

大瑶山国家级自然保护区中山针阔混交林的植物多样性* Plant Species Diversity of Mixed Broadleaf-conifer Forest in Mid Mountain Region of Dayaoshan State Natural Reserve, Guangxi

严理¹, 王磊¹, 罗保庭², 周晓果¹, 朱宏光¹, 尤业明¹, 李晓琼¹, 温远光^{1**}

YAN Li¹, WANG Lei¹, LOU Bao-ting², ZHOU Xiao-guo¹, ZHU Hong-guang¹, YOU Ye-ming¹, LI Xiao-qiong¹, WEN Yuan-guang¹

(1. 广西大学林学院, 亚热带农业生物资源保护与利用国家重点实验室, 广西南宁 530004; 2. 大瑶山国家级自然保护区管理局, 广西金秀 545700)

(1. State Key Laboratory for Conservation and Utilization of Subtropical Agro-bioresources, Forestry College of Guangxi University, Nanning, Guangxi, 530004, China; 2. Management Office for Dayaoshan State Natural Reserve, Jinxiu, Guangxi, 545700, China)

摘要:【目的】阐明中山针阔混交林群落的物种多样性形成机理、分异规律及维持机制。【方法】在全面踏查的基础上, 通过建立 12 块 20 m×20 m 的调查样地, 研究中山针阔混交林的植物群落组成、植物多样性及分异规律。【结果】银杉混交林共有植物 56 科 76 属 94 种, 长苞铁杉混交林共有植物 51 科 78 属 103 种, 广东五针松混交林有 30 科 43 属 66 种, 小叶罗汉松混交林有 29 科 38 属 49 种。银杉混交林的针阔叶树优势种分别是银杉 (*Cathaya argyrophylla*, 重要值 IV 为 34.86)、长苞铁杉 (*Tsuga longibracteata*, 47.70)、五列木 (*Pentaphylax euryoidea*, 27.69)、信宜杜鹃 (*Rhododendron faithiae*, 18.07); 长苞铁杉混交林相应为长苞铁杉 (63.44)、五列木 (51.03)、马蹄荷 (*Exbucklandia populnea*, 13.24); 广东五针松混交林为广东五针松 (*Pinus kwangtungensis*, 43.19)、五列木 (59.09)、大头茶 (*Polyspora axillaris*, 44.49)、马蹄荷 (26.10); 小叶罗汉松混交林为小叶罗汉松 (*Podocarpus wangii*, 58.22)、福建柏 (*Fokienia hodginsii*, 32.89)、南华杜鹃 (*Rhododendron simiarum*, 66.31)。中山区 4 种混交林中乔木层的物种丰富度没有显著差异 ($P > 0.05$), 而灌木层和草本层的物种丰富度存在显著差异 ($P < 0.05$), 乔木层和灌木层的植物多样性指数无显著差异 ($P > 0.05$); 长苞铁杉混交林中草本层的物种多样性指数显著高于广东五针松混交林 ($P < 0.05$); 其它类型间差异不显著 ($P > 0.05$)。【结论】中山区特殊的气候和土壤条件是针阔混交林形成的主要原因, 而作为优势种的针阔叶树种的生态生物学特性是维持中山区针阔混交林物种多样性的关键。

关键词: 针阔混交林 植物多样性 中山 大瑶山国家级自然保护区

中图分类号: Q145 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9164(2015)06-0600-06

收稿日期: 2015-11-10

作者简介: 严理 (1989-), 博士研究生, 主要从事森林生态学研究。

* 国家自然科学基金项目 (31460121), 国家科技支撑计划项目 (2011BAC09B02, 2012BAD22B01) 和大瑶山国家级自然保护区管理局项目资助。

** 通讯作者: 温远光 (1957-), 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事森林生态和森林培育研究, E-mail: wenyg@263.net。

Abstract: 【Objective】 Plant species diversity of mixed broadleaf-conifer forest in mid mountain region of Dayaoshan state natural reserve was studied in order to illustrate their forming mechanism, changing law and maintaining regimes. 【Methods】 Twelve investigation plots (20 m×20 m) were established based on all-round survey to study the plant community composition, diversity and changing law of the mixed broadleaf-coni-

