

# 成都平原水耕人为土诊断层的微形态特征与土壤基层分类

何毓蓉<sup>1</sup>, 黄成敏<sup>2</sup>, 周红艺<sup>1</sup>

(1 中国科学院成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041; 2 四川大学环境学院, 四川 成都 610065)

**摘 要:** 对成都平原地区广泛分布的水耕人为土中, 就同一亚类的几种典型土系, 对其诊断层的土壤微形态特征进行研究, 提出了划分不同土系及其所属土族的土壤属性如: 土壤颗粒、土壤矿物、土壤结构、土壤形成物等的特征的微形态证据。研究表明: 土壤诊断层的微形态特征能够综合地、直观地、准确地反映土壤这些分类属性, 同时还能提供土壤生产性方面的信息。所以本研究结果在土壤系统分类的基层分类以及应用于生产上, 都有重要的理论和实践意义。

**关键词:** 水耕人为土; 诊断层; 土壤微形态; 基层分类; 成都平原

**中图分类号:** S158 **文献标识码:** A

## 1 前 言

成都平原位于四川盆地西部, 介于龙门山与龙泉山之间, 北起安县、绵阳一带, 南抵乐山五通桥, 长约200km, 宽约40km~70km, 总面积约7 337km<sup>2</sup>。成都平原海拔450m~750m, 其形成主要由龙门山前出口的岷江、滌江、石亭江、绵远河等8条河流所堆积的洪积冲积扇。在第四纪更新世以来, 堆积了300m~400m的沉积地层。按沉积年代及沉积相的不同主要分为晚更新统的风积粘土(Q1), 上更新统的冲积黄粘土(Q2), 中、下更新统的夹卵石层黄粘土(Q2、Q3)和近代河流冲积物(Q4)。成都平原气候温和, 水热充沛, 河流众多, 灌溉条件优越, 所以是我国重要的农业区域, 也是我国水耕人为土(水稻土)重要的分布地区。

采用国际土壤系统分类的原理和方法, 对我国土壤进行分类的研究已经取得了显著进展<sup>[1]</sup>。但在土壤系统分类的基层分类上, 我国与国际上比还有较大差距<sup>[2]</sup>。在土壤系统分类中, 土壤实验技术和方法都有所规范。例如由美国农业部(USDA)、自然资源保护组织(NRCS)和国家土壤勘测中心(NSSC)出

版的关于土壤实验方法鉴定手册(1996)<sup>[3]</sup>, 就较为全面地统一规定了土壤实验方法。但却还未列入土壤微形态技术方法。在前文中, 已讨论了在成都平原开展土壤系统分类的土壤基层分类的一般原则和方法<sup>[4,5]</sup>。本研究以普通筒育水耕人为土为研究对象, 研究其诊断层的土壤微形态特征, 进行土系、土族的划分。研究表明, 以土壤微形态特征划分属性差异较小的同亚类的基层单元土壤具有特别的科学和实践意义。

## 2 土系特征与研究方法

### 2.1 土系基本情况

调查样区在成都平原西北部, 地处彭州市境内, 位于103°40'E~104°10'E, 30°54'N~31°26'N之间。该地区属北亚热带温暖湿润季风气候, 在水耕人为土分布的主体区域平原地区, 海拔多在489m~700m, 年均温15.7℃, ≥10℃活动积温4 901℃; 年平均降雨量966.9mm, 降雨主要集中在夏半年, 占全年降雨量的86.1%; 无霜期多年平均277d; 年平均蒸发量964.9mm。由于区内河流水系多, 且处于都江堰灌区内, 干旱问题少有发生。同时土壤灌排条

收稿日期: 2001-12-15。

基金项目: 国家自然科学基金(49831004)和中国科学院特别支持基金资助。

作者简介: 见本刊1999年, 17(1), 32页。

件好,平原地区水田都基本上采用水旱轮作方式。

在该样区的平原地区水田土壤主要成土母质为近代河流冲积物(Q4),占该地区 28.6%;其次为洪冲积物(Q3),占该区 12.1%;再次是老冲积物(Q2),占该区 9%。母质来源不同对土壤属性有较大的影响,常常是土壤基层分类单元划分的主要依据之一。

