

衡山土壤的粘粒矿物*

曾维琪 殷细宽

(华南农业大学)

摘 要

衡山的土壤,随着海拔高度的增加,依次分布着成土过程由强到弱的红壤、山地黄壤和山地草甸土。这个规律在粘粒矿物的组成上得到较好的反映。从山脚到山顶高岭石渐减,而三水铝石渐增。埃洛石则普遍存在,但以B、C层为多。风化程度较低的次要矿物如水云母、水黑云母、14Å过渡矿物和绿泥石等也是衡山的上部较多。

从粘粒矿物组成的特点判断,衡山上部不存在山地黄棕壤,而只有山地黄壤和山地草甸土。

衡山上部土壤的三水铝石含量很高,以致粘粒的硅铝率甚小。三水铝石可能是斜长石的直接风化产物。由这种方式产生的富铝化现象,在发生学上有别于热带土壤的富铝化作用。

南岳衡山位于湖南中部衡山县境内,为我国五大名山之一。为了合理利用衡山的生物资源,发展农林牧生产和科学研究,有必要对该山土壤进行深入的研究。高冠民等^[1]和刘博学^[2]都对衡山土壤的基本性质和分布规律作了研究,但对该山是否存在山地黄棕壤持有不同意见。他们的论文都未涉及粘粒矿物。因此,我们从南岳镇至祝融峰沿线,采集了有代表性的土壤剖面五个,除进行一般的理化分析外,着重分析了粘粒矿物的组成,并联系土壤发生分类探讨了粘粒矿物的成因,对衡山是否存在山地黄棕壤提出看法。

一、土壤剖面情况

衡山位于北纬 $27^{\circ}05' - 27^{\circ}22'$,东经 $112^{\circ}29' - 112^{\circ}47'$ ^[1],属中亚热带,具季风气候特点,但山脚和山顶之间的气候差异很大。

衡山的山体主要为燕山期花岗岩构成。据广东省地质局中心实验室鉴定,这种岩石属于受一定程度变质的黑云母斜长花岗岩,内含更长石约50%,石英30%,黑云母10%,微斜长石5—10%以及微量的金红石等矿物。但不同部位的花岗岩,其变质程度、矿物组成有所不同。

在不同海拔高度、水热、生物和地质条件的差异,对土壤的形成发育产生了深刻的影响,从而由山脚到山顶依次出现了红壤、山地黄壤和山地草甸土。土壤剖面情况和基本性质列于表1。

* 粘粒的X射线衍射、差热分析、电镜照相和化学全量分析,分别由广州有色金属研究院选矿研究室、广东省冶金地质实验研究所、本校实验中心电镜室和土化系分析室提供;文稿承陆发熹、朱莲青、俞震豫教授和许冀泉副研究员审阅,并提出宝贵修改意见,特此一并致谢。

1) 刘博学,1980:衡山之土壤(铅印稿)。

表 1 土壤剖面
Table 1 Basic prop

剖面号码 Profile no.	土壤,名称、地点和海拔高度 Soil name, locality and altitude	母质 Parent material	植被 Vegetation	发生层和深度 (cm) Horizon and depth	土壤颜色 Soil color
衡 1	红壤,南岳镇附近 150 m Red earth	黑云母斜 长花岗岩 残积物	马尾松灌 丛生长较 差	A 0—20 B 45—100 C 135—160	接近黄橙 (7.5YR8/6) 接近橙 (5YR7/6) 接近黄橙 (7.5YR8/6)
衡 2	红壤 300 m Red earth	黑云母斜长花 岗岩残积物 (有坡积影响)	马尾松灌丛	A 0—26 B 48—142 C 230 左右	接近灰黄 (2.5YR7/3) 淡红 (10R6/8) 黄橙 (7.5YR8/6)
衡 3	山地黄壤,铁佛寺下 750 m Mountain yellow earth	同上	马尾松灌丛	A 0—22 B 40—117 C 173—230	棕灰 (7.5YR5/2) 灰黄 (2.5Y7/3) 接近黄 (2.5YR8/6)
衡 4	山地黄壤,南天门附近 950 m Mountain yellow earth	同上	灌木草本 生长繁茂	A 0—20 AB 20—58 C 390 左右	比暗棕灰深 (7.5YR4/2) 暗黄棕 (10YR5/4) 接近灰黄 (2.5Y7/3)
衡 5	山地草甸土,观日台附近 1266 m Mountain meadow soil	黑云母斜 长花岗岩 残积物	草本植物 生长良好	A 0—20 C 20—60	接近暗灰 (5Y4/1) 接近白 (5Y8/1)

