

东北几种耕作土壤的微形态特征*

高子勤 安桂茹

(中国科学院林业土壤研究所)

黑土、白浆土、苏打盐土是我国东北地区的主要耕作土壤。为了培育高肥沃度土壤,不仅需要了解它们的保肥量、供肥量、供肥速度和土壤的水、热、气状况等。也要摸清其结构性态,即土壤颗粒间的团聚垒结程度、团聚体的大小、排列状况和所形成团聚体的稳定性和孔隙性。以便揭示土壤肥力形成的机理,为进一步调节控制土壤肥力提供依据。

早期库比纳(W. L. Kubišna)提出研究土壤微结构的方法,将土壤物质分为两类,一类是土壤骨骼,即原生矿物碎屑、盐类晶体、粗有机质和难于分解的有机残体;另一类是土壤基质,即在土壤变化过程中易移动的高度分散的活性物质。后来 Brewer 进一步完善了土壤微形态学的研究方法。近年来,许多研究者^[2,4,7,9]又应用扫描电子显微镜与光学显微镜,研究土壤发生学与土壤肥力的微形态。姚贤良^[1]指出每种土壤结构固有的空间排列状态,直接影响着土壤肥力与作物生长。而土壤固相颗粒中的胶粒不断地变化和转移,影响着土壤中孔隙的形成,及其紧实度和稳定性的变化。

Brewer^[3]认为不同类型的土壤都具有其特有的土壤结构。在显微镜下观察薄片,可揭示出多样性的微团聚体内部结构,清晰地看到土粒的团聚和团聚体的结合形态,以及孔隙的形状、大小和颗粒的分布等。

本文应用光学显微镜和扫描电子显微镜观察了东北地区黑土、白浆土、苏打盐土等几种不同肥力水平耕作土壤的微形态特征。

一、供试土壤的一些基本性质

供试土壤为黑土、白浆土和苏打盐土。黑土分别采自吉林省怀德县、黑龙江省巴彦县及嫩江九三农场等地,取其腐殖质层或耕层,这些黑土的腐殖质层厚度和肥力水平均各不相同(见表1),但它们的成土母质都是湖沼沉积的黄土型粘土。白浆土采自黑龙江省桦南县曙光农场五队,为经过不同程度改良的耕作层及白僵层,其成土母质是河湖粘土沉积物。苏打盐土采自吉林省郭前旗县红旗农场五队的重度盐碱化苏打盐土荒地表层(含盐量0.36%, pH 9.70)、轻度盐碱化苏打盐土荒地表层(含盐量0.16%, pH 9.02)和改良好的苏打盐土耕层(含盐量0.08%, pH 7.91),其成土母质是河湖粘土及细砂土沉积物。

上述三类土壤在东北地区分布面积较广,一般白浆土与黑土成复区存在,由于它们的成土过程不同,表现的自然肥力水平差异亦明显。黑土含有较丰富的有机质,结构性良好,土壤肥沃,作物产量高。而白浆土与苏打盐土受其成土过程的影响,土壤性状较差,但

* 本文承陈恩凤、熊毅教授和姚贤良同志指正,谨此致谢。本所技术室电镜组协助扫描电镜观察。

表 1 不同肥力水平土壤中微团聚体组成

Table 1 The constituents of microaggregates in soils of various levels of fertility

