

鄂湘两省山地土壤粘粒矿物的研究*

III. 神农架自然保护区北坡土壤的 粘粒矿物与表面化学特性

刘 凡 徐凤琳 李学垣

(华中农业大学土化系, 武汉 430070)

摘 要

本文研究结果表明: (1) 神农架垂直带土壤矿物的风化脱硅作用较弱, 粘土矿物以 2 : 1 型矿物为主, 1 : 1 型高岭含量很少。 (2) 随海拔升高, 矿物的淋溶脱钾和层间羟基铝化作用增强, 低海拔土壤的 2 : 1 型矿物以水云母为主, 高海拔土壤以 1.4nm 矿物为主, 其中 1.4nm 过渡矿物相对增多。 (3) 土壤的络合态铁、铝和非晶形铁, 铝含量随海拔升高明显增大。 (4) 土壤的可变电荷量, 阴离子交换量, 交换性酸和铝饱和度等均随海拔升高而提高, 非晶形铁, 铝对土壤表面化学特性的影响增大。 根据土壤粘粒矿物的固相组成和该区的生物气候条件, 分析了神农架山地土壤粘粒矿物的风化与成土作用特点。

关键词 粘土矿物, 铁、铝氧化物, 山地土壤, 表面化学特性

神农架位于北纬 31° 15'—31° 57', 东经 109° 56'—110° 58', 是华中地区面积最大的

表 1 供试土样采样点气候、母岩与植被*

Table 1 Climates, Parent materials and vegetations of the soils tested

样号 No.	土壤 Soil type	母岩 Parent material	采样地点 Sampling site	海拔高度 Altitude (m)	年均温 Mean tem- perature (°C)	年降雨 Annual rainfall (mm)	干燥度 Aridity (°C / mm)	植被 Vegetation
S1	黄棕壤	砂页岩	阳日湾	500	15	1200	0.62	栓皮栎、毛板栗、油桐
S2	山地黄棕壤	页岩	松香坪	960	15			栓皮栎、杜鹃、胡枝子等
S3	山地黄棕壤	页岩	九鹿池	1390	9	1180	0.24	青冈栎、板栗、核桃
S4	山地棕壤	页岩	打劫岭	1910	9—6	1180—2200	0.24—0.21	锐齿栎、漆树等
S5	山地暗棕壤	砂页岩	长岩屋	2400	5—0	2200—2600	0.21	冷杉、红桦、蕨类等
S6	山地棕色 针叶林土	辉绿岩	神农顶	3050	<0	>2600	0	冷杉、杜鹃、水葫芦等

* 年均温, 年降雨量和干燥度由神农架农业区划委员会提供。

表 2 供试土壤的一般性质*

Table 2 Selected properties of soil

样号 No.	深度 Depth (cm)	pH		有机质 Organic matter (g/kg)	阳离子 交换量 CEC (cmol(+) /kg)	交换性阳离子 Exchangeable cation (cmol(+)/kg)				盐基饱和度 (%) Base saturation	铝饱和度 Al: ECEC (%)			
		H ₂ O	KCl			ΔpH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺			Na ⁺	Al ³⁺	H ⁺
S1-1	0-22	5.60	3.86	1.72	8.31	3.86	2.49	0.14	0.13	0.14	0.20	79.66	2.0	
S1-2	22-53	5.62	3.90	1.72	11.82	4.45	2.81	0.20	0.16	0.05	0.05	68.04	0.6	
S1-3	53-78	5.70	4.26	1.44	10.36	4.20	2.49	0.28	0.06	0.03	0.05	67.86	0.4	
S1-4	78-117	5.69	3.65	2.04	13.47	5.15	3.73	0.20	0.19	0.14	0.11	68.82	1.5	
S2-1	0-20	5.97	3.67	2.30	19.37	8.10	6.35	0.47	0.30	0.18	0.25	78.58	1.2	
S2-2	20-59	5.39	3.64	1.75	18.44	4.23	4.28	0.46	0.37	0.81	0.45	50.65	7.6	
S2-3	59-160	5.43	3.82	1.61	17.45	3.88	4.28	0.42	0.33	1.31	0.16	51.06	12.6	
S3-1	0-22	6.74	5.10	1.64	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
S3-2	22-60	6.36	4.48	1.88	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
S3-3	60-94	6.39	4.44	1.95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
S4-1	0-26	5.92	4.83	1.09	16.33	4.45	1.23	1.10	0.18	0.10	0.05	42.62	1.4	
S4-2	26-40	5.58	4.28	1.30	12.02	2.97	0.70	0.33	0.40	0.37	0.48	36.61	7.0	
S4-3	40-116	5.52	4.12	1.40	12.74	2.41	0.79	0.16	0.17	0.65	0.40	27.71	14.2	
S5-1	5-24	5.12	3.98	1.14	27.09	5.48	1.73	0.40	0.04	1.02	0.23	28.23	11.5	
S5-2	24-48	4.70	3.80	0.90	22.14	1.36	0.37	0.30	0.24	4.08	0.22	10.25	62.1	
S5-3	48-78	5.00	4.06	0.94	17.58	1.12	0.25	0.24	0.21	3.47	0.32	10.35	61.9	
S5-4	78-118	5.22	4.26	0.96	13.81	1.08	0.21	0.20	0.20	1.05	0.26	12.24	35.0	
S6-1	5-16	4.60	3.47	1.13	38.63	3.52	0.92	0.45	0.13	9.66	1.85	13.00	58.4	
S6-2	16-35	5.04	4.12	0.92	44.70	1.66	0.29	0.31	0.26	5.41	0.28	5.64	65.9	
S6-3	35-58	5.14	4.27	0.87	43.33	1.40	0.25	0.23	0.20	3.41	0.14	4.80	60.6	