* 按卡庆斯基法分类。

二、试验方法

1. 试样制备: 将通过 3 毫米筛孔的土壤,依次用 30% 双氧水去除有机质,以柠檬酸钠-重碳酸氢钠-连二亚硫酸钠法去除游离氧化铁,再加少量 0.5 N NaOH 研磨,高速搅拌分散,按沉降法提取小于 2 微米的粘粒。部分粘粒制成氢质,供化学分析。部分以镁离子饱和,作差热分析和 X 射线衍射。

2. 化学分析: 粘粒全量分析按常规方法进行^[3],阳离子交换量用 EDTA-铵盐快速法测定。

3. X 射线分析: 将镁饱和粘粒用甘油处理制成定向薄片(缩略符号 Mg-G),在民主德国 TURM 62 型 X 射线衍射仪上进行。采用 CoK α 辐射,管压 30 kV,电流 8—10 mA。测角仪转速每分钟 1°(θ)。为了鉴别 14 Å 峰为何种矿物,还制成钾饱和粘粒薄片,在 25°C 和 300°C 加热 2 小时(缩略符号分别为 K. 25°C 和 K. 300°C),再进行衍射^[4]。

4. 差热分析: 将镁饱和粘粒放在贮有硝酸钙饱和溶液的干燥器中,使达到湿度平衡,称取 0.25 克,以煅烧过的氧化铝作中性体,在丹东 CFS-II 型自动差热分析仪上分析,加热速度每分钟 10°C。

5. 电子显微镜鉴定: 将镁饱和粘粒稀释,经超声波分散后制成样品,在荷兰 Philips EM-400 型透射电镜下观察,加速电压为 80 kV。

三、分析结果

(一) 红壤

红壤主要分布在海拔 600 米以下的地段。衡 1 剖面采自南岳镇附近的丘陵,海拔高

情况及基本性质

erties of soil profiles

土壤结构 Soil structure	pH		各级土粒含量(%) Particle composition					质地名称*
	H ₂ O	KCl	>0.1 mm	0.1—0.01 mm	0.01— 0.002mm	<0.002 mm	<0.01 mm	
具团粒结构	5.14	3.88	54.3	22.3	7.3	15.8	23.1	轻壤土
核状	5.29	4.04	38.8	21.9	10.9	28.3	39.2	中壤土
碎屑状	5.53	4.23	50.0	29.0	9.2	11.4	20.6	轻壤土
具团粒结构	5.48	3.90	35.3	29.3	10.6	23.6	34.2	中壤土
核状	5.72	3.90	30.4	18.4	8.2	42.7	50.9	重壤土
碎屑状	5.98	3.94	46.6	29.6	6.0	17.1	23.1	轻壤土
团粒结构较好	5.52	4.00	28.9	19.5	10.5	29.2	39.7	中壤土
核状	5.18	4.10	36.3	17.0	11.8	31.9	43.7	中壤土
碎屑状	5.21	4.09	50.3	21.8	6.9	16.7	23.6	轻壤土
团粒结构很好	5.22	4.16	36.6	16.4	9.3	25.5	34.8	中壤土
核状	5.17	4.30	27.1	20.4	12.1	30.2	42.3	中壤土
碎屑状	5.42	4.10	57.7	13.3	5.2	23.9	29.1	轻壤土
团粒结构很好	6.23	4.89	38.8	19.3	8.9	23.2	32.1	中壤土
碎屑状	5.42	3.97	61.7	14.6	5.2	16.6	21.8	轻壤土

