

云南石林喀斯特地区半湿润常绿阔叶林附生植物的初步研究

徐海清^{1,2}, 刘文^{1,3*}, 沈有信¹, 刘伦辉¹, 李玉辉⁴

(1. 中国科学院 西双版纳热带植物园 昆明分部, 云南 昆明 650223; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039;

3. 澳大利亚科廷理工大学, GPO Box U1987 Perth, WA 6845; 4. 云南师范大学 地理与旅游学院, 云南 昆明 650092)

摘要: 对云南石林喀斯特山地原生植被——半湿润常绿阔叶林中附生植物的组成、生物量以及附生植物持水量等进行研究, 结果表明: 该区森林林木附生植物种类相对较少, 只有 8 科 9 种附生维管束植物和 5 种苔藓植物, 而林内岩石表面则有石附生维管束植物 16 科 17 种, 苔藓植物 3 种, 两种不同生境附生植物的相似性系数为 0.5。相同取样面积(400 cm²)条件下, 岩石表面附生植物平均生物量(11.7 g)比林木表面(4.9 g)的高。附生植物一次持水量为自身干重的 5.5~9.7 倍。

关键词: 喀斯特山地; 附生植物; 半湿润常绿阔叶林; 云南

中图分类号: Q948.15 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2006)01-0043-06

A preliminary study of epiphytes in semi-humid evergreen broad leaved forest in Stone forest Karst Region, Yunnan Province

XU Hai-qing^{1,2}, LIU Wen-yao^{1,3*}, SHEN You-xin¹,
LIU Lun-hui¹, LI Yu-hui⁴

(1. Kunming Division, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China; 2. Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China; 3. Curtin University of Technology, GPO Box U1987 Perth, WA 6845, Australia; 4. School of Geography and Tourism, Yunnan Normal University, Kunming 650092, China)

Abstract: In this paper, we studied the composition and biomass of epiphytes on trees and stone surface in semi-humid evergreen broad-leaved forest at Karst mountain area, Shilin, Yunnan Province. Results showed there were more amounts of epiphytic plant species and biomass on stone surface than those on trees in the forest. 17 epiphytic species were found on the stone surface, while only 9 species in the trees. The epiphytes biomass in the same sampling area of 400 cm² on the former and the latter was 11.7 g and 4.9 g, respectively. The water holding of epiphytes in the forest was high, reaching 5.5 to 9.7 times of its dry material.

Key words: Karst mountain area; epiphytes; semi-humid evergreen broad-leaved forest; Yunnan

作为热带、亚热带山地湿性森林中重要景观特征的附生植物, 自十九世纪以来就吸引了人们的注

意。1888 年 Schimper 对新热带附生植物区系的研究标志着附生植物研究的开始(Barthlott 等,

收稿日期: 2004-04-19 修回日期: 2005-04-24

基金项目: 中国科学院“百人计划”项目(BRJH2002098); 云南省基金重点项目(2002C004Z); 国家自然科学基金(30470305)资助 [Supported by the Fund for Top One Hundred Young Scientists, CAS(BRJH2002098); Key Project of the Natural Science Foundation of Yunnan Province(2002C004Z); National Natural Science Foundation of China(30470305)]。

作者简介: 徐海清(1978), 男, 云南大理人, 硕士研究生, 主要从事恢复生态学的研究。

* 通讯作者(Author for correspondence), E-mail: <liuwy@xtbg.ac.cn>.

2001)。而其后的近百年中,比较有影响的研究有: Johansson(1974)对西非热带雨林附生维管束植物的研究结果显示,雨林中附生植物有较丰富的多样性;Nadkarni(1984)对哥斯达黎加湿性森林中附生植物生物量的研究,亦发现附生植物有较大的生物量。二十世纪90年代以后,国际上附生植物研究发展较快,Kell等(1994)报道在委内瑞拉安第斯山地湿性森林中附生植物可占当地植物种数的50%, Barthlott等(2001)指出附生植物及其枯死物为生活于林冠的鸟类、昆虫、爬行类等提供食物及歇息处,而Nadkarni等(2004)调查哥斯达黎加潮湿的山地常绿阔叶林后发现,林冠上附生植物生物量高达 33.1 t/hm^2 。2004年出版的“*Forest Canopies, 2nd Edition*”(Lowman等,2004)是对国际上附生植物研究的全面总结,作者指出附生植物在森林生态系统多样性保护、生态系统功能维护等方面有重要作用,该书的出版发行标志着人们对附生植物的认识进入新境界。