fer forest in mid mountain region. **【Results】** There were 94 species falling into 56 families and 76 genera in the *Cathaya argyrophylla* mixed forest, 103 species belonging to 51 families and 78 genera in the *Tsuga longibracteata* mixed forest, 66 species falling into 30 families and 43 genera in the *Pinus kwangtungensis* mixed forest, and 49 species falling into 29 families and 38 genera in the *Podocarpus wangii* mixed forest. The dominant species were *Cathaya argyrophylla* (IV: 34. 86), *Tsuga longibracteata* (47. 70), *Pentaphylax euryoides* (27. 69) and *Rhododendron faithiae* (18. 07) in the *Cathaya argyrophylla* mixed forest; *Tsuga longibracteata* (63. 44), *Pentaphylax euryoides* (51. 03) and *Exbucklandia populnea* (13. 24) in the *Tsuga longibracteata* mixed forest; *Pinus kwangtungensis* (43. 19), *Pentaphylax euryoides* (59. 09), *Polyspora axillaris* (44. 49) and *Exbucklandia populnea* (26. 10); *Podocarpus wangii* (58. 22), *Fokienia hodginsii* (32. 89) and *Rhododendron simiarum* (66. 31) in the *Podocarpus wangii* mixed forest. There was no significant difference in species richness in the tree layers of the four mixed forests in mid mountain ($P > 0.05$), however significant difference existed between the woody and herbaceous layer ($P < 0.05$). There was no significant difference in plant diversity index in the tree and shrub layers ($P > 0.05$). The species diversity index of herbaceous layer in *Tsuga longibracteata* mixed forest significantly higher than that in the *Pinus kwangtungensis* mixed forest ($P < 0.05$), and there were no significant differences in the other forests ($P > 0.05$). **【Conclusion】** This study suggested that the special climate and soil condition are primary cause of the formation of mixed broadleaf-conifer forest in the mid mountain, while the ecological and biological characters of the main conifer and broad-leaf tree species are critical for the maintaining of the species diversity.

Key words: mixed broadleaf-conifer forest, plant species richness, mid mountain region, Dayaoshan state natural reserve

0 引言

【研究意义】 中山针阔混交林是常绿阔叶林垂直带谱的一个重要组成部分^[1], 这些森林不仅蕴藏着丰富的珍稀物种, 还具有强大的生态服务功能^[2,3], 发挥着重要的物种基因库、水库、碳库、氧库作用。开展中山针阔混交林生物多样性研究, 可为其保育提供科学依据。**【前人研究进展】** 关于常绿阔叶林群落的生物多样性, 已有大量的研究报道^[1~10], 但是, 对中山针阔混交林的生物多样性的认识有限, 特别是对它的形成机理缺乏研究与分析。**【本研究切入点】** 通过对大瑶山中山针阔混交林的全面调查, 分析比较不同针阔混交林的群落组成、物种多样性和分布规律, 揭示中山针阔混交林的形成机理与维持机制。**【拟解决的关键问题】** 探讨和阐明中山针阔混交林群落的物种多样性形成机理、分异规律及维持机制。

1 材料与方法

1.1 研究区域环境概况

大瑶山位于广西中部弧形山脉东翼中段, 主峰天堂山海拔 1979 m。大瑶山地层古老, 地貌以中山为

主, 气候属南亚热带向中亚热带过渡的季风区, 山地气候特征明显, 冬无严寒, 夏无酷暑, 雨量充沛。据金秀县气象站(海拔 772.3 m)资料^[3], 该地区年均气温 17.0℃, 年平均最高气温 21.7℃, 年平均最低气温 13.8℃; 年中最热月(7月)平均气温 23.9℃, 最冷月(1月)平均气温 8.3℃, 年极端最高气温 32.6℃, 年极端最低气温 -5.6℃; 年 $\geq 10^\circ\text{C}$ 活动积温为 5551.2℃, 是广西活动积温低值的县份之一。其年均降水量 1824.0 mm, 是广西多雨的县份之一; 雨量主要集中在 4~10月, 占全年降雨总量的 85.4%; 年蒸发量 1203.0 mm, 年中除 10月至次年 2月的蒸发量略大于降雨量外, 其余各月均明显小于降雨量; 相对湿度 83%。中山区土壤一般为山地漂灰黄壤^[3]。

1.2 样地群落调查

基于 2008 年 7 月对大瑶山国家级自然保护区全面踏查的基础, 2014 年 8 月, 选择银杉、长苞铁杉、广东五针松和小叶罗汉松 4 种混交林群落类型建立调查样地, 每个样地面积为 20 m \times 20 m, 每个类型 3 个重复。将每个 400 m² 样地进一步细分为 4 个 10 m \times 10 m 中样方、16 个 5 m \times 5 m 和 16 个 1 m \times 1 m 的小样方, 以中样方为单位, 记录每个乔木个体(胸径 \geq

2 cm)的种名、胸径、树高以及林冠郁闭度;以小样方为单位分别调查灌木层(5 m×5 m)和草本层(1 m×1 m)的物种种名、个体数、高度和盖度。

1.3 物种多样性指数计算

植物物种多样性计算方法^[11]:

物种丰富度(S)为每个20 m×20 m调查样方中出现的物种种数;Shannon-Wiener指数(H'):

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i,$$

其中, $P_i = N_i/N$, N_i 为种*i*的个体数, N 为种*i*所在调查样方中所有物种的个体数之和;

