

应用扫描电镜对几种土壤 特征层的微形态观察

谢萍若 左敬兰

(中国科学院林业土壤研究所)

OBSERVATION ON THE FABRIC OF DIAGNOSTIC HORIZONS OF SEVERAL SOILS WITH THE SEM

Xie Ping-ruo and Zuo Jing-lan

(Institute of Forestry and Pedology, Academia Sinica)

近十年来,扫描电镜已在土壤微形态和矿物风化超微特征方面广泛应用,丰富了微土壤学的研究内容^[3,4]。本文应用 JEM-100B 电子显微镜二次电子扫描附属装置对东北地区几种土壤(表1)的特征层进行了观察,试图通过对土体中粘粒和其它细土物质部分的表面形态、空间排列和它们在形成微孔隙中的结构特征观察,进一步认识土壤中粘粒和某些细土物质的性状和作用。

一、样品处理

将风干土样置于干燥器中至少一昼夜。制样前先将土样放在 25 倍双筒立体镜下观察,选择好典型土体(ped)。掰开新鲜裂面,取横断面为 1—3 毫米,高为 1 毫米的水平和垂直向的样品,平整放在直径为 12 毫米的铜垫中心,用导电胶使与铜垫胶接二、三点,以免电子轰击时可能引起表面电荷阻塞,致使成像模糊。进行导电层喷涂前,先在反光显微镜下观察并描绘供试样品面的轮廓特征,供扫描观察之参考。为避免样品在空气中吸水,喷涂后的样品最好立即观察,或放回干燥器待用。

用于土壤矿物颗粒观察的样品,经粒级分离后再用四溴乙烷和酒精配制的比重液分离。先在光学显微镜下用油浸法分析其矿物组成并观察其形态特征。

二、观察结果和讨论

每一个样品经扫描电镜多视野观察和照相。根据我们所用仪器的观察实践,选择最适宜的放大倍数是在 1000—10000 倍(超过 15000 倍时对土壤微结构观察分辨率显著降低)。仪器加速电压为 20 千伏,束电流为 100 毫安。现选择其代表性图象作一介绍和讨论。

表 1 土壤基本性质⁽¹⁾
Table 1 Soil fundamental properties

土 壤 Soil	深 度 (cm) Depth	pH	腐殖质(%) Humus	物理粘粒 ($<0.01\text{mm}$) Physical clay	粘 粒 Clay			石灰反应 Hydrochloric acid reaction
					%	游离 Fe_2O_3 Free Fe_2O_3	矿物组成 Minerals	
1. 花岗岩残积物上的暗棕色森林土 (BC-2) 五营 Dark brown forest soil derived on granite	4—16A 24—39B	5.5 4.7	7.48 1.79	32.7 38.2	16.3 23.5	2.88 2.85	蛭石较多, 水化黑云母 (predominant), hydrobiotites	无 No
2. 河湖粘土沉积物上的草甸白浆土 (AC-1) 饶河 Meadow baijiang soil (planosol) derived on clay alluvial and lacustrine deposits	30—40Aw 100—120BC	6.0 5.4	0.92 0.96	47.2 62.0	20.0 38.0	1.25 1.08	水化云母, 绿泥石 Hydrous micas, chlorites	无 No
3. 黄土性粘土沉积物上的草甸黑土 (双-24) 嫩江 Meadow black soil derived on clay loessal deposits	0—10A 75—85B	6.5 6.1	6.65 1.58	55.5 62.8	34.5 24.1	— —	水化云母 Hydrous micas	无 No
4. 河湖淤积物上的浅位柱状碱土 (AB-11) 安达 Shallow column solonetz derived on alluvial and lacustrine deposits	3—8A	8.5	2.85	39.0	16.0	—	水化云母, 绿泥石 Hydrous micas, chlorites	无 No
5. 红色粘土上的淋溶褐土 (辽-10) 建平 Leached cinnamon soil derived on red clay	25—35B	6.7	0.18	50.5	40.0	3.28	蒙脱石, 水化云母 Montmorillonites, Hydrous micas	无 No
6. 紫色页岩上的碳酸盐褐土 (辽-53) 朝阳 Carbonated cinnamon soil derived on violet shale	30—70BC	7.9	0.35	55.7	24.4	1.00	蒙脱石 Montmorillonites	++

(一) 暗棕色森林土, A 层(4—16 厘米)