150 米。此地气温较高,雨量也不少,红壤化过程较为强烈,故剖面呈现典型红壤特征。这一带由于植被破坏,土壤受到严重侵蚀,土层较薄,表土粘粒流失也不少(表 1)。从差热曲线(图 1)看出,衡 1 各层的粘粒均以高岭石为主,580℃ 的大吸热谷和 950℃ 的放热峰为其特征。从甘油定向薄片(图 2 a)的 X 射线衍射图谱看,整个剖面均以高岭石(7.2 Å, 3.55 Å 峰)占绝对优势,少量矿物有水云母(10.0 Å, 5.01 Å, 3.33 Å)石英(4.24 Å, 3.33 Å)和三水铝石(4.83 Å)。从钾饱和时可看到弱的 14.2 Å 峰,其强度由上往下减弱。在 300℃ 加热 2 小时后,14.2 Å 峰几乎全部消失,而 10.0 Å 峰却大大加强,可见有蛭石存在(图 2b,c)。从电子显微镜中可看出, B 层就有管状埃洛石,但 C 层更多。此外还可看到六方板状的高岭石(图版 I, 照片 1-1)。

衡 2 剖面采自海拔 300 米处,从差热曲线(图 1)可看出,整个剖面的粘粒组成仍以高岭石为主。110℃ 的吸热谷较明显,说明它的埃洛石含量较衡 1 多

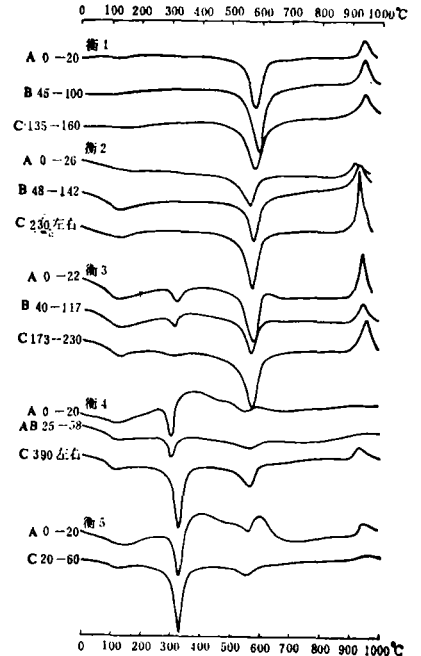


图 1 衡山土壤粘粒的差热曲线
Fig. 1 Differential thermal curves of the clay fraction of the soils on Hengshan Mt.

