

后河自然保护区珍稀濒危植物群落乔木层结构特征^{*}

田玉强¹ 李新^{1,2} 胡理乐¹ 黄汉东¹ 江明喜^{1**}

(1. 中国科学院武汉植物研究所, 武汉 430074; 2. 湖北宜昌市林业学校, 宜昌 443100)

摘要: 对 1 hm² 固定样地内的亚热带常绿落叶阔叶混交林乔木层树种的胸径级结构和高度级结构以及按径级对乔木树种多样性和均匀度进行了研究。结果显示: 群落内乔木树种数和个体数随径级和高度级增加呈下降趋势, 树种数和个体数之间存在显著正相关关系。胸径面积之和随胸径级增加呈波动状态, 而随高度级的增加呈先升后降的变化。群落的多样性指数和均匀度指数都较高, 群落内优势种明显, 各种的多度差异较小, 群落结构较为稳定。其中珍稀植物在各个胸径级和高度级内的树种数和个体数都较高。群落的更新良好, 幼苗补充充足, 珍稀树种幼苗丰富度和多度较高。

关键词: 后河自然保护区; 珍稀植物; 乔木层结构; 树种多样性; 胸径级; 高度级

中图分类号: Q948.5 文献标识码: A 文章编号: 1000-470X(2002) 06-0443-06

The Characteristics of Tree Layer Structure of the Rare Plant Community in Houhe Nature Reserve

TIAN Yu-Qiang¹, LI Xin^{1,2}, HU Li-Le¹, HUANG Han-Dong¹, JIANG Ming-Xi^{1**}

(1. Wuhan Institute of Botany, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430074, China;
2. Yichang Forestry School, Yichang 443100, China)

Abstract: The research was made on the structures of the size class and height class of the tree layer species of the subtropical mixed evergreen and deciduous forest in a fixed quadrat of one ha. and working out the tree species diversity and evenness of the arbors according to the size class. The results showed that the tree species numbers and individual numbers of the arbors in the community declined as the growing of the size class and the height class, and there was a remarkable positive correlation between the tree species number and individual number. The sum of basal area at DBH (Diameter at breast height) fluctuated as the increase of size class, though it produced a curve which is composed of a former ascending part and a latter descending part as the increase of the height. The diversity index and evenness of the community were relatively high, so there were no distinct dominant populations in the community. The abundances of each species varied slightly, therefore the community has a steady structure. The rare plants of the community had both a relatively high tree species number and individual number. The seedlings of the arbors abound in the community especially the seedlings of the rare and endangered plant species, the community is in a good state of regeneration. Finally, the tree layer can be divided into three parts.

Key words: Houhe Nature Reserve; Rare plant; Tree layer structure; Tree species diversity; Size class; Height class

收稿日期: 2002-04-30, 修回日期: 2002-06-13。

* 基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KSCX2-SW-104), 中国科学院武汉植物研究所所长基金支持项目(01005120)。

作者简介: 田玉强 (1974-), 男, 硕士, 主要从事植物生态学研究。E-mail: tyq276811@163.com

** 通讯作者。

全球生物多样性危机是世界各国关注的重大焦点之一,生物多样性的保护研究也成为当前研究的热点领域之一。珍稀物种的保护研究是生物多样性研究的重要内容,同时也是新兴综合性学科——保护生物学的研究焦点问题之一^[1]。湖北五峰后河国家级自然保护区地处中国三大特有种分布中心之一的川东-鄂西地区^[1]。物种资源极为丰富,珍稀植物的种类十分丰富,而且分布集中,形成珍稀植物群落^[2,3]。国内许多学者对这一珍稀植物群落的生态学进行过研究^[3,4],因此对这一地区的珍稀濒危植物展开多样性研究是非常必要和有价值的,虽然已经有人做过这方面的工作^[3,4],但是他们研究的取样面积都相对较小,得出的结论也只适应于在小尺度上解释多样性的问题^[4-6]。我们在较大的取样面积上较为全面地对该地区的珍稀植物群落乔木层多样性及其相关的群落组成和结构问题进行了研究,以期对珍稀植物群落的保护提供科学依据。