* pH, KCl 和有机质含量由成瑞春同志测定。

的原始林区,也是全国重点自然保护区。它在经度上处于我国东部平原丘陵向西部山区的过渡,纬度为北亚热带向暖温带过渡的交汇地带。该区地貌复杂,相对高差大,生物资源丰富,母质复杂多样,生物气候条件与土壤的垂直分异明显(表 1)。研究神农架自然保护区土壤的粘土矿物和粘粒氧化物组成、分布、演化及其土壤表面化学特性,可为华中地区山地,特别是长江三峡地区土壤资源的合理开发利用和山地土壤发生分类提供依据^[1,2]。

1 材料与方 法

1.1 供试土样

供试 6 个剖面 20 个土样采自神农架北坡自然保护区的不同海拔高度,其基本性状列于表 1、2。

1.2 测试方法

1.2.1 粘粒的分离与提取 将去掉粗有机物与石块的上样加双氧水脱去有机质,用 0.5mol/L NaOH 和超声波分散,沉降法分离出小于 2 μ m 的粘粒。分别制成钙胶和氢胶备用。

1.2.2 粘粒的 X 射线衍射分析 原胶经 DCB 脱铁处理后,分别制成镁饱和和甘油片和钾饱和片,钾片室温风干测试后,再分别经 300 $^{\circ}$ C 和 550 $^{\circ}$ C 加热两小时后测试。所有定向片均用 CuK α 辐射,管压 34kV,管流 18mA。

1.2.3 粘粒的红外光谱分析 将钙胶进行 KBr 压片,在 MODEL 260-10HITACHI 红外光谱仪上扫描。

1.2.4 粘粒的矿质全量分析 将氢胶经 Na₂CO₃ 熔融后,用重量法测硅,氟化钾取代 EDTA 容量法测铝。其他元素分别用原子吸收光谱法、火焰光度计法和比色法测定。

1.2.5 土壤和粘粒中不同形态的硅、铁、铝测定 焦磷酸钠法、Tamnis 法和 DCB 法分别溶提的铁、铝;DCB 处理后用 0.3mol/L 柠檬酸钠溶液煮沸提取的铝;0.5mol/L NaOH 煮沸 2.5 分钟溶提的硅、铝,分别用等离子体发射光谱法、试铁灵联合比色法、铝试剂及硅钼兰比色法测定。

1.2.6 土壤电荷 用 Mehlich 法测定。

1.2.7 土壤一般理化性质 均用常规法测定。

2 结果与分析

2.1 不同海拔土壤中层状粘土矿物的组合

从供试粘粒的 X 射线衍射图谱和对特征衍射峰积分强度的粗略定量中可以看出(图 1a—c,表 3):黄棕壤(S1)的粘土矿物组合以水云母为主,其次为 1.4nm 矿物(蛭石和 1.4nm 过渡矿物)和少量高岭。山地黄棕壤(S2 和 S3)的粘土矿物组合与黄棕壤的相似,但水云母和蛭石略有增多。山地棕壤(S4)、山地暗棕壤(S5)和山地棕色针叶林土以 1.4nm 矿物为主(主要是 1.4nm 过渡矿物和少量绿泥石、蛭石),其次为水云母和高岭。

上述结果表明,供试土壤的粘土矿物以 2:1 型层状矿物为主(水云母和 1.4nm 矿物含量占 85%以上),1:1 型高岭含量很少;黄棕壤、山地黄棕壤以水云母为主(含量在 50%以上),其次为 1.4nm 矿物(30%左右);山地棕壤、山地暗棕壤和山地棕色针叶林土