目前,附生植物研究在国际上方兴未艾,近70个地区进行着长期的附生植物研究(Lowman, 2001),总体上看,热带、亚热带山地湿性常绿阔叶林中的附生植物研究占多数(Barthlott等,2001; Ingram等,1993; Hietz, 1997),只有少部分研究在干燥的山地环境上进行(Gardar & Suárez等,2003)。在我国有关附生植物研究目前还不多。刘文耀等人对云南哀牢山中山湿性阔叶林中附生植物生态学效应进行研究(Liu等,2000,2002)。一些学者对长白山附生苔藓的多样性与环境关系进行了研究(曹同等,2000;郭水良等,2000)。结果均表明,附生植物不仅是森林生态系统的重要组成部分,而且在生态系统水分和养分循环过程中起着不可忽视的作用。

喀斯特森林在中国有较大的分布面积,由于此类山地森林特殊的环境条件,不仅树木上附生着各种植物,而且林下岩石表面也有附生植物生长,然而,有关岩溶山地森林中附生植物种多样性组成、生物量分布等方面的研究尚未见到报道(张朝辉等,1997)。作者对滇中石林地区喀斯特山地森林中附生植物的组成、分布与生物量及其持水量进行了调查研究,以期为本地区山地森林的保护与经营管理提供科学依据。

1 研究样地概况

研究地位于喀斯特分布集中区的云南省石林县

($103^{\circ}11' \sim 103^{\circ}30' \text{ E}$, $24^{\circ}40' \sim 24^{\circ}55' \text{ N}$)境内,距昆明84 km。根据当地气象记录,该地年均气温 15.6°C ,最高月均气温 25.3°C ,最低月均气温 8.2°C ,无霜期254 d,年均降雨量962.5 mm,集中于5~10月份降落,占年降雨量的85.5%,气候特点是冬温夏凉而偏暖,干湿季分明而偏干(李连鉴,2003)。

样地选择于石林县西南部森林植被保存较完好的蓑衣山上,为当地彝族村民“密枝林”山(即“神山”或“龙山”),海拔1800~1900 m,原生植被类型为半湿润常绿阔叶林,林木层植物主要以滇青冈(*Cyclobalanopsis glaucoides*)、黄毛青冈(*C. delavayi*)、云南鹅耳枥(*Carpinus mobeigiana*)、大果冬青(*Ilex macrocarpa*)、合欢(*Albizia julibrissin*)、清香木(*Pistacia weinmannifolia*)、黄连木(*P. chinensis*)、云南木樨榄(*Olea yunnanensis*)等为主,树高10~15 m,乔木层盖度70%左右,灌木层主要以针齿铁子(*Myrsine semiserrata*)、小铁子(*M. africana*)、叶上花(*Helwingia himalacia*)等为主,盖度为60%,草本层以细长叶苔草(*Carex* sp.)、钩状冷水花(*Pilea hamaoi*)、竹叶草(*Oplismenus compositus*)等为主,盖度为80%左右。地表岩石较多,土石比为4:6。

2 研究材料与方法

2.1 林木附生植物调查

2003年8月,在蓑衣山的西南坡向,沿坡面设立 $100\text{ m} \times 100\text{ m}$ (1 hm^2)样地,并将其细分成100个 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ 的小样方,然后随机选择10个作为调查样方。每个小样方内胸径 $\geq 3\text{ cm}$ 的所有乔木,分种测量胸径,调查记录每一林木植株上附生维管束植物的种类及其个体数。同时在每个样方内,选择有附生植物生长的乔木三株,应用网格法(郭水良等,2000)测定附生苔藓种类、频率和生物量,即在每株树干离地约1.3 m处,用细铁丝网(网格孔径为 $2\text{ cm} \times 2\text{ cm}$)固定一块面积为 $20\text{ cm} \times 20\text{ cm}$ 的小样方框,分别调查出现的苔藓种数,及各种苔藓在网格线交叉处出现的次数,以此推算不同种苔藓的出现频率。然后,收集小样方中所有附生植物,带回实验室称重分析。

2.2 岩石表面附生植物调查

按照国外学者的观点(Jenik, 1973; Luttge, 1989),森林附生植物包括地表以上所有物体表面附

生的植物及其分解残留物。因此,根据喀斯特山地的地貌特征,我们对林内岩石表面附生的高等植物种类及其生物量进行了测定。方法是:在每个研究样方内选择有代表性的三块岩石,并在每块岩石上设立 1 m×1 m 小样方,共计 30 个。记录样方内维管束附生植物的种类和个体数。同时在每个小样方中部,围一个 20 cm×20 cm 的小方框,记录出现的苔藓种数。各种苔藓的频率仍采用网格法测量。收集方框中所有的附生植物,带回实验室、烘干分析。对各附生植物标本进行鉴定。