1 研究地点自然环境概况

湖北省五峰后河自然保护区位于湖北省西南部的五峰土家族自治县中南面,属湖北省与湖南省交界的武陵山东段余脉的一部分山地^[3]。2001 年 5~6 月我们在地处五峰后河自然保护区核心保护区的杨家河地段设置垂直投影面积为 10 000 m² (100 m × 100 m) 的固定样地,样地中心点地理坐标为 30° 4.47' N, 110° 32.61' E。阴坡,海拔 1 330 m 左右,坡度 24°~69° 之间。气候特点是四季分明,冬冷夏热,年均气温 11.5℃,年均降水量 1 814 mm,土壤为山地黄棕壤^[3]。

2 研究方法

2.1 样地的设置

将设置的 100 m × 100 m 的固定样地划分成 100 个 10 m × 10 m 的样方,以 10 m × 10 m 的样方为单位统计乔木树种中胸径 5 cm 的树种的种名、树高、枝下高、胸径、冠幅等;同时记录了灌木和草本层物种的种名、高度、盖度、多度。胸径 < 5 cm 的乔木树种数目和个体数也都做了详细记录,由于它们的胸径较小难于准确测量,故未测。所以在下面的分析中所用到的胸径和胸径面积都是指胸径 5 cm 的相应级别乔木树种的胸径和胸径面积。

我们根据固定样地调查的实际情况,将立地乔木按胸高直径 (DBH) 分为 6 级^[7]: 级: 0 cm < DBH < 10 cm; 级: 10 cm < DBH < 17.5 cm; 级: 17.5 cm < DBH < 25 cm; 级: 25 cm < DBH <

32.5 cm; 级: 32.5 cm < DBH < 40 cm; 级: DBH > 40 cm^[8]。按高度级分成 6 级: 级: 0 m < H < 2 m; 级: 2 m < H < 5 m; 级: 5 m < H < 10 m; 级: 10 m < H < 20 m; 级: 20 m < H < 30 m; 级: H > 30 m。(本样地高度大于 30 m 的树种为 0,故第 高度级不存在)。然后我们主要按照胸径级对相应级别的乔木层树种个体数、树种数、胸径面积之和、树种多样性指数和均匀度指数进行了研究(研究中的乔木层都指包含了处于不同高度层次的乔木树种的幼苗)。多样性指数和均匀度指数的计算都基于物种的重要值^[6]。同时按照高度级对乔木层的不同高度级的乔木树种数、个体数、胸径面积之和及其相互关系进行了研究^[4,8]。

2.2 多样性指数和均匀度指数

多样性指数和均匀度指数的计算公式如下:

$$\text{Shannon-Wiener 多样性指数 } H = - \sum_{i=1}^s (P_i \ln P_i),$$

$$\text{Simpson 多样性指数 } H = 1 - \sum_{i=1}^s P_i^2,$$

$$\text{Pielou 均匀度指数 } E = - \sum_{i=1}^s (P_i \ln P_i) / \ln S,$$

$$\text{Simpson 均匀度指数 } E = (1 - \sum_{i=1}^s P_i^2) / (1 - 1/S).$$

$P_i = N_i / N$ ($i = 1, 2, 3, \dots, s$), N_i 为第 i 个种的重要值, N 为相应胸径级中所有种的重要值之和,种的数目为 S ^[7-13]。

3 结果与分析

3.1 珍稀濒危植物群落的乔木层组成及数量特征

固定样地内经过调查发现乔木树种有 107 种,隶属于 38 科,60 属。其中珍稀树种有国家一级保护植物^[14,15] 2 种: 珙桐、红豆杉; 国家二级保护植物^[14] 4 种: 连香树、水青树、小勾儿茶 (*Berchemiella wilsonii*)、香果树 (*Emmenanthe henryi*); 国家三级重点保护植物^[14] 6 种: 金钱槭 (*Dipteronia sinensis*)、白辛树、银鹊树 (*Tapiscia sinensis*)、红椿 (*Toona ciliata*)、领春木 (*Euptelea pleiosperma*)、青檀 (*Pteroclectis tatarinowii*); 国家第二批重点保护植物 1 种: 天师栗 (*Aesculus wilsonii*); 个体数最多的前 10 个乔木树种是: 尖连蕊茶 (*Camellia cuspidata*)、曼青冈 (*Cyclobalanopsis oxyodon*)、建始槭 (*Acer henryi*)、鹅耳枥 (*Carpinus turczaninowii*)、鸡爪槭 (*Acer palmatum*)、金钱槭、大花黄杨 (*Buxus henryi*)、小叶青冈 (*Cyclobalanopsis myrsinaefolia*)、君迁子 (*Diospyros lotus*)、白楠 (*Phoebe neurantha*)。重要值最大的前 10 个树种是: 尖连蕊茶、君迁子、曼

