

影响广东黑石顶树附生苔藓分布的环境因子

刘蔚秋¹, 戴小华², 王永繁¹, 雷纯义³

(1. 中山大学生命科学学院, 广州 510275; 2. 赣南师范学院化学与生命科学学院, 赣州 341000;

3. 广东黑石顶省级自然保护区, 肇庆, 526536)

摘要:通过对广东省黑石顶自然保护区内 5 个 2500 m² 样地内树附生苔藓的调查及有关环境因子的测定, 研究了树附生苔藓的分布格局及其与环境因子的关系。树附生苔藓在不同高度的分布存在一定梯度, 20 cm 高处树附生苔藓的种类数与盖度均大于 60 cm 及更高处, 且其群落优势种的数量组成与后者存在较大差异。不同树种附生苔藓盖度和种数差异较大。基于附生苔藓植物的盖度进行 DCA 排序及聚类分析将树种分成四组, 马尾松 (*Pinus massoniana*) 因具有两种特有的网藓 (巴西网藓 *Syrrhopodon prolifer* 和鞘刺网藓 *S. armatus*) 单独一组, 福建青冈 (*Quercus chungii*) 亦与其余各种的差异均较大, 形成一组, 其余阔叶树种根据其所处的森林类型分成两组, 针阔叶混交林内的阔叶树种和次生阔叶林内的阔叶树种各形成一组。对环境因子及树皮含水量和 pH 的分析显示, 垂直梯度上空气湿度的差异可能是造成附生苔藓在不同高度分布差异的主要影响因子之一, 不同树种附生苔藓的差异在一定程度上受树皮 pH 的影响, 而与树皮含水量无关。同一树种上树附生苔藓的分布又在一定程度上受森林类型的影响。

关键词: 树附生苔藓; 分布格局; DCA 排序; 环境因子; 黑石顶自然保护区

文章编号: 1000-0933(2008)03-1080-09 中图分类号: Q143 文献标识码: A

Analysis of environmental factors affecting the distribution of epiphytic bryophyte at Heishiding Nature Reserve, Guangdong Province

LIU Wei-Qiu¹, DAI Xiao-Hua², WANG Yong-Fan¹, LEI Chun-Yi³

1 School of Life Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China

2 School of Chemistry and Life Science, GanNan Normal University, Ganzhou 341000, China

3 Heishiding Nature Reserve, Zhaoqing 526536, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(3): 1080 ~ 1088.

Abstract: We examined the distribution pattern of epiphytic bryophyte communities in different forest types and their relationship with environmental factors based on the study of bryophytes and environmental factors of five 2500 m² plots at Heishiding Nature Reserve, Guangdong Province, China. Distribution of epiphytic bryophytes showed a vertical gradient along different tree heights: epiphytic bryophyte cover and species richness at the height of 20 cm was much greater than those at 60 cm and higher tree heights; quantitative species composition of the former differed greatly from the latter. Moreover, bryophyte cover and species richness differed greatly among tree species. Tree species were classified into 4

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

收稿日期: 2006-12-18; **修订日期:** 2007-09-17

作者简介: 刘蔚秋 (1970 ~), 女, 江西九江人, 博士, 副教授, 主要从事植物生态学及环境生物学研究. E-mail: liuweiqiu1970@yahoo.com.cn

Foundation item: The project was financially supported by Zhang Hong-Da Scientific Research Foundation of Sun Yat-sen University (No. ZHD200402), Natural Science Foundation of Guangdong Province (No. 06300472) and Scientific Research Start-up Foundation of Sun Yat-sen University

Received date: 2006-12-18; **Accepted date:** 2007-09-17

Biography: LIU Wei-Qiu, Ph. D., Associate Professor, mainly engaged in plant ecology and environmental biology. E-mail: liuweiqiu1970@yahoo.com.cn

groups according to detrended correspondence analysis (DCA) and cluster analysis based on epiphytic bryophyte cover. *Pinus massoniana*, with two dominant epiphytic species of *Syrrhopodon* (*S. prolifer* and *S. armatus*) specific to it, was classified to one group. *Quercus chungii*, also quite different to other tree species, was classified to one group alone. Other broadleaved trees were classified into two groups according to the forest type that they live in. Trees in needle-broadleaved forest were classified to one group and trees in secondary broadleaved forest to another group. According to the analysis of environmental factors and bark characteristics, for epiphytic bryophytes atmospheric humidity gradient might be one of the major factors that affects the vertical distribution, and bark pH might be an explanation for the difference in the epiphytic cover among tree species, but bark water content has no relation to the distribution pattern. Finally, community structure of epiphytic bryophytes on the same tree species is also affected by forest types.

