

鄂、湘两省土地土壤粘粒矿物的研究

II. 莽山北坡土壤中的粘粒矿物*

徐凤琳 李学垣 黄巧云

(华中农业大学, 430070)

摘 要

对莽山北坡不同海拔高度的5个土壤剖面15个土样的粘粒矿物进行了X射线衍射分析和粘粒氧化物的化学选择溶提测试, 结果表明: (1)莽山土壤中粘粒矿物组合的垂直变化明显。海拔500m以下的红壤、黄红壤的粘土矿物以1:1型高岭为主, 粘粒氧化物中有较多的晶质氧化铁和热碱溶性氧化硅。海拔850m以上的黄壤、暗黄棕壤和山地灌丛草甸土的粘土矿物以2:1型的 14×10^{-10} m过渡矿物和水云母为主, 粘粒氧化物中有较多的无定形氧化铁、铝和三水铝石。(2)随海拔升高, 土壤粘粒的硅铝率、氧化铁的游离度变幅不大, 而氧化铁的活化度和各种氧化铝的富集明显提高。根据这些结果, 结合莽山土壤的风化成土的条件与过程, 讨论了莽山垂直带土壤中粘土矿物和氧化物的分布与演化过程的特点。

莽山位于北纬 $24^{\circ}54'$ — $25^{\circ}03'$, 东经 $112^{\circ}43'$ — $113^{\circ}20'$, 处于湘粤两省交界的南岭山地, 最高峰海拔1920m。成土母质为燕山期花岗岩, 植被系常绿阔叶林及针叶阔叶混交林¹⁾。气候、植被和土壤垂直分布明显²⁾(表1)。为了适应山区经济发展对山区土壤资源

表1 莽山土壤的自然条件

Table 1 The natural conditions of soils in the Mangshan Mountains

| 剖面号 Profile No. | 海拔 Altitude (m) | 土壤类型 Soil type | 采样地点 Location of sampling | 植 被 Vegetation | 年平均温度 (°C) Mean annual temperature | 年降雨量 (mm) Annual rainfall | 母质 Parent rock |
|-----------------------|-----------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|---|------------------------------------|----------------------|
| 1 | 270 | 红 壤 | 华堂黄旗岭 | 马尾松 杉木栎类 | 18.3 | 1392.8 | 燕山期花岗岩 |
| 2 | 480 | 黄红壤 | 东山坑 | | 16.9 | 1719.3 | |
| 3 | 850 | 黄 壤 | 火烧坳水坝 | 针阔混交林 | 14.8 | 1962.5 | |
| 4 | 1660 | 暗黄棕壤 | 一千七 | | 12.7 | 2158.3 | |
| 5 | 1820 | 山地灌丛草甸土 | 石坑崆 | 高山矮林草被 | 11.0 | 2553.2 | |