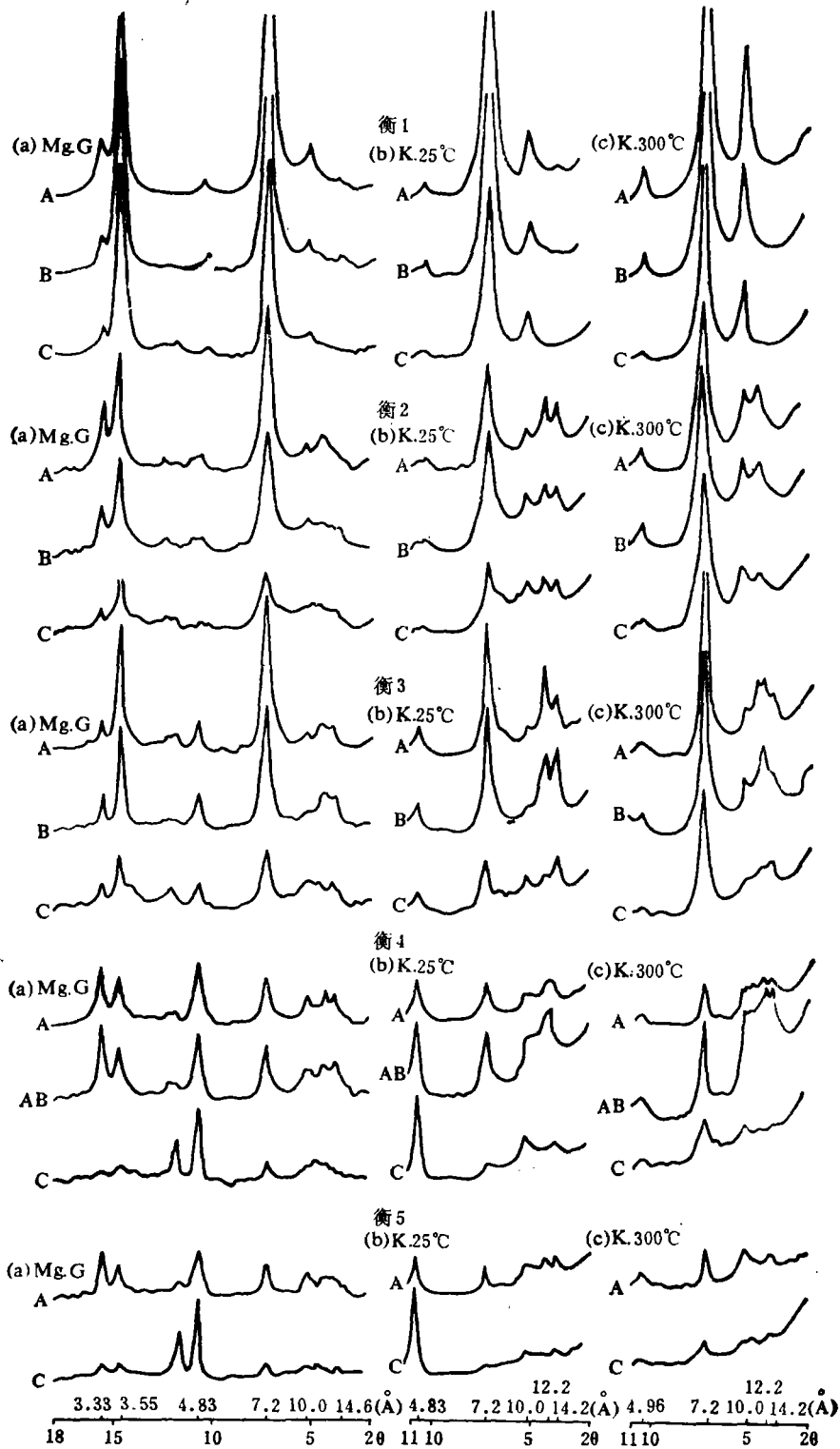


图2 衡山土壤粘粒的X射线衍射谱

Fig. 2 X-ray diffraction patterns of the clay fraction of the soils on Hengshan Mt.

些。图 2a 的衍射谱表明,高岭石在各层仍占优势。少量矿物有水云母、石英和三水铝石。图 2 b, c 可见水黑云母 (12.2 Å 峰) 和 14 Å 过渡矿物, 它们的强度都由上往下减弱。在电子显微镜下整个剖面均可看到埃洛石。

(二) 山地黄壤

在海拔 600—1200 米左右的地段, 气温较低, 雨量、雾日和湿度均增加, 土壤向黄壤方向发展。衡 3 剖面采自 750 米处, 从图 1 差热曲线可看出, 整个剖面的粘粒组成, 都以高岭石为主, 并伴有埃洛石和少量三水铝石 (315°C 吸热谷)。从 X 射线衍射谱 (图 2a, b, c) 可以看到, 高岭石仍占很大优势。少量矿物有三水铝石、水云母、石英、水黑云母和 14 Å 过渡矿物。电子显微镜下整个剖面均有埃洛石, 尤以 B 层为多。