重要值(IV): $IV = \text{相对多度}(Dr) + \text{相对显著度}(Pr) + \text{相对频度}(Fr)$,其中, $Dr = \text{某个种的个体数}/\text{全部种的个体总数} \times 100\%$, $Pr = \text{某个种的盖度}/\text{全部种的总盖度} \times 100\%$, $Fr = \text{某个种的频度}/\text{全部种的总频度} \times 100\%$ 。重要值的计算以每个群落类型中出现的所有物种为基础,重要值范围为0~300。

1.4 数据统计分析

采用单因素方差分析(one-way ANOVA)分别比较不同群落类型植物物种丰富度(S)、Shannon-Wiener指数(H')的差异程度。数据分析在SPSS 18.0软件下完成,显著性水平设为 $P < 0.05$

2 结果与分析

2.1 中山针阔叶混交林群落的科属种组成

据统计,以银杉为标志的混交林(CA)共有植物56科76属94种,以长苞铁杉为标志的混交林(TL)共有植物51科78属103种,以广东五针松为标志的混交林(PK)有30科43属66种,以小叶罗汉松为标志的混交林(PW)有29科38属49种。可见大瑶山中山针阔叶混交林群落的科属种组成存在一定的差异,前两种混交林的科属种组成较复杂,后两种比较简单,差异明显。

2.2 群落中胸径 ≥ 2 cm的物种组成及重要值(IV)

由表1可知,大瑶山中山针阔混交林群落的物种组成存在较大差异。以银杉为标志的混交林,其针叶树种主要是银杉(34.86)、长苞铁杉(47.70),阔叶成分主要是五列木(27.69)、信宜杜鹃(18.07)、竹叶木姜子(16.91)、银荷木(10.93);以长苞铁杉为标志的混交林中针叶成分与银杉混交林相似,但长苞铁杉(63.44)占绝对优势,银杉(8.62)只有零星分布,阔叶成分主要是五列木(51.03)、马蹄荷(13.24)、银荷木(10.20)、金毛柯(9.80),此外,林中还有较多的下层

小乔木,如假黄杨(10.26)、山柳(13.81)、半枫荷(10.42)、羊角杜鹃(9.23)等;和上述两种类型不同,以广东五针松为标志的混交林和以小叶罗汉松为标志的混交林群落的物种组成差别明显。前者的阔叶成分占较大优势,五列木(59.09)、大头茶(44.49)、马蹄荷(26.10)、金毛柯(18.67)成为优势种,针叶成分只有广东五针松(43.19)和马尾松(7.59),但是,它们经常占居群落的上层,成为群落的优势种或共建种;后者明显以针叶树种占优势,从外貌上看几乎都是小叶罗汉松(58.22)和福建柏(32.89),阔叶成分都居针叶林冠之下,且以杜鹃花科植物为主,重要的如南华杜鹃,重要值最大(66.31)。

2.3 群落中灌木层和草本层的物种组成及重要值

由表2可知,不同类型群落灌木层的物种组成也存在明显差异。银杉混交林灌木层重要值大于10的物种有10种,这10个种的重要值(168.10)占总重要值的56.03%,主要是小山柳(41.53)、假黄杨(24.08)、密花树(15.23)和竹叶木姜子(13.95);长苞铁杉混交林相应为7种,重要值之和为128.20,占总值的42.73%,主要是箬竹(28.08)、小山柳(28.03)、杜鹃一种(19.50)和假黄杨(18.55);广东五针松混交林灌木层重要值大于10的物种仅6种,但重要值之和最大(193.34),占64.45%,最具优势的是五列木(62.80)、山柳(37.13)、马蹄荷(31.08)和羊角杜鹃(31.01);小叶罗汉松混交林灌木层大于10的物种也较多,共10种,重要值之和为213,占总重要值的71%,其中以箭竹(41.47)、棱果花(30.14)、扶芳藤(27.35)和铁仔树(25.61)最普遍。它们的共同特点是灌木层都是以乔木幼苗幼树为主,占总物种数的64%~76%,真正的灌木种类少,只占11%~26%,层间植物不发育,占5%~14%。

由图1可知,银杉混交林与长苞铁杉混交林草本层优势种很相似,分别是凤尾蕨(76.29)、淡竹叶(58.59)、石苇(37.51)、阔鳞鳞毛蕨(33.29)、苔草(22.94)和苔草(70.94)、凤尾蕨(35.98)、中华复叶耳蕨(28.80)、石苇(27.86)、淡竹叶(23.63)。广东五针松混交林和小叶罗汉松混交林草本层的物种组成差异极大,与前两种类型也明显不同。广东五针松混交林草本层的优势种是苔草(122.88)、蜈蚣蕨(78.47)、蕨(76.91)、光里白(21.74),而小叶罗汉松混交林草本层的优势种则是瓶蕨(93.42)、卷柏(62.00)、骨牌蕨(48.43)和黑莎草(37.52)。

