

贡嘎山东坡亚高山林区土壤的微形态特征

何毓蓉, 张保华, 周红艺, 张丹, 程根伟

(中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041)

摘 要:在贡嘎山东坡海拔 2 200~3 600 m 的亚高山林区,有原始森林(包括成熟林和过熟林)、次生林、新生林和砍伐迹地等林地类型。研究土壤的微形态特征,对了解该区土壤演化及其对生态环境的影响都有重要意义。分别采制上述不同土壤类型或林型下的土壤表层和表下层的原状土样,制取土壤薄片,进行土壤微形态学比较研究。研究结果表明:贡嘎山亚高山不同土壤或林型下的土壤,在土壤细粒物质、土壤骨骼颗粒和矿物、土壤有机质转化、土壤微结构等微形态特征上都有一定的特点和差异。从这些土壤微形态特征,分析了土壤演化特点和趋势及与生态环境条件演变的关系。

关键词:贡嘎山;亚高山林区;土壤微形态

中图分类号:S152.2

文献标识码:A

贡嘎山是长江上游地区最高的山峰,主峰高达 7 556 m。在该山地东坡 2 800~3 600 m 的亚高山地区,人为干扰较少,比较好的保留了原始自然生态环境状态。是进行青藏高原东缘和长江上游山地土壤环境背景及演化过程等科学研究的理想地区之一。20 世纪 20 年代开始对贡嘎山地区就有了零星的科学考察研究报告^[1,2],并在 70 年代末期由中国科学院组织曾经对该地区进行过综合科学考察。关于该地区的土壤学研究,主要在发生分类上取得了一些初步研究结果^[3,4]。土壤微形态学无论在理论或应用研究上都很有意义。例如 Rodriguez 等对灌溉的土壤学过程微形态研究^[5];M.J. Kooistra 将土壤微形态学应用与农业和环境的研究^[6];曹升庚等对西藏高原土壤多元发生过程的微形态研究^[7]等。对贡嘎山东坡亚高山原始林区土壤的微形态研究可能对揭示该区环境演化规律与生态环境建设实践都有一定意义,本文就此作一初步研究。

1 区域概况与研究方法

1.1 区域自然地理概况

研究区域位于贡嘎山东坡海螺沟地区。在 29° 34' 21" N, 102° 59' 42" E。海拔在 2 200~3 600 m。据设在 3 000 m 的气象观测站实测,年均温在 4.13~4.51℃,年均降雨量在 1 780~2 118 mm,年均蒸发量在 231~297 mm,属冷湿性山地寒温带气候。在地貌地形上,该地主要为高差悬殊、侵蚀切割强烈的高山深谷地貌类型。区内母岩母质主要为新生代的长石花岗岩、二叠系的石英片岩等为主风化形成的残积和坡积物;由冰川活动,形成多条冰碛垄及其冰川堆积物;以及因区内泥石流活动频繁,有多条泥石流及其堆积物等。区内植被的分布随海拔高度成带分布,主要为:海拔 2 200~2 500 m——山地常绿阔叶与落叶阔叶混交林;海拔 2 500~2 900 m——山地针阔叶混交林;2 900~3 800 m——亚高山针叶林。

1.2 供试土壤剖面性状特征

根据不同海拔高度、不同林地类型以及不同土壤类型选择 6 个剖面进行研究。其土壤类型划分采用国际制土壤系统分类(划分依据详见待发表论文)^[1],代表性剖面的基本性状特征列于表 1。

收稿日期(Received date):2003-02-25。

基金项目(Foundation item):中国科学院知识创新项目(KZCX2-SW-319)资助。[This work was supported by Knowledge Innovation Program of CAS(KZCX2-SW-319)]

作者简介(Biography):何毓蓉(1943-),男(汉族),四川成都人,研究员,主要从事土壤地理和土壤微形态研究。[HE Yu-rong(1943-), male, born in Chengdu, Sichuan province, Prof. of Institute of Mountain Hazards and Environment. Main research fields cover soil geography and micromorphology.]