| 土壤名称 Soil | 肥力状况 Fertility status | 深度 (cm) Depth | 土壤腐殖质 (%) Soil O. M. | 土壤阳离子 交换量 (meq/100g) C. E. C. | 各级颗粒含量(%) Amount of different microaggregates | | | | | | 粒径 (mm) Particle size | | 结构系数 % Structure coefficient | | | |
|------------------------------|---|---------------------|----------------------------|--|--|-----------|-----------|------------|-------------|--------|--------------------------|--------|---------------------------------------|------------|--|--------------------|
| | | | | | 1.00—0.50 | | | | | | 0.25—0.05 | | | 0.01—0.001 | | >0.05 mm (%) |
| | | | | | 0.50—0.25 | 0.25—0.05 | 0.05—0.01 | 0.01—0.005 | 0.005—0.001 | <0.001 | 0.005—0.001 | <0.001 | | | | |
| 厚层黑土 Thick black soil | 荒地 Virgin land | 0—30 | 6.86 | 36.48 | 27.73 | 19.31 | 24.18 | 19.25 | 5.45 | 0.43 | 71.22 | 97.32 | | | | |
| | 耕地, 高肥 Cultivat'd land, higher fertility | 0—25 | 5.78 | 35.84 | 3.12 | 8.73 | 24.99 | 39.43 | 11.68 | 0.90 | 36.84 | 96.11 | | | | |
| | 耕地, 低肥 Cultivated land, lower fertility | 0—25 | 3.81 | 33.92 | 2.48 | 7.34 | 14.69 | 42.89 | 13.73 | 4.65 | 24.51 | 85.93 | | | | |
| 薄层黑土 Thin black soil | 耕地, 低肥 Cultivated land, lower fertility | 0—22 | 2.72 | — | 2.28 | 4.27 | 40.82 | 36.25 | 10.66 | 3.63 | 47.37 | 91.45 | | | | |
| | 耕地, 高肥 Cultivated land, higher fertility | 0—23 | 6.17 | 33.92 | 0.74 | 2.13 | 36.17 | 47.65 | 5.80 | 6.42 | 39.04 | 95.39 | | | | |
| 苏打盐土 Soda-solon- chaks | 重度盐碱荒地 Strongly alkalized saline virgin land | 0—25 | 2.86 | 12.27 | 0.69 | 2.19 | 17.95 | 35.33 | 3.99 | 21.86 | 20.83 | 2.41 | | | | |
| | 中度盐碱荒地 Medium alkalized saline virgin land | 0—25 | 1.72 | 5.53 | 0.99 | 3.12 | 20.95 | 42.99 | 8.54 | 11.28 | 25.06 | 24.80 | | | | |
| | 已改良 Ameliorated | 0—25 | 2.34 | 13.81 | 1.80 | 4.21 | 40.24 | 43.75 | 3.72 | 2.91 | 46.25 | 76.53 | | | | |
| 白浆土 Planosol | 改良较差的表层 Poorly ameliorated surface soil horizon | 0—28 | 2.77 | 16.89 | 3.38 | 4.60 | 19.02 | 40.20 | 20.20 | 0.80 | 27.06 | 95.06 | | | | |
| | 白僵层 Bleached horizon | 28—42 | 0.83 | 15.87 | 2.68 | 5.63 | 18.06 | 47.05 | 12.24 | 2.37 | 26.37 | 90.95 | | | | |
| | 改良较好的表层 Well ameliorated surface soil horizon | 0—30 | 2.68 | 24.97 | 2.71 | 2.50 | 12.79 | 47.60 | 16.20 | 0.40 | 18.00 | 98.46 | | | | |
| | 改良差的白僵层 Poorly ameliorated bleached horizon | 30—35 | 1.46 | 20.29 | 1.95 | 2.33 | 23.72 | 40.20 | 16.80 | 0.80 | 28.00 | 97.32 | | | | |

表 2 不同肥力水平土壤中水稳性团聚体组成
 Table 2 The constituents of water-stable aggregate in soils of various levels of fertility

| 土壤名称 Soil | 肥力状况 Fertility status | 深度 (cm) Depth | 水稳性团聚体占干土重(%) Amount of different water-stable aggregates in dry soil | | | | | | 颗粒直径(mm) Particle size | |
|------------------------------|--|---------------------|--|-------|-------|-------|----------|-------|---------------------------|--|
| | | | >5 | 5-2 | 2-1 | 1-0.5 | 0.5-0.25 | <0.25 | >0.25 | |
| 厚层黑土(九三) Thick black soil | 荒地 Virgin land | 0-30 | 24.70 | 16.15 | 8.63 | 13.27 | 7.54 | 29.71 | 70.29 | |
| | 耕地, 高肥 Cultivated land, higher fertility | 0-25 | 1.06 | 7.40 | 36.44 | 10.44 | 16.21 | 28.45 | 71.55 | |
| | 耕地, 低肥 Cultivated land, lower fertility | 0-25 | 1.71 | 4.18 | 6.41 | 18.93 | 25.89 | 42.88 | 57.12 | |
| 中厚层黑土 Medium black soil | 耕地, 高肥 Cultivated land, higher fertility | 0-23 | 2.81 | 5.51 | 4.03 | 21.27 | 28.97 | 37.41 | 62.59 | |
| | 耕地, 低肥 Cultivated land, lower fertility | 0-22 | 5.70 | 3.34 | 2.45 | 16.18 | 25.15 | 47.18 | 52.28 | |
| 苏打盐土 Soda-solonchaks | 荒地 Virgin land | 0-25 | 50.88 | 10.86 | 5.59 | 5.26 | 5.62 | 21.79 | 78.21 | |
| | 已改良 Ameliorated | 0-25 | 2.91 | 3.25 | 5.00 | 15.29 | 22.15 | 51.40 | 48.60 | |
| 白浆土 Planosol | 改良较好的表层 Well ameliorated surface soil horizon | 0-30 | 3.34 | 7.08 | 3.30 | 10.82 | 30.70 | 44.76 | 55.24 | |
| | 改良差的白僵层 Poorly ameliorated bleached horizon | 30-35 | 5.20 | 9.70 | 2.20 | 7.50 | 14.40 | 61.00 | 39.00 | |