表 1 不同群落中胸径≥2 cm 的物种组成(IV 值排前 20 的物种)及重要值

Table 1 Species composition (DBH≥2 cm) and important value (species before 20 in IV) of tree layer in different communities

CA		TL		PK		PW	
种名 Species name	IV	种名 Species name	IV	种名 Species name	IV	种名 Species name	IV
长苞铁杉	47.7	长苞铁杉	63.44	五列木	59.09	南华杜鹃	66.31
银杉	34.86	五列木	51.03	大头茶	44.49	小叶罗汉松	58.22
五列木	27.69	山柳	13.81	广东五针松	43.19	福建柏	32.89
信宜杜鹃	18.07	马蹄荷	13.24	马蹄荷	26.1	杜鹃	18.84
竹叶木姜子	16.91	半枫荷	10.42	半枫荷	18.67	阔叶白兰	17.22
银荷木	10.93	假黄杨	10.26	假黄杨	15.3	大头茶	16.15
假黄杨	9.4	银荷木	10.2	羊角杜鹃	9.97	红楣	13.41
大头茶	8.67	金毛柯	9.8	山柳	9.44	凹叶冬青	12.37
树参	8.65	羊角杜鹃	9.23	马尾松	7.59	红花荷	8.26
深山含笑	7.92	甜椎	9.03	鼠刺	6.69	粗叶木	6.75
白豆杉	7.89	银杉	8.62	日本杜英	6.47	船柄木	6.57
虎皮楠	7.69	树参	8.16	粗梗木莲	5.58	马蹄参	5.29
马蹄荷	7.37	阴香	6.42	虎皮楠	5.07	华南山矾	4.92
甜椎	6.5	杜鹃	5.32	红淡比	4.09	卫矛科一种	4.33
石栎	6.26	杨桐	5.28	银荷木	3.22	拟榕叶冬青	4.3
南烛	5.53	南烛	5.21	海南木五加	3.16	石斑木	1.11
山柳	5.23	信宜杜鹃	4.68	竹叶木姜子	2.77	山矾	3.73
海南木五加	5.21	海南木五加	4.46	米椎	2.71	南亚新木姜	3.46
绿樟	4.74	大头茶	4.11	亮叶杨桐	2.68	密花树	3.19
密花树	4.74	白豆杉	4.05	甜椎	2.6	石栎	1.84
其余	59.12	其余	65.73	其余	23.72	其余	12.86

注 Note:长苞铁杉 *Tsuga longibracteata*, 银杉 *Cathaya argyrophylla*, 五列木 *Pentaphylax euryoides*, 信宜杜鹃 *Rhododendron faithiae*, 竹叶木姜子 *Litsea pseudoeolomgata*, 银荷木 *Schima argentea*, 假黄杨 *Syzygium buxifolium*, 大头茶 *Polyspora axillaris*, 树参 *Dendropanax dentigerus*, 深山含笑 *Michelia maudiae*, 白豆杉 *Pseudotaxus chienii*, 虎皮楠 *Daphniphyllum glaucescens*, 马蹄荷 *Exbucklandia populnea*, 甜椎 *Castanopsis eyrei*, 石栎 *Lithocarpus glaber*, 南烛 *Vaccinium bracteatum*, 山柳 *Clethra fabri*, 海南木五加 *Dendropanax hainanensis*, 绿樟 *Meliosma squamulata*, 密花树 *Myrsine seguinii*, 半枫荷 *Semiliquidamber cathayensis*, 金毛柯 *Lithocarpus chrysocomus*, 羊角杜鹃 *Rhododendro cavaleriei*, 阴香 *Cinnamomum burmannii*, 杜鹃 *Rhododendron simsii*, 杨桐 *Adinandra millettii*, 广东五针松 *Pinus kwangtungensis*, 马尾松 *Pinus massoniana*, 鼠刺 *Itea chinensis*, 日本杜英 *Elaeocarpus japonicus*, 粗梗木莲 *Manglietia crassipes*, 虎皮楠 *Daphniphyllum oldhamii*, 红淡比 *Cleyera japonica*, 米椎 *Castanopsis carlesii*, 亮叶杨桐 *Adinandra nitida*, 南华杜鹃 *Rhododendron simi-rum*, 小叶罗汉松 *Podocarpus wangii*, 福建柏 *Fokienia hodginsii*, 阔瓣含笑 *Michelia cavaleriei*, 红楣 *Anneslea fragrans*, 凹叶冬青 *Ilex championii*, 红花荷 *Rhodoleia parvipetala*, 粗叶木 *Lasianthus chinensis*, 船柄木 *Stewartia sinensis*, 马蹄参 *Diplopanax stachyanthus*, 越南山矾 *Symplocos cochinchinensis*, 卫矛一种 *Euonymus* sp., 拟榕叶冬青 *Ilex subficoidea*, 石斑木 *Raphiolepis indica*, 山矾 *Symplocos sumutia*, 南亚新木姜 *Neolitsea zeylanica*.

