

Soil Structure Characteristics in Different Vegetation Restoration Communities in Jiufeng National Forest Park

Qiao Yong¹, Sun Xiangyang^{1*}, Guo Xiaoxiao², Li Suyan¹, Wang Yong³

¹ School of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

² The College of Forest, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

³ Experimental Forest of Beijing Forestry University, Beijing 100083;

Email: heartqiaoyong@163.com

Abstract: Physical properties and micro-morphology of soil in different vegetation communities in Jiufeng national forest park were studied. Results show that: the soil particles composition and soil bone particles natural shrubs are similar in the natural shrubs and artificial mixed in Jiefeng national forest park. The Soil in natural shrubs is superior than that in artificial mixed forest in many aspects, such as bulk density, porosity condition, aggregate structure, fertility characteristics. In general, soil eco-structure recovery of the natural shrubs in middle-high elevation is better than that of the artificial mixed at low elevation.

Keywords: vegetation restoration ; soil structure; micro-morphology; Jiufeng

鹫峰国家森林公园不同植被恢复模式下土壤结构特征研究

乔永¹, 孙向阳¹, 郭晓晓², 李素艳¹, 王勇³

¹北京林业大学水土保持学院, 北京, 中国, 100083

²北京林业大学林学院, 北京, 中国, 100083

³北京林业大学实验林场, 北京, 中国, 100083

Email: heartqiaoyong@163.com

摘要: 对鹫峰国家森林公园不同植被恢复模式下土壤理化性质和微形态特征进行研究, 比较了两者的土壤容重、颗粒组成以及各种微形态特征。结果表明: 鹫峰国家森林公园中上部自然灌丛下土壤和下部人工混交林下土壤颗粒组成以及土壤骨骼颗粒均相似, 土壤质地均为粉砂壤土, 骨骼颗粒均以石英为主; 自然灌丛下土壤容重特征优于人工混交林, 并且其土壤孔隙状况、团粒结构、肥力特征自然灌丛均优于人工混交林。总体评价公园中上部自然灌丛下土壤生态结构恢复情况要好于公园下部人工混交林下土壤。

关键词: 植被恢复; 土壤结构; 微形态; 鹫峰

1 引言

我国是世界上水土流失最严重的国家之一, 由于森林植被的破坏, 我国水土流失70%集中在山区^[1]。严重的水土流失和人为活动极大的破坏了山地的土壤结构与其生态功能。被破坏区域的植被恢复和重建, 促进了土壤结构的改善和生态功能的恢复。其中土壤容

重、颗粒组成、孔隙特征以及土壤团聚体等都是土壤生态功能的重要特征^[2]。土壤微形态学是在微观上研究土壤的结构、物象及垒结, 用以说明土壤形成、发育演变与环境之间的关系, 是野外土壤剖面形态研究的延续^[3, 4]。研究土壤微形态学, 对了解土壤肥力的变化、环境条件以及土壤侵蚀和土壤生态结构恢复方面具有重要意义。鹫峰国家森林公园自清代末期至20世纪, 由于水土流失和频繁的人为活动, 原始植被

资助信息: 科技基础工作专项“森林土壤资源调查及标本搜集”(2007FY210300)。

破坏殆尽。自20世纪50年代以来, 鹫峰国家森林公园极为重视植被的恢复与管理, 形成了低山区域以人工混交林为主, 中上部以自然灌木为主的植被恢复模式。有关植被对土壤结构的影响已有很多研究^[5-6], 但针对华北山区不同植被恢复模式下的土壤结构特征研究较少, 本文以鹫峰国家森林公园为样区, 分析了土壤密度、颗粒组成以及土壤微形态特征, 对公园两种不同植被恢复模式下的土壤生态结构恢复情况进行了研究, 以期为我国华北山地植被恢复、重建模式和功效提供一定的基础数据及理论依据。