* 1. 高校博士点基金资助课题; 2. 土样采集得到湖南省土肥站、郴州地区土肥站和莽山林场的协助, 特此致谢。
1) 引自“宜章县土壤志”, 1983。

合理开发利用、综合治理和我国山地土壤发生分类的需要,本文研究讨论了莽山北坡垂直带谱土壤粘土矿物和粘粒氧化物的组合、分布及其演变转化过程的特点。

一、土样与测试方法

(一) 供试土样

供试的 5 个剖面 15 个土样,采自莽山不同的海拔处,其基本性状列于表 2。

表 2 土壤的一般性质

Table 2 The general properties of the soils

| 剖面号 Profile No. | 深度 Depth (cm) | pH | | | 有机质% Organic matter | 粘 粒 <0.002mm (%) | 盐基饱和度 Base saturation degree (%) | 粘粒 Clay | |
|-----------------------|---------------------|------------------|------|-------|---------------------------|------------------------|---|-------------------|--|
| | | H ₂ O | KCl | NaF | | | | K ₂ O% | SiO ₂ /Al ₂ O ₃ |
| 1 | 0—16 | 4.73 | 3.98 | 8.35 | 1.97 | 27.85 | 7.94 | 1.41 | 2.14 |
| | 16—42 | 5.02 | 3.96 | 8.50 | 0.97 | 34.53 | 2.43 | 1.09 | 2.07 |
| | 42—60 | 4.95 | 3.99 | 8.48 | 0.67 | 24.50 | 6.74 | 0.96 | 2.00 |
| 2 | 0—15 | 4.65 | 3.81 | 8.67 | 2.07 | 32.99 | 23.65 | 1.52 | 1.87 |
| | 15—52 | 5.01 | 3.99 | 8.90 | 0.87 | 33.11 | 26.68 | 1.37 | 1.84 |
| | 52—110 | 5.27 | 4.06 | 8.82 | 0.24 | 16.60 | 46.75 | 1.32 | 1.81 |
| 3 | 0—27 | 5.02 | 4.13 | 9.30 | 6.42 | 18.44 | 27.81 | 2.19 | 2.39 |
| | 27—77 | 5.30 | 4.35 | 10.13 | 1.42 | 18.82 | 24.51 | 2.01 | 1.93 |
| | 77—95 | 5.00 | 4.01 | 9.29 | 0.39 | 12.52 | 27.54 | 1.81 | 1.98 |
| 4 | 0—12 | 4.75 | 3.94 | 8.70 | 8.42 | 16.92 | 27.93 | 2.49 | 2.40 |
| | 12—30 | 4.95 | 4.02 | 9.50 | 3.21 | 21.41 | 13.52 | 2.45 | 2.08 |
| | 30—64 | 5.14 | 4.13 | 9.95 | 1.66 | 23.44 | 10.53 | 2.66 | 2.11 |
| | 64—90 | 5.16 | 4.13 | 10.05 | 1.25 | 10.17 | 14.48 | 2.82 | 1.97 |
| 5 | 0—25 | 4.88 | 4.01 | 8.43 | 8.51 | 16.78 | 36.46 | | |
| | 25—50 | 5.59 | 4.52 | 10.36 | 1.08 | 10.98 | 35.15 | 1.64 | 1.23 |

(二) 测试方法

1. 粘粒的分离与提取: 将去粗有机物与石块的土样,经蒸馏水浸泡后,用 0.5mol L^{-1} 调节至粘粒悬浮液(pH7—8)。再用超声波分散,沉降法分离出小于 2 微米的粘粒。一部分用 0.5mol L^{-1} CaCl₂ 絮凝,洗净制成钙胶,供粘粒矿物分析用;一部分用稀盐酸絮凝,洗净制成氢胶,供矿质全量分析用。

2. 粘粒氧化物的溶提测定: (1)无定形氧化铁、铝——Tamm 法溶提;(2)游离氧化铁、铝——DCB 法溶提;(3)羟基铝——DCB 溶液处理后,再用 0.3mol L^{-1} 柠檬酸钠溶液煮沸提取;(4)热碱溶性氧化硅—— 0.5mol L^{-1} NaOH 煮沸 2.5 分钟提取。

各种形态的氧化铁、铝均用试铁灵联合比色法测定;氧化硅用硅钼兰比色测定^[1]。

3. 粘粒的 X 射线衍射分析: 将 DCB 法脱铁后的粘粒,分别制成镁饱和和甘油扩展定向片与钾饱和和定向片,同时也将 DCB 处理后又经柠檬酸钠处理的粘粒制成钾饱和和定向片。所有定向片均用 CuK_α 辐射,管压 34 千伏,管流 18 毫安。

4. 土壤一般理化性质的测定: 均用常规法。

二、结果与分析

(一) 不同海拔土壤中粘土矿物的组合

从供试土壤粘粒的 X 射线衍射谱中(图 1), 可以看出:

