

哀牢山中山湿性常绿阔叶林不同生长基质苔藓植物的组成与分布特征*

马文章^{1,2}, 刘文耀^{1**}, 宋亮^{1,3}

(1 中国科学院西双版纳热带植物园热带森林生态学重点实验室, 云南 勐腊 650223; 2 中国科学院昆明植物研究所生物多样性与生物地理学重点实验室, 云南 昆明 650201; 3 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 苔藓植物是构成山地原生常绿阔叶林结构及景观的重要组成部分之一, 在生态系统生物多样性的维系等方面发挥重要的生态功能。本研究以云南哀牢山中山湿性常绿阔叶林为对象, 对林冠树干和林下木质残体、林地及岩石表面四类不同生长基质上苔藓植物的物种分布特征进行了调查研究, 并运用 Kendall 一致性指数计算了各生长基质上苔藓植物物种之间的关联程度, 用聚类的方法对不同生长基质上苔藓植物物种进行了分类。研究结果表明: 本区山地森林具有丰富的苔藓植物, 共记录 141 种, 分属 38 科 69 属, 其中林冠树干上分布的苔藓植物的物种数量最多, 为 94 种, 林地上最少, 仅 29 种; 有 27 种苔藓植物同时分布在这 3 种以上的生长基质上。通过对不同类型生长基质之间苔藓植物种间关联程度的分析, 发现在微生境的尺度上, 随着优势苔藓植物种类间的关联程度的增加, 苔藓植物多样性呈现出逐渐减少的趋势。

关键词: 苔藓植物; 林冠; 生长基质; 种间关联; 哀牢山

中图分类号: Q 948 **文献标识码:** A **文章编号:** 2095-0845(2011) 04-443-08

Species Composition and Distribution of Bryophytes on Different Substrate Types in Middle Mountain Moist Evergreen Broad-leaved Forest in Ailao Mountains

MA Wen-Zhang^{1,2}, LIU Wen-Yao^{1**}, SONG Liang^{1,3}

(1 Key Laboratory of Tropical Forest Ecology, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Mengla 650223, China; 2 Key Laboratory of Biodiversity & Biogeography, Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650201, China; 3 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: As an important component in montane moist forest ecosystems, bryophyte plays key roles in sustaining biodiversity and facilitating many ecological processes. The species composition and association of bryophytes on four substrates of CWD (coarse woody debris), canopy, forest floor and rock were investigated in middle mountain moist evergreen broad-leaved forest in Ailao Mt., Yunnan. The results showed this region boasted a rich bryophyte-flora which yielded 141 species belonging to 38 families and 69 genera, with Meteoriaceae (14 spp.) and Dicranaceae (13 spp.) predominating. 27 species appeared in more than 3 types of substrates. Host trunk had the largest number of species (94 spp.) among all substrate types. It found that there was a trend of bryophyte diversity decreased with increase of species association among dominant species of bryophyte at the level of microhabitat, based on the analysis of species association on different substrates in the natural forest.

Key words: Bryophyte; Canopy; Substrates; Species association; Ailao Mountains

* 基金项目: 国家自然科学基金 (30870437; 30771705) 和中国科学院知识创新工程重要方向性项目 (KSCX2-YW-2-1019)
** 通讯作者: Author for correspondence; E-mail: liuwuy@xtbg.ac.cn
收稿日期: 2010-11-19, 2011-05-04 接受发表
作者简介: 马文章 (1981-) 男, 博士, 主要从事苔藓植物分类与生态学方面的工作。E-mail: mawenzhang@mail.kib.ac.cn

© 2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

植物群落中对物种在组成、分布及其种间关系的研究是生态学所致力解决的经典问题之一。汇集着大量物种的局部生境,其物种之间的共存机制吸引了众多生态学家研究兴趣(Nakashizuka, 2001)。所谓种间关联是指不同物种之间同时出现在特定调查范围内的概率(Greig-Smith, 1964)。调查样方的大小对种间关联的结果影响很大,原本毫不相关的两个物种,会随着调查尺度的增加出现可能的相关格局(Bates, 1981)。研究物种间的种间关联程度可用于解释环境变量,且由于不大会受到采样方法误差的影响,这样的方法比运用单个物种来指示环境更为可靠(Legendre, 2005)。Hale (1955) 根据对 21 种优势附生苔藓和附生地衣两两物种间关联的研究,发现附生苔藓与附生地衣的种间关联情况随不同的宿主树而有所不同。苔藓植物因其庞大的物种数量(Schofield, 1985)和广泛生境适应能力(Kruys 和 Jonsson, 1999),常常成为各种生长基质上的先锋拓荒种。由于苔藓植物对生长基质的要求并不高,林冠树干、林下木质残体(coarse woody debris, 包括不同腐解程度的倒木)、林地和岩石表面均能发现所对应的苔藓植物,但不同的生长基质上的苔藓植物却在物种组成上不尽相同(Humphrey 等, 2002)。作为山地森林生态系统的重要成分之一,苔藓植物对其养分、水分循环和物种多样性的维系均发挥着重要的作用。针对不同生长基质上的苔藓植物展开调查和分析,对深入研究山地森林生态系统苔藓植物物种多样性维持机制至关重要。

