

西双版纳补蚌地区望天树林近 20 a来 物种多样性变化研究*

梁娟^{1, 2} 朱华^{1* * *} 王洪¹ 周仕顺¹

(¹中国科学院西双版纳热带植物园昆明分部 昆明 650223)

(²怀化学院生物工程系 湖南怀化 418008)

摘要 通过对 1988年和 2006年西双版纳补蚌地区望天树林样方资料的比较研究,探讨了望天树林群落近 20 a来在物种多样性方面的变化.研究结果表明,在 2006年的样方中,望天树仍然具有最大的优势度,该群落仍然是以望天树为优势种的单优群落.在群落自身演替以及外界环境干扰的影响下,幼树、灌木和藤本植物种类和数量明显增加,而草本植物和附生植物减少.分析乔木层的物种多样性变化发现,尽管 2006年样方在植物种类和数量上都要高于 1988年样方,但辛普森指数和均匀度指数并未增加,很可能是样方中形成了林窗的结果.另外,乔木层中物种优势度变化非常明显,少数优势种衰退了,少数变得更优势.1988年的两个样方中分别有 50%和 40%的物种被后来的物种所取代,物种替换现象特别显著,外界环境的干扰可能是导致物种成分替换的主要原因.图 2表 1参 23

关键词 望天树;生物多样性;热带雨林;干扰

CLC S718.5

Changes in Species Diversity of *Parashorea* Forest in the Past 20 Years in Xishuangbanna, Yunnan*

LIANG Juan^{1, 2}, ZHU Hua^{1* * *}, WANG Hong¹ & ZHOU Shishun¹

(¹Kunming Section of Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences
Kunming 650223 China)

(²Department of Biology, Huaihua University, Huaihua 418008, Hunan China)

Abstract Based on a comparison of the sampling data between 1988 and 2006 obtained from *Parashorea* forest in Bubeng, Xishuangbanna in southwest of China, the changes in the structure, species composition, life form, plant abundance and species diversity of the forest in the past 20 years were analyzed. *Parashorea chinensis* was still the most dominant species in the forest. The species number and individuals of young trees, shrubs and lianas increased obviously, but herbs and epiphytes were found decreasing. Both the species number and individuals of trees in the sampling plots in 2006 increased compared to those in the plots in 1988, but the Simpson's and Pielous indices were found no increase. The changes in the tree species dominance were obvious. Some species declined in their abundance, while some increased. In two plots of 1988, 50% and 40% of tree species were replaced by new migrants respectively, which were caused mainly by the increasing disturbances, including human activities. Fig 2, Tab 1, Ref 23

Keywords *Parashorea chinensis*; species diversity; tropical rain forest; disturbance

CLC S718.5

热带雨林仅占全球陆地面积的 7%,却维持了全球 50%以上的物种,是地球上生物多样性最丰富和生产力最高的生态系统^[1].但由于人口的增长和不合理的开发利用,热带森林每年以 0.9%的速率在地球上消失,森林片段化和生境破碎化现象日趋严重^[2].森林面积的减少以及破碎化、片段化程度的加剧必然会导致森林群落结构与性质的变化.目前,热带地区生境破碎化和森林片段化与生物多样性关系的研究成为国际上

对热带森林生物多样性保护研究的重要内容^[3-4],但是大多数的研究都是关于动物群落多样性与森林片段化关系的研究,而对植物多样性与森林片段化关系的研究不是很多,并且主要集中在片段热带雨林的边缘效应上^[5].就我国来说,也是生境破碎化与动物类群之间的研究较多,而由人类活动所引起的土地利用、覆被变化导致森林片段化,进而导致森林物种组成、群落结构发生变化的研究相对较少^[6].

位于东南亚热带北缘的西双版纳属于热带生物区系向亚热带生物区系的过渡地带,由于特殊的地理和地质历史背景,西双版纳成为我国生物多样性最丰富的地区之一.然而近几十年来,在人口增长与经济利益的驱动下,西双版纳州的热带森林面积锐减,森林覆盖率由 20 世纪 50 年代的 60% 减少到了 90 年代初的 27% 左右^[7],尤其是处于低海拔地区的热带季节

收稿日期: 2006-08-01 接受日期: 2006-10-16

* 国家自然科学基金项目 (No. 30570128) 和中国科学院知识创新工程项目资助. Supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 30570128) and the Knowledge Innovation Project of the Chinese Academy of Sciences.