1) 何毓蓉,张保华,等:贡嘎山东坡林地土壤的诊断特征与系统分类,2003,(待刊)

1.3 研究方法

分别采集土壤剖面各层理化性分析样品和微形态分析的原状样品(以环刀采集)。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(土壤理化分析方法见文中或有关表注)。

表 1 供试土壤剖面的自然环境简况与土壤基本性状

Table 1 Natural environment and basic characteristics of soil profiles

编号	土壤类型 ¹⁾	林地类型	环境简况					剖面特征		
			海拔(m)	地形	母岩母质	植被状况	土层 ²⁾	深度(cm)	土色(干,门赛尔)	pH ³⁾
1	普通暗瘠寒冻锥形土(M1.5.6)	生长旺盛期的成熟林	3050	缓坡	花岗岩坡积物	冷杉-杜鹃林	A ₀	2~13	暗红棕 2.5YR 3/3	—
							A ₁	13~28	暗红棕 2.5YR 3/4	4.17
							B _w	28~43	棕 7.5YR 4/6	5.07
							C	48~120	浊黄棕 10YR 5/4	5.27
2	石质寒冻正常新成土(M4.4.3)	生长一般的次生林	3010	陡坡	坡积物	冷杉-杜鹃林	A ₁	2~15	暗红棕 5YR 3/2	4.66
							C	15~60	浊黄 2.5Y 6/4	—
3	石质泥流正常新成土(M4.8.1)	采伐迹地	3000	缓坡	泥石流堆积物	杂草	A ₁	1~5	暗灰黄 2.5Y 5/2	6.25
							C	5~50	淡黄 2.5Y 7/3	—
4	石质湿润正常新成土(M4.7.5)	生长较好的次生林	2200	缓坡	坡积物	冷杉-苔藓	A ₁	2~10	浊黄 2.5Y 6/3	5.66
							C	10~60	淡黄 5Y 7/3	5.60
5	漂白冷凉常湿锥形土(M5.1.1)	有衰败林相的过熟林	2750	缓坡	坡积物	麦吊杉-铁杉	A ₁	2~15	浊黄 2.5Y 6/3	3.93
							Be	15~30	灰白 2.5Y 8/2	4.01
							BC	30~40	暗灰黄 2.5Y 6/3	4.92
6	石质冰碛正常新成土(M4.9.1)	新生林	3650	陡坡	冰碛垄冰碛物	冷杉-苔藓	A ₁	5~10	暗红棕 5YR 3/3	3.85
							C	10~35	淡黄 2.5Y 7/3	4.94

1)土壤分类采用中国土壤系统分类(第三版); 2)各剖面均有 A00 和 A0 层,表中省略; 3) pH-电极法测定。

2 结果和讨论

2.1 土壤细粒物质的微形态特征

母质风化成土最重要的颗粒是 $<20\mu\text{m}$ 细粒物质。特别是 $<2\mu\text{m}$ 的细粒物质在不同发育土壤间或不同林型间有一定的差异。锥形土(剖面 1、5)较其它新成土的颗粒要细,分布量较多(照片 1、2)。颗粒分析结果与薄片观察结果基本一致(表 2)。但土壤细粒物质总体偏少,主要原因是:(1)该地区土壤发育时间较短;(2)冷湿气候环境条件下土壤物质风化弱,物理风化作用仍是主要风化过程;(3)地形陡峭多崩塌,泥石流、滑坡、冰川等活动频繁,常常阻断土壤发育。

表 2 土壤细粒物质含量

Table 2 Contents of soil plasma

编号	土壤类型	林型	土壤细粒物质(粒径 μm , 含量 %)		
			<20	<2	<1
1	普通暗瘠寒冻锥形土(M1.5.6)	成熟林	16.28	6.16	5.28
2	石质寒冻正常新成土(M4.4.3)	一般次生林	6.27	2.79	2.44
3	石质泥流正常新成土(M4.8.1)	迹地	9.38	6.57	5.88
4	石质湿润正常新成土(M4.7.5)	次生林	8.46	3.76	3.29
5	漂白冷凉常湿锥形土(M5.1.1)	过熟林	15.29	7.40	5.29
6	石质冰碛正常新成土(M4.9.1)	新生林	11.03	4.98	4.27

