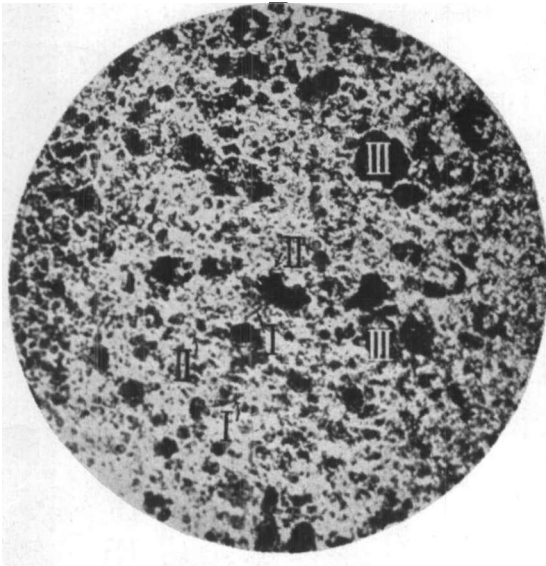


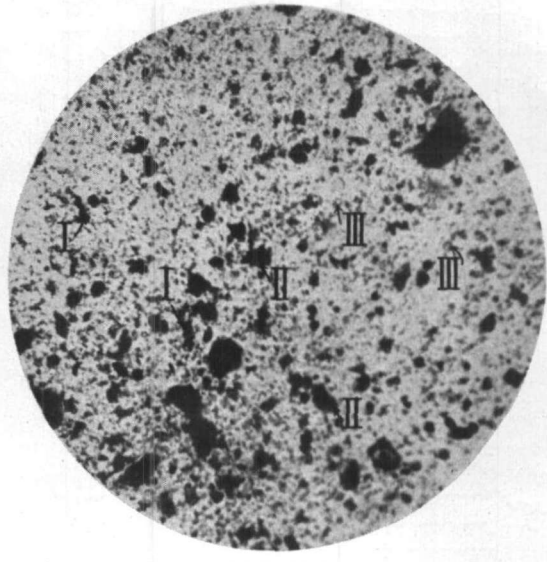
图 2 不同土壤 X 光衍射图谱(A)和差热曲线(B)(分析者:赵其国、靳冀泉、杨德涌)

图 2A 的試驗方法: 土体为胶体颗粒(<0.001 毫米), 并用 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 去除游离铁。半风化体及母岩颗粒为 0.074 毫米(通过 200 筛孔)。将此标本置于相对湿度 50% 的干燥器中三、四天, 然后将其紧压于玻璃片凹槽中, 用 D-3F 自动记录 X 射线衍射仪进行工作。摄录条件为: $\text{CuK}\alpha$ 辐射, 电压 34 KV, 电流 10 MA, 扫描速度每分钟 $1^\circ(2\theta)$ 。

图 2B 的試驗方法: 土体为胶体颗粒(<0.001 毫米), 用量约 0.3 克, 标本预先放在饱和硝酸钙保湿器中四、五天, 然后用自动控制加温, 自动照象记录的差热分析仪进行工作。