依据 Bates (1998) 的定义,苔藓植物的生活型不仅涵盖苔藓植物生长点的位置和分枝类型等形态特征,而且还包括植株对生境的拓展策略等生态信息。相同类别生活型的苔藓植物具有相似的生态习性(Bates, 1998)和竞争策略(Mälson 和 Rydin, 2009)。面对种类繁多、个体细小的苔藓植物,对生活型的划分可使对环境要求相似的物种合并为一类,减少在物种鉴定上的干扰,得到易于归纳的分布格局。

位于云南省中南部海拔 2 200 ~ 2 600 m 的哀牢山徐家坝地区,分布有大面积连片的原生常绿阔叶林,由于该类森林植被既具有我国常绿阔叶林的共同特征,又带有云南中山山地高海拔的地

方性特征,而且该区全年气候温凉、潮湿,降雨量充沛,故称为“中山湿性常绿阔叶林”或“温带雨林”(金振洲, 1983)。林内林冠附生苔藓、蕨类植物发达,木质残体、林地及岩石等不同基质上也具有丰富的苔藓植物(张晋昆, 1985),是研究森林不同生长基质上苔藓植物分布及其相互关系的良好场所。本文以哀牢山徐家坝山地湿性常绿阔叶林为对象,通过对分布于木质残体、岩石、林地和林冠的苔藓植物的调查研究,并借助 Kendall 一致性指数(Kendall's coefficient of concordance)的计算,从定量的角度研究不同生长基质上苔藓植物的分布与种间关系,从而为深入研究山地湿性常绿阔叶林苔藓植物多样性格局的形成及其维系机制提供科学依据。

1 研究方法

1.1 研究地概况

研究地点位于云南省景东县太忠乡哀牢山徐家坝的中山湿性常绿阔叶林,海拔 2 200 ~ 2 600 m。林内代表性优势树种为木果柯(*Lithocarpus xylocarpus*)、变色椎(*Castanopsis rufescens*)、硬壳柯(*Lithocarpus hancei*)、南洋木荷(*Schima noronhai*)、红花木莲(*Manglietia insignis*)及绿叶润楠(*Machilus viridis*)等,林冠高度约为 18 ~ 25 m,其群落盖度在 95% 以上。灌木层主要以华西箭竹(*Sinarundinaria nitida*)为主。林内乔木宿主上生长着丰富的附生植物,包括地衣、苔藓、蕨类和种子植物,其巨大的生物量构成湿性常绿阔叶林的独特景观(游承侠, 1983)。

1.2 调查方法

以哀牢山徐家坝地区为中心,分别于 2005 年 4 月、8 月,2007 年 5 月,2008 年 8 月先后 4 次在“三棵树”、“簸箕坝”、“小新厂”、“老周山神”等 4 处湿性常绿阔叶林设定调查样地,开展对苔藓植物的群落学调查和标本采集。在所确定的样地内,首先调查其树干(从地面向上 0 ~ 2 m 范围内)上分布着丰富附生苔藓植物的乔木宿主(Host trunk) 20 ~ 30 株,然后以所选定的宿主树为中心,确定 5 m 半径范围内生长着苔藓植物的木质残体、岩石和林地的分布情况。采用面积为 20 cm × 20 cm (或 10 cm × 40 cm) 由 100 个小方格组成的自制金属丝框作为调查工具,以金属丝框覆盖于各类生长基质上的区域作为调查样方(sampling quadrat)。通过对每一种苔藓植物在金属丝框内所占据方格数量的读取,获得其盖度数据。在每株宿主上,借助金属丝框所界定的调查样方分别调查 0 ~ 0.5 m 和 1.0 ~ 2.0 m 这两个位置的苔

藓植物用以代表该株宿主, 以相同数量的调查样方记录与每株宿主所一一对应的其他各类生长基质上的苔藓植物分布。总共记录到有效的调查样方 588 个, 其中林冠 166 个, 木质残体 164 个, 林地 144 个和岩石 114 个。由于大部分苔藓植物在野外很难直接鉴定到种, 因此只能在调查时记录其盖度数据和调查样方号, 并收集整个样方单元的苔藓植物于室内完成标本的细分和鉴定。