表 2 不同群落中灌木层的物种组成(IV 值排前 20 的物种)及重要值

Table 2 Species composition and important value (species before 20 in IV) of shrub layer in different communities

CA		TL		PK		PW	
种名 Species name	IV	种名 Species name	IV	种名 Species name	IV	种名 Species name	IV
小山柳	41.53	箬竹	28.08	五列木	62.80	箭竹	41.47
假黄杨	24.08	小山柳	28.03	山柳	37.17	椴果花	30.14
密花树	15.23	杜鹃一种	19.50	马蹄荷	31.08	扶芳藤	27.35
竹叶木姜子	13.95	假黄杨	18.55	羊角杜鹃	31.01	铁仔树	25.61
双飞蝴蝶	13.00	五列木	11.64	假黄杨	16.24	南亚新木姜	17.37
野黄桂	12.71	阴香	11.62	灰木	15.08	粗叶木	17.19
小果珍珠花	12.67	杜鹃	10.78	粗梗木莲	9.47	结香	14.28
五列木	12.09	云锦杜鹃	9.15	鼠刺	9.25	密花树	13.71
来江藤	11.70	矮短紫金牛	8.56	深山含笑	8.91	悬钩子	13.07
锈毛石斑木	11.14	锈毛石斑木	8.54	红楠	8.66	小叶罗汉松	12.78
箬竹	9.16	山柳	7.74	绿樟	6.89	土茯苓	9.06
杜鹃	9.04	竹叶木姜子	7.65	烟斗石栎	4.40	鼠刺	8.77
杜鹃一种	7.91	来江藤	6.78	甜椎	4.27	日本杜英	8.11
鼠刺	5.70	三裂槭	5.84	满山香	4.18	福建柏	7.42
虎皮楠	5.66	木姜子	5.84	亮叶杨桐	3.96	卫矛科一种	6.65
红黄远志	4.72	野黄桂	5.48	虎皮楠	3.95	谷木冬青	5.02

续表 2

Continue table 2

CA		TL		PK		PW	
种名 Species name	IV	种名 Species name	IV	种名 Species name	IV	种名 Species name	IV
山柳	4.65	黄棉木	5.10	红淡比	3.77	榕叶冬青	4.68
甜锥	4.40	羊角杜鹃	5.07	半枫荷	3.42	石栎	4.38
疏花卫矛	4.28	鼠刺	4.78	杨梅	3.40	罗汉松	4.24
矮短紫金牛	4.27	密花树	4.7	紫金牛	2.68	粗叶悬钩子	3.83

注 Note: 小山柳 *Clethra bodinieri*, 假黄杨 *Syzygium buxifolium*, 密花树 *Myrsine seguinii*, 竹叶木姜子 *Litsea pseudoelongata*, 双飞蝴蝶 *Tylophora floribunda*, 野黄桂 *Cinnamomum jensenianum*, 小果珍珠花 *Lyonia ovalifolia* var. *elliptica*, 五列木 *Pentaphylax euryoides*, 来江藤 *Brandisia hancei*, 锈毛石斑木 *Rhaphirolepis ferruginea*, 箬竹 *Indocalamus tessellatus*, 杜鹃 *Rhododendron simsii*, 杜鹃一种 *Rhododendron* sp., 鼠刺 *Itea chinensis*, 虎皮楠 *Daphniphyllum oldhamii*, 黄远志 *Polygala arillata*, 山柳 *Clethra fabri*, 甜锥 *Castanopsis hystrix*, 疏花卫矛 *Euonymus laxiflorus*, 矮短紫金牛 *Ardisia pedalis*, 阴香 *Cinnamomum burmannii*, 云锦杜鹃 *Rhododendron fortunei*, 五裂槭 *Acer oliverianum*, 木姜子 *Litsea pungens*, 黄棉木 *Metadina trichotoma*, 羊角杜鹃 *Rhododendro cavaleriei*, 鼠刺 *Itea chinensis*, 绿樟 *Meliosma squamulata*, 粗梗木莲 *Manglietia crassipes*, 深山含笑 *Michelia maudiae*, 红楠 *Machilus thunbergii*, 灰木 *Symplocos sumuntia*, 烟斗石栎 *Lithocarpus corneus*, 满山香 *Valeriana officinalis*, 亮叶杨桐 *Adinandra glischroloma*, 红淡比 *Cleyera japonica*, 紫金牛 *Ardisia japonica*, 日本杜英 *Elaeocarpus japonicus*, 小叶罗汉松 *Podocarpus wangii*, 福建柏 *Fokienia hodginsii*, 箭竹 *Fargesia spathacea*, 梭果花 *Barthea barthei*, 扶芳藤 *Euonymus fortunei*, 铁仔树 *Myrsine africana*, 南亚新木姜 *Neolitsea zeylanica*, 粗叶木 *Lasianthus chinensis*, 结香 *Edgeworthia chrysantha*, 悬钩子 *Rubus* sp., 土茯苓 *Smilax glabra*, 鼠刺 *Itea chinensis*, 卫矛一种 *Euonymus* sp., 谷木冬青 *Ilex memecylifolia*, 榕叶冬青 *Ilex ficoidea*, 石栎 *Lithocarpus glaber*, 罗汉松 *Podocarpus macrophyllus*, 粗叶悬钩子 *Rubus alceaefolius*。

