

我国辽西几种褐土的微形态研究*

谢萍若 左敬兰 国际翔

(中国科学院林业土壤研究所)

摘 要

本文应用偏光显微镜观察了土壤细土物质的二维空间微垒结和其光学性质,应用扫描电镜观察了亚微结构和土壤形成特征,讨论了细土物质的物理、化学性状在土壤的稳定性和某些抗蚀性能方面的作用。

辽宁西部地区是低山丘陵区,由于自然植被受到严重破坏,土壤侵蚀严重。随母质不同,侵蚀类型各异。我们曾研究了本区几种土壤细粒矿物的组成和某些理化特性,它们随母质及其经历过程而不同。土壤微形态特征是土壤物质的物理、化学和生物过程的综合反映,它有助于更进一步研究土体性状^[6,8]和成土过程^[4,7]。本文应用偏光显微镜和扫描电镜观察了这几种土壤的微形态,着重研究土壤结构中细粒矿物的形态特征及其在空间的排列状况和微垒结,讨论了细土物质在土壤的稳定性和某些抗蚀性能方面的作用。

一、材料和方法

供试土壤 剖面 1: 发育在花岗片麻岩残积坡积物上的棕色森林土;剖面 2: 发育在红色粘土上的淋溶褐土;剖面 3: 发育在黄土母质上的褐土;剖面 5: 发育在紫色页岩坡积物上的残余碳酸盐褐土。土壤的剖面形态、一般性质和粘粒矿物组成详见参考文献[3]。

土壤微形态特征观察 首先按发生层选择土壤样块,用 SZ-III 型实体显微镜在 30—40 倍下观察和记载。取代表性样块用 3301 不饱和聚酯树脂浸渍、固化、制成薄片,在偏光显微镜下观察微团聚体状况和基质微垒结。同时,选取 1 平方毫米代表性样块在 JEM-100B 电镜扫描装置上观察和照相。观察侧重于土壤粘粒物质和土壤形成物的形态及其在空间的排列状况和基质微垒结特征^[1]。每个样品均重复取样三次,并作多视野观察和照相。文中仅选用其代表性图象。

二、结果和讨论

(一) 剖面 1 AB 层土体: 在实体显微镜下为不均匀的浅棕色,有较多暗色矿物,石英砂粒不少。粗粉砂粒多,排列较疏松,结构不明显。0.1 毫米细根多,1 毫米大孔隙和 0.1 毫米裂隙较多,50 厘米以下偶见有微量针状晶体。

偏光显微镜下观察的微形态特征列于表 1 剖面号 1。由图版 I, 1-A 可见,半风化黑

* 土壤薄片由吴彦明同志制备。

云母多,多色性弱,干涉色鲜艳,部分铁质化。有绿泥石化黑云母颗粒。除就地风化粘粒和绿泥石化颗粒外,部分风化粘粒淀积于骨骼颗粒面,优选定向差。基质主要为斑点消光、无细粒物质离析(Plasma separation)¹⁾的微垒结。孔多不规则,团聚体轮廓不明显。

由扫描电镜图象(图版 II, 2-A)可见,土体主要为 50 微米左右的骨骼颗粒和连结颗粒的片状粘土所组成,骨骼颗粒清晰可见,部分骨骼颗粒表面覆盖有非移动性云母状细土物质,粘粒和骨骼颗粒之间的桥接弱。未见碳酸钙晶体。孔洞呈堆集状,微孔隙(5—30 微米)和超微孔隙(< 5 微米)多。土壤胶结团聚作用弱。

(二) 剖面 2 A 层土体: 在实体显微镜下为黄棕色带红的均一色彩,20 微米粉砂较多。块状结构,由 20—300 微米小自然结构体构成,此小结构体为带红色的 5—10 微米白云母碎片组成。细裂缝多,有细根。

