

# 湘南石漠化地区植物群落物种多样性

吴林世, 曹福祥, 彭继庆, 曹基武, 徐永福, 董旭杰, 胥 雯

(中南林业科技大学 生命科学与技术学院, 湖南 长沙 410004)

**摘要:** 通过对湘南 21 个样地(5 000 km<sup>2</sup>)实地调查, 应用重要值计算多样性指数 Shannon-Wiener( $H'$ )和 Simpson 指数( $D$ ), Pielou 均匀度指数( $J_{sw}$ ), 丰富度指数( $S$ )等, 分析湘南植物群落多样性。结果表明: ①维管束植物共有 63 科 131 属 173 种, 其中乔木 15 科 21 属 24 种, 青冈栎 *Cyclobalanopsis glauca*, 细叶青冈 *C. gracilis*, 苦槠 *Castanopsis sclerophylla* 等为乔木层优势种; 灌木层 34 科 60 属 74 种, 牡荆 *Vitex negundo* var. *cannabifolia*, 六月雪 *Serissa japonica* 与花竹 *Bambusa albo-lineata* 较多; 草本植物共 32 科 54 属 63 种, 多数为禾本科 Gramineae 植物; 层间植物共有 13 科 22 属 33 种, 龙须藤 *Bauhinia championii* 数量最多; ② $\alpha$  多样性分析表明: 湘南石漠化地区物种丰富度低, 植物群落结构简单, 但群落多样性较高, Simpson 指数为 0.796 9~0.936 1, Shannon-Wiener 指数为 2.104 7~3.274 6, 群落物种个体分配较为均匀, 群落多样性较好。潜在石漠化乔层群落物种组成最为丰富, 其 Simpson 指数也最高, 达到了 0.936 1, Shannon-Wiener 指数也高达 3.274 6; 从群落层次分析, 乔木大多数集中在潜在石漠化群落中, 轻度石漠化林地乔层仅有 6 株乔木, 其他群落样地中乔木几近忽略, 可见石漠化地区是比较难以孕育高大乔木的, 这与石漠化区域土壤瘠薄、保水能力差、“上土下水”的双层结构有密切关联; ③ $\beta$  多样性分析说明不同程度石漠化群落之间环境差异性较大, Cody 指数分析表明: 由轻度石漠化向重度石漠化演替速度很快。极重度石漠化群落与其他群落的共有种最少, 随着石漠化程度增加, 不同等级石漠化群落间的相似性系数呈现减小的趋势; 不同程度石漠化群落区域间, Jaccard 指数差异较大, 最大为最小的 7.29 倍; 潜在石漠化到重度石漠化程度过程中 Cody 指数最大, 物种更替速度在持续增加, 到重度石漠化, 更替速度达到最大值。图 1 表 3 参 25

**关键词:** 森林生态学; 石漠化; 群落生态;  $\alpha$  多样性;  $\beta$  多样性

**中图分类号:** S718.5      **文献标志码:** A      **文章编号:** 2095-0756(2016)02-0239-08

## Plant community and species diversity in rocky desert areas of Southern Hunan

WU Linshi, CAO Fuxiang, PENG Jiqing, CAO Jiwu, XU Yongfu, DONG Xujie, XU Wen

(College of Life Science and Technology, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, Hunan, China)

**Abstract:** The diversity of plant species in 21 plots (5 000 km<sup>2</sup>) from Southern Hunan area was determined by calculating the indices of species diversity, richness, evenness, and dominance. Analysis included  $\alpha$  and  $\beta$  diversity analyses with the Simpson ( $S$ ), Shannon-Wiener ( $S_w$ ), Cody ( $C$ ), and Jaccard ( $J$ ) Index. For rocky desert treatment and searching the regularities of growth and distribution of plant in rocky desert, applied with random quadrat sampling method and analysis by synthesis method. Results show there are overall presence of 63 families, 131 genera, and 173 species of vascular plants, 1) This included 15 families, 21 genera, and 24 species of trees; 34 families, 60 genera, and 74 species of shrubs; 32 families, 54 genera, and 63 species of herbs; 13 families, 22 genera, and 33 species of interlayer. 2) The  $\alpha$  shows that rocky desert area with low species richness ( $S = 0.796\ 9\text{--}0.936\ 1$ ,  $S_w = 2.104\ 7\text{--}3.274\ 6$ ) and a simple community structure with indi-

收稿日期: 2015-04-21; 修回日期: 2015-06-26

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项(201104016); 中南林业科技大学研究生创新基金资助项目(CX2014B31); 湖南省研究生创新基金资助项目(CX2014B344)

作者简介: 吴林世, 从事植物学研究。E-mail: 282678605@qq.com

vidual species having a relatively uniform distribution but a higher community diversity. Species composition for the tree layer was greatest in the potential rocky desert area ( $S = 3.274\ 6$  and  $S_w = 0.936\ 1$ ). At the community level, most of the trees were in the potential rocky desert. 3) The  $\beta$  showed that environmental differences between different sample plot. The  $C$  Index revealed that, from light to severe desert area has different numbers species, the similarity coefficient of different rocky desert spot decreased. The  $J$  Index of different level rocky shows the maximum is of 7.29 times to the minium. Conclusion which plants species are suitable in rocky desertification areas, contain the expansion trend of rocky desertification, improve the environment. [Ch, 1 fig. 3 tab. 25 ref.]