Key Words: epiphytic bryophytes; distribution pattern; DCA ordination; environmental factors; Heishiding Nature Reserve

苔藓植物体型矮小,无真正的根及输导组织,叶多由单层细胞构成,植物体外无角质层保护,因此其分布对环境变化极其敏感^[1],可作为森林立地条件的指示植物^[2,3],对森林苔藓的定量研究在近几十年来颇受重视。

森林中苔藓植物的分布首先受到地理及气候等大尺度环境因子影响^[4,5],而森林结构所决定的森林内部光、温及湿度等小尺度环境因子对苔藓植物的分布也具有极大的影响^[6~9],导致苔藓植物森林内的分布格局的变化。此外,一些附生苔藓植物对树皮具有选择性^[8~14];Slack^[13]在综述前人研究结果的基础上指出树皮性质,如树皮含水量、干燥速度及 pH、树皮化学性质等对于附生特异性有重要影响;Aboal 等^[10]和 González-Mancebo 等^[11]的研究均表明树皮湿度条件是影响附生苔藓分布的重要因子;Kuusinen^[12]和 Studlar^[14]则认为树皮的酸度和结构是造成附生特异性的主要原因。

目前对森林附生苔藓的研究多集中于温带地区,研究也较深入,有关亚热带地区附生苔藓的研究相对较少^[15~17],尚未见对该地区受干扰的山地森林中附生苔藓的研究报道。黑石顶自然保护区地处亚热带北缘,水热资源较为丰富,苔藓植物资源丰富^[18],但其林内地面及树干苔藓植物的盖度都较温带小,分布格局明显不同^①,另一方面,由于人类活动的影响,保护区内存在较大比例的次生林和人工林。我国华南地区近年来大力发展林业,次生林和人工林在森林植被中占有相当大的比重^[19],对这些次生林和人工林中的附生苔藓进行研究,探讨不同森林管理模式对树附生苔藓多样性的影响,可以为本地地区的林分改造及森林经营管理提供理论依据,具有重要的理论和实际意义。

1 研究方法

1.1 样地设置及调查

黑石顶自然保护区位于广东省封开县,地理位置 23°27'N,111°53'E,属亚热带季风气候,自然概况见有关文献^[18,20]。

在黑石顶自然保护区内海拔 250~350 m 范围南坡方向设置 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(*Pinus massoniana*)占优势的针阔叶混交林,上层以马尾松占绝对优势,其下以华润楠(*Machilus chinensis*)、橄榄(*Canarium album*)等较常见,样地 5 为林龄约 100 a 的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。

1.1.1 树附生苔藓调查

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(为描述

① 刘蔚秋,雷纯义,戴小华. 广东黑石顶森林苔藓植物群落特征初探. 热带亚热带植物学报

方便,下文分别记为 20 cm,60 cm,100 cm 和 140 cm),选择苔藓盖度最大的方向取样,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,以针刺法调查每一小格交叉处苔藓出现频率。苔藓标本在实验室内鉴定。苔藓植物学名参考中国苔藓植物有关文献^[20~25]。5 个样地共调查 713 株乔木个体。

1.1.2 树皮含水量和酸度

对选定的优势树种每种随机选取 3 棵胸径大于 10 cm 的个体,分别在树干的 20、60、100 cm 和 140 cm 高度处刮取外层死树皮。部分树种由于树皮太薄,死树皮难以与内部生活组织分离,因此仅选择树皮易于分离的几种进行测定。树皮称鲜重后,烘干(80 °C,24 h),称干重,计算树皮含水量。

测定树皮酸度时,把每棵树 4 个高度的鲜树皮等量混合,自然风干后粉碎,称取 1 g,加入 50 ml 去离子水,在摇床上以 210 r/min 的速度振荡 30 min,静置 48 h 后用 pH 计测定。

1.1.3 温湿度及照度

在样地 1 内随机选择邻近的两棵树,分别在树干朝南方向的 10 cm 和 100 cm 处放置 TES 1361 温湿度计和 TES 1336A 照度计,每隔 10 min 记录 1 次。第一次测定时间为 2006 年 10 月 19 日,测定前夜曾有雨,林内较潮湿;第二次测定时间为 10 月 30 日,此前连续天晴 10d,林内较干燥。

1.2 数据处理

1.2.1 相似性指数

$$(1) \text{Jaccard 指数} \quad C_j = j / (a + b - j)$$

$$(2) \text{Bray-Curtis 指数} \quad C_n = 2 \times jn / (aN + bN)$$

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 的所有物种个体数目,在此以苔藓盖度作为数目指标, jn 为样地 a 和样地 b 共有种中个体数目(盖度)较小者之和,即: $jn = \sum_{i=1}^s \min(aN_i, bN_i)$ 。

Jaccard 指数是对二元属性数据的测度,而 Bray-Curtis 为数量数据的测度,前者反映群落的种类组成,而后者同时反映了种类特征及各物种的数量特征,对优势种的变化敏感。

1.2.2 DCA 排序

利用 PC-ORD 软件进行除趋势对应分析(DCA)及聚类分析(Euclidean Measurement, WARD's method)。

由于样地 1 和 2 均为 30 龄的次生阔叶林,样地 3 和 4 均为针阔叶混交林,立地环境较为一致,分析时将样地 1 和 2 合并为一个取样单位 A,样地 3 和 4 合并为一个取样单位 B,以 A 和 B 中的优势树种为排序对象(取样单位中的个体数大于 8),以各树种苔藓植物的平均盖度为指标,进行排序及聚类分析。吊皮椎(*Castanopsis kawakamii*)树干上仅有一种苔藓,在分析时省略。为减少稀有种干扰,仅出现一次的苔藓种类在分析时省略。对种类盖度数据进行开平方根转换,未进行其他标准化处理。