表 3 粘粒中三种主要矿物的含量(%)

Table 3 Contents of three major minerals in the clay fractions

样号 No	高岭* Kaolinite	水云母 Hydromica	1.4nm 矿物 1.4nm mineral	样号 No	高岭* Kaolinite	水云母 Hydromica	1.4nm 矿物 1.4nm mineral
S1-1	7.6	54.0	38.4	S4-1	13.4	25.4	61.2
S1-2	7.9	51.1	41.0	S4-2	13.4	25.6	61.0
S1-3	9.0	57.0	34.0	S4-3	13.2	33.6	53.2
S1-4	8.0	48.1	43.9				
S2-1	9.1	45.8	45.1	S5-1	12.3	28.5	59.2
S2-2	8.5	60.6	30.9	S5-2	13.0	29.5	57.5
S2-3	6.0	59.6	34.4	S5-3	15.6	30.0	54.4
				S5-4	14.1	37.4	48.5
S3-1	11.7	35.5	52.8	S6-1	11.1	31.5	57.4
S3-2	10.5	49.4	40.1	S6-2	12.7	24.0	63.3
S3-3	11.7	41.7	46.6	S6-3	13.7	22.5	63.8

* 按 X 射线衍射图计算, 峰面积 = 峰高 × 半高宽 × 比例系数。

1.4nm 矿物比例系数为 2; 水云母的比例系数为 4; 高岭的比例系数为 2。

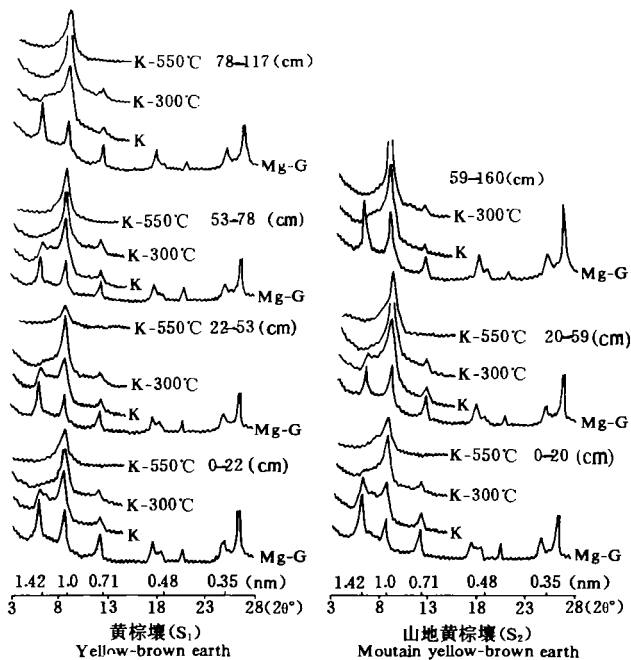


图 1a 粘粒 X 射线衍射图谱

Fig. 1a X-ray diffraction patterns of clay fractions

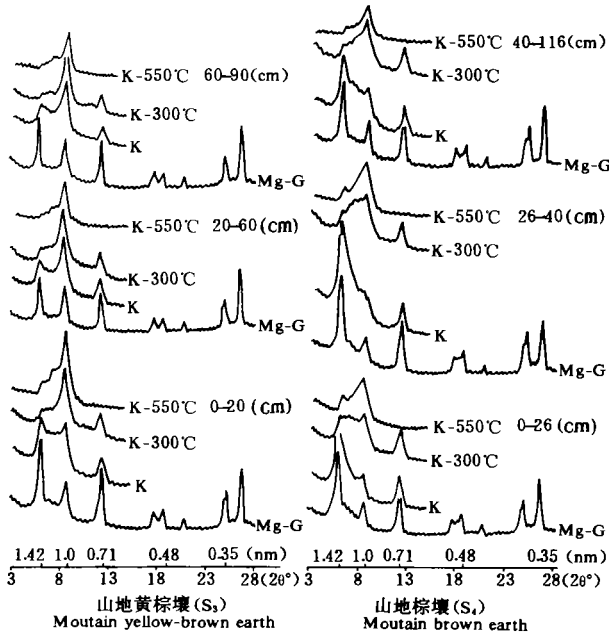


图 1b 粘粒 X 射线衍射图谱

Fig.1b X-ray diffraction patterns of clay fractions

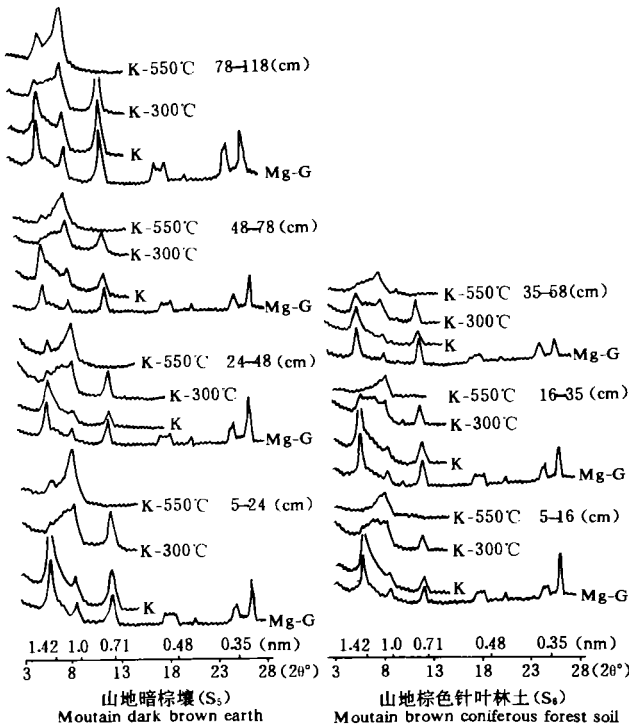


图 1c 粘粒 X 射线衍射图谱

Fig.1c X-ray diffraction patterns of clay fractions