在双筒镜下观察其总体呈较均一的暗棕色(由于腐殖质、游离 Fe_2O_3 和棕色矿物的存在),疏松多孔,植物残根较多,矿物骨骼基本裸露。由图 1(图版 I)可见,土体裂面主要是由 $5-50\mu$ 大小和各种形状的矿物骨骼和植物残体组成,矿物骨骼表面被粘粒物质等填充和部分包被,腐殖物质和无定形氧化物粘连,难以细分,微孔少,无一定形状,呈斑晶状垒结。从 B 层(24—39 厘米)粉砂粒级中分离出来的比重 <2.65 的长石风化物有明显的溶蚀面;比重为 $2.65-2.85$ 的黑云母经水化而边缘呈卷曲状。

(二) 草甸白浆土, Aw 层(30—40 厘米)

在双筒镜下为浅灰色均一体,呈疏松垒结,孔隙小。由扫描电镜垂直样品(图版 I 图 2)可见,土体主要由 $1-3\mu$ 半滚圆形矿物骨骼组成,表面匀净光滑,稜面清晰,无包被,矿物骨骼之间无粘粒等桥接物(bridges),形成疏松的漂粒状垒结,而平面样品(图版 I 图 3)则颗粒大小由 $1-15\mu$ 不等,小颗粒形状与前类同,垒叠在片状粘粒集合体上。原生矿物和片状粘粒集合体之间由各种形状(近 $5\times 5\mu$)的微孔分开。从垂直和水平面样品综观,土壤为水成类型,胶体和粘粒物质经垂直淋溶,因而在水平面上呈微孔多的疏松结构。

B 层(100—120 厘米)

在双筒镜下为浅灰棕不均一体,同一样品中有较疏松的或较紧实的结构,紧实之处表面有光滑棕色粘粒胶膜。由电子显微照片可见其结构面主要是包被着呈择优定向的迁移性粘粒(图版 I 图 4),粘连较紧实,边缘卷曲的卵圆形荚状物类似于伊利石在真空下变干收缩的特征^[2]。微颗粒($0.3-0.5\mu$)和无定形氧化铁胶膜在 B 层的淀积现象也很明显。

(三) 草甸黑土, A 层(0—10 厘米)

在双筒镜下为均匀的暗灰棕色,由 1×1 毫米团粒组成,呈疏松的微垒结,团粒间形成 $0.2-0.8$ 毫米分枝状孔道,孔道中见有植物残体和根毛。由扫描电镜(图版 II 图 5)可见,土体主要为粘粒和粉砂细土物质组成。矿物骨骼表面完全为腐殖质和细土物质所填充、包被,粘连成 $50-100\mu$ 的微团粒,呈团块状垒结。同时形成宽 $30-50\mu$ 的孔道,边缘柔和。图 6 为图 5(图版 II)右下角微团粒表面形态放大,见有粘粒物质和腐殖质絮凝胶膜物质构成柔和粘连的滨线(strand line)和微颗粒突起。

B 层(75—85 厘米)

在双筒镜下为较均匀浅灰棕色,较紧密垒结,大孔隙很多,由交织状孔道相连。基质主要为择优定向的片状粘粒集合体和其它细土物质(图版 II 图 7)。微孔(10μ)和超微孔($<5\mu$)孔壁有胶凝成叶片状的滨线相连。从表面构形(topography)可以看出明显的峰峦溪谷,构成了深浅多变的超微孔道,它揭示了薄片观察中易被掩盖的超微孔特征。

(四) 浅位柱状碱土, A₂ 层(3—8 厘米)

在双筒镜下为较均一的浅灰棕色,呈细微片状垒结。表面致密,植物粗根较多,除大孔隙外,见有垂直裂隙。图版 II 图 8 为柱状层水平面扫描,见有致密的连续粘粒胶膜包被在鼓丘状骨骼颗粒表面,粘附紧密,这是层状矿物呈胶溶态的片状沉积所致,因而碱土柱状层虽然粘粒含量并不高,粘粒之间的粘接力甚大。图版 III 图 9 为柱状层的垂直扫描图象,基质致密,呈移动性的胶膜状,裂隙多,这是样品面在高真空下脱水干裂所致。这些特征和土壤含有 Na 饱和的膨胀性矿物胶体成分是分不开的。

(五) 红色粘土上的淋溶褐土, B 层(25—35 厘米)