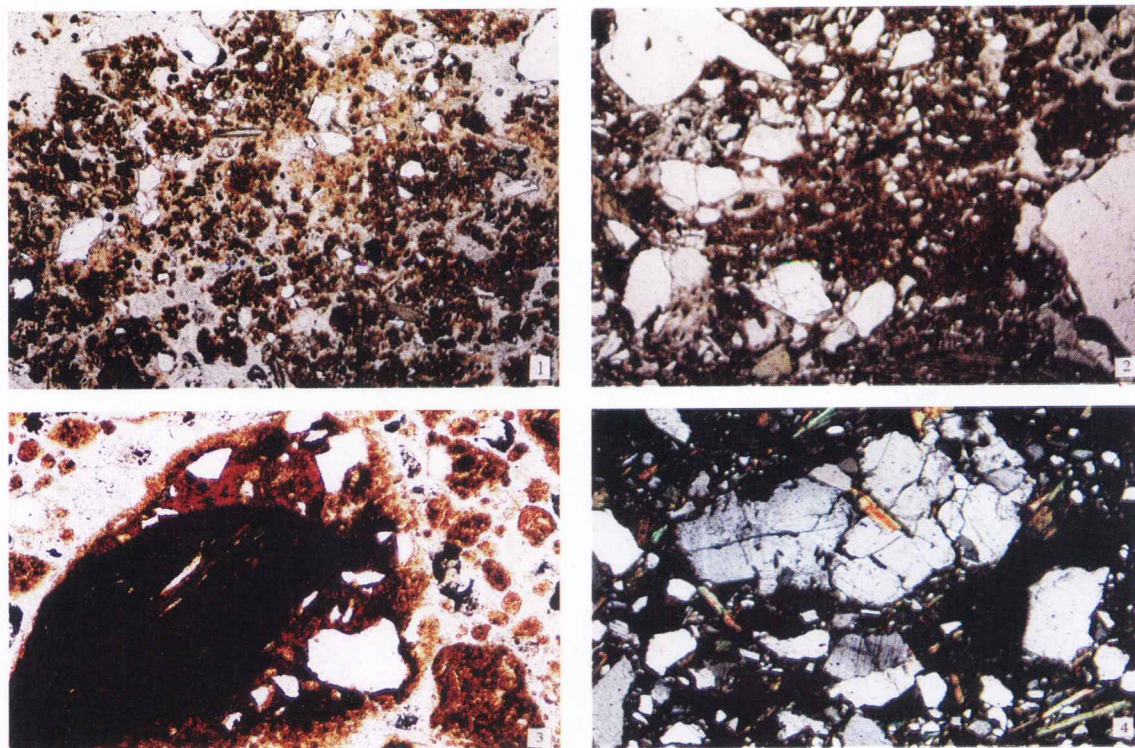
注:分析方法为 NaOH 溶液分散-煮沸-震荡-比重计法。

在锥形土中(过熟林和成熟林下)土壤表层或表下层,多能观察到较多的细粒物质呈暗棕(7.5YR3/3)或黑棕(2.5YR3/2)。从微形态特征上鉴别,其中有的属游离的腐解过程中的有机质细颗粒,有的属被腐殖质浸染的矿质细颗粒;有的为絮凝状腐殖质,有的已属高肥土壤特有的优良土壤基质—腐殖质—粘土基质^[8](照片3)。这些土壤微形态特征表明在表层的生物作用较强,对土壤肥力有良好的影响,是区内植被生长繁茂的主要原因之一。

