

广东黑石顶森林苔藓植物群落特征初探

刘蔚秋¹, 雷纯义², 戴小华^{3*}

(1. 中山大学生命科学院, 广州 510275; 2. 黑石顶自然保护区, 广东 肇庆 526536;

3. 赣南师范学院化学与生命科学学院, 江西 赣州 341000)

摘要: 通过对 5 个面积为 2 500 m² 的样地中树附生和地面苔藓植物的定量调查, 初步研究了广东黑石顶森林中苔藓植物多样性特征。本次调查共发现苔藓植物 50 种, 包括 30 种苔类和 20 种藓类。样地中树附生苔藓植物 40 种, 地面苔藓植物 24 种, 前者远高于后者。各样地中地面苔藓植物的种类为 8–13 种, 盖度 0.59%–1.12%, 坡度及小生境的多样性对地面苔藓植物物种多样性及盖度均有很大影响; 树附生苔藓植物 12–20 种, 盖度 0.63%–1.63%。结果显示 30 a 的次生林中苔藓植物的物种丰富度及盖度均可恢复到与成熟阔叶林接近的水平。相似性分析表明, 成熟阔叶林内苔藓植物种类组成与针阔叶混交林及 30 a 的次生阔叶林差异不明显, 但前者的苔藓植物群落结构与后者的差异较大。

关键词: 苔藓植物; 黑石顶; 生物多样性; 相似性指数

中图分类号: Q948.15

文献标识码: A

文章编号: 1005–3395(2007)06–0538–07

Bryophyte Communities in the Forest of Heishiding Nature Reserve, Guangdong, China

LIU Wei-qi¹, LEI Chun-yi², DAI Xiao-hua^{3*}

(1. School of Life Science, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China; 2. Heishiding Nature Reserve, Zhaoqing 526536, China;

3. School of Chemistry and Life Science, Gannan Normal University, Ganzhou 341000, China)

Abstract: A quantitative survey was conducted to investigate the biodiversity characteristics of bryophytes in Heishiding Nature Reserve, Guangdong, China. 50 species of bryophytes in the five 2 500 m² transects were found in which 30 were liverworts and 20 were mosses. Forty species of bryophytes occurred on trunks, which was much more than those on floor (only 24 species). Bryophyte coverage on trunks and floor was very low. Species richness of floor bryophytes in each plot was between 8 and 13 and the coverage was from 0.59% to 1.12%. The distribution and species richness of floor bryophytes were strongly affected by slope and micro-environments. Epiphytic bryophytes in each plot ranged from 12 to 20 species and the coverage was from 0.63% to 1.63%. This suggested that the species richness and coverage of bryophytes in 30-year-old secondary broadleaved forest have restored to the level of mature broad-leaved forest. Similarity analysis of bryophyte communities indicated that species composition of the mature forest was similar to that of the mixed pine and broad-leaved forest and young secondary forest, but community structure of the former was quite different from the latter. More studies are needed to understand the mechanism of low coverage of floor and epiphytic bryophytes.

Key words: Bryophytes; Heishiding Nature Reserve; Biodiversity; Similarity index

收稿日期: 2006–11–08 接受日期: 2007–04–17

基金项目: 中山大学张宏达科学研究基金(ZHD200402); 广东省自然科学基金(06300472); 中山大学青年教师科研启动基金项目资助

* 通讯作者 Corresponding author

苔藓植物作为一个独特的生物类群,是生物多样性的的重要组成部分^[1-2],由于其特殊的生理生态学特性,在多种生态系统中起着不可忽视的重要作用^[3-4],是构成生态系统的重要成分之一。同时,苔藓植物对环境变化的反应敏感度是种子植物的10倍^[5],全球性的环境变化及环境污染使这类敏感植物的生存受到广泛威胁,2004年在上海举行的中国苔藓植物多样性保护国际研讨会上通过的中国首批濒危苔藓植物红色名录包括82种,其中36种为极危,29种为濒危,17种为易危^[6]。

