

贡嘎山东坡亚高山林区土壤结构综合评价

张保华^{1,2}, 何毓蓉³, 苗国增⁴, 存才⁵

(1 聊城大学环境与规划学院, 山东 聊城 252059; 2 河南大学环境与规划学院, 河南 开封 475004;

3 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; 4 山东省莘县林业局, 山东 莘县 252400;

5 山东省莘县职业中专, 山东 莘县 252400)

摘要: 土壤结构状况对森林水文生态功能的发挥具有重要作用, 以青藏高原东部、长江上游亚高山天然林区不同林型下土壤为研究对象, 通过 20 个土壤结构指标的分析、计算, 运用主成分-聚类分析方法综合评价了该区土壤结构。结果表明: 20 个土壤结构性评价常用指标所反映的信息有较大的重叠性, 4 个主成分表达了全部信息的 90% 以上, 表现出土壤团聚体及稳定性、固相物质空间排列形成的孔隙、细粒物质等在土壤结构性能中具有重要意义; 林木生长的成熟化、混交或乔灌结合对土壤结构性能有较强促进作用。研究结果对于土壤结构综合评价方法选择、加强森林经营与培育以促进土壤结构发育、充分发挥森林水文生态效应具有一定的指导作用。

关键词: 贡嘎山, 土壤结构综合评价, 主成分-聚类分析

中图分类号: S152

文献标识码: A

作为森林生态系统的重要组成部分, 土壤层是大气降水的主要蓄存库和调节器, 在森林水分循环中具有重要作用, 其中土壤的组成物质及空间排列, 即土壤结构, 对水分的保持和运移影响较大。综合评价长江上游主要林区不同森林类型下土壤结构状况, 对于该区域森林生态系统水文功能的微观性深入研究、揭示森林培育与土壤发育相互促进作用具有积极意义。

土壤结构评价目前仍以单项指标为主, 或结合其他性质进行土壤结构评价, 一般可分为形态描述评价、团聚体数量和质量评价以及孔隙性、透水性或结持性等方面的评价。对于土壤结构的多指标评价, 孙波等曾用变量聚类分析选取指标、主成分分析计算指标权重, 进行了土壤物理学肥力演化评价^[1], 邱仁辉等选用 14 个土壤结构指标进行了土壤结构模糊聚类分析^[2]。

本文拟通过多项相关项目的分析, 综合考虑结

构体形态、团聚体和孔隙数量组成以及土壤团聚指标, 试从土壤形态各个层面建立科学的土壤结构评价指标体系, 应用主成分、聚类分析方法作出综合性、定量化评价, 对土壤结构综合评价的指标体系和方法做出有益的尝试。

1 研究区概况与方法

土壤样品采自青藏高原东缘的四川贡嘎山东坡海螺沟, 地理位置 $29^{\circ}31'03''\sim 29^{\circ}38'16''N$, $101^{\circ}52'49''\sim 102^{\circ}07'54''E$, 采样点海拔 2400~3650 m。海螺沟出露的岩层为古生界二叠系上统的石英岩、石英云母片岩、条带状大理岩等, 成土母质多样, 包括残积、坡积、洪积、冰积、冰水沉积等。据海拔 3 000 m 处观测站记录, 年均温 $4^{\circ}C$, 年均降水量 1 900 mm, 年平均相对湿度 90%, 属山地寒温带气候类型。植被分布具有明显的垂直地带性, 海拔 1 850~

收稿日期 (Received date): 2006-02-09; 改回日期 (Accepted): 2006-05-11.

基金项目 (Foundation item): 中国科学院知识创新项目 (KZCX2-SW-319) 资助 [Supported by the Knowledge Innovation Program of CAS (No. KZCX2-SW-319).]

作者简介 (Biography): 张保华 (1971-), 男, 山东莘县人, 博士, 副教授, 在站博士后, 研究领域涉及土壤地理与生态环境、农业景观生态与发展, 发表论文 20 余篇, zhbh710812@sohu.com.cn [Zhang Baohua (1971-), male, born in Shexian of Shandong, Ph.D., associate professor, major in soil geography and environment, agriculture landscape and development, zhbh710812@sohu.com.cn]