2 结果及分析

2.1 树附生苔藓种类概况

在 5 个样地中共发现树附生苔藓 40 种,其中苔类 21 种,藓类 19 种,如表 1 所示。

2.2 附生苔藓与树干高度的关系

总体来看,树附生苔藓在树干上的分布随着高度的增加,其种类和盖度表现为逐渐减少的趋势(表 2)。20 cm 处苔藓种类组成与其它高度相近,但一些在树干基部的优势种,如疣鳞苔(*Cololejeunea* sp.)、四齿异萼苔(*Heteroscyphus argutus*)、琉球唇鳞苔(*Cheilolejeunea ryukyuensis*)和曲肋凤尾藓(*Fissidens mangarevensis*)等在树干较高处的盖度很低,因此 20 cm 高处苔藓群落的数量结构与其他高度的差异较大(表 3)。60、100 cm 和 140 cm 高处的苔藓种类及群落结构均较相近,并以相邻高度之间的相似性系数最高。由表 4 可见,各树种的树皮含水量在高度上均未表现出梯度变化,说明树皮含水量不是影响苔藓盖度垂直梯度的主要因素。对潮湿和干旱两种天气下林内不同高度处温湿度及照度的测定结果显示(图 1,图 2),10 cm 处湿度变幅较小,在两次测定中,10 cm 处白天的湿度都高于 100 cm 处,特别是在较干燥的 11:30 ~ 16:00 时段内两者的差异较大。

温度在 10 月 19 日以 10 cm 处较高,但在 10 月 30 日则非常接近,照度 10 cm 处仅略低于 100 cm 处。由此可见,对于黑石顶林内的树附生苔藓而言,树干近基部日间较高的空气湿度有利于苔藓的生长,而光照强度不是影响树干基部 2 m 范围内苔藓垂直梯度格局的主要因子。

表 1 黑石顶 5 个样地中的树附生苔藓种类

Table 1 List of epiphytic bryophytes in the sites of Heishiding Nature Reserve

No.	种类 Species	No.	种类 Species
1	刺叶护蒴苔 <i>Calypogeia arguta</i>	21	叉苔 <i>Metzgeria furcata</i>
2	四齿异萼苔 <i>Heteroscyphus argutus</i>	22	广东凤尾藓 <i>Fissidens guangdongensis</i>
3	盔瓣耳叶苔 <i>Frullania muscicola</i>	23	锡兰凤尾藓 <i>Fissidens ceylonensis</i>
4	皱萼苔 <i>Ptychanthus striatus</i>	24	曲肋凤尾藓 <i>Fissidens mangarevensis</i>
5	冠鳞苔 <i>Lopholejeunea</i> sp.	25	绿叶白发藓 <i>Leucobryum chlorophyllosum</i>
6	褐冠鳞苔 <i>Lopholejeunea subfusca</i>	26	南亚白发藓 <i>Leucobryum juniperoideum</i>
7	黄色细鳞苔 <i>Lejeunea flava</i>	27	八齿藓 <i>Octoblepharum albidum</i>
8	疏叶细鳞苔 <i>Lejeunea ulicina</i>	28	巴西网藓 <i>Syrrophodon prolifer</i>
9	狭瓣细鳞苔 <i>Lejeunea catanduana</i>	29	鞘刺网藓 <i>Syrrophodon armatus</i>
10	弯叶细鳞苔 <i>Lejeunea curviloba</i>	30	全缘刺疣藓 <i>Trichosteleum lutschianum</i>
11	琉球唇鳞苔 <i>Cheilolejeunea ryukyuensis</i>	31	疣柄拟刺疣藓 <i>Papillidiopsis complanata</i>
12	圆叶唇鳞苔 <i>Cheilolejeunea intertexta</i>	32	长喙刺疣藓 <i>Trichosteleum stigmatosum</i>
13	日本顶鳞苔 <i>Acrolejeunea pusilla</i>	33	南方小锦藓 <i>Brotherella henonii</i>
14	多胞疣鳞苔 <i>Cololejeunea ocelloides</i>	34	三列疣胞藓 <i>Clastobryum glabrescens</i>
15	疣萼疣鳞苔 <i>Cololejeunea peraffinis</i>	35	台湾多枝藓 <i>Haplophymenium formosanum</i>
16	南亚疣鳞苔 <i>Cololejeunea tenella</i>	36	柔叶同叶藓 <i>Isopterygium tenerum</i>
17	疣鳞苔 <i>Cololejeunea</i> sp.	37	灰羽藓 <i>Thuidium pristocalyx</i>
18	尖叶薄鳞苔 <i>Leptolejeunea elliptica</i>	38	齿边长灰藓 <i>Herzogiella perrobusta</i>
19	阔叶薄鳞苔 <i>Leptolejeunea latifolia</i>	39	长尖明叶藓 <i>Vesicularia reticulata</i>
20	小鞭鳞苔 <i>Mastigolejeunea auriculata</i>	40	东亚拟鳞叶藓 <i>Pseudotaxiphyllum pohliaecarpum</i>

表 2 各样地树干不同高度处苔藓植物种数及百分盖度(种数/盖度)

Table 2 Species richness and percent cover of epiphytic bryophytes at different vertical heights in each site (species richness/percent cover)