* * 通讯作者. Corresponding author. (E-mail: zhuh@xtbg.ac.cn)

雨林地区, 雨林面积大量减少, 而橡胶地面积却急剧增加, 森林破碎化程度相当严重^[8-9]。

作为我国一级保护植物的望天树 (*Parashorea chinensis*), 是东南亚热带雨林的标识性物种, 以望天树为乔木优势种的望天树林是一个典型的热带雨林植被类型, 它在与东南亚热带雨林植被和植物区系的联系上占有十分重要的位置。然而近年来, 在自然因素和人为因素的共同作用下, 西双版纳望天树林分布区的原始森林植被遭到剧烈破坏, 种质资源迅速流失, 导致望天树林群落面积不断减少, 破碎化现象严重, 已成为不连续的残存状态^[10]。国内不少学者已对望天树的形态特征、望天树林群落区系组成^[10]、种群动态^[11]、种子萌发^[12]、遗传多样性^[13]、林窗小气候^[14]、土壤养分含量^[15]等进行了研究。本文将以望天树林群落为例, 从物种组成、物种优势度及物种多样性等特征上来分析西双版纳望天树林群落在自然因素以及人类活动影响下的变化, 以探讨热带地区生境破碎化和片断化与生物多样性之间的关系。

1 研究地区概况与研究方法

1.1 研究地区概况

本研究地区位于西双版纳勐腊县, 该区域受西南季风控制, 全年高温无霜, 年均温 20℃左右, 年降雨量 1 500 mm, 相对湿度 86%, 有明显的干湿季之分, 其中干季降雨量仅占全年降雨量的 18.4%, 但干季的浓雾和重露对降雨不足给与了一定的补偿, 所以在该地区的低海拔区域仍具备热带雨林生存的条件, 如该地区就分布有具典型热带雨林特征的望天树林。

我国的望天树林现仅局部分布于我国云南省南部的勐腊县、东南部的河口以及广西西南部的那坡、巴马、龙州等地的局部生境, 但还是以本研究区域的群落面积最大, 保存最为完好, 也最有研究价值^[10]。西双版纳的望天树林主要沿南杭河、南腊河、灰阴河、灰庚河以及回都河等河流呈条状或是块片状分布, 它们一般分布在海拔 700~950 m 范围内, 其中以 800 m 处分布最为集中。

望天树林具有典型的热带雨林的基本结构和外貌, 群落高达 60 m 以上, 乔木层具有明显的分层现象, 大致可以分为 3 层: 乔 A 层几乎全部由望天树组成, 高大 30 m, 树冠彼此间不连接而孤立突出于乔 B 层林冠上; 乔 B 层高 18~30 m, 组成树种以云树 (*Garcinia cowa*) 占优势, 该层的组成树种多, 郁闭度高。乔 C 层可以分为两个亚层, 其中上层高 10~18 m, 以木奶果 (*Baccaurea ramiflora*)、滇毒鼠子 (*Dichapetalum geb-noides*) 等为代表; 乔 C 层下层以假海桐 (*Pittosporopsis kerri*) 占优势。灌木层高 1.5~5 m, 由幼树和灌木组成, 其中幼树占绝对优势。草本植物因林下阳光不足而不发达, 林内藤本植物非常丰富, 其中又以木质藤本占绝对优势^[10]。

1.2 研究方法

1988年, 朱华等在勐腊县补蚌灰阴河的望天树林 (λ (E) 101°36', φ(N) 21°36') 中设置了两个 50 m × 50 m 的样方, 调查了它们的物种组成、群落结构及其它生态学特征。其中样方 I 设在沟底, 灰阴河的一条小溪从这个样方的一角流过, 样方 II 设在山坡上, 这两个样方基本上能代表沟底和山坡两种生境的望天树林群落。为了比较望天树林群落近 20 a 来在物种多

样性上的变化, 我们于 2006 年在同样的地方设置了两个同样大小的样方, 采用同样的调查方法 (记名记数测量所有胸径 5 cm 以上的立木, 在每个大样方内的四角和中心均共设 5 个 5 m × 5 m 的小样方, 调查幼树、灌木和草本, 并记录名称以及株、丛数等) 进行详细的植物区系采集记录, 对于一些当时鉴定不出的物种, 则采集标本带回标本馆, 进行详细的鉴定。

