

# 吉林省主要耕作土壤的粘粒矿物组成

赵兰坡 井上克弘 吉田 稔

(吉林农业大学, 130118)

(日本岩手大学)

## 摘 要

本文采用 X 射线分析、差热分析及化学分析,研究了吉林省不同环境条件下的四种主要耕作土壤的粘粒矿物组成及其与土壤环境的关系。结果表明,在淋溶作用较强的酸性白浆土中,

粘粒矿物的演变过程为:白云母 $\xrightarrow{-K^+}$ 伊利石 $\xrightarrow{-K^+}$ 蛭石,粘粒矿物组成以蛭石和水云母为主;在淋溶作用很弱的中性~强碱性土壤(黑土、黑钙土、苏打盐土)中,粘粒矿物的演变过程为:白云母 $\xrightarrow{-K^+}$ 伊利石 $\xrightarrow{-K^+}$ 高电荷蒙脱石,粘粒矿物组成以蒙脱石和水云母为主。

**关键词** 黑土,苏打盐土,黑钙土,白浆土,粘粒矿物组成

白浆土、黑土、黑钙土及苏打盐土是吉林省的主要耕作土壤,也是重要的商品粮生产基地。吉林省的白浆土主要分布在东部山区及半山区,地势较高,气候温暖多雨,土壤淋溶作用较强。黑钙土及苏打盐土主要分布在西部平原地区,地势平坦,气候干燥,蒸发大于降水,土壤淋溶作用很弱。黑土则主要分布在中部台地地区,气候介于上述二者之间。这几种土壤的成土母质主要为不同时期的堆积物<sup>[1]</sup>。

目前,吉林省这几种土壤粘粒矿物组成方面的资料尚十分缺乏。据已有的资料记载,黑土表层中水云母含量较多,白浆土粘粒矿物以水云母为主,含少量高岭石和非晶质物质<sup>[2]</sup>。蒋梅茵等<sup>[3]</sup>的研究表明,黑龙江省虎林黑土粘粒矿物组成中,以伊利石和蒙脱石为主。作者认为,即使是相似母质发育起来的土壤,或是同一类型的土壤,因其所处环境不同,粘粒矿物的组成也可能有较大差异。因此,本文以吉林省不同环境条件下的四种主要耕作土壤作研究,企图能为其发生分类及改良利用等提供较确切的粘粒矿物组成方面的资料。

## 一、材料和方法

供试土壤均为耕作土壤的表层,采样地点和化学性质见表 1。 <2 $\mu$ m 的粘粒用超声波法分散沉降法提取,其它粒级继续用沉降法和筛分法提取,并分别定量求出各粒级的百分数,绘制颗粒累积曲线。

土壤及粘粒化学组成的测定:将样品测定灼热损失量;用 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 熔融样本后,按重量法测二氧化硅含量,铝和铁用试铁灵比色法测定<sup>[4]</sup>,钙和镁用原子吸收法定量。另取样品经 HF-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 分解后用比色法测钛;钼酸铵比色法测磷;锰、钾、钠用原子吸收法测定。

X 射线分析:将部分 <2 $\mu$ m 的粘粒经连二亚硫酸钠-柠檬酸钠-重碳酸钠法(简称 DCB 法)脱铁处

理后<sup>[10]</sup>,分别制成钾-粘粒及镁-粘粒,制成定向试样用日产 RAD-1A 型 X 射线衍射仪在 30kV、10mA、CuK<sub>α</sub> 条件下测定。

差热分析: 样品于相对湿度 50%、温度 25℃ 的干燥器中放置一周后使用,用日本理学电机制造的自动记录式差热分析仪 (Micro-DTA), 取样 20mg, 在感度 ±250μV, 加热速度 20℃/min, 记录仪速度 2.5mm/min 的条件下进行测定。

表 1 土壤的化学组成及性质

Table 1 Chemical composition and properties of soil

土样 Sample	地点 Location	深度 (cm) Depth	pH (H <sub>2</sub> O)	交换性阳离子 Exchangeable cation				交换性铝 Exchangeable Al cmol( $\frac{1}{3}$ Al) /kg	盐基饱和度 (%) Base saturation
				Ca cmol( $\frac{1}{2}$ Ca) kg	Mg cmol( $\frac{1}{2}$ Mg) kg	K cmol(K) kg	Na cmol(Na) kg		
				黑土	长春	0—20	7.0		
苏打盐土	前郭	0.25	10.2	15.0	3.8	0.8	27.3	0	>100
黑钙土	前郭	0—20	8.1	31.6	1.4	0.3	0.1	0	>100
白浆土	辉南	0—20	5.3	11.1	4.5	0.5	0.4	4.0	61