©1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2 500 m 为亚热带常绿阔叶林, 以苞榲柯 (*Lithocarpus clestocarpus*) 为优势种。海拔 2 500~2 800 m 为针阔混交林, 由铁杉 (*Tsuga chinensis*)、槭树 (*Acer*)、桦树 (*Betula*) 等组成。海拔 2 800~3 600 m 为亚高山针叶林带, 其中在海拔 2 900 m 以下以麦吊杉 (*Picea brachyla*) 为群落乔木层的优势种; 在海拔 2 900 m 以上多为峨眉冷杉 (*Abies fabri*) 组成的纯林。土壤具有明显垂直地带性, 棕壤 (1 700~2 500 m), 暗棕壤 (2 500~2 900 m), 棕色针叶林土 (2 900~3 600 m), 都具有粗骨性强、土薄、石多的基本特征。对于该区土壤结构特性, 作者等曾进行过初步的研究^[3-4]。

2 样品分析与结构评价方法

在研究区域不同森林类型下根据自然环境条件的差异选取代表性土壤剖面, 所在林地类型为峨眉冷杉-杜鹃成熟林棕色针叶林土 (GG01)、峨眉冷杉-中龄纯林棕色针叶林土 (GG02)、峨眉冷杉-冬瓜杨-花楸-大叶杜鹃中龄林棕色针叶林土 (GG03)、采伐迹地棕色针叶林土 (GG04)、苞榲柯-剑竹阔叶林暗棕壤 (GG05)、麦吊杉-铁杉过熟林暗棕壤 (GG06)、峨眉冷杉-杜鹃幼龄林黑毡土 (GG07)。据剖面分异程度分一或两层取样, 共取土壤样品 11 个, GG01A、GG01B、GG02A、GG03A、GG03C、GG04A、GG05A、GG05B、GG06A、GG06B、GG07A。以文献 [5] 中样品采集、分析方法进行。

通过分析土壤结构研究的大量文献, 确定选用以下指标进行土壤结构综合评价: 结构体形态 X_1 、 >0.25 mm 水稳性团聚体数量 X_2 、干筛团聚体平均重量直径 (CMWD) X_3 、湿筛团聚体平均重量直径 (WMWD) X_4 、团聚体平均重量直径变化 (MWDC) X_5 、干筛团聚体分形维数 X_6 、湿筛团聚体分形维数 X_7 、结构系数 X_8 、分散系数 X_9 、土壤团聚状况 X_{10} 、团聚度 X_{11} 、分散率 X_{12} 、结构保持率 X_{13} 、结构体破坏率 X_{14} 、特征微团聚体 X_{15} 、土壤容重 X_{16} 、总孔隙度 X_{17} 、毛管孔隙度 X_{18} 、非毛管孔隙度 X_{19} 、颗粒组成分形维数 X_{20} 共 20 项指标。各项指标的计算方法参见相关文献^[1, 2, 6-14]。

评价指标过少会导致有用信息的丢失; 而指标过多, 各项指标数据之间往往具有一定的相关性, 对运算和分析问题带来了不必要的麻烦, 而人为地选择变量难免会带有主观意识。主成分分析法 (PCA)

为解决这一问题提供了十分有效的数学方法, 通过将原有变量线性组合成新变量、在一定累计贡献率基础上选择新变量, 用较少的综合指标最大限度的综合表达原有变量的信息, 较好地解决了指标变量的取舍问题。聚类分析是根据事物本身的特性研究个体分类的方法, 其原则是同一类中的个体有较大相似性, 不同类中的个体差异很大。根据聚类分析的结果, 可以对研究对象类别归属做出准确的判断。

主成分分析、聚类分析的全部运算过程可由统计软件 SPSS11.0 较为方便的完成。

3 土壤结构综合评价过程与结果分析

3.1 主成分分析的计算过程

1 原始数据准备和预处理。土壤样品 11 个, 指标因子 20 个, 组成一个 11×20 的原始数据, 其中土壤结构体形态的定量化如下: 块状 4、团块状 6、核状 8、团粒状 10、粒状 8、屑状 4、柱状 2、棱柱状 2、片状 1、无 0^[19]。

2 对原始数据矩阵 X 按指标 (即变量) 以标准差方法进行标准化处理, 以消除各指标量纲不同和量级差异的影响。

3 将标准化的数据矩阵求变量之间的相关系数, 得到相关系数矩阵 $R = (r_{ij})_{20 \times 20}$ (表 1), 相关系数矩阵显示大多指标之间相关系数达到显著或极显著性水平, 表明 20 个指标彼此之间存在较强的相关性, 所反映信息有很大的重叠。

4 计算特征值和特征向量, 这是主成分分析最主要的计算量, 常用对称阵的雅可比方法, 得出特征值 T_j (按从大到小排列) 和特征向量 L_{ij} (表 2)。