对所获得的初步资料进行整理、分析和综合研究, 然后再与 1988 年的样方调查资料进行比较, 分析 2006 年样方与 1988 年样方在植物种类组成、物种优势度、物种多样性以及其它生态学特征上的异同。

根据物种多样性测度指数应用的广泛程度以及对群落物种多样性状况的反映能力, 本文采用以下 4 种物种多样性指数来测度和分析群落物种多样性特征^[16-17]。公式分别为:

(1) 物种丰富度: $R = S$

(2) Simpson 指数: $D = 1 - \sum P_i^2$

(3) Shannon-Wiener 指数: $H' = -\sum P_i \cdot \ln(P_i)$

(4) Pielou 均匀度指数: $J_{sw} = H' / \ln S$

其中, S 为样方的总物种数, P_i 为第 i 种物种在样方中出现的概率。

2 结果与分析

2.1 物种数量的变化

2.1.1 乔木层物种数量的变化 西双版纳原始热带雨林群落中, 乔木层中的大多数树种仅由少数个体所代表, 只有少数种类有较多个体^[18], 这种情况可以由样方乔木树种的种序图来反映。1988 年、2006 年望天树林样方 I 和样方 II 乔木树种的种序图见图 1。1988 年的种序图与西双版纳其他热带雨林乔木种序图类似, 其乔木的种序图也显示出了一个长尾, 原因是乔木层中有 1~2 个个体种类较多。样方 I 中仅有一株或两株的物种数为 41, 占全部物种数的 73.21%; 样方 II 中仅有一株或两株的物种数为 37, 占全部物种数的 64.91%。

从图 1 中可以看出, 2006 年两个样方乔木树种的种序图仍然具有一个长尾, 且 2006 年样方的物种数要明显高于 1988 年的。这一方面说明了近 20 a 来, 望天树林的物种多样性仍然十分丰富, 仍具有典型的热带雨林性质。另一方面, 种序图的尾巴变长, 群落物种数变多, 说明该群落有可能受到了外界环境一定程度上的中度干扰, 从而导致物种种类的增加。

进一步分析乔木层物种变化, 发现大量的物种从 1988 年的样方中缺失, 而被其它的物种所取代。例如在样方 I 中, 1988 年缺失了 28 个物种, 占原有物种数的 50%; 在 1988 年样方 II 中缺失的物种数为 25, 占原有物种数的 44%, 这些缺失的种类被新成分替换。虽然热带雨林群落是一个由林窗期、建群期和成熟期这 3 个演替阶段所组成的镶嵌体, 它总是处在一个连续的植物区系组成的浮动状态, 一个群落景观实体的小块片所代表的也仅仅是该群落的植物区系的时间和空间浮动的一个部分^[19-22], 但上述的这种明显的植物区系成分的替换, 并不完全是在该群落自然的植物区系成分的替换速率上, 森林的片断化以及人为干扰的不断加剧, 无疑影响和加速了这种替换。另外, 在所消失的这些物种中, 绝大多数都是那些只有 1~2 个个体的物种, 在样方 I 中 1~2 个个体的物种占了 93%, 在样方 II 中占了 72%, 这说明在群落受到干扰后, 首先消失的是往往是那些只有 1~2 个个体的稀有物种。