双筒镜下呈均一的红棕色,疏松垒结,表面致密,微孔少。土壤基质主要为细土物质和有脆性的片状含铁粘粒物质。据红外光谱分析,土体中除含有大量非磁性无定形氧化铁外,并有少量结晶磁性赤铁矿微粒。无定形氧化铁在超微孔边缘与细土物质呈同心圆状分布,这是由于无定形氧化铁密集在微孔处,由连续的电子密集滨线形成比较光滑的孔壁(图版 III 图 10)。样品在电子轰击下极易裂解,可能与含有膨胀性高的蒙脱石成分、以及水合度高的无定形水合氧化铁组成有关。

(六) 紫色页岩上的碳酸盐褐土, B 层(37—70 厘米)

双筒镜下为紫褐色,较均一,紧实垒结,表面致密,微孔少,白色石灰结核为紧密的结晶。由图版 III 图 11 可见,土壤基质主要为薄片状粘粒矿物,择优定向不明显,微孔少,呈疏松垒结,是为结晶良好的钙质蒙脱石的特征。由浅白色石灰结核的扫描图象可见含有大量 $2 \times 15 \mu$ 片状、棒状结晶体(图版 III 图 12)。经红外光谱分析,证明为方解石和蒙脱石所组成,根据晶体呈板条状垒叠,而不是呈脱水凝聚,收缩征状,是为非胶变物质,由此可以判断,此碳酸钙是从母质沉积变质而来的原生矿物。同样可以说明此土壤受母质的影响较大。

由上可见,各种土壤在其特定的成土过程中所表现的性状是不同的。如草甸白浆土 B 层和柱状碱土 A₂ 层有明显的迁移性粘粒胶膜特征;黑土的有机-粘粒胶膜和红土的铁质-粘粒胶膜的桥接作用及其所形成的团聚性和微孔结构特征;碱土和红土都有脱水裂解特征等。这些性状除了与粘粒矿物组成有关外,并与物理和化学环境条件(淋溶及氧化还原过程、脱水作用、有机质和盐基组成、酸碱性)等有关。同时由 Na 质碱土的胶溶态和 Ca 质褐土的胶凝态更明显可见基质的胶凝或胶溶是土壤的重要性状。

三、小 结

应用 JEM-100B 电子显微镜扫描装置观察结果表明,本区暗棕色森林土、草甸白浆土、草甸黑土、浅位柱状碱土、红色粘土和紫色页岩上的褐土特征层所表现的性状各异,有斑晶状、漂粒状、团块状、瓦状、等垒结特征,基质的胶凝和胶溶是土壤的重要性状。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院林业土壤研究所: 东北土壤。科学出版社(待出版)。
- [2] Bohr, B. F. and Hughes, R. E., 1971: Scanning electron microscopy of clays and clay minerals. *Clays Clay Miner.*, 19: 49—54.
- [3] Eswaran, H., 1971: Electron scanning studies of the fracture surfaces. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 35 (5): 787—790.
- [4] Gillott, J. E., 1969: Study of the fabric of fine-grained sediments with the scanning electron microscope. *J. Sediment. Petrol.*, 39: 90—105.

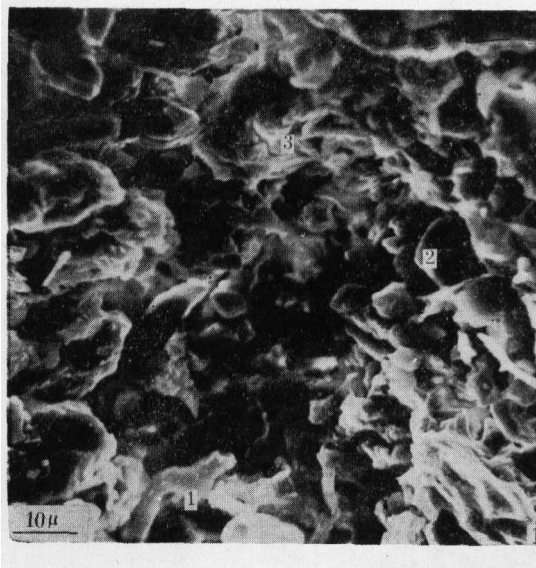


图 1 暗棕色森林土 4—16cm
Fig. 1 Dark brown forest soil
1. 有机物质 Organic matter
2. 矿物骨骼 Mineral skeleton
4. 粘粒物质 Clay materials