2 样区概况

鹫峰国家森林公园位于华北平原西部, 太行山系最北端与燕山山系相会处, 距北京市西北约 30 km, 属北京大西山范围。地理坐标为东经 116°28', 北纬 39°54'。公园面积 832.04hm², 海拔在 50m-1100m 之间, 最高海拔 1153m。年平均气温为 11.6℃, 年平均降水量 630 mm, 年蒸发量为 1800 mm, 干燥度 1.9^[11]。原始植被破坏殆尽, 样区中上部为多为自然灌丛, 下部主要为经过人工造林和抚育的人工林混交林。样区内上部岩石以凝灰岩为主, 下部以花岗岩为主, 成土母质为坡积物(《鹫峰国家森林公园设计说明》, 1992)。

3 研究方法

3.1 野外调查

在样区内根据不同植被类型选择了 5 个剖面进行调查, 剖面特征描述(参照中国科学院南京土壤研究所编制的《土壤剖面描述标准》, 1991), 剖面位置采用 GARMIN MAP60 型 GPS 进行记录。样品采集: 分析样品在每层典型位置进行采集; 微形态样品采用 PVC 管(直径 50mm、高 70mm)在两个剖面每层垂直方向采集原状土壤样品共 6 个。

3.2 室内实验

分析样品按常规方法处理^[7], 土壤颜色描述采用美国 munsell 土壤专用比色卡, 土壤容重采用环刀法颗粒组成采用比重计法, 土壤微形态样品固化参照曹升庚方法^[8], 土壤薄片(50*25mm)使用莱卡(Leica)公司制造的 SM—LUX—POL 高级显微镜进行土壤微形态观察, 并使用 maticam2306 型数码接头进行摄影, 并使用 Motic Images Plus 2.0 软件进行数字图像的处理与分析。

4 研究结果与分析

根据微土壤样品的微形态观察和理化性质分析结果, 选择样区下部人工混交林和中上部自然灌丛的两个土壤剖面进行描述和分析。

4.1 剖面特征描述

剖面 I: 坐标 N40°04'42.0", E116°02'34.2", 海拔 674m, 坡度 17°, 坡向 W5°S, 植被为红花锦鸡儿(*Caragana sinica*)、三桠绣线菊(*Spiraea blumei*)灌丛, 极少侧柏(*Platycladus orientalis*), 油松(*Pinus tabulaeformis*), 母岩为凝灰岩, 坡积母质。

O 层: 3~0cm 半分解和分解红花锦鸡儿、三桠绣线菊落叶

A 层: 0~8cm HUE10YR7/4 润、HUE10YR7/4 干, 中度发育团粒结构, 中壤, 润时松散, 中根含量中等, 石砾中等, 有假菌丝

B 层: 8~40cm HUE10YR6/4 润、HUE10YR6/5 干, 中度发育团粒、碎块状结构, 中壤, 润时适中, 中根含量中等

C 层: 40cm 以下 HUE10YR4/3 润, HUE10YR4/4 干, 弱度块状结构, 轻壤, 润时紧实

剖面 II: 坐标 N40°02'42.9", E116°04'40.7", 海拔 337m, 坡度 23°, 坡向 N18°W, 植被为以侧柏油松为主的人工混交林, 少灌木和草本, 母岩为凝灰岩, 坡积母质。

O 层: 1~0cm 新鲜和半分解油松针和其他植物落叶

A 层: 0~5.5cm HUE10YR3/4 润、HUE10YR5/4 干, 轻度发育团粒结构, 轻壤, 润时松散, 中根含量中量, 石砾少量

B 层: 5.5~31cm HUE10YR5/8 润、HUE10YR5/8 干, 轻度发育碎块状结构, 中壤, 润时紧实, 细根含量少量, 石砾中等

C 层: 31cm 以下 HUE10YR5/3 润, HUE10YR6/6 干, 弱度块状结构, 轻壤, 润时紧实, 极少根系

4.2 土壤理化性质分析

在正常情况下, 土壤容重与土壤生态功能呈负相关。如表 1, 两个剖面的容重均随深度增加而减少, 剖面 II 每层的土壤容重均大于剖面 I 的土壤容重值, 尤其是表层差异较大, 说明剖面 I 表层土壤结构要优