土壤系统分类中,水耕人为土是人为土的亚纲,根据土壤控制层段内,有水耕表层、水耕氧化还原层等诊断层确定。进一步根据土壤诊断层的诊断特

性,如潜育、铁渗、铁聚等划分主要土类。样区的水耕人为土类型及分布特点是:主要有筒育、铁聚、铁渗和潜育水耕人为土。四类水耕人为土分别占样区总水田面积的比例为:54.8%,26.6%,13.2%和 5.4%。在筒育水耕人为土中又以普通筒育水耕人为土分布最多,约占该土类的 47.9%。本研究选定普通筒育水耕人为土的 3 个土系进行研究,其土壤基本特征如表 1。

表 1 普通筒育水耕人为土供试土系基本特征

Table 1 Basic properties of typical soil series in Typ-Hap-Stagnic Anthrosols

编号 No	土系 Soil series	环境特征 Environmental features	诊断层 <sup>1)</sup> Diagnostic horizons	深度 Depth (cm)	土色(干态) Soil color (Dry)	pH (1:5)	有机质 O. M. (g/kg)	质地(美制) Soil texture (USDA)
1	百贤系	白贤乡兴华村, I 级阶地, 海拔 694m, 母质为灰色冲积物(Q4), 砾石层埋深 > 1.0m, 水旱轮作田	Ap1	0~18	淡灰(2.5Y7/1)	5.6	45.1	沙壤土
			Ap2	18~28	淡灰(2.5Y7/1)	6.0	33.0	沙壤土
			Br1	28~62	黄色(2.5Y7/8)	6.0	16.4	沙壤土
2	银福系	升平乡银福村, II 级阶地, 海拔 592m, 母质为黄色冲积物(Q3), 砾石层埋深 > 3m, 水旱轮作田	Ap1	0~19	灰黄(2.5Y7/2)	5.8	30.2	沙质粘壤土
			Ap2	19~29	灰黄(2.5Y7/2)	6.2	28.4	沙质粘壤土
			Br1	29~80	淡黄(2.5Y7/4)	6.3	13.0	沙壤土
3	天彭系	天彭镇西南村, I 级阶地, 海拔 554m, 母质为灰棕冲积物(Q4), 砾石层埋深 > 1.2m, 水旱轮作田	Ap1	0~16	浊黄橙(10YR7/2)	5.8	28.3	沙壤土
			Ap2	16~22	浊黄橙(10YR6/4)	6.4	27.0	沙壤土
			Br1	22~51	灰黄橙(10YR6/2)	6.4	14.9	沙质粘壤土
			Br2	51~100	黄棕(10YR5/6)	6.4	12.2	沙质粘壤土

1) 诊断层: Ap1 为水耕表层(耕作亚层), Ap2 为水耕表层(犁底亚层), Br1、Br2 为水耕氧化还原层上、下亚层(后同)。

## 2.2 研究方法

按照国际上对土壤的基层分类的原则和方法,同一高级分类单元的基层分类主要依据具有相同的诊断层,而在这些土层中,土壤属性,如颗粒大小级别、土壤结构、矿物组成、酸性或石灰性、有机-无机形成物等作为基层分类的依据。这些属性特征可能以“特征土层”,也可能以“特征土性”,分别作为土族或土系分类的依据。本文以土壤微形态技术和方法,研究这些土壤属性,为土壤基层分类提供具有综合性、科学性、准确性的鉴定证据。

在土壤剖面诊断层,以环刀按垂直方向取原状土样。土样风干后,根据土壤松散或紧实状况选择灌胶制土壤薄片的方法。前者用环氧树脂-三乙醇胺低温固化-冷杉胶粘片制片法;后者用冷杉胶-松节油加热渗胶常温固化-502 胶粘片制片法。薄片在偏光显微镜下进行观察研究并摄影。以带方格