2.2 土壤骨骼颗粒及其矿物特征

贡嘎山亚高山林区的土壤骨骼颗粒($>2\mu\text{m}$)共同特点是:(1)不同海拔与坡度的土壤剖面骨骼颗粒

大小相差较大(照片2、4);(2)多数剖面除表层外骨骼颗粒的分异都不明显;(3)土壤骨骼颗粒中一些较粗大的颗粒常常可发现有强烈物理风化的微裂隙(照片4)。当然不同的母质来源的土壤其骨骼颗粒仍有明显的差别。如发育于泥石流或冰碛物母质上的土壤比有其它岩石类母质发育的土壤蚀圆的骨骼颗粒较多,系原有母质搬运过程的形成特征。此外本区土壤受人干扰较小,土壤表层多保持原有自然状态,在生物作用下,强烈的有机质积累过程使表层保持丰富的有机质特征,土壤骨骼颗粒很少(照片5、6、7)。



照片1 在锥形土(成熟林)中有多量的细粒物质(剖面1,Bw层)(-)10×(系指摄影倍率,-为单偏光,+为正交偏光,下同);

Photo 1. Lots of plasmas in cambisol under mature forest. (Profile 1, horizon B). (PPL)10× (Photo-enlarge ratio)

照片2 大小不均的土壤颗粒特征(剖面5,BC层)(-)10×;

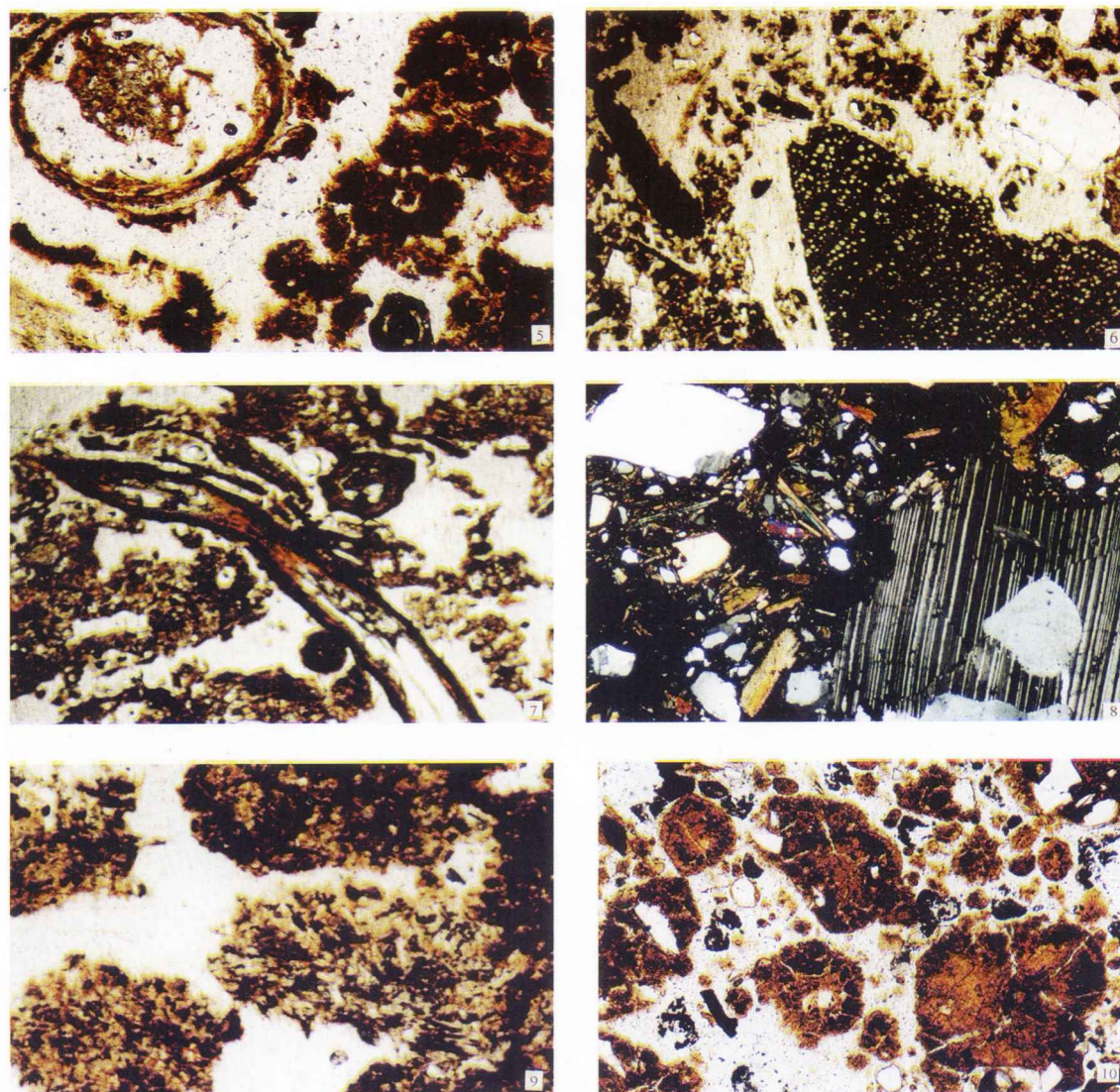
Photo 2. Unequal soil particles (Profile 5, horizon BC) (PPL)10×