于剖面 II。两个剖面的土壤颗粒组成相似，均为粉沙壤土。

表 1 鹭峰国家森林公园土壤物理性质

Tab 1 Soil physical properties of Jiufeng National Forest Park

剖面 编号	层 次	容重 g·cm ⁻³	颗粒组成 g·kg ⁻¹		
			2-0.02mm	0.02-0.002mm	0.002-0.001mm
I	A	72.74	653.92	195.71	150.91
	B	109.39	624.38	217.57	158.05
	C	127.54	752.66	127.97	119.37
II	A	116.17	695.63	164.06	140.31
	B	122.36	714.98	150.65	134.36
	C	131.69	729.85	135.08	135.08

4.2 土壤微形态特征分析

土壤微形态描述按照 Stoops^[9]于 2003 年修订的标准进行(表 2)

4.2.1 土壤骨骼颗粒及矿物特征

鹭峰国家森林公园剖面 I、II 土壤骨骼颗粒(>2 μ m)均以石英为主，长石次之，颗粒以起伏状圆状-次棱角状为主。剖面 I 骨骼颗粒大小均一，分布较均匀(照片 1)，剖面 II 骨骼颗粒大小不一，且无定向性，剖面 II 中 B 层存在大量可风化矿物，主要包括长石、云母、角闪石等(照片 2)，说明剖面 II 土壤风化发育程度较低，且其土层较薄，虽然其有机质含量较高，但总体条件较差，是致使地上植被生长不良的原因之一。

4.2.2 土壤有机质微形态特征

土壤有机质是土壤重要的质量评价指标之一，即能够反映土壤肥力特征，又可以反映土壤环境质量。森林土壤有机质来源丰富，通常以化学手段分析出的土壤有机质含量，一般只能了解土壤有机质的多寡以及变化的结果，而通过土壤微形态研究方法，则可以发现土壤有机质在变化过程中的各个阶段的特征^[10]。比较剖面 I、II 土壤有机质形态特征，其相同点在于 A 层中处于各个分解状态的有机质比下层土壤丰富。在剖面 I A 层中，可观察到其具有半分解植物残体—絮状腐殖质—腐殖质凝团结构以及有机-无机复合团聚

体(照片 3、8)，反映其具有高肥力土壤特性和良好结构。剖面 II 可明显见到植物残体且腐殖质多呈丝絮状，少凝团出现(照片 4)，说明其与剖面 I 相比生物活动频度较低，植物分解速度较慢。

4.2.3 土壤孔隙特征分析

土壤孔隙的发育程度反映土壤发育环境的稳定程度。剖面 I A 层为多孔结构(照片 5)，孔隙均匀，孔径大多在 1.5mm-1.0mm 之间，说明其长期处于一个相对稳定的状态。剖面 II 拥有大型孔隙，孔径达到 2.5mm(照片 6)，但其孔隙大小不一、形状不规则，植物分解半分解的残积物直接与粗骨骼颗粒相邻，粘土物质较少，阻碍了有机质矿质化过程的进行。

4.2.4 土壤形成物

样区内土壤形成物主要为各种铁质浓聚物和淀积粘粒。剖面 I、II B 层中均可明显观察到铁锰形成物，但剖面 I 中可明显观察到铁锰浓聚物胶膜(照片 7)。剖面 I 中观察有 C 层中可观察到红色光性粘粒淀积特征，这种特征一般存在于亚热带红色粘土中^[11]，经研究证实，这些粘粒特征是湿热条件下的古土壤所致，而并非现代土壤的特征^[12]，其为上新世时期(N₂)湿热气候条件下的产物。