中,以 1.4nm 矿物为主(含量超过 50%),其次为水云母(含量在 25—30%)。随海拔升高,水云母含量减少,1.4nm 矿物含量增多;对 1.4nm 矿物组成的变化,低海拔土壤中蛭石相对较多,1.4nm 过渡矿物较少,高海拔土壤中 1.4nm 过渡矿物增多,蛭石减少,并有少量绿泥石。

2.2 不同海拔土壤、粘粒的铁、铝、硅氧化物

2.2.1 土壤粘粒氧化铁 表 4 中的数据表明,从供试 S1 至 S6 号土,土壤络合态铁含量,粘粒的非晶形铁含量和铁的活化度均随海拔升高而增大,粘粒的晶胶比($(Fe_d - Fe_o) / Fe_o$)显著降低。低海拔土壤的氧化铁以晶质态为主,高海拔土壤中以非晶质态为主。不同海拔土壤粘粒的游离铁含量和铁的游离度差异不明显。

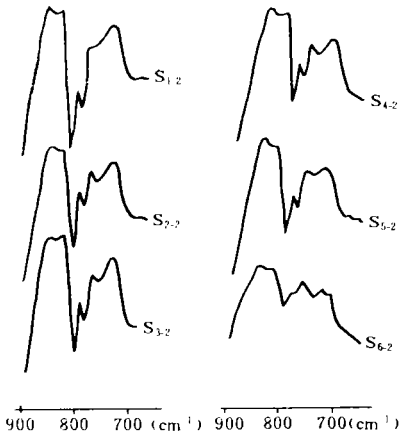


图 2 粘粒二氧化硅红外光谱

Fig.2 IR spectrum of the clay fractions

相对强度不一致。按 Н.И.Длюсниа и Н.Е.СерреВа(1981)提出的二氧化硅结

2.2.2 土壤粘粒氧化铝 供试 S1 至 S6 号土,

(1)土壤络合态铝由 0.4 增至 8.7g/kg,提高 21 倍。(2)非晶形铝随海拔升高而增大,Tamnis 溶提铝含量由 2.0 增至 35.3g/kg,DCB 溶提铝含量由 7.9 增至 54.4g/kg。柠檬酸钠从 DCB 处理后的粘粒中提取的铝量(主要是层间羟基铝)为山地棕壤最高,其次是山地棕色针叶林土,黄棕壤最低,这与它们所含 1.4nm 过渡矿物的多少相吻合。(3)粘粒 S1 至 S6 的热碱溶性铝含量从 19.7 增至 70.0g/kg,也随海拔升高而增加。

2.2.3 土壤粘粒氧化硅 从供试 S1 至 S6 号土,热碱溶性硅含量由 47.0 减少至 27.8g/kg,随海拔升高而降低。它们红外光谱(图 2)的 780—800cm⁻¹处为双吸收带,不同土壤粘粒氧化硅的此双吸收带

表 4 供试土壤粘粒中铁、铝、硅氧化物含量*(g/kg)

Table 4 Contents iron aluminum and silicon oxides in soils and clay fractions tested