全球的亚热带地区绝大部分区域为干热气候,仅在欧亚大陆的东部,由于受东南季风和西南季风的影响形成湿润的季风气候,并孕育了全球面积最大的亚热带森林。我国学者对亚热带森林生态系统进行了深入的研究,但多以维管植物作为研究对象,对系统中苔藓植物的研究非常薄弱。现有的对亚热带苔藓植物的研究多为定性研究^[7-9],定量研究很少^[9-10],对此区域内苔藓植物群落多样性特征的了解仍然非常有限。另一方面,由于人类活动的影响,次生林和人工林的比例正逐渐增加,对这些森林中苔藓植物群落的发展及变化特征的研究能为苔藓植物多样性的保护提供理论依据^[11]。

本文对黑石顶自然保护区内几种不同森林类型中地面苔藓植物及树附生苔藓植物进行定量调查,比较其种类组成及群落结构特征,分析环境因子对苔藓植物群落的影响,并初步探讨了次生林中苔藓植物群落的演替特征,为苔藓植物的保护提供科学依据。

1 研究地概况

黑石顶自然保护区位于广东省封开县东南部,毗邻广西梧州,地理位置23°27'N,111°53'E,面积4 000 hm²。保护区地处北回归线附近,属亚热带季风气候,气候温暖湿润,年均温19.6℃,最冷月均温10.6℃;年降雨量1 667.8 mm,具明显的干湿季,降雨集中于4-9月。该地区属云开山系黄冈山脉,岩性以泥盆纪花岗岩为主,地形起伏较大,东南高西北低,属低山山地地貌,一般海拔150-700 m,主峰黑石顶海拔高度为927 m。土壤主要为红壤、赤红壤和山地黄壤,红壤和赤红壤主要分布于海拔700 m以下,山地黄壤主要分布于海拔700 m以上。在海拔250-350 m范围内,主要分布着亚热带低

山常绿阔叶林,但该区在保护区建立以前,受人为干扰较严重,1976年前后曾有大片森林被砍伐,后来一部分林区种植杉木(*Cunninghamia lanceolata*)和马尾松(*Pinus massoniana*)等形成人工针叶林,另一部分林区自然演替,形成次生林,亦有部分林区虽未被砍伐,但人为的干扰形成了以马尾松占优势的针阔叶混交林。根据观察,人工林内苔藓植物极少,因此本次研究主要在原生林和次生林中。

2 研究方法

2.1 样地设置及调查

2005年10月至2006年1月在黑石顶自然保护区海拔250-350 m范围内南坡方向设置5个50 m × 50 m的样地。样地1和样地2均为1976年森林砍伐后自然演替形成的次生林,样地中以罗浮栲(*Castanopsis fabri*)为主要优势种,样地3和样地4为以马尾松占优势的针阔叶混交林,上层以马尾松占绝对优势,其下以吊皮椎(*Castanopsis kawakamii*)、橄榄(*Canarium album*)和荷木(*Schima superba*)等较常见,样地5为南亚热带低山常绿阔叶林,以粘木(*Ixonanthes chinensis*)和小叶胭脂(*Artocarpus styracifolius*)占优势。各样地内以目测法估算平均坡度。样地郁闭度目测估计。

样地调查按地面苔藓植物和树附生苔藓植物分别进行。调查地面苔藓植物时,在垂直于等高线的方向以10 m为距设置5条50 m的平行样带,沿样带每隔2 m取样。调查时采用50 cm × 50 cm的筛网,铁筛进一步划分为2.5 cm × 2.5 cm的小格,根据小格交叉处苔藓植物出现的频率计算盖度。树附生苔藓调查胸径大于10 cm的乔木,分别在树干高0-20 cm,40-60 cm,80-100 cm和120-140 cm处取样,调查时采用20 cm × 20 cm的筛网,筛网内部划分为2 cm × 2 cm的小格,根据小格交叉处苔藓植物出现的频率计算盖度。凭证标本存放于中山大学标本馆。