青冈、建始槭、鸡爪槭、鹅耳枥、小叶青冈、白辛树、缙毛稠李(*Rubus wilsonii*)、金钱槭。优势树种不明显。

3.2 珍稀濒危植物群落乔木层胸径级结构

3.2.1 不同胸径级内的树木个体数分布 从图 1 和表 1 可以得知在我们所研究的样地当中, 乔木层树种的个体数随着胸径级的增加而急剧减少, 也就是说递减的速率比较大, 不过递减速率的变化率是越来越小的。胸径级径级越大, 树木的个体数越少。这可能与乔木树种之间以及乔木树种内部的竞争较为激烈, 以及诸多环境因子的综合作用有关。第 胸径级的个体数最多, 树木密度最大, 表明群落内的乔

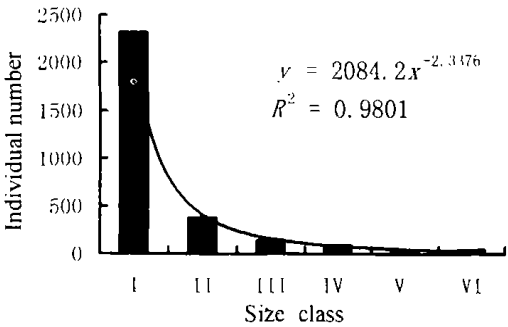


图 1 不同径级内的个体数
Fig. 1 Individual number of different size class

表 1 珍稀濒危植物群落中不同胸径级内乔木各项指标一览表

Table 1 The arbor's various indices of different size class in the rare and endangered plant community										
SC	DBH(cm)	TTSN	TSNREP	PTSN	TIN	INREP	PIN	ASBA	SBA	PSBA
	0< DBH< 10	93	15	0.161 3	2 319	510	0.219 9	25 994. 08	4 724. 761	0. 181 8
	10 DBH< 17. 5	55	11	0. 2	375	54	0. 144	52 343. 09	7 714. 336	0. 147 4
	17. 5 DBH< 25	36	8	0. 222 2	144	23	0. 159 7	48 909. 72	6 837. 028	0. 139 8
	25 DBH< 32. 5	28	5	0. 178 6	91	9	0. 098 9	55 686. 07	5 046. 184	0. 090 6
	32. 5 DBH< 40	20	5	0. 25	35	6	0. 171 4	35 346. 23	5 224. 363	0. 147 9
	DBH 40	24	7	0. 291 7	43	20	0. 465 1	75 307. 06	35 962. 22	0. 477 5
Total		107	18	0. 168 2	3 007	622	0. 206 9	293 586. 2	65 507. 9	0. 223 1

注: SC. 胸径等级; DBH. 胸高直径; TTSN. 全部树种数; TSNREP. 珍稀树种数; PTSN. 珍稀树种数的百分数; TIN. 全部个体数; INREP. 珍稀植物个体数; PIN. 珍稀树种个体数的百分数; ASBA. 全部胸径面积之和; SBA. 珍稀物种胸径面积之和; PSBA. 珍稀树种胸径面积之和的百分数。
Notes: SC. size class; DBH. diameter at breast height; TTSN. total tree species number; TSNREP. tree species number of rare and endangered plant; PTSN. percentage of tree species number of rare and endangered plant; TIN. total individual number; INREP. individual number of rare and endangered plant; PIN. percentage of individual number of rare and endangered plant; ASBA. all sum of basal area at DBH of rare and endangered plant; SBA. sum of basal area at DBH of rare and endangered plant; PSBA. Percentage of sum of basal area at DBH of rare and endangered plant.