经过各种农业技术措施改良之后,大面积的白浆土和苏打盐土的土壤性质和肥力状况也有不同程度的改善和提高。

厚层黑土中 >0.05 毫米微团聚体数量、腐殖质含量,皆以荒地居多。土壤结构系数荒地为 97.32%,高肥地 96.11%,低肥地 85.93%。 >0.25 毫米水稳性团聚体,以厚层黑土高肥地最高为 71.55%,较均匀地分配于 2—0.25 毫米各级团聚体中,而低肥地为 57.12%,集中分配在 1—0.25 毫米团聚体中(见表 1 和表 2,下同),因此厚层黑土的高肥地,是土壤肥力高、结构稳定的典型土壤。

白浆土经过种植绿肥、增施有机肥后,土壤颜色由灰白变深,白僵层基本消失。改良后的白浆土表层中, >0.25 毫米水稳性团聚体为 55.24%,改良差的白僵层为 39%。

苏打盐土受盐碱化影响,湿时土壤粘重,干时板结无结构,通透性差。重度盐碱化苏打盐土荒地中,所形成的 >0.05 毫米微团聚体仅有 20.83%, >0.25 毫米水稳性团聚体,受盐分的影响,主要是集中在 >5 毫米粒级中,结构系数仅 2.41%。经过 20 余年洗盐、种稻后,土壤含盐量降低, >0.05 毫米微团聚体达到 46.25%, >0.25 毫米水稳性团聚体为 48.60%,结构系数为 76.53%,在耕层中已形成松散的小团粒状结构。

由上可见,腐殖质含量高的土壤中,微团聚体的组成主要集中于 0.25—0.05 及 0.05—0.01 毫米粒级,而 <0.001 毫米粒级含量较少,土壤中大部分粘粒参与了大的微团聚体的聚合。土壤腐殖质含量与 >0.05 毫米微团聚体呈正相关, $r=0.59$ ($P < 0.05$)。与 >0.25 毫米水稳性团聚体,呈显著正相关, $r=0.94$ ($P < 0.01$)。

二、结果与讨论

(一) 土壤结构的空间排列状况

在显微镜下观察土壤薄片¹⁾,黑土呈黑褐色,白浆土呈黑棕色,苏打盐土呈灰黑色。白浆土及苏打盐土中夹有腐殖质颗粒,开始向小土粒及团聚体中渗入,呈棕褐色。黑土、白浆土、苏打盐土微结构的共同特点是:土壤肥力高者,团聚体发育较好,腐殖质与矿物质胶结紧密,团聚体之间形成多种多样孔隙。

黑土结构是由大小不等浑圆形或椭圆形团聚体组合而成,团聚体由暗黑色球形小颗粒联结(图版 I 照片 3),小的团聚体由 4—5 个颗粒粘结,大的由 10 余个或 20 余个颗粒粘结一起。团聚体的聚合形态可分为一级微团聚体、二级微团聚体和三级微团聚体,并夹有许多一级向二级、三级聚合体的过渡形态。含有多量腐殖质的海绵状微结构的特征是:结构垒结疏松不散,团聚体融合柔和,团聚体的外形光滑,与絮凝状基质交织一起,团聚体及颗粒表面有深褐色腐殖质胶膜渗透和包被(图版 I 照片 2),结构中有充分的空间,保持了良好的持水性和通气性。未开垦黑土荒地的土壤结构垒结致密紧实,为不规则棱块状大团聚体,在团聚体中黑色颗粒比高肥地小一倍左右,并有许多石英砂粒夹于其中(图版 I 照片 1),相当于库比纳所称的紧实状土壤微结构。不同形状的孔隙是在土粒团聚过程中发育的,肥沃黑土的孔隙,呈树枝状均匀的分布,即团聚体间及团聚体内部孔隙呈不规则

1) 土壤薄片的制备采用不饱和聚酯树脂丙酮稀液法,浸渍原状土样,固化后制成 0.02—0.03 毫米厚度的薄片,在显微镜下观察并拍照。

弯曲状,个别大孔洞是受植物根的影响,呈管道分枝状孔隙,孔隙率¹⁾为 19.8%;黑土荒地孔隙呈交织管道状,有植物残体存在,孔隙率高达 29.6%;至于薄层和中厚层腐殖质黑土所形成的团聚体,则仅由八、九个暗黑色小颗粒聚合,薄层孔隙率为 8.2%,中厚层为 17%。