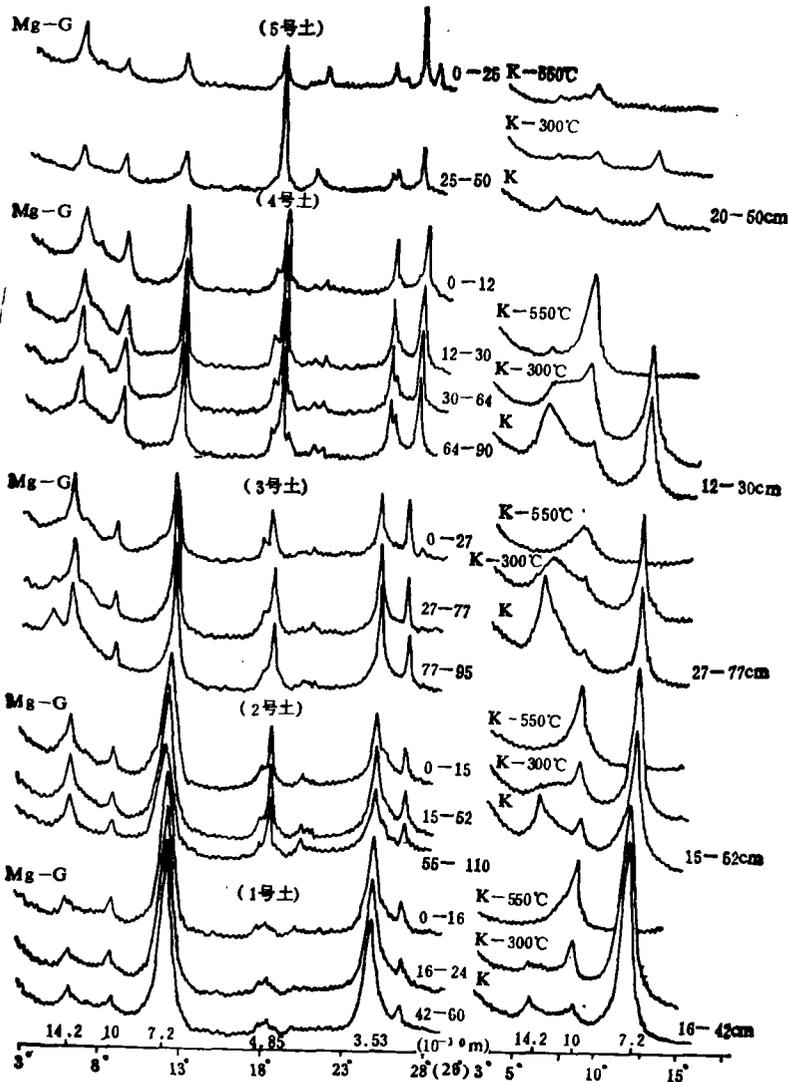


图 1 莽山不同海拔高度土壤粘粒的 X 射线衍射图谱

Fig. 1 X-ray diffraction pattern of the clay fraction in soil at different altitudes of the Mangshan Mountains (Arabic numbers denote profile number)

1. 红壤粘土矿物组合以高岭石为主, 有少量水云母、 14×10^{-10} m 过渡矿物和微量三水铝石。黄红壤以高岭石为主, 其次为 14×10^{-10} m 过渡矿物与水云母, 有少量三水铝石。黄壤以高岭石、 14×10^{-10} m 过渡矿物和水云母为主, 含少量三水铝石, 有微量 $12 \times$

10⁻¹⁰m 混层矿物与蒙皂石。暗黄棕壤以水云母、14 × 10⁻¹⁰m 过渡矿物为主,其次为高岭石,有一定量三水铝石,少量 12 × 10⁻¹⁰m 混层矿物及绿泥石。山地灌丛草甸土以水云母和高岭石为主,其次为 14 × 10⁻¹⁰m 过渡矿物与三水铝石,少量绿泥石。

2. 红壤、黄红壤、黄壤、暗黄棕壤粘粒中,高岭石含量依次减少,水云母含量依次增多。红壤、黄红壤的粘土矿物组合以 1:1 型粘土矿物为主,黄壤、暗黄棕壤以 2:1 型粘土矿物为主。

3. 红壤、黄红壤、黄壤粘粒镁甘油片 X 射线衍射谱上的 14 × 10⁻¹⁰m 峰、在风干钾片上不收缩,而在钾片经 550℃ 加热处理后均收缩成不对称的 10 × 10⁻¹⁰m 峰(图 1)。说明它们的 14 × 10⁻¹⁰m 矿物都是 14 × 10⁻¹⁰m 过渡矿物。根据对以下三点的综合分析: (1)