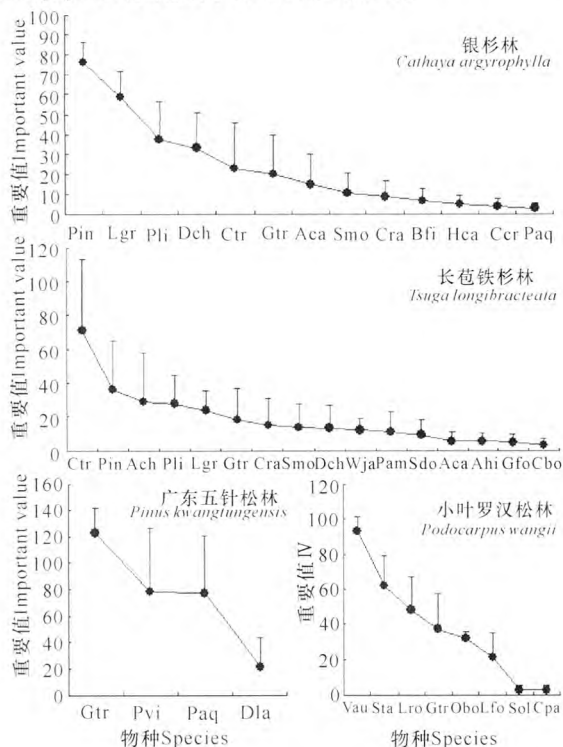


图 1 不同群落类型草本层的物种组成及重要值
Fig. 1 Species composition and important value of herb layer in different communities

Pin: 凤尾蕨 *Pteris cretica* var. *intermedia*, Lgr: 淡竹叶 *Lophatherum gracile*, Pli: 石韦 *Pyrrosia lingua*, Dch: 阔鳞鳞毛蕨 *Dryopteris championii*, Ctr: 苔草 *Carex tristachya*, Gtr: 黑莎草 *Gahnia tristis*, Aca: 鞭叶铁线蕨 *Adiantum caudatum*, Smo: 江南卷柏 *Selaginella moellendorffii*, Cra: 苦苣苔 *Conandron ramondioides*, Bfi: 紫背天葵 *Begonia fimbriatipula*, Hca: 剑叶耳草 *Hedyotis caudatifolia*, Ccr: 革命菜 *Crassocephalum crepidioides*, Paq: 蕨 *Pteridium aquilinum*, Ctr: Ach: 中华复叶耳蕨 *Arachniodes chinensis*, Wja: 狗脊蕨 *Woodwardia japonica*, Pam: 友水龙骨

Polypodiodes amoena, Sdo: 深绿卷柏 *Selaginella doederleinii*, 荩草 *Arthraxon hispidus*, Gfo: 白凤菜 *Gynura formosana*, Obo: 沿阶草 *Ophiopogon bodinieri*, Pvi: 蜈蚣蕨 *Pteris vittata*, Dla: 光里白 *Diplopterygium laevissimum*, Vau: 瓶蕨 *Vandenboschia auriculata*, Sta: 卷柏 *Selaginella tamariscina*, Lro: 骨牌蕨 *Lepidogrammitis rostrata*, Lfo: 匙叶草 *Latouchea fokienensis*, Sol: 四棱草 *Schnabelia oligophylla*, Cpa: 华南毛蕨 *Cyclosorus parasiticus*。

2.4 群落的物种多样性

由图 2 可知, 中山针阔混交林乔木层的物种丰富度没有显著差异 ($P > 0.05$), 而灌木层和草本层的物种丰富度存在显著差异 ($P < 0.05$)。广东五针松混交林和小叶罗汉松混交林灌木层的物种丰富度显著低于银杉混交林, 其余 3 种类型差异不显著 ($P > 0.05$); 广东五针松混交林草本层的物种丰富度显著低于小叶罗汉松混交林 ($P < 0.05$), 其它类型间差异不显著 ($P > 0.05$)。

还可以看出, 不同群落类型不同层次的物种多样性指数, 乔木层和灌木层均无显著差异, 长苞铁杉混交林草本层的物种多样性指数显著高于广东五针松混交林 ($P < 0.05$), 其它类型间差异不显著 ($P > 0.05$)。