样地号 Plot No.	高度 Height(cm)			
	20	60	100	140
1	18/2.14	14/0.93	10/1.30	13/1.74
2	12/2.96	6/0.60	2/0.05	1/0.11
3	15/2.45	11/1.17	10/1.35	9/1.22
4	10/2.26	10/1.10	8/1.07	7/0.51
5	15/1.88	4/0.15	4/0.25	4/0.23
总种数 Total species	34	28	27	24
平均盖度 Mean cover	2.34	0.91	0.80	0.76

2.3 苔藓植物与附生树种的关系

由表 5 可见,不同树种上附生苔藓的盖度差异很大,其中福建青冈(*Quercus chungii*)的附生苔藓盖度最大,达 9.83%,而吊皮椎树附生苔藓的盖度仅为 0.07%。从附生苔藓的种类数看,黄杞(*Engelhardtia roxburghiana*)、罗浮柿(*Diospyros morrisiana*)、鸭脚木(*Schefflera octophylla*)、华润楠和白花龙(*Styrax confusus*)的附生苔藓都有 10 种以上,而吊皮椎和小叶胭脂分别仅有 1 种和 2 种。吊皮椎树皮 pH 值在所测树种中最低,这可能是导致其树干上苔藓盖度极低的原因之一,而树皮 pH > 5 的树种,如福建青冈和荷木(*Schima superba*),附生苔藓盖度相对较高。马尾松树

表 3 树干不同高度苔藓群落的 Bray-Curtis 指数(对角线下)和 Jaccard 指数(对角线上)相似性系数

Table 3 Bray-Curtis index (below the diagonal) and Jaccard index (above the diagonal) of epiphytic bryophytes at different vertical heights

	20 cm	60 cm	100 cm	140 cm
20 cm		0.6316	0.5250	0.5263
60 cm	0.2606		0.7188	0.6250
100 cm	0.2563	0.6754		0.8214
140 cm	0.2513	0.6126	0.8126	

皮 pH 值较低,但由于具有特有的两种网藓,因此其附生苔藓的盖度相对而言不算太低。从种类组成看,马尾松树干上的 9 种苔藓中有 8 种为藓类,藓类植物占绝对优势,而阔叶树种上苔类植物的种类数多高于藓类植物或两者接近。根据表 4 和表 5,不同树种上附生苔藓的盖度与树皮含水量之间无关。

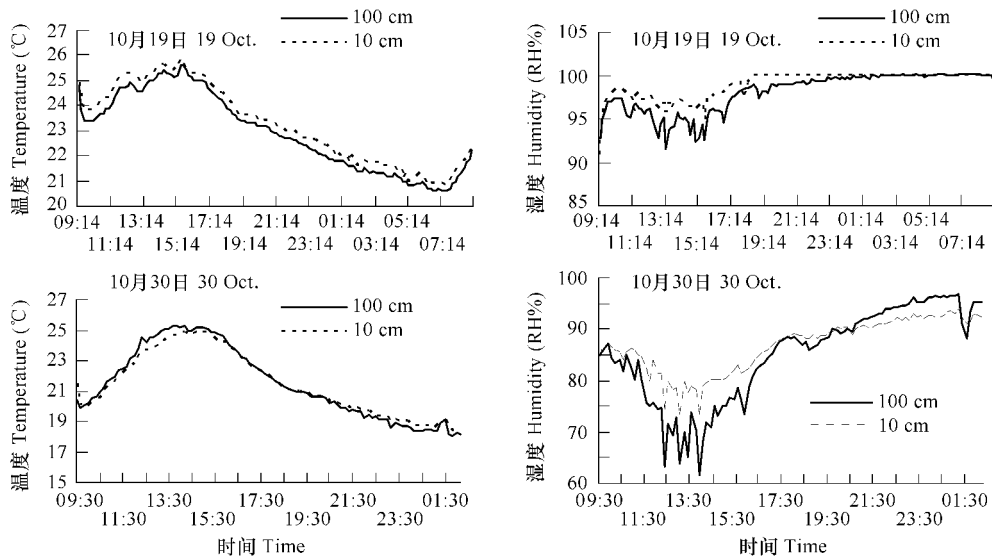


图1 林内不同高度处温湿度

Fig. 1 Temperature and relative humidity at different heights in the forest

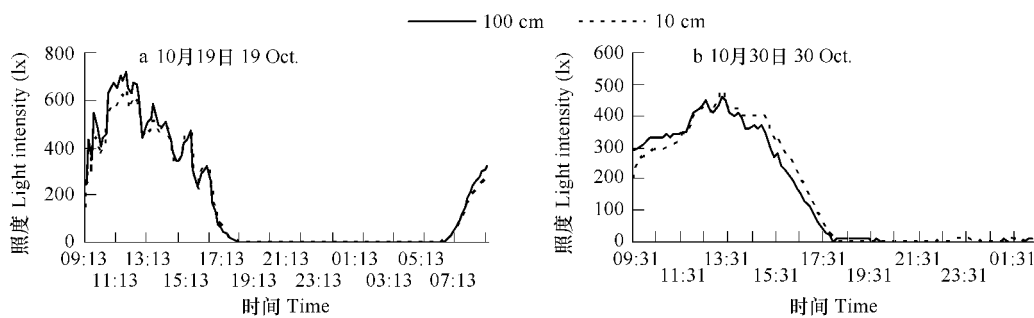


图2 林内不同高度光照强度

Fig. 2 Light intensity at different heights in the forest

表4 不同高度处树皮含水量(%) (平均值±标准差)

Table 4 Water capacity (%) of bark at various heights (mean ± S.E.)