偏光显微镜下观察的微形态特征列于表 1 剖面号 2。由图版 I, 1-B 可见,泥浊化和铁质化长石风化物较多,并有风化粘粒和绢云母。细条状定向粘土交错镶嵌骨骼颗粒,带状铁质-粘粒胶膜成弱条块状消光,分布不均一,与土体骨骼颗粒形成铁染基质的自然结构单元。基质为斑点条纹消光,骨骼面间有格子状细粒物质离析物的微垒结。

由扫描电镜图象(图版 II, 2-B)可见,土体多为 < 1 微米的片状细土物质所覆盖,细土物质连结成片,易干缩,造成微裂隙多。湿时膨胀产生剪压,造成瓦片状微垒结(图版 II, 2-C)。

B₁ 层土体: 在实体显微镜下为红棕色,不规则稜块状结构,干缩后龟裂状裂隙交错,结构较紧实。土体由各种不规则鳞片状自然结构体构成,结构体上有棕红色铁质粘粒胶膜;后者在薄片表现为更为浓集的条块状消光的定向铁质-粘粒胶膜。图版 II, 2-D 为结构体表面特征和铁质粘粒胶膜。

(三) 剖面 3 AB 层土体: 在实体显微镜下为浅棕色较均一色彩,有少许暗色矿物,20—30 微米粒级较多,不明显团块结构,较疏松。1 毫米左右和 0.5 毫米以下大孔隙多,孔隙面上分布有白色丝状物,并见有 50 微米的裂隙。剖面上下层较为一致,下层团聚结构较不明显,大孔隙中常见有白色粉状沉淀物。

偏光显微镜下观察的微形态特征列于表 1 剖面 3。在 A 层除少数大骨骼颗粒外,大多为 0.02—0.04 毫米粉砂颗粒镶嵌于光性定向粘粒基质中,骨骼颗粒面无细粒物质离析物,粘粒呈斑点条纹消光。由于土体大多为微晶碳酸钙胶结而显混浊,细粒物质呈凝聚状,定向性弱。在 B 层局部碳酸钙少的地方,显示出骨骼颗粒面有定向平行的薄层细粒物质离析物,中度优选定向。碳酸钙除呈根际环状物外,在土体中常以泥油体(在 A 层)或均匀散布的自生方解石颗粒(0.04—0.08 毫米,在 B 层)为核心形成团聚体,在团聚体面上和内外孔洞边沿常覆有针状微晶(图版 I, 1-C),大小沟孔和面孔多,形成多级团聚体(图版 I, 1-D)。

从扫描电镜图象(照片略)来看,土体主要为 10—50 微米矿物颗粒或片状粘粒集合体组成。颗粒表面几乎完全被细土物质所覆盖(在另外一些图象中,2—10 微米矿物颗粒则完全裸露堆集)而相互粘连,形成各种中、小孔洞和腔状孔道,孔壁较光滑。常见有棒状碳