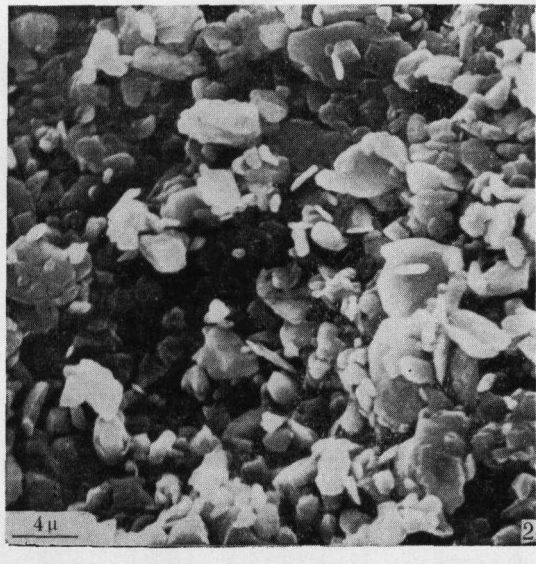


图 2 草甸白浆土 30—40cm 垂直面
Fig. 2 Meadow baijiang soil (Planosol)
1—3 μ 细粉砂骨骼, 无包被物
1—3 μ Fine silt skeletons without coating

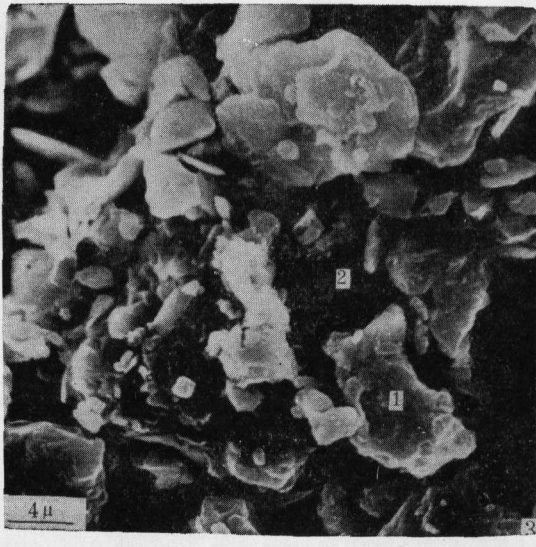


图 3 草甸白浆土 30—40cm 水平面
Fig. 3 Meadow baijiang soil (Planosol)
1. 粘粒集合体 Clay assemblages
2. 微孔 Microvoids