2.2 α 多样性指数

本文选取几个多样性指数做为测度指标,从不同的角度反映群落的多样性特征^[12]。

(1) 物种丰富度指数 S = 样地中出现的物种数

(2) Shannon 多样性指数 $H = - \sum P_i \ln P_i$

(3) Simpson 多样性指数 $D = 1 - \sum P_i^2$

(4) Pielou 均匀度指数 $J = (-\sum P_i \ln P_i) / \ln S$

式中, P_i 为物种 i 的相对多度。其中物种丰富度指数对罕见种敏感, 而 Simpson 指数对常见种敏感, Shannon 指数则介于两者之间。

2.3 相似性指数

选取两个群落相似性指数以比较样地间群落相似性^[13]。

(1) Jaccard 指数 $C_j = j / (a + b - j)$

(2) Bray-Curtis 指数 $C_n = 2 * j_n / (aN + bN)$

式中, a 和 b 分别为样地 a 和样地 b 中的物种数, j 为两样地共有种数; aN 和 bN 分别为样地 a 和样地 b 的所有物种的个体数目, 在此以苔藓盖度作为数目指标, j_n 为样地 a 和样地 b 共有种中个体数目较小者之和, 即 $j_n = \sum_{i=1}^s \min(aN, bN)$ 。

Jaccard 指数是对二元属性数据的测度, 主要反映物种组成特征, 而 Bray-Curtis 为数量数据的测度, 反映了群落中各物种的数量组成特征, 对优势种较敏感。

3 结果和分析

3.1 各样地特征

由表 1 可见, 各样地乔木种类有 25-32 种, 胸面积和郁闭度均以样地 1 和样地 2 较低, 其胸面积分别为 $19.2 \times 10^3 \text{ m}^2 \text{ hm}^{-2}$ 和 $17 \times 10^3 \text{ m}^2 \text{ hm}^{-2}$, 郁闭度为 60%; 样地 5 最高, 胸面积为 $29.9 \times 10^3 \text{ m}^2 \text{ hm}^{-2}$, 郁闭度达 85%。样地 1 和 2 的地势较陡, 坡度大, 而样地 4 地势平缓, 坡度小。从乔木群落来看, 样地 1 和样地 2 均为罗浮栲占优势, 而样地 3 和样地 4 均以马尾松为优势种。另外样地 3 和样地 2 的乔木 Jaccard 指数亦较高, 达到 0.4048, 显示两样方共有种较多 (表 2)。

表 1 黑石顶各样地乔木层概况

Table 1 General situation of the tree layer of each plot

样地号 Plot no.	树木密度 Tree density (ind. hm^{-2})	胸面积 DBH ($\times 10^3 \text{ m}^2 \text{ hm}^{-2}$)	物种丰富度 Species richness	平均坡度 ($^\circ$) Average slope angle	郁闭度 (%) Canopy density
1	604	19.2	30	45-50	60
2	528	17.0	30	45-50	60
3	528	27.9	29	40-45	70
4	512	28.4	25	20-25	75
5	652	29.9	32	40-45	85

表 2 各样地间乔木群落 Bray-Curtis 指数(对角线下)和 Jaccard 指数(对角线上)

Table 2 Bray-Curtis index (below the diagonal) and Jaccard index (above the diagonal) of trees among different plots

样地号 Plot no.	1	2	3	4	5
1		0.5000	0.3409	0.3095	0.3191
2	0.5597		0.4048	0.3415	0.2917
3	0.2526	0.3712		0.4211	0.2449
4	0.2587	0.2412	0.5603		0.2128
5	0.1914	0.1831	0.1288	0.1111	

3.2 苔藓植物群落的种类组成

5 个样地中出现的苔藓植物共有 50 种, 包括苔类 30 种, 藓类 20 种 (表 3)。从科属组成来看, 以细

鳞苔科 (Lejeuneaceae) 的种类最为丰富, 有 18 种, 并以细鳞苔属 (*Lejeunea*) 的种类最多, 有 5 种, 疣鳞苔属 (*Cololejeunea*) 亦有 4 种。