5 计算主成分贡献率和累积贡献率

由表 2 累积贡献率可知, 前 4 个主成分的累积贡献率达到 90.250%, 超过一般标准 (85%) 的 5.250%, 仅损失信息量 9.750%。因此, 前 4 个主成分基本代表了原始因子的全部信息, 即利用主成分分析法 (PCA) 把原来的 20 个指标综合成 4 个主成分完全能反映原始总体特征, 从数值分析看是科学的、合理的。

第一主成分中因子负荷具有较大绝对值的指标是: >0.25 mm 水稳性团聚体数量 X_2 、湿筛团聚体分形维数 X_7 、总孔隙度 X_{17} 、湿筛团聚体平均重量直径 (WMWD) X_4 、毛管孔隙度 X_{18} 、结构体破坏率 X_{14} 、干筛团聚体分形维数 X_6 、非毛管孔隙度 X_{19} 。

表 1 标准化后的变量之间的相关系数矩阵
Table 1 Correlation coefficients matrix between variables after standardization

X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20
X1	1.000																		
X2	0.526	1.000																	
X3	0.746 **	0.721 *	1.000																
X4	0.678 *	0.887 **	0.908 **	1.000															
X5	0.351	-0.145	0.474	0.060	1.000														
X6	-0.617 *	-0.856 **	-0.772 **	-0.883 **	0.016	1.000													
X7	-0.562	-0.972 **	-0.721 *	-0.889 **	0.151	0.883 **	1.000												
X8	-0.271	-0.093	-0.001	0.037	-0.080	-0.090	-0.086	1.000											
X9	0.271	0.093	0.001	-0.037	0.080	0.090	0.086	-1.000 **	1.000										
X10	0.471	0.718 *	0.583	0.587	0.155	-0.481	-0.730 *	0.049	-0.049	1.000									
X11	0.486	0.738 **	0.598	0.610 *	0.142	-0.503	-0.742 **	0.019	-0.019	0.998 **	1.000								
X12	-0.456	-0.472	-0.488	-0.377	-0.369	0.292	0.529	-0.118	0.118	-0.913 **	-0.892 **	1.000							
X13	0.288	0.643 *	0.705 *	0.678 *	0.254	-0.567	-0.678 *	0.421	-0.421	0.808 **	0.802 **	-0.726 *	1.000						
X14	-0.295	-0.927 **	-0.565	-0.751 **	0.231	0.633 *	0.876 **	0.088	-0.088	-0.706 *	-0.721 *	0.441	-0.613	1.000					
X15	0.231	-0.034	0.057	0.136	-0.150	0.059	0.142	-0.496	0.496	-0.247	-0.201	0.458	-0.376	0.056	1.000				
X16	-0.226	-0.868 **	-0.338	-0.633 *	0.524	0.707 *	0.830 **	0.076	-0.076	-0.526	-0.553	0.198	-0.383	0.853 **	-0.048	1.000			
X17	0.609 *	0.951 **	0.606 *	0.814 **	-0.265	-0.840 **	-0.901 **	-0.203	0.203	0.648 *	0.680 *	-0.367	0.472	-0.807 **	0.162	-0.898 **	1.000		
X18	0.519	0.924 **	0.513	0.706 *	-0.262	-0.755 **	-0.867 **	-0.335	0.335	0.641 *	0.668 *	-0.383	0.391	-0.850 **	0.059	-0.911 **	0.959 **	1.000	
X19	0.631 *	0.800 **	0.626 *	0.830 **	-0.251	-0.842 **	-0.782 **	-0.107	0.107	0.484	0.525	-0.187	0.435	-0.618 *	0.350	-0.764 **	0.924 **	0.789 **	1.000
X20	0.500	0.379	0.583	0.592	0.143	-0.413	-0.391	0.115	-0.115	0.352	0.380	-0.132	0.419	-0.365	0.433	-0.295	0.452	0.286	0.601

* $n=11$, $r_{0.05,n-2}=0.6021$, $r_{0.01,n-2}=0.7348$.