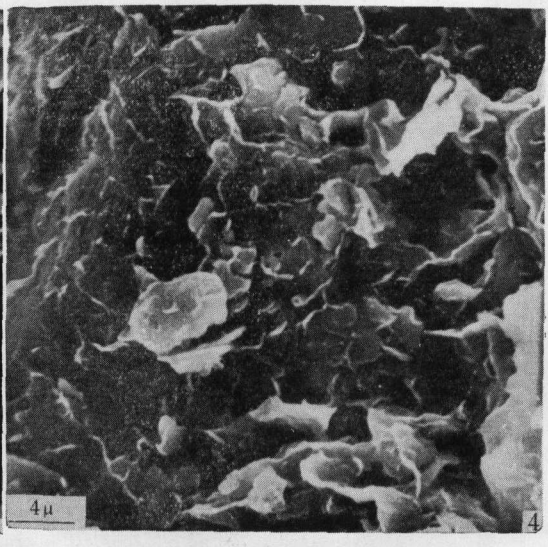


图 4 草甸白浆土 100—120cm
Fig. 4 Meadow baijiang soil (Planosol)
迁移性粘粒 Moved clays

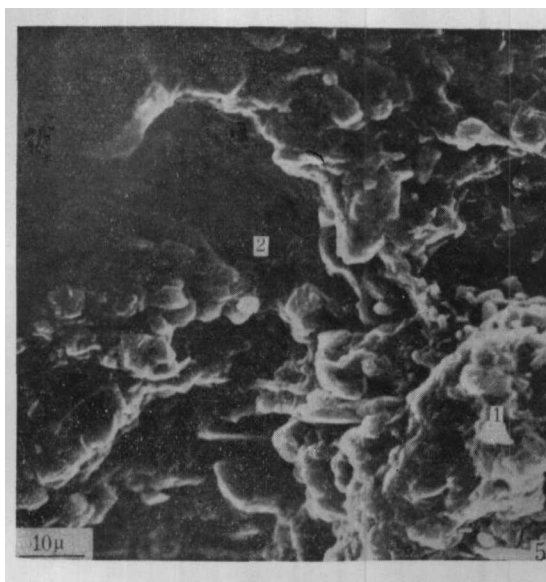


图5 草甸黑土 0—10cm

Fig. 5 Meadow black soil

1. 微团粒 Microaggregate
2. 孔道 Channels

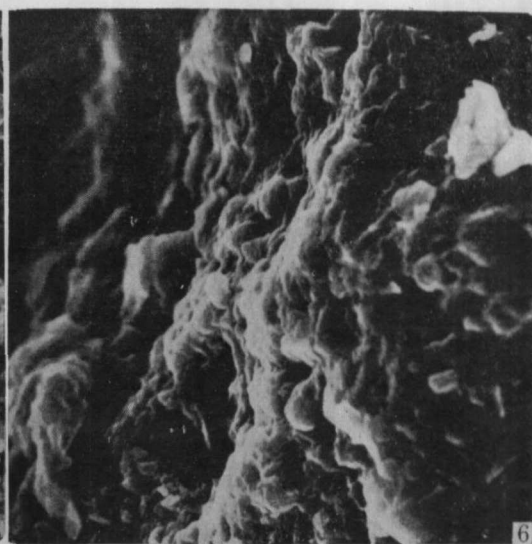


图6 草甸黑土 0—10cm

Fig. 6 Meadow black soil

- 微团聚体表面形态
Surface morphological
features of microaggregate

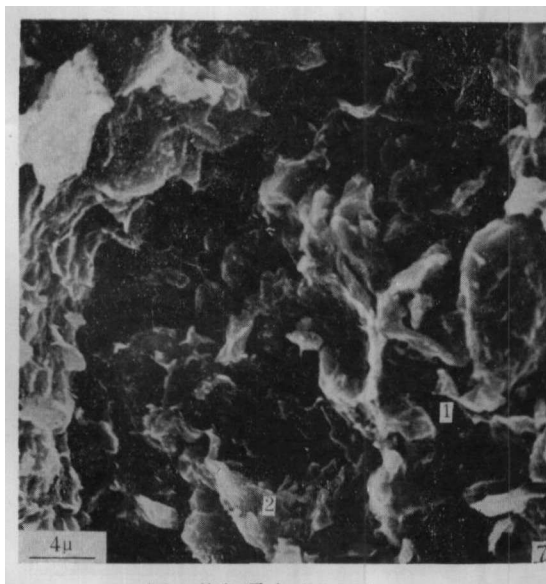


图7 草甸黑土 70—85cm

Fig. 7 Meadow black soil

1. 超微孔 Ultramicrovoids
2. 叶片状粘粒集合体
Leaflike clay assemblages

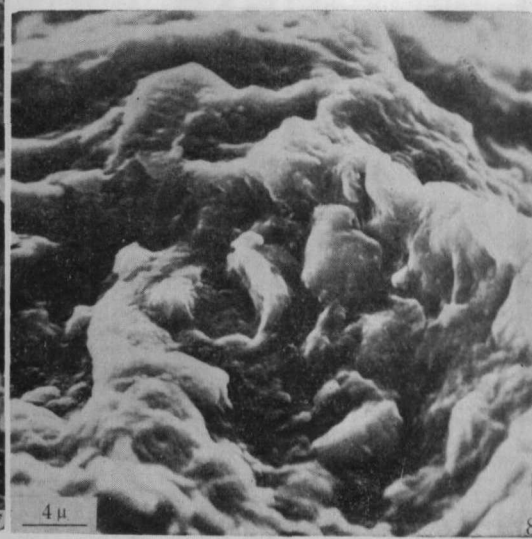


图8 浅位柱状碱土 3—8cm 水平面

Fig. 8 Shallow column solonetz