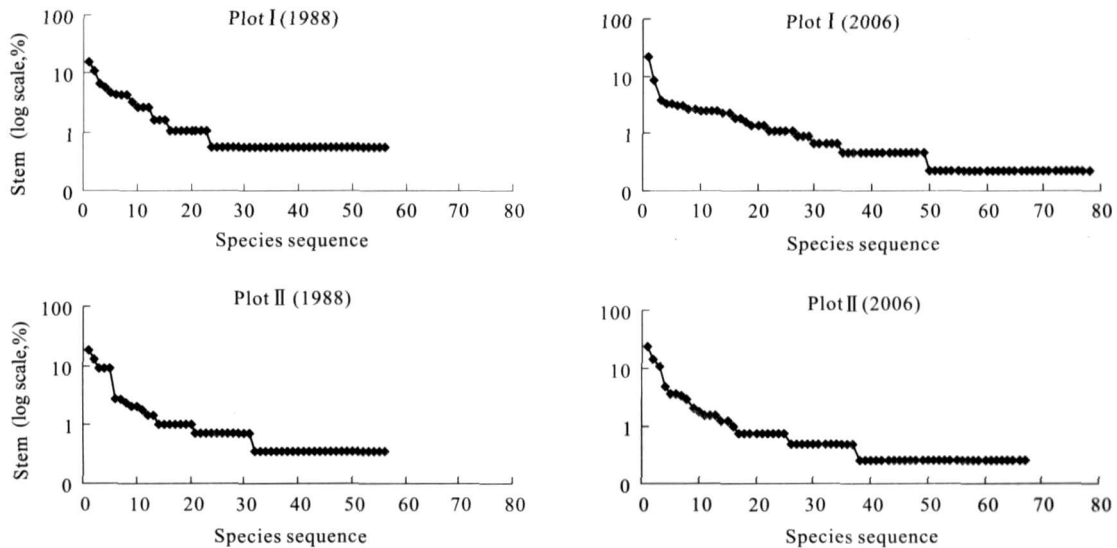


图 1 1988年、2006年望天树林样方种序图比较

Fig 1 Comparison of species sequences of trees in the plots of *Parashorea* forest in 1988 and 2006

2.1.2 幼灌层、草本层、层间植物物种数量的变化 1988年在样方 I 和样方 II 中幼树分别为 48 种 144 株和 53 种 210 株,而在 06 年的两个样方中则分别为 55 种 215 株和 57 种 410 株,灌木在 1988 年样方 I 中为 9 科 20 种 66 株,样方 II 中为 8 科 18 种 74 株,而 2006 年则分别为 13 科 28 种 109 株和 13 科 21 种 102 株。从以上数据可以看出,幼树和灌木在种类上都有所增加,但增加不是特别明显,而在数量上的变化则非常显著。从藤本植物的科、属、种上来看,2006 年两个样方的藤本植物都有显著的增加。例如 1988 年在样方 I 和样方 II 中,藤本植物分别为 24 科 41 种和 24 科 40 种,而在 2006 年的两个样方中则分别为 29 科 61 种和 31 科 58 种。如果把 2006 年的株树转换为多度来表示,则发现 2006 年两个样方的藤本植物在数量上也明显高于 1988 年。草本植物和附生植物的变化一致,均有所减少。

幼树、灌木、藤本植物的增加以及草本和附生植物的减少说明群落可能受到了一定的外界环境的干扰^[5],群落生境可能已经或正在发生变化,草本植物特别是附生植物的减少说明环境正逐渐由阴湿向干暖转变,如果这种转变仍然继续,整个群落可能会变得更加不稳定,甚至于完全改变。这同时也印证了森林片段化后,由于边缘效应和林内生境在一定程度上的干暖化,喜湿耐荫的附生植物以及林下草本植物趋于减少,而喜光的藤本植物以及小高位芽植物如幼树、灌木则趋于增加^[5]。

2.2 乔木层物种组成及优势度的变化

我们对 1988 年和 2006 年样方乔木树种的多优度进行了比较,将 1988 年、2006 年各样方中多优度大于 4.00 的物种列于表 1。

从图中可看出,1988 年样方 I 和样方 II 中上层树种望天树的多优度远远高于其它物种,是望天树为单独优势种的单优群落。2006 年,望天树在两个样方中仍具最大的相对多度和相对优势度,表明该群落仍然是以望天树为优势种的单优群落。

另外,分析乔木层其它物种多优度的变化,我们发现,1988 年样方中一些优势度小的物种现在优势度增大,如蓝果谷木 (*Menecylon cyanocarpum*)、尖叶木 (*Urophyllum chinense*)、红光树 (*Knema furfuracea*) 等,少数原来优势度大的物种现在变得更优势,如假海桐 (*Pittosporopsis kerrii*)。大部分物种在 1988 年样方中优势度大,现在优势度变小或是物种缺失,在 2006 年的两个样方中均有很多的物种缺失,而被新增加的物种所替代,植物区系成分替换现象明显。因此,近 20 a 来望天树林样方在物种多优度以及物种组成上的变化是非常显著的。

2.3 物种多样性的变化

图 2 是 1988 年、2006 年各样方胸径大于 5 cm 的乔木层物种的丰富度、均匀度指数、香农-威纳指数和辛普森指数。从图中可以看出,2006 年两个样方乔木物种数均大于 1988 年两个样方的乔木物种数。例如,在 700 m 海拔的样方 (样方 I) 上,物种数量增加了 22 种,而在 800 m 海拔的样方 (样方 II),物种数量则增加了 10 种,2006 年乔木层物种丰富度明显要比 1988 年高。2006 年乔木层物种数量虽然增加了,但是群落的均匀度指数和多样性指数并没有都增加,反而有所减少,除样方 I 中的香农-威纳指数有所增加外,群落的均匀度指数和辛普森指数均减少了。物种多样性指数是群落物种丰富度和均匀度的综合体现。2006 年的样方物种数增加,但均匀度指数和辛普森指数并未增加,很有可能是因为林窗的出现导致局部地区的物种数增加,而造成物种分布不均匀,群落多样性指数反而降低。