**Key words:** forest ecology; rocky desert; ecological community;  $\alpha$  diversity;  $\beta$  diversity

石漠化(rock desertification)是在喀斯特脆弱生态环境下,由于人类不合理的社会经济活动,造成的植被破坏、水土流失、岩石逐渐裸露,并导致土地总生产力衰退、土地利用率低、地表在视觉景观上呈现类似荒漠景观的演变过程<sup>[1]</sup>。截至2005年底,湖南省石漠化土地总面积为12.96万km<sup>2</sup>,占国土总面积的1.35%<sup>[2-4]</sup>。2008年以来,湖南省湘南地区乱砍滥伐现象日趋严重,森林植被破坏程度加剧,从而导致水土流失剧烈,石漠化侵蚀速度加快。为了遏制石漠化的扩张,众多研究人员参与石漠化的研究,石漠化地区植被状况是重点关注对象。杨成华等<sup>[5]</sup>以探究石漠化地区植物种类为目的,对贵州石漠化地段105个样地的植被类型进行了详细调查,得到石漠化地区常见植物种类有70科110属345种;司彬等<sup>[6]</sup>和YUAN等<sup>[7]</sup>对喀斯特石漠化形成原因及植被恢复途径探讨,认为人为干预是喀斯特地区植被和土壤退化的结果;陆冠尧等<sup>[8]</sup>运用面上调查和定位观测相结合的方法,发现伴随石漠化程度的加深,粤北石漠化土地的植物群落结构越来越趋于简单。随着研究的深入,部分学者将石漠化植物与土壤或其他因子结合分析,2010年向志勇<sup>[9]</sup>和谢丽萍<sup>[10]</sup>对石漠化不同植被恢复模式生物量结合营养元素分布进行了研究,并对邵阳县石漠化地区5种不同植被恢复模式下的生物量及营养元素分布格局进行了分析;2013年徐杰等<sup>[11]</sup>对邵阳县石漠化5种植被恢复模式下的土壤有机碳特征进行了比较,这5种植被恢复模式下的土壤,有机碳含量以栎树 *Koelreuteria paniculata* 纯林最高;魏兴琥等<sup>[12]</sup>对粤北石漠化过程土壤与植被变化及其相关性研究中发现石漠化从轻度向极重度发展的过程中,土层厚度、土壤覆盖度和土壤有机碳含量均呈显著下降的趋势;涂成龙等<sup>[13]</sup>研究了黔中石漠化地区生态恢复过程中土壤养分变异特征,在石漠化地区土壤中有有效氮、有效钾含量水平较高,而有效磷含量水平处于极低状态;且还有研究认为草本层在石漠化植被恢复前期对土壤有机碳密度影响较大<sup>[14]</sup>。尽管许多学者从不同角度探讨了石漠化地区植被的生长与分布情况,却没有对不同程度石漠化立地类型中的植被变化趋势进行有效深究。鉴于此,本研究拟以湘南为研究区域,遏制石漠化扩张为目的,整理并分析石漠化从轻度到极重度的变化过程中植物类型及生长状况,对数据进行统计分析,探明湘南石漠化立地类型上植物生长分布规律,以期以生态修复为主的石漠化治理技术提供科学合理的参考指导。

## 1 研究区域自然概况

湘南即湖南省南部地区,包括衡阳、郴州、永州等3个地级市,土地总面积为57 126 km<sup>2</sup>,约占湖南省土地总面积的27.0%,处于24°39'~27°28'N, 110°32'~114°14'E。根据2010年“湖南石漠化综合治理规划评审稿”中记录,湘南的郴州和永州21个县市共有石漠化面积38.82万hm<sup>2</sup>,潜在石漠化面积18.01万hm<sup>2</sup>,占全省石漠化和潜在石漠化面积的26.2%和12.5%<sup>[15]</sup>。湘南地区属中亚热带东部湿润季风气候区,同时又兼有向南亚热带过渡的特征,温、光、水资源丰富,常年无霜期为275~300 d,土壤类型以红壤和水稻土居多,年均温为15~18℃,年均降水量1 400~1 700 mm。据吴征镒对中国植物区系的区划,湘南植物区系属泛北极植物区中国—日本亚区的华东地区,有1 332种,分别隶属于677属175科,植被类型以常绿阔叶林或常绿落叶阔叶混交林为主,植物资源十分丰富<sup>[16-17]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 野外群落调查法

在湘南选取桂阳、江华、江永、双牌、新田等 5 个石漠化较为典型的县市按照《湖南省石漠化监测实施细则》相关要求做样地调查, 从植被总盖度、基岩裸露率、土层厚度及植被类型 4 个指标将石漠化等级划分为极重度石漠化、重度石漠化、中度石漠化、轻度石漠化和潜在石漠化常绿阔叶林样地 5 个等级<sup>[18-19]</sup>。按照方精云在《植物群落清查的主要内容、方法和技术规范》建议共设置调查样地 15 个, 乔木层每个调查样地设 20 m × 20 m 的样方, 再分为 4 个 10 m × 10 m 小样方, 灌木层样地设置为 10 m × 10 m 的样方, 草本层样地设 1 m × 1 m 的样方, 每个样方利用全球定位系统(GPS)记录坐标和海拔高度。