团聚度 X_{11} 、土壤团聚状况 X_{10} 。这说明土壤团聚体及稳定性、以及土壤团聚体的空间排列形成的土壤孔隙是土壤结构特性最重要的方面。体现了土壤结构中形态较大、相对宏观性组成成分在土壤结构综合评价中的重要性。

第二主成分中因子负荷具有较大绝对值的指标是: 分散系数 X_9 、结构系数 X_8 、特征微团聚体 X_{15} 、结构保持率 X_{13} 、分散率 X_{12} 显示了土壤结构微观性的一面, 即土壤微团聚体数量分布和颗粒组成在土壤结构性中的重要性。

第三主成分中因子负荷具有较大绝对值的指标是: 团聚体平均重量直径变化 (MWDC) X_5 、结构体形态 X_1 、土壤容重 X_{16} 、干筛团聚体平均重量直径 (CMWD) X_3 。再次表明土壤团聚体的稳定性和形态在土壤结构评价中亦具有重要作用。

第四主成分中因子负荷具有较大绝对值的指标是: 颗粒组成分形维数 X_{20} 。再次显示出土壤细小物质成分在土壤结构性中的地位。

6 计算 4 个主成分的得分, 即以主成分因子负

荷量为系数, 由 11 个土壤样品 4 个主成分的因子得分组成一个新的数据矩阵 $S_{4 \times 11}$ (表 3), 由这个数据矩阵 S 组成聚类分析的数据集合。

3 2 聚类分析过程

采用对各土壤剖面的系统聚类法, 对样本量进行聚类 (Q 型聚类)。聚类分析的方法选用最长距离法, 统计量采用欧氏距离。具体步骤如下:

1 确定聚类所用的数据集, 即 $S_{4 \times 11}$ 。

2 确定计算距离的方法, 本文采用欧氏距离, 得出初始距离矩阵 D 。

3 在初始距离矩阵中选出最大距离 D 的两个区域合为一类, 重复上述步骤, 直到将所有区域合为一类。

3 3 聚类分析结果

属于第一类的是 GG 01A、GG 06A, 其森林类型分别为冷杉 - 杜鹃成熟林、铁杉 - 冷杉混交过熟林, 它们由于林木生长期长、在生物循环作用下的土壤发育时间也较长, 因而土壤结构最好。

表 2 特征值和主成分贡献率和累积贡献率
Table 2 Initial eigenvalues and extraction sums of squared loadings

序号	特征值和因子贡献率			提取的主成分 Extraction Sums of			主成分因子负荷矩阵 Loadings matrix				
	Initial Eigenvalues			Squared Loadings			of extracted components				
	特征值	因子贡献率 %	因子累计贡献率 %	特征值	因子贡献率 %	因子累计贡献率 %	X	FAC 1	FAC 2	FAC 3	FAC 4
1	10.710	53.552	53.552	10.710	53.552	53.552	x1	0.651	0.154	0.566	0.154
2	3.257	16.283	69.835	3.257	16.283	69.835	x2	0.967	0.092	-0.142	-0.082
3	2.280	11.399	81.234	2.280	11.399	81.234	x3	0.796	-0.135	0.435	0.279
4	1.803	9.016	90.250	1.803	9.016	90.250	x4	0.913	0.031	0.084	0.305
5	0.887	4.437	94.686				x5	-0.023	-0.385	0.858	0.023
6	0.532	2.660	97.346				x6	-0.861	-0.038	0.087	-0.266
7	0.234	1.171	98.518				x7	-0.962	0.048	0.185	0.003
8	0.207	1.036	99.554				x8	-0.033	-0.770	-0.424	0.458
9	0.080	0.399	99.953				x9	0.033	0.770	0.424	-0.458
10	0.009	0.047	100.000				x10	0.808	-0.351	0.129	-0.344
11	0.000	0.000	100.000				x11	0.828	-0.306	0.132	-0.327
12	0.000	0.000	100.000				x12	-0.585	0.563	-0.292	0.437
13	0.000	0.000	100.000				x13	0.726	-0.606	0.036	0.046
14	0.000	0.000	100.000				x14	-0.864	-0.062	0.243	0.197
15	0.000	0.000	100.000				x15	-0.006	0.756	0.252	0.376
16	0.000	0.000	100.000				x16	-0.794	-0.278	0.501	0.105
17	0.000	0.000	100.000				x17	0.932	0.298	-0.139	-0.025
18	0.000	0.000	100.000				x18	0.880	0.334	-0.159	-0.256
19	0.000	0.000	100.000				x19	0.844	0.334	-0.084	0.294
20	0.000	0.000	100.000				x20	0.528	0.049	0.244	0.590