改良好的白浆土已形成一、二级微团聚体,多数为一级微团聚体过渡类型,有似凝胶状物质填充于颗粒间,使团聚体垒结较紧密。在大团聚体中有小裂隙状孔隙(图版 I 照片 4),孔隙率为 8.7%。未改良好的白浆土耕层主要是一级微团聚体,呈胶凝状松散垒结,为聚积状微结构(图版 I 照片 5)。白僵层主要由砂粒组成,并有网状大孔洞,但一般为小裂隙。此外还夹有大小不等的黑褐色氧化铁腐殖质颗粒。孔隙率仅有 4.2%(图版 I 照片 6)。

苏打盐土的结构性最差,未改良的重盐渍化苏打盐土湿时粘重,干时坚硬碎裂,为无结构土壤。在镜下可见黑色颗粒紧密镶嵌一起,颗粒表面没有胶膜包被。由于土质粘硬²⁾土壤干湿交替,在膨胀及收缩的影响下,只形成有水平方向裂隙状孔隙,孔隙率仅 3.0%(图版 I 照片 7)。在轻度盐渍化未改良的荒地土壤薄片,见有棕黄色半腐熟植物残体,黑色颗粒表面包被有胶膜,颗粒间联合松散,未形成大的团聚体,由于植物组织及根孔的影响,土壤颗粒间的裂缝大,呈曲线及管道状孔隙,孔隙率为 8% 左右(图版 II 照片 8)。改良 20 余年的苏打盐土已形成良好土壤结构,开始由一级微团聚体向二级过渡聚积,颗粒间结合较紧(图版 II 照片 9),有大量植物残体及透明的大石砾存在,所形成的黑色颗粒较黑土小一倍,一级微团聚体由十余个黑色颗粒聚结,二级微团聚体由 20 余个黑色颗粒聚结,状似黑色颗粒镶嵌于胶凝状物质中,并有管状或不规则龟裂状孔隙。有一些砂粒夹于其间,使结构不够融合。孔隙率为 9—10%。

按照库比纳的微结构分析,白浆土和苏打盐土属于低级微结构,前者为聚积状微结构及漂白砂型微结构,后者为斑晶胶溶状微结构及交织包膜状微结构。黑土则属于高级微结构类型中的海绵状微结构及紧实状微结构二种类型。

(二) 土壤结构的复合状态

在扫描电子显微镜 2,000 倍下观察原状土结构,可见各种土壤呈现截然不同的复合状态^{15,6,9)}。肥力较低的厚层黑土(图版 III 照片 10)大部分由 20—30 微米直径的多面骨骼颗粒聚结组成,颗粒表面轮廓不规整,呈现为颗粒状面与面堆积和似散砾垒迭,粘连不紧密。而肥力较高的黑土颗粒大小比薄层黑土小,一般为 1—5 微米左右,甚至有的颗粒小于 0.5 微米(图版 III 照片 11, 12)。颗粒表面呈波状或似棉絮状分布,有许多轮廓清晰的圆形颗粒凝聚于表面,呈乳头状凸起,这是柔和的有机无机复合形态,土壤孔隙分布均匀。

未改良的苏打盐土的土壤颗粒呈现不规则的排列,大部分是 5 微米左右的颗粒,凝聚在颗粒表面上的胶溶物质较少,土壤裂隙不规整(图版 III 照片 13)。经过改良之后,土壤含盐量降低,土壤颗粒变小,最小的约为 0.3 微米左右,一般为 2—2.5 微米,颗粒表面的胶溶物质使颗粒互相粘连,并且融溶成复合状态(图版 III 照片 14, 15)。

1) 土壤孔隙率采用显微镜网格算法。

白浆土与上述两类土壤有明显差异,未改良的白浆土耕层及白僵层,皆呈散碎石砾堆积状态存在,粘结得松散,没有胶溶物质(图版 III 照片 16)。经过改良的耕层及白僵层,颗粒逐渐变小,堆积粘连一起,颗粒表面有胶凝物质呈现出复合状态(图版 IV 照片 17, 18)。

扫描电子显微镜的资料,进一步说明了有机物质对胶结土壤颗粒,促进土壤熟化,形成肥沃度高的有机无机复合体具有相当重要的作用。

三、小 结

通过用光学显微镜、扫描电子显微镜和结构分析,对具有不同肥沃程度的黑土、白浆土、苏打盐土的微形态进行了研究。

1. 黑土含有丰富的有机质,形成结构的团聚度高,稳定性能好。黑土中 > 0.05 毫米微团聚体为 30—70% 左右,在白浆土中则低于 30%,在未改良的苏打盐土荒地及改良后的苏打盐土中分别为 20% 及 46%。 > 0.25 毫米水稳性团聚体与微团聚体数量的分配趋势基本一致。