灌木层物种多样性变化也比较显著,例如样方 I 中,1988 年灌木的丰富度指数为 20,2006 年为 28,辛普森指数从 0.89 上升为 0.92,而香农-威纳指数从 1988 年的 5.09 转变为 2006 年的 5.77,样方 II 也同样出现了丰富度指数和多样性指数升高的情况。从物种的丰富度水平上来看,幼树、藤本植物近 20 a 来增加明显,而草本和附生植物则有所减少。

表 1 1988年、2006年望天树林样方乔木层物种优势度变化
Table 1 Tree dominance in the plots of *Parashorea* forest in 1988 and 2006

样地 Plot	时间 Date	种名 Species	株树 Individuals	相对多度 Relative abundance (RA)	相对优势度 Relative dominance (RD)	多优度 RA+RD
Pbt I	1988	望天树 <i>Parashorea chinensis</i>	30	16.13	37.36	53.49
		勐海石栎 <i>Lithocarpus foaiensis</i>	6	3.20	13.30	16.50
		云树 <i>Garcinia cava</i>	21	11.29	2.95	14.24
		木奶果 <i>Baccaurea ramiflora</i>	12	6.50	0.98	7.48
		披针叶楠 <i>Phoebe kwokata</i>	11	5.91	0.69	6.60
		棒柄花 <i>Cleidion brakteosum</i>	9	4.86	1.54	6.40
		红果葱臭木 <i>Dysoxylum binectariferum</i>	2	1.08	5.12	6.20
		毛斗青冈 <i>Cyclobalanopsis chrysocalyx</i>	1	0.54	5.51	6.05
		红椿 <i>Toona ciliata</i>	1	0.54	5.10	5.64
		浆果乌桕 <i>Sapium baccatum</i>	1	0.54	5.10	5.64
		滇南栎 <i>Eurya austroyunnanensis</i>	8	4.30	0.80	5.10
		尖尾榕 <i>Ficus langkokensis</i>	8	4.30	0.78	5.08
		假海桐 <i>Pittosporopsis kerrii</i>	8	4.30	0.14	4.44
		其它 Others	68	36.51	20.63	20.63
		合计 Total	186	100.00	100.00	200.00
	2006	望天树 <i>Parashorea chinensis</i>	93	21.04	37.23	58.28
		假海桐 <i>Pittosporopsis kerrii</i>	36	8.14	3.65	11.80
		云树 <i>Garcinia cava</i>	15	3.39	4.27	7.66
		木奶果 <i>Baccaurea ramiflora</i>	15	3.39	2.71	6.11
		蓝果谷木 <i>Mencylon cyanocephalum</i>	13	2.94	2.84	5.78
		尖叶木 <i>Urophyllum chinense</i>	17	3.85	1.51	5.35
		景洪暗罗 <i>Polyalthia sinianum</i>	12	2.71	2.06	4.77
		玉蕊 <i>Barringtonia pendula</i>	11	2.49	2.21	4.70
		红光树 <i>Knema furfuracea</i>	13	2.94	1.58	4.52
		阔叶蒲桃 <i>Syzygium latilobum</i>	11	2.49	1.96	4.44
		滇南栎 <i>Eurya austroyunnanensis</i>	11	2.49	1.86	4.35
		滇毒鼠子 <i>Dichapetalum gelonioides</i>	12	2.71	1.62	4.34
		泰国黄叶树 <i>Xanthophyllum siamense</i>	11	2.49	1.77	4.26
		其它 Others	172	38.91	34.72	73.64
		合计 Total	442	100.00	100.00	200.00
Pbt II	1988	望天树 <i>Parashorea chinensis</i>	52	18.44	61.83	80.27
		假海桐 <i>Pittosporopsis kerrii</i>	38	13.48	0.72	14.20
		云树 <i>Garcinia cava</i>	25	8.87	4.03	12.90
		木奶果 <i>Baccaurea ramiflora</i>	26	9.22	1.39	10.61
		滇毒鼠子 <i>Dichapetalum gelonioides</i>	26	9.22	1.29	10.51
		坚叶樟 <i>Cinnamomum chartophyllum</i>	3	1.06	5.46	6.52
		印度栲 <i>Castanopsis indica</i>	4	1.42	4.79	6.21
		绒毛番龙眼 <i>Panettia tomentosa</i>	3	1.06	3.29	4.35
		其它 Others	107	37.23	17.20	54.43
		合计 Total	284	100.00	100.00	200.00
	2006	望天树 <i>Parashorea chinensis</i>	57	14.32	33.24	47.56
		假海桐 <i>Pittosporopsis kerrii</i>	96	24.12	11.05	35.17
		木奶果 <i>Baccaurea ramiflora</i>	42	10.55	7.40	17.95
		云树 <i>Garcinia cava</i>	15	3.77	5.99	9.76
		滇毒鼠子 <i>Dichapetalum gelonioides</i>	19	4.77	2.85	7.63
		红光树 <i>Knema furfuracea</i>	15	3.77	3.21	6.98
		滇茜树 <i>Aidia yunnanensis</i>	14	3.52	1.62	5.14
		粗丝木 <i>Gomphandra tetrandra</i>	12	3.02	1.99	5.01
		蓝果谷木 <i>Mencylon cyanocephalum</i>	8	2.01	2.24	4.25
		垂叶榕 <i>Ficus benjamina</i>	2	0.50	3.69	4.19
		其它 Others	118	29.65	26.71	56.36
		合计 Total	398	100.00	100.00	200.00