植被调查: 胸径大于 2.5 cm 或者高度大于 2.0 m 的植株按乔木层统计, 每株统计名称、胸径、高度和冠幅; 胸径小于 2.5 cm 或者高度小于 2.0 m 的植株按照灌木统计, 每株统计名称、基径、高度; 草本植物统计名称、株数、平均高度和盖度。

### 2.2 内业处理方法

根据样地调查数据, 分析群落个体数及其组成成分的种群数量、相对多度和重要值等特征, 其中重要值采用  $I_v = (\text{相对密度} + \text{相对显著度} + \text{相对频度}) \times 100\%$  来计算。采用丰富度指数( $S$ ), Shannon-Wiener 指数( $H'$ ), Simpson 指数( $D$ )来测定植物群落的  $\alpha$  多样性; 采用 Jaccard 指数( $C_j$ ), Sørensen 指数( $C_s$ )和 Cody 指数测定植物群落的  $\beta$  多样性<sup>[20-21]</sup>。

## 3 结果与分析

### 3.1 湘南石漠化地区物种组成与群落特征

实验调查以湘南 5 个典型的石漠化县市为基础, 每个县市做面积为 1 000 m<sup>2</sup> 的样地调查。数据汇总分析得出: 维管束植物共有 63 科 131 属 173 种, 其中乔木 15 科 21 属 24 种, 分别占总数的 23.81%, 16.03% 和 13.87%, 其中数量最多的为壳斗科 Fagaceae (3 属 5 种), 青冈栎 *Cyclobalanopsis glauca*, 细叶青冈 *C. gracilis*, 苦槠 *Castanopsis sclerophylla*, 栓皮栎 *Quercus variabilis* 和白栎 *Quercus fabri*, 占乔木总数的 20.83%, 占群落总数的 4.76%; 灌木层 34 科 60 属 74 种, 分别占总数的 53.97%, 45.80% 和 42.77%, 数量较多的有马鞭草科 Verbenaceae 的牡荆 *Vitex negundo* var. *cannabifolia*, 茜草科 Rubiaceae 的六月雪 *Serissa japonica*, 禾本科 Gramineae 的花竹 *Bambusa albo-lineata* 等; 草本植物共 32 科 54 属 63 种, 分别占总数的 50.79%, 31.21% 和 36.42%, 种类最多的是禾本科(9 属 10 种), 其次是菊科 Compositae(3 属 7 种); 层间植物共有 13 科 22 属 33 种。中度石漠化和重度石漠化地区藤本植物占优势, 主要以龙须藤 *Bauhinia championii* 为主。根据《中国植被》对群落群丛的定义, 可将湘南石漠化样地其划分为 5 个植物群丛(表 1)。

对湘南石漠化地区乔木层植物汇总分析, 发现江永、江华和新田三县石漠化地区中的优势种都是细叶青冈, 重要值分别为 190.98, 133.94 和 120.69; 而桂阳、双牌却以青檀 *Pteroceltis tatarinowii* 和栓皮栎为优势种, 重要值为 83.04 与 163.32; 灌木层植物分析, 竹叶花椒 *Zanthoxylum armatum*, 牡荆, 檵木 *Loropetalum chinense*, 火棘 *Pyracantha fortuneana* 和扁担杆 *Grewia biloba* 这 5 种植物是所有调查样地中的共有种, 且牡荆在灌木层中都处优势地位, 可见牡荆是一种适宜应用于石漠化植被恢复的灌木树种; 对样地中的草层进行分析, 其中禾本科植物最多, 共有 10 种, 其次是菊科植物 7 种, 但优势种却为马鞭草科的兰香草 *Caryopteris incana*; 卷柏科 Selaginellaceae 的薄叶卷柏 *Selaginella delicatula*, 禾本科的丝茅 *Imperata koenigii*, 牛筋草 *Eleusine indica* 和野古草 *Arundinella anomala*, 没有一种菊科植物处于优势地位。出现这种情况可能与人为干扰有一定关联; 层间植物龙须藤占优势地位, 这与其自身特点有密不可分的关系。龙须藤具有喜光照, 较耐荫, 耐干旱瘠薄等特性, 且根系发达, 穿透力强, 这让它能够将根系深入地底, 吸收水分, 快速生长繁殖。

在群落调查发现的 173 种维管束植物, 其中含 10 种以上的科仅有 5 种, 依次有豆科 Leguminosae (11/15), 蔷薇科 Rosaceae (6/13), 禾本科 (10/11), 大戟科 Euphorbiaceae (8/10), 鼠李科 Rhamnaceae (5/10)。这 5 个科作为湘南石漠化植被组成的特征科, 其中蔷薇科和鼠李科是温带地区植物区系和植被