2. 在显微镜下,可以精确地观察到土壤微团聚体的聚合程度、团聚体的大小以及孔隙度。黑土呈海绵状微结构,有许多胶凝状物质连结土壤颗粒,形成了疏松的土壤结构,孔隙度高。白浆土呈聚积状微结构,结构松散,孔隙度低。未改良的苏打盐土呈斑晶胶溶状微结构,由于受盐分的影响,几乎没有团聚体形成。改良的苏打盐土呈交织包膜状微结构,由胶凝状物质胶结矿质颗粒形成微团聚体。

3. 通过扫描电子显微镜观察土壤有机无机复合体的变化,在肥沃黑土中的有机无机复合体,由胶凝状物质结成松软的结构。在未改良的苏打盐土及白浆土中,仅仅是颗粒的聚结,而不是粘合。在改良的苏打盐土中,有一些胶凝物质出现在颗粒表面,即形成了有机无机复合体。

参 考 文 献

- [1] 姚贤良, 1965: 土壤结构的肥力意义。土壤学报, 第 13 卷 1 期, 111—120 页。
- [2] 唐克丽, 1978: 大寨海绵土微形态特征。土壤学报, 第 15 卷 2 期, 165—170 页。
- [3] Brewer, R. (ed.), 1973: Some considerations concerning micromorphological terminology. Soil microscopy, 28—48, Limestone press, Kingston, Canada.
- [4] Davey, B. G. (ed.), 1978: Soil structure as revealed by scanning electron microscopy. Modification of soil structure, 97—102. Wiley, New York.
- [5] Junzo, Azuma, 1977: Electron microprobe analysis of minerals in soil aggregates. 神户大学农学部研究报告, 第 12 卷 2 号, 283—295。
- [6] Junzo, Azuma and Toshihiro Nakamura, 1977: Micromorphological differences between non-volcanic and volcanic-ash soils as shown by the scanning electron microscopy. 神户大学农学部研究报告, 第 12 卷 2 号, 275—282。
- [7] Lynn, W. C. and Grossman, R. B. 1970: Observation of certain soil fabrics with the scanning electron microscope. S. S. S. Amer. Proc., 34: 645—648.
- [8] Low, A. J. and Stuart, P. R., 1974: Micro-structural differences between arable and old grassland soils as shown in the scanning electron microscope. J. Soil Sci., 2: 135—137.
- [9] Stoops, G. (ed.), 1973: Optical and electron microscopy. A comparison of their principles and their use in micropedology. Soil microscopy, 108—118, Limestone press, Kingston, Canada.

MICROMORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SOME CULTIVATED SOILS IN NORTH-EASTERN CHINA

Gao Zi-qin and An Gui-ru

(*Institute of Forestry and Pedology, Academia Sinica*)

