

关于集约农作制下的土壤结构问题

III. 不同培育条件下土壤结构的微形态特征*

姚贤良 于德芬

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

本文应用了原状土薄片及扫描电镜技术,观察了集约农作制下几种措施(模拟培育4年后)下的土壤结构的微形态特征。观察表明,施用有机物料明显增加粘质土壤的孔隙,不仅团聚体间有大孔隙,团聚体内也有中或细孔隙,彼此形成“交通网络”,有利通气排水。稻草直接施入土中同样能促进土壤团聚化和多级孔隙的发展,且孔隙壁上有极明显的铁质积聚,从而增强了“交通网络”的稳定性。粘闭使土壤颗粒紧密排列呈整块状结构,土体中孔隙极少,孔隙壁没有明显的铁质胶膜,但见到土体中有条状铁质浸染,它可能促进僵土块的形成。淹水时间长短对土壤结构微形态也有明显影响。在同样土壤质地和有机质水平下,同“一熟”淹水相比,“两熟”淹水促进土壤颗粒紧密排列,土壤孔隙,尤其是大孔隙明显减少。这种情况在有机质水平较低的土壤中更突出。

集约农作制下频繁的耕作、施肥、灌溉和排水都会对土壤的物理性质发生一系列深刻的影响^[1,2]。鉴于土壤中发生的变化受到物理的、化学的以及生物化学等过程的影响,施入土中等量的稻草或紫云英,或施入等量沤制稻草还是稻草直接回田都会产生不同的改土效果。这些效果,用一般的分析(物理的或化学的)结果有时难于得出正确的判断。就以铁的形态以及大小孔隙分布为例,铁的形态的化学分析取决于采用的提取剂,而土壤中大小孔隙分布的测定则按毛管上升公式计算,它们在一定程度上都受到实际操作的影响。而采用直观技术——原状土薄片的显微照片判读和扫描镜检技术进行观察,能更好地解释用一些间接分析方法难于解释的一些现象。据此目的,本文对不同处理培育4年后的土样进行了原状土薄片镜检及扫描电镜观察¹⁾。试验处理的方案及土样的理化分析资料参考文献[1,2]。

一、不同有机物料的影响

以处理 No. 2 (有机物料高用量,即加入 10% 干稻草 + 10% 干紫云英,培育三年后土壤有机质含量达 3.06%), No. 4 (有机物料中用量,即加入 5% 干稻草 + 5% 干紫云英,

* 徐苻安、许绣云同志参加部份工作。

1) 原状土薄片由本所地理室微形态研究组制作,费振文同志协助观测,扫描镜检由徐梦熊同志帮助,特表谢意。

培育后的土壤有机质为 1.65%) 和 No. 6 (未加有机物料, 土壤有机质 0.4%) 相比较, No. 2 薄片(图版 I, 照片 1 组-A₁) 中的孔隙特多, 呈交织状, 团聚体间孔隙的孔径可达 0.5—2.5 毫米, 而团聚体内尚有孔径小于 0.5 毫米的孔隙。将薄片放大到 27 倍(图版 I, 照片 1 组-B₁), 可以见到在孔隙壁上沉淀着明显的暗棕色的有机氧化铁胶膜, 团聚体基质中混有尚未分解或半腐解的植物残体。应用扫描电镜放大 2000 倍, 可见到土壤团聚体是由较多的微团聚体垒结而成, 在微团聚体中还能见到直径小于 1 微米的孔隙以及微团聚体间的菌丝体的联结(图版 I, 照片 1 组-C₁)。而 No. 4 处理中(图版 I, 照片 2 组-A₂, B₂, C₂), 无论是低倍薄片, 还是扫描镜检, 其孔隙较 No. 2 要小得多, 土体较紧实, 且在孔隙壁上难以见到暗棕色铁质胶膜的沉积(图版 I, 照片 2 组-B₂), 虽能见到一些菌丝体的攀牵, 但直径小于 1 微米的颗粒和较大颗粒间的嵌填较紧, 孔隙较少。而 No. 6 (图版 II, 照片 3 组-A₃, B₃), 由于未加有机物料, 偶有少量孔隙外, 土体显得十分致密, 呈单粒状或整块状结构。小于 1 微米的单粒相互堆叠而形成很密实的微团聚体, 团间又有不同大小颗粒的相互嵌填, 细孔隙亦较小。