地面苔藓植物共 24 种, 其中苔类 14 种, 藓类 10 种。样地 4 由于地势平坦, 落叶层厚积, 几乎没有裸露的土面, 整个样地中未见地面苔藓植物。刺叶护蒴苔 (*Calypogeia arguta*)、中华细指苔 (*Kurzia sinensis*)、广东凤尾藓 (*Fissidens guangdongensis*) 和东亚拟鳞叶藓 (*Pseudotaxiphyllum pohliaecarpum*) 在除样地 4 外的其它样地中均有出现且常为优势种, 其中东亚拟鳞叶藓在 4 个样地中的盖度较接近。在黑石顶森林中地面苔藓植物以细鳞苔科的种类最多, 有 5 种, 凤尾藓科 (Fissidentaceae) 也有 3 种。

树附生苔藓植物共 40 种, 包括 22 种苔类和 18

种藓类。其中狭瓣细鳞苔(*Lejeunea catanduana*)、弯叶细鳞苔(*Lejeunea curviloba*)、多胞疣鳞苔(*Cololejeunea ocelloides*)、南方小锦藓(*Brotherella henonii*)在 5 个样地中均有出现,疣鳞苔(*Cololejeunea* sp.)、广东凤尾藓出现于 4 个样地中。

由表 3 可见,中华细指苔为常见的典型专性地面生苔藓植物,刺叶护蒴苔亦常见于林下地面,只偶尔生于树干基部;弯叶细鳞苔、多胞疣鳞苔则为常见的专性树附生苔藓植物,疣鳞苔、南方小锦藓常见于树干,偶生于地面枯枝;广东凤尾藓和东亚拟鳞叶藓为典型的兼生性苔藓植物,林下常见。

由图 1 可见,样地 3 的苔藓植物种类数最多(27 种),其次为样地 1(25 种)和样地 5(22 种),样地 2(18

种)和样地 4(15 种)苔藓植物的种类数较少。

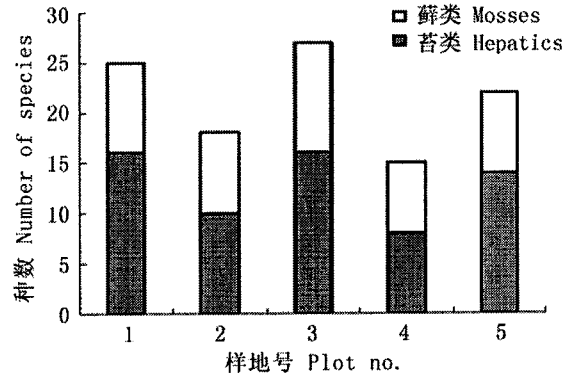


图 1 不同样地间苔藓植物的物种丰富度
Fig. 1 Species richness of bryophytes in different plots

表 3 黑石顶林下苔藓植物在样地地面及树干上出现的次数
Table 3 Occurrence frequencies of bryophytes on floor and trunks in each plot

种类 Species	地面苔藓植物 Floor bryophytes					附生苔藓植物 Epiphytic bryophytes				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
中华细指苔 <i>Kurzia sinensis</i>	4	1	6	0	31	0	0	0	0	0
双齿护蒴苔 <i>Calypogeia tozana</i>	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0
刺叶护蒴苔 <i>Calypogeia arguta</i>	50	45	48	0	3	0	0	2	0	0
粗齿拟大萼苔 <i>Cephaloziella dentata</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
四齿异萼苔 <i>Heteroscyphus argutus</i>	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
盔瓣耳叶苔 <i>Frullania muscicola</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0
皱萼苔 <i>Ptychanthus striatus</i>	0	0	1	0	0	11	0	0	0	0
冠鳞苔 <i>Lopholejeunea</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
褐冠鳞苔 <i>Lopholejeunea subfusca</i>	0	0	0	0	0	6	0	6	0	1
黄色细鳞苔 <i>Lejeunea flava</i>	0	0	0	0	0	27	0	1	0	0
斑叶细鳞苔 <i>Lejeunea punctiformis</i>	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
疏叶细鳞苔 <i>Lejeunea ulicina</i>	0	0	0	0	0	4	0	0	0	2
狭瓣细鳞苔 <i>Lejeunea catanduana</i>	0	8	2	0	0	41	16	48	16	1
弯叶细鳞苔 <i>Lejeunea curviloba</i>	0	0	0	0	0	8	6	1	16	3
琉球唇鳞苔 <i>Cheilolejeunea ryukyuensis</i>	0	0	0	0	1	12	0	0	2	5
圆叶唇鳞苔 <i>Cheilolejeunea intertexta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
南亚瓦鳞苔 <i>Trocholejeunea sandvicensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
日本顶鳞苔 <i>Acrolejeunea pusilla</i>	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0
多胞疣鳞苔 <i>Cololejeunea ocelloides</i>	0	0	0	0	0	1	6	32	6	1
疣萼疣鳞苔 <i>Cololejeunea peraffinis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
南亚疣鳞苔 <i>Cololejeunea tenella</i>	1	0	0	0	0	0	0	4	0	0
疣鳞苔 <i>Cololejeunea</i> sp.	3	0	0	0	0	16	2	0	1	23
尖叶薄鳞苔 <i>Leptolejeunea elliptica</i>	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0
阔叶薄鳞苔 <i>Leptolejeunea latifolia</i>	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0
小鞭鳞苔 <i>Mastigolejeunea auriculata</i>	0	0	0	0	0	3	0	0	1	3
南溪苔 <i>Makinoa crispate</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
长刺带叶苔 <i>Pallabicia subciliata</i>	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0