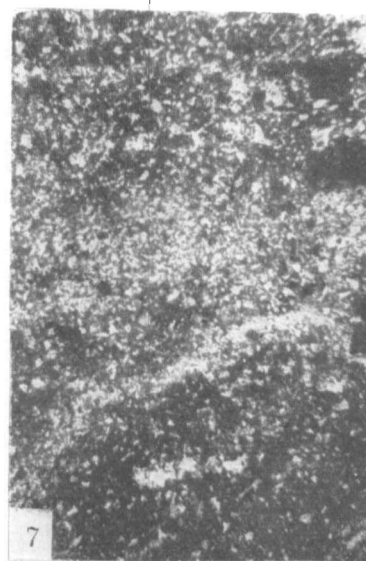
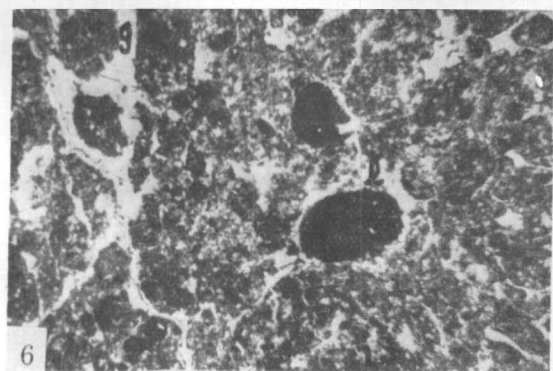
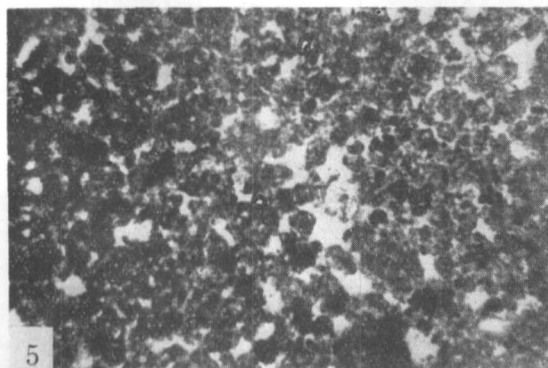
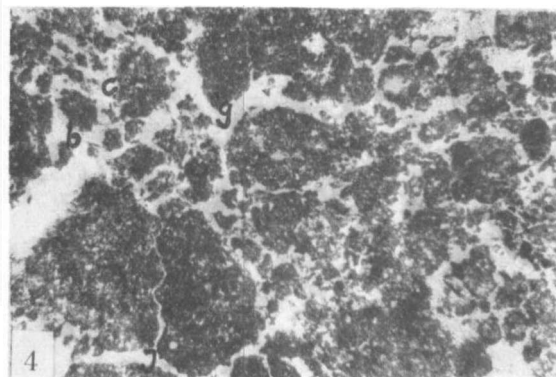
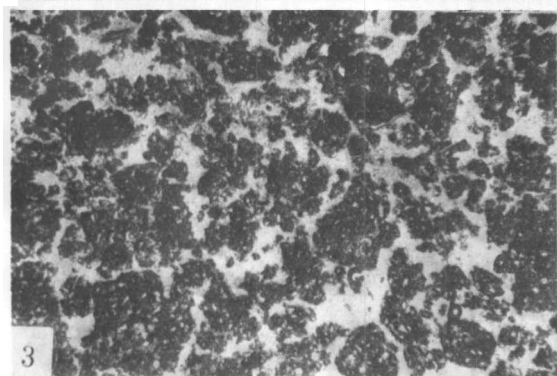
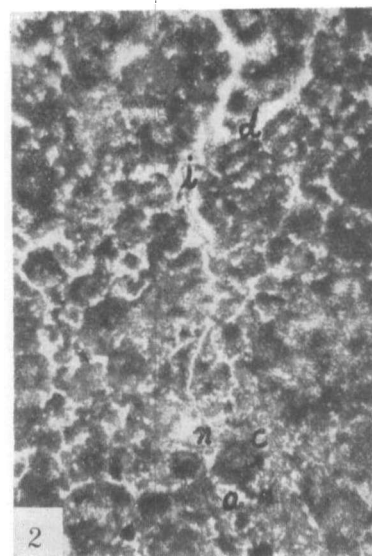
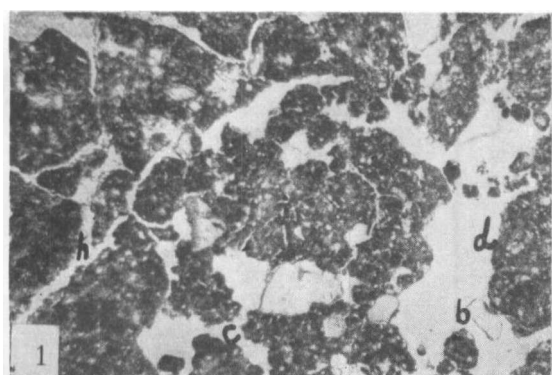
Summary

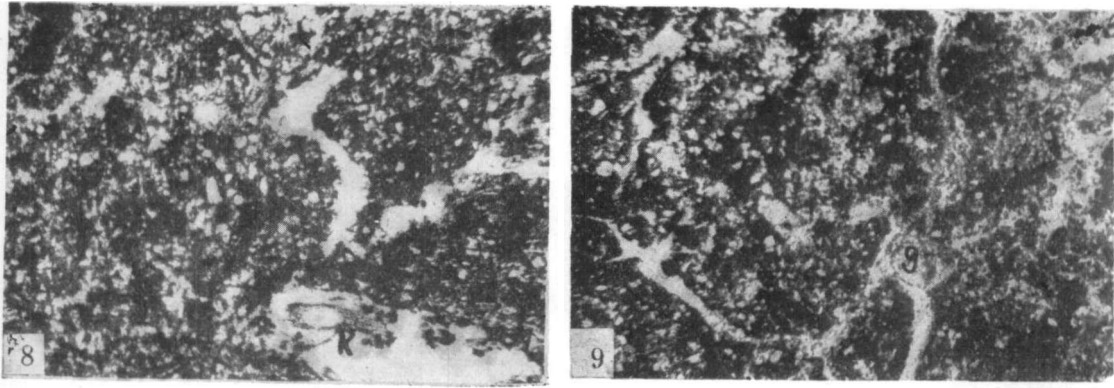
Micromorphological characteristics of black soils, planosols and soda-solonchaks of various levels of fertility were investigated by means of structure analysis, optical microscopy and scanning electron microscopy. The results obtained are summarized as follows:

1. With large amount of humic substances, black soils are well aggregated and highly stable in structure. The content of microaggregates (> 0.05 mm) in black soils is about 30—70%, that in planosols is less than 30%, that in unimproved soda-solonchak is 20%, and that in ameliorated soda-solonchak is 46%. The water-stable aggregates (> 0.25 mm) are distributed with the same tendency of the microaggregates (> 0.05 mm) in the soils.