4.4 结论与讨论

样区内土壤骨骼颗粒均以石英为主，长石次之。样区中上部自然灌丛下土壤骨骼颗粒分布均匀；各分解状态有机质含量丰富，土壤肥力特性优于样区下部人工混交林下土壤；土壤微结构发育良好，孔径适中，结构稳定，生态结构恢复。样区中上部有古红土存在，为上新世时期(N₂)湿热气候条件下产物。样区下部人工混交林下土壤粗骨骼颗粒大小差异大，形状不规则，存在大量可风化矿物，土壤发育程度较低；土壤有机质形态多为植物残体和丝絮状腐殖质，表层缺少团聚体，土壤总体评价较低。

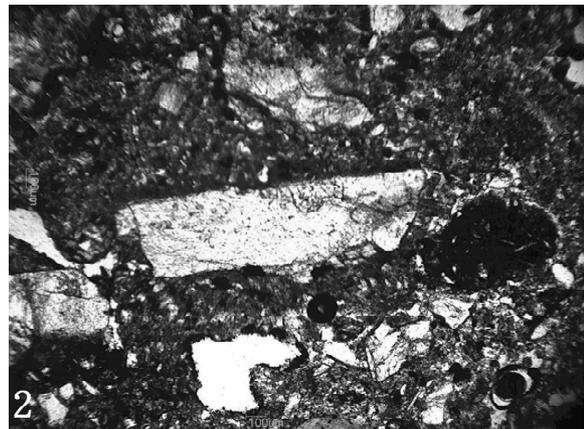
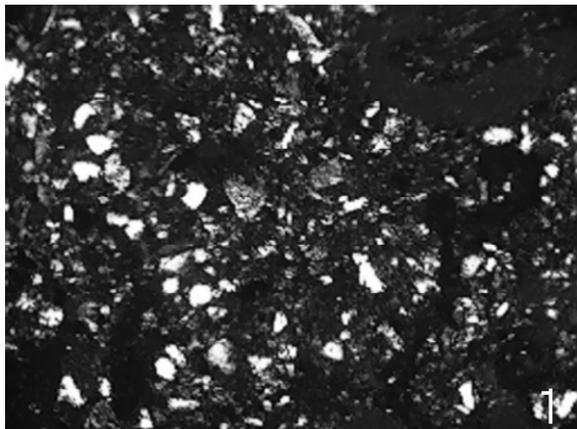
在样区中上部自然灌丛和下部人工混交林下土壤的生态结构比较中，土壤颗粒组成以及土壤骨骼颗粒均相似；土壤容重自然灌丛下土壤优于人工混交林；土壤孔隙状况、团粒结构、肥力特征自然灌丛均优于人工混交林。总体评价公园中上部自然灌丛下土壤生态结构恢复情况要好于公园下部人工混交林下土壤。