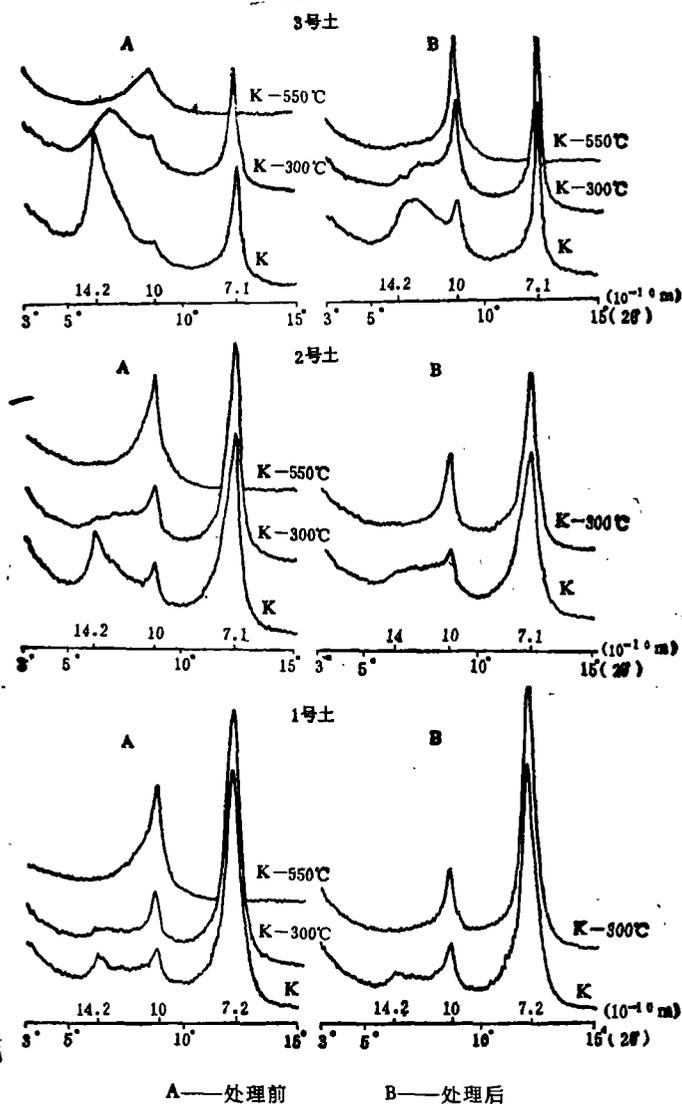


图 2 柠檬酸钠处理前后钾片 X 射线衍射图谱

Fig. 2 X-ray diffraction pattern of the soil clay fraction before and after treatment with sodium citrate solution

红壤、黄红壤、黄壤粘粒镁甘油片 X 射线衍射谱上 $14 \times 10^{-10}\text{m}$ 峰的强度依次增大。(2) 它们的粘粒经 DCB 和柠檬酸钠处理后, 钾片衍射谱上 $14 \times 10^{-10}\text{m}$ 峰的收缩程度和 $10 \times 10^{-10}\text{m}$ 峰增长幅度也是依次增大(图 2)。(3) 红壤、黄红壤和黄壤的粘粒经柠檬酸钠处理所溶提的铝量(表 3) 和柠檬酸钠处理前后粘粒阳离子交换量的增值(红壤为 $1.39 \text{ cmol}(+) \text{K g}^{-1}$, 黄红壤为 $5.00 \text{ cmol}(+) \text{K g}^{-1}$, 黄壤为 $6.89 \text{ cmol}(+) \text{K g}^{-1}$), 均依次增大。不难看出, 红壤、黄红壤、黄壤的 14 埃过渡矿物含量依次提高。

表 3 粘粒各种形态氧化铝和氧化硅的含量

Table 3 The content of different forms of aluminium oxides and silica in clay

| 剖面号 Profile No. | 深度 Depth (cm) | 氧化铝(%) Aluminium oxides | | | 无定形铝 Amorphous silica (%) | $\frac{\text{Al}_d}{\text{Fe}_d + \text{Al}_d}$ (%) | $\frac{\text{Fe}_d}{\text{Fe}_d + \text{Al}_d}$ (%) |
|--------------------|------------------|-------------------------------------|-------------------------------|---|------------------------------|---|---|
| | | 无定形铝 Amorphous (Al_0) | 游离铝 Free (Al_d) | 柠檬酸钠溶提 羟基铝 OH-Al DCB, Na, C, H, O, | | | |
| 1 | 16-42 | 0.67 | 1.30 | 1.18 | 11.66 | 20 | 80 |
| 2 | 15-52 | 0.86 | 1.55 | 1.53 | 12.09 | 25 | 77 |
| 3 | 27-77 | 2.14 | 3.19 | 2.93 | 3.56 | 43 | 57 |
| 4 | 12-30 | 1.21 | 2.32 | 2.42 | 1.78 | 32 | 68 |
| 5 | 25-50 | 2.64 | 3.36 | 2.64 | 2.98 | 64 | 36 |