2.3 实验室样品分析与数据处理

野外采集的附生物用电热干燥箱在 80 ℃下烘干至恒重,分别称出各附生植物样品中的维管束植物、苔藓、根系、有机物的干重。样地中附生植物的生物量为林木附生植物生物量与岩石表面附生植物生物量之和。然后将附生植物样品各成分混合,浸入水中 48 h 捞起后放在细铁纱上,至无水滴出为止,称重求出附生植物持水量。

用 Shannorr Wiener 指数衡量附生植物的多样性(郭水良等,2000),林木附生植物和岩石表面附生植物之间的相似性以 Sorensen 指数(Annaselvam 等,2001)测定;二者之间的生物量差异用配对 t 检测。

3 结果与分析

3.1 附生植物的组成与分布

本区半湿润常绿阔叶林 1 hm² 范围内随机选择的 10 个 10 m×10 m 研究样方中,记录到胸径 ≥3 cm 的乔木有 13 科 19 属 26 种 204 株。其中有附生植物生长的乔木 8 科 9 属 11 种 36 株,占研究样地中乔木种数的 42.3%、属的 60%、科的 61.5%、株数 17.6%(图 1)。

调查结果表明,本区域森林群落中,壳斗科树木是大多数附生植物的主要宿主,所调查样地的树木组成中,滇青冈 15 株,黄毛青冈 5 株,两者共占宿主植物总株数的 56%;花椒肋(*Zanthoxylum cuspidatum*) 3 株,清香木、合欢、大果冬青、云南鹅耳枥、拟鼠李(*Rhamnella martini*)等各 2 株,云南木樨榄和黄连木各 1 株。从宿主的种类组成上看,附生植物对宿主具有一定的选择性,并不是所有科的林木上都有附生植物,附生植物的宿主中,除大果冬青只有苔藓附生外,其它宿主植物树干和冠层上均有附生维管束植物生长。不同种类的附生维管束植物附

生于不同宿主植物上,壳斗科植物是最宜附生植物种群生存树种,出现了 88.9% 的附生维管束植物种类,而其它科宿主与附生植物的建立并没有必然的联系。

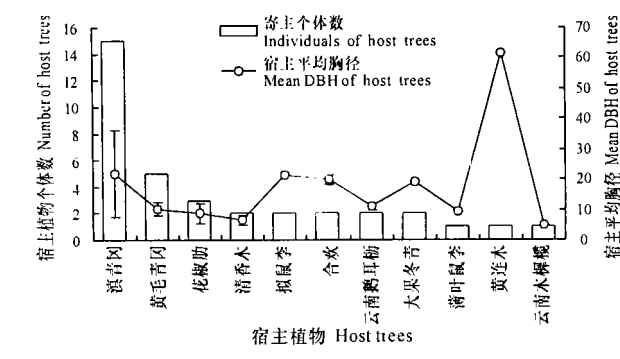


图 1 石林喀斯特山地森林中附生物宿主的个体数与平均胸径
Fig. 1 Number and mean DBH of host trees in forest at the Stone forest Karst Region

在调查样地的林木上收集到附生维管束植物共计 8 科 9 属 9 种 385 株(表 1),苔藓 4 科 5 属 5 种。树干上附生维管束植物以石韦为主,有 321 株,占附生维管束植物个体总数的 83.4%,并且石韦也是宿主植物上出现频率最高的维管束植物,占 86%,其它 7 种的附生维管束植物出现频率都很低,只有 19%。维管束附生植物的 Shannorr Wiener 指数为 1.0。此外,森林中也有相当数量的附生苔藓植物,其中大麻羽藓(*Claopodium assurgens*)是宿主上最常见的种类,盖度达 85.9%;其它种类有异鳞苔(*Tuzibeanthus chinensis*),盖度 0.6%;绒苔(*Trichocolea tomentella*)盖度 4.3%,大羽藓(*Thuidium cymbifolium*)盖度 5.7%,垂藓一种(*Chrysocladium* sp.)盖度 3.5%。苔藓的 Shannorr Wiener 指数为 0.3。

在喀斯特地区保护较好的常绿阔叶林中,林内荫湿的条件,使得岩石表面积也附生有较多的附生植物,成为喀斯特山地森林一种独特的生态景观。根据研究结果,在所调查的研究样地上,从林内岩石表面收集到附生维管束植物共计有 17 种 954 株,分属于 16 科 16 属(表 2)。其中石韦是附生维管束植物中株数最多的种类,有 402 株,其它物种个体数较多的有冷水花 126 株,红枝卷柏 104 株,石蝴蝶 80 株。从岩石表面各附生种类出现的频率来看,较高的有石韦(86.7%)、冷水花(66.7%)、石蝴蝶