1) 细粒物质离析是指细粒物质或细粒物质团聚体重行定向和排列的方式,而不是指属于土壤形成物中的细粒物质离析物。

表 1 土壤的微形态特征

Table 1 Micromorphological features of soils

剖面号 Profile No.	土层 Horizon	细粒矿物 Fine particles	团聚体 Aggregates	孔隙 Pores	腐殖质 Humus	细粒物质微丝结* Plasmic fabric	新形成物 New formations
1	A	黑云母就地风化粘粒, 泥蚀化长石	轮廓不明显较松散	堆集孔洞片状裂隙	棕褐色半分解植物残体, 少	斑点消光, 折离少, 伏选定向弱	就地风化黑云母, 很多
	B		较致密	沟孔多	—	伏选定向弱	泥蚀状, 针状 CaCO ₃ , 少
2	A	长石风化粘粒集合体, 白云母, 绢云母	轮廓清楚的致密团聚体和块状体	不规则小孔洞片状裂隙	半分解植物根, 混浊腐殖质颗粒	斑点条纹消光, 骨骼面间格子状离析, 伏选定向好	骨骼面带状铁质-粘粒胶膜
	B		致密块状体	片状裂隙	—	伏选定向好	同上
3	A	白云母多, 泥蚀点	多级团聚体, 块状体	许多交错孔洞	半分解植物根	斑点条纹消光, 骨骼面薄层离析, 伏选定向较弱	CaCO ₃ , 颗粒分布均匀, 根孔面扩散团聚多, 孔隙微团聚体内外针状微晶多
	B	长石, 黑云母	轮廓较上差	孔洞孔道多	—	伏选定向较弱	—
5	A	长石、白云母和黑云母的风化粘粒	轮廓较清楚的团块	多植物根孔道, 孔洞	棕褐色半分解植物残体, 暗褐色混浊无定形腐殖质	斑点条纹消光, 骨骼面薄层离析, 伏选定向较弱	混浊密集 CaCO ₃ 凝团
	BC		不明显	—	—	伏选定向较弱	块状 CaCO ₃

* 仿用 R. Brewer (1964) 细粒物质微丝结术语表示。

酸钙晶体。由图版 II, 2-E 可见, 在 B 层的大孔隙面上棒状碳酸钙晶体经过土壤中的溶解、运移和脱水重结晶, 在微孔面上形成 $0.1 \times 0.5-2$ 微米的针芽晶膜。因此, 不仅土壤碳酸钙含量高(达 14%), 碳酸钙活动性和比表面积大, 团聚胶结作用强。

(四) 剖面 5 A 层土体: 在实体显微镜下为浅紫褐色, 呈不明显核块状, 0.5 毫米细根多, 根孔边面多碳酸钙丝状体。30 微米的细裂缝较多。

偏光显微镜下观察的微形态特征列于表 1 剖面 5。在薄片可见, 骨骼颗粒除石英外, 风化长石多, 游离铁呈斑条状析出; 黑云母和白云母风化强。粘粒呈针形细条状消光, 为不均匀棕色腐殖质泥团所染, 在平行偏光下土体呈棕褐色纤维状物凝团(图版 I, 1-E), 定向性弱。大骨骼颗粒面上常有定向细粒物质析物淀积。植物根孔很多, 多为半腐殖质化残体所填充, 并与细粒物质胶结(图版 I, 1-F)。碳酸钙凝团和自生方解石常可见得。

由扫描电镜图象(图版 II, 2-F)可见, 土体主要为蒙皂石粘土, 粘粒物质与腐殖质成团聚状, 粘连较紧密, 在孔隙面上常有棒状碳酸钙晶体和植物根系。BC 层粘粒成薄片状集合体(照片略), 保持沉积物母质的性状。主要有微孔隙和超微孔隙, 即储存孔(Storage pores), 通透性不良。此层的石灰结核中, 只有少量由块状方解石重结晶的针状微晶, 碳酸钙的活动性较黄土中差。