3 讨论

树种分布和群落的物种组成受到诸多因素的影响, 其中气候、土壤是主要的影响因素^[12~14]。早期的研究发现, 银杉主要分布于北纬 24°46'~29°12'、东经 106°48'~113°42' 的亚热带季风气候区^[15], 其分布的最东端为八面山, 最西端为大娄山, 最南端为大瑶山, 最北端为越城岭^[15], 适应气候的特点是冬季较

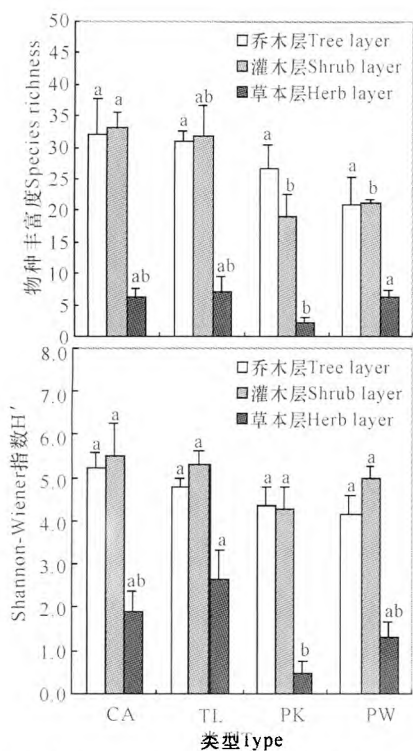


图2 不同群落类型不同层次的物种丰富度和多样性指数

Fig. 2 Species richness and Shannon-Wiener index of different layers in different communities

寒冷,夏季凉爽而短促,阴雨天数,湿度大,云雾多,日照少^[3]。在中亚热带的中山区,土层浅薄、岩石裸露的山脊甚至悬崖常形成以银杉、长苞铁杉、广东五针松、小叶罗汉松为优势的森林^[1,3]。然而,有关中山针阔混交林的形成机理少有分析和报道。本研究表明,大瑶山中山区4种针阔混交林中的针叶树种都具有一个共同的特点,即耐寒冷、耐瘠薄,因此,在这些区域常常形成以它们(一种或两种甚至多种针叶树)为优势的森林。但是,它们构成的并非针叶纯林,而是针阔混交林。原因有两点:一是由于大瑶山地理位置偏南,这些针阔混交林中的阔叶树种比较发育,针叶树种相对较少。在种类组成上,针叶树种一般仅有2~4种,占乔木层物种数的7%~9%,阔叶树种有25~49种,占91%~93%。在群落的重要值构成方面,针叶树种仅为51~94,而阔叶树种为206~249。二是由于中山区海拔较高,低温阴雨冰冻灾害经常发生,阔叶树种树冠巨大,很难成为群落上层的优势种或建群种,特别是在土层浅薄、岩石裸露的山脊,而银杉、长苞铁杉、小叶罗汉松等针叶树种对冬季寒冷的气候和岩石裸露的山脊适应能力较强,因而成为群落上层的优势种或建群种。因此,在大瑶山海拔1300~1700 m、岩石裸露大的山脊只能形成针叶树种居上层、阔叶树种居中下层的针阔混交林。

参考文献:

[1] 大瑶山自然资源综合考察队. 广西大瑶山自然资源考察[M]. 上海:学林出版社,1988.
Comprehensive Survey Team of Dayaoshan Natural Resources. The Natural Resources Survey of Dayaoshan in Guangxi[M]. Shanghai:Academia Press,1988.

[2] 温远光,和太平,谭伟福. 广西热带和亚热带山地的植物多样性及群落特征[M]. 北京:气象出版社,2004.
Wen Y G, He T P, Tan W F. Plant Diversity and Community Character of Tropical and Subtropical Zones in Guangxi[M]. Beijing:China Meteorological Press,2004.

[3] 谭伟福. 广西十万大山自然保护区生物多样性及其保护体系[M]. 北京:中国环境科学出版社,2005.
Tan W F. Biodiversity and Their Protection System of Shiwandashan Nature Reserve in Guangxi[M]. Beijing:China Environmental Science Press,2005.

[4] 宁世江,李峰,何成新. 生物多样性关键地区——广西元宝山科学考察研究[M]. 南宁:广西科学技术出版社,2009.
Ning S J, Li F, He C X. A Key Areas of Biodiversity—Scientific Investigation Assembles of Yuanbaoshan in Guangxi[M]. Nanning:Guangxi Science and Technology Press,2009.

[5] 广西花坪林区综合考察队. 广西花坪林区综合考察报告[M]. 济南:山东科学技术出版社,1986.
The Integrated Survey Team of Huaping Forest Area of Guangxi. The Report on an Integrated Investigation in Huaping Forest Area of Guangxi [M]. Jinan:Shandong Science and Technology Press,1986.