(56.7%)、金星蕨(36.6%)等4种。综合植株个体数量及频度来看,石韦、石蝴蝶、冷水花是石林喀斯特森林中岩石表面代表性的附生维管束植物种类。其它种出现的频度都很低,个体数很少,维管束附生植物 Shannonr Wiener 指数的测算结果为 0.8。附生岩石表面的苔藓有 3 种,盖度较大的为大麻羽藓(50.1%)及长朔墙藓(*Tortula leptotheca*)(43.2%),绒苔的盖度仅(6.7%)。大麻羽藓是岩石表面出现频率最高的藓类,所调查的各个样方内均

有出现。苔藓的 Shannonr Wiener 指数为 0.4。用 Sorensen 系数对林木附生植物和岩石表面附生植物进行比较,相似性系数为 0.5。

3.2 附生植物及其枯死物的生物量及最大持水量
根据对林木和地表岩石附生植物生物量的测定结果,距离地表 1.3 m 处树干 400 cm² 样方内附生植物的生物量干重为 4.87±2.89 g(或 122.5±72.25 g/m²),其中,苔藓 2.7 g,占其生物量的 55.1%、其次为有机质 1.3 g,占 26.5%,附生维管

表 1 树干附生维管束植物个体数及宿主上出现频度
Table 1 The frequency and average numbers of vascular epiphytes in host canopies

宿主类型 Host trees	附生维管束植物种类 Species of vascular epiphytes	总株数(株) Total No.	平均株数(株/宿主) Average No.	频度(%) Frequency
滇青冈 <i>Cyclobalanopsis glaucoides</i>	石韦 <i>Pyrrisia lingua</i>	119	7.9±4.7	100
	贵州络石 <i>Cyclobalanopsis glaucoides</i>	22	1.5±1.8	53.0
	豆瓣绿 <i>Peperomia tetraphylla</i>	8	0.5±1.1	26.7
	冷水花 <i>Lecanthus pileoides</i>	4	0.3±1.0	6.7
	金星蕨 <i>Parathelypteris subimmersa</i>	3	0.2±0.7	6.7
	竹叶草 <i>Oplismenus compositus</i>	1	0.1±0.2	6.7
	昆明二叶兰 <i>Habenaria delavayi</i>	1	0.1±0.2	6.7
	伏生石豆兰 <i>Bulbophyllum reptans</i>	1	0.1±0.2	6.7
黄毛青冈 <i>C. delavayi</i>	石韦 <i>Pyrrisia lingua</i>	13	2.6±1.1	100
花椒勒 <i>Zanthoxylum esquirolii</i>	石韦 <i>P. lingua</i>	3	1.0±1.4	33.3
清香木 <i>Pistacia weinmannifolia</i>	石韦 <i>P. lingua</i>	25	12.5±12.5	50.0
	金星蕨 <i>Parathelypteris subimmersa</i>	2	1.0±1.0	50.0
拟鼠李 <i>Rhamnella martini</i>	石韦 <i>Pyrrisia lingua</i>	28	14.0±0.0	100
合欢 <i>Albizia julibrissin</i>	石韦 <i>P. lingua</i>	26	13.0±5.0	100.0
	金星蕨 <i>Parathelypteris subimmersa</i>	11	5.5±5.5	50.0
	冷水花 <i>L. pileoides</i>	3	1.5±1.5	50.0
云南鹅儿枥 <i>Carpinus mobeigiana</i>	石韦 <i>Pyrrisia lingua</i>	74	37.0±0.0	100
	凤尾蕨 <i>Pteris nervosa</i>	2	1.0±0.0	100
大果冬青 <i>Ilex macrocarpa</i>	—	—	—	—
薄叶鼠李 <i>Rhamnus leptophyllus</i>	石韦 <i>P. lingua</i>	7	7.0±0.0	100
黄连木 <i>Pistacia chinensis</i>	石韦 <i>P. lingua</i>	20	20.0±0.0	100
	冷水花 <i>L. pileoides</i>	5	5.0±0.0	100
	石韦 <i>P. lingua</i>	6	6.0±0.0	100
云南木樨楠 <i>Olea yunnanensis</i>	凤尾蕨 <i>P. nervosa</i>	1	1.0±0.0	100

表中总株数指研究样地中各种附生维管束植物分别在不同种宿主上的总个体数,平均株数指各种附生维管束植物分别在不同种宿主上的平均个体数。

Total number means the whole individuals of each vascular epiphytes species on each host species, average number means the average individuals of each vascular epiphytes species on every trees of each host species.