表 1 湘南石漠化 5 个植物群丛种类表

Table 1 5 flora species lists in rocky desertification in Southern Hunan

地点	群落名称	生境特点	数量/株	
桂阳	青檀+青冈栎-花竹-牡荆-芒群落 <i>Pteroceltis tatarinowii</i> + <i>C. glauca</i> - <i>Bambusa albo-lineata</i> - <i>Vitex negundo</i> var. <i>cannabifolia</i> - <i>Miscanthus sinensis</i>	流峰镇, 东坡, 山顶, 裸岩率 35%, 海拔 300 m	乔	36
			灌	679
			草	116
			合	831
江华	细叶青冈+苦槠-花竹-柞木-阔叶山麦冬-兰香草群落 <i>C. gracilis</i> + <i>Castanopsis sclerophyll</i> - <i>Bambusa albo-lineata</i> - <i>Xylosma racemosum</i> - <i>Liriope platyphylla</i> - <i>Caryopteris incana</i>	沱江镇德桥河村, 东坡, 山中部 裸岩率 50%, 海拔 250 m	乔	27
			灌	280
			草	82
			合	389
江永	细叶青冈+山槐-灯台树-牡荆-薄叶卷柏-石油菜群落 <i>C. gracilis</i> + <i>Albizia kalkora</i> - <i>Bothrocaryum controversum</i> - <i>Vitex negundo</i> - <i>Selaginella delicatula</i> - <i>Pilea cavaleriei</i>	潇浦镇, 东坡, 山腰, 裸岩率 60%, 海拔 350 m	乔	21
			灌	287
			草	167
			合	481
双牌	栓皮栎+白栎-牡荆-欏木-兰香草-白莲蒿群落 <i>Quercus variabilis</i> + <i>Quercus fabric</i> - <i>Vitex negundo</i> - <i>Loropetalum chinense</i> - <i>Caryopteris incana</i> - <i>Artemisia sacrorum</i>	理家坪乡, 南坡, 山中部, 裸岩率 50%, 海拔 250 m	乔	16
			灌	310
			草	214
			合	540
新田	细叶青冈+圆叶乌柏-牡荆-细叶青冈(幼)-野菊花-竹叶草群落 <i>C. gracilis</i> + <i>Sapium rotundifolium</i> - <i>Vitex negundo</i> - <i>C. gracilis</i> (saplings)- <i>Dendranthema indicum</i> - <i>Oplismenus compositus</i>	石羊镇潭罗村, 东坡, 山中部, 裸岩率 70%, 海拔 280 m	乔	21
			灌	267
			草	123
			合	411

组成的特征科, 豆科与禾本科也常出现在温带属植物群落中, 故温带性质的植物在该地区植物区系和植被组成中占主导地位。仅含 1 种、2 种的科分别有 32 科和 14 科, 占了全部科数的 73.02%, 可见较多的科含有较少的种, 说明湘南石漠化地区植物区系具有多样性和复杂性的特点。

3.2 湘南石漠化植物群落多样性特征分析

3.2.1 湘南石漠化植物群落  $\alpha$  多样性分析 物种多样性指数高低是群落的结构特征的直接反应。湘南地区样地调查是按照石漠化程度等级不同而划分的, 调查样地记录数据包括潜在石漠化样地、轻度石漠化样地、中度石漠化样地、重度石漠化样地群落、极重度石漠化样地的草本层, 统计分析的湘南石漠化群落物种多样性指数如表 2, 因为轻度石漠化乔木层群落中乔木物种与极重度石漠化草本层这 2 个物种太过稀少, 故没有将之列入群落表中。

表 2 主要植物群落类型的物种多样性(以重要值计算)

Table 2 Species diversity on major plant community types (based on important value)

序号	石漠化类型	群落类型	丰富度指数(S)	Simpson 多样性指数(D)	Shannon-Wiener 多样性指数(H')	Pielou 均匀度指数(J <sub>sw</sub> )	Simpson 优势度指数(C)
1	潜在石漠化	潜在石漠化乔层群落	24	0.859 0	2.514 9	0.793 1	0.140 9
2		潜在石漠化灌层群落	50	0.936 1	3.274 6	0.837 1	0.063 9
3		潜在石漠化草层群落	33	0.935 1	3.066 2	0.876 9	0.064 9
4	轻度石漠化	轻度石漠化灌层群落	30	0.824 5	2.463 2	0.695 9	0.175 5
5		轻度石漠化草层群落	17	0.906 2	2.537 3	0.895 6	0.093 8
6	中度石漠化	中度石漠化灌层群落	26	0.796 9	2.366 8	0.645 9	0.203 0
7		中度石漠化草层群落	30	0.893 3	2.711 9	0.797 3	0.106 7
8	重度石漠化	重度石漠化灌层群落	25	0.865 5	2.104 7	0.765 2	0.134 5
9		重度石漠化草层群落	23	0.879 8	2.496 3	0.796 1	0.120 2



从群落类型分析，发现湘南石漠化地区植物群落结构简单，物种组成稀少，其中物种丰富度超过 30 的仅有 5 个样地，占总样地的 21.74%，且丰富度都小于 35。

从群落多样性进行分析，Simpson 指数为 0.796 9~0.936 1，几乎都大于 0.8。Shannon-Wiener 指数为 2.104 7~3.274 6，这表明各群落中物种个体分配较为均匀，群落多样性较好。Simpson 指数变化趋势与物种丰富度变化趋势相近，说明石漠化地区物种组成的丰富度对群落多样性水平高低起着主要作用。潜在石漠化乔层群落物种组成最为丰富，远远高于其他群落，是因为该群落中青冈栎、细叶青冈等高大乔木较多，为灌木的生长提供了良好的遮阴环境，因而其 Simpson 指数也最高，达到了 0.936 1。Shannon-Wiener 指数也位于前列，为 3.274 6；重度石漠化草本层群落及轻度石漠化群落草本层物种组成相对贫乏，石漠化植被类型特征突出，出现这种因素是因为石漠化地区土壤营养匮乏，土层浅薄，且地表温度较高，故而重度石漠化草本层植物生长艰难，导致丰富度低；轻度石漠化草本层由于贴近村庄，农家圈养的牛羊经过较多，人为干扰严重，导致其草本层物种仅有 17 种，且 Simpson 指数很低(0.093 8)，可见形成石漠化地貌与人为活动有密切关联。