衡 4 剖面采自海拔 950 米处, 相当于刘博学所指的 **山地黄棕壤** 范围。与衡 3 剖面粘粒相比, 其所含三水铝石更多 (图版 I, 照片 1-4), 且越往下层越多。高岭石已显著减少, 而水云母则明显增加 (图版 I, 照片 1-3)。少量矿物有石英、水黑云母和绿泥石等 (图 2a, b, c)。电子显微镜下整个剖面都有埃洛石, 也可看出三水铝石和水云母。A 层的阳离子交换量较大, 看来与粘粒有机质未能除尽和水云母含量较高有关, 该层 K_2O 为 2.47%。C 层三水铝石很多, 硅铝率降到 0.84 (表 2)。

(三) 山地草甸土

这类土壤主要分布在衡山顶, 面积不大。这里气温最低, 冬有冰雪, 雨雾更多, 湿度和常风都大。衡 5 剖面采自观日台附近。从图 1 的差热曲线可看出, 整个剖面三水铝石更多, C 层尤甚。X 射线衍射谱 (图 2 a, b, c) 与衡 4 剖面相似。电子显微镜下整个剖面均有埃洛石, 但以 C 层为多 (图版 I, 照片 1-2)。A 层阳离子交换量较大和 C 层硅铝率很低的原因同衡 4。

由上述情况可知, 衡山土壤的垂直分布, 在发育程度、剖面形态和粘粒矿物组成上均有其特点。就总的趋势来讲, 从山脚到山顶, 表层有机质含量和团粒结构体都由少变多, 剖面主要颜色由红转黄、黄棕到灰白。粘粒含量和粘粒中的游离铁由高变低, 高岭石的含量由多变少, 而三水铝石则由少变多。在一定海拔高度上高岭石和三水铝石这种变化趋势与南方其他山地土壤类似^[1]。各剖面均有埃洛石, 但以 B, C 层为多。其他风化阶段较低的次要矿物如水云母、水黑云母、14 Å 过渡矿物和绿泥石等, 也是山的上部较多。

四、问题讨论

通过以上分析, 对衡山土壤的几个问题讨论如下:

(一) 衡山是否存在山地黄棕壤

对这个问题刘博学主要从生物气候条件出发, 认为衡山上部存在 **山地黄棕壤**, 并将该山土壤从下到上分为红壤、山地红壤、山地黄壤、**山地黄棕壤** 和山地草甸土。高冠民等根据土壤盐基高度不饱和和 pH 值低, 则否认 **山地黄棕壤** 存在, 而将该山土壤划为山地红壤、山地黄壤和山地草甸土。最近厉仁安等^[2] 通过浙江凤阳山的考察, 从土壤颗粒组成、酸度、腐殖质、粘粒矿物及其化学组成等方面分析, 认为浙南山地不存在 **山地黄棕壤** 和山地草甸土。从我们的分析结果来看, 衡 4 剖面以高岭石和三水铝石为主, 并有一定数量的水

表 2 土壤粘粒 ($<2\mu$) 的化学组成
Table 2 Chemical composition of the clay fraction of the soils

