

海南尖峰岭热带半落叶季雨林物种组成、结构及其多样性特征^{*}

苏红华¹ 王 红¹ 陈宗杰¹ 余传文¹ 陈晓熹²
吴建辉³ 周 璋³ 李意德³ 许 涵³

(1. 海南省尖峰岭林业局, 海南 乐东 572542; 2. 中国南方石灰岩植物研究中心 / 华南农业大学 林学与风景园林学院, 广东 广州 510642; 3. 中国林业科学研究院 热带林业研究所, 广东 广州 510520)

摘要 应用样方调查法, 对海南尖峰岭半落叶季雨林的物种组成结构及多样性特征进行研究。结果表明, 在总面积 5 000 m² 的样方中, 共记录到胸径 ≥ 1 cm 的植株 2 565 株, 除 3 个种未确定种名外, 其他分属 26 科 42 属 46 种。以大戟科 (Euphorbiaceae) 和桑科 (Moraceae) 为优势科, 以刺桑 (*Streblus ilicifolius*)、布渣叶 (*Microcos paniculata*) 和鹊肾树 (*Streblus asper*) 为优势种。当取样面积达到 3 850 m² 或取样植株数达到 1 800 株时, 记录到的物种数有 47 种, 占总物种数的 95.92%。样地内所有植株平均胸径为 6.36 cm, 径级分布呈倒“J”型。刺桑、赤才 (*Lepisanthes rubiginosa*) 和粗糠柴 (*Mallotus philippensis*) 的空间分布呈较强的聚集性, 布渣叶和鹊肾树的分布较均匀。Shannon-Wiener 多样性指数和 Simpson 多样性指数较低, 样地的物种种类较少, 植株分布的不均匀。

关键词 群落结构; 物种多样性; 半落叶季雨林; 尖峰岭

中图分类号: Q948.12 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053 (2018) 06-0021-07

The Characteristics of Species Composition, Structure and Diversity of Tropical Semi-deciduous Forest in Jianfengling, Hainan Island

SU Honghua¹ WANG Hong¹ CHEN Zongjie¹ YU Chuanwen¹
CHEN Xiaoxi² WU Jianhui³ ZHOU Zhang³ LI Yide³ XU Han³

(1. Jianfengling Forestry Bureau of Hainan, Ledong, Hainan 572542, China; 2. South China Limestone Plants Research Center/ College of Forestry and Landscape Architecture, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642, China; 3. Research Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

Abstract The characteristics of species composition, structure and species diversity of the semi-deciduous forest in Jianfengling, Hainan Island were studied by plot method. The results showed that, in the sample plot of 5 000 m², a total of 2 565 individuals, with stem diameter at breast height (DBH) ≥ 1.0 cm, belonging to 26 families, 42 genera and 46 species were recorded, except of 3 unidentified species. The dominant families were Euphorbiaceae and Moraceae. The dominant species were *Streblus ilicifolius*, *Microcos paniculata* and *Streblus asper*. When the sampling area was 3 850 m² or the sampling individuals were 1 800, 47 species and up to 95.92% of all species were counted in the plot by species-area and species-individual curves. The average DBH of all stems was 6.36 cm and the DBH size class distribution showed a typical inverse-J distribution. The spatial distribution of *Streblus ilicifolius*,

^{*} 基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金 (CAFYBB2017ZE001)。

第一作者: 苏红华 (1968—), 男, 技术员, 主要从事保护区监测工作。

通信作者: 许涵 (1981—), 男, 研究员, 主要从事森林生态学研究, E-mail: hanxu81@gmail.com。

Lepisanthes rubiginosa and *Mallotus philippensis* were strongly clustered. The distribution of *Microcos paniculata* and *Streblus asper* were more uniform. Both Shannon-Wiener diversity index and Simpson diversity index were relatively low. There were fewer species in the plot and species distribution was relatively uneven.