由上可见, 本区土壤除剖面 5, 发育在紫色页岩上的土壤的 A 层外, 腐殖化程度低, 土壤胶结物质主要是土壤粘粒、碳酸钙和游离氧化铁。就土壤的稳定性和抗蚀性能而言, 土壤粘粒的含量和矿物种类是土壤侵蚀的重要因素, 2:1 膨胀性矿物的剪力大, 较能抵制崩塌, 它们抗迳流侵蚀的能力较小^[4], 但在钙质介质中呈团聚状, 有一定的稳固性。已有文献资料表明, 成土作用可大大提高石灰性土壤中碳酸钙的表面活度, 使土壤中碳酸钙含量和碳酸钙总表面积呈双曲线型的负相关^[5], 因此, 就抗蚀力来说, 碳酸钙的活动性和比表面积比碳酸钙含量具有更大的实际意义。游离氧化铁的胶结作用也与其形态有关, 游离氧化铁的水合能力则在很大程度上取决于其表面积。从上述细土物质的微形态特征, 可以看出, 由于土壤普遍富含膨胀性蒙皂石混层物, 土壤细土物质的团聚性较好, 粘粒亲水性较强, 分散性大, 团聚体稳固性较弱, 易受迳流侵蚀, 但不易崩塌和滑塌。仅剖面 1, 发育在花岗片麻岩上的土壤由于粘粒较少, 基质主要为黑云母等粗风化粘粒, 粘粒重行排列的定向性差, 粘粒和骨骼颗粒之间桥接弱, 碳酸钙胶结甚少, 多大小裂隙, 以接触式胶结为主, 故较易崩塌。剖面 2, 发育在红色粘土的土壤中, 基质主要为高度铁质化的变质伊利石, 云母类颗粒易于平行排列, 光性定向性好, 但稳定性差。由差热和 X 射线衍射等分析结果^[2]得知, 基质中除晶格铁外, 氧化铁是成游离铁和粘粒矿物层间氢氧化物存在, 在结构体表面形成铁质-粘粒胶膜状物质即铁染基质, 干时胶结力强, 故土壤有一定抗冲力。游离铁在中性、弱碱性条件下对带负电荷的粘土硅酸盐的聚集力是较弱的。土体呈基底式胶结, 其中粘粒为变质伊利石, 具膨胀性层, 其缩胀力甚大(图版 II, 2-B), 湿时, 一旦胶膜状物质经饱和水合作用, 粘粒胶结力弱, 由于胶溶而使抗蚀力迅速降低, 很易促成迳流侵蚀。剖面 3, 发育在黄土母质的土壤的基质主要为光性定向粘粒蒙皂-水云母混层矿物, 呈斑点条纹消光型镶嵌于骨骼颗粒面, 与碳酸钙成粘土-碳酸盐基底式胶结。碳酸钙活动性大, 湿润时粘粒为溶液中钙质凝聚电解质饱和, 干时在土壤结构体内、结构体

面上以及微孔隙中均有碳酸钙微晶呈网膜状包结,较能抵制侵蚀。剖面 5 中蒙皂石团聚力强,表层有机质含量较高,土壤团聚性好,由于亚表层植物根系少,碳酸钙活动性小,粘粒湿时膨胀性大,多储存孔,水分仅能沿孔隙渗漏,土壤渗透性差,因此,易于塌陷成坑洼。同时,必须指出,上述土壤由于含有较多蒙皂石膨胀性(层)矿物,在田间持水量范围内,土壤具有保肥保水之能力。粘粒阳离子吸附量高。半风化细粒矿物多,植物所需要的盐基含量丰富。这些都是生物治理水土流失的有利因素。采用生物措施,适当增加土壤有机物质含量,将可大大改善土壤结构和提高土壤的稳定性,增强土壤抗迳流侵蚀的能力。

三、小 结

从辽西褐土的微形态特征可以看出:

1. 土壤的微团聚性和稳定性除与细粒矿物的组成和含量有关外,并与粘粒和细粒物质的结构和团聚性,以及它们与骨骼颗粒之间的垒结方式有关。
2. 红土中游离铁质-粘粒胶膜的离析和定向浓聚可以影响土体的崩解速度和程度。
3. 方解石在风化和成土过程中,随土壤溶液在土体中扩散和运移,由自生方解石颗粒→扩散的微晶方解石集合体→根孔扩散状灰泥或团聚体灰泥核→团聚体晶膜→土体晶芽薄膜→钙质粘土凝聚体。碳酸钙活动性大对黄土母质上的褐土的团聚性和稳定性有很大作用。
4. 由紫色页岩上的褐土表层可见,增加有机质含量对形成腐殖质-粘土(蒙皂石)基质及其团聚作用有特殊意义。