表 3 各土壤样品主成分得分

Table 3 Main components of soil samples

编号	fac1	fac2	fac3	fac4
GG01A	-1.5270	1.2229	1.1535	-1.3213
GG01B	-0.8790	0.2795	-0.7531	1.4747
GG02A	-0.7366	-1.2605	-0.2029	0.9907
GG03A	-0.9402	-0.4260	0.2589	1.1540
GG03C	-0.0748	-1.9841	-0.6243	-1.3273
GG04A	-0.4791	-1.9639	0.1569	-1.3938
GG05A	-0.9855	0.7793	0.5245	0.6799
GG05B	-0.6659	0.2681	0.7296	0.6490
GG06A	-1.1757	1.0909	-0.6688	-0.8276
GG06B	-0.8128	0.1242	-0.4274	1.5595
GG07A	-0.7301	-1.0124	-0.2670	-0.8313

属于第二类的有 GG01B、GG02A、GG03A、GG05A、GG05B、GG07A，其森林类型分别为冷杉-杜鹃成熟林（土壤下层）、冷杉-冬瓜杨-花楸次生混交林、次生冷杉纯林、阔叶林和幼龄林，它们由于林木生长、土壤发育时间较短或处于成熟林的土壤较深层次，土壤结构状况较第一类略有差异。

属于第三类的有 GG03C、GG04A、GG06B，其森林类型分别为冷杉-冬瓜杨-花楸次生混交林（土壤下层）、采伐迹地草本植物、铁杉-冷杉混交过熟林（土壤下层）。

从聚类分析结果看，林木生长时间方面，以成熟林土壤结构性能最佳，过熟林、次生林次之，幼龄林和采伐迹地最差；林木种类方面，混交或乔灌结合对土壤结构性能有较强促进作用。这说明林木的老龄化、次生化、单一化对土壤发育均具有一定的阻碍作用。

4 结论

通过贡嘎山东坡亚高山 7 个土壤剖面、11 个土壤样品土壤结构综合评价，可以得出以下初步结论：（1）20 个常用土壤结构性评价指标所反映的信息有较大的重叠性，4 个主成分代表了全部信息的 90% 以上，表现出土壤团聚体及稳定性、固相物质空间排列形成的孔隙、细粒物质等在土壤结构性能中具有重要意义；（2）聚类分析结果表明林木生长的成熟化、混交或乔灌结合对土壤结构性能有较强促进作用，而林木的老龄化、次生化、单一化则对土壤结构发育具有一定的阻碍作用。

研究结果对于土壤结构综合评价方法选择、加强森林经营与培育以促进土壤结构发育、充分发挥森林水文生态效应具有一定的指导作用。

参考文献 (References)

[1] Sun Bo, Zhang Tao, Zhao Qiguo. Fertility evaluation of red soil derived from quaternary red clay in low-hilly region in middle subtropicals: evaluation of soil physicochemical fertility[J]. *ACTA PEDOLOGICA SINICA* 1999 36(1): 35~47 [孙波, 张桃林, 赵其国. 我国中亚热带缓丘区红粘土土壤肥力的演化 I 物理学肥力的演化[J]. *土壤学报*, 1999 36(1): 35~47]

[2] Qiu Renhui, Yang Yusheng, Yu Xintao. Soil structure characteristics in the plantations of Cunninghamia lanceolata on different locations[J]. *Journal of Beijing Forestry University* 1998 20(4): 6~11 [邱仁辉, 杨玉胜, 俞新妥. 不同栽植代数杉木林土壤结构特性研究[J]. *北京林业大学学报*, 1998 20(4): 6~11]

[3] Zhang Baohua, He Yurong, Zhou Hongyi, et al. Structural property and water effect of soils from different subalpine forests in the upper bend of Yangtze River[J]. *Journal of Soil and Water Conservation* 2002 16(4): 127~129 [张保华, 何毓蓉, 周红艺, 等. 长江上游典型区亚高山不同林型土壤结构性与水分效应[J]. *水土保持学报*, 2002 16(4): 127~129]

[4] Zhang Baohua, He Yurong, Zhou Hongyi, et al. The features of soil aggregation and its eco-environmental effects under different subalpine forests on the east slope of Gongga Mountain, China[J]. *Journal of Forestry Research* 2003 14(1): 80~82

[5] Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences. Soil Physical and Chemical Analysis[M]. Shanghai: Shanghai Science & Technical Press, 1978 [中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科技出版社, 1978]