由上述三组照片的土壤结构微形态所见, No. 2 处理土壤的团聚状态最好, 大团聚体是由微团聚体构成, 团间存在大孔隙, 团内存在小孔隙, 甚至微团聚体内还有细微孔隙, 这就使土壤中形成了一个通气、透水的“交通网络”, 且由于细孔隙的存在, 协调了通气和保水间的矛盾, 氧化和还原间的矛盾。只要有通气孔隙, 就有可能从脱水时的大气中或从含氧的灌溉水中攫取氧, 而使基质中的还原铁外逸至孔隙壁氧化, 形成有机无机的或无机的铁质胶膜附在壁上, 起到稳定“交通网络”的作用。集约农作制中水稻收割后土壤排水不畅而影响后季旱作的及时整地和播种是水稻、旱作双丰收的主要障碍之一。但只要能使土体中存在稳定的“交通网络”, 那么有助于“水去气即来”, 可大大改善粘闭土壤对旱作的不良影响。所以, 多熟制水田土壤中保护和恢复土壤的团聚性是十分重要的, 而增补有机物料是重要的措施之一。

有机物料的不同利用方式对土壤结构微形态也有明显影响。稻草直接加入土中的 No. 7 处理, 培育 4 年后土体中尚存在大量孔隙, 呈交织状(图版 II, 照片 4 组-A₄)。在孔隙壁及其附近有明显的氧化铁质胶膜(图版 II, 照片 4 组-B₄), 土壤基质中尚存半腐解的稻草残体。扫描镜检(图版 II, 照片 4 组-C₄) 发现土壤中具有较多的微团聚体, 其间通过一些胶结物质相互联结而构成内含直径达 5 微米的孔隙的团聚体。而 No. 20 (与 No. 7 施等量稻草——10% 干稻草, 但 No. 20 处理是稻草经沤制腐熟后再加入土中的) 处理的土壤中孔隙明显减少(图版 IV, 照片 5 组-A₅), 孔隙壁上沉淀的铁质胶膜数量较少、较薄, 不相连接(图版 IV, 照片 5 组-B₅), 反映了它对团聚性及孔隙壁的稳定作用较 No. 7 要差得多。据培育 3 年后的水稳性团聚体分析, No. 7 中大于 0.25 毫米的团聚体含量达 54.9%, 而 No. 20 中只有 35.4%^[4]。后者的土壤微团聚体间的垒结较紧, 孔隙也明显减少(图版 IV, 照片 5 组-C₅)。关于稻草改土作用的机理, 早年 Anmad (1963) 作过阐述。他作了不同有机物料(纤维类和淀粉类)在渍水情况下对土壤结构的影响试验, 指出纤维类有机物料对 Fe³⁺ 的还原和水稳性团聚体的形成有强烈作用。因为在纤维分解过程中产生的大量气泡通过土体外逸, 使土体呈多孔性, 在随后脱水时, 被还原的 Fe²⁺ 在气孔壁上氧化呈高价铁而增强了团聚体的水稳性; 而其他有机物料在分解过程中逸出的气

泡少,即使土体中含有大量的 Fe^{2+} ,形成的水稳性团聚体也不多^[3]。本试验在稻草直接施入土中的培育过程中也见到上述现象。由此看来,施用纤维类有机物料,不能单纯认为它只是一种还原剂,如同加入单糖那样只会助长土粒的分散。事实上纤维类有机物料的改土作用是多方面的,它能提供土壤通气孔隙,提供脱水时 Fe^{2+} 的氧化条件,能产生多糖胶结土粒,还能留下其分解残体疏松土壤等。而加入任何简单的还原剂(如单糖)都不能起到这种作用。