土样 Sample	地点 Location	CEC cmol (+)/kg	有机碳 g/kg Organic C	化 学 组 成 Chemical composition (g/kg)									
				烧失量 Ignition loss	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	NaO
黑土	长春	31.5	15.8	59.1	671.1	132.4	43.8	10.3	0.7	14.0	11.0	28.9	24.2
苏打盐土	前郭	27.6	11.8	95.0	598.8	110.4	32.5	7.6	0.6	67.7	21.6	28.1	36.7
黑钙土	前郭	21.7	10.6	49.4	735.5	102.3	21.5	5.9	0.5	29.0	7.5	30.5	24.1
白浆土	辉南	26.9	6.7	56.4	644.7	155.6	59.5	10.2	0.9	7.2	15.8	26.2	20.0

## 二、结果与讨论

### (一) 土壤的颗粒组成及粘粒的化学组成

由土壤的颗粒累积曲线(图 1)可以看出, <2μm 粘粒含量的顺序为: 白浆土(44%)>黑土(31.4%)>苏打盐土(30.9%)>黑钙土(11.9%)。而颗粒累积率达 50% 时,相对应的粒径大小顺序则与上相反,即: 白浆土(3.1μm) < 黑土(13μm) < 苏打盐土(25μm) < 黑钙土(68μm)。

从土壤粘粒的化学组成(表 2)可看出,四种土壤粘粒的化学组成都是以 SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 为主, SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 为 3.73—4.38,与红、黄壤相比数值较高<sup>[9]</sup>,说明风化、脱硅作用较弱,土壤中 2:1 型矿物含量较高。另外,苏打盐土的土壤及粘粒部分的氧化钙含量和烧失量都较高(见表 1、2),再根据其 X 射线衍射图谱中 0.303nm 峰的出现(图略),证明有方解石存在。

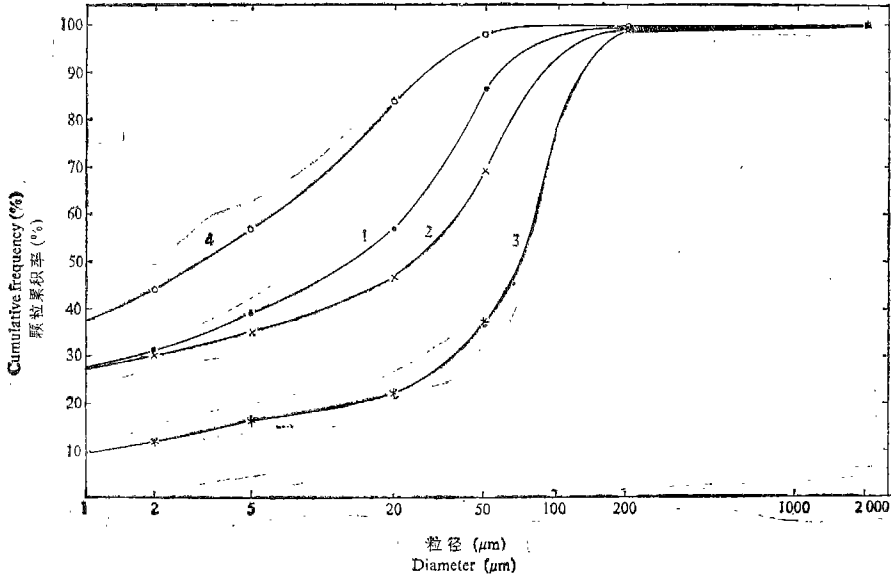
对各土壤的粘粒先用 DCB 法及 2% 的碳酸钠处理,再用酸性草酸盐处理<sup>[9]</sup>,其结果

表 2 粘粒 (<2 $\mu$ m) 的化学组成 (g/kg)  
Table 2 Chemical composition of clay (<2 $\mu$ m) Soil