(二) 不同海拔土壤中的粘粒氧化物

从表 3、表 4 的数据中, 可以看出:

1. 氧化铁: (1) 供试土壤粘粒游离氧化铁的含量与游离度, 随海拔升高而略为减小。(2) 供试土壤粘粒晶质氧化铁含量与无定形氧化铁含量之比, 从低海拔红壤的 10.49 到高海拔山地灌丛草甸土的 0.19, 随海拔升高明显地依次降低, 而氧化铁的活化度从 8.7% 到 83.96% 依次增高。表明低海拔土壤粘粒中氧化铁以晶态的为主, 活化度低; 随海拔升高, 晶态氧化铁减少, 逐步过渡到以无定形态的为主, 活化度提高。

2. 氧化铝: 从表 3 可见供试土壤粘粒中的无定形氧化铝量、游离氧化铝量以及三水铝石的含量(根据图 1 $4.83 \times 10^{-10}\text{m}$ 峰的强度估算)和游离氧化铝占游离氧化铁、铝总量的比例, 均随海拔升高而增大。表明各种形态氧化铝的含量及其活性, 大体上随海拔升

表 4 粘粒各种形态氧化铁的含量

Table 4 The content of different forms of iron oxides in clay

| 剖面号 Profile No. | 深度 Depth (cm) | 氧化铁(%) Iron oxides | | | | | 游离度 Free degree Fe_d/Fe_t (%) | 活化度 Activity Fe_d/Fe_t (%) |
|--------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|--|---|---|--|
| | | 全量 Total (Fe_t) | 游离态 Free (Fe_d) | 无定形态 Amorphous (Fe_0) | 晶质态 Crystalline ($\text{Fe}_d - \text{Fe}_0$) | 晶态 无定形态 $\frac{\text{Fe}_d - \text{Fe}_0}{\text{Fe}_0}$ | | |
| 1 | 16-42 | 7.26 | 5.17 | 0.45 | 4.72 | 10.49 | 71.21 | 8.70 |
| 2 | 15-52 | 6.46 | 5.11 | 0.64 | 4.47 | 6.98 | 79.10 | 12.52 |
| 3 | 27-77 | 6.71 | 4.23 | 1.57 | 2.75 | 1.75 | 63.04 | 37.12 |
| 4 | 12-30 | 7.45 | 4.93 | 3.14 | 1.79 | 0.57 | 66.17 | 63.69 |
| 5 | 25-50 | 5.31 | 1.83 | 1.57 | 0.30 | 0.19 | 35.22 | 83.96 |

高而增大。

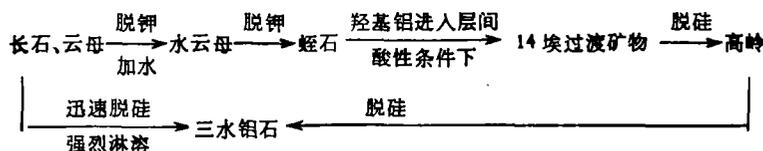
3. 氧化硅: 供试土壤粘粒无定形氧化硅含量, 随海拔升高而减少。

综上所述, 莽山土壤粘粒氧化物含量的垂直变化, 大体有以下趋势: 随着海拔升高, 晶质氧化铁与无定形氧化硅含量减少, 而无定形氧化铁和各种形态氧化铝含量增多。

三、问题讨论

(一) 莽山不同海拔土壤层状粘土矿物的演化特点

莽山不同海拔土壤的粘土矿物组合及其垂直变化表明, 花岗岩发育的莽山山地土壤的风化成土过程中, 粘土矿物存在以下演化系列^[5]