二、粘闭的作用

粘闭即带水耕耖土壤,是移栽水稻栽培中的一项传统的耕作方法,粘闭土壤的作用和后果,因土壤的类型和性质的不同而异,目前已见不少报道^[4-6]。为了解在质地和矿物类型相同而有机质水平不同的土壤上粘闭的作用,布置了两组对比试验^[2]。由微形态观察表明, No. 1 (高有机质用量,培育3年后土壤中的有机质含量为2.90%)为未曾粘闭的团聚土壤,其中孔隙很多呈交织状,有机残体均匀分布在基质中(图版 III, 照片6组-A₆)。而 No. 11 粘闭土壤(培育3年后土壤有机质含量为2.91%),其薄片中的土体十分致密,只有零散的少量孔隙的分布(图版 III, 照片6组-B₆)。高倍镜检下的土颗粒排列也较紧(图版 III, 照片6组-C₆)。No. 3 (未粘闭的,有机质1.67%,图版 III, 照片6组-D₆)与 No. 12 (粘闭的,有机质2.14%)的形态相比,孔隙也是前者的比后者要多,后者的土体十分致密(图版 III, 照片6组-E₆)。后者的薄片放大27倍(图版 III, 照片6组-F₆),在孔隙周围有条状铁色浸染,但孔隙壁未见有铁质积聚。这可能是在土体的整体氧化过程中亚铁在孔道附近得氧而呈条状积聚之故。这种整体氧化时铁的积聚,只有利于整块状结构或称僵块的形成,就农业意义而言是一种不良的结构。粘闭土壤中的微团聚体内部很密实,而在团间的孔隙则被嵌入的大小颗粒所堵塞,土体紧实,风干时土块的破裂系数可达5公斤/厘米²以上^[2]。

三、淹水时间长短的作用

模拟“两熟”淹水与“一熟”淹水相比,前者土壤的团聚性较差,大于200微米的孔隙度较低,而土块的破裂系数则较大^[2]。微形态观察进一步证实了淹水时间增长对土壤结构的破坏作用。No. 19 (图版 IV, 照片7组-A₇)和 No. 20 (图版 IV, 照片5组-A₅)相比,前者为“两熟”淹水培育土样,土体很致密,呈整块状结构,而后者为“一熟”淹水培育土样,与 No. 19 相比,土体内的孔隙相对较多 (No. 19 和 No. 20 均系10%干稻草沤制后加入土中的处理,培育3年后的土壤有机质含量分别为1.45%和1.47%)。扫描镜检也是 No. 19 (图版 IV, 照片7组-B₇)的土粒排列较致密,而 No. 20 (图版 IV, 照片5组-C₅)则相对较松。“两熟”淹水处理 No. 3 (图版 III, 照片6组-C₆)和“一熟”淹水处理 No. 4 (图版 I, 照片2组-C₂)的对比中亦可见到后者的土壤颗粒排列较松。而“两熟”淹水的 No. 1 (图版 III, 照片6组-A₆)和“一熟”淹水的 No. 2 (图版 I, 照片1组-A₁)相比,则孔隙状况相类似,所不同者, No. 2 薄片孔隙边沿铁质胶膜的淀积(图版 I, 照片

1 组-B₁) 比较明显。这也表明了当土壤中施入一定量的有机物料后可以缓和因淹水时间增长而对土壤结构的破坏作用。但总的来说,在集约农作制下连种水稻,由于淹水时间增加,对改善土壤结构不利。