1.3 苔藓植物生活型的划分

依据 Bates (1998) 对苔藓植物生活型的定义, 结合参考张晋昆 (1985) 针对哀牢山苔藓植物生活型的划分, 我们将哀牢山徐家坝地区的的附生苔藓植物按照以下标准进行了划分。

垫状型 (Cushion): 主茎或多或少直立, 分枝从基部向上呈辐射状; 树型 (Dendroid): 主茎横走或直立, 分枝呈树状展开; 扇型 (Fan): 植株生长于垂直的生长基质上, 其分枝和拟叶分布在同一个平面上; 悬垂型 (Pendant): 分枝从某固着点悬垂向下生长; 粗平铺型 (Rough mat): 主茎沿基质横生, 并伴有多数半直立分生枝条; 细平铺型 (Smooth mat): 主茎沿基质横生, 分枝紧密贴生于生长基质; 丛集型 (Turf): 主茎直立, 呈平行聚集生长, 分枝少, 常占据大面积区域; 交织型 (Weft): 主茎与分枝呈疏松交织。

1.4 数据分析方法

1.4.1 相对优势度 鉴于苔藓植物自身的特殊分布格局, 如多个物种通常混杂生长在很小的区域内, 盖度和频度指标均发挥着重要的生态学意义 (Bates, 1981), 因此在量化苔藓植物的优势程度时有必要兼顾这两个指标。优势种的确定是依据相对优势度 (D_{rela}) 的计算得到的, 具体方法如下:

$$D_{rela-i} = (C_{average-i} \times F) / \sum \cdot D_{rela}$$

其中 D_{rela-i} 表示第 i 个物种的相对优势值, $C_{average}$ 为平均盖度, F 为该物种出现的频度。

1.4.2 多样性指数 Shannon-Weiner 多样性指数 (H') 被用于量度不同生长基质上苔藓植物的物种多样性。

$$H' = - \sum P_i \cdot \text{Log}_2 P_i \quad (\text{Krebs, 1999})$$

其中 P_i 为第 i 种的个体数占总个体数的比例。

1.4.3 相似性系数 为了比较不同生长基质苔藓植物种类组成的相似性, 我们采用 Sørensen 相似性系数 (IS_s) 分别计算了两种生长基质上苔藓植物的相似性程度, 其具体的计算方法如下:

$$IS_s = 2 \cdot [C / (A + B)]$$

其中 IS_s 是 Sørensen 相似性指数 (Krebs, 1999); A 为甲群落中所有的物种数; B 为乙群落中所所有的物种数; C 为甲乙两个群落中所共有的物种数量。

1.4.4 聚类分析 参考 Legendre (2005) 的方法, 运用 Kendall 一致性系数 (Kendall's coefficient of concordance, W) 对群落原始数据的计算和分析, 结合聚类分析的方法可用于寻找被调查样方中呈聚集分布的物种组合。

$$W = \frac{12S}{p^2(n^3 - n) - pT} \quad (\text{Legendre, 2005})$$

其中 S 为某物种在所有样方中分布秩和的函数, 表示该物种在所有样方中分布的均匀程度, T 为秩和校正系数, p 为物种数量, n 为样方数量, 所得计算结果 W 在数值上是对特定物种在所有样方中的秩和变异相对最大可能秩和变异的估计, 用以反映物种分布的一致性程度。

本研究中, 物种多样性指数、Kendall 一致性指数和聚类分析 (Cluster analysis) 均通过 R 运算平台 (R Development Core Team, 2009) 下的 vegan 软件包 (Oksanen 等, 2010) 完成。苔藓植物群落数据的标准化由 labdsv 软件包完成 (Roberts, 2010)。

2 结果与分析

2.1 不同生长基质苔藓植物物种组成与多样性

根据野外调查结果, 在所调查的四类不同生长基质上, 共记录了苔藓植物 141 种, 分属 38 科 69 属, 其中的优势科为蔓藓科 (Meteoriaceae) (14 种), 曲尾藓科 (Dicranaceae) (13 种) 和光萼苔科 (Porellaceae) (10 种)。南木藓 (*Macrothamnium macrocarpum*) 是本区分布最多的种类, 在木质残体、林地和岩石均具有较高的盖度和频度。林地和岩石上的苔藓植物群落呈现出为少数几个物种所主导的格局: 东亚小金发藓 (*Pogonatum inflexum*) 和南木藓在林地上占据该生长基质的相对优势度之和为 54.50%, 而岩石表面的南木藓和侧枝匍灯藓 (*Plagiomnium maximoviczii*) 的该值则达到 67.34% (表 1)。