处于低海拔的红壤、黄红壤, 其粘土矿物组合以 1:1 型高岭为主(含量约 70%), 2:1 型的水云母和 $14 \times 10^{-10} \text{m}$ 过渡矿物含量较少, 并有微量三水铝石。表明其 2:1 型矿物经脱硅作用向 1:1 型矿物转化的速率, 大于云母或水云母经脱钾作用向 $14 \times 10^{-10} \text{m}$ 矿物的转化速率。所以, 它们处于脱硅为主的脱钾和脱硅阶段。其所含的三水铝石, 主要是 2:1 型矿物 → 高岭 → 三水铝石顺序风化的产物。

海拔 1660m 处的暗黄棕壤, 以 2:1 型的水云母、 $14 \times 10^{-10} \text{m}$ 过渡矿物为主(总量约 70%), 其次为高岭石和三水铝石。表明其原生矿物经脱钾形成水云母和 $14 \times 10^{-10} \text{m}$ 矿物的速率, 大于 2:1 型矿物脱硅形成 1:1 型矿物的速率。所以, 暗黄棕壤的矿物演变处于脱钾为主的脱钾和脱硅阶段。根据暗黄棕壤中三水铝石与大量的 2:1 型矿物共生, 且处于气温低、雨量大、湿度高的成土条件, 我们认为它所含的三水铝石, 是长石类矿物在强烈淋溶、迅速脱硅条件下直接风化而成^[7,8]。海拔 850m 处的黄壤, 其矿物组合及演变阶段介于红壤与暗黄棕壤之间。

值得提出的是亚热带山地土壤粘土矿物组合随海拔升高的垂直变化。与相同母质, 由中亚热带湖南宜章红壤 → 北亚热带湖北枣阳黄棕壤 → 暖温带山东泰安棕壤^[9], 随纬度升高的水平带土壤粘土矿物的变化相比, 尽管都是 2:1 型矿物增多, 1:1 型矿物减少, 但在 2:1 型矿物中, 山地土壤随海拔升高, 增加的主要是 $14 \times 10^{-10} \text{m}$ 过渡矿物, 其次为水云母; 而水平带土壤随纬度升高, 增加的主要是水云母, 其次为蛭石。它反映了山地垂直带土壤在风化成土过程中, 脱钾作用比水平带土壤的强。这一点在山地垂直带土壤粘粒全钾量比水平带相应土类粘粒的全钾量低(表 5), 可以得到印证。同时也表明山地土壤的淋溶作用和土壤酸性比水平带土壤的强, 因而山地土壤中的 $14 \times 10^{-10} \text{m}$ 矿物除少量绿泥石外, 主要是 $14 \times 10^{-10} \text{m}$ 过渡矿物, 而不是蛭石。

(二) 关于莽山垂直带土壤中铁、铝氧化物的活化

随海拔升高, 莽山土壤中氧化铁的游离度变幅不大, 比随纬度升高, 水平带相应土壤

表 5 不同纬度带花岗岩发育的土壤某些特性

Table 5 The properties of soils derived from granite in several latitude zones

| 土壤类型 Soil type | 地点 Location | 纬度 Latitude | 年均温 (°C) Mean annual temperature | 年雨量 (mm) Annual rainfall | pH (H ₂ O) | 盐基饱和度 Base saturation degree (%) | 粘 粒 Clay | | | |
|-------------------|----------------|----------------|--|--------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--|-------------------------|-----------------------|------------------------|
| | | | | | | | SiO ₂ / Al ₂ O ₃ | K ₂ O (%) | 氧化铁 Iron oxide | |
| | | | | | | | | | 游离度(%) Free degree | 活化度 (%) Activity |
| 红壤 | 湖南 宜章 | 25° | 18.3 | 1393 | 5.02 | 2.43 | 2.07 | 1.09 | 71.21 | 8.70 |
| 黄棕壤 | 湖北 枣阳 | 32° | 15.4 | 877 | 5.65 | 67.47 | 3.19 | 2.62 | 40.54 | 10.29 |
| 棕壤 | 山东* 泰安 | 37° | 12.8 | 730 | 6.60 | 97.91 | 3.34 | 3.01 | 45.88** | 25.30** |