续表 3 (Continued)

种类 Species	地面苔藓植物 Floor bryophytes					附生苔藓植物 Epiphytic bryophytes				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
叉苔 <i>Metzgeria furcata</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
波叶片叶苔 <i>Riccardia chamaedryfolia</i>	0	0	36	0	1	0	0	0	0	0
未知苔类 Liverwort unknown	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
广东凤尾蕨 <i>Fissidens guangdongensis</i>	13	26	3	0	14	2	3	0	3	2
粗肋凤尾蕨 <i>Fissidens laxus</i>	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
锡兰凤尾蕨 <i>Fissidens ceylonensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0
曲肋凤尾蕨 <i>Fissidens mangarevensis</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	14
绿叶白发藓 <i>Leucobryum chlorophyllosum</i>	0	0	1	0	0	0	1	7	2	0
南亚白发藓 <i>Leucobryum juniperoideum</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0
八齿藓 <i>Octoblepharum albidum</i>	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0
巴西网藓 <i>Syrrhopodon prolifer</i> var. <i>papillosus</i>	1	2	0	0	0	7	0	17	6	0
鞘刺网藓 <i>Syrrhopodon armatus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0
全缘刺疣藓 <i>Trichosteleum lutschianum</i>	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0
疣柄拟刺疣藓 <i>Papillidiopsis complanata</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
长喙刺疣藓 <i>Trichosteleum stigmatosum</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
南方小锦藓 <i>Brotherella henonii</i>	0	1	0	0	0	7	2	2	5	2
三列疣胞藓 <i>Clastobryum glabrescens</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
台湾多枝藓 <i>Haplomenium formosanum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
柔叶同叶藓 <i>Isopterygium tenerum</i>	0	0	0	0	0	0	0	24	0	0
灰羽藓 <i>Thuidium pristocalyx</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1
齿边长灰藓 <i>Herzogiella perrobusta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
长尖明叶藓 <i>Vesicularia reticulata</i>	0	0	1	0	6	15	5	0	0	4
东亚拟鳞叶藓 <i>Pseudotaxiphyllum pohliaecarpum</i>	14	15	13	0	1	5	9	0	49	0

3.3 苔藓植物的群落特征

由表 4 可见, 地面苔藓植物的盖度非常低, 最高仅 1.12%, 其中样地 3 地面苔藓植物的盖度最低, 仅为 0.59%, 但其种类最为丰富, 达 13 种, 其余各样地的种类均小于 10 种, 多样性指数和均匀度指数

亦以样地 3 最高。野外观察发现, 样地 3 内由于曾有人行小道, 具垂直的裸露土面以及残留的挖掘坑, 地面小生境较为多样, 因此导致其地面苔藓植物多样性较高。由表 1 和表 4 可见, 样地坡度与地面苔藓植物盖度之间有明显的联系, 即坡度越陡,