参 考 文 献

- [1] 姚贤良、于德芬, 1985: 关于集约农作制下的土壤结构问题 I. 有机物料及其利用方式对土壤结构的影响。土壤学报, 第 22 卷第 3 期, 241—250 页。
- [2] 姚贤良、于德芬, 1986: 现代中国土壤研究进展: 关于集约农作制下的土壤结构问题 II. 不同淹水时间及粘闭对土壤结构的影响。26—33 页。江苏科技出版社。
- [3] Anmad, N., 1963: The effect of evolution of gases and reducing conditions in a submerged soil on its subsequent physical status. *Trop. Agriculture*, 40: 205—209.
- [4] Greenland, D. J., 1985: Physical aspects of soil management for rice-based cropping systems. "Soil Physics and Rice", 1—16, IRRI.
- [5] Prihar, S. S., Ghidyal, B. P. Painuli D. K. and Sur, H. S. 1985: Physical properties of mineral soil affecting rice-based cropping systems. *Ibid*, 71—84. IRRI.
- [6] Lal, R., 1985: Tillage in lowland rice-based cropping systems. *Ibid*, 283—308, IRRI.

ON THE SOIL STRUCTURE UNDER INTENSIVE FARMING SYSTEM

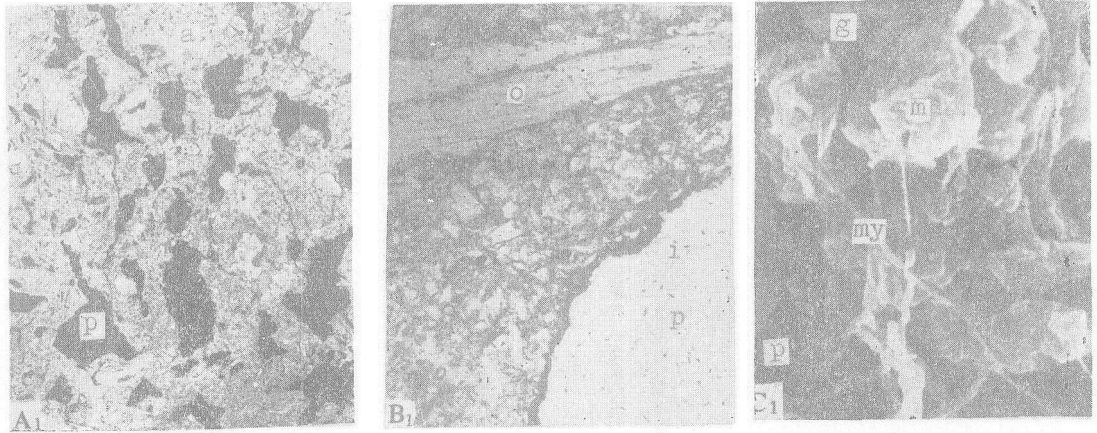
III. MICROMORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SOIL STRUCTURE UNDER DIFFERENT CONDITIONS OF INCUBATION

Yao Xianliang Yu Defen

(*Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing*)

Summary

Micromorphological characteristics of the soils under simulation of intensive cropping system for four years were investigated by means of the thin section and scanning electron microscopic techniques. The micromorphological observation showed that porosity of clayey soil increased with the organic materials applied in soil, in the soil applying organic material, not only the macropores occurred among the aggregates, but the medium and micropores also existed in the aggregates, which formed a network of pathways beneficial for the movement of both air and water in soil. This structure in soil, consequently, is also favorable for the field cultivation and sowing of upland crops after harvesting rice crop in intensive farming system. Directly applying rice straw in soil promoted soil aggregation and increased soil porosity. Under treatment of directly applying rice straw, iron coatings were formed on the wall of soil pores, which stabilizes the network of pathways in soil. Due to tight arrangement and formation of massive structure resulted from puddling, few soil pores and no iron coating on the wall of pores were observed in the thin section of the soil. Iron streaks, however, was found in the soil matrix. The morphology of soil structure varied with different flooding duration of soil. It is indicated that the flooding condition of soil under double cropping rice is a factor to result in the compaction and lack of pores in soils.