参 考 文 献

- [1] 曹升巽,1981: 土壤微形态在土壤发生、分类研究中的应用。土壤专报,第 37 号,25—50页。
- [2] 谢萍若,1981: 扫描电镜在微土壤学中的应用。土壤学进展,第 2 期。
- [3] 谢萍若,左敬兰、吴彦明,1983: 辽西褐土的细粒矿物组成。土壤学报,第 20 卷 2 期,176—185 页。
- [4] Biswas, T. D. and Karale, R. L., 1974: Clay minerals and soil physical properties, in "Mineralogy of Clay and Clay Minerals (Mukherjee, S. K. and Biswas, T. D. eds.)", Indian Society of Soil Science, New Delhi, pp. 165—180.
- [5] Holford, I. C. R. and Mattingly, G. E. G., 1975: Surface areas of calcium carbonate in soils. Geoderma, Vol. 13, No. 3.
- [6] Romashkevich, A. I., 1962: Microstructure and micro-aggregation of soils in relation to erosion and formation of deposits. Pochvovedenie, No. 10, 56—61.
- [7] Парфёнова, Е. И. и Ярилова, Е. А., 1962: Минералогические Исследования в Почвоведении. Из-во АН СССР, Москва.
- [8] Феофалова, И. И., 1960: Оптически Ориентированные Глины в Почвах. Докл. Почвоведов к Междунар. Конгр. Почвоведов, М., Из-во АН СССР, стр. 461—464.

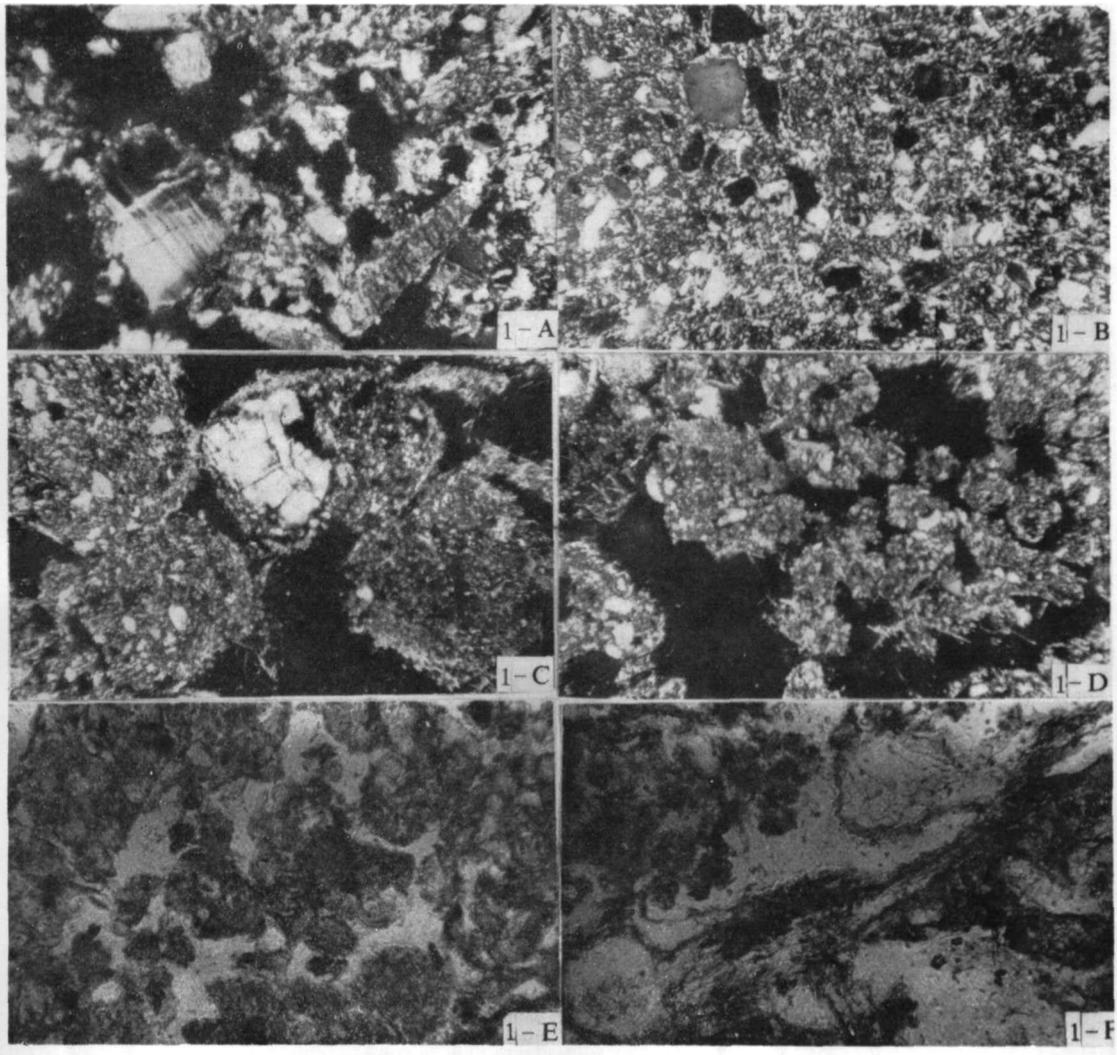
STUDIES ON MICROMORPHOLOGICAL FEATURES OF SOME DRAB SOILS IN WEST LIAONING OF CHINA