照片3 在锥形土(成熟林)中出现的腐殖质—粘土基质(剖面1,A层)(-)25×;

Photo 3. Humus-clay matrix in cambisol under mature forest. (Profile 1, horizon A). (PPL)25×

照片4 土壤骨骼颗粒中丰富的风化裂隙(剖面4,A层)(+)10×;

Photo 4. Abundance weathered fissures in skeleton gran (Profile 4, horizon A) (XPL)10×



照片5 土壤中半分解有机残体(左)和半腐殖质化有机质(右)(剖面2,A层)(-)25 \times ;

Photo 5. Intermediate decomposed organic relicts(left) and humic soil material(right). (Profile 2, horizon A) (PPL)25 \times

照片6 土壤表层的碳化有机质碎屑(剖面2,A层)(-)10 \times ;

Photo 6. Carbonized organic rag in surface layer(Profile 2, horizon A) (PPL)10 \times

照片7 土壤表层的多孔状微结构(剖面6,A层)(-)10 \times ;

Photo 7. Porous microstructure in surface layer(Profile 6, horizon A) (PPL)10 \times

照片8 土壤骨骼颗粒中丰富的可风化矿物(剖面3,A层)(+)10 \times ;

Photo 8. Abundant weatherable minerals in skeleton grains. (Profile 3, horizon A) (XPL)10 \times

照片9 林木生长较好的新成土表层中的初级团聚体(剖面2,A层)(-)25 \times ;

Photo 9. Preliminary aggregates in surface horizon of entisol under well developed forest(Profile 2, horizon A) (PPL)25 \times

照片10 锥形土、成熟林土壤中的多级团聚体(剖面1,A层)(-)10 \times ;

Photo 10. Multilevel aggregate in cambisol under mature forest Profile 1, horizon A) (PPL)10 \times

根据剖面土壤薄片偏光显微镜观察,土壤骨骼颗粒矿物的主要特点是普遍都含有较多的可风化(或易风化)矿物——主要如长石(包括正长石、长石、微斜长石等)、云母、角闪石、辉石等(照片 8)。与其它地区土壤间差别较大^[9]。充分反映了本区土壤风化发育程度较低。但土壤骨骼颗粒的这些矿物所含有的钾、钙、镁及微量元素丰富。尽管土壤发育程度低、土层薄、土壤肥力不高,可是该地区的林、灌、草仍然生长良好。这与之不无关系。

2.3 土壤有机质的微形态

森林土壤有丰富的有机质来源,土壤有机质在土壤中的变化是土壤最重要的物质转化过程之一。通常以化学分析得出的土壤有机质或腐殖质含量,一般只能了解土壤有机质变化的结果。以土壤微形态研究方法则可发现有机质在土壤过程中演化的各阶段特征。比较贡嘎山研究区内各林型下土壤有机质形态特征,可看出其共同点是土壤表层中处于各分解阶段的有机质很丰富。

在不同土壤及环境条件的影响下,土壤有机质的转化也有一定差异。在有一定坡度或地势稍高排水较好的成熟林下,土壤有机质的主要转化过程为:

有机残遗体→半分解有机质→腐殖质→腐殖质-矿质复合体(照片 5、3)

在地势低、排水不畅长期处于过湿状态下的土壤,其有机质的主要转化过程为:

有机残遗体→半分解有机质→半碳化有机质

→碳化有机质(照片 5、6)

显然,前一有机质转化过程是土壤肥力增进过程。而后者在一定意义上反映了土壤肥力的退化过程。通常在土壤中上述两种有机质转化过程都存在,不同土壤及其环境条件下,其相对强弱不同而已。采伐迹地与其它林型相比,土壤有机质特别是絮凝状腐殖质明显减少,腐殖质化过程减弱。同时,在一些土壤中发现有较多的碳化有机质。这是本区土壤不利的发育过程的微形态证据。

2.4 土壤结构的微形态特征

土壤结构尤其是各粒径的团粒结构形成是土壤重要的发育过程。其形态和数量的变化都对土壤肥力有关键性的影响。对各土壤(A层)微结构的观察,可看出不同土壤和林型下有较大差别。这说明土壤结构的形成与生物活动关系密切。例如在新成土和新生林、次生林下的土壤微结构形成很单一,主要是由富含未分解或未腐殖质化的有机质(其中多有有机残遗体)构成的多孔状微结构(照片 7),这一状况虽然使土壤松软、有较高持水量,但却常常造成土壤过湿,影响土壤肥力和发育过程。有少数土壤表层或表下层土壤微结构为聚积状、紧实状为主,有向无结构化演变的特征(照片 2)。在肥力较高和林木生长好的土壤微结构丰富,可发现有大量各个阶段发育的土壤微结构类型形成(照片 9、10)。其形成过程可简述如下:

母岩(风化)→土壤母质→土壤细粒物质——
土壤有机质→土壤腐殖质→絮凝状腐殖质→腐殖质-矿质复合体→
初级团聚体→多级有机-无机复合微团聚体→团粒结构

过熟林下土壤微结构的变化较复杂,虽然保留有成熟林土壤的微结构特征,但其土壤微结构无论在形态和数量上已经不如成熟林土壤,即已有一定的退化现象。

在锥形土和成熟林下土壤中出现多级有机-无机复合微团聚体结构(照片 10),反映了优良土壤微结构的发育过程。这种微结构具有疏松多孔、吸水透气、保水保肥、稳定性高等特性。是高肥力土壤的特征。在贡嘎山地区发现这种微结构,是表明该地区土壤肥力进化、生态环境保护较好的证据。大多数土壤,即使是经人工培肥的肥熟土壤都很难发现这种微结构^[10~12]。虽然有的学者曾提出过这类微

结构,但都未见提供这类土壤微结构的证据^[13,14]。所以本研究发现的贡嘎山土壤这种微结构有重要意义。此外本区多数新成土与某些次生林、采伐迹地土壤微结构的不良状况,对本区生态环境有何负面影响等问题应当进一步研究。

致谢:本所李同阳、罗辑、陈彬如、李伟等同志对本研究的野外考察采样工作给以大力支持和帮助。

参考文献(References):

- [1] Heim. A. The structure of Minya Gongar. *Bulletin of the Geological Society of China*, 1931, 11(1): 36~44.