剖面号 Profile no.	土壤名称和 海拔高度 Soil name and altitude	发生层和深度 (cm) Horizon and depth	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ [*] (A)	TiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	SiO ₂ / Al ₂ O ₃	阳离子 交换量 (meq/100 g) C. E. C	游离氧 化铁* Free Fe ₂ O ₃ (B)	B A
剖面 1	红壤 150m	A 0-20	45.72	33.57	6.69	0.23	0.035	1.58	2.30	15.53	4.19	62.63
		B 45-100	46.28	35.25	6.58	0.20	0.026	1.21	2.20	15.64	4.45	67.53
		C 135-160	45.17	36.61	5.19	0.27	0.040	0.75	2.08	12.00	3.13	60.31
剖面 2	红壤 300m	A 0-26	50.00	26.36	11.95	0.54	0.038	2.09	3.19	22.10	5.51	46.11
		B 48-142	48.94	35.77	7.31	0.43	0.040	1.36	2.31	23.02	3.46	47.33
		C 230 左右	45.59	36.27	7.40	0.33	0.062	0.99	2.11	21.72	3.46	46.76
剖面 3	山地黄壤 750m	A 0-22	42.95	39.67	6.82	0.34	0.054	1.45	1.82	21.72	2.80	41.06
		B 40-117	44.10	36.69	8.06	0.42	0.057	1.60	2.03	23.24	3.11	38.59
		C 173-230	44.77	36.92	6.04	0.25	0.077	1.02	2.08	19.98	3.83	63.41
剖面 4	山地黄壤 950m	A 0-20	39.97	33.17	6.67	0.38	0.190	2.47	2.09	29.43	2.52	37.78
		AB 20-58	42.30	32.17	8.01	0.41	0.170	2.82	2.18	25.64	3.39	42.32
		C 396 左右	24.50	50.40	2.89	0.32	0.260	0.63	0.84	17.71	1.34	46.37
剖面 5	山地草甸土 1266m	A 0-20	37.43	37.18	6.56	0.34	0.300	2.34	1.72	30.41	2.70	41.16
		C 20-60	21.02	51.64	2.36	0.12	0.180	0.87	0.69	16.73	1.37	58.05

* 用邻菲罗啉比色法测定。

云母,这不仅与以水云母和蛭石为主表层常有蒙脱石的川贵山地黄棕壤^[6]有显著不同,就是与以水云母、蛭石和高岭石为特征的地带性黄棕壤^[7]也有很大区别。如果将它与普遍含有较多三水铝石的山地黄壤比较,彼此就更为接近。据此可以认为衡山不存在山地黄棕壤。这样看来衡山土壤的垂直分布,以划分为红壤、山地黄壤和山地草甸土为宜。

由此可知,对一定地区来说地带性土壤的水平分布规律,并不能完全出现在山地土壤的垂直分布中,因它们的气候因素变化并不一致。前者越往北气温就越低、雨量也减少。后者随着海拔升高,气温虽也降低,但雨量和湿度反而增加。气候条件不一,生物化学风化和成土作用当然有异,故二者不能完全一致。

(二) 三水铝石的形成

三水铝石在山地黄壤中普遍存在,已有文献总结^[6,7],但它在山地草甸土中大量出现,在我国还未见报道,其中原因有待研究。土壤中三水铝石的形成,可概括为两种方式,即由原生铝硅酸盐矿物逐步风化和直接风化形成^[6,8,12]。

在强烈的风化过程中,原生铝硅酸盐矿物经过脱盐基和脱硅作用,逐步形成高岭石,而后再脱硅形成三水铝石,结果使硅铝率不断降低。这种方式形成的三水铝石见于砖红壤和砖红壤性土中。因此人们就把三水铝石的出现,作为土壤富铝化程度较高的标志。

近 20 多年来发现,在温暖潮湿气候的始成土中,也有不少三水铝石存在。经过研究,这些三水铝石是斜长石初期的风化产物。在适宜的温度和降水条件下,只要母质比较疏松,有利于淋溶作用的进行,溶液中硅酸的浓度又很低,同时有机酸的络合作用不盛,就有可能由斜长石直接分解产生三水铝石^[6,12-14]。

衡山顶部年平均气温 11.4℃,雨量 2091 毫米,且分布均匀,相对湿度达 85%,雾日 254 天,又多霜雪,年蒸发量远小于降水量^[1],成土母质为黑云母、斜长花岗岩,土壤质地多在轻壤到中壤间, pH5.0—6.0,这些条件显然有利于斜长石直接风化形成三水铝石。至于三水铝石含量随剖面深度增加的现象,可能是有机酸的络合作用将铝带至下层,在有机载体矿化,就使三水铝石得以形成^[9,12-14]。