2. Under microscope, the degree of aggregation and the size of soil microaggregates, as well as soil porosity can be observed precisely. Black soils have a spongy fabric. Soil particles are cemented by gel-like substances to form porous soil structure. Planosols show a loose bound agglomeratic fabric with lower porosity. Unimproved soda-solonchaks belong to a porphyropeptic fabric in which almost no aggregates can be found. The ameliorated soda-solonchaks have a pluctoamietic fabric in which microaggregates are formed by the gel-like substances and mineral grains.

3. The variation of the organo-mineral complexes in soils is also observed by scanning electron microscope. In fertile black soils the organo-mineral complexes are agglutinated by the gel-like substances to form a loose and soft soil structure. In unimproved soda-solonchaks and planosols the particles are merely accumulated together without any evidence of cementation. While in ameliorated soda-solonchaks some gel-like substances appear on the particle surface, which means organo-mineral complexes are formed.





显微照片说明 (×60)

- 照片 1 厚层黑土荒地表层 海绵状微结构, 不规则稜块状团聚体, 夹有许多砂粒, 网状及管状孔隙, 和植物残体存在。
- 照片 2 厚层黑土高肥地耕层 海绵状微结构, 团聚性较好, 凝胶物质聚积于团聚体表面, 树枝状孔隙。
- 照片 3 厚层黑土低肥地耕层 海绵状微结构, 团聚性较好, 织网状及树枝状孔隙。
- 照片 4 改良后白浆土耕层 疏散微结构, 有明显团聚性, 管状孔隙。
- 照片 5 改良差的白浆土耕层 聚积状微结构, 团聚性差, 夹有砂粒和腐殖质颗粒, 孔隙性差。
- 照片 6 白僵层 漂白砂型微结构, 矿质颗粒联结较松, 未形成团聚体, 有氧化铁腐殖质颗粒及砂粒存在, 管状及囊状孔隙。
- 照片 7 重度苏打盐土荒地表层 斑晶胶溶状微结构, 无团聚体形成, 多为砂粒与黑色颗粒聚结, 无孔隙性。
- 照片 8 轻度苏打盐土表层 斑晶胶溶状微结构, 开始形成团聚体, 夹有较多砂粒及植物残体, 管状孔隙。
- 照片 9 改良的苏打盐土耕层 交织包膜状微结构, 团聚性及孔隙性较好。

Descriptions of photomicrographs (×60)

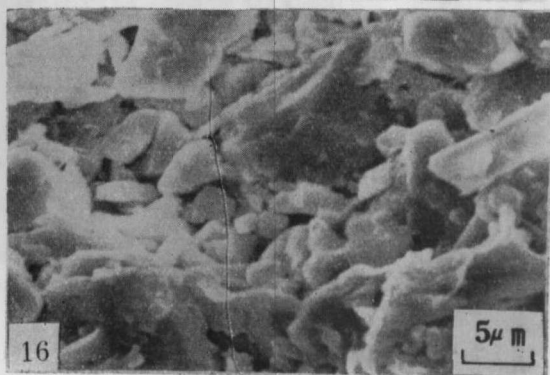
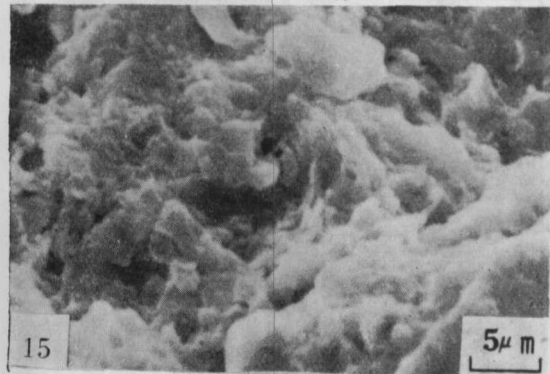
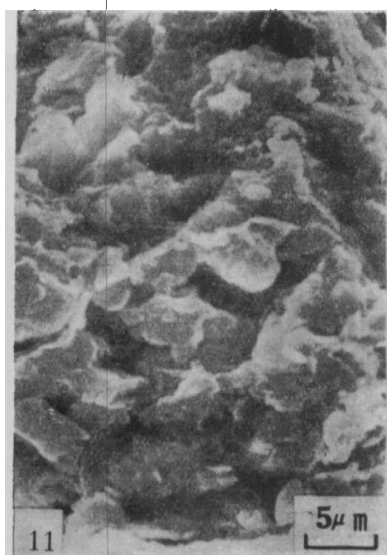
- Fig. 1 Surface horizon of thick black soil (virgin land). Spongy fabric, with many sands and plant residues between prismatic aggregates, netted and channel voids.
- Fig. 2 Plowed horizon of thick black soil of high fertility. Spongy fabric, well-aggregated, the gel-like substance accumulated on the surface of aggregate, with dendroid voids.
- Fig. 3 Plowed horizon of thick black soil of lower fertility. Spongy fabric, well-aggregated with anastomosing and dendroid voids.
- Fig. 4 Plowed horizon of ameliorated planosol. Loose fabric, evidently aggregated with channel voids.
- Fig. 5 Plowed horizon of poorly ameliorated planosol. Agglomeratic fabric, less aggregated, with many sands and iron oxide-humic-concretions between the aggregates and few voids.
- Fig. 6 Bleached horizon. Bleached fabric, no aggregate formed, with many iron oxide-humic-concretions, sands, channel and chamber voids.
- Fig. 7 Surface horizon of strong soda-solonchak virgin land. Porphyropeptic fabric, no aggregate formed, sands and mineral particles accumulated together, without voids.
- Fig. 8 Surface horizon of weak soda-solonchak virgin land. Porphyropeptic fabric, primary aggregates, many sands and plant residues between the aggregates, with channel voids.
- Fig. 9 Plowed horizon of soda-solonchak soil after amelioration. Pluctoamtic fabric, well-aggregated and porous.