高度 Height (cm)	马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	福建青冈 <i>Quercus chungü</i>	米椎 <i>Castanopsis carlesii</i>	黄杞 <i>Engelhardtia roxburghiana</i>	罗浮栲 <i>Castanopsis fabri</i>	吊皮椎 <i>Castanopsis kawakamü</i>	荷木 <i>Schima superba</i>
20	17.5 ± 0.4	13.5 ± 3.8	26.9 ± 14.8	24.5 ± 2.9	30.3 ± 5.7	12.7 ± 1.9	23.8 ± 9.3
60	19.2 ± 3.2	15.1 ± 3.5	22.0 ± 12.6	24.1 ± 2.4	27.5 ± 3.4	12.3 ± 2.6	20.5 ± 2.7
100	18.8 ± 2.5	13.2 ± 3.2	17.1 ± 7.2	21.9 ± 1.8	26.2 ± 7.3	10.7 ± 0.8	19.7 ± 3.6
140	19.8 ± 3.5	12.5 ± 2.9	20.9 ± 13.8	24.3 ± 3.0	24.3 ± 3.8	9.3 ± 0.6	23.0 ± 4.6
平均 Average	18.8 ± 2.5	13.6 ± 3.1	21.7 ± 11.2	23.7 ± 2.5	27.1 ± 5.1	11.2 ± 2.0	21.8 ± 5.2

以树附生苔藓盖度为指标对树种和苔藓分别进行 DCA 排序(图 3),马尾松树干由于具有特有的巴西网藓(*Syrrhopodon prolifer*)和鞘刺网藓(*S. armatus*)与阔叶树种明显区别,福建青冈则因具有黄色细鳞苔(*Lejeunea flava*)和疣鳞苔而排在第一轴的另一极上,其他阔叶树种位于两者之间,且 A 组与 B 组树木在第一

轴上可以较好地区分。聚类分析结果(图 4)与 DCA 结果基本一致。

表 5 不同树种树皮 pH 及其上附生苔藓种数及盖度
Table 5 Bark pH, species richness and percent cover of epiphytic bryophytes on trunks of various species

树种 Tree species	各样地植株数 Number of tree individuals					种数 Species richness	盖度 Coverage (%)	树皮 pH Bark pH
	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	Site 5			
马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	8	2	28	40	4	9 (1/8)	1.16	4.41 ± 0.04
罗浮栲 <i>Castanopsis fabri</i>	43	32	0	2	0	7 (3/4)	0.62	4.45 ± 0.11
粘木 <i>Ixonanthes chinensis</i>	1	0	0	0	37	5 (4/1)	0.50	—
小叶胭脂 <i>Artocarpus styracifolius</i>	3	3	0	0	16	2 (2/0)	0.28	—
橄榄 <i>Canarium album</i>	3	14	13	9	0	8 (5/3)	0.74	—
米椎 <i>Castanopsis carlesii</i>	4	12	0	0	0	6 (3/3)	0.45	4.51 ± 0.07
吊皮椎 <i>Castanopsis kawakamii</i>	5	1	0	11	0	1 (0/1)	0.07	4.19 ± 0.08
黄杞 <i>Engelhardtia roxburghiana</i>	31	9	1	1	6	16 (10/6)	1.46	—
白花龙 <i>Styrax confusus</i>	5	3	14	0	0	10 (8/2)	1.64	—
福建青冈 <i>Quercus chungii</i>	6	5	0	0	1	7 (4/3)	9.83	5.39 ± 0.33
鸭脚木 <i>Schefflera octophylla</i>	4	7	15	3	1	11 (8/3)	1.01	—
华润楠 <i>Machilus chinensis</i>	2	6	15	17	0	11 (8/3)	1.21	—
罗浮柿 <i>Diospyros morrisiana</i>	2	1	3	3	0	12 (9/3)	6.33	—
荷木 <i>Schima superba</i>	0	0	0	10	0	8 (6/2)	3.98	5.58 ± 0.49

* 种数括号内数字分别表示苔类/藓类植物的种数; 树皮 pH 以平均值 ± 标准差表示 The numbers in parentheses are species richness of hepatics/moss respectively; Bark pH is showed as mean ± S. E