从群落层次分析，乔木大多数集中在潜在石漠化乔木层群落中，轻度石漠化群落仅有 6 株乔木(2 株柞木 *Xylosma racemosum*，1 株乌桕 *Sapium sebiferum*，1 株拐枣 *Hovenia acerba* var. *acerba*，1 株朴树 *Celtis sinensis* 与 1 株细叶青冈，且株高仅为 3.0~4.0 m，其他群落样地中乔木几近忽略，可见石漠化地区是比较难以孕育高大乔木的，这与石漠化区域土壤瘠薄、保水能力差、“上土下水”的双层结构有密切关联。潜在石漠化乔木层物种丰富度为 24，但 Simpson 多样性指数(0.859 0)，Shannon-Wiener 多样性指数(2.514 9)及 Pielou 均匀度指数(0.793 1)都比较高，可见潜在石漠化群落中乔木的分配比较均匀，群落多样性好。石漠化样地灌木层群落物种丰富度及群落多样性都随着石漠化程度加深而下降，由潜在石漠化下降到轻度石漠化时减幅最大，随后下降速度减缓；到重度石漠化样地时群落物种丰富度及多样性指数都到达最低值。调查样地中，在江永县潇浦镇塘背村找到一个典型的极重度石漠化样地，其样地内仅有 2 株灌木（牡荆、红背山麻杆 *Alchornea trewioides*），另外还有零星的其他 5 种植物(半夏 *Pinellia ternata*，鸡脚参 *Orthosiphon wulfenioides*，苦苣苔 *Conandron ramondiioides*，石油菜 *Pilea cavaleriei*，薹草 *Carex siderosticta*)，土地荒凉，植物存活率低，恢复困难。草本层群落的变化趋势与灌木层群落的变化趋势相似，草本植物多为 1 年生植物，植物根系较浅，能够迅速吸收利用下雨时落到土壤中的的水分，迅速完成整个生活史。极重度石漠化地区草本稀少，以匍匐或藤本植物为主，植物种类比较单一，仅有极耐旱的岩生植物存在，如石油菜，一种生长在石缝中的植物。可以预见，若土地石漠化趋势未能够得到有效的抑制，将导致土地利用率大幅度减少，群落多样性下降，引起生态平衡失控，形成不可逆的趋势，从而导致生态危机。

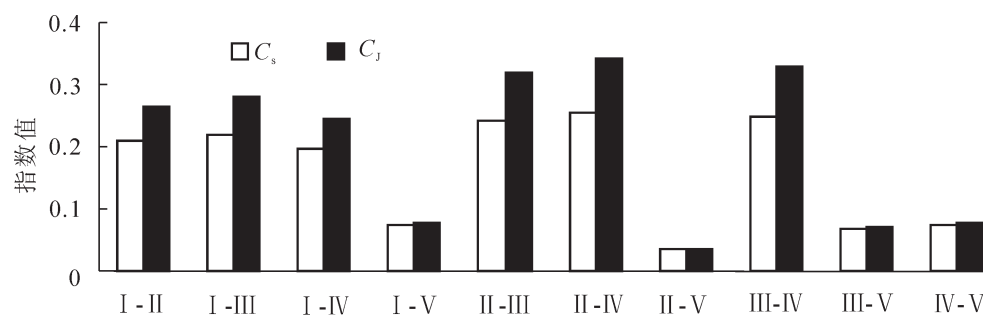
3.2.2 湘南石漠化植物群落  $\beta$  多样性分析  $\beta$  多样性是对物种沿着环境梯度替代过程的一种度量，可以理解为沿着某一环境梯度物种替代的程度或速率以及物种周转率等<sup>[22]</sup>。通常  $\beta$  多样性被表示为群落间相似性指数或是同一地理区域内不同生境中生物物种的周转率，不同生境间或某一生境梯度上不同地段间生物种类组成的相似性越低， $\beta$  生物多样性越高。

群落间物种多样性即为  $\beta$  多样性，通常用于分析不同生境间生物多样性的梯度变化。 $\beta$  多样性可以直观地反应不同群落间物种组成的差异，Jaccard 指数和 Cody 指数分别可以从不同的角度反映物种多样性沿环境梯度的分布格局及变化规律<sup>[23]</sup>。将湘南石漠化地区植被其所处生境按石漠化程度高低汇总归纳为 5 种生境。分别为 I：潜在石漠化群落；II：轻度石漠化群落；III：中度石漠化群落；IV：重度石漠化群落；V：极重度石漠化群落。根据分析可以得到表 3 与图 1。

分析上述图表数据可得：①由图 1 可以看出，和极重度石漠化群落(V)相关的群落相似性指数( $C_j$  和  $C_s$ )都处于最小值，表明极重度石漠化群落与其他群落拥有的共有种都是最少的。Jaccard 指数  $C_j$  与 Sørensen 指数  $C_s$  最大的均为轻度石漠化群落(II)与重度石漠化群落(IV)，分别为