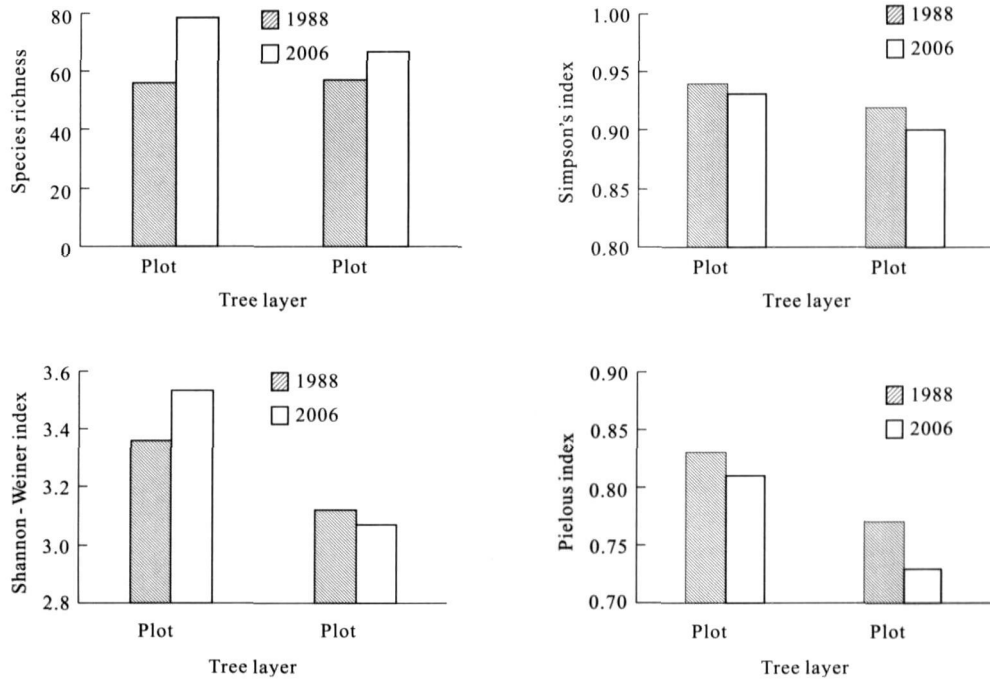


图 2 望天树林乔木层 1988、2006年物种多样性的比较

Fig. 2 Comparison of species diversities of trees in the plots of *Parashorea* forest in 1988 and 2006