网的目镜,采用数点法测定土壤中某物象的数量或丰度。

## 3 研究结果与分析

### 3.1 土壤颗粒大小级别

土壤系统分类中,土壤颗粒大小级别与土壤质地的分类有一定区别。主要划分为:碎屑的、壤质-粗骨的、粘质-粗骨的、沙质的、壤质的、粗壤质的、细壤质的、粘质的等。并有具体的划分指标<sup>[9]</sup>。根据土壤机械分析结果确定。当然只能作出颗粒大小及其数量的分析,而不能对土壤颗粒的形态、分布、垒结等状况进行评价。微形态研究则可弥补其不足。

对样区 3 土系的土壤颗粒组成等物理性分析结果列于表 2。可看出在各种颗粒的含量上除个别层段外也有一定差异。

表 2 土壤颗粒组成  
Table 2 Mechanical composition in soils

编号 No	土层 Soil horizon	深度 Depth (cm)	砾石 Gravels > 2mm(g/kg)	颗粒组成(g/kg)(粒径: mm) Mechanical composition(g/kg)(size: mm)						粘化率 Clay ratio	容重 Bulk density (mg/m <sup>3</sup> )
				2~1	1~0.5	0.5~0.25	0.25~0.05	0.05~0.002	<0.002		
1	Ap1	0~18		53	212	306	124	183	120	1.00	1.29
	Ap2	18~28	29	33	229	329	143	185	81	0.68	1.49
	Br	28~60	22	120	186	285	102	184	123	0.03	1.50
	BrC	60~100	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	Ap1	0~19	0	95	143	226	144	122	230	1.00	1.11
	Ap2	19~29	19	62	154	266	143	164	201	0.87	1.13
	Br1	29~80	19	96	161	307	102	143	191	0.83	1.19
	Br2	800~100	—	—	—	—	—	—	—	—	1.27
3	Ap1	0~16		74	230	263	101	181	152	1.00	1.11
	Ap2	16~22		82	218	244	101	204	152	1.00	1.13
	Br1	22~51		120	116	227	103	227	207	1.36	1.19
	Br2	51~100	27	69	208	243	102	162	216	1.42	1.27

注: 土壤颗粒组成分析用吸管法。

由 3 土系诊断层颗粒的微形态特征(照片 1、5、9)可看出: (1)3 个土系诊断层的颗粒类型和分布都具有明显的河流相冲积沉积物的特征。(2)3 个土系的各诊断层颗粒大小级别都属粗壤质的或细壤质的。在剖面上诊断层间也略有差异。(3)3 个土系诊断层的骨骼颗粒( $> 2\mu\text{m}$ ) 在形态上, 多无磨园或蚀园特征, 呈多边形, 少量为长条状、针状。(4)3 个土系诊断层颗粒大小级别和形态比较明显不同的特点是: 天彭系的土壤骨骼颗粒大小颗粒较平均化并与细粒物质( $< 2\mu\text{m}$ ) 均匀分布, 土壤水耕表层较氧化还原层偏粗; 百贤系的各诊断层间颗粒大小级别分布差异较小, 各层土壤骨骼颗粒与细粒物质间分布不均; 银福系土壤骨骼颗粒大小间差异较大(照片 7), 土壤水耕表层较氧化还原层偏细, 土壤骨骼颗粒与细粒物质间分布不均。

### 3.2 土壤微结构特征

土壤微结构是指在放大 5 倍以上能够观察到的土壤集合体、微团粒、土块、微孔隙等及其空间排布。方法有薄片的偏光显微镜观察, 原状土样的立体显微镜、扫描电子显微镜观察等, 但一般多采用前者。国际上对土壤微结构的分类有 22 种<sup>[7]</sup>。土壤是非均质体, 所以在同一诊断层中常常由多种微结构类型构成。

按照国际土壤微结构分类, 对 3 土系不同的诊断层的微结构进行鉴定, 结果如表 3。可看出: (1) 在成都平原水耕人为土的这 3 个土系, 土壤微结构类型一般不过 5、6 种。(2)3 土系的发育母质均属较早地质时期的河流冲积物, 土壤颗粒如沙粒、粉沙粒和粘粒含量比分别在 60%~70%、12%~23% 和 8%~23%, 沙粒和粉沙粒含量多, 分散性较强, 因此土壤孔隙和团粒都不发育, 土壤微结构以紧实的微结构类型为主。据鉴定 3 土系各层主要微结构类型都为紧实细粒状微结构(照片 1、5、9)。(3)3 土系间的微结构的差别主要在次要及少量微结构类型上, 如百贤系表层无次要微结构, 有少量粒间孔道状微结构(照片 2); 银福系下层次要微结构为室状孔隙微结构(照片 6); 天彭系上、下层次要微结构都为粒间孔道状微结构等。