林冠树干是苔藓植物最为丰富的生长基质 (94 种), 在其余 3 种生长基质上, 苔藓植物的物种丰富度和多样性指数值的大小顺序为: 木质残体 > 岩石 > 林地的递减趋势 (表 2)。四类生长基质的 Kendall 一致性指数 (W 值) 都处于较低的水平, 相比较而言, 岩石上的苔藓植物的 W 值最高, 而木质残体上最低。

2.2 不同生长基质上苔藓植物的相似性

在不同生长基质上出现了一部分共有的苔藓植物, 以每两类生长基质进行比较, 其共有种数量 13 ~ 54 种, 其中林冠树干与林下木质物残体

上苔藓植物的共有种数量最多，达 54 种，林地与岩石表面苔藓植物的共有种最少，仅有 13 种。不同生长基质苔藓植物相似性系数与各生长基质间共有种的数量变化趋势相同。在 4 个生长基质中，林冠树干与木质残体之间的相似性系数最高，达 0.61，这可能与某些苔藓植物在宿主树死亡、枯倒之后能在木质残体上继续生存有关。林冠与岩石表面苔藓植物相似性系数最低，仅为 0.34（表 3）。

表 1 不同生长基质上相对优势度大于 3% 的苔藓植物
Table 1 Checklist of bryophytes species on different substrates (with relative dominance >3%)

生长基质 Substrate	物种 Species name	相对优势度 Relative dominance /%	生长基质 Substrate	物种 Species name	相对优势度 Relative dominance /%
木质残体 CWD	南木藓 <i>Macrothamnium macrocarpum</i>	28.776	林冠 Canopy	树形羽苔 <i>Plagiochila arbuscula</i>	19.460
	延叶羽苔 <i>Plagiochila semidecurrens</i>	13.784		树平藓 <i>Homaliodendron flabellatum</i>	16.068
	大羽藓 <i>Thuidium cymbifolium</i>	13.517		阿萨羽苔 <i>Plagiochila assamica</i>	8.382
	卵叶羽苔 <i>Plagiochila pseudorenitens</i>	9.584		多褶苔 <i>Spruceanthus semirepandus</i>	5.417
	侧枝匍灯藓 <i>Plagiomnium maximoviczii</i>	7.844		黄松萝藓 <i>Papillaria fuscescens</i>	5.178
	弯叶刺枝藓 <i>Wijkia deflexifolia</i>	7.581		大耳羽苔 <i>Plagiochila subtropica</i>	4.815
	卷叶鞭苔 <i>Bazzania yashinagana</i>	4.659		大羽藓 <i>Thuidium cymbifolium</i>	4.657
	树平藓 <i>Homaliodendron flabellatum</i>	4.149		平滑小壶藓 <i>Tayloria subglabra</i>	4.216
林地 Forest floor	东亚小金发藓 <i>Pogonatum inflexum</i>	42.525	岩石 Rock	皱萼苔 <i>Ptychanthus striatus</i>	3.237
	南木藓 <i>Macrothamnium macrocarpum</i>	11.878		南木藓 <i>Macrothamnium macrocarpum</i>	43.448
	大羽藓 <i>Thuidium cymbifolium</i>	9.971		侧枝匍灯藓 <i>Plagiomnium maximoviczii</i>	23.895
	薄壁仙鹤藓 <i>Atrichum subseriatum</i>	9.828		东亚小金发藓 <i>Pogonatum inflexum</i>	10.219
	弯叶刺枝藓 <i>Wijkia deflexifolia</i>	8.965		大羽藓 <i>Thuidium cymbifolium</i>	9.558
	暖地泥炭藓 <i>Sphagnum junghuhnianum</i>	5.603		短肋羽藓 <i>Thuidium kanedae</i>	4.385

表 2 不同生长基质上苔藓植物物种多样性与 Kendall 指数
Table 2 Species diversity and Kendall indices of bryophytes on different substrates

项目 Items	木质残体 CWD	林地 Forest floor	林冠树干 Canopy	岩石 Rock
调查单元数 Sampling quadrats	164	144	166	114
物种丰富度 Species richness(S)	84	29	94	42
香浓多样性指数(H') Shannon's diversity Index	3.331	2.635	3.957	2.748
Kendall 一致性指数(W) Kendall's concordance coefficient	0.0179	0.0357	0.0212	0.0475