(三) 关于粘粒的硅铝率

从表 2 看出,山地草甸土和山地黄壤(衡 4,特别是 C 层)粘粒的硅铝率很小,如果根据三水铝石产生的第一种方式衡量,这两种土壤的成土过程是很强的,但实际情况对此作了否定。这主要是粘粒中存在大量三水铝石所致。而这些三水铝石则是斜长石的直接风化产物。在这种情况下出现的高度富铝化现象,显然与红壤化过程的富铝化作用有所不同。前者反映了特定条件下斜长石的分解方式,后者反映了红壤的强烈富铝化作用。因此同一数值的硅铝率却可以反映完全不同的发生学意义,故对它的使用,必须考虑土壤的具体形成条件和成土过程^[10]。

参 考 文 献

- [1] 高冠民等,1965: 衡山之土壤。土壤通报,第 1 期,35—38 页。
- [2] 地图出版社编辑部,1957: 中华人民共和国地图集。地图出版社。
- [3] 中国科学院南京土壤研究所,1978: 土壤理化分析。上海科学技术出版社。

1) 气象资料引自刘博学“衡山之土壤”。

- [4] 杨德涌, 1980: 土壤中 2:1—2:2 过渡矿物的鉴定。土壤, 第 2 期, 71—74 页。
- [5] 厉仁安等, 1985: 浙江南部的山地土壤。土壤通报, 第 2 期, 54—57 页。
- [6] 李庆远主编, 1983: 中国红壤。64, 67 页, 科学出版社。
- [7] 中国科学院南京土壤研究所主编, 1978: 中国土壤。516, 523 页, 科学出版社。
- [8] 熊毅, 1952: 由更新统沉积物的胶体矿物分析试论第四纪气候。地质学报, 414—421 页。
- [9] 许冀泉, 1983: 土壤矿物。土壤, 第 2 期, 76—80 页。
- [10] 黄瑞采编著, 1958: 土壤学。334 页, 科技卫生出版社。
- [11] Xu Ji-Quan, 1983: Distribution of clay minerals in the soils of China. Soil Sci. 135: 18—25.
- [12] Macias, V. F., 1981: Formation of gibbsite in soils and saprolites of temperate-humid zones. Clay Minerals, 16: 43—52.
- [13] Bonneau M. and Souchier B., 1982: Constituents and Properties of Soil. pp. 30—31, Academic Press. London Etc.
- [14] Wilke, B. M. and Schwertmann, U., 1977: Gibbsite and halloysite decomposition in strongly acid podzolic soil developed from granitic saprolite of the bayerischer wald. Geoderma. 19: 51—61.

CLAY MINERALS OF THE SOILS ON HENGSHAN MT.

Zeng Weiqi and Yin Xikuan

(*South China Agricultural University*)

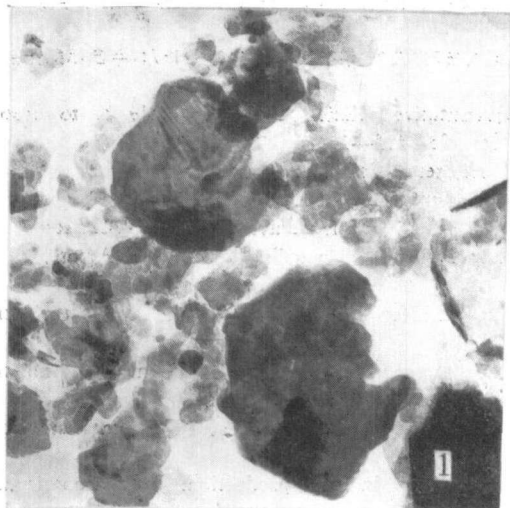
Summary

The genetic process of the soils on Hengshan Mt. in Hunan province are getting stronger with the increase of the altitude, and the vertical sequence of the soils from the mountain foot to the summit is in the order of red earth, mountain yellow earth and mountain meadow soil. This regularity is well reflected in the constituents of the clay minerals of the soils.