- 连续粘粒胶膜
Continuous cutans

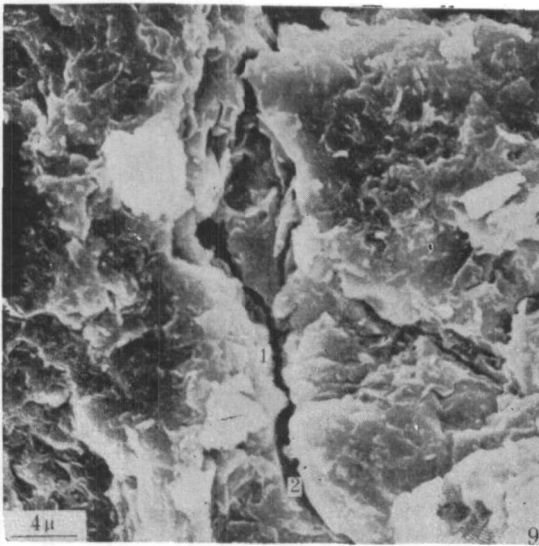


图 9 浅位柱状碱土 3--8cm 垂直面

Fig. 9 Shallow column solonetz

1. 迁移性粘粒 Moved clays
2. 裂隙 Cracks

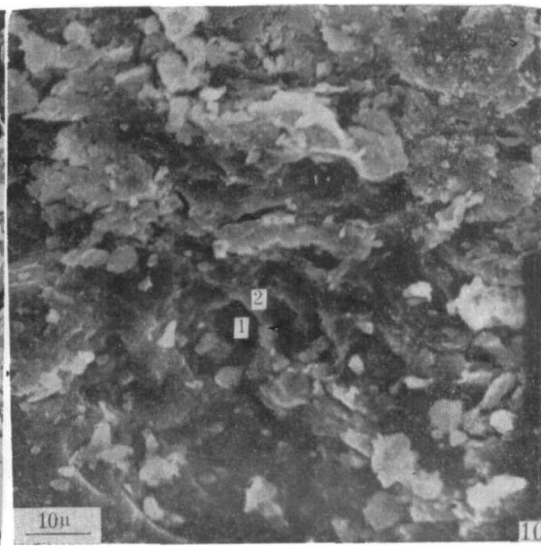


图 10 红色粘土上的淋溶褐土 25—35cm

Fig.10 Leached cinnamon soil on red clay

1. 微孔 Microvoids
2. 电子密集滨线
Electron concentrated strand line

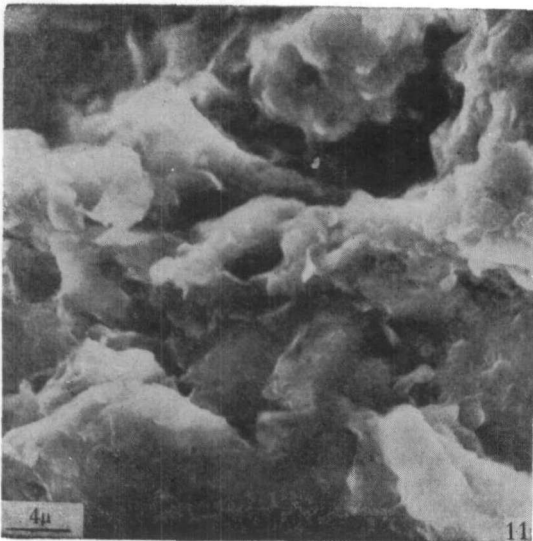


图 11 紫色页岩上的碳酸盐褐土 37—70cm

Fig. 11 Carbonated cinnamon soil on violet shale

蒙脱石 Montmorillonites

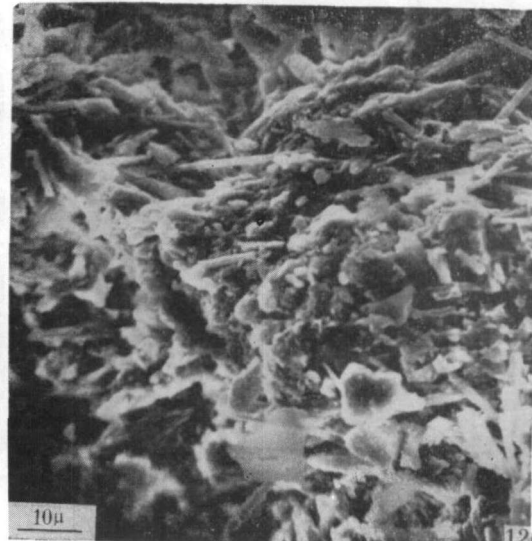


图 12 紫色页岩上的碳酸盐褐土 37—70cm

Fig. 12 Carbonated cinnamon soil on violet shale

石灰结核 Carbonate concrete