表 4 苔藓植物群落的特征

Table 4 Species richness, coverage, diversity index and evenness index of bryophytes

	地面苔藓植物 Floor bryophytes					附生苔藓植物 Epiphytic bryophytes				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
物种丰富度 Species richness*	9(6/3)	10(5/5)	13(7/6)	0(0/0)	9(5/4)	20(11/9)	12(6/6)	17(11/6)	15(8/7)	17(10/7)
盖度 Coverage (%)	1.12	0.95	0.59	0	0.64	1.63	0.93	1.55	1.26	0.63
Shannon多样性指数 Shannon diversity index	1.38	1.15	1.73	-	0.94	2.35	2.06	2.05	2.01	2.05
Simpson多样性指数 Simpson diversity index	0.65	0.62	0.75	-	0.41	0.87	0.83	0.84	0.82	0.82
Pielou均匀度指数 Pielou evenness index	0.63	0.55	0.68	-	0.43	0.78	0.83	0.72	0.74	0.72

括号内数字分别表示苔类和藓类的物种丰富度, “-”表示无有效数据。The numbers in brackets are species richness of hepatics and moss, respectively. “-”: No data.

盖度越高,而坡度越缓,盖度越低,其中坡度在 20°–25°之间的样地 4 地面完全没有苔藓植物。样地 5 的物种多样性指数及均匀度指数均明显较低,可能与该群落接近成熟,林内小生境较均一,变异性小有关。

树附生苔藓植物的盖度亦较低(0.63%–1.63%),其中样地 3 和样地 1 的盖度相对较高,分别为 1.63%和 1.55%; 树附生苔藓植物的种数在 12–20 种之间,以样地 1 的种类最多,有 20 种,而样地 2 的种类最少,仅 12 种,多样性指数则以样地 1 最高,其余各样地较接近,均匀度指数以样地 2 最高。

由表 5 可见,样地 2 和样地 3 地面苔藓植物的 Jaccard 指数最高,说明其种类组成最为相近,样地 1 和样地 2 的 Jaccard 指数亦较高。样地 1 与样地 2 的 Bray-Curtis 指数达 0.7131, 显示出两者之间存在共同的优势种,而样地 5 与其余各样地的差异较大。

表 5 各样地地面苔藓植物 Bray-Curtis 指数(对角线下)和 Jaccard 指数(对角线上)

Table 5 Bray-Curtis index (below the diagonal) and Jaccard index (above the diagonal) of floor bryophytes among different plots

样地号 Plot no.	1	2	3	4	5
1		0.4167	0.2222	-	0.2857
2	0.7131		0.5000	-	0.3077
3	0.3532	0.3955		-	0.3750
4	-	-	-		-
5	0.1508	0.1542	0.2056	-	

-: 无有效数据 No data.

各样地间树附生苔藓植物的相似性系数总体上小于地面苔藓植物,其中样地 1 和样地 2 之间的 Bray-Curtis 指数和 Jaccard 指数值均较高,而样地 1 和样地 5 之间的 Jaccard 指数最高,另外样地 2 和样地 3 以及样地 1 和样地 4 之间 Bray-Curtis 指数值亦相对较高。样地 5 与除样地 1 以外的其它样地之间的 Bray-Curtis 指数值均很低,反映其群落结构存在较大差异(表 6)。虽然样地 3 和样地 4 均为混交林,但两者的 Bray-Curtis 指数和 Jaccard 指数均较低。

用 t 检验对乔木和树附生苔藓植物群落的相似性指数进行相关性分析,两者 Bray-Curtis 指数具弱正相关($R=0.5393, n=10, 0.05 < P < 0.1$), Jaccard 指数不相关($r=0.1163, n=10, P > 0.50$)。

表 6 样地间树附生苔藓植物 Bray-Curtis 指数(对角线下)和 Jaccard 指数(对角线上)

Table 6 Bray-Curtis index (below the diagonal) and Jaccard index (above the diagonal) of epiphytic bryophytes among different plots