束植物 0.6 g, 占 12.2%, 维管束附生植物根系 0.3 g, 占 6.1%。附生植物最大持水量为本身干重的 9.7 倍。

与林木上附生植物相比较,岩石表面上附生植物生物量明显要高,据测定,岩石表面 400 cm² 样方内附生植物生物量干重平均为 11.7±6.13 g(或 292.5±153.30 g/m²),为树木上附生植物生物量的 2.4 倍。岩石表面附生植物的平均生物量组成中,

苔藓为 5.7 g, 占其生物量的 48.7%, 有机质 4.3 g, 占 36.8%, 附生维管束植物 1.0 g, 占 8.5%, 维管束附生植物根系 0.7 g, 占 6.0%(图 2)。岩石表面附生植物最大持水量为本身干重的 5.5 倍。

林木与岩石表面之间相同面积内收集到的附生植物总生物量及各组分的 t 检测结果表明,相同面积内林木与岩石表面间收集到的附生植物总干重、有机质干重、苔藓干重存在着极显著差异,而维管束

附生植物干重差异。

表 2 岩石表面附生维管束植物个体数和出现频率
Table 2 The frequencies and numbers of vascular epiphytes on stone surfaces

附生维管束植物种类 Species of vascular epiphytes	总株数(株) Total No.	平均株数 (株/样方) Average No.	频率 Frequency (%)
石韦 <i>Pyrrosia lingua</i>	402	13.4±12.5	86.7
冷水花 <i>Lecanthus pileoides</i>	126	4.2±4.6	66.7
红枝卷柏 <i>Selaginella Sanguinolenta</i>	106	3.5±10.7	20.0
石蝴蝶 <i>Petrocosmea duclouxii</i>	80	2.7±3.8	56.7
金星蕨 <i>Parathelypteris subimmersa</i>	76	2.5±5.1	36.7
长柄苔草 <i>Carex longipes</i>	32	1.1±3.5	16.7
贵州络石 <i>Trachelospermum bodinieri</i>	28	0.9±2.8	6.7
凤尾蕨 <i>Pteris nervosa</i>	26	0.9±1.9	26.7
景天一种 <i>Sedum</i> sp.	21	0.7±1.9	20
豆瓣绿 <i>Peperomia tetraphylla</i>	16	0.5±1.3	16.7
瓦韦 <i>Lepisorus thuberianus</i>	11	0.4±1.1	26.7
云南秋海棠 <i>Begonia yunnanensis</i>	11	0.4±0.7	26.7
竹叶草 <i>Oplismenus compositus</i>	10	0.3±1.8	3.3
卷叶黄精 <i>Polygonatum cirrhifolium</i>	5	0.2±0.9	3.3
一把伞南星 <i>Arisaema erubescens</i>	2	0.1±0.3	6.6
山乌龟 <i>Stephania delavayi</i>	1	0.0±0.2	3.3
春兰 <i>Cymbidium goeringii</i>	1	0.0±0.2	3.3

表中总株数指样地中岩石表面 30 个 1 m×1 m 样方内不同种附生维管束植物各自的总个体数, 平均株数指平均每个 1 m×1 m 样方内不同种附生维管束植物各自的个体数。
Total No mean the number of individuals of each vascular epiphyte species in 30 quadrates of 1 m×1 m. Average No. mean the average individuals of each vascular epiphyte species in each quadrates of 1 m×1 m.

4 讨 论

附生植物是热带、亚热带山地湿性森林生态系统的重要组成部分, 构成山地湿性森林重要的景观特征。有人估计北半球有 15 510 种维管束植物是附生植物类型(Madison, 1977), Kress(1986) 认为世界范围内有 10% 的高等植物属于附生植物。但不同地区的森林生态系统中, 附生植物的组成存在着较大差异。Nieder 等在 Sehuenas 的亚热带山地雨林中, 0.1 hm² 样地上记录到 230 种附生维管束植物(Nadkarni 等, 2001); Freiberg(1996) 在 Guiana 的热带山地雨林中, 3 株乔木上收集到 77 种附生维管束植物, 而 Annaselvam 等(2001) 在 Varagalaiair 的热带季节雨林中, 30 hm² 样地上只收集到 26 种附生维管束植物。本研究在 0.1 hm² 样地上收集到