样号 No.	粘 粒 Clay								土 壤 Soil					
	Fe _o	Fe _d	Al _o	Al _d	Al _a	Si _a	Al _c	Fe _o / Fe _d (%)	Fe _d / Fe _c (%)	(Fe _d -Fe _o) / Fe _o	Al _d / (Fe _d +Al _d)	Fe _p	Al _p	
S1-2	5.10	41.4	2.0	7.9	19.7	47.0	6.6	12	44.1	7.12	0.16	0.30	0.40	
S2-2	4.40	59.4	3.5	10.9	40.9	45.8	7.6	7	53.4	12.45	0.16	0.50	1.30	
S3-2	6.90	54.7	4.0	8.4	41.8	55.1	8.3	13	47.8	7.12	0.13	0.20	0.20	
S4-2	13.60	48.8	8.4	19.9	52.2	43.0	14.8	28	42.3	2.59	0.29	0.50	0.90	
S5-2	21.20	66.0	14.5	26.4	43.5	32.1	9.1	32	57.7	2.14	0.29	2.20	2.50	
S6-2	24.90	50.0	35.5	54.4	70.0	27.8	12.7	50	53.1	1.01	0.52	8.20	8.70	

* 表中硅以 SiO₂, 铝以 Al₂O₃, 铁以 Fe₂O₃ 计量, Fe_d, Al_d 为 DCB 法溶提铁、铝; Fe_o, Al_o 为 Tamnis 法溶提法铁、铝; Al_c 为柠檬酸钠溶提铝; Al_a, Si_a 为热碱溶性铝、硅; Fe_p, Al_p 为焦岭酸钠法溶提铁、铝。

晶度指数 $K_{uk}^{[8]}$ 计算, 其值为 2.49—8.00 (表 5)。山地暗棕壤与山地棕色针叶林土的粘粒二氧化硅属蛋白石-方英石-磷石英类, 其余为有序 α -方英石-玉髓类, 结晶程度随海拔升高而降低。

表 5 供试粘粒二氧化硅结晶度指数*

Table 5 SiO_2 crystalline index of the clay fractions

样号 No.	b_{780} (mm)	b_{min} (mm)	K_{uk}
S1-2	14.5	10.5	8.0
S2-2	8.4	6.5	6.56
S3-2	11.0	8.8	5.80
S4-2	8.2	6.5	6.01
S5-2	8.5	7.5	3.41
S6-2	3.5	3.2	2.49

* $K_{uk} = 10Q \frac{b_{780} - b_{min}^{[8]}}{b_{780}}$, 其中 $Q = 2.9$, b_{750} 为 $780cm^{-1}$ 带深度, b_{min} 为 780 和 $800cm^{-1}$ 带透加区最小深度。

2.3 土壤粘粒的化学组成

2.3.1 供试土壤粘粒的硅铝率 S1 至 S6 号土粘粒的硅铝率分别为 3.35, 3.16, 3.01, 3.13, 3.11 和 2.77 (表 6); 硅铁铝率分别为 2.69, 2.47, 2.34, 2.36, 2.33 和 2.15。它们随海拔升高呈下降趋势, 但变幅不大, 这与供试土壤粘粒中矿物以 2:1 型矿物为主, 高岭类矿物含量少且高海拔土壤中非晶形铝增多是一致的。

2.3.2 土壤粘粒氧化钾、氧化钙含量 土壤粘粒氧化钾含量与其水云母含量密切相关。供试 S1 至 S6 号土粘粒的氧化钾含量以 36.4 减少为 18.1g/kg, 随海拔升高而降低。与其 X 射线衍射谱上, 水云母 1.0nm 峰的大小较为一致。氧化钙含量除辉绿岩发育的山地棕色针叶林土为 7.8g/kg 外, 一般含量都较低。

2.4 土壤与粘粒的表面性质

2.4.1 粘粒经不同处理后的阳离子交换量 由表 7 可见, DCB 处理后, 粘粒 S1, S2 和 S3 的 CEC 比 S4 和 S6 的要高 4—9cmol/kg, 这与 S1, S2 和 S3 的 1.4nm 矿物中蛭石相对较多, S4 和 S6 中以 1.4nm 过渡矿物为主相符。S1 至 S6 粘粒经 0.3mol/L 柠檬酸钠处理后的 CEC 较处理前的 CEC, 分别增大 1.44, 2.55, 2.19, 14.24 和 10.68cmol/kg。其增量与相应的柠檬酸钠提取铝量 (Al_c) 呈极显著正相关 ($r = 0.99$ $n = 5$, $p < 0.01$), 这说明供试土壤粘粒中 1.4nm 过渡矿物含量越多, 粘粒经柠檬酸钠处理后的 CEC 增量越大。