Key words community structure; species diversity; semi-deciduous forest; Jianfengling

生物多样性是衡量森林质量、森林资源丰富度的重要指标,丰富的生物多样性是生态系统稳定的基础^[1],对维持群落稳定、揭示物种共存机制和制定保护策略等具有重要意义^[2]。热带雨林拥有丰富的生物多样性、复杂的群落组成结构以及重要的生态系统功能,在全球生物多样性保护和研究中起着重要作用^[3-4]。海南岛保存有较完整的热带原始森林,尖峰岭更是其中保护状况最好、自然资源最丰富的区域之一,有较大面积的热带森林植被^[5-6],包含了山顶苔藓矮林、热带山地常绿阔叶林、热带山地雨林、热带北缘沟谷雨林、热带常绿季雨林、热带半落叶季雨林、稀树草原和滨海有刺灌丛 7 种主要植被类型^[7-9],是生物多样性研究的热点地区之一,引起众多生态学家的高度关注^[10]。热带季雨林是热带地区主要的森林类型,拥有独特的地形、土壤持水力和养分含量^[11],对丰富热带雨林的多样性具有重要意义,然而目前针对尖峰岭热带半落叶季雨林开展的研究较为匮乏。本文以海南尖峰岭的热带半落叶季雨林为研究对象,分析该植被型的组成结构和多样性特征,为揭示热带半落叶季雨林的多样性维持机制提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 样地所在地环境条件

研究区位于海南岛西南部乐东县和东方市交界处的尖峰岭自然保护区(18° 20' ~ 18° 57' N, 108° 41' ~ 109° 12' E),区内保存有我国现阶段面积较大、较完整的热带原始森林^[8]。保护区属低纬度热带岛屿季风气候区,干湿季节明显,旱季为 11 月至翌年 4 月,湿季为 5 月至 10 月。年均降雨量为 1 600 ~ 2 600 mm,年均气温 24.5℃,最冷月平均气温 19.4℃,最热月平均气温 27.3℃。土壤类型主要有滨海砂土、燥红土、砖红壤、砖黄壤和黄壤^[5,7]。

1.2 样地调查方法

2017 年 1 月,在海南尖峰岭热带林业研究所

试验站后山的热带半落叶季雨林林区设置了 1 个样方面积为 50 m × 100 m 的长期固定样地,分成 50 个 10 m × 10 m 的样方调查了胸径(diameter at the breast height, DBH) ≥ 1.0 cm 所有植株的种名、DBH、树高、相对坐标及其生长状况。

1.3 数据统计分析方法

1.3.1 重要值 重要值(IV)计算公式^[12]为:

$$IV = (RA + RF + RD) / 3 \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{相对多度}(RA) = (\text{某一物种个体数} / \text{全部物种个体数}) \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{相对频度}(RF) = (\text{某一物种的频度} / \text{所有物种的频度和}) \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{相对显著度}(RD) = (\text{某个树种的胸高断面积} / \text{全部树种的总胸高断面积}) \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

1.3.2 物种多样性指数 Shannon-Wiener 多样性指数(H')和 Simpson 多样性指数(D)计算公式^[12]分别为:

$$H' = -\sum P_i \ln P_i \dots\dots\dots (5)$$

$$D = 1 / \sum P_i^2 \dots\dots\dots (6)$$

式中 P_i 为物种 i 的个体数占群落中全部个体数的比例。

物种一面积曲线图、物种一个体曲线图、物种多度分布拟合曲线图、植株胸径分布图以及物种空间分布图均通过 R 3.1.3 完成分析和作图,数据处理在 Excel 2007 中完成。

2 结果与分析

2.1 样地的优势物种及其科属组成

尖峰岭热带半落叶季雨林样地中,除 3 个种未确定种名外,共记录到维管植物 26 科 42 属 46 种。其中大戟科(Euphorbiaceae)种类最多,共有 7 种;其次是桑科(Moraceae),共有 5 种;另有 15 个科所含种数仅有 1 种。鹊肾树属(*Streblus*)种类最多,共有 3 种;其次是野桐属(*Mallotus*)和菜豆树属(*Radermachera*),分别有 2 种;其余各属均只含 1 种。