表 3 湘南不同石漠化程度群落间 Cody 指数半矩阵  
Table 3 Different rock desertification community between Cody index half matrix in Southern Hunan

生境类型	II	III	IV	V
I	40.5	40.0	41.5	40.5
II		26.5	24.0	26.5
III			25.5	26.0
IV				23.5

图 1 不同程度石漠化群落间  $\beta$  多样性指数比较Figure 1 Comparison of  $\beta$  diversity indices among communities in each series

0.342 5 与 0.255 1, 可见这 2 组群落间环境差异性最大。潜在石漠化群落 (I) 与其他 4 个群落相似性系数进行分析, 发现 ( $C_j$ ) 最小的为极重度石漠化群落 (V) 的相似性系数, 表明其与潜在石漠化群落共有物种数最少。轻度石漠化群落 (II) 与剩下的 3 种群落对比分析, 其变化趋势同潜在石漠化群落与其他群落的相似性系数 ( $C_j$  和  $C_s$ ) 的变化变化趋势十分类似, 都是与极重度石漠化群落相比时差异性最大, 表明随石漠化严重程度的增加, 相似性系数呈现减小的趋势。②对研究中调查的湘南 5 个汇总群落而言, 不同石漠化程度群落间的 Jaccard 指数大小排序: 轻度—重度 (0.255 1) > 中度—重度 (0.247 5) > 轻度—中度 (0.242 7) > 潜在—中度 (0.218 3) > 潜在—轻度 (0.208 6) > 潜在—重度 (0.197 1) > 潜在—极重度 (0.072 9) > 重度—极重度 (0.072 7) > 中度—极重度 (0.066 7) > 轻度—极重度 (0.035 0)。可见: 首先, 在不同程度石漠化群落区域间, 其相差 Jaccard 指数差异较大, 最大为最小的 7.29 倍, 差异显著。其次, 所有样地间其 Jaccard 指数均小于 0.5, 轻度石漠化群落与重度石漠化群落样地间存在的环境差异最大, 表现经度差异为  $1^{\circ}49'15.91''$ , 纬度差异为  $0^{\circ}50'57.07''$ , 海拔高差为 144 m, 说明即使在亚热带季风气候区, 但不同程度石漠化间东西方向差异主要表现在 Jaccard 指数变化上; Jaccard 指数最小的为轻度—极重度, 两者的环境差异体现为经度差异为  $1^{\circ}10'09.76''$ , 纬度差异为  $0^{\circ}25'09''$ , 海拔高差仅为 6 m。这一组数据可以反映出海拔的高低对 Jaccard 指数变化也产生了一定的影响, 海拔高差越小, 不同程度石漠化环境间差异越小; 反之, 环境间差异越大。Jaccard 指数也越大, Cody 系数也并没有随之变大, 说明这几个群落间环境差异性大, 具有较大的相异性, 即  $\beta$  指数。③Cody 指数测度分析: Cody 指数是二元属性的相异性指数, 其值越大, 则表示群落的相似性越小, 相异性越大。Cody 指数侧重于物种的更替, 潜在—重度的 Cody 指数最大, 为 41.5, 可见在石漠化程度变化趋势过程中, 物种更替速度在持续增加, 到重度石漠化, 更替速度达到最大值; 重度—极重度这一过程 Cody 指数最小, 仅为 23.5, 是由于石漠化恶劣到一定程度后, 其群落内部物种数量已经十分稀少了, 残留下来的都是耐干旱瘠薄的生存能力强的植物, 继续恶化向极重度的过程中, 能被群落自然剔除的物种已经很少了, 故此阶段的更替速率反而出现了一个平缓下降的过程。

#### 4 结论与讨论

湘南石漠化群落调查中共发现维管束植物 63 科 131 属 173 种, 与贵州石漠化地段调查中发现 70 科 110 属 345 种相比<sup>[7]</sup>, 虽然种数少了, 但是科属数量还是比较接近的, 且出现较多的科都同样多为蔷薇科、豆科、大戟科、禾本科等; 出现较多的属也相似, 多为蔷薇属 *Rosa*, 悬钩子属 *Rubus*, 栎属 *Quercus*, 青冈属 *Cyclobalanopsis* 等, 种出现差异的原因可能是湘南地区随着时间变迁, 石漠化程度更为严重, 大多数物种都已经死亡或者被提前淘汰, 从而导致了物种丰富度出现极大差异的原因; 与贵州省紫云县石漠化地区 34 科 61 属 72 种植物相比<sup>[24]</sup>, 湘南物种丰富度明显较多, 这与湘南部分县市在石漠化地区施行封山育林, 使当地植被得到了一定程度的恢复有关。人为干扰的加剧, 导致乔木在轻度石漠化地区中存在的数量都较为稀少, 若不加以人工保护, 将使轻度石漠化迅速变为中度甚至重度石漠化地区, 因此, 湘南轻度石漠化恢复至常绿阔叶林或者防止目前石漠化土扩张, 都必须及时开始。

湘南石漠化地区植物群落通过  $\alpha$  多样性分析发现, 除了潜在石漠化灌层群落物种丰富度较高外, 其余的群落都未超过 35, 物种丰富低。总体来看, Simpson 指数徘徊为 0.796 9~0.936 1, Shannon-Wiener