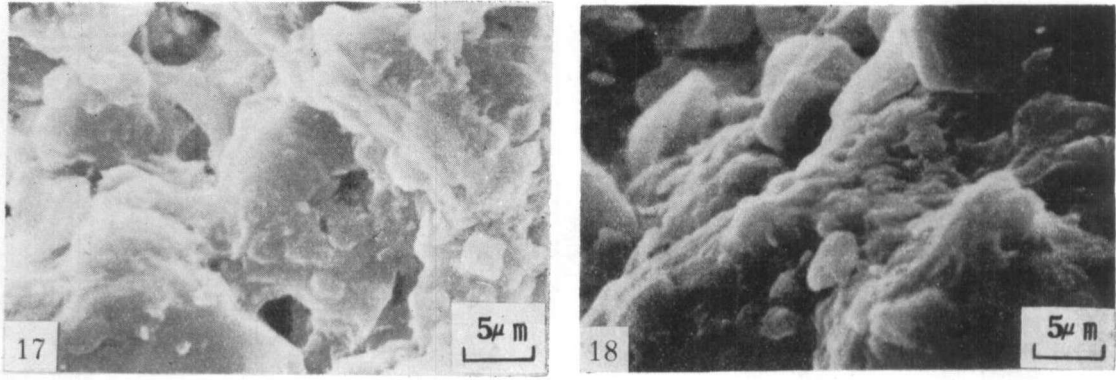
图 例

- a 黑色球形颗粒; b 一级微团聚体; c 二级微团聚体; d 三级微团聚体; e 孔隙; f 团聚体内部孔隙;
- g 管道状孔隙; h 织网状孔隙; i 树枝状孔隙; j 裂隙; k 有机残体; l 氧化铁腐殖质结核; m 砂粒;
- n 凝胶膜

Legend

- a. Black spheroidal grains; b. Primary microaggregate; c. Secondary microaggregate; d. Tertiary microaggregate; e. Voids; f. Interaggregate voids; g. Channel voids; h. Anastomosing channels;
- i. Dendroid channel voids; j. Fissure; k. Organic residues; l. Iron oxide-humic-concretions; m. Sand particles; n. Gel-cutans





扫描电镜照片说明 (×2,000)

- 照片 10 薄层黑土耕层
- 照片 11 厚层黑土高肥地耕层
- 照片 12 厚层黑土荒地表层
- 照片 13 重度苏打盐土荒地表层
- 照片 14 轻度苏打盐土耕层
- 照片 15 改良后苏打盐土耕层
- 照片 16 未改良的白浆土耕层
- 照片 17 改良后的白浆土耕层
- 照片 18 改良后的白浆土的白僵层

Descriptions of scanning electron micrographs (× 2,000)

- Fig. 10 Plowed horizon of thin black soil
- Fig. 11 Plowed horizon of thick black soil of high fertility
- Fig. 12 Surface horizon of thick black soil (virgin land)
- Fig. 13 Surface horizon of strong soda-solonchak virgin land
- Fig. 14 Plowed horizon of weak soda-solonchak
- Fig. 15 Plowed horizon of soda-solonchak after amelioration
- Fig. 16 Plowed horizon of unimproved planosol
- Fig. 17 Plowed horizon of ameliorated planosol
- Fig. 18 Bleached horizon of ameliorated planosol