以带方格网目镜的显微镜, 采用数点法对主要和次要微结构类型所占薄片面积比进行测定, 结果表明(表 3): 不同土系即使有同样的微结构主类型特征, 但在数量上仍有差异。例如银福系与天彭系表层次要微结构都为紧实细粒状微结构—粒间孔道状微结构, 但前者微结构主次比为 10:1.8, 后者为 10:3.0。天彭系不同土层, 同为上述微结构, 而上、下层的微结构主次比分别为 10:3.0 和 10:5.5。

表 3 土壤微结构类型  
Table 3 Types of soil microstructures

编号 No	诊断层 Diagnostic horizon	土壤微结构类型与主次 Types of soil microstructures and the proportion of microstructures			主次比 Ratio of microstructures
		主要(Primary)	次要(Secondary)	少量(Few)	
1	Ap1	紧实细粒状微结构 (Compact grain structure)		粒间孔道状微结构 (Intrigrain channel structure)	—
	Br1	紧实细粒状微结构 (Compact grain structure)	室状孔隙微结构 (Channel structure)	粒间孔道状微结构 (Intrigrain channel structure)	10:1.0
2	Ap1	紧实细粒状微结构 (Compact grain Structure)	粒间孔道状微结构 (Intrigrain channel structure)	紧实细粒状微结构 (Compact grain structure)	10:1.8
	Br1	紧实细粒状微结构 (Compact grain structure)	室状孔隙微结构 (Channel structure)	粒间孔道状微结构 (Intrigrain channel structure)	10:3.2
3	Ap1	紧实细粒状微结构 (Compact grain Structure)	粒间孔道状微结构 (Intrigrain channel structure)	粒间微团粒微结构 (Intrigrain micro-aggregate structure)	10:3.0
	Br1	紧实细粒状微结构 (Compact grain structure)	粒间孔道状微结构 (Intrigrain channel structure)	室状孔隙微结构 (Channel structure)	10:5.5

### 3.3 土壤矿物组成

3 土系的土壤骨骼颗粒( $> 2\mu\text{m}$ )占 77%以上,其矿物组成对土壤分类有主导作用。镜检可看出(照片 3、7、11):3 土系各诊断层的骨骼颗粒中,石英为主,其次为云母、长石,少量的角闪石和辉石等,这是其基本的矿物组成特点。当然,由于 3 土系发育母质的地质年代有所不同,尽管 3 土系所处地形、水文、植被与人为利用方式等都较为相似,但仍然可看出一些差异。例如 3 土系的母质形成的地质年代最早的是银福系,其次是天彭系,而百贤系最晚,它们的矿物风化程度不同,较早形成的母质发育土壤的可风化物就相对较少。所以镜下观察明显看出:云母、长石等检出丰度大小为:百贤系 $>$ 天彭系 $>$ 银福系。

### 3.4 土壤形成物

水耕人为土的诊断层中最明显的形成物是铁锰氧化物。3 土系的铁锰形成物主要特点是:(1)在水耕表层的 Ap2 层(犁底层)即可见有铁锰形成物,甚至较水耕氧化还原层还多。(2)土壤铁锰形成物多为斑纹胶膜,以浸染基质(照片 4)或附着于孔隙周围基质(照片 8)的形态出现;也有铁锰结核或铁锰颗粒状物(照片 12),但数量较少。(3)铁锰形成物的颜色为黄褐色,其含锰量很低。(4)3 土系的铁锰形成物在数量分布上有一定差异,据 Ap2 和 Br1 诊断层的薄片镜检,铁锰形成物的数量多少是:百贤系 $>$ 天彭系 $\sim$ 银福系。