表 1 尖峰岭热带半落叶季雨林样地中优势物种组成

Table 1 The dominant species composition in the tropical semi-deciduous forest in Jianfengling

物种名 Species	科名 Family	相对胸高断面面积 Relative basal area	相对密度 Relative density	相对频度 Relative frequency	重要值 Importance value
刺桑 <i>Streblus ilicifolius</i>	桑科 Moraceae	8.02	22.81	4.41	11.75
布渣叶 <i>Microcos paniculata</i>	椴树科 Tiliaceae	11.06	9.36	7.41	9.27
鹊肾树 <i>Streblus asper</i>	桑科 Moraceae	4.76	10.49	7.23	7.49
海南榄仁 <i>Terminalia nigrovenulosa</i>	使君子科 Combretaceae	12.17	2.14	4.06	6.13
赤才 <i>Lepisanthes rubiginosa</i>	无患子科 Sapindaceae	3.03	7.33	5.82	5.39
香合欢 <i>Albizia odoratissima</i>	豆科 Fabaceae	9.78	1.68	4.23	5.23
粗糠柴 <i>Mallotus philippensis</i>	大戟科 Euphorbiaceae	5.00	5.46	4.76	5.07
野生龙眼 <i>Dimocarpus longan</i>	无患子科 Sapindaceae	5.57	5.30	3.70	4.86
大沙叶 <i>Aporosa dioica</i>	大戟科 Euphorbiaceae	4.45	3.94	4.76	4.38
东方闭花木 <i>Cleistanthus concinus</i>	大戟科 Euphorbiaceae	1.87	5.81	4.41	4.03
翻白叶 <i>Pterospermum heterophyllum</i>	梧桐科 Sterculiaceae	3.62	2.96	4.41	3.67
厚皮树 <i>Lannea coromandelica</i>	漆树科 Anacardiaceae	6.84	1.01	2.47	3.44
细基丸 <i>Polyalthia cerasoides</i>	番荔枝科 Annonaceae	3.35	1.83	4.06	3.08
毛柿 <i>Diospyros strigosa</i>	柿树科 Ebenaceae	0.68	1.33	2.82	1.61
山石榴 <i>Catunaregam spinosa</i>	茜草科 Rubiaceae	0.29	1.25	3.00	1.51
猫尾木 <i>Dolichandrone caudafelina</i>	紫葳科 Bignoniaceae	1.30	0.78	2.12	1.40
大管 <i>Micromelum falcatum</i>	芸香科 Rutaceae	0.55	1.01	2.47	1.34
黄牛木 <i>Cratoxylum cochinchinense</i>	金丝桃科 Hypericaceae	0.86	1.01	1.94	1.27
割舌树 <i>Walsura robusta</i>	楝科 Meliaceae	1.07	0.94	1.59	1.20
长花厚壳树 <i>Ehretia longiflora</i>	紫草科 Boraginaceae	1.27	0.47	1.76	1.17
毛果扁担杆 <i>Grewia eriocarpa</i>	椴树科 Tiliaceae	1.50	0.47	1.23	1.07
其他 28 种物种 Other species		12.95	12.63	21.34	15.64

注：所有物种重要值 >1.0 Note: Species with importance values larger than 1.0 are listed

样地中重要值 ≥ 1.0 的优势物种共 21 种（表 1），这些种的重要值占总重要值的 84.36%。刺桑的重要值最大（11.75%），植株数量最丰富，在样地中处于明显的优势地位；其次是布渣叶，重要值达 9.27%，相对频度最高，分布广泛；鹊肾树种群的相对胸高断面面积较小，缺乏大径级植株，但其相对密度和相对频度较大，因此重要值也较高。