样地号 Plot no.	1	2	3	4	5
1		0.3913	0.2759	0.4000	0.4800
2	0.4141		0.2609	0.4074	0.3182
3	0.2891	0.3874		0.2800	0.2143
4	0.3290	0.4352	0.2407		0.3333
5	0.2943	0.1062	0.0231	0.1124	

4 讨论

黑石顶样地中苔类的种数大于藓类种数,表现出典型的热带亚热带地区林下苔藓植物群落的特征^[4]。对不同类型森林的比较显示,30 a 的次生林中苔藓植物多样性并不低于成熟阔叶林,其盖度和种类甚至略高于成熟林,说明在亚热带地区地面苔藓植物的恢复比较快,30 a 的演替即可使盖度和种类都得到较好的恢复。但成熟阔叶林与其他类型森林中苔藓植物的 Bray-Curtis 指数多较低,显示其苔藓植物群落中种类的数量结构仍存在较大差异。对澳大利亚亚热带森林的研究结果亦表明^[5],砍伐后形成的次生亚热带雨林在 25 a 后苔藓植物种类即可得到较好恢复,但对巴西东南部低地雨林^[6]以及再生的红杉林的研究^[7]均表明,次生林要经过 80 a 的演替,其苔藓植物区系才与原生森林接近。

对地面苔藓植物的研究表明,本区地面苔藓植物盖度总体较低,最高的仅有 1.1%,甚至有的样地中地面完全没有苔藓植物存在,且苔藓植物常大量生长在林缘土坡上,与温带地区地面苔藓植物常以林下地被层为优势成分的特征有较大区别。黑石顶林下坡度陡峭处或人工挖掘形成的垂直土坡等处的苔藓植物盖度相当高,这些地方一般没有枯枝落叶的积累,土面裸露,而在较平缓处几乎没有苔藓植物分布,如坡度较缓的样地 4,整个样地的地面完全没有苔藓植物生长。调查时,除样地 3 中偶尔在落叶下见到少量苔藓植物分布外,其他地方的落叶下都未见苔藓植物分布。一般认为,热带亚热带地区林下地面苔藓植物盖度低与热带亚热带林下枯枝落叶覆盖作用以及在低光和高温条件下难以获得正的光合平衡有关^[8]。本研究结果支持枯枝落叶的覆盖是影响苔藓植物分布的主要因素之一的论

点。对苔藓植物光合和呼吸特征的研究将有助于进一步阐释本区林下苔藓植物分布的机理。

树附生苔藓植物种数高于地面苔藓植物,除样地 2 外,树附生苔藓植物的盖度也略高于地面苔藓植物,但与温带地区相比仍然很低^[19-20]。由于我们调查的海拔限于 250–350 m 的范围,温度较高,可能湿度条件难以满足其生长需要。这还需要进一步研究。

树附生苔藓植物的种类及群落结构受到多种因子的影响,一直是苔藓植物生态学家很感兴趣的问题。对不同样地树附生苔藓植物的比较发现,样地 1 和样地 2 之间相似性较高,且这两样地的林冠层种类的组成也较接近;但样地 3 和样地 4 虽然均为针阔叶混交林,两者之间的相似性并不高,反而样地 4 与样地 2 之间具有较高的相似性;乔木层和树附生苔藓植物的 Bray-Curtis 指数具弱相关性,而 Jaccard 指数不相关。上述结果显示树附生苔藓植物的分布除受林冠层的影响外,其他因素,如繁殖体的获得和定居等可能也在较大程度上影响树附生苔藓植物群落^[21]。