* 资料引自山东省山地丘陵区土壤卷 9 号； ** 为九个山东棕壤的加权平均值。

的变幅小。但随海拔升高, 莽山土壤粘粒氧化铁的活化度的变幅, 远远大于水平带相应土壤的变幅(见表 4、表 5)。土壤粘粒铁、铝氧化物的活化度高, 是山地土壤区别于水平带土壤的重要特征之一。众所周知, 土壤中氧化物的转化, 是沿着老化和活化两个相反的方向进行的。土壤中无定形氧化物老化的必要条件是脱水和温度。而已经老化的氧化物, 必须在有机质和水分的作用下, 才能活化形成无定形氧化物。

在我国季风气候条件下, 干湿季节明显, 土壤一经脱水干燥, 其无定形氧化物就老化成晶态氧化物, 所以, 水平带土壤以晶质氧化物为主, 活化度低。但山地垂直带土壤中, 随海拔升高, 气温降低, 降雨量、湿度和土壤有机质含量明显增高。水分和有机质含量高, 对氧化物的老化有抑制, 但对其活化有促进, 可使各种老化程度的氧化物, 通过溶解、螯合溶解和还原溶解, 再经水解、氧化、聚合而成为无定形氢氧化物。因而, 随海拔升高, 山地土壤中铁、铝氧化物的转化, 以活化作用为主, 土壤粘粒铁、铝氧化物的活化度显著升高。

(三) 莽山垂直带土壤的富铝作用

莽山垂直带土壤粘粒中, 无定形铝、游离铝和三水铝石, 以及游离氧化铝占游离氧化铁、铝总量的比例, 均随海拔升高而增大。而在水平带相应土壤中, 它们却都随纬度升高而减小。表明山地土壤随海拔升高, 尽管土壤中 2:1 型矿物含量明显增加, 可是由于各种氧化铝的含量和活性也明显增强, 而呈现富铝作用。这在莽山不同海拔土壤粘粒硅铝率变化不大(在 1.84—2.08 之间, 山地灌丛草甸土为 1.23), 而水平带红壤为 2.07, 棕壤为 3.34, 随纬度升高而变幅增大, 可以得到印证。

莽山垂直带土壤的富铝作用, 与水平带红壤、砖红壤的富铝作用不同⁽⁴⁾。水平带土壤的富铝作用是在高温与高湿条件下, 土壤矿物彻底分解, 由 2:1 型^{脱硅}→1:1 型^{脱硅}→三水铝石的结果, 其富铝作用是与高度风化作用相联系的。而莽山山地土壤中的富铝作用, 是与低温、高湿、高含量有机质和有机酸的络合淋溶作用十分强烈相联系的。原生的或次生的硅酸盐矿物在这种条件下风化、释放的盐基大量淋失, 释放的硅酸很快与铝离子分开, 硅酸强烈淋失。在酸性条件下, 有的铝离子水解、聚合而成三水铝石; 有的铝离子与有机物络合形成络合态铝; 有的铝离子水解成羟基铝, 进入膨胀性 2:1 型粘土矿物层间, 形成

$14 \times 10^{-10}\text{m}$ 过渡矿物^[6]或次生绿泥石。因而,一定海拔高度下的莽山山地土壤,于矿物风化的初期阶段,在有大量 2:1 型粘土矿物存在的条件下,就能出现相当程度的富铝作用。

综上所述,可见在莽山土壤成土环境条件下,其粘土矿物与粘粒氧化物的演变转化过程,随海拔升高,有以下特点:(1) 2:1 型粘土矿物向 1:1 型高岭转化的风化脱硅作用减弱,而且由于硅酸的淋溶强烈,土壤溶液中二氧化硅与铁、铝氧化物共沉淀,形成高岭的合成作用也减弱;(2) 原生矿物和水云母向 $14 \times 10^{-10}\text{m}$ 过渡矿物转化的淋溶脱钾作用和酸性条件下,层间羟基化作用均增强;(3) 淋溶脱硅作用增强;(4) 粘粒氧化铁的老化减弱,活化增强;(5) 粘粒氢氧化铝的活化和铝的富集作用增强。