2.4.2 土壤永久电荷 (CEC_p) 和可变电荷 (CEC_v) 土壤永久电荷主要来自 2:1 型层状粘土矿物的同晶置换, 蛭石和水云母主要带永久电荷, 1.4nm 过渡矿物因层间有羟基铝而具有可变电荷, 并使其永久电荷量降低。表 7 的数据表明, 山地黄棕壤的 CEC_p 最大, 其次是黄棕壤, 随海拔升高, 土壤的 CEC_p 则随蛭石含量的减少和 1.4nm 过渡矿物含量的增多而相应变小, 山地棕壤含 1.4nm 过渡矿物最多, 其 CEC_p 最低。

表6 供试土壤粘粒的化学组成(g/kg)

Table 6 The chemical composition of the clay fractions in soils tested

样号 No.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	烧失量		
											Ingored losses	SiO ₂ Al ₂ O ₃	SiO ₂ R ₂ O ₃
S1-1	506.2	234.8	93.8	9.4	1.3	23.1	36.2	2.8	0.7	1.5	84.5	3.66	2.92
S1-2	477.4	242.2	93.3	9.2	0.8	22.3	36.4	3.6	0.6	1.4	86.4	3.35	2.69
S1-3	483.7	246.6	103.6	9.3	1.5	23.1	36.6	2.9	1.5	1.4	84.0	3.33	2.63
S1-4	483.0	241.9	108.4	9.3	2.6	23.6	34.4	2.6	1.7	1.0	84.9	3.39	2.64
S2-1	506.8	237.1	91.8	8.9	1.5	23.0	35.2	2.9	0.7	1.5	86.8	3.63	2.91
S2-2	465.5	248.7	111.2	8.7	1.2	24.8	35.5	2.6	1.5	1.1	87.3	3.16	2.47
S2-3	467.0	250.1	115.1	6.4	1.5	22.8	36.6	2.0	1.7	1.5	89.2	3.17	2.45
S3-1	455.6	242.0	108.3	12.5	4.8	29.6	33.4	4.6	2.7	2.2	100.6	3.20	2.49
S3-2	432.1	243.9	114.4	11.7	3.9	29.4	34.1	4.6	3.0	2.4	100.8	3.01	2.34
S3-3	474.2	232.0	108.0	10.8	2.7	29.6	34.8	4.8	2.6	2.6	91.4	3.47	2.68
S4-1	455.5	237.3	94.0	11.2	5.1	25.9	29.7	7.9	0.7	2.1	127.3	3.26	2.61
S4-2	414.4	224.6	115.4	10.1	1.7	28.1	26.4	3.2	2.8	1.7	142.5	3.13	2.36
S4-3	454.2	247.1	100.5	11.4	4.8	27.5	31.1	4.8	2.0	2.1	112.3	3.12	2.48
S5-1	425.5	202.2	108.3	12.2	4.8	32.8	34.0	4.5	0.5	3.8	169.3	3.57	2.67
S5-2	398.4	217.4	114.9	10.1	3.5	21.8	20.6	3.2	1.3	4.9	167.6	3.11	2.33
S5-3	411.0	234.9	114.7	11.4	4.8	23.2	28.4	7.2	1.5	4.7	156.3	2.97	2.27
S5-4	412.6	243.6	112.3	11.0	3.7	25.9	32.4	8.8	1.1	4.9	143.1	2.87	2.23
S6-1	442.3	196.2	74.8	12.0	6.6	18.2	26.0	7.8	0.1	2.6	211.6	3.83	3.08
S6-2	341.7	209.0	94.1	9.3	7.8	23.1	18.1	4.3	0.5	3.5	264.3	2.77	2.15
S6-3	334.0	219.7	95.2	9.3	11.0	26.4	18.6	10.2	0.8	3.8	269.5	2.58	3.03

表7 供试土壤的电荷特性与两种不同处理粘粒的 CEC(cmol/kg)

Table 7 Charge properties of soils and the CEC of clay fractions by two different treatments

样号 No.	DCB 法处理粘粒*	柠檬酸钠处理粘粒*	B-A		土壤		
	Clay treated by DCB CEC(A)	Clay treated by citrate CEC (B)	B-A	A	AEC	CEC _v	CEC _p
				(%)			
S1-2	28.10	29.54	1.44	5.12	2.94	3.04	8.70
S2-2	33.62	36.17	2.55	7.58	6.93	3.08	11.02
S3-2	29.76	31.95	2.19	7.35	5.93	2.39	8.90
S4-2	25.61	39.90	14.29	55.81	12.51	8.29	4.78
S5-2	—	—	—	—	19.27	12.20	6.59
S6-2	24.02	34.70	10.68	44.44	34.40	—	—