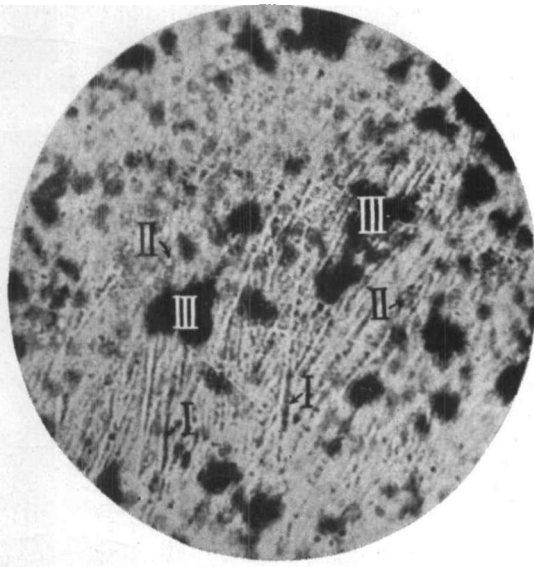


土壤(35882) 50—60 厘米
I. 針鉄矿 II. 石英 III. 土壤孔隙

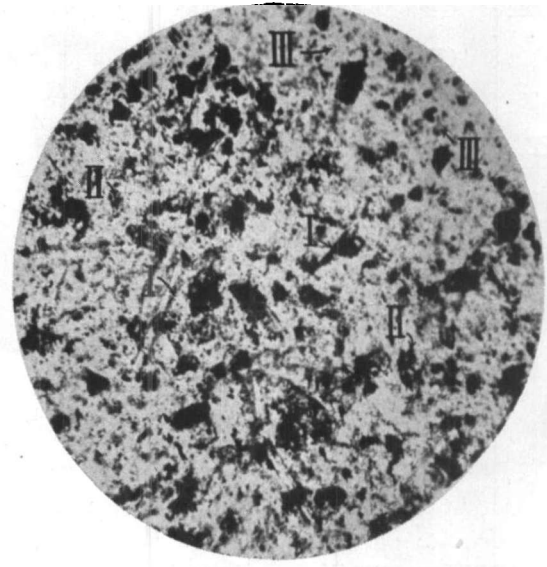


頁岩半风化体
I. 正长石 II. 水化云母 III. 石英

1. 頁岩上发育的土壤(山原紅壤)



土壤(35897) 30—40 厘米
I. 針鉄矿 II. 石英 III. 土壤孔隙



玄武岩半风化体
I. 針鉄矿 II. 赤鉄矿 III. 石英

2. 玄武岩上发育的土壤(鉄质山原紅壤)

图3 不同土壤及半风化体的薄片显微镜照相(正交偏光,放大60倍)

(江苏省地质局南京中心实验室鉴定;崔荣浩,赵其国摄)

1 頁岩上发育的土壤。主要粘土矿物为蛭石(14 Å),其次为高岭石(7.3 Å)、伊利石(10 Å)及少量三水铝矿(4.83 Å)、針鉄矿(按偏光显微镜鉴定),并含有部分石英(3.35 Å)。从剖面看,頁岩母岩以伊利石(10 Å)、石英(3.35 Å, 4.26 Å)为主,其次为少量赤鉄矿(偏光显微镜鉴定);半风化体与母岩相同;底土(130—140 厘米)以伊利石、高岭石为主,并含

有部分三水铝矿,而石英显著减少;心土(50—60厘米)与底土相同;至于表土(0—10厘米),则伊利石、高岭石、三水铝矿及石英均较底土略有增加。需要指出,在进行X光衍射前,标本曾去除游离铁,故无法对含铁矿物进行鉴定,但在偏光镜中,发现此类母岩及土壤均含有一定量的赤铁矿及各种氧化铁。从此可见,本类土壤由含有大量云母的母岩开始,经过脱钾阶段,由伊利石变为脱钾的蛭石,蛭石似未经淋脱阶段而直接往高岭石及三水铝矿的脱硅方向发展;并随剖面向上,脱硅强度有所增加。显然,这在很大程度上可能与目前生物气候特别是与良好的结构及排水条件有关,说明此土目前是向中度脱硅的红壤方向发展。

2. 砂岩上发育的土壤。主要粘土矿物为高岭石及伊利石(从含钾量估计约有30%),其次为少量三水铝矿、蛭石和石英。从全剖面看,砂岩母岩及半风化体中石英含量极其明显,偏光镜鉴定,其中尚含有钾长石(7—26%)及白云母(2%);底土中(60—100厘米)出现大量的高岭石、伊利石、蛭石和少量三水铝矿;心土(20—30厘米)及表土中可见伊利石增加与高岭石减少(或晶性变差)的趋势。由矿物分析结果推测,土壤中的高岭石可能是钾长石的风化产物,并非伊利石脱硅形成;三水铝矿含量低可能与土壤剖面排水通畅及其本身遭受下淋有关。由此可见,本类土壤目前发育情况与上一土壤相近,但从高岭石及三水铝矿含量看来,其脱硅及红壤化程度较前者为轻。