参考文献

- [1] Berg Å, Ehnström B, Gustafsson L, et al. Threatened plant, animal and fungus species in Swedish forests: Distribution and habitat associations [J]. *Conser Biol*, 1994, 8:718–731.
- [2] Cao T(曹同), Gao Q(高谦). Diversity of bryophytes and their conservation [J]. *Chin J Ecol(生态学杂志)*, 1997, 16(2):47–52.(in Chinese)
- [3] Binkley D, Graham R L. Biomass, production and nutrient cycling of mosses in an old-growth Douglas-fir forest [J]. *Ecology*, 1981, 62:1387–1389.
- [4] Carleton T J, Read D J. Ectonmycorrhizas and nutrient transfer in conifer-feather moss ecosystems [J]. *Can J Bot*, 1991, 69:778–785.
- [5] Cameron A J, Nickless G. Use of mosses as collectors of airborne heavy metals near a smelting complex [J]. *Water Air Soil Poll*, 1977, 7(1):117–125.
- [6] Cao T, Zhu R L, Tan B C, et al. A report of the national red list of Chinese endangered bryophytes [J]. *J Hattori Bot Lab*, 2006, 99: 275–295.
- [7] Lin B J(林邦娟), Yang Y Y(杨燕仪), Li Z H(李植华). A study on the bryophytes of Dinghu Shan [C]// *Tropical and Subtropical of Forest Ecosystem Vol. 1*. Haikou: Popular Science Press, Guangzhou Branch, 1981:59–76.(in Chinese)
- [8] Li Z H, Piippo S. Preliminary list of bryophytes of Heishiding Nature Reserve, Guangdong Province, China [J]. *Trop Bryol*, 1994, 9:35–41.
- [9] Xu H Q(徐海清), Liu W Y(刘文耀). Species diversity and distribution of epiphytes in the montane moist evergreen broad-leaved forest in Ailao Mountain, Yunnan [J]. *Biodiver Sci(生物多样性)*, 2005, 13(2):137–147.(in Chinese)
- [10] Liu B(刘冰), Jiang Y F(姜业芳), Li J(李菁), et al. A study on distribution pattern of an epiphytic bryophyte, *Dolichomitriopsis diversiformis* (Lembophyllaceae) on tree trunks in forest in Fanjing Mountain of Guizhou [J]. *Acta Bot Yunnan(云南植物研究)*, 2006, 28(2):169–174.(in Chinese)
- [11] Lei B(雷波), Bao W K(包维楷), Jia Y(贾渝). Ground bryophytes composition and synusia structure under six types of young coniferous forest plantations in the upper Minjiang River [J]. *Acta Phytocool Sin(植物生态学报)*, 2004, 28(5):594–600.(in Chinese)
- [12] Ma K P(马克平), Liu Y M(刘玉明). Measurement of biotic community diversity I: Measurement of α diversity [J]. *Biodiv Sci(生物多样性)*, 1994, 2(4):231–239.(in Chinese)
- [13] Ma K P(马克平), Liu C R(刘灿然), Liu Y M(刘玉明). Measurement of biotic community diversity II: Measurement of β diversity [J]. *Chin Biodiv(生物多样性)*, 1995, 3(1):38–43.(in Chinese)
- [14] Wolf J H D. Epiphyte communities of tropical montane rain forest in the northern Andes. I: Lower montane communities [J]. *Phytocoenologia*, 1993, 22:1–52.
- [15] Chapman W S, King G C. Floristic composition and structure of rainforest area 25 years after logging [J]. *Austr J Ecol*, 1983, 8: 415–423.
- [16] Da Costa D P. Epiphytic bryophyte diversity in primary and secondary lowland rainforests in southern Brazil [J]. *Bryologist*, 1999, 102(2):320–326.
- [17] Norris D H. Long-term results of cutting on the bryophytes of the *Sequoia sempervirens* forest in northern California [J]. *Symp Biol Hungar*, 1987, 35:467–473.
- [18] Richards P W. Tropical forest bryophytes: Synusiae and strategies [J]. *J Hattori Bot Lab*, 1988, 64:1–4.
- [19] Kuusinen M. Epiphyte flora and diversity on basal trunks of six old-growth forest tree species in southern and middle boreal Finland [J]. *Lichenologist*, 1996, 28(5):443–463.
- [20] Guo S L(郭水良), Cao T(曹同). Studies on relationships of epiphytic bryophytes and environmental factors in forest ecosystems in Changbai Mountain forests [J]. *Acta Ecol Sin(生态学报)*, 2000, 20(6):922–931.
- [21] Wolf J H D. Factors controlling the distribution of vascular and non-vascular epiphytes in the northern Andes [J]. *Vegetation*, 1994, 112:15–28.