在水耕表层土壤有机形成物也较多见。多为碳

化有机碎屑或颗粒(照片 2、10),有少量半分解的有机残体和腐殖质凝团等。相对比较,百贤系较多,其次天彭系,银福系较少。

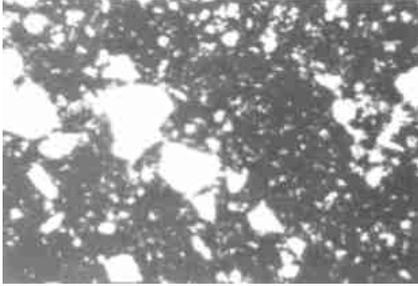
## 4 结 语

### 4.1 土壤系统分类归属

根据 3 土系的诊断层的土壤微形态特征研究结果,确定其具备水耕人为土的诊断层,并且无潜育、无铁渗、无铁聚、无钙积、无漂白等诊断特征,因此检索为普通筒育水耕人为土是恰当的。更重要的是通过土壤诊断层的微形态特征研究结果可确定其所属土族。按土族分类原则和方法,3 土系的土族归属分别为:百贤系——粗壤质云母混合型热性普通筒育水耕人为土;银福系——细壤质硅质混合型热性普通筒育水耕人为土;天彭系——粗壤质硅质混合型热性普通筒育水耕人为土。

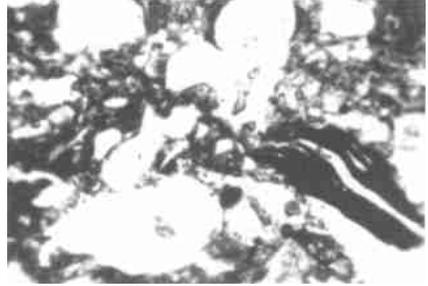
### 4.2 土壤微形态在土壤系统分类(基层单元)和生产应用的评价

以上研究表明,土壤诊断层的微形态研究在土壤分类及其在生产上应用,反映出的优点主要是:(1)可从土壤颗粒大小级别、土壤矿物、土壤形成物等多个方面综合鉴定;并直观、准确、快捷、简便地提供土壤系统分类的依据,尤其是在基层分类——土族和土系上应用更有独到之处。(2)土壤基层分类的目的之一是为生产者提供土壤生产性方面的信息。根据土壤诊断层的土壤微结构、土壤形成物等的微形态观察,可综合分析判断土壤的生产性问题。



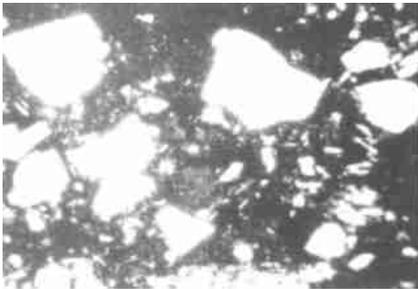
照片 1 白贤系(Ap1)的骨骼颗粒和基质特征 摄影倍率 3×4(单偏光)

Fig.1 Features of skeletons grains and matrixes in Baixian Series 3×4(PPL)



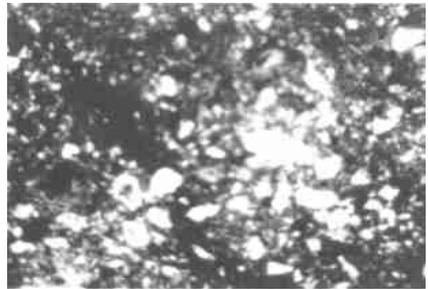
照片 2 白贤系的微结构特征 摄影倍率 3×4(单偏光)

Fig.2 Features of microstructure in Baixian Series 3×4(PPL)



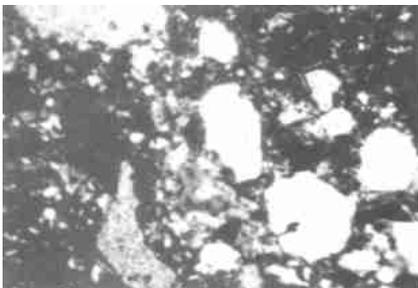
照片 3 白贤系(Br1)的矿物组成特征 摄影倍率 3×10(正交偏光)