Xie Pingruo, Zuo Jinglan and Guo Jixiang

(Institute of Forestry and Pedology, Academia Sinica)

Summary

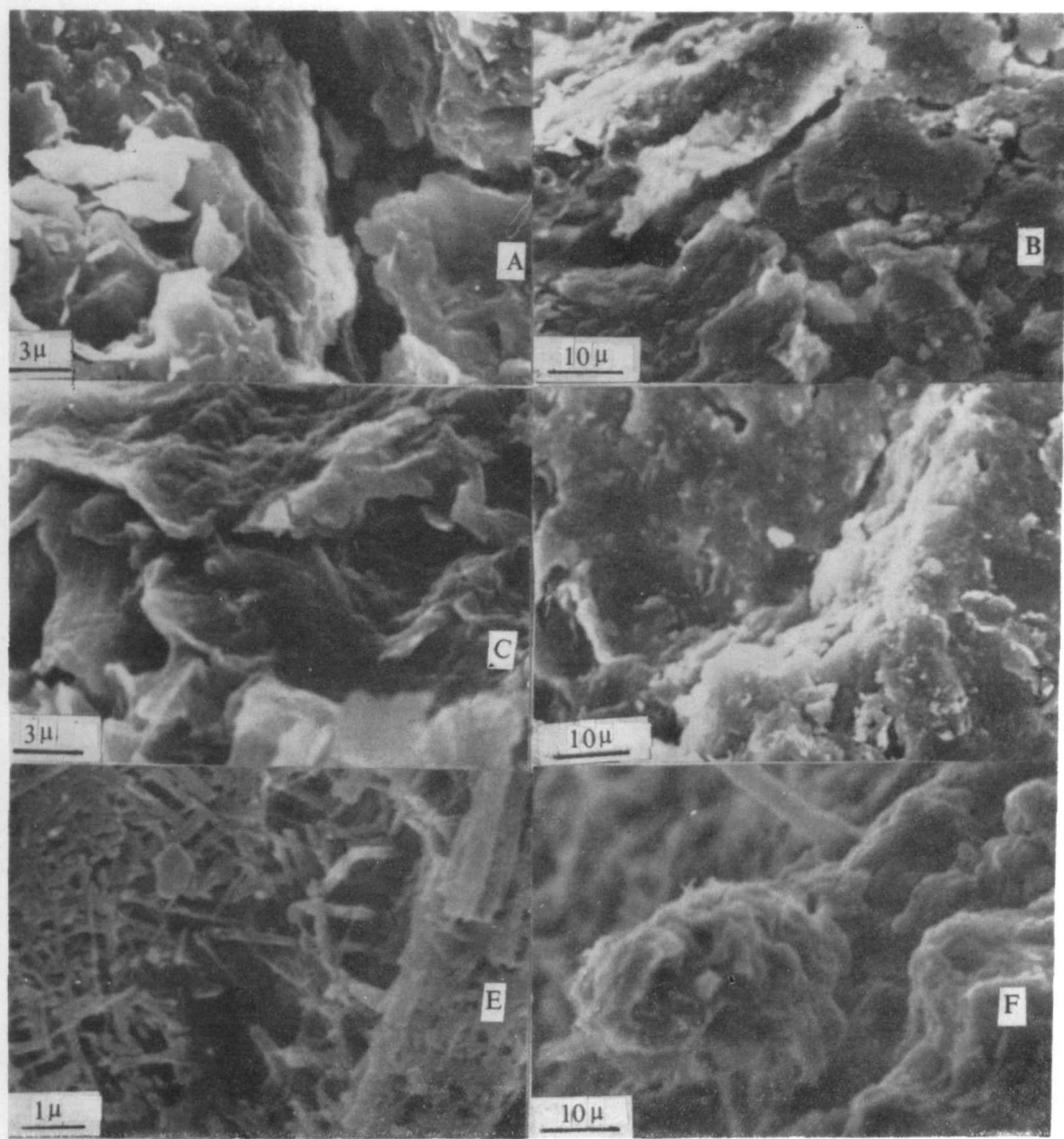
The present paper deals with the micromorphological features of the fine mass of some drab soils developed on different parent materials in West Liaoning used by a combination method of polarized microscope and SEM. The most important micromorphological features of the soils have been described and summarized in table 1. The function of physical and chemical characters of fine mass on the soils stability and erodibility are discussed.