3. 玄武岩上发育的土壤。以高岭石、三水铝矿为主,并含有大量赤铁矿(偏光镜鉴定)、针铁矿(偏光镜鉴定)及石英。从全剖面看,玄武岩母岩中含有大量钙斜长石(3.2 \AA 及 2.94 \AA ,偏光镜鉴定含量为48.7%)、石英、磁铁矿及辉石等;半风化体中斜长石全部消失,但有大量赤铁矿及针铁矿出现,向上至底土层(80—190厘米),则转变为大量高岭石及少量三水铝矿;及至表土层(0—40厘米),高岭石及三水铝矿均有明显增加,同时含有大量赤铁矿及针铁矿。因此这类土壤粘土矿物组成与前两类土壤均有所不同,由斜长石风化开始,即不断向脱硅过程发展,这种情况显然受富铝化古风化壳的影响,说明此土发育与地质作用有所联系。应当指出,由胶体的阳离子代换量(12.01毫克当量/百克土)看来,此土高岭石中很可能有埃洛石存在^[10]。

4. 石灰岩上发育的土壤。主要粘土矿物亦为高岭石及三水铝矿,并有少量蛭石。从全剖面看来,在石灰岩母岩中以方解石(3.02 \AA)及白云石(3.88 \AA)为主,并含有极少石英(3.35 \AA);但在剖面上部各个土层中,几乎同样出现高岭石、三水铝矿、针铁矿及少量蛭石,其中三水铝矿有由上向下逐渐增加的趋势。此外,从差热分析及X光衍射谱和胶体阳离子代换量看来(28毫克当量/百克土),其中很可能含有埃洛石,而表层尚有非晶物质。显然,这类土壤的风化过程是极其特殊的,从岩石到土壤的粘土矿物转化,可能是一个长期的地质过程。

(二) 不同母质发育的土壤的游离铁含量

一般认为,热带及亚热带地区土壤中游离铁的含量及其变化,是反映土壤发育程度的主要标志^[5];有人甚至指出,红壤中的铁,特别是游离铁的作用与黑钙土中钙的作用,在土壤发育中具有同等重要的意义,为此,曾对此四种不同母质发育土壤,进行了胶体全铁及游离铁的分析,并与其他热带地区土壤相比较(表4)。

在游离铁的分析中,因连二亚硫酸钠为强还原剂,几乎可以将土粒表面的氧化铁全部

表 4 土壤胶体(<0.001 毫米)部分全铁游离铁含量

土壤类型	总号	深度(厘米)	全 Fe_2O_3 (%)	游离 Fe_2O_3 (%)	游离 Fe_2O_3 占全 Fe_2O_3 (%)
頁岩上发育的土壤	35880	0—5	11.65	8.09	69.4
	35882	50—60	11.28	8.21	69.5
	35883	130—140	13.48	8.85	65.7
砂岩上发育的土壤	35887	0—7	11.84	6.43	54.3
	35888	20—30	11.06	7.65	69.2
	35889	70—80	11.39	7.82	68.7
玄武岩上发育的土壤	35896	0—10	22.73	14.59	64.2
	35897	30—40	25.34	16.04	63.3
	35898	80—90	24.67	16.76	67.9
	35899	180—190	23.91	14.95	62.5
石灰岩上发育的土壤	35884	0—10	19.11	12.69	66.4
	35885	40—50	22.42	13.86	61.8
	35886	130—140	22.63	14.61	64.6
石英粗面岩上发育的土壤(热带)	101	0—10	12.43	10.88	87.5
	102	45—55	12.41	10.95	88.2
	103	110—120	12.46	10.23	82.1
	104	390—400	12.38	9.90	80.0
片岩上发育的土壤(热带)	105	0—12	23.16	18.72	80.5
	106	30—40	25.82	22.23	86.1
	107	60—70	25.68	23.71	92.3
	109	160—170	26.09	22.69	86.9

分离出来,故剩余的氧化铁,应该是与硅酸盐化合的铁,其一部分位于晶格之间。因此,这类游离铁(亦即包括赤铁矿和针铁矿在内的氧化铁)占全铁含量的百分数,应可作为红壤化程度的重要标志。当然,我们这里用强还原剂所分离出的游离铁(或称为氧化铁),在意义上与一般采用弱酸(按 Tamm 法)所分离出的“活性铁”有所不同,后者是高度活化的游离氧化铁,它的含量,在红壤中通常高于砖红壤。