表 3 不同生长基质之间的共有物种和 Sørensen 相似性系数
Table 3 Number of species shared and Sørensen similarity coefficients among different substrates

	木质残体 CWD	林地 Forest floor	林冠 Canopy	岩石 Rock
木质残体 CWD	—	14	54	27
林地 Forest floor	0.250	—	16	13
林冠 Canopy	0.610	0.260	—	23
岩石 Rock	0.432	0.366	0.338	—

表中对角线上部为两类生长基质共有种数，下部为两类生长基质物种相似性系数
Values above the diagonal line in the table are the number of co-occurring species, while the values below the diagonal line are the coefficient of similarity between two substrates

Copyright © 2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2.3 不同生长基质上苔藓植物共有种的生活型组成

根据调查结果,表明林地木质残体上具有较高的苔藓物种丰富度,涵盖了 8 种苔藓植物生活型,而林地表面仅记录 4 种生活型。交织型、粗平铺型和扇型三类生活型在所有的生长基质上均有分布。总体来看,木质残体对各种类型的附生苔藓植物可能都存在较大的贡献作用,而岩石表面扇型和交织型两类附生苔藓较多,林地表面具有较多的交织型和粗平铺型的苔藓植物。

2.4 不同生长基质上苔藓植物的种间关联

为了强调优势物种之间相关联的情况,在进行基于 Kendall 一致性指数所进行的聚类分析时,排除了在各类生长基质上所有调查样方中出现频率小于 10% 的物种。分析结果如图 1 所示。聚类分析将“正相关”的物种聚合在一起(即相邻近的物种比间隔较远的物种更“容易”同时出现在某一个特定点调查样方内),在图上纵坐标的结合水平值上以 1.0 为界限,可将苔藓植物划分为若干个组别。由于木质残体和林冠分布的苔藓植物种类较多,其中所划分出的组别较岩石和林地更多。各生长基质上优势物种之间的关联程度明显不同,如具有较高物种丰富度的木质残体和林冠,优势种彼此之间相关联的程度很小,而在林地和岩石表面,优势种之间的正相关程度要大很多。

3 讨论

本研究结果表明,一些苔藓植物种类对不同的生长基质具有较强的适应能力。在所调查的四类生长基质上,均出现了南木藓、侧枝匐灯藓、大羽藓、皱萼苔、尖叶拟蕨藓(*Pterobryopsis acuminata*)、光泽棉藓(*Plagiothecium laetum*)、树平藓、三裂鞭苔(*Bazzania tridens*)和波叶金枝藓(*Trismegistia undulata*)等 9 种;同时出现于 3 类基质上的物种共有 27 种,达所调查物种总数的 19.1%,其中包括一些优势物种。但是由于不同生长基质的物理特性的不同,它们各自在为苔藓植物提供生长基质条件方面却存在较大的差异,如林下木质残体和林地具有较强的保水能力,林冠层则具备较好的光照条件,岩石生境的稳定性较强。因此,在不同生长基质生长分布

的苔藓植物群落在物种组成、数量上产生分异,即生态位的分化。

不同生长基质条件的差异,对于苔藓植物而言并不存在“孰优孰劣”的差别,因为由于竞争、共生等方面的原因,不可能存在生态位完全重叠的两个物种(Pianka, 1974)。随着湿度条件的改善,苔藓植物会降低对生长基质的专一要求(David 等, 2009),即水分条件的改善有助于原本对某一特定生长基质具有严格要求的苔藓植物向多种生长基质拓展生境。位于哀牢山西坡的徐家坝地区降雨充沛,空气湿度大,使得这一限制苔藓植物生长和分布的主要因素在分析和解释苔藓植物的分布格局时变得不再重要(Ma 等, 2009)。事实上,除了生长基质本身物理性质的差异之外,造成不同生长基质之间物种组成和数量上差异的另一个原因可能源于其种间关系的变化。从聚类关系的分析结果不难发现:具有较高物种多样性的生长基质,例如林内木质残体,其中优势物种相互之间并没有太多的正相关关系,即延叶羽苔、卵叶羽苔、南木藓和大羽藓很少共存于某一个特定的调查单元内,这表明具有较强生境拓展能力的物种之间存在很强的竞争关系。其次,即便一些苔藓植物在木质残体上占据着相对较为优势的地位,但这种优势并不象林地和岩石表面的种类(如南木藓、东亚小金发藓、侧枝匐灯藓等)那么明显。对于苔藓植物来说,群落水平上优势度的增加往往伴随着其物种多样性的降低(Hoffman, 1971)。林地和岩石表面两类生长基质,不仅同时出现了以少数几个物种主导的格局,而且在这几个主导整个苔藓植物群落分布格局的物种之间还存在一定的“依存”关系。以林地为例,东亚小金发藓、南木藓同时出现的概率比其他物种都高。根据 Malson 和 Rydin (2009)的研究推断,个体呈紧密聚集生长苔藓植物物种可有效地削弱其他物种的竞争影响。由此可知,当两个具有较强竞争力的物种(即优势种)同时出现在一个较小的调查样方内时,势必导致其他苔藓植物的繁殖体很难在这样的竞争环境中获得萌发和生长的机会。