2.4 外界环境的干扰对望天树林群落的影响

望天树林群落生物多样性的变化一方面受群落自身演替的影响, 另一方面也受到了外界环境的干扰。近年来, 随着人口的不断增长与经济的快速发展, 人们逐渐加强了对土地の利用程度, 从而导致一些地区显著的土地利用/覆被变化。就望天树林样方所在地区而言, 近 20 a 来在土地利用、土地覆被上也发生了很大的变化。我们的研究发现, 从 1988 年到 2006 年, 西双版纳补蚌、景飘望天树林分布区橡胶地面积以 $120.56 \text{ hm}^2/\text{a}$ 的平均速度递增, 有林地面积则不断减少, 其中热带季节雨林以 $111.35 \text{ hm}^2/\text{a}$ 的平均速度递减。橡胶地面积的不断扩大直接造成了林地面积的减少以及森林的破碎化和片断化程度的加剧。本研究中的两个样方位于保护区的核心位置, 但是近年来, 随着天然橡胶价格的不断提升, 当地百姓种植橡胶的积极性空前提高, 甚至出现了橡胶地不断蚕食保护区的现象, 导致了一些望天树林群落逐渐靠近保护区的外缘, 边缘效应造成小气候的变化^[23], 进而影响群落的生物多样性。

3 结论与讨论

近 20 a 来, 西双版纳补蚌地区望天树林样方在物种组成、物种优势度及物种多样性等方面发生了各种各样的变化。

1988 年的两个样方中, 望天树的多优度要远远高于其他物种的多优度, 形成了以望天树为单独优势种的单优群落, 而在 2006 年的两个样方中, 望天树仍然具有最大的相对多度和相对优势度, 表明近 20 a 来, 该群落整体的性质还是没有改变, 仍是以望天树为优势种的单优群落。分析乔木层的种序图, 发现 2006 年的两个样方和 1988 年的两个样方一样, 都具有一个长尾, 而且从图 1 可以看出, 2006 年样方的种序图尾巴更长, 说明 2006 年样方中只有 1~2 个个体的物种所占比例仍然很大, 群落仍具有丰富的物种多样性, 该群落的性质仍然是典

型的热带雨林性质。进一步分析乔木层的物种多样性指数, 发现尽管 2006 年样方在物种种类和数量上要高于 1988 年样方, 但其均匀度指数及辛普森指数却要低于 1988 年样方。原因可能是 2006 年样方中大大小小的林窗的出现导致局部地区的物种数量迅速增加, 样方内物种分布不均匀, 从而多样性指数有所降低。在物种组成上, 藤本植物不论是在种类上还是在数量上都有明显的增加, 幼树和灌木在数量上也是有明显的增加, 而草本和附生植物则有所减少。我们认为如此显著的变化除了受群落自身演替的影响外, 可能还受到了一定的外界环境的干扰。我们研究发现, 西双版纳补蚌望天树林分布区近 20 a 来发生了显著的土地利用/覆被变化, 橡胶地种植面积的不断增加直接导致了林地面积的减少, 尤其是处于低海拔地区的热带季节雨林。作为我国一级保护植物的望天树, 其生存状况也受到了严重的威胁。在实际的调查过程中, 我们发现望天树林样方外围原来的部分森林现在都已经变成了橡胶林, 也就是说望天树林以前是处于保护区的核心位置, 而当橡胶地不断蚕食保护区后, 望天树林逐渐向保护区外围靠近, 导致群落生境发生变化, 逐渐由阴湿向干暖转变, 从而导致群落的物种组成发生改变, 草本植物、附生植物比例减少, 藤本植物和小高位芽植物比例明显增高^[5]。

而在乔木层的物种组成上, 发现 1988 年样方中分别有 50% 和 44% 的物种缺失, 而被后来更多的物种所取代。虽然热带雨林群落是一个由林窗期、建群期和成熟期这 3 个演替阶段所组成的镶嵌体, 它总是处在一个连续的植物区系组成的浮动状态, 但上述的这种明显的植物区系成分的替换, 并不完全是在它自然更新基础上的植物区系的替换速率上, 外界环境的干扰无疑影响和加速了这种替换。但干扰程度究竟有多大, 具体是怎么干扰的, 还有待进一步研究。