木层树种的幼苗较多, 树种的更新良好。其中珍稀濒危植物个体数为 510 株, 占本胸径级内全部树木个体数的 21. 99%。另外, 第 胸径级中虽然只有珍稀植物 20 株, 但是却占到本径级内全部个体数 43 株的 46. 51%, 因此在胸径级最大的树体中, 珍稀物种从个体数角度来度量占较大的优势。在所有胸径级中珍稀濒危植物个体数共占全部树种个体数的 20. 69%, 密度为 622 株/hm²。

3.2.2 不同胸径级内的树种数分布 从图 2 中同样可以看出, 群落内的树种数随着胸径级的增加而呈一种递减的趋势, 树种数和胸径级之间存在一种负相关, 胸径级越大, 树种数越少, 递减速率的变化率在从胸径级第 级到第 级达到最小值, 树种数减少幅度达到前一胸径级的 22. 22%。第 胸径级内的树种数最多, 达到 93 种, 占全部总树种数 107 的 86. 92%; 第 、 、 胸径级树种数在 20~28 种

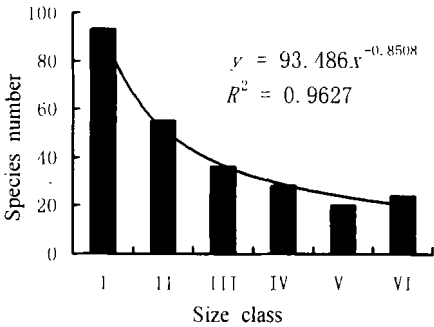


图 2 不同径级内的树种数
Fig. 2 Species number of different size class

之间, 这说明在整个群落当中占有优势地位的树种数目是较少的, 在乔木层中占优势的树种只有 20 种左右。然而, 从表 1 可以看出在整个乔木层当中, 珍稀植物在各个胸径级的树种数中所占的比重都在

16% 以上。其中在第 、 、 胸径级中, 百分数都在 22% 以上, 在第 级中, 珍稀植物种数占总树种数的 29. 17%, 这和胸径级不同树种个体数分布反映的情况基本一致, 最大胸径级中珍稀物种的种数同样占优势。另外, 从图 2 可以很直观地看出, 树种数随着胸径级的增加, 基本上呈倒“J”型分布, 其变化趋势可以用下面的幂函数方程来表示: $y = 93. 486x^{-0. 8608}$ ($R^2 = 0. 9627, n = 6, P < 0. 01$)。

3. 2. 3 不同胸径级内的树种数与树木个体数的关系 从图 3 可以看出整个群落内乔木层全部树种数和个体数之间存在着非常显著的正相关关系。在不同的胸径级内树种数随着树木个体数的增加而迅速增加。换句话说, 乔木层树木的丰富度(树种数)随着树木密度(树木个体数)的增加而增加。树木密度越大的地方, 树木的丰富度一般就越高。尤其是在第 和第 胸径级之间, 以及第 和第 胸径级之间, 这种变化趋势尤为明显。两者之间的相关性可以用幂函数方程来表示: $y = 5. 765x^{0. 3649}$ ($R^2 = 0. 9872, n = 6, P < 0. 01$)。通过计算观察可以发现在不同的胸径级内珍稀植物的树种数和个体数之间的这种正相关也是很明显的。

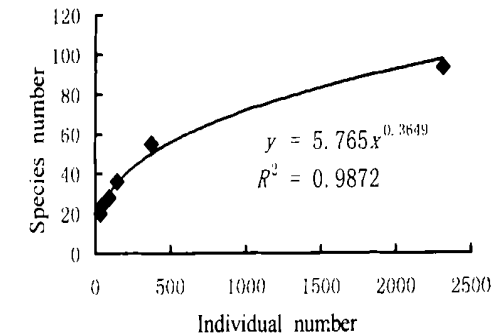


图 3 不同胸径级内的个体数和树种数的关系
Fig. 3 The relation between individual number and species number of different size class