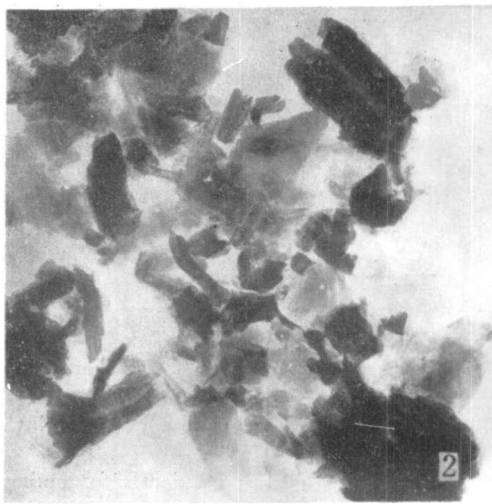
It was found that the quantity of kaolinite decreased and that of gibbsite increased with the increase of the altitude. However, halloysite existed in almost all the soils, especially in layer B and C horizons. The weak-weathered clay minerals such as hydromica, hydrobiotite, and chlorite mainly exist in the soils on upper part of the mountain.

Judging by the characteristics of the composition of clay minerals, there are only mountain yellow earth and mountain meadow soil but no mountain yellow-brown earth on the upper part of the mountain.

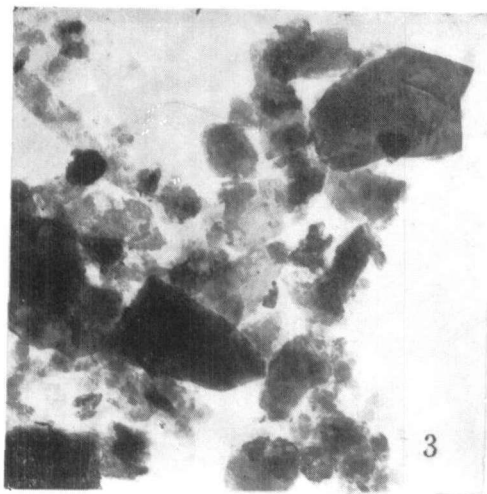
High content of gibbsite in the soils on the upper part of the mountain results in the low silica-alumina ratio of the clay minerals. It is considered that the gibbsite is probably the directly weathered products of plagioclase. Obviously, the allitization occurred in the soils is different from that of the tropical soils in pedogenesis.



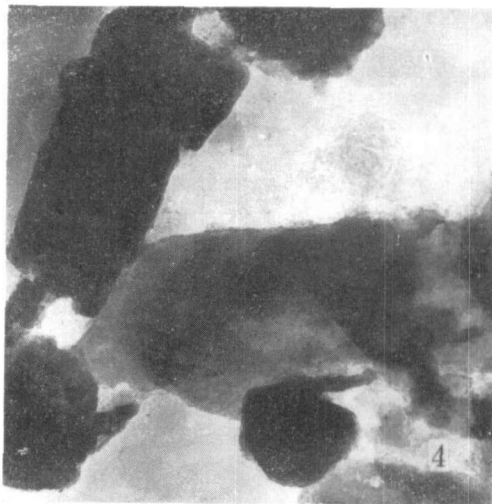
衡 1 A 高岭石 (K)×18000



衡 5 C 埃洛石 (Ha)×23000



衡 4 A 水云母 (H)×18000



衡 4 AB 三水铝石 (Gb)×83500

照片 I 衡山土壤粘粒的电子显微镜照片

Plate 1 Electron micrographs of the clay fraction of the soils on Hengshan Mt.