Fig.3 Features of mineralogical composition in Baixian Series (Br1) 3×10(XPL)



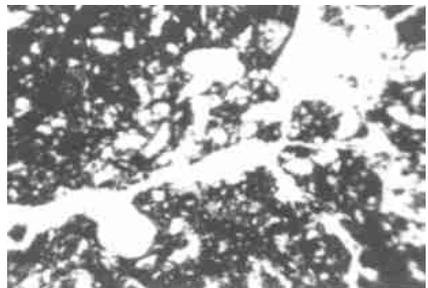
照片 4 白贤系(Ap2)的形成物特征 (黑色部分为铁锰胶膜) 摄影倍率 3×4(单偏光)

Fig.4 Pedological features in Baixian Series(Ap2) (Fe-Mn coating) 3×4(PPL)



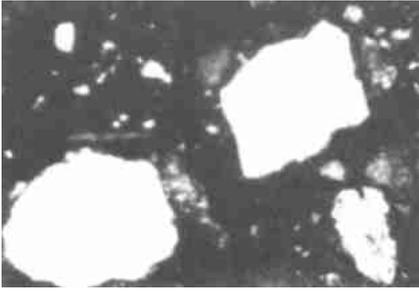
照片 5 银福系(Ap1)的土壤骨骼颗粒和基质特征 摄影倍率 3×4(单偏光)

Fig.5 Features of skeletons grains and matrixed in Yinfu Series(Ap1) 3×4(PPL)



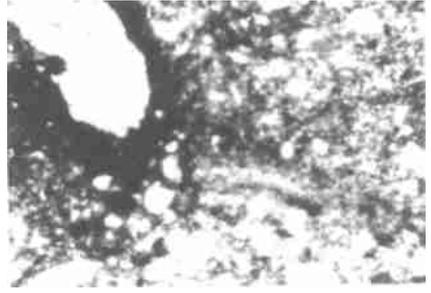
照片 6 银福系(Br1)的土壤微结构特征 摄影倍率 3×4(单偏光)

Fig.6 Features of microstructure in Yinfu Series(Br1) 3×4(PPL)



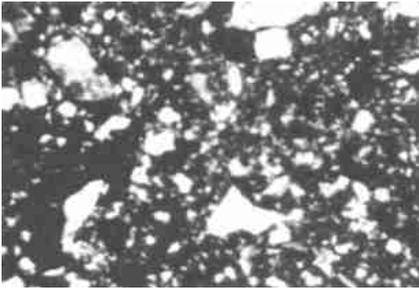
照片 7 银福系(Br2)的矿物组成特征  
摄影倍率 3× 10(正交偏光)

Fig. 7 Features of mineralogical composition  
in Xinfu Series(Br2) 3× 10(XPL)



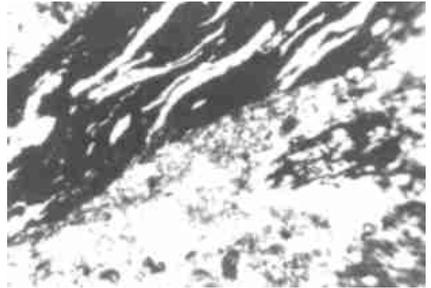
照片 8 银福系(Ap2)的形成物特征  
(示孔隙壁的铁锰胶膜)摄影倍率 3× 4(单偏光)

Fig. 8 Pedological features in Xinfu Series(Ap2)  
(Fe-Mn coating in voids) 3× 4(PPL)



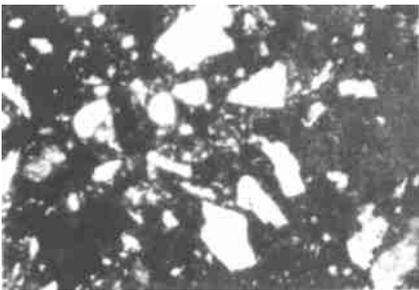
照片 9 天彭系(Br1)的骨骼颗粒和基质特征  
摄影倍率 3× 4(单偏光)