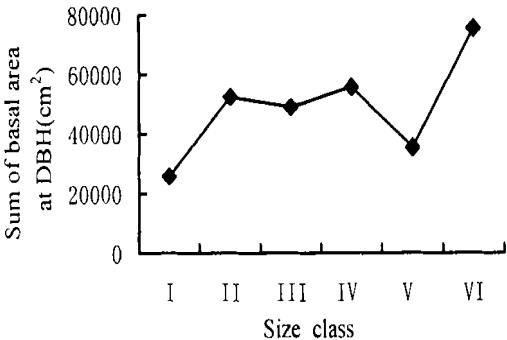


图 4 不同径级内的树木的胸径面积之和
Fig. 4 Sum of basal areas at DBH of different size class

3. 2. 4 不同胸径级内的胸径面积之和 图 4 显示第 胸径级的胸径面积之和最大, 占有最大优势度, 第 胸径级的表胸径面积之和最小。表 2 和表 3 共同反映出: 不论是从胸径分级还是从高度分级得到的胸径面积之和来看, 都能看出较大胸径级的乔木树种和较高高度级的乔木树种在整个乔木层中都占绝对的优势, 应该属于乔木第一层, 对于群落中的下层乔木层以及灌木层、草本层的组成的形成以及整个群落的稳定性都起着一定的决定作用。另外, 群落中林窗也主要出现在这一层。从群落中珍稀植物幼苗的生长繁衍来说, 林窗是一个很关键的因子^[5], 虽然群落中的珍稀濒危植物的幼苗比较丰富, 但其将来的命运除了与自身的存活能力以及人为的破坏活动有关以外, 可能还主要与第一乔木层中林窗是否出现有关。图 4 还反映出处于中间径级的乔木的胸径面积之和比较接近, 变化不大。

3. 3 珍稀植物群落的胸径级与树种多样性指数、均匀度指数的关系

3. 3. 1 同胸径级内的多样性指数 多样性指数同时受群落的物种丰富度和均匀度的影响。随着胸径级的增加, 从图 5 以及表 2 可以直观的看出: 不论是 Shannon-Wiener 多样性指数还是 Simpson 多样性指数都呈下降趋势, 在第 胸径级达到最小值, 分别为 2. 6568、0. 9047。到第 胸径级时, 多样性指数又有所回升。其中两种多样性指数的第 胸径级多样性指数都最大, 而较大胸径级的多样性指数都在减小, 这说明有很多比较幼小的乔木个体在以后的生长过程中被淘汰。仅对珍稀植物的统计资料也显示随着胸径级的增加树种数和个体数都基本上呈下降的趋势, 由于多样性指数要同时受群落中物种丰富度和总个体数以及各个种的个体数目分配的均匀

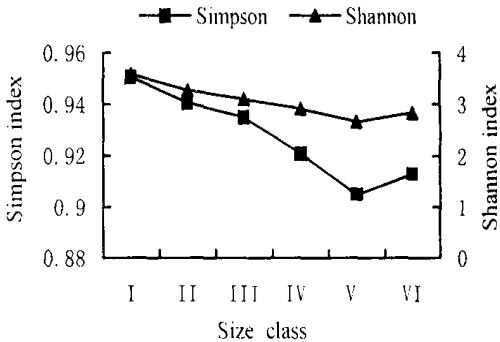


图 5 不同径级内的 Simpson 多样性指数和 Shannon-Wiener 多样性指数
Fig. 5 The Shannon-Wiener diversity index and Simpson diversity index of different size class

程度的影响, 因此在均匀度基本一致的情况下, 多样性指数的大小就主要决定于物种的丰富度和总个体数这两个因素, 每一胸径级内的物种丰富度和个体数减小趋势自然就体现在多样性指数的整体下降的

趋势上了。总体来说, 两种多样性指数反映的群落乔木层的物种多样性情况是一致的, 多样性较高。尤其是第 胸径级乔木的更新幼苗个体的多样性最高, 仅珍稀植物的种数就有 15 种, 个体数有 510 株。

表 2 珍稀濒危植物群落内全部乔木树种不同胸径级内的各项指标一览表
Table 2 The various indices of different size class for all the arbors in the rare and endangered plant community

SC	DBH (cm)	TTSN	TIN	ASBA(cm ²)	多样性指数 Diversity index		均匀度指数 Evenness	
					SWDI	SDI	PE	SE
	0< DBH< 10	93	2 319	25 994. 081 8	3. 587 0	0. 950 7	0. 791 4	0. 961 0
	10 DBH< 17. 5	55	375	52 343. 085 7	3. 270 0	0. 940 7	0. 816 0	0. 958 1
	17. 5 DBH< 25	36	144	48 909. 723 3	3. 108 1	0. 935 0	0. 867 3	0. 961 8
	25 DBH< 32. 5	28	91	55 686. 071 0	2. 914 6	0. 921 1	0. 874 7	0. 955 2
	32. 5 DBH< 40	20	35	35 346. 226 4	2. 659 8	0. 904 7	0. 887 9	0. 952 3
	DBH 40	24	43	75 307. 059 6	2. 834 7	0. 912 8	0. 892 0	0. 952 5
T otal		107	3 007	293 586. 2477				

注: SWDI: Shannon-Wiener 多样性指数; SDI: Simpson 多样性指数; PE: Pielou 均匀度指数; SE: Simpson 均匀度指数 (与表 1 相同的符号含义见表 1 的注)。
Notes: SWDI: Shannon-Wiener diversity index; SDI: Simpson diversity index; PE: Pielou evenness; SE: Simpson evenness (the same symbol's meaning showing in the notes of the table 1).