- [2] Cui Zhijiu. Preliminary observation of modern glaciers of Mt. Gongga. *Journal of Geography*, 1958, **24**(3): 318~338. [崔之久. 贡嘎山现代冰川的初步观察[J]. 地理学报, 1958, **24**(3): 318~338.]
- [3] Yu Dafu. The vertical zonality and genesis of soil in Gongga Mountain. *Journal of Soil Science*, 1984, **15**(2): 65~68 [余大富. 贡嘎山的土壤及其垂直地带性[J]. 土壤通报, 1984, **15**(2): 65~68]
- [4] Luo Ji. Soil type of Hailuoguo. *Research dynamic of resource and eco-environment net*. 1996, **7**(2): 40~43. [罗辑. 海螺沟的土壤类型[J]. 资源生态环境网络研究动态, 1996, **7**(2): 40~43]
- [5] Rodriguez. R. Herrero. J. Porta. J. A micromorphological appraisal of pedological processes related to soil irrigation in the Ebro basin (Spain). *Transactions of 14th ICSS Vol. VII*. Kyoto Japan August 12~18, 1990, 262~263.
- [6] Kooistra. M. J. Application of micromorphology to agroecomic and environmental sciences. *Transactions of 14th ICSS Vol. VII*. Kyoto Japan August 12~18, 1990, 226~231.
- [7] Cao Shenggeng and Gao Yixin. Micro-morphologic Study With Special Reference To Soil Polygenesis of Xizang(Tibet) Plateau. *Acta Pedologica Sinica*, 1981, **18**(1): 38~49 [曹升庚, 高以信. 西藏高原土壤多元发生的微形态研究[J]. 土壤学报, 1981, **18**(1): 38~49]
- [8] He Yurong. The micro-morphologic features of purple soils. Purple soil in China. Beijing: China Academic Press, 1991. [何毓蓉. 紫色土的微形态特征[M]. 中国紫色土(上), 北京: 科学出版社, 1991.]
- [9] He Yurong, Huang Chengmin *et al.* Features of Microstructure of Diagnostic Horizons and Lower Categorical Classification of Stagnic Anthrosols in Chengdu Plain. *Journal of Mountain Science*, 2002, **20**(2): 157~163 [何毓蓉, 黄成敏, 等. 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[J]. 山地学报, 2002, **20**(2): 157~163]
- [10] Masanori Mitsuchi. Micro-morphological Observation of Wet Lowland Soils. *Japanese Journal of Science and Plant Nutrition*, 1992, **63**(2): 169~176 [三土正则. 湿性低地土壤的微形态观察[J]. 日本土壤肥料科学杂志, 1992, **63**(2): 169~176]
- [11] Chen Ziming. Studies on Relationship Between the Characteristics of Soil Structure and Soil Fertility of Spongy Field. *Acta Pedologica Sinica*, 1981, **18**(2): 167~175 [陈子明. 海棉田土壤结构特性与土壤肥力关系的研究[J]. 土壤学报, 1981, **18**(2): 167~175]
- [12] He Yurong. Micro-morphological features of purplish soils for increasing fertility in different regions in Sichuan Basin. *Journal of Soil Science*, 1984, **15**(6): 263~266 [何毓蓉. 四川盆地紫色土分区培肥的土壤微形态研究[J]. 土壤通报, 1984, **15**(6): 263~266]
- [13] Парфенова Е И, Ярилова Е А. Руководство к микроморфологическим исследованиям в почвоведении. Издательство, Наука, Москва, 1977.
- [14] ISSS(Kuba Y, *et al.*). Handbook for soil thin section description. Japan Hakuyou Press. [國際土壤學會(久馬一剛等譯). 土壤薄片記載ハンドブック[M]. 日本博友社, 1986.]

Micro-morphological Features of Soil Under Subalpine Forests on East Slope of Gongga Mountain

HE Yu-rong, ZHANG Bao-hua, ZHOU Hong-yi, ZHANG Dan, and CHENG Gen-wei
(the Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences & Ministry of Water Conservancy,
Chengdu 610041 China)

Abstract: There are virgin forest (including mature and over-mature forests), secondary forest, young-aged forest, and clear-cutting in subalpine forest area at height of 2200~3600m on east slope of Gongga Mountain. It is important for understanding soil evolution and its influence on eco-environment to research on soil micro-morphological features. Undisturbed soils samples obtained from surface and subsurface soil layers under different forests were used to make thin sections and study micro-morphological characteristics. Results showed that micro-morphological features of soils under different forests are different in plasma, skeleton grain, mineral, organic matter transforming, and microstructure. From the above, characteristics and direction of soil evolution, and its relationship with eco-environment evolution, were analyzed.

Key words: Gongga Mountain; subalpine forest; soil micro-morphology