指数为 2.104 7~3.274 6, 表明各群落中物种个体分配较为均匀, 群落多样性较好。Shannon-Wiener 指数在石漠化过程中都呈下降趋势, 与粤北溶岩地区石漠化变化情况比较<sup>[25]</sup>, 一个从 3.27 降至 2.10, 一个是从 1.98 降至 0.51, 下降幅度类似。这一结论说明目前石漠化地区适宜部分植物生长, 因此, 需要利用好这一特性, 多利用重要值处于前列的青冈栎、细叶青冈、榉树等乔木, 配合牡荆、花竹、六月雪等灌木合理种植, 做好苗期管理, 加强人工抚育, 并在土壤裸露, 土层瘠薄的地方培育一些兰香草、野菊花、芒等草本群落, 以防止水土流失, 多方向共同努力, 遏制石漠化的扩张速度。

通过  $\beta$  多样性分析得出结论: 湘南不同程度石漠化群落间环境差异性较大, 但在可能引起差异性的经度、纬度及海拔等因素中, 海拔高低的影响力排在第 1 位, 其次是经度, 最后是纬度。Cody 指数分析则说明了石漠化演替在由轻度石漠化到重度石漠化这一过程中速度特别快, 所以石漠化的治理最主要手段就是要先遏制石漠化的蔓延趋势, 然后同时保护好轻度石漠化及中度石漠化地区, 防止恶化。

在研究中发现, 对于植物演替的过程叙述过于简略, 不同植被在不同程度石漠化地区处于的生态位及生态功能没有深入研究, 且调查范围偏窄, 若能够将整个湖南省甚至全国的石漠化地区做一次摸底清查, 将最适宜恢复石漠化土地的植物分乔木、灌木、草本和藤本进行分层次筛选, 能够在很大程度上促进目前的石漠化恢复进程。

## 5 参考文献

- [1] 熊康宁, 黎平, 周忠发, 等. 喀斯特石漠化的遥感——GIS 典型研究: 以贵州省为例[M]. 北京: 地质出版社, 2002.
- [2] 宋维峰. 我国石漠化现状及其防治综述[J]. 中国水土保持科学, 2007, 5(5): 102 – 106.  
SONG Weifeng. Review of the present situation and combating of rocky desertification in China [J]. *Sci Soil Water Conserv*, 2007, 5(5): 102 – 106.
- [3] 李梦先. 我国西南岩溶地区石漠化发展趋势[J]. 中南林业调查规划, 2006, 25(3): 19 – 22.  
LI Mengxian. Stone desertification status quo and its developing trend in southwest China karst area [J]. *Cent South For Inventory Plan*, 2006, 25(3): 19 – 22.
- [4] 周洁敏. 我国石漠化现状与防治对策[J]. 林业资源管理, 2009(3): 13 – 16.  
ZHOU Jiemin. The status and combating countermeasures of stony desertification in China [J]. *For Resour Manage*, 2009(3): 13 – 16.
- [5] 杨成华, 王进, 戴晓勇, 等. 贵州喀斯特石漠化地段的植被类型[J]. 贵州林业技, 2007, 35(4): 7 – 12.  
YANG Chenghua, WANG Jin, DAI Xiaoyong, *et al.* Study on the vegetation types in the rocky desertification areas in Guizhou [J]. *J Guizhou For Sci Technol*, 2007, 35(4): 7 – 12.
- [6] 司彬, 何丙辉, 姚小华, 等. 喀斯特石漠化形成原因及植被恢复途径探讨[J]. 江西农业大学学报, 2006, 28(3): 392 – 396.  
SI Bin, HE Binghui, YAO Xiaohua, *et al.* Analysis of causes of rocky desertification in karst areas and discussion on approaches to restoring vegetation [J]. *Acta Agric Univ Jiangxi*, 2006, 28(3): 392 – 396.
- [7] YUAN Daoxian. *Rock Desertification in the Subtropical Karst of South China* [M]. Berlin: Gerbüder Borntraeger, 1997.
- [8] 陆冠尧, 李森, 魏兴琥, 等. 粤北石漠化地区植被退化过程及其建模[J]. 生态学杂志, 2013, 32(6): 1629 – 1635.  
LU Guanyao, LI Sen, WEI Xinghu, *et al.* Vegetation degradation and its modeling in rock desertification area of northern Guangdong, South China [J]. *Chin J Ecol*, 2013, 32(6): 1629 – 1635.
- [9] 向志勇. 邵阳县石漠化区不同植被恢复模式生物量及营养元素分布[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2010.  
XIANG Zhiyong. *Study on the Biomass and Nutrient Distribution of Different Patterns Vegetation Restoration Stand in Rocky Desertification Area in Shaoyang County* [D]. Changsha: Central South University of Forestry and Technology, 2010.
- [10] 谢丽萍. 石漠化过程中土壤—植被系统营养元素的协变关系: 以贵州花江峡谷查耳岩小流域为例[D]. 贵阳: 中国科学院地球化学研究所, 2006.  
XIE Liping. *The Nutrient Elements' Co-variances of Soil-vegetation System in the Process of Rocky Desertification: A Case Study of the Chaeryan Small Catchment of Huajiang Gorge Area, Guizhou* [D]. Guiyang: Chinese Academy of



Sciences. Institute of Geochemistry, 2006.