References

- Wilson EO. The current state of biological diversity. In: Wilson EO, Peter FM eds. Biodiversity. Washington D. C.: National Academy Press, 1988. 3~18
- Burgess J. Timber production, timber trade and tropical deforestation. *Ambio*, 1993, **22**: 136~143
- Turner M. Species loss in fragments of tropical rain forest: A review of the evidence. *Appl Ecol*, 1996, **33**: 20~209
- Laurance WF, Bierregaard RO. Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities. Chicago: The University of Chicago Press, 1997
- Zhu H (朱华), Xu ZF (许在富), Wang H (王洪), Li BG (李保贵), Long BY (龙碧云). Effects of fragmentation on the structure, species composition and diversity of tropical rain forest in Xishuangbanna, Yunnan. *Acta Phytocol Sin* (植物生态学报), 2000, **24** (5): 560~568
- Zhu H, Xu ZF, Wang H, Li BG. Tropical rain forest fragmentation and its ecological and species diversity change in southern Yunnan. *Biodiv & Conserv*, 2004, **13**: 1355~1372
- Zhang JH, Cao M. Tropical forest vegetation of Xishuangbanna, SW China and its secondary changes—with special reference to some problems in local nature conservation. *Biol Conserv*, 1995, **73**: 229~234
- Liu WJ (刘文俊), Ma YX (马友鑫), Hu HB (胡华斌), Cao M (曹敏), Wang W (王伟). Land use and land cover change in the tropical rainforest region of southern Yunnan—A case study of Menglin, Xishuangbanna. *Mount Sci* (山地学报), 2005, **23** (1): 71~79
- Li HM, Aide TM, Ma YX, Liu WJ, Cao M. Demand for rubber is causing the loss of high diversity rain forest in SW China. *Biodiv & Conserv*, 2007, **16**: 1731~1745
- 朱华. 西双版纳龙脑香热带雨林生态学与生物地理学研究. 云南: 云南科技出版社, 2000. 76~119
- Zhao XN (赵学农), Liu LH (刘伦辉), Gao SY (高圣义), Tang JW (唐继武). Studies on the population structure and dynamics of *Parashorea chinensis* in Xishuangbanna, Yunnan, China. *Guhan* (广西植物), 1996, **16** (3): 225~232
- Ying SH (殷寿华), Shuai JG (帅建国). Study on fruiting behaviour, seedling establishment and population age classes of *Parashorea chinensis*. *Acta Bot Yunnanica* (云南植物研究), 1990, **12** (4): 415~420
- Li QM (李巧明), He TH (何田华), Xu ZF (许在富), Cao KF (曹坤芳). Genetic diversity and population genetic structure of endangered *Parashorea chinensis*. *Mol Plant Breeding* (分子植物育种), 2003, **1** (5/6): 819~820
- Liu WJ (刘文杰), Li QJ (李庆军), Zhang GM (张光明), Shi JP (施济普), Bai KJ (白坤甲). Microclimatic characteristics of canopy gaps in *Shorea chinensis* forest in Xishuangbanna. *Acta Phytocol Sin* (植物生态学报), 2000, **24** (3): 356~361
- Xue N (薛敬意), Tang JW (唐建维), Sha LQ (沙丽清), Meng Y (孟盈). Soil nutrient contents and their characteristics of seasonal changes under *Shorea chinensis* forest in Xishuangbanna. *Acta Phytocol Sin* (植物生态学报), 2003, **27** (3): 373~379
- Ma KP (马克平), Huang JH (黄建辉), Yu SL (于顺利), Chen LZ (陈灵芝). Plant community diversity in Dongling Mountain, Beijing, China. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 1995, **15** (3): 268~277
- Zhang GC (张国成), Shi JP (施济谱), Zhou SS (周仕顺), Zhu H (朱华). Community ecology of montane rainforest in Mengyang, Xishuangbanna, Yunnan. *Chin J Appl Environ Biol* (应用与环境生物学报), 2006, **12** (6): 761~765
- Cao M, Zhang JH. Tree species diversity of tropical forest vegetation in Xishuangbanna. *Biodiv & Conserv*, 1997, **6**: 995~1006
- Richards PW. The Tropical Rain Forest. London: Cambridge University Press, 1952
- Whitmore TC. Canopy gaps and the two major groups of forest trees. *Ecology*, 1989, **70** (3): 53~538
- Whitmore TC. An Introduction to Tropical Rain Forest. Oxford: Clarendon Press, 1990
- Brokaw NVL. Species composition in gaps and structure of a tropical forest. *Ecology*, 1989, **70**: 538~541
- Liu WJ (刘文杰), Tang JW (唐建维), Bai KJ (白坤甲). Microclimate edge effects within and between *Shorea chinensis* forest fragments in Xishuangbanna. *Acta Phytocol Sin* (植物生态学报), 2001, **25** (50): 616~622