[6] 李振宇. 广西九万山植物资源考察报告[R]. 北京:中国林业出版社,1993.
Li Z Y. Report on a Plants Resources Investigation of Jiawan Mountain in Guangxi[R]. Beijing: China Forestry Publishing House,1993.

[7] 谭伟福,罗保庭. 广西大瑶山自然保护区生物多样性研究及保护[M]. 北京:中国环境科学出版社,2010.
Tan W F, Luo B T. Biological Diversity and Its Protection in Dayaoshan Nature Reserve, Guangxi[M]. Beijing:China Environmental Science Press,2010.

[8] 宁世江,苏勇,谭学锋. 生物多样性关键地区——广西九万山自然保护区科学考察集[M]. 北京:科学出版社,2010.
Ning S J, Su Y, Tan X F. A Key Areas of Biodiversity—Scientific Investigation Assembles of Jiuwanshan Nature Reserve in Guangxi [M]. Beijing:Science Press,2010.

(下转第 611 页 Continue on page 611)

- Ye Z P. A review on modeling of responses of photosynthesis to light and CO₂ [J]. Chinese Journal of Plant Ecology, 2010, 34 (6): 727-740.
- [4] 叶子飘. 光合作用对光响应新模型及其应用[J]. 生物数学学报, 2008, 23(4): 710-716.
- Ye Z P. A new model of light-response of photosynthesis and its application [J]. Journal of Biomathematics, 2008, 23(4): 710-716.
- [5] 曾小美, 袁琳, 沈允钢. 拟南芥连体和离体叶片光合作用的光响应[J]. 植物生理学通讯, 2002(1): 25-26.
- Zeng X M, Yuan L, Shen Y G. Response of photosynthesis to light intensity in intact and detached leaves of *Arabidopsis thaliana* [J]. Plant Physiology Communications, 2002(1): 25-26.
- [6] 唐艳, 王传宽. 东北主要树种光合作用可行的离体测定方法[J]. 植物生态学报, 2011, 35(4): 452-462.
- Tang Y, Wang C K. A feasible method for measuring photosynthesis *in vitro* for major tree species in north-eastern China [J]. Chinese Journal of Plant Ecology, 2011, 35(4): 452-462.
- [7] 叶子飘, 高峻. 光响应和 CO₂ 响应新模型在丹参中的应用[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2009(1): 129-133.
- Ye Z P, Gao J. Application of a new model of light-response and CO₂-response of photosynthesis in *Salvia miltiorrhiza* [J]. Journal of Northwest A & F University: Natural Science Edition, 2009(1): 129-133.

(责任编辑: 米慧芝)

(上接第 605 页 Continue from page 605)

- [9] 胡舜士. 广西常绿阔叶林的群落学特点[J]. 植物学报, 1979(3): 128-132.
- Hu S S. Community characteristics of evergreen broad-leaved forest in Guangxi [J]. Journal of Integrative Plant Biology, 1979(3): 128-132.
- [10] 王献溥. 广西亚热带山地针阔混交林的群落学特点[J]. 武汉植物研究, 1990, 8(3): 243-253.
- Wang X P. The phytocoenological features of mixed needleleaf and broadleaf forest on subtropical mountain in Guangxi [J]. Journal of Wuhan Botanical Research, 1990, 8(3): 243-253.
- [11] Magurran A E. Ecological Diversity and Its Measurement [M]. Princeton: Princeton University Press, 1988.
- [12] 苏宗明. 广西植被的自然环境条件对广西植被的影响[J]. 广西科学, 1998, 5(1): 51-57.
- Su Z M. Influence of natural environmental conditions on the vegetation in Guangxi [J]. Guangxi Sciences, 1998, 5(1): 51-57.
- [13] 温远光, 元昌安, 李信贤, 等. 大明山中山植被恢复过程植物多样性的变化[J]. 植物生态学报, 1998, 22(1): 33-40.
- Wen Y G, Yuan C A, Li X X, et al. Development of species diversity in vegetation restoration process in mid-mountain region of Damingshan, Guangxi [J]. Acta Phytocologica Sinica, 1998, 22(1): 33-40.
- [14] 温远光. 大明山不同环境梯度植被的物种多样性研究[J]. 广西农业大学学报, 1998, 17(2): 131-137.
- Wen Y G. A studies on the species diversity of vegetation in different environmental gradient in Daming Mountain [J]. Journal of Guangxi Agricultural University, 1998, 17(2): 131-137.
- [15] 何忠伟. 广西天然银杉群落植被与土壤微生物相关的格局分析[D]. 南宁: 广西大学, 2011.
- He Z W. Pattern Analysis of Vegetation and Soil Microbial in Natural *Cathaya argyrophylla*'s Community, Gaungxi [D]. Nanning: Guangxi University, 2011.

(责任编辑: 尹 闯)