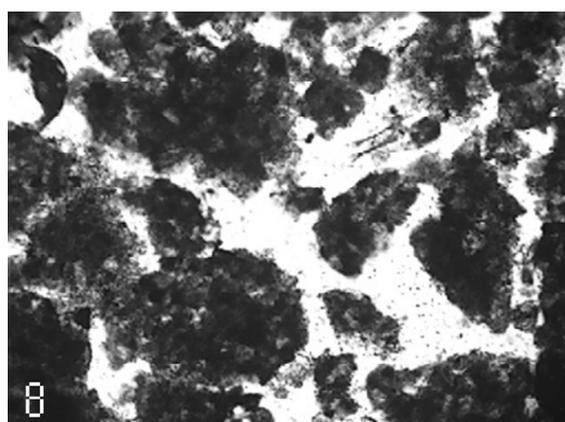
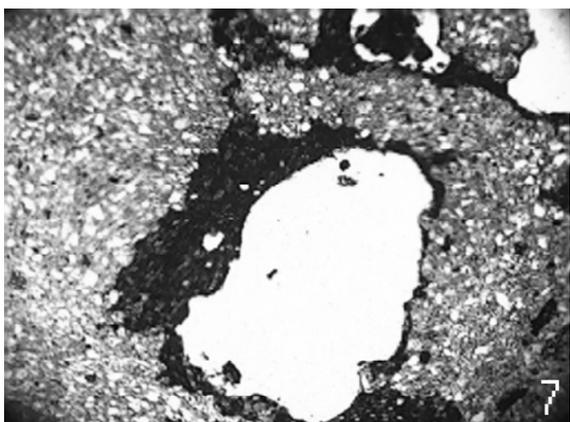
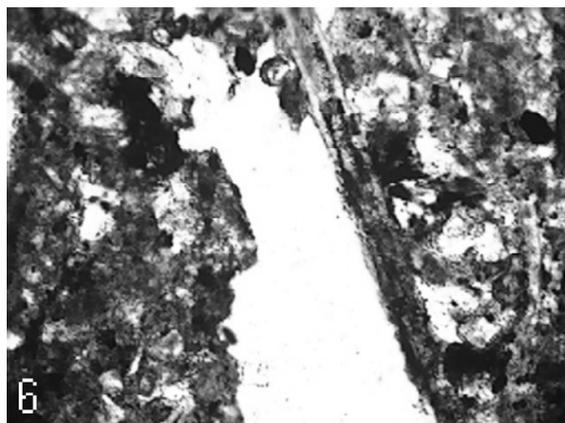
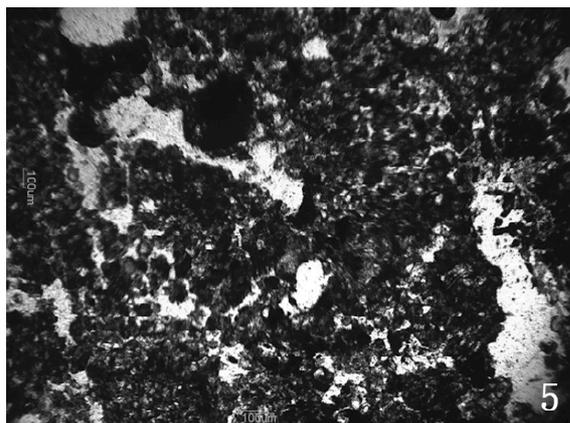
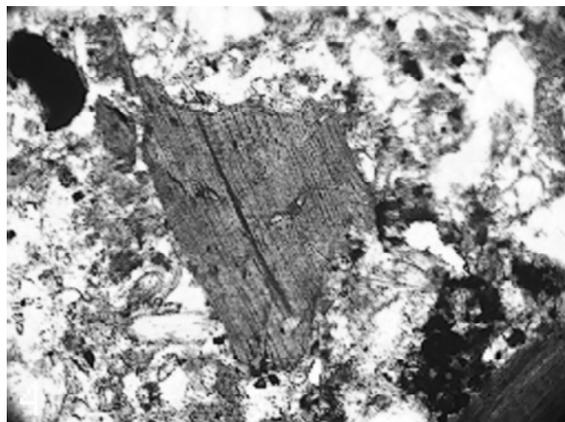
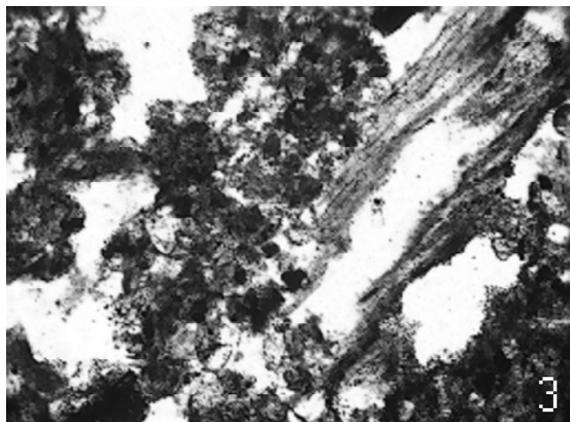
表 2 鹭峰国家森林公园土壤微形态特征