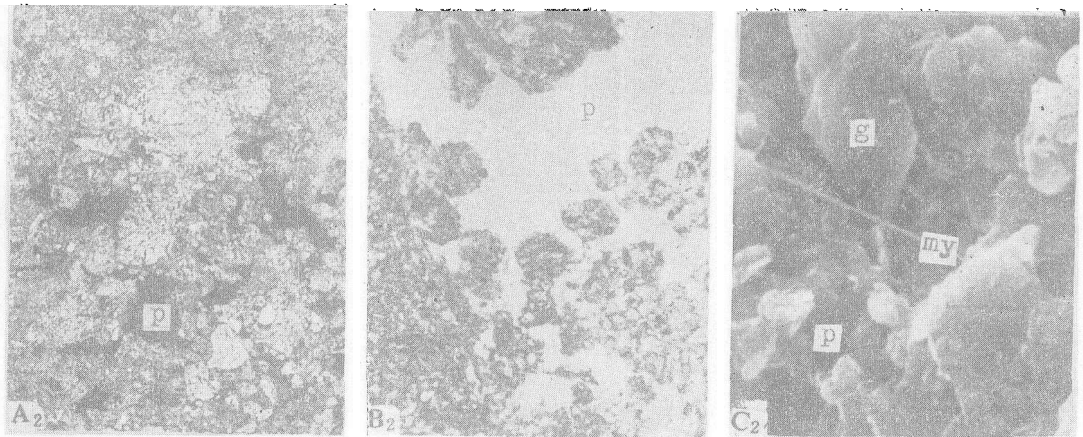


A₁ ×3

B₁ ×27

C₁ ×2000

照片 1 组



A₂ ×3

B₂ ×27

C₂ ×2000

照片 2 组

照片 1 组：有机物料高用量(No. 2)的土壤结构的微形态*

Photo 1 group: Micromorphology of soil structure in the treatment with high level of organic material (No. 2)*

照片 2 组：有机物料中用量 (No. 4) 的土壤结构的微形态

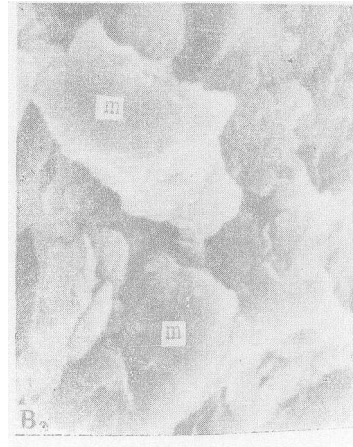
Photo 2 group: Micromorphology of soil structure in the treatment with medium level of organic material (No. 4)

* 放大 3 倍的照片为直拍薄片, 27 倍的为单偏光 (monopolarizing), 2000 倍的为扫描 (scanning)。

a. 团聚体 (aggregate), g. 单粒 (grain), i. 铁质 (iron substance), m. 微团 (microaggregate), my. 菌丝 (mycelium), o. 有机残体 (organic residue), p. 孔隙 (pore)。(下同)