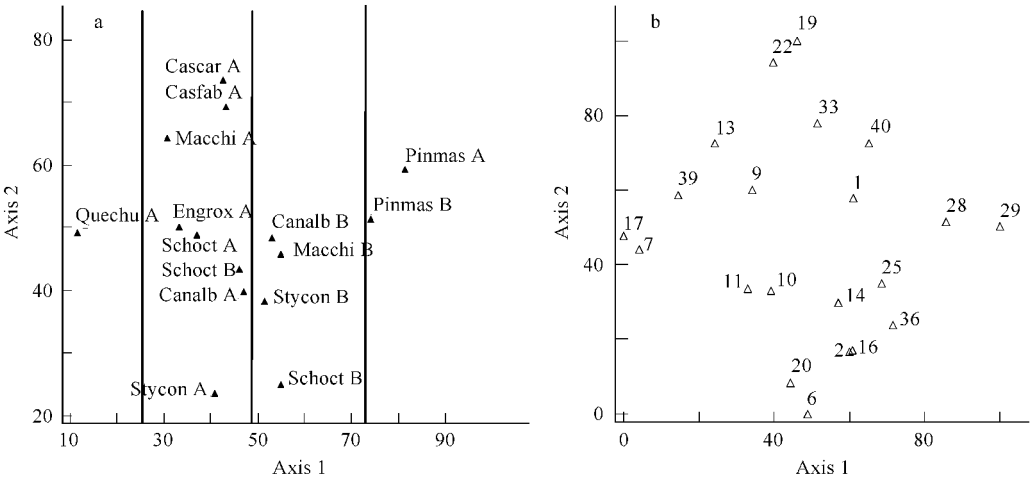


图 3 基于不同林型中优势树种树附生苔藓盖度对树种(a)和苔藓(b)的 DCA 排序

Fig. 3 DCA ordination of tree species (a) and bryophyte (b) based on cover of epiphytic bryophytes on trunks of dominant tree species in needle – broadleaved forest and secondary broadleaved forest
* 图 3a 中树种用其属名和种名的前 3 个字母表示,最后大写的 A 或 B 表示其所属林型;图 3b 中序号所代表的苔藓植物见表 1 In Fig. 3a, tree species are indicated as the first three letters of the genus and the species, the last capital letter (A or B) indicates the forest types they belong to; In Fig. 3b, bryophyte species are listed in table 1

3 讨论

本研究显示树附生苔藓的物种数及盖度均具有明显的垂直梯度,树干 20 cm 高处的附生苔藓植物物种丰富度及盖度均远高于 60 cm 及以上位置,对其他地区的很多研究亦发现类似规律^[6, 8]。对不同高度处温湿度及照度的测定结果显示树干近基部湿度较高是导致苔藓垂直梯度的主要原因,与 Russell^[26]的结果一致。

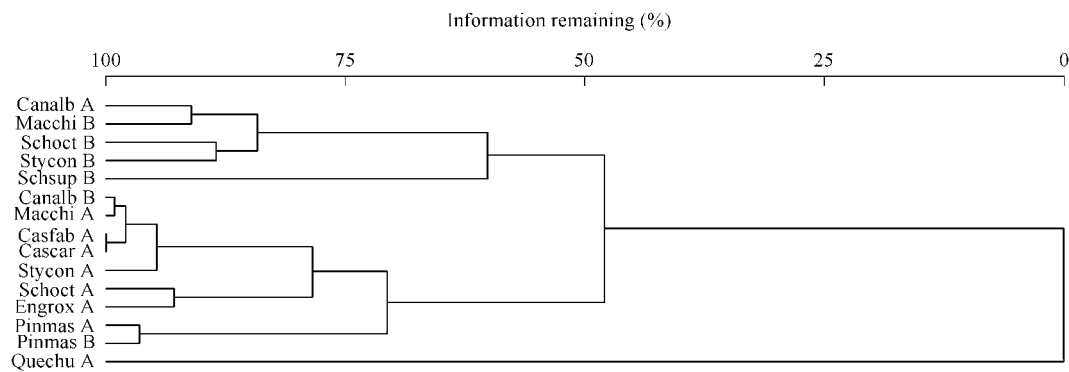


图4 基于不同林型中优势树种树附生苔藓盖度对树种的聚类分析图

Fig. 4 Dendrogram of tree species based on cover of epiphytic bryophytes on trunks of dominant tree species in needle-broad-leaved forest and secondary broad-leaved forest

* 缩写词同图3a Abbreviations as in Figure 3a.

Peck 等^[27]和 Hoffman 等^[28, 29]对极潮湿地区树附生苔藓的研究则显示在树干较高处的苔藓盖度比树干基部要高,与其他地方相比,其树干上苔藓群落在高度上发生置换;这是由于在极潮湿地区,湿度不是限制苔藓植物分布的因子,而较高处光照较强,有利于苔藓生长。黑石顶地处亚热带,水热资源较丰富,但在海拔 400 m 处,在天气较干燥时林内白天空气湿度低于 65% (图 1),而苔藓植物作为一种非维管植物,主要依靠拟茎和拟叶直接从空气中吸收水分,同时其体表无角质层保护且叶片由单层细胞构成,植物体内水分易散失,因此空气湿度对其分布的影响很大,也是本地区苔藓植物生长的限制因子。

有关树皮理化性质对附生苔藓盖度影响的研究较多^[8~14],但所得结果存在差异,如有的研究显示树皮含水量是影响附生苔藓盖度的主要因子,也有研究显示 pH 是影响附生苔藓盖度的主要因子。本研究对部分优势种的树皮含水量和 pH 进行了测定,结果显示树皮含水量与附生苔藓的分布无关,而树皮 pH 对附生苔藓的分布有影响,酸度强的树皮不利于附生苔藓生长,与 Kuusinen^[12]及 Studlar^[14]的结果较接近。由于树皮含水量实际上受其吸水能力及失水速率的共同影响,同时还受到诸如天气、树干倾斜度、径流、树龄等的影响^[9, 12],因此需要对相关的因子进行更为深入的研究才能更准确描述其相关关系。