Tab 2 Soil micro-morphology of Jiufeng National Forest Park

剖面编号	层次	骨骼颗粒	有机质	孔隙	主要微结构类型	其他特征
I	A	Q 为主, Pl、Bi 次之, 偶见 Hb、Ep, 一些 Op, 颗粒多呈起伏次圆状	明显分解、半分解的腐殖化植物残体偶见动物排泄物, 腐殖质大多呈凝粒、疏松凝团状	总孔度为 15%-20%, 多为较规则的孔洞和孔道, 孔径在 1.0mm-1.5mm 之间	孔道、孔洞复合结构	铁质浸染粘粒浓聚物
	B	Q 为主, Pl、Bi 次之, 偶见 Hb、Ep, 一些 Op, 颗粒多呈起伏次棱角状	偶见植物残体、动物排泄物, 多腐殖质浸染的矿质化颗粒和凝聚状腐殖质及有机质细颗粒	总孔度约为 10%, 多为植物根系造成的孔洞和孔道, 孔径在大小不等, 孔壁有较薄铁质粘粒胶膜	孔道、孔洞复合结构	中强度铁质浸染的粘粒浓聚物
	C	Q 为主, Pl、Bi 次之, 呈起伏次棱角状	无植物残体及动物排泄物	孔隙较少, 总孔度在 5% 以下, 孔径一般在 0.05mm-0.10mm 之间	块状微结构	中强度铁质浸染
II	A	Q、Pl 为主, Bi、Hb、Ep 次之, 颗粒多呈起伏次圆状	明显半分解植物残体, 腐殖质大多呈丝絮状, 无凝聚团	总孔度约为 15%, 形状不规则, 孔径在 0.01mm-2.5mm 之间不等	孔道、孔洞复合结构	轻度铁质浸染
	B	Q、Pl 为主, Bi、Hb、Ep 次之, 颗粒多呈起伏次棱角状, 表面粗糙	无植物残体, 偶见动物排泄物, 腐殖质浸染矿质化颗粒不明显	几乎无孔隙	块状微结构	有少量铁锰浓聚物存在
	C	Q、Pl 为主, Bi、Hb、Ep 次之, 颗粒多呈次棱角状	无植物残体	几乎无孔隙	块状微结构	有少量铁锰浓聚物存在

注: Q-石英, Pl-长石, Bi-黑云母, Hb-角闪石, Ep-绿帘石





照片 1 剖面 I B 层均一骨骼颗粒 (4×10 正交偏光)

Fig 1 Conformed skeleton grain in B layer of soil profile I (4×10 XPL)

照片 2 剖面 II B 层粗骨骼颗粒 (4×10 单偏光)

Fig 2 Crude skeleton grain in B layer of soil profile II (4×10 PPL)

照片 3 剖面 I A 层植物残体及有机质形态 (10×10 单偏光)

Fig 3 Plant residues and soil organic in A layer of soil profile I (10×10 PPL)

照片 4 剖面 II A 层植物残体及有机质形态 (10×10 单偏光)

Fig 4 Plant residues and soil organic in A layer of soil profile II (10×10 PPL)

(10×10 PPL)

照片 5 剖面 I B 层多孔特征 (4×10 单偏光)

Fig 5 porous characteristic in B layer of soil profile I (4×10 PPL)

照片 6 剖面 II B 层不规则孔隙 (4×10 单偏光)

Fig 6 Anomalistic pores in B layer of soil profile II (4×10 PPL)

照片 7 剖面 I C 层铁锰浓聚物 (10×10 单偏光)

Fig 7 Fe-Mn coatings in C layer of soil profile I (10×10 PPL)