附生维管束植物 19 种, 与 Varagalaiair 地区的附生植物多样性相比, 本区的附生植物多样性程度较高, 但与热带、亚热带山地湿性森林中的附生植物多样性相比较, 本研究样的附生植物多样性较低。附生苔藓的种类组成上, 哥伦比亚山地湿性森林中, Wolf(1993) 从 4 株宿主上记录到 19 种附生苔藓, Cornelissen 等(1989) 在 Guyana 地区的 11 株宿主上收集到 28 种苔藓, 本研究样地岩石表面与 36 株宿主林木上共计收集到 6 种苔藓, 比上述山地森林中的低。

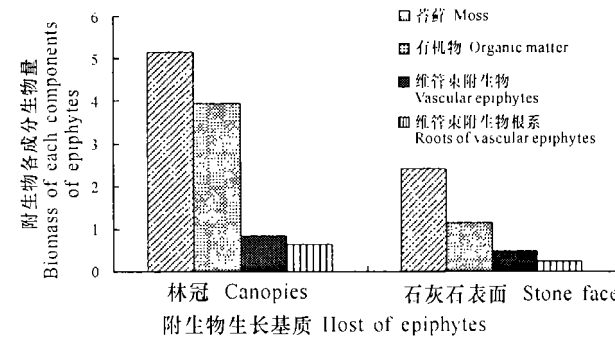


图 2 石林喀斯特森林群落中林木与岩石上附生物生物量的比较

Fig. 2 Comparison of biomass epiphytic materials between host trees and stone surfaces in forest at the Stone forest Karst Region

与其它热带、亚热带湿性森林相比, 本区山地森林附生植物生物量也较小。在圭亚那地区, Freiberg(2001) 测到森林附生植物生物量为 1 745 g/m², 在德国 E Cuador 的森林中测得附生植物生物量为 6 000 g/m², 远比本区森林中附生植物生物量(415 g/m²) 大。造成附生植物种类组成和生物量在各地区的森林生态系统中存在差异的原因, 主要与各地的降雨量、森林组成和结构, 以及人为干扰的影响等方面有关。一般情况下, 随着降雨量的减少, 林内环境湿度降低, 附生植物多样性与生物量出现下降的趋势, 表明水分缺乏而限制附生植物生长(Freiberg 等, 2000)。本研究区域地属半湿润性亚热带山地气候, 年降雨量也较少, 有明显的旱季, 加之岩溶山地保水性能差, 因而林内裸露岩石表面虽然有附生植物生长, 但种类少、生物量低。

本研究在林木上收集到 9 种附生维管束植物、5 种苔藓植物, 在岩石表面上收集到 17 种附生维管束植物和 3 种苔藓, 充分反映出由于森林内部环境的

异质性,即使在同一森林生态系统中不同生境附生植物的多样性、生物量亦会有所不同。从附生维管束植物的种类组成上看,林木上出现的 9 种植物中,有 7 种(豆瓣绿、凤尾蕨、冷水花、贵州络石、石韦、金星蕨)在岩石表面也能见到,只有伏生石豆兰、昆明二叶兰两种没在岩石表面出现,说明林木上的附生维管束植物多数能够在岩石表面生长。而另一方面,在岩石表面收集到的 17 种附生维管束植物中,只有 7 种在林木上观察到,其它 10 种并没有出现在林木上,又说明了某些石附生植物(如石蝴蝶、红枝卷柏等)有很强的专一性。在本研究样地中,附生苔藓优势种为大麻羽藓,林木和岩石表面均有分布,长朔墙藓在岩石上分布较多。Sorensen 相似性系数对林木附生植物和岩石表面附生植物进行比较,为 0.5。

此外,在本研究样地中,林木上附生植物的生物量明显地比岩石表面的低,显示出林木与岩石表面微环境间存在异质性,但附生植物各成分的生物量大小排序在林木和岩石表面两种不同生境中却是相同的。同等条件下,样地中林木上附生植物最大持水量比岩石表面附生植物最大持水量大,附生植物持水量是干重的 5.5~9.7 倍,比其它森林类型要低(10~13 倍)(Silvola 等, 1984),这可能与附生植物的组成物质有关(Cavelier 等, 2000)。

附生植物的较高持水能力对调节森林内部湿度环境具有重要作用,对森林生态系统的养分循环也产生影响(刘文耀, 2000)。因此今后的研究工作,应该进一步对附生植物及其分解残留物在山地森林生态系统结构与功能方面的生态学效应进行深入研究,为岩溶山地森林的保护与经营管理提供科学依据。

在本项野外研究中,石林国家地质公园管理局下属的绿化处、花木公司等部门给予了大力帮助,在此致谢。

参考文献:

- 李连鉴. 2003. 中国云南省昆明市石林世界地质公园[M]. 中华人民共和国国土资源部.
- 金振洲,彭 鉴. 1994. 昆明植被[M]. 昆明: 云南科技出版社, 431-484.
- Annaselvam J, Parthasarathy N. 2001. Diversity and distribution of herbaceous vascular epiphytes in a tropical evergreen forest at Varagalaiair, Western Ghats, India[J]. *Biodiversity and conservation*, **10**: 317-329.
- Barthlott W, Schmit-Neuerburg V, Nieder J, et al. 2001. Diversity and abundance of vascular epiphytes: a comparison of secondary vegetation and primary montane rain forest in the Venezuelan Andes[J]. *Plant Ecol*, **152**: 145-156.

- Cao T(曹 同), Guo SL(郭水良). 2000. A study on bryophytes diversity in the main ecosystems in Changbai Mountain(长白山主要生态系统苔藓植物的多样性研究)[J]. *Chinese Biodiversity* (生物多样性), **8**(1): 50-59.
- Cavelier J, Tanner E, Santamaia J. 2000. Effect of water, temperature and fertilizers on soil nitrogen net transformations and tree growth in an elfin cloud forest of Colombia[J]. *J Trop Ecol*, **16**: 83-99.
- Cornelissen JHC, Ter Steege H. 1989. Distribution and ecology of epiphytic bryophytes and lichens in dry evergreen forest of Guyana[J]. *J Trop Ecol*, **5**: 131-150.
- Freiberg M. 1996. Spatial distribution of vascular epiphytes on three emergent canopy trees in French Guiana[J]. *Biotropica*, **28**(3): 345-355.
- Freiberg M, Freiberg E. 2000. Epiphyte diversity and biomass in the canopy of lowland and montane forests in Ecuador[J]. *J Trop Ecol*, **16**: 673-688.
- Freiberg M. 2001. The influence of epiphyte cover on branch temperature in a tropical tree[J]. *Plant Ecol*, **153**: 241-250.
- Garé a Suárez MD, Rico Gray V, Serrano H. 2003. Distribution and abundance of *Tillandsia* spp. (Bromeliaceae) in the Zapotitlán Valley, Puebla, México[J]. *Plant Ecol*, **166**: 207-215.
- Guo SL(郭水良), Cao T(曹 同). 2000. Studies on relationships of epiphytic bryophytes and environmental factor in forest ecosystems in Changbai Mountain forests (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)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **20**(6): 922-931.
- Hietz P. 1997. Population dynamics of epiphytes in a Mexican humid montane forest[J]. *Journal of Tropical Ecology*, **85**: 767-775.
- Ingram SW, Nadkarni NM. 1993. Composition and distribution of epiphytic organic matter in a neotropical cloud forest, Costa Rica[J]. *Biotropica*, **25**(4): 370-383.
- Jenik J. 1973. Root systems of tropical trees. 8. Stilt roots and allied adaptations [J]. *Preslia*, **45**: 250-264.
- Johansson D. 1974. Ecology of vascular epiphytes in West African rain forest[J]. *Acta Phytogeographica Suecica*, **59**: 1-136.
- Kell DL, Tanner EVJ, Nichughadha EM, et al. 1994. Floristics and biogeography of a rain forest in the Venezuelan Andes [J]. *J Biogeography*, **21**: 421-440.
- Kress WJ. 1986. The systematic distribution of vascular epiphytes: an update [J]. *Selbyana*, **9**: 2-22.
- Liu WY, John ED Fox, Xu ZH. 2000. Leaf litter decomposition of canopy trees bamboo and bamboo and moss in a montane moist evergreen broad leaved forest on Ailao Mountain, Yunnan, South west China[J]. *Ecol Res*, **15**: 435-447.
- Liu WY, John ED Fox, Xu ZH. 2002. Nutrient fluxes in bulk precipitation throughfall and stemflow in montane subtropical moist forest on Ailao Mountains in Yunnan, South west China[J]. *J Trop Ecol*, **18**: 1-23.
- Liu WY(刘文耀). 2000. The role of epiphytes material in nutrient cycling of forest ecosystem(林冠附生植物在森林生态

(下转第 96 页 Continue on page 96)

合有 50% 的样品集中在第五类群, 还有 50% 的样品则分布于其他 4 个类群中, 而且王百合样品 12 正好与通江百合 4 个样品一起, 全部集中于第三类群中。究其原因, 可能是本研究中的通江百合(4 个种质资源)的种性纯度要高于王百合(14 个种质资源); 也可能是王百合生态型分化多, 类型比较丰富, 居群间差异较大, 随着生态条件的改变而变化更大。