3.3.2 不同胸径级内的均匀度指数 图 6 显示 Pielou 均匀度指数和 Simpson 均匀度指数随着胸径级的增加分别呈上升和下降的趋势, 但是这种变化趋势不是很明显, 也就是说这两种均匀度指数的变化率都较小, 从表 2 我们获悉 Pielou 均匀度指数的值在 0.7914 和 0.8920 之间, Simpson 均匀度指数的值在 0.9618 和 0.9523 之间。并且这两种均匀度指数都是比较大的, 从而整体上反映出群落处于一种较稳定的状态, 因为较为稳定的群落均匀度是较高的, 另外图 4 中处于中间径级的树种个体的胸径面积之和基本接近这一事实, 也说明群落的主要组成部分是较为稳定的。从最终的研究结果可以看出, 不论是多样性指数还是均匀度指数, 它们的值都比较大, 这与“多样性指数越大, 均匀度愈高”的结论是

一致的^[12, 16]。不过在现在的群落学研究中, 均匀度指数是作为物种多样性测度的一个辅助指标来使用的, 已便较完整测度群落的多样性状况。因此在进行均匀度指数计算时要注意和多样性指数配合共同使用^[12, 17, 18]。

3.4 珍稀植物群落的高度级结构

从表 3 我们可以看出, 在不同的高度级内, 不论是乔木的树种数, 还是乔木的个体数, 随高度级的增加, 都表现出下降的趋势。而树种数和个体数之间存在一种正相关关系(限于篇幅的原因, 它们之间的关系图未给出)。其中珍稀乔木的树种数和个体数与高度级之间也存在这样相同的关系。珍稀物种的树种数、个体数和胸径面积之和分别占相应高度级内树种数和个体数的 15.2% 和 17.9% 以上, 占样地内全部树种数和个体数的 16.28% 和 20.69%。而所有珍稀植物的胸径面积之和占全部乔木树种胸径面积之和的 22.31%, 这一切都说明珍稀物种在我们所研究的群落当中是占有一定优势的。

我们依据每一高度级内的乔木树种数和个体数的多少以及它们在整个群落中的相对重要性, 将乔木层分成 3 层。乔木第一层包括第 高度级, 20 m< H 30 m, 这一高度级的乔木树种数为 23 种, 个体数为 61 株, 虽然它们的树种数和个体数不是很占优势, 但是只要这些大树在样地中出现, 它们对它周围的树种数和个体数都会产生很直接和明显

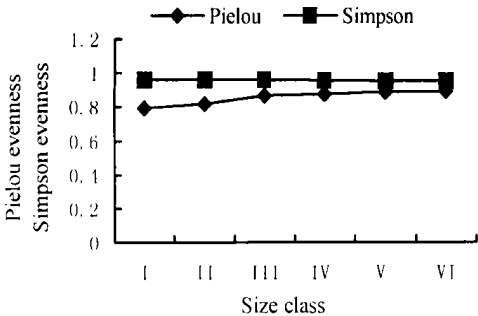


图 6 不同径级内的 Pielou 均匀度指数和 Simpson 均匀度指数
Fig.6 The Pielou evenness and Simpson evenness of different size class

表 3 珍稀濒危植物群落中不同高度级内各项指标一览表

Table 3 The various indices at different height class of the rare and endangered plant community

HC	H(m)	TTSN	TSNREP	PSN	TIN	INREP	PIN	ASBA	SBA	PSBA
	0< H 2	71	12	0.169 0	1 224	263	0.214 9	3 082.498 6	33.166 3	0.010 8
	2< H 5	59	9	0.152 5	746	158	0.211 8	13 775.682 4	1 245.842	0.090 4
	5< H 10	65	12	0.184 6	591	106	0.179 4	55 880.719 6	7 587.575	0.135 8
	10< H 20	62	13	0.209 7	385	80	0.207 8	151 808.543 8	31 769.31	0.209 3
	20< H 30	23	6	0.260 9	61	15	0.246 0	69 038.803 2	24 872	0.360 3
Total		107	18	0.168 2	3 007	622	0.206 9	293 586.2	65 507.9	0.223 1

注:HC. 高度等级; H. 高度;(与表 1 相同的符号含义见表 1 的注)。

Notes: HC. height class; H. height(the same symbol's meaning showing in the notes of the table 1) .