照片 8 剖面 I A 层团聚体 (10×10 单偏光)

Fig 8 Aggregate in A layer of soil profile II (10×10 PPL)

References (参考文献)

- [1] Peng Zhenhua. The construction of China Forest ecological network system. [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2003.
彭镇华. 中国森林生态网络体系建设. [M]. 北京: 中国林业出版社, 2003.
- [2] Shen Chaorui, Pang Jiangli. Development and Prospect of Soil Micromorphology [J]. Journal of Guyuan Teachers College, 2005, 26 (6) : 76-80.
申朝瑞, 庞奖励. 土壤微形态学研究进展及前瞻[J]. 固原师专学报(自然科学), 2005, 26 (6) : 76-80.
- [3] Lian Gang, Guo Xudong, Fu Bojie, ect. Spatial variability of bulk density and soil water in a small catchment of the Loess Plateau [J]. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26 (3) : 674-654
连纲, 郭旭东, 傅柏杰, 等. 黄土高原小流域土壤容重和水分空间变异特征 [J]. 生态学报, 2006, 26 (3) : 674-654
- [4] Zhang Hua, Zhang Ganlin. Evaluation Methods And Indexes Of Soil Quality[J]. Soil, 2001 (6) : 330-333
张华, 张甘霖. 土壤质量指标和评价方法[J]. 土壤, 2001 (6) : 330-333
- [5] Li Yangbing, Wei Chaofu, Xie Delin. The Fractal Features of Soil Aggregate Structure Before and After Vegetation Destruction on Karst Mountain Areas[J]. Chinese Journal of Soil Science. 2006, 37 (1) : 51-55
李阳兵, 围朝富, 谢德林, 等. 岩溶山区植被破坏前后土壤团聚体分形特征分析[J]. 土壤通报, 2006, 37 (1) : 51-55
- [6] tural Quality and Water Conservation-Antierodibility under Plantation and Natural Forests in Upper Reaches of Yangtze River[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2005, 19(5) 1-4
何毓蓉, 廖超林, 张保华. 长江上游人工林与天然林土壤结构质量及保水抗蚀性研究[J]. 水土保持学报, 2005, 19 (5) 1-4
- [7] Yan Mi. Eco-efficiency evaluation of Jiufeng national forest park. [M]. Beijing: Beijing Forestry University. 2005.
严密. 鹞峰国家森林公园生态效益评价研究[M]. 北京: 北京林业大学, 2005.
- [8] Cao Shenggen. Thin section preparation of soil and non-clotted material. Monograph Pedologica Sinica, 1989, 43: 42-45
曹升庚. 土壤和非固结物质薄片的系统制备方法[J]. 土壤学报, 1989, 43: 42-45.
- [9] Soil group of Beijing Forestry University. The instructions of soil experiment. [M] Beijing: Beijing Forestry University. 2001.
北京林业大学土壤教研室. 土壤实习实验指导书. [M] 北京: 北京林业大学, 2001.
- [10] Stoops G. Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections [M]. Madison, Hardbound : Soil Science Society of America, 2003.
- [11] He Yurong, Zhang Baohua, Zhou Hongyi ect. Micro-morphological Features of Soil Under Subalpine Forests on East Slope of Gongga Mountain [J]. Journal of Mountain Science, 2002, 20(2): 157~163.
何毓蓉, 张保华, 周红艺, 张丹, 程根伟. 贡嘎山东坡亚高山林区土壤的微形态特征[J]. 山地学报, 2003, 21(3): 281~286.
- [12] Geng Yuqing, Xiang Shiqing. Fossil soil of wofosi in Beijing Region. [J]. Journal of Beijing Forestry University. 1992, 14(2): 98~101.
耿玉清, 向师庆. 北京西山卧佛寺地区古土壤的研究[J]. 北京林业大学学报, 1992, 14(2): 98~101.