另外, 通过比较 5 个类群的样品形态特征, 发现通江百合的种内差异也较小, 而王百合则表现为在同一个采样点(居群)中, 尽管样品的多酚氧化酶同工酶差异较大, 但多数样品的形态特征比较接近, 形态特征差异主要表现在采样点间。与多酚氧化酶同工酶差异表现相似的是, 在第二类群和第四类群的王百合样品中, 不但分布的样品数目少, 第二类群中只有样品 2 和 13, 第四类群中只有样品 9, 而且最大的特点是, 样品 2 的鳞茎宽度、地上茎高、花径等各指标值在所有样品中均为最大, 而单独分布在第四类的样品 9 则表现为各指标值为最小。这对进一步分析王百合的遗传多样性具有一定意义。

参考文献:

王中仁. 1996. 植物等位酶分析[M]. 北京: 科学出版社.

四川省测绘局. 1981. 四川省地图集[M]. 成都: 四川省测绘局出版, 253–263.

何忠效, 张树政. 1999. 电泳[M]. 北京: 科学出版社(第二版), 286–298.

He P(何平), Tan F(谈锋). 1996. Numerical analysis of isozyme variation within and among the population of *Deutzia multiradiata*(多辐漫疏群体同工酶变异的数量分析)[J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究), 18(2): 167–175.

Jiang YH(蒋益虹). 2003. Study on relationship between lily browning and activities polyphenol oxidase and peroxidase(百合褐变与多酚氧化酶和过氧化物酶活性关系的研究)[J]. *J Univ (Agric Life Sci)*(浙江大学学报(农业与生命科学版)), 29(5): 518–522.

Long YY(龙雅宜), Zhang JZ(张金政). 1998. The conservation and utilization of lily plant resources(百合属植物资源的保护与利用)[J]. *J Plant Res Environ*(植物资源与环境), 7(10): 40–44.

McRae EA. 1998. Lilies[M]. Portland, Oregon: Timber Press.

Ou BQ(区炳庆), Ren JJ(任吉君), He LL(何丽烂). 2003. Comparative study of isozymes peroxidase and polyphenol oxidase in the cultivars of pumpkin(不同品种南瓜 POD 及 PPO 同工酶的比较研究)[J]. *J Wuhan Bot Res*(武汉植物学研究), 21(1): 77–80.

Zhao XY, Chen XL, Li DM, et al. 1996. Resources and research situation of the genus *Lilium* in China[J]. *Acta Hort*, 414: 355–361.

(上接第 48 页 Continue from page 48)

系统养分循环中的作用)[J]. *Chin J Ecol*(生态学杂志), 19(2): 30–35.

Lowman MD. 2001. Plants in the forest canopy: some reflections on current research and future direction[J]. *Plant Ecol*, 153: 39–50.

Lowman MD, Rinker HB. 2004. Forest Canopies 2nd Edition[M]. USA Academic Press.

Lutge U (ed). 1989. Vascular plants as epiphytes: evolution and ecophysiology[M]. Springer Verlag.

Madison M. 1977. Vascular epiphytes: their systematic occurrence and salient features[J]. *Selbyana*, 2: 1–13.

Nadkarni N. 1984. Epiphytes biomass and nutrient capital of a neotropical elfin forest[J]. *Biotropica*, 16: 249–257.

Nadkarni NM, Merwin MC, Nieder J. 2001. Forest canopies plant diversity[J]. *Encyclopedia of Biodiversity*, 3: 27–40.

Nadkarni NM, Schaefer D, Matelson TJ, et al. 2004. Biomass and nutrient pools of canopy and terrestrial components in a primary and a secondary montane cloud forest, Costa Rica[J]. *Forest Ecol Management*, 198: 223–236.

Silvola J, Aaltonen H. 1984. Water content and photosynthesis in peat mosses *Sphagnum fuscum* and *S. angustifolium*[J]. *Annual Bot Fennic*, 21(1): 1–6.

Wolf JHD. 1993. Diversity patterns and biomass of epiphytic bryophytes and lichens along an altitudinal gradient in the Northern Andes[J]. *Annual Missouri Bot Garden*, 84: 928–960.

Zhang ZH(张朝辉), Wang CL(王承录), Wang ZH(王智慧). 1997. A preliminary survey of the bryophytes in the Mount Yuntai Karst forest area, Shibing County, Guizhou Province(贵州施秉云台山喀斯特地区苔藓植物初步调查)[J]. *Guizhou Sci*(贵州科学), 15(1): 70–76.