针叶树与阔叶树附生苔藓存在差异已有较多报道^[14, 30, 31],一般认为这与针叶树树皮特殊的酸度及结构等有关,本研究中马尾松的附生苔藓也因具有巴西网藓和鞘刺网藓明显区别于阔叶树种,与前人的研究一致。本研究中针叶树马尾松树皮酸度较低,且树皮厚而疏松,有利于截留尘土,这些可能造成了适宜其特有附生苔藓网藓生长的环境。热带亚热带树附生苔藓中由于细鳞苔科的种类较多,苔类的种数常高于藓类^[32, 33],不同于温带地区以藓类占优势的附生苔藓群落^[8, 30]。黑石顶阔叶树种上的附生苔藓多以苔类占优势,显示其热带亚热带群落特点,但马尾松的附生苔藓以藓类占绝对优势,这可能与其特殊的树皮性质有关。虽然有些苔藓对某类特定宿主具有一定偏好,但苔藓个体种很少专一附生于某个树种^[4, 6],而本次调查中两种网藓仅出现于马尾松树干上和紧靠马尾松树干的地面而未出现于阔叶树的树干,说明其确实对附生树种具有特异性,由于马尾松在演替序列中属于先锋树种,在自然演替条件下马尾松将被阔叶树种代替,在成熟林中这两种网藓将由于缺乏其特定宿主而趋于消失,本研究中成熟阔叶林中未见网藓出现证实了这一点。

不同的阔叶树种上树附生苔藓的种类数和盖度差别大,在次生林和混交林中的同一树种其树干上附生苔藓群落差异也较大,而依据附生苔藓盖度可以把处于相同林型中的不同阔叶树种聚成一类,显示附生树种及森林类型都会对附生苔藓的分布产生影响,与 Steele^[34]及 Kenkel & Bradfield^[35]的结果相似。

4 结论

- (1) 空气湿度条件是导致附生苔藓垂直梯度的重要因素,也是该地区苔藓植物分布的限制因子之一。
- (2) 树皮 pH 在一定程度上影响树附生苔藓分布。

(3) 马尾松的附生树种与阔叶树种具有明显的不同,不同阔叶树种的附生苔藓也存在一定差异,因此增加森林乔木树种的多样性,在林分中保持一定比例的马尾松,有利于维持高的附生苔藓多样性。

(4) 苔藓植物对小气候变化敏感,森林类型不同导致的小气候差异,使混交林和次生林内树附生苔藓群落不同。在森林经营和管理中应注意不同林型的合理配置,为苔藓植物的生长提供多样化的小生境。

References:

- [1] Cameron A J, Nickless G. Use of mosses as collectors of airborne heavy metals near a smelting complex. *Water, Air and Soil Pollution*, 1977, 7 (1): 117—125.
- [2] Rambo T R, Muir P S. Bryophyte species associations with coarse woody debris and stand ages in Oregon. *The Bryologist*, 1998, 101: 366—376
- [3] Vanderpoorten A, Engels P, Sotiaux A. Trends in diversity and abundance of obligate epiphytic bryophytes in a highly managed landscape. *Ecography*, 2005, 27: 567—576
- [4] Schmitt C K, Slack N G. Host specificity of epiphytic lichens and bryophytes: A comparison of the Adirondack Mountains (New York) and the Southern Blue Ridge Mountains (North Carolina). *The Bryologist*, 1990, 93: 661—665.
- [5] Piippo S. 1982. Epiphytic bryophytes as climatic indicators in Eastern Fennoscandia. *Acta Botanica Fennica*, 119: 1—39.
- [6] Trynoski S E, Glime J M. Direction and height of bryophytes on four species of Northern Trees. *The Bryologist*, 1982, 85 (4): 281—300.
- [7] González-Mancebo J M, Romaguera F, Losada-Lima A, *et al.* Epiphytic bryophytes growing on *Laurus azorica* (Seub.) Franco in three laurel forest area in Tenerife (Canary Islands). *Acta Oecologica*, 2004, 25: 159—167.
- [8] Guo S L, Cao T. Studies on community distribution patterns of epiphytic bryophytes in forest ecosystems in Changbai Mountain. *Acta Phytocologica Sinica*, 2000, 24 (4): 442—450.
- [9] Guo S L, Cao T. Studies on relationships of epiphytic bryophytes and environmental factors in forest ecosystems in Changbai Mountain forest. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20 (6): 922—931
- [10] Aboal J R, Morales D, Hernández M, *et al.* The measurement and modelling of the variation of stem flow in a laurel forest in Tenerife, Canary Island. *Journal of Hydrology*, 1999, 221: 161—175.
- [11] González-Mancebo J M, Losada-Lima A, McAlister S. Host specificity of epiphytic bryophyte communities of a Laurel forest on Tenerife (Canary Islands, Spain). *The Bryologist*, 2003, 106 (3): 383—394.
- [12] Kuusinen M. Epiphyte flora and diversity on basal trunks of six old-growth forest tree species in southern and middle boreal Finland. *Lichenologist*, 1996, 28(5): 443—463.
- [13] Slack N G. Host specificity of bryophytic epiphytes in Eastern North America. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory*, 1976, 41: 107—132.
- [14] Studlar S M. Host specificity of epiphytic bryophytes near Mountain Lake Virginia USA. *The Bryologist*, 1982, 85(1): 37—50.
- [15] Xu H Q, Liu W Y. Species diversity and distribution of epiphytes in the montane moist evergreen broad-leaved forest in Ailao Mountain, Yunnan. *Biodiversity Science*, 2005, 13(2): 137—147.
- [16] Xie X W, Guo S L. Studies on ecology of epiphytic moss species in Jinhua suburb. *Bulletin of Science and Technology*, 2003, 9 (5): 407—412.
- [17] Xu S C, Cao T, Yu J, *et al.* Distribution pattern of epiphytic bryophytes of trees in Shanghai. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2006, 26 (5): 1053—1058.
- [18] Li Z H, Piippo S. Preliminary list of bryophytes of Heishiding Nature Reserve, Guangdong Province, China. *Tropical Bryology*, 1994, 9: 35—41.
- [19] Hou C M, Zhang Q M, Peng S L, *et al.* Application of 3S technology in monitoring dynamics of forest resource, Guangdong Province. *Central South Forest Inventory and Planning*, 2002, 21 (2): 44—45
- [20] Liu X E, Wang B S. The vegetation classification system and main kinds of their distribution in Heishiding Nature Reserve. *Ecologic Science*, 1987, (1-2): 19—34.
- [21] Gao C. *Flora bryophytorum sinicorum* (Vol. 2). Beijing: Science Press, 1996.
- [22] Wu P C. *Flora bryophytorum sinicorum* (Vol. 6). Beijing: Science Press, 2002.
- [23] Gao C. *Flora bryophytorum sinicorum* (Vol. 9). Beijing: Science Press, 2003.
- [24] Gao C, Lai M J. *Illustrations of bryophytes of China*. Taipei: Nantian Press, 2003.
- [25] Wu P C, Jia Y. *Flora bryophytorum sinicorum* (Vol. 8). Beijing: Science Press, 2004.
- [26] Russel S. Humidity gradients and bryophyte zonation in the Afromontane forests of the eastern Cape, South Africa. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory*, 1982, 52: 299—302.
- [27] Peck J E, Hong W S, McCune B. Diversity of epiphytic bryophytes on three host tree species, thermal meadow, Hotspring Island, Queen Charlotte