土 壤 Soil	烧 失 量 Ignition loss	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	分子比率 Molar ratio		
												SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O/SiO <sub>2</sub>
黑 土	78.0	517.7	217.7	97.0	5.5	1.1	2.7	22.2	30.1	28.5	1.5	4.04	14.20	0.037
苏打盐土	156.4	416.4	161.7	71.6	4.9	1.5	84.0	57.3	24.4	24.7	1.9	4.38	15.48	0.037
黑钙土	120.4	476.6	216.9	82.6	5.7	1.7	6.6	30.1	25.3	29.7	2.2	3.74	15.35	0.031
白浆土	85.0	497.6	227.1	99.6	4.7	0.9	1.2	23.7	27.1	21.1	0.7	3.73	13.29	0.035

表 3 土壤粘粒 (<2 $\mu$ m) 的选择性溶解分析 (g/kg)  
Table 3 Selective dissolution analysis of clay

土 壤 Soil	DCB-Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 可溶成分 DCB-Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> soluble constituent	酸性草酸盐可溶成分 Acid oxalate soluble constituent	DCB-Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> -酸性草酸盐不溶成分 DCB-Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> -Acid oxalate insoluble constituent
黑 土	59	48	893
苏打盐土	193	39	768
黑钙土	160	28	812
白浆土	60	86	854

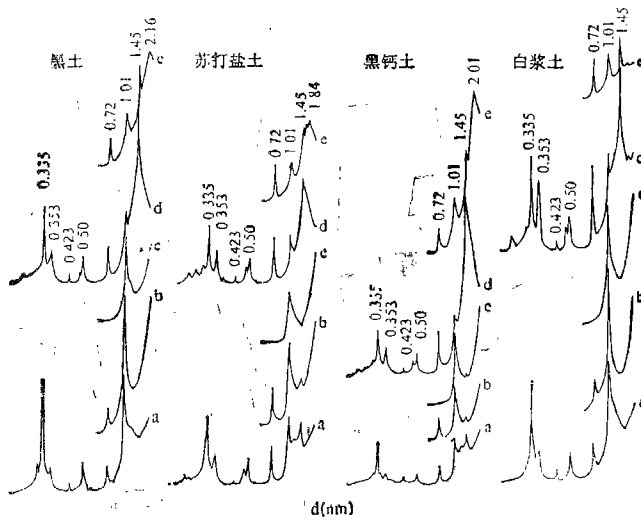


1.黑土, 2.苏打盐土, 3.黑钙土, 4.白浆土

图1 四种土壤的颗粒累积曲线

Fig. 1 Grain accumulation curves of four soils

列于表 3。其中, DCB-2% 碳酸钠的可溶成分主要是游离铁, 铝氧化物及氢氧化物, 酸性草酸盐可溶成分相当于非晶质成分, 而 DCB-2% 碳酸钠-酸性草酸盐处理后的不溶成分相当于晶质成分。可以看出, 四种土壤的粘粒部分都以晶质成分为主, 非晶质成分很少。



a. K-粘粒-风干; b. K-粘粒-300°C; c. K-粘粒-550°C; d. Mg-粘粒风干; e. Mg-粘粒-甘油

图2 粘粒 (<2μm) 的X射线衍射图谱

Fig. 2 X-ray diffraction patterns of clay (<2μm)

### (二) 土壤的粘粒矿物组成

从图 2 可以看出,四种土壤图谱中 1.01、0.50 及 0.335nm 衍射峰都较强,说明都含有较多的云母及伊利石。Fanning 等<sup>[7]</sup>研究表明,二八面体型白云母在 1.01、0.50、0.335nm 处均有较强的衍射峰,而三八面体型黑云母的 0.50nm 衍射峰非常弱,几乎检测不出。据此,四种土壤粘粒中的云母均为白云母。如果假设粘粒中的 K<sub>2</sub>O 均来自白云母,并按白云母中 K<sub>2</sub>O 含量 11.8% 计<sup>[7]</sup>,则四种土壤粘粒中白云母含量为 20.7—25.5%,占 1/4 左右。