[6] Lin Guangyao, Yang Yusheng, Yang Lunzeng, et al. Changes in soil structure following replacement of broad-leaved forest by Chinese Fir plantation[J]. *Journal of Fujian College of Forestry* 1995 15(4): 289~292 [林光耀, 杨玉盛, 杨伦增, 等. 杉木林取代杂木林后土壤结构特性变化的研究[J]. *福建林学院学报*, 1995 15(4): 289~292]

[7] Shen Hui, Jiang Fengqi. Evaluation index system on soil improvement benefit to water and soil conservation forests[J]. *Journal of Beijing Forestry University* 2000 22(5): 96~99 [沈慧, 姜凤岐. 水土保持林土壤改良效益评价指标体系的研究[J]. *北京林业大学学报*, 2000 22(5): 96~99]

[8] Luo Dongqi, Hou Chunxia, Wei Chaofu, et al. Study on the indices to the features of purple soil aggregates[J]. *Journal of Mountain Science* 2003 21(3): 348~353 [骆东奇, 侯春霞, 魏朝富, 等. 旱地紫色土团聚体特征的指标比较[J]. *山地学报*, 2003 21(3): 348~353]

[9] He Yurong edited. Purple Soil of China(2). [M]. Beijing: Science Press, 2003 [何毓蓉等编著. 中国紫色土(下)[M]. 北京: 科学出版社, 2003.]

[10] Chen Enfeng, Guan Lianzhu, Wang Jingkuan. Compositional proportion of soil characteristic microaggregates and soil fertility evaluation

- tion[J]. *ACTA PEDOLOGICA SINICA* 2001 38(1): 49 ~ 53 [陈恩凤, 关连珠, 汪景宽. 土壤特征微团聚体的组成比例与肥力评价 [J]. 土壤学报, 2001 38(1): 49 ~ 53]
- [11] Zhong Jihong, Tan Jun. Comparative study on structure characteristics of hilly later red soil under different vegetation in south subtropics[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology* 1998 9(4): 359 ~ 364 [钟继洪, 谭 军. 南亚热带不同植被下丘陵赤红壤结构特征比较研究 [J]. 应用生态学报, 1998 9(4): 359 ~ 364]
- [12] Li Xiaogang. The characteristics of soil aggregate in jingtai electric - irrigating area of Gansu[J]. *ACTA PEDOLOGICA SINICA* 2000 37(2): 262 ~ 270 [李小刚. 甘肃景电灌区土壤团聚体特征研究 [J]. 土壤学报, 2000 37(2): 262 ~ 270]
- [13] Hakansson Inge, Lipiec Jerzy. A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction [J]. *Soil & Tillage Research* 2000 53(2): 71 ~ 85
- [14] Perfect E., Kay B. D. Applications of fractals in soil and tillage research: a review [J]. *Soil & Tillage Research* 1995 36(1 - 2): 1 ~ 20
- [15] Shi Zhihua, Cai Chongfa, Wang Tianwei *et al*. Influence of land use changes on soil quality in hilly region of red soil [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin* 2001 10(6): 537 ~ 543 [史志华, 蔡崇法, 王天巍, 等. 红壤丘陵区土地利用变化对土壤质量影响 [J]. 长江流域资源与环境, 2001 10(6): 537 ~ 543]

Synthetical Evaluation of Soil Structure under Subalpine Forests on East Slope of Gongga Mountain

ZHANG Baohua^{1, 2}, HE Yurong³, MAO Guozeng⁴, DING Cuncai⁵

(1 School of Environment and Planning, Liaocheng University, Liaocheng 252059, China;

2 School of Environment and Planning, Henan University, Kaifeng 475001, China;

3 The Institute of Mountain Hazards & Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China;

4 Forestry Bureau of Shenxian, Shenxian, Shandong 252400, China;

5 Shenxian Technical Secondary School, Shenxian, Shandong 252400, China)

Abstracts Soil structure is important to hydro-ecological function of forests. In this paper, basing on analysis and calculation of 20 soil structural indexes of soil samples from subalpine forests on east slope of Gongga Mountain, soil structure was synthetically evaluated using principal component analysis and clustering analysis. The results showed that the information reflected by 20 structural indexes are highly overlapped, the 4 principal components expressed more than 90% of total information, and reflected the importance of aggregates and its stability, soil pores and granule material. Maturation of forest mixed of arbor and arbor or arbor and shrub are of importance to soil structure development. The results are of guidance for choosing soil structure synthetical evaluation method and strengthening forest management to fully exert its hydro-ecological function.

Key words Gongga Mountain, soil structure, synthetical evaluation, principal components and cluster analysis