木质残体的存在对山地森林林冠附生苔藓植物组成与物种多样性具有重要的意义。原生森林植被的一个主要特征就是林内存在大量的木质物

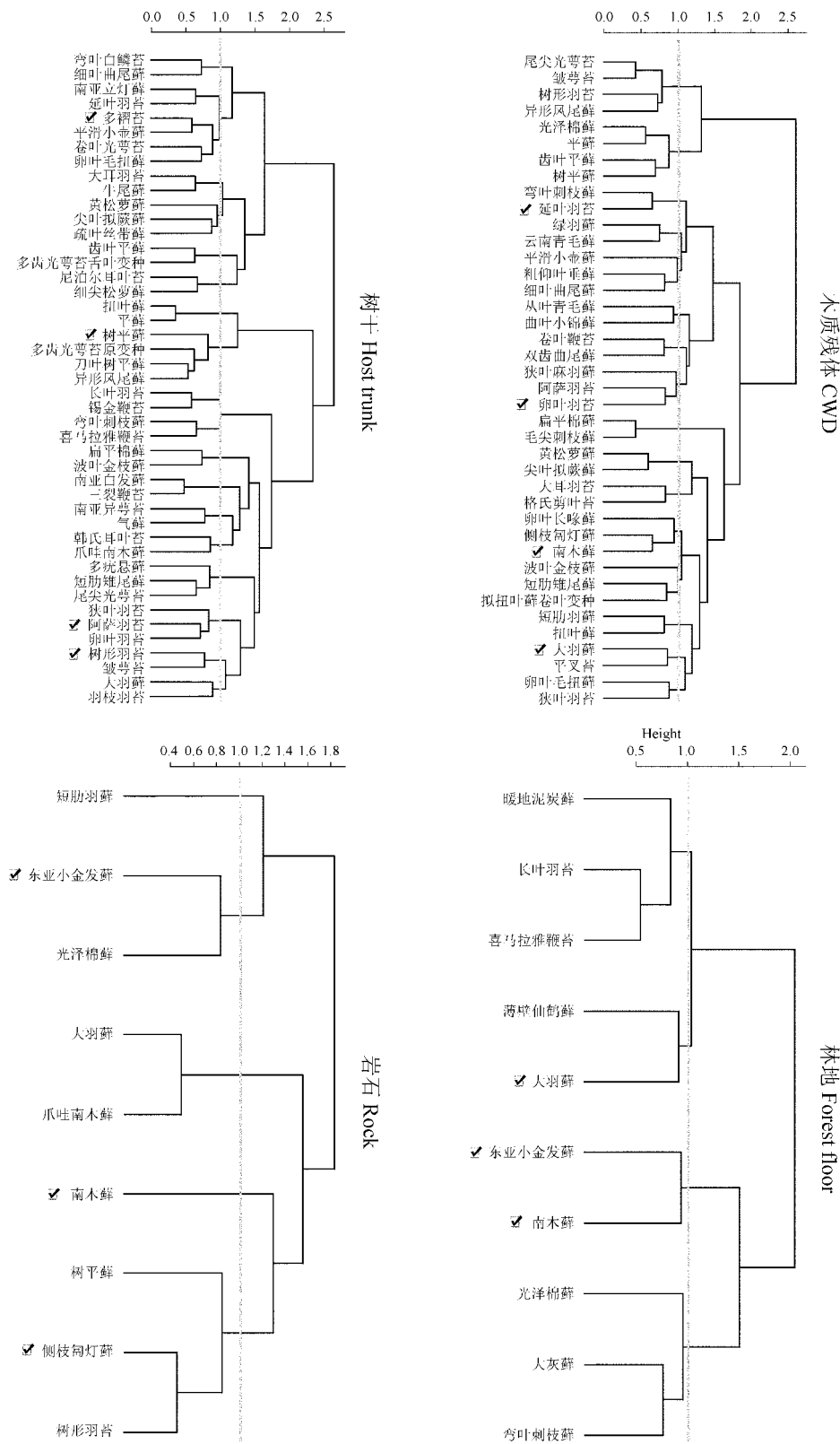


图 1 不同生长基质上苔藓植物种间关联的聚类分析图 (种下打勾的物种为相对优势度居前的物种)