- A. 半风化黑云母和就地风化粘粒, 正交偏光, $\times 300$ (剖面 1 0—11cm)
- A. Semi-weathered biotite and clay weathered in situ. Crossed nicols, $\times 300$
- B. 条纹定向粘粒交错镶嵌骨骼颗粒, 正交偏光, $\times 300$ (剖面 2 0—14cm)
- B. Striated oriented clays alternated with skeletal grains. Crossed nicols, $\times 300$
- C. 团聚体为针状碳酸钙晶簇包围, 正交偏光, $\times 300$ (剖面 3 0—12cm)
- C. Aggregates surrounded by needle-shaped crystals of calcium carbonate. Crossed nicols, $\times 300$
- D. 多级团聚体, 正交偏光, $\times 300$
- D. Aggregates of various sizes. Crossed nicols, $\times 300$
- E. 腐殖质-粘粒团聚体, 平行偏光, $\times 300$ (剖面 5 0—14cm)
- E. Humus-clay aggregates. Parallel nicols, $\times 300$
- F. 半分解有机质和粘粒的胶结, 平行偏光, $\times 300$
- F. Coagulation of semi-decomposed organic matter with clay. Parallel nicols, $\times 300$

照片 1 土壤薄片显微照相

Photo 1 Thin sections of soils



- A. 就地风化粘粒, 桥接弱(剖面 1 12—32cm)
- A. Clay weathered in situ, weakly bridging
- B. 收缩微裂隙(<5μ) (剖面 2 0—14cm)
- B. Contraction microcracks
- C. 瓦状微垒结
- C. Tile-like fabric
- D. 结构体表面特征和铁质粘粒胶膜
- D. Surface feature of ped and ferri-argillans
- E. 针状碳酸钙微晶膜(剖面 3 32—65cm)
- E. Needle-shaped calcans
- F. 蒙皂石的团聚性和植物根(剖面 5 0—14cm)
- F. Aggregation of smectite and plant root

照片 2 土体的扫描电镜图像

Photo 2 Scanning electron microscopic photographs of soil peds