根据上述讨论,从表 4 分析结果可见,本区四种土壤胶体中游离铁的含量随母质及全铁含量有一定变化;基性母质发育的土壤,游离铁的含量较高(12—16%),而酸性母质者较低(6—8%)。此外,游离铁在所有剖面中,有不同程度的向下移动趋势。特别值得注意的是,无论母质种类及全铁含量如何,此四类土壤胶体中游离铁占全铁的百分数几乎相等(平均为 64%)。如以此结果与热带土壤相比,显然可见,热带土壤胶体游离铁占全铁量平均为 85%,较之本区土壤高 20% 以上。这种情况清楚说明,由于目前生物气候条件的不同,因而对不同地带土壤发育的现代成土过程有着不同影响。

(三) 不同母质发育的土壤的渗透水组成

为了进一步说明不同母质发育土壤的现代成土过程特点,我们对此四类土壤的渗透水进行了全量组成的分析,并与有关热带地区相对照。

从表 5 可见,本区四种土壤渗透水中, SiO_2 含量最高(1.11—2.05 毫克当量/升),其次为 CaO 、 MgO 、 K_2O 和 Na_2O ,再次为 Fe_2O_3 和 Al_2O_3 。就不同土壤而言,基性母岩特别是石灰

表5 不同母质发育的土壤的渗透水组成(毫克当量/升)

类 型		项 目								
		SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅
中亚热带* (昆明)	頁岩上发育的土壤	1.11	0.06	0.05	0.26	0.05	0.04	0.24	0	0.01
	砂岩上发育的土壤	1.14	0.02	痕迹	0.30	0.04	0.09	0.32	0	痕迹
	玄武岩上发育的土壤	1.57	0.07	0.01	0.47	0.32	0.03	0.23	痕迹	0.01
	石灰岩上发育的土壤	2.05	0.01	痕迹	0.29	0.34	0.01	0.35	痕迹	0.02
天 然 降 水		0	痕迹	0	0.01	0	0.01	0.03	0	0
热 带* (西双版纳)	砖红壤性土(石英粗面岩)	3.75	0.02	0.09	0.24	0.04	0.11	0.10	0	0.01
	南非洲**									
	红色砖红壤性土(花岗岩)	5.10	痕迹	0.14	0.02	0.05	0.01	0.11	—	—
	黄色砖红壤性土(花岗岩)	6.65	痕迹	0.03	0.10	0.03	痕迹	1.35	—	—

* 张国珠、赵其国分析。

** 参考: Soil groups and sub-groups of south Africa. 1940.

岩所发育的土壤,其 SiO₂ 含量稍高(1.57—2.05 毫克当量/升),而酸性母岩则稍低(1.11—1.14 毫克当量/升),此说明在现代成土过程中,本区四种土壤的 SiO₂ 表现淋溶,而 Fe₂O₃、Al₂O₃ 则表现积聚,此即为红壤所具特征。此外,若将此结果与热带地区土壤相比,显然可见,本区土壤中 CaO、MgO 在渗透水中的含量较热带为高,而 SiO₂ 却显较热带特别是非洲赤道热带地区的含量为低(前者 1—2 毫克当量/升,后者 3—6 毫克当量/升)。这种情况,清楚说明,在同一亚热带生物气候条件下,本区四种母质所发育土壤的现代脱硅过程趋于一致,而其脱硅作用或硅的淋溶强度,显然未曾达到热带地区的强烈程度。

四、问题讨论

(一) 关于本区不同母质发育的土壤的成土过程

根据前述结果,我们认为在讨论本区土壤形成过程时,首先应将地质或古风化过程与现代成土过程区别开来,特别是对基性母质所发育的土壤来讲,其土壤形成与发育同时受到此两种过程的影响。

关于本区土壤的现代成土过程,即在本区目前亚热带生物气候条件下的土壤发育过程,根据土壤渗透水全量组成、游离铁含量及腐殖质组成(按钮季文与程仕文分析资料)等分析结果可以看出,此四种不同母质所发育的土壤均以红壤化或中度富铝化作用为主,这种作用的基本特点可概括为以下三个方面:

第一,有机质的相对积聚。其表现是,自然植被下的土壤有机质含量一般甚高(3—5%);在腐殖质组成中,胡敏酸与富里酸的比值在 0.6—0.9 之间,此项比值,在我国东北的黑土中为 2—2.5,而在华南热带地区如在雷州半岛玄武岩上发育的砖红壤中为 0.23。

第二,明显的淋溶过程。其表现是,游离铁及粘粒下移,盐基高度不饱和,碱金属及碱土金属发生明显淋洗。

第三,中度的富铝化作用。其表现是,胶体 SiO₂/Al₂O₃ 比率为 2.03—2.27,胶体中游离铁占全铁 65%,土壤渗透水中 SiO₂ 的含量为 1—2 毫克当量/升,粘土矿物除高岭石、三水铝矿、赤铁矿外,尚有蛭石及石英等。

由此可见,本区土壤发育是与目前生物气候条件密切联系的,如与南部热带土壤相比,显然可见,后者的淋溶特征及富铝化程度均较本区土壤表现明显而强烈。由此清楚说明,本区土壤发育深受中亚热带生物气候条件影响,其现代成土过程为红壤化或中度富铝化,而南部热带地区砖红壤性土则为砖红壤化或高度富铝化。

应当指出,上述成土过程的特点,主要表现在本区酸性母质,特别是頁岩所发育的土壤上,对于基性母质发育土壤来讲,其表现却并不完全一致,甚至在某些特性,例如在铁铝的富集强度及脱硅作用上尚有一定差异。按上述研究结果,我们认为,基性母质发育土壤所表现的这种特征,应当解释为地质或古风化过程对其发育所引起的影响,它与本区目前的生物气候条件并无联系,显然,这类土壤系同时承受着地质(或古的)及现代成土过程的双重影响。关于此两过程的形成,我们很同意有关学者的见解^[3],即本区基性母质发育土壤的地质风化过程,系与第三纪末期新构造运动以前的湿热气候条件有关,由于当时地面低,气候较现在湿热,有利于高度富铝化风化壳的发育,及至地壳抬升以后,这类土壤处于目前亚热带生物气候条件下,目前是在此古风化壳基础上向红壤化的现代成土过程方向演变。因此,应该认为,基性母质发育土壤的地质风化过程,主要是高度富铝化的形成过程,而此类土壤的现代成土过程,则是在此母质基础上所发育起来的中度富铝化的红壤形成作用。这类土壤既具有古风化壳的残留特征,也具有现代红壤的形成特点,同时,事实表明,在现代亚热带的生物气候条件影响下,其红壤化作用尚在继续进行。

过去曾有人认为本区基性母质发育土壤的形成过程为砖红壤化,而酸性母质者为棕壤化,这种看法,实际上是将古风化壳的形成与现代土壤形成过程相混淆,并且忽视了土壤发育的地带性特征。按照研究结果,基性母质发育土壤的砖红壤化过程,只能当作是风化壳的形成作用、不能视作该土壤的现代成土过程,而这类土壤的现代成土过程,与酸性母质发育土壤一样,并非砖红壤化及棕壤化,而是与目前亚热带生物气候条件紧密联系的红壤形成作用。这种认识,对解决本区土壤发生分类及联系生产实践有一定意义。

(二) 关于本区土壤的发生分类与命名问题

根据前述成土过程的分析,我们首先将本区四种不同母质所发育的土壤均归为红壤,并将此红壤确定为本区地带性的发生土类。

其次,在红壤土类以下,按成土过程的发育分段及附加特点,区分为山原红壤及铁质山原红壤两个亚类。

山原红壤为本区地带性土壤的主要代表,系由頁岩及砂岩母质所发育,酸度及富里酸含量稍高,铁的活化与富铝化作用稍弱,这类土壤与我国江西、湖南一带的红壤相比,在成土条件及发生性质上有一定差异;本区土壤发育于高原型冬暖夏凉气候条件下,而江西、湖南等地的土壤系发育于丘陵区冬冷夏热的条件下,在富铝化程度上,前者较后者发育程度稍弱(本区土壤胶体 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 比率为 2.03—2.27, pH 值为 5.5—6.0; 而江西等地土壤相应为 1.8—2.0 及 5.0), 虽然对此两类土壤尚缺乏详尽的对比研究,但根据这些差异,认为至少应将这两类土壤在亚类上加以区分。在命名上,考虑到本区土壤发育具有山原生物气候条件的特点,初步将其定名为山原红壤。至于铁质山原红壤的命名,在涵义上,系指这类土壤发育于富铁质的古风化壳(如玄武岩及石灰岩风化壳)上,其现代成土过程处于红壤化阶段。