黑土、黑钙土及苏打盐土的镁-粘粒(风干)图谱中 1.45nm 衍射峰经甘油处理后,大部分从 1.45nm 膨胀至 1.84—21.6nm (见镁-粘粒甘油图谱),表明这三种土壤粘粒中含有大量蒙脱石。但是,这种蒙脱石在钾-粘粒(风干)图谱中不是收缩至 1.26nm,而是收缩至 1.00nm,这种矿物被称为高电荷蒙脱石,往往由白云母形成<sup>[5,6]</sup>。另外,根据钾-粘粒图谱中的 1.0nm 及较弱的 1.4nm 衍射峰可以推断,甘油处理后不发生膨胀的 1.45nm 矿物,在黑土中为蛭石,而在黑钙土及苏打盐土中则为少量 2:1—2:1:1 中间过渡型矿物及绿泥石。从图 2 还可看出,白浆土的镁-粘粒(风干)图谱上的 1.45nm 衍射峰,经甘油处理后不发生膨胀,而且在钾-粘粒(风干)图谱中于 1.0nm 处出现衍射峰,因此,推断白浆土粘粒中 1.4nm 矿物以蛭石为主。据蒋梅茵等<sup>[2]</sup>的研究,黑龙江虎林黑土粘粒中蒙脱石衍射峰很弱。而从本试验的结果来看,供试黑土粘粒中的蒙脱石为结晶良好的高电荷蒙脱石。此外,图 2 还表明,四种土壤粘粒中都有少量绿泥石和高岭石。

图 3 为土壤粘粒的差热曲线,四种土壤在 87—118℃ 间有强的吸热峰,说明粘粒中吸附了大量水分,暗示着蒙脱石或蛭石之类的膨胀性矿物的存在; 390—525℃ 的吸热峰为 1:1 及 2:1 型矿物结晶构造中的 OH 脱水所致; 苏打盐土的差热曲线在 530℃ 及 532℃ 处各有一小的尖锐吸热峰,这可能是试样中游离盐分未洗干净所致。

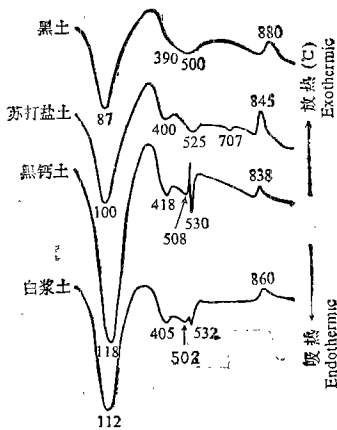


图 3 四种土壤 Mg 粘粒的差热分析曲线  
Fig. 3 Differential thermal curves of Mg-clay in four soils

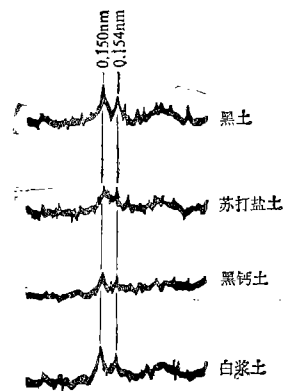


图 4 四种土壤 Mg 粘粒的(060) X 射线衍射图谱  
Fig. 4 The 060 spacing in X-ray diffraction patterns of randomly oriented Mg-clay

### (三) 粘粒矿物组成与土壤环境的关系

土壤粘粒矿物的组成,除与母质特性有关外,与土壤环境也有密切关系。从云母向膨

胀型粘粒矿物变化时常受云母中八面体类型、颗粒大小及风化环境的影响<sup>[7]</sup>。一般在淋溶强烈的酸性土壤条件下,风化序列按白云母→伊利石→蛭石的顺序进行,由二八面体型白云母向二八面体型蛭石演变<sup>[7]</sup>;在淋溶很弱的中性—强碱土壤条件下,伊利石则生成蒙脱石<sup>[9]</sup>。

为了证实四种土壤粘粒中层状硅酸盐矿物的八面体类型,对镁-粘粒用粉末法进行了X射线分析。已知二八面体型粘粒的(060)反射在0.150nm处强,0.154nm处虽也有一稍弱的衍射峰,但由于粘粒中都含有少量石英,故0.154nm的衍射峰大部分由石英所引起,四种土壤的粘粒大部分为二八面体型粘粒(图4)。

如前所述,四种土壤分布的地理位置不同,土壤的淋溶程度(水分状况)及pH值差异也较大(见表1),这些环境因素影响白云母的风化过程及其产物,其结果导致脱钾过程形成高电荷蒙脱石和蛭石。致使土壤的阳离子交换也较高,如表1中的黑土阳离子交换量高达31.5cmol(+)/kg,土壤的总体肥力水平也相当高,是吉林省的重要耕作土壤。