- [11] 徐杰, 邓湘雯, 方晰, 等. 湘西南石漠化地区不同植被恢复模式的土壤有机碳研究[J]. 水土保持学报, 2012, **26**(6): 171 – 174, 179.
- XU Jie, DENG Xiangwen, FANG Xi, *et al.* Soil organic carbon changes in different vegetation restoration types of rocky desertification in southwestern Hunan, China [J]. *J Soil Water Conserv*, 2012, **26**(6): 171 – 174, 179.
- [12] 魏兴琥, 李森, 罗红波, 等. 粤北石漠化过程土壤与植被变化及其相关性研究[J]. 地理科学, 2008, **28**(5): 662 – 666.
- WEI Xinghu, LI Sen, LUO Hongbo, *et al.* Changes and correlation of soil and vegetation in process of rock desertification in northern Guangdong Province [J]. *Sci Geogr Sin*, 2008, **28**(5): 662 – 666.
- [13] 涂成龙, 林昌虎, 何腾兵, 等. 黔中石漠化地区生态恢复过程中土壤养分变异特征[J]. 水土保持通报, 2004, **24**(6): 22 – 25, 89.
- TU Chenglong, LIN Changhu, HE Tengbing, *et al.* Soil nutrient variation features in rocky, desertified areas undergoing ecological restoration in central Guizhou Province [J]. *Bull Soil Water Conserv*, 2004, **24**(6): 22 – 25, 89.
- [14] STILL S N, MASSE D, NDOUR N Y B, *et al.* Does cropping modify the decomposition function and the diversity of the soil microbial community of tropical fallow soil [J]. *Appl Soil Ecol*, 2006, **31**(3): 211 – 219.
- [15] 向清成. 湘南农业比较优势与农业结构调整[J]. 衡阳师范学院学报: 社会科学版, 2002, **23**(2): 40 – 45.
- XIANG Qingcheng. The relative superiority and structure adjustment of agriculture in southern Hunan [J]. *J Hengyang Norm Univ Soc Sci*, 2002, **23**(2): 40 – 45.
- [16] 许自成, 黎妍妍, 肖汉乾, 等. 湘南烟区生态因素与烤烟质量的综合评价[J]. 植物生态学报, 2008, **32**(1): 226 – 234.
- XU Zicheng, LI Yanyan, XIAO Hanqian, *et al.* Evaluation of ecological factors and flue-cured tobacco quality in tobacco-growing areas in southern Hunan, China [J]. *J Plant Ecol*, 2008, **32**(1): 226 – 234.
- [17] 王勋俊. 湘南野生植物资源及其开发利用[J]. 衡阳师专学报: 自然科学版, 1996, **14**(6): 44 – 49.
- WANG Xunjun. Wild plant resources and their exploitation in south Hunan [J]. *J Hengyang Teach Coll Nat Sci*, 1996, **14**(6): 44 – 49.
- [18] 李森, 董玉祥, 王金华. 土地石漠化概念与分级问题再探讨[J]. 中国岩溶, 2007, **26**(4): 279 – 284.
- LI Sen, DONG Yuxiang, WANG Jinhua. Re-discussion on the concept and classification of rocky desertification [J]. *Carsol Sin*, 2007, **26**(4): 279 – 284.
- [19] 苏维词. 喀斯特土地石漠化类型划分及其生态治理模式探讨[J]. 中国土地科学, 2008, **22**(4): 32 – 37.
- SU Weici. Types division of karst rocky desertification and a tentative survey of its ecological treatment mode [J]. *China Land Sci*, 2008, **22**(4): 32 – 37.
- [20] WOLDA H. Similarity indices sample size and diversity [J]. *Oecologia*, 1981, **50**(3): 296 – 302.
- [21] KEDDY P. *Wetland Ecology: Principles and Conseivation* [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
- [22] WHITTAKER R H. Evolution and measurement of species diversity [J]. *Taxon*, 1972, **21**(2/3): 213 – 251.
- [23] 邢福, 吕宪国, 倪红伟, 等. 三江平原沼泽湿地群落演替系列  $\beta$  多样性[J]. 应用生态学报, 2008, **19**(11): 2455 – 2459.
- XING Fu, LÜ Xianguo, NI Hongwei, *et al.*  $\beta$  diversity of successional series in mash communitie s of Sanjiang Plain [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2008, **19**(11): 2455 – 2459.
- [24] 张敏, 陈世容. 紫云县不同程度石漠化区域植物多样性研究[J]. 草原与草坪, 2015, **35**(1): 78 – 83.
- ZHANG Min, CHEN Shirong. Study on the plant diversity of vegetation under different rocky desertification degrees in Ziyun County [J]. *Grassland Turf*, 2015, **35**(1): 78 – 83.
- [25] 罗红波, 魏兴琥, 李森, 等. 粤北岩溶山区土地石漠化过程的植被特征与多样性初步研究[J]. 水土保持研究, 2007, **14**(6): 335 – 339.
- LUO Hongbo, WEI Xinghu, LI Sen, *et al.* Changes of bio-productivity and vegetation features in process of rocky desertification: a cast study in karst mountainous area, north of Guangdong Province [J]. *Res Soil Water Conserv*, 2007, **14**(6): 335 – 339.