* 以 DCB 法处理的粘粒为基准计量。

土壤可变电荷起源于土壤胶体表面活性基因对离子的吸附与解离,其多少与土壤有机质,非晶形铁、铝等的含量密切相关。黄棕壤,山地黄棕壤的有机质,非晶形铁、铝含量低,其 CEC_v 最小;山地棕壤的有机质含量虽然与它们的相近,但非晶形铁、铝含量明显比它们的高,加之 1.4nm 过渡矿物含量较多,所以后者的 CEC_v 比前两者的高得多。山地暗棕壤的有机质、非晶形铁、铝含量更高,其 CEC_v 明显地更高。

作为吸附阴离子的主要载体,土壤中不同形态的铁、铝氧化物,其阴离子吸附量不同。而土壤阴离子交换量的大小,表征着土壤所带正电荷量的多少和对阴离子吸附容量的大小。由 S1 至 S6 号土的 AEC 与其土壤的非晶形铁、铝含量均随海拔升高而显著增大,说明土壤中非晶形铁、铝含量的多少,在决定山地土壤阴离子交换量大小方面有显著的作用。

2.4.3 土壤交换性阳离子组成,交换性酸和 ΔpH 值 由表 2 可以看出,从 S1 至 S6 号土壤的盐基饱和度从 68% 降至 10% 以下,土壤交换性酸总量却以 0.1 增至 5.69 cmol/kg,其中主要是交换性铝含量的增多。高海拔处土壤的交换性铝占交换性酸总量 90% 以上,占交换性阳离子组成的 60% 以上。土壤 ΔpH ($pH_{H_2O} - pH_{KCl}$) 值可以反映土壤胶体表面所带静电荷特性,正值表明带负电荷,反之为正电荷。 ΔpH 值越大,说明所带正负电荷量的差异越明显。S1 至 S6 号土壤的 ΔpH 值依次为 1.72, 1.75, 1.88, 1.30, 0.90 和 0.92, 这从另一个侧面说明,随海拔升高,土壤永久电荷量减少和可变电荷量增多,胶体的可变正电荷量增大,与其土壤中 2:1 型矿物组成的变化,非晶形铁、铝和有机质含量增多是一致的。

3 问题讨论

3.1 神农架北坡不同海拔土壤粘土矿物的风化与演化特点

神农架北坡不同海拔土壤粘土矿物的风化与演化特点表现为以下两方面:(1)不同海拔土壤的粘土矿物均以 2:1 型为主,1:1 型高岭含量很少,说明神农架北坡土壤中,2:1 型矿物脱硅转化为 1:1 型矿物的速率低于云母或水云母脱钾转化为蛭石和 1.4nm 过渡矿物的速率,其风化淋溶是处于以脱钾为主的脱钾和弱脱硅作用阶段。这与中亚热带以脱硅为主的脱钾和脱硅阶段的莽山土壤明显不同^[6],神农架垂直带土壤的风化作用相对较弱。(2)随海拔升高,土壤粘土矿物中的水云母含量降低,1.4nm 过渡矿物增多,表明该区土壤中 2:1 型矿物的淋溶脱钾和层间羟基铝化作用相应增强。

3.2 神农架山地土壤中粘粒铁、铝氧化物的形成特点及对表面性质的影响

土壤中的粘粒氧化物是硅酸盐矿物风化的产物,其含量和形态是成土条件与过程的反映。供试土壤粘粒的铁、铝氧化物总量在固相组成中所占的比例随海拔升高而提高。这与水平带土壤粘粒中的铁、铝氧化物含量从高纬度带向低纬度带的变化相似,但它们又有明显的区别:(1)该区高海拔处土壤粘粒的铁、铝氧化物是以非晶形氧化物为主,水平带黄棕壤,红壤和砖红壤粘粒的铁、铝氧化物是以晶质态为主。(2)前者伴生粘土矿物主要为 2:1 型矿物,后者的主要为 1:1 型矿物。(3)DCB 溶提铝量占 DCB 溶提铁、铝总量百分

数,前者增幅大,后者增幅小(表4)^[3,6]。神农架高海拔处土壤与低纬度水平带土壤的粘粒铁、铝氧化物在活性和形态方面的差异,反映了它们的形成条件和成土作用的不同。该区山地土壤是在森林覆被、冷湿环境、风化作用弱和淋溶作用强的条件下,在以富啡酸为主的酸性腐殖质^[4,7]对矿物的溶蚀破坏、螯合淋溶作用下形成的,粘粒中的铁、铝氧化物主要是非晶形的。而低纬度水平带的土壤是在高温多雨,干湿季节明显,风化淋溶作用强烈的条件下,矿物经顺序风化形成的,粘粒中的铁、铝氧化物主要是晶形的。