Fig. 9 Features of skeleton grains and matrixes in  
Tianpeng Series(Br1) 3× 4(PPL)



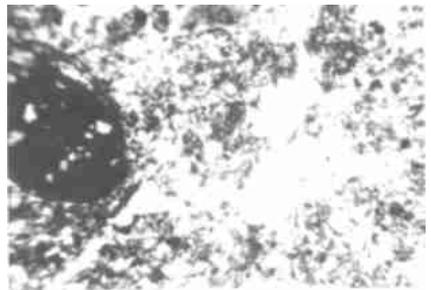
照片 10 天彭系(Ap1)的微结构特征  
摄影倍率 3× 4(单偏光)

Fig. 10 Features of microstructure in Tianpeng  
Series(Ap1) 3× 4(PPL)



照片 11 天彭系(Br2)的矿物组成特征  
摄影倍率 3× 10(正交偏光)

Fig. 11 Features of mineralogical composition in  
Tianpeng Series(Br2) 3× 10(XPL)



照片 12 天彭系(Br1)的形成物特征  
(黑色颗粒为铁锰结核)摄影倍率 3× 4(单偏光)

Fig. 12 Pedological features in Tianpeng Series(Br1)  
(Fe-Mn coating) 3× 4(PPL)

如本研究中, 3 土系的土壤诊断表层的微结构均属紧实细粒状微结构, 反映土壤结构性较差。同时土壤在水耕表层有较多的碳化有机质碎屑分布, 表明土壤通透性差, 对栽培旱地作物是不利的。所以我们在 3 土系实地调查时发现, 所种植的蔬菜(蒜苗)烂根死苗现象非常普遍和严重, 这一状况与此不无关系。本研究结果为解决 3 土系的这一生产问题提供了线索和依据。是土壤系统分类基层分类在生产上应用的成功范例。

#### 参考文献:

- [ 1 ] 龚子同, 等. 中国土壤系统分类——理论·方法·实践[M]. 北京: 科学出版社 1999.
- [ 2 ] USDA, NRCS. Key to soil Taxonomy (Seventh Edition). Seventh Edition 1996.
- [ 3 ] USDA, NRCS, NSSC. Soil Survey Laboratory Methods Manual[M]. Soil Survey Investigations Report No.42 Version3.0[M], January 1996.
- [ 4 ] 何毓蓉, 黄成敏, 等. 川西丘陵地区黄色母质发育土壤的系统分类[J]. 山地学报. 2001, 19(4): 334~338.
- [ 5 ] 何毓蓉, 宫阿都等. 成都平原典型土系分类与其生产性和生态环境特征[J]. 山地学报. 2001, 19(增刊): 36~41.
- [ 6 ] 钟俊平, 等. 土壤系统分类检索(美国)[M]. 乌鲁木齐: 新疆大学出版社 1994.
- [ 7 ] 久马一刚, 平山良治ら. 土壤薄片记载ハンドブック[M]. 日本东京: 博友社, 1986.

## Features of Microstructure of Diagnostic Horizons and Lower Categorical Classification of Stagnic Anthrosols in Chengdu Plain

HE Yu-rong<sup>1</sup>, HUANG Chen-gmin<sup>2</sup> and ZHOU Hong-yi<sup>1</sup>

(1. *Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy Of Sciences, Chengdu 610041 China;*

2. *School of Environmental Science and Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065 China*)

**Abstract:** Several representative soil series, attributing to same soil subgroup, were selected out in Stagnic Anthrosols distributing extensively in Chengdu Plain. Soil micromorphological features of diagnostic horizons of soil series were studied, and soil properties in micromorphology were pointed out to identify soil series and the soil family to which the soil series belong, e. g. soil particles, soil minerals, soil structure, and soil formations, etc. The results showed that soil micromorphological features of the diagnostic horizons could comprehensively, distinctively, and exactly reveal the soil properties for taxonomic classification and provide the information of soil productivity. Consequently, lower categorical classification within soil taxonomic classification and its application into practice were important theoretically and technically.

**Key words:** Stagnic Anthrosols; diagnostic horizon; soil micromorphology; lower categorical classification; Chengdu Plain