残体 (Peterken, 1996), 其中包括分解程度较高的腐木, 是区别次生植被的一项关键指标 (Ódor 和 van Hees, 2004)。林内腐木的大量存在为苔藓植物提供了重要的栖息地。在澳大利亚的湿性桉树原生林中, 作为一个关键的森林群落结构特征, 木质残体发挥着物种避难所的作用 (Lindenmayer, 2002), 其大量分布可使所谓的“原生林指示种”依旧分布在年龄较小的次生林中 (Turner 和 Pharo, 2005)。不同森林之间腐倒木在数量上的差异是决定苔藓植物组成分布的主要因素 (Söderström, 1988)。在罗马尼亚的 Ariesului mic 盆地中, 发现有 106 种苔藓主要分布在腐木上 (Goia 和 Schumacher, 2000)。本研究结果也表明, 在以腐木为主的木质残体上收集到 94 种苔藓植物。另一方面, 相对于木质物残体和林冠而言, 林地和岩石表面无疑是存在时间最长的基质类型, 不仅受光照条件、基质质地、空间位置等因素的限制, 而且长时间的演替使得竞争力弱的物种逐渐淘汰消失; 而木质残体和林冠, 虽然其作为苔藓植物生长基质的时间较短, 但相对较好的生长基质为苔藓植物生长提供了良好的条件, 出现多个物种激烈竞争的局面, 一些具有较强竞争力的优势物种, 如树干上的优势附生苔藓植物种类树形羽苔 (*Plagiochila arbuscula*)、阿萨羽苔 (*Plagiochila assamica*)、树平藓和多褶苔 (*Spruceanthus semirepandus*), 更多地呈现为分散或随机分布的格局。

从本文的研究结果可以初步判断, 在群落水平上, 木质残体和树干上高物种多样性的维持机制一方面来自于群落演替初期的竞争动态, 另一方面则可能与其中优势物种与其他非优势物种之间的广泛共存有关。而优势物种之间所形成的彼此共存的格局可能阻碍了其他苔藓植物的繁殖体传播和种群建群, 是导致林地和岩石表面苔藓植物物种丰富度较低的一个潜在原因。建议在今后的研究中, 从一个连续的时间尺度上解读不同生长基质上各优势物种之间种间关系的变化, 揭示苔藓植物群落内部演替与物种共存之间的关系, 进而阐明苔藓植物群落局部范围内高多样性的维持机制。

(参 考 文 献)

- 金振洲, 1983. 论哀牢山徐家坝地区常绿阔叶林的特征和性质 [A]. 见: 吴征镒主编. 云南哀牢山森林生态系统研究 [M]. 昆明: 云南科技出版社
- 张晋昆, 1985. 云南哀牢山徐家坝地区湿性常绿阔叶林苔藓植物的初步研究 [J]. 昆明: 云南大学硕士论文
- 游承侠, 1983. 哀牢山徐家坝地区的植被分类 [A]. 见: 吴征镒主编. 云南哀牢山森林生态系统研究 [M]. 昆明: 云南科技出版社
- Bates JW, 1981. Quantitative approaches in bryophyte ecology [A]. In: Smith AJE ed. *Bryophyte Ecology* [M]. London: Chapman and Hall Ltd, 1—44
- Bates JW, 1998. Is “life-form” a useful concept in bryophyte ecology? [J]. *Oikos*, **82**: 223—237
- Davis YPT, Patrick JD, Gregory JJ, 2009. Does moisture affect the partitioning of bryophytes between terrestrial and epiphytic substrates within cool temperate rain forests? [J]. *The Bryologist*, **112**: 506—519
- Goia I, Schumacher R, 2000. Researches on the bryophytes from rotten wood in the Ariesului mic basin [J]. *Contributii Botanice*, **1**: 91—99
- Grime-Smith P, 1964. *Quantitative Plant Ecology*, 2nd edition [M]. Butterworth, London
- Hale ME, 1955. Phytosociology of corticolous cryptogams in the upland forest of southern Wisconsin [J]. *Ecology*, **36**: 45—63
- Hoffman GR, 1971. An ecological study of epiphytic bryophytes and lichens on *Pseudotsuga menziesii* on the Olympic Peninsula, Washington. I. A description of the vegetation [J]. *Bryologist*, **74**: 413—427
- Humphrey JW, Davey S, Peace AJ *et al.*, 2002. Lichens and bryophyte communities of planted and semi-natural forests in Britain: the influence of site type, stand structure and dead wood [J]. *Biological Conservation*, **170**: 165—180
- Krebs CJ, 1999. *Ecological Methodology* [M]. Menlo Park: Addison-Wesley Educational Publishers
- Kruys N, Jonsson BG, 1999. Fine woody debris is important for species richness on logs in managed boreal spruce forests for northern Sweden [J]. *Canadian Journal of Forest Research*, **29**: 1295—1299
- Legendre P, 2005. Species associations: the Kendall coefficient of concordance revisited [J]. *Journal of Agricultural Biological and Environmental Statistics*, **10**: 226—245
- Lindenmayer DB, 2002. The ecological roles of logs in Australian forests and the potential impacts of harvesting intensification on log-using biota [J]. *Pacific Conservation Biology*, **8**: 121—140
- Mälson K, Rydin H, 2009. Competitive hierarchy, but no competitive exclusions in experiments with rich fen bryophytes [J]. *Journal of Bryology*, **31**: 41—45