- Islands, Canada. The Bryologist, 1995, 98(1): 123—128.
- [28] Hoffman G R, Kazmierski R G. An ecologic study of epiphytic bryophytes and lichens on *Pseudotsuga menziesii* on the Olympic Peninsula, Washington I. A description of the vegetation. The Bryologist, 1969, 72: 1—19.
- [29] Hoffman G R. An ecologic study of epiphytic bryophytes and lichens on *Pseudotsuga menziesii* on the Olympic Peninsula, Washington II. Diversity of the vegetation. The Bryologist, 1971, 74: 413—427.
- [30] Iwatsuki Z. The epiphytic bryophytes communities in Japan. Journal of the Hattori Botanical Laboratory, 1960, 22: 159—352.
- [31] Palmer M W. Pattern in corticolous bryophyte communities of the North Carolina Piedmont: Do mosses see the forest or the tree? The Bryologist, 1986, 89(1): 59—65.
- [32] da Costa D P. Epiphytic bryophyte diversity in primary and secondary lowland rainforests in Southeastern Brazil. The Bryologist, 1999, 102(2): 320—326
- [33] Wolf J H D. Epiphyte communities of tropical montane rain forest in the northern Andes I. Lower montane communities. Phytocoenologia, 1993, 22: 1—52
- [34] Steele A. Bryophyte communities of central Idaho forests. Northwest Science, 1978, 52: 310—322.
- [35] Kenkel N C, Bradfield G E. Ordination of epiphytic bryophyte communities in a wet-temperate coniferous forest, South Coastal British Columbia. Vegetatio, 1981, 45: 147—154.

参考文献:

- [8] 郭水良,曹同. 长白山地区森林生态系统树附生苔藓植物群落分布格局研究. 植物生态学报,2000,24(4):442~450
- [9] 郭水良,曹同. 长白山森林生态系统树附生苔藓植物分布与环境关系研究. 生态学报,2000,20(6):922~931
- [15] 徐海清,刘文耀. 云南哀牢山山地湿性常绿阔叶林附生植物的多样性和分布. 生物多样性,2005,13(2):137~147
- [16] 谢小伟,郭水良. 金华市郊树附生藓类植物生态学研究. 科技通报,2003,9(5):407~412
- [17] 徐晟翀,曹同,于晶,等. 上海市树附生苔藓植物分布格局研究. 西北植物学报,2006,26(5):1053~1058
- [19] 侯长谋,张倩媚,彭少麟,等. 3S技术在广东省森林资源动态监测中的应用. 中南林业调查规划,2002,21(2):44~45
- [20] 刘雄恩,王伯荪. 黑石顶自然保护区植被分类系统和主要类型及分布. 生态科学,1987,1-2:19~34.
- [21] 高谦. 中国苔藓志(第二卷). 北京:科学出版社,1996.
- [22] 吴鹏程. 中国苔藓志(第六卷). 北京:科学出版社,2002.
- [23] 高谦. 中国苔藓志(第九卷). 北京:科学出版社,2003.
- [24] 高谦,赖明洲. 中国苔藓植物图鉴. 中国台北:南天书局,2003
- [25] 吴鹏程,贾渝. 中国苔藓志(第八卷). 北京:科学出版社,2004.