### 参 考 文 献

1. 中国科学院南京土壤研究所主编,1980: 中国土壤。科学出版社,553—570页。
2. 蒋梅茵、杨德涌、熊毅,1982: 中国土壤胶体研究, VIII. 五种主要土壤的粘粒矿物组成。土壤学报,第19卷1期,62—70页。
3. 杨德涌,1985: 中国土壤胶体研究, IX. 广东两对黄壤和红壤的粘粒矿物比较。土壤学报,第22卷1期,36—46页。
4. Davenport W. H., 1949: Determination of aluminum in presence of iron—Spectro photometric method using Ferron. Anal. V Chem., 21: 70 710—711.
5. Egashira K. Dixon J. B. and Hossner L. R., 1982: High-charge smectite from Lignite overburden of East Texas. In Proc. Int. Clay Conf. 1981, H. van Olphen and F. Veniale, eds, pp. 335—345, Elsevier, Amsterdam.
6. Egashira K. and Tsuda S., 1983: High-charge smectite found in weathered granitic rocks of Kyushu. Clay Sci., 6: 67—71.
7. Penning D. S. and Keramidas V. Z., 1977: Micas. In Minerals in Soil Environments ed. by J. B. Dixon and S. B. Weed, Soil Sci. Soc. Amer. Madison, WI: 195—258.
8. ICOMAND, 1983: International Committee on the Classification of Andisols Circular letter No. 5, Lower Hutt, New Zealand August, pp. 29.
9. Jackson M. L., 1964: Chemical composition of soil. In Chemistry of the Soil (2nd ed.). ed. by F. E. Bear, Van Nostrand Reinhold Company, New York: 71—141.
10. Mehra O. P. and M. L. Jackson, 1960: Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. Clays Clay Miner. Proc. 7th Conf., Pergamon Press, London: 317—327.

## COMPOSITION OF CLAY MINERAL IN SOME MAIN CULTIVATED SOILS IN JILIN PROVINCE

Zhao Lanpo

(Jilin Agricultural University, 130118)

Katsuhiro Inoue Minorn Yoshida

(Iwate University, Japan)

### Summary

Albic, black, chernozem, and saline soils are main cultivated soils in Jilin. Albic soils are distributed over the east mountain and semi-mountain areas where there are higher relief, warm climate and more rainfall, and the soil is strongly eluviated. Chernozem and saline soils are dominated in the west plain where climate is dry, transpiration is higher than precipitation and the soils are weak in eluviation. Black soils are located in the central part of Jilin with transitional climate regime between above two group of soils. The parent materials of these soils are mainly accumulative materials during different periods. Based upon some references, hydromica was dominant in the top layer of both black soils and albic soils, but the latter contained a small amount of kaolinite and amorphous materials. The authors considered that clay mineral components of soil are different due to the difference of environmental conditions although soils may be derived from the similar parent material or even belong to the same great group.

The results show that clay ( $<0.002$  mm) contents in the above mentioned four soils were albic soil (440 g/kg) black soil (314 g/kg) > saline soil (309 g/kg) > chernozem (119 g/kg). But when the cumulative-frequency was 500 g/kg, a opposite sequence was found being albic soil ( $3.1 \mu\text{m}$ ) < black soil ( $13 \mu\text{m}$ ) < saline soil ( $25 \mu\text{m}$ ) < chernozem ( $68 \mu\text{m}$ ). The clay fraction of these soils was high in  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  molar ratio ranging 3.73 and 4.38. The higher  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  molar ratio as compared with red soil and yellow soil means weak weathering and desilification process and more 2:1 clay minerals in these soils.

The results also indicate that the trend of clay mineral transformation of acid albic soil under a stronger leaching condition was muscovite  $\rightarrow$   $\text{K}^+$  illite  $\rightarrow$   $\text{K}^+$  vermiculite, and the clay minerals were predominated by vermiculite and hydromicas. In neutral alkline soil under weak leaching conditions (black, chernozem, and saline soils), the transformation of clay minerals was as follows: muscovite  $\rightarrow$   $\text{K}^+$  illite  $\rightarrow$   $\text{K}^+$  high-charge montmorillonite, and the main clay minerals were montmorillonite and hydromicas.

**Key words** Albic soil, Black soil, Chernozem, Saline soil, Clay minerals