Ma WZ, Liu WY, Li XJ, 2009. Species composition and life-forms of epiphytic bryophytes in old-growth and secondary forests in Mt. Ailao, SW China [J]. *Cryptogamie Bryologie*, **30**: 477—500

Nakashizuka T, 2001. Species coexistence in temperate, mixed deciduous forests [J]. *Trends in Ecology and Evolution*, **16**: 205—210

Ódor P, van Hees AFH, 2004. Preferences of dead wood inhabiting bryophytes for decay stage, log size and habitat types in Hungarian beech forests [J]. *Journal of Bryology*, **26**: 79—95

Oksanen J, Blanchet FG, Kindt R *et al.*, 2010. *vegan*: Community Ecology Package. R package version 1.17-2 [OL]. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>

Peterken GF, 1996. *Natural Woodland: Ecology and Conservation in Northern Temperate Regions* [M]. London: Cambridge University Press

Pianka ER, 1974. Niche overlap and diffuse competition [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **71**: 2141—2145

R Development Core Team, 2009. R: A language and environment for statistical computing. The R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria [OL]. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>

Roberts DW, 2010. *labdsv*: Ordination and multivariate analysis for ecology. R package version 1.4-1 [OL]. <http://CRAN.R-project.org/package=labdsv>

Schofield WB, 1985. *Introduction to Bryology* [M]. New York: Macmillan Press

Söderström L, 1988. The occurrence of epixylic bryophyte and lichen species in an old natural and a managed forest stand in northeast Sweden [J]. *Biological Conservation*, **45**: 169—178

Turner PAM, Pharo EJ, 2005. Influence of substrate type and forest age on bryophyte species distribution in tasmanian mixed forest [J]. *The Bryologist*, **108**: 67—85



欢迎订阅 《遗传学报》 和 《遗传》 杂志

《遗传学报》(JGQ)、《遗传》杂志是中国遗传学会和中国科学院遗传与发育生物学研究所主办、科学出版社出版的学术期刊，中国精品科技期刊，已被美国化学文摘(CA)、生物学数据库(BIOSIS)、生物学文摘(BA)、医学索引(Medical Index)、俄罗斯文摘杂志(AJ)以及NCBI、CABI等20多种国内外重要检索系统与数据库收录。刊登内容涉及遗传学、发育生物学、基因组学、细胞生物学以及分子进化等。读者对象为基础医学、农林牧渔、生命科学领域的科研与教学人员、研发人员、研究生、大学生、中学生物学教师等。

2005年，《遗传学报》获得第三届国家期刊奖提名奖，2006—2011年，连续获得中国科协精品科技期刊工程项目(B类)资助。2010年度《遗传学报》的JCR影响因子为1.494。

《遗传学报》(ISSN 1673-8527, CN11-5450/R)为月刊，全年12期，国内邮发代号2-819，国外发行代号：M63。2012年定价50元，全年600元。<http://www.jgenetgenomics.org>

《遗传》(ISSN 0253-9772, CN11-1913/R)为月刊，全年12期。国内邮发代号2-810，国外发行代号：M62。2012年定价50元，全年600元。<http://www.Chinagene.cn>

欢迎订阅，欢迎网上注册投稿，欢迎刊登广告

联系地址：北京市朝阳区北辰西路1号院：中国科学院遗传与发育生物学研究所
邮政编码：100101；电话：010-64807669；传真：010-64807786
主 编：薛勇彪 E-mail: ybxue@genetics.ac.cn
主 任：李绍武 E-mail: swli@genetics.ac.cn