A₃ ×3

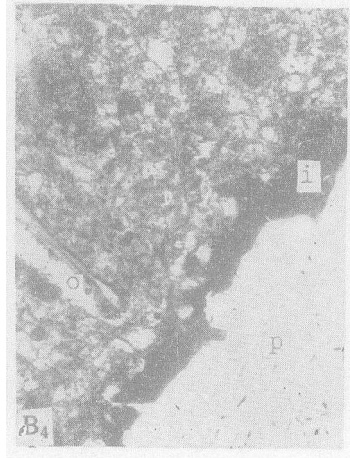


B₃ ×2000

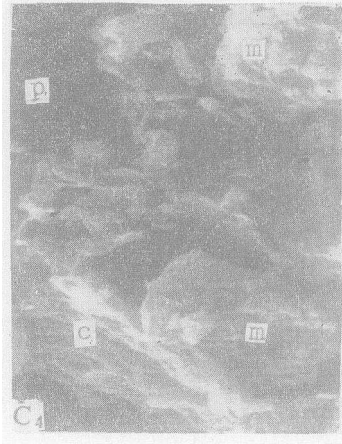
照片 3 组



A₄ ×3



B₄ ×27



C₄ ×2000

照片 4 组

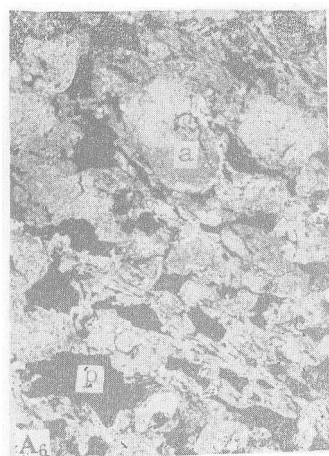
照片 3 组：无有机物料 (No. 6) 的土壤结构的微形态

Photo 3 group: Micromorphology of soil structure in the treatment
without organic material (No. 6)

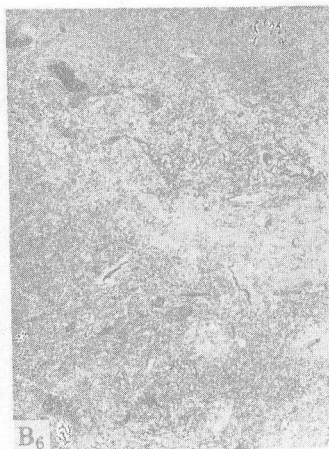
照片 4 组：稻草直接施入土中 (No. 7) 的土壤结构的微形态

Photo 4 group: Micromorphology of soil structure in the treatment
of direct addition of rice straw (No. 7)

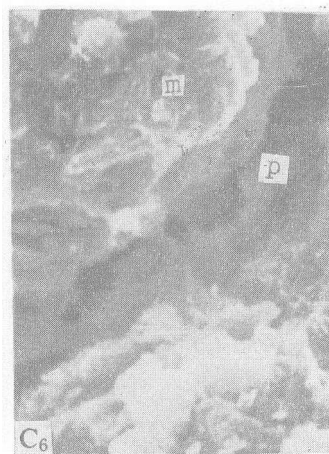
c. 胶结物 (cementing substance)



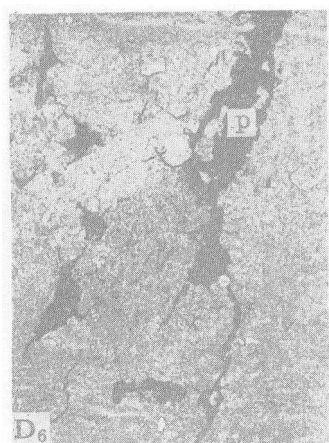
A₆ ×5 (No. 1)



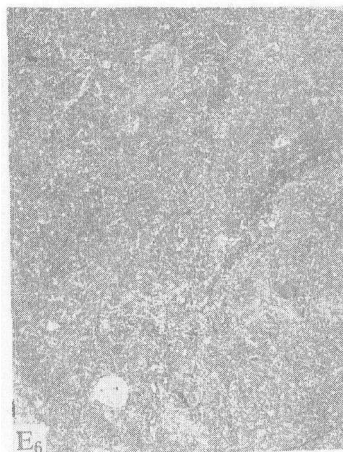
B₆ ×3 (No. 11)



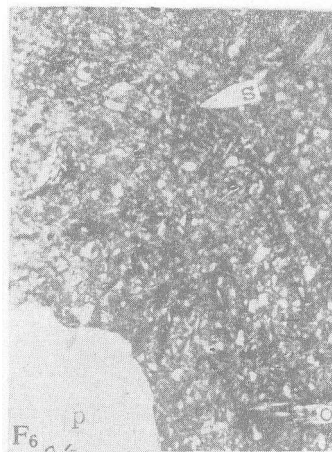
C₆ ×2000 (No. 11)



D₆ ×3 (No. 3)