最后,根据土壤发育的地方性条件,母质特性及有关基本性质,在上述亚类以下,将本区不同母质发育的土壤,分别归为四个土属或土种,即典型山原红壤、薄层山原红壤、酸性轻粘质铁质山原红壤、微酸性重粘质铁质山原红壤。

典型山原红壤:为頁岩母质所发育,具有作为山原红壤的全部特点。

薄层山原红壤:母质为砂岩,一般性质与上一土壤相近,因受侵蚀影响,发育程度稍弱,土层较薄,过去有人称为幼红壤,但按其性质,应将其命名为薄层山原红壤较适宜。

酸性轻粘质铁质山原红壤:发育于富铝性玄武岩风化壳,由于母质影响,发育程度较深,质地较粘,过去有人命名为砖红壤及老红壤,但按其母质特性及现代成土过程,它与砖红壤(如徐闻地区的)有很大不同,故将其归为铁质山原红壤,并作为此亚类土壤的典型代表。

微酸性重粘质铁质山原红壤:系石灰岩风化壳所发育,基本性质与上一土壤相同,由于受高度富铝化风化壳影响,酸性较低,质地极粘。此性质与过去有人所称的红色石灰土有所不同,后者系中性至碱性反应,土层浅薄。为此,初步将其定名为微酸性重粘质铁质山原红壤。

总结上述讨论,可将本区土壤分类系统初步归纳如下:

土类	亚类	土属或土种(母质)
红壤	山原红壤	典型山原红壤(頁岩)
		薄层山原红壤(砂岩)
	铁质山原红壤	酸性轻粘质铁质山原红壤(玄武岩)
		微酸性重粘质铁质山原红壤(石灰岩)

应当指出,本区土壤发生分类问题是极其复杂的,上述讨论只是根据初步研究结果提出的一些看法与意见,以供进一步研究参考。

(三) 关于母质对红壤发育影响的问题

通过上述研究表明,本区不同母质对红壤发育有明显影响,这与过去研究结果极其相似^[6,7];但另一方面,可以看到,作为本区成土因素之一的母质,无论其种类与性质如何,均只在一定程度上对红壤的某些发生性质(如酸度、粘土矿物组成等)及发育程度(富铝化程度)有所影响,甚至可由此影响其亚类或亚类以下等单位的划分,但决定整个地带性土类及现代成土过程发育方向的,并非母质,而是整个地区目前生物气候条件对土壤发育的综合影响。

过去,曾有人过分强调母质对土壤发育的作用,甚至在同一地带中,将不同母质发育的土壤区分为不同土类^[11,12]。根据研究结果,我们认为,在同一生物气候带中,不可能因母质影响而出现不同的地带性土类,即使有此情况,如红色石灰土、黑色石灰土及紫色土等,也只能作为非地带性或隐域性土类对待,不能与地带性土类相混淆。此外,如前所述,由某些基性母质所发育的土壤,其某些性质与目前生物气候不相适应,对此情况,并不能解释为地带性土类的差异,而应归结为古风化壳形成作用的影响。

結 論

根据研究結果,本区四种不同母質所发育的土壤均应归为紅壤(土类);紅壤以下,可为四个土属或土种。

典型山原紅壤:母質为頁岩,土层深厚,質地輕,酸性反应,碱金属及碱土金属淋溶明显,胶体 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 比率 2.03—2.17,主要粘土矿物有蛭石、三水鋁矿,及少量伊利石、高岭石及石英等,为紅壤典型代表。

薄层山原紅壤:母質为砂岩,一般性質与上一土壤相同,由于侵蝕影响,土层浅薄,发育程度較弱,胶体 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 比率为 2.11—2.27。