的影响。我们实地观察就发现,在高度较大,胸径较大的树种周围其它树种很少,只有一些耐荫草本或者一些灌木存在,零星也有一些较矮的乔木存在,但是丰富度和多度比起样地其它位置,都要小的多。第二层包括第 和第 高度级,5 m< H 20 m,这两个高度级的树种数和个体数相差不大,共有树种 78 种,个体 976 株。这一层的乔木实际上构成了群落主体,群落中的乔木树种在这一乔木层大部分都出现,除了乔木第一层对群落的影响之外,最主要的影响因素就在这一层次上。群落未来的演替一定程度上与这一层的树种及个体数有着密切的关系。第三层包括第 和第 高度级,0 m< H 5 m,有树种 80 种,个体 1 970 株。所有乔木幼苗个体几乎都在这一层出现,丰富度和多度都是最高的。群落树木的更新主要决定于这一层。珍稀植物所占比重较大,因此在保护物种时,这一层不容忽视。

致谢:野外调查工作得到后河自然保护区管理局的大力帮助,谨致谢忱。

参考文献:

[1] 中国科学院生物多样性委员会. 生物多样性研究的原理与方法. 北京: 中国科学技术出版社, 1994.

[2] 应俊生, 张志松. 中国植物区系中的特有现象——特有属的研究. 植物分类学报, 1984, **22**(4): 259—268.

[3] 宋朝枢, 刘胜祥. 湖北后河自然保护区科学考察集. 北京: 中国林业出版社, 1999. 1—5.

[4] 叶其刚, 陈树森, 王诗云. 鄂西南后河一个典型稀有濒危植物群落的结构特征研究. 武汉植物学研究, 2001, **19**(3): 241—247.

[5] 李兴东. 植物群落的组成与结构. 生物学通报, 1993, **28**(6): 6—7.

[6] 肖文发, 程瑞梅, 李建文, 等. 三峡库区杉木林群落多样性研究. 生态学杂志, 2001, **20**(1): 1—4.

[7] 朱学雷, 安树青, 张立新, 等. 海南五指山热带山地雨林主要种群结构特征分析. 应用生态学报, 1999, **10**(6): 641—644.

[8] 臧润国, 杨彦承, 蒋有绪. 海南岛霸王岭热带山地雨林群落结构及树种多样性特征的研究. 植物生态学报, 2001, **25**(3): 270—275.

[9] 张金屯. 植被数量生态学方法. 北京: 中国科学技术出版社, 1995. 10—20.

[10] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究——丰富度、均匀度和物种多样性指数. 生态学报, 1995, **15**(3): 268—277.

[11] 汪殿蓓, 暨淑仪, 陈飞鹏. 植物群落物种多样性指数研究综述. 生态学杂志, 2001, **20**(4): 55—60.

[12] 彭少麟. 南亚热带森林群落动力学. 北京: 科学出版社, 1996. 84—88, 332—336.

[13] 马克平, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法—— α 多样性的测度(下). 生物多样性, 1994, **2**(4): 231—239.

[14] 许再富. 稀有濒危植物迁地保护的原理和方法. 昆明: 云南科技出版社, 1998. 129—175.

[15] 于永福. 中国野生植物保护工作的里程碑——国家重点野生植物保护名录(第一批)出台. 植物杂志, 1999(5): 3.

[16] Glenn-Levin D C , Peet R K , Veblen T T. Plant Succession : Theory and Prediction. London: Chapman & Hall, 1992.

[17] Connell J H. Diversity in tropical rain forest and coral reefs. *Science*, 1978, **199**: 1 302—1 309.

[18] Denslow J S. Tropical rain forest gaps and tree species diversity. *Ann Rev Ecol*, 1987, **18**: 431—451.