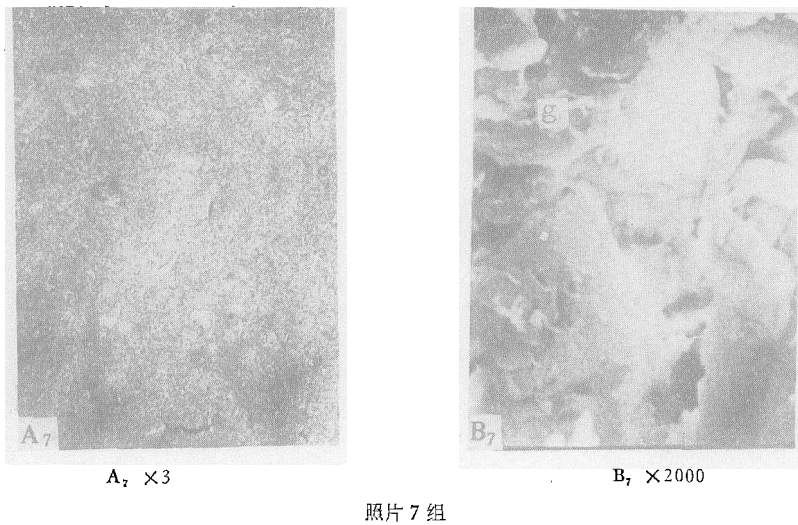
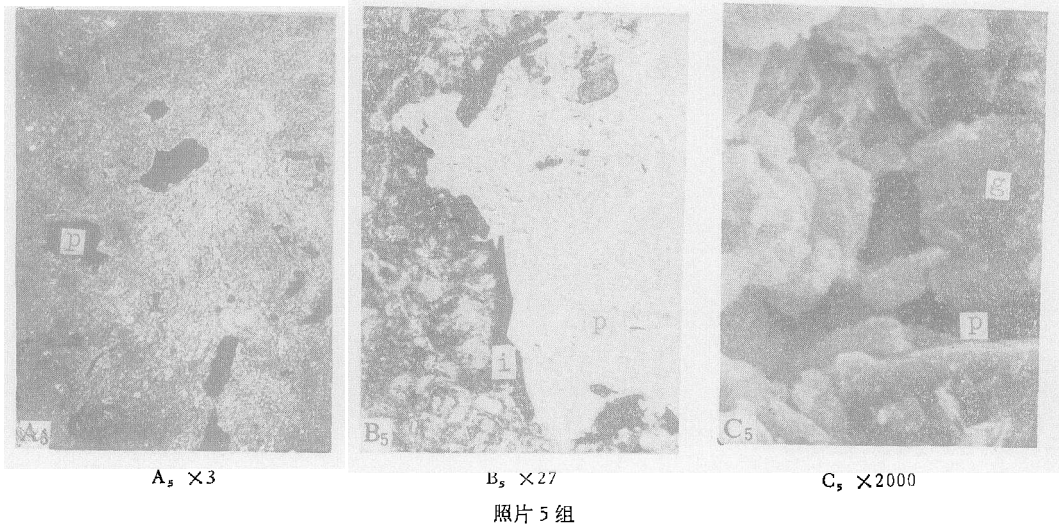


E₆ ×3 (No. 12)



F₆ ×27 (No. 12)

照片 6 组：粘闭 (No. 11,12) 和非粘闭 (No. 1,3) 土壤结构的微形态
Photo 6 group: Micromorphology of soil structure in the treatment
of puddling (No. 11, 12) and unpuddling (No. 1,3) conditions



照片 5 组：稻草沤制后加入土中 (No. 20) 的土壤结构的微形态

Photo 5 group: Micromorphology of soil structure in the
treatment with water composted rice straw (No. 20)

照片 7 组：“两熟”淹水的土壤结构的微形态 (No. 19)

Photo 7 group: Micromorphology of soil structure in the treatment
with double cropping rice under flooding condition (No. 19)