酸性輕粘質鉄質山原紅壤:母質为富鋁化玄武岩风化壳,土层深厚,富鋁化作用明显,胶体 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 比率为 1.70—1.95,粘土矿物以高岭石、三水鋁矿及赤鉄矿为主,此土同时承受古代风化作用及現代成土过程影响,目前是在古风化壳基础上向紅壤方向发育。

微酸性重粘質鉄質山原紅壤:母質为深度富鋁化石灰岩风化壳,土层較厚,質地极粘,微酸性反应,基本性質与上一土壤相同,胶体 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 比率 1.26—1.43,目前成土过程仍为紅壤化。

本区不同母質对紅壤发育的影响,只在一定程度上决定其某些发生特性及发育程度,但决定整个地带性土类及現代成土过程发育方向的,并非母質,而是整个地区目前生物气候条件对紅壤发育的綜合影响。

参 考 文 献

- [1] 于天仁:中国西南部砖紅壤的化学性質。中国土壤学会会志,1卷3—4合期,171—186,1950。
- [2] И. П. 格拉西莫夫、馬洛之:中国土壤发生类型及其地理分布規律。土壤专报,第32期,37—41,1958。
- [3] 文振旺整理:关于格拉西莫夫院士关于一些土类的概念。土壤通訊,14期,8—9,1955。
- [4] 中国科学院自然区划委员会云南工作组:云南省土壤区划初稿。50—68,云南省农业厅出版,1957年。
- [5] 赵其国整理:C. B. 佐恩教授对滇南地区土壤发生分类的意見。“苏联专家談話集”,267—291,1960年。
- [6] 李庆遠、张效年:中国紅壤的化学性質。土壤学报,5卷1期,78—93,1957。
- [7] 张效年、李庆遠:华南土壤粘土矿物組成。土壤学报,6卷5期,178—190,1961。
- [8] 陈述彭:云南螞螂川流域之地文。地理学报,第15卷2、3、4合期,1—3,1945。
- [9] 許德佑:昆明附近之地質。地質評論,第5卷第6期,4—5,1932。
- [10] Bramao, L. et al.: Criteria for the characterization of kaolinite, halloysite and a related mineral in clays and soils. Soil sci., vol 73, 273—287, 1952.
- [11] Merwe, C. R. van: Soil groups and sub-groups of South Africa. 192—248, 1940.
- [12] Mohr, E. C. J and Buren, F. B. V.: Tropical soil. 302—333, 1954.

EFFECT OF PARENT MATERIALS ON THE GENESIS AND CLASSIFICATION OF RED SOILS IN KUNMING DISTRICT, YUNNAN

C. K. CHAO

(*Institute of Soil Science, Academia Sinica*)

(SUMMARY)

The weathering sequency of clay minerals is usually regarded as one of the important indexes for the classification of genetic soil groups. After a detailed review on literatures concerning tropic soils it is found that a great deal of confusion has been made in this respect. Actually some red soils are derived from highly weathered materials of earlier geological ages, and they inherit their clay minerals largely from old ferruginous crust. Others are young residual soils derived directly from various parent rocks. Composition of clay minerals of the latter soils reflects an incipient stage of present soil forming process. Soils having great diversity of $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ and $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ ratios can be found in a restricted area in tropic and subtropic regions. Such divergent soil types were found in Kunming district, Yunnan through a detailed soil survey in 1958—1962. The writer suggests a soil classification system of the said district as follows:

Red soil (soil group).

I. Plateau red soil (sub-group, characteristic red soil developed under bio-climatic condition of Southwestern China Plateau).

1. Plateau red soil, normal type (soil genus or species).

2. Plateau red soil, young residual type (soil genus or species).

II. Ferruginous plateau red soil (sub-group, red soil derived from ferruginous crust, composition of clay minerals preponderantly affected by the parent material, although allitic process of present soil formation still perceivable).

3. Ferruginous plateau red soil, acid, clay type, originated from highly weathered basalt material (soil genus or species).

4. Ferruginous plateau red soil, slightly acid, heavy clay type, originated from limestone (soil genus or species).

Soil survey description accompanied with detailed analytical data on soil clay mineral and soil fertility is given in Chinese text.