参 考 文 献

- [1] 祁承径,1983: 湖南莽山的植被。南京林产工业学院学报,第 2 卷,32—50 页。
- [2] 熊毅等编著,1985: 土壤胶体。第二册,科学出版社。
- [3] 张俊民等编著,1986: 山东省山地丘陵区土壤。山东科学技术出版社。
- [4] 于天仁等,1990: 土壤发生中的化学过程。科学出版社。
- [5] Jackson M. L., 1962: Interlayering of expansible layer silicate in soil by chemical weathering. *Clay and Clay Minerals*, 11: 29—46.
- [6] Li Xueyuan, Xu Fenglin, Lin Fan, 1986: Study on 14Å intergrade mineral of red earth and yellow brown earth in Hubei province, current progress in soil research in People's Republic of China, Jiangsu Sci and Techno publishing House, pp. 675—686.
- [7] Macias V. F., 1981: Formation of gibbsite in soils and saprolites of temperate-humid zones, *Clay Minerals*, 16: 43—52.
- [8] Mizota C., 1976: Relationships between the primary mineral and the clay mineral composition of some recent andodols. *Soil Sci and Plant Nutr*, 22: 257—268.

STUDIES ON THE CLAY MINERALS OF MOUNTAINS SOILS IN HUBEI AND HUNAN PROVINCES II. THE CLAY MINERALS OF SOIL ON THE NORTH SLOPE OF THE MANGSHAN MOUNTAINS

Xu Fenglin Li Xueyuan and Huang Qiaoyun

(Huazhong Agricultural University, 430070)

Summary

Mangshan is a granitic mountainous region which is located at $24^{\circ}54'$ — $25^{\circ}03'$ north latitude and $112^{\circ}43'$ — $113^{\circ}20'$ east longitude. The altitude of the highest mountain peak is 1902 meters. The examined soil samples were collected from different altitudes. The layer-silicate minerals and the oxides of clay-size minerals of fifteen soil samples in five soil profiles on the north slope of the Mangshan Mountains in Hunan Province were studied by X-ray diffraction analysis and chemical selective solvent extraction analysis respectively.

The results indicate that: 1) the vertical change of the layer-silicate minerals and the oxides of clay-size mineral for soils situated at various altitudes on the north slope of the Mangshan Mountains was quite clear. For red soil and yellow-red soil distributed at an altitude below 500 meters, the major clay mineral was kaolinites and there was a certain amount of 14×10^{-10} m intergrade minerals and hydromicas. The contents of crystalline iron oxide and hot alkali-soluble silica in the oxides of clay-size minerals were higher, while those of amorphous iron aluminum oxides and gibbsites lower. For yellow soil, dark yellow-brown soil and mountain shrubby-meadow soil distributed above 850 meters in altitude, the predominant clay mineral was 14×10^{-10} m intergrade minerals and hydromicas and, there was a certain amount of kaolinites and a few chlorites. The amorphous iron, aluminum oxides and gibbsites were more, whereas the crystalline iron oxides and hot alkali-soluble silica were less in oxides of clay-size minerals; 2) with the increase of elevation, the changes in the content of free iron oxide (from 5.17% to 4.73%), and in the free degree of iron oxide (from 71% to 66%), as well as in the silica-alumina ratio (from 1.84 to 2.08) in clay fraction of examined soils were not so great except for mountain shrubby-meadow soil. However, the increase of activity of iron oxide was obvious, whereas the content of hot alkali-soluble silica declined evidently; and 3) the amount of amorphous aluminum oxide, aluminum oxide extracted by dithionite citrate bicarbonate sodium solution and gibbsite of clay fraction in soil increased obviously with the increase of elevation. It implied that the enrichment of aluminum in soil clay fraction increased with the elevation.

According to the results mentioned above and the comprehensive analysis of soil-forming conditions of the Mangshan Mountains, the peculiarity of evolution for layer-clay minerals and oxides of clay-size minerals in the soils with the increase of elevation, could summarize as follows: 1) the weathering desilicification of the transition of 2:1 type minerals to 1:1 type minerals becomes weaker whereas the eluviation-dekalification and interlayer hydroxylation of the transition from primary minerals to hydromica and 14×10^{-10} m intergrade mineral become stronger; 2) the ageing of iron oxide becomes slower, but its activation and activity are enhanced; and 3) the enrichment and activation of aluminum oxide in soil clay fraction are strengthened. The enrichment of aluminum in the soils distributed at the high altitude of the Mangshan Mountains results mainly from the leaching loss of base and silica under conditions of low temperature, high moisture and complex or chelation eluviation of organic acid.