供试土壤粘粒的硅铝率随海拔升高趋于减小,表明该区山地土壤的粘粒中铝的含量相对增多。它既不同于高度风化的红壤、砖红壤,以1:1型矿物和晶形氧化铝为主所导致的铝的富集,也不同于温带、亚热带花岗岩母质发育的山地土壤,由三水铝石引起的铝的积累^[3,5,6]。该区高海拔处土壤中铝的增多主要是由于非晶形铝含量的增多,即森林植被下酸性腐殖酸对土壤矿物蚀变释放出的铝,一部分进入2:1型矿物层间形成1.4nm过渡矿物,大部分则因有机物的络合溶解、沉淀形成非晶形氧化铝。可见,本区山地土壤中粘粒的硅铝率与水平带土壤中粘粒的硅铝率,二者成因和含义不一样。

从本研究结果看:(1)该区土壤的可变电荷量随海拔升高而增大,这与供试土壤的有机质、粘粒非晶形铁、铝含量的相应变化一致。(2)反映土壤胶体带正电荷多少的土壤阴离子交换量随海拔升高而增大,也与其非晶形铁、铝含量的增加密切相关。(3)粘粒层状硅酸盐矿物的阳离子交换量变小是由1.4nm过渡矿物层间的羟基铝所致。(4)高海拔土壤的铝饱和度可超过60%,铝离子在交换性阳离子中占有很大比例,对土壤酸度有着明显的影响。而土壤中的非晶形铝,尤其是层状硅酸盐矿物的羟基铝与交换性铝离子处于动态平衡中。因此,神农架山地土壤粘粒氧化铁、铝的含量和形态在决定土壤的可变电荷量、阴离子吸附量、阳离子交换量等大小,交换性阳离子组成及其交换性酸等表面性质方面有着重要的作用。

参 考 文 献

1. 熊毅等编著,1983:土壤胶体(第一册),科学出版社。
2. 林业综合队,1962:湖北省神农架山脉的森林土壤,土壤通报,3期,15—27页。
3. 徐凤琳等,1990:鄂湘两省山地土壤粘土矿物的研究I。大别山南坡土壤中的粘土矿物,土壤学报,第27卷3期,293—300页。
4. 成瑞喜,1989:神农架土壤腐殖质的研究,华中农业大学学报,第8卷3期,273—277页。
5. 贺纪正等,1990:天宝山土壤的粘土矿物,华中农业大学学报,第10卷1期,45—51页。
6. 徐凤琳等,1992:鄂湘两省山地土壤粘土矿物的研究II,莽山北坡土壤中的粘土矿物,土壤学报,第29卷1期48—56页。
7. Kodama, H. and Schnitzer, M. 1977: Effect of fulvic acid on the crystallization of Fe(III) oxides. Geoderma, 19: 287—291.
8. Длюсниа, и.и., СергеЕв, Н. Е., 1981: Исследование Неупрядочегнности квада И халлепона Методами Нк-слектросклии И элекронной Мнкросколии, Вест. Моск. Ун-Га., Сер. Геол., 1, 37—43.

STUDIES ON CLAY MINERALS OF MOUNTAIN SOILS IN HUBEI AND HUNAN PROVINCES

III. CLAY MINERALS AND SURFACE CHEMICAL CHARACTERISTICS OF SOILS ON NORTH SLOPE OF SHENNONGJIA NATURAL CONSERVATION AREA

Liu Fan, Xu Fenglin and Li Xueyuan

(Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070)

Summary

In the five types of soils on the north slope of the Shennongjia Natural Conservation area, 2 : 1 type clay mineral was predominant, and there were few kaolinites. There existed a weak desilicification in the soils. For the yellow-brown soil and mountain yellow-brown soil, the main clay mineral was hydromica, and there was a certain amount of vermiculite, as well as a few 1.4nm intergrade minerals and kaolinites. In the mountain brown soil, mountain dark brown soil and mountain brown coniferous forest soil, 1.4nm minerals (being mostly 1.4nm intergrade mineral) were the major clay minerals, and there were certain amounts of hydromica and chlorite and a few kaolinites or vermiculites. For soils examined, the higher the sampling site, the stronger the eluvial depotassification process of clay mineral in soil was. The contents of various noncrystalline iron, aluminum oxide, increased obviously with increasing altitude in the area. The enrichment of noncrystalline iron and aluminum in case of higher altitude, which could play a main role in influencing the surface properties of soils, resulted mainly from the leaching losses of base and silica under the conditions of low temperature, high moisture and the complex or chelation eluviation of organic acid.

Key words Clay minerals, Iron (aluminum) oxide, Mountain soil, Surface Characteristics