2.2 样地的物种 - 面积曲线和物种 - 个体曲线

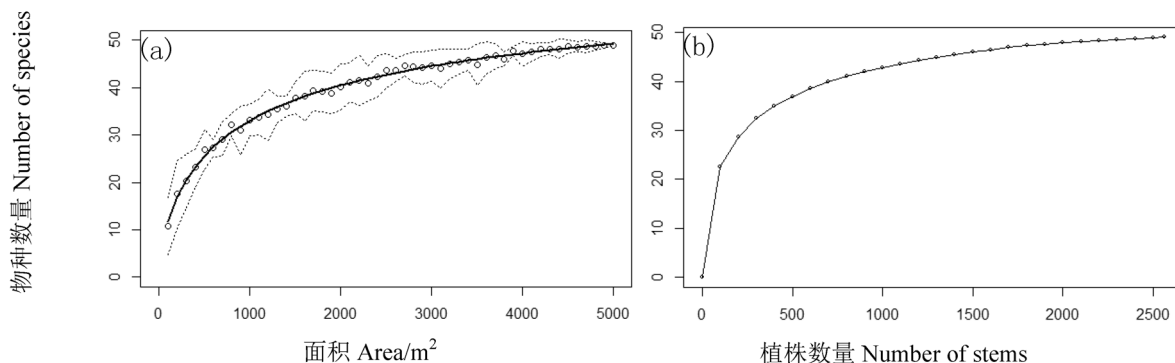
当取样面积达到 3 100 m² 时，记录到的物种数达到 45 种，占总物种数的 91.84%；取样面积达到 3 850 m² 时，记录到的物种数达到 47 种，占总

物种数的 95.92%（图 1a）。

取样植株达到 1 400 株时，记录到的物种数达到 45 种，占总物种数的 91.84%；取样植株达到 1 800 株时，记录到的物种数达到 47 种，占总物种数的 95.92%（图 1b）。

2.3 样地的物种多度分布及其拟合曲线

包括所有未定种名的植株，样地中共有植株数 2 565 株，植株密度达 5 130 株 /hm²，其中存活植株 2 403 株，枯立木 162 株。植株数 > 100 株的物种共 8 种，这些物种的植株数占总植株数的 69.28%，植株数最多的是刺桑（585 株），随后依



注：虚线表示估计值 $\pm 1.96 \times SE$ 的变化范围。Note: The dotted lines indicate the variation range of estimated values $\pm 1.96 \times SE$
图 1 尖峰岭热带半落叶季雨林样地的 (a) 物种-面积曲线和 (b) 物种-个体曲线

Figure 1 (a) Species-area curve and (b) species-individual curve of the tropical semi-deciduous forest in Jianfengling

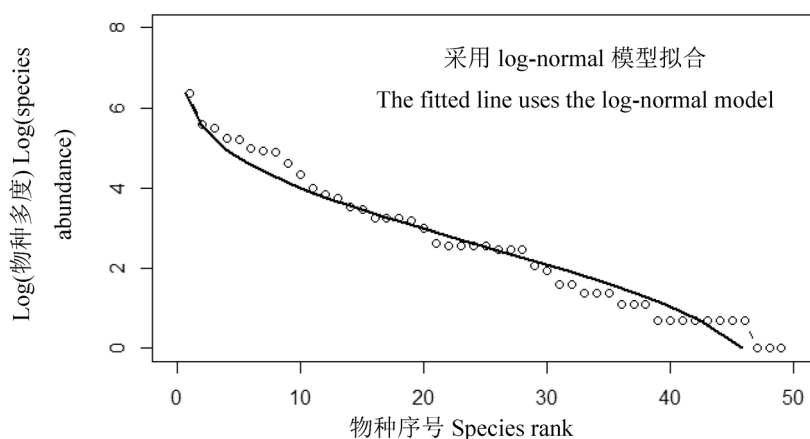


图 2 尖峰岭热带半落叶季雨林样地的物种多度分布及其拟合曲线

Figure 2 The species abundance distribution and fitted curve of the tropical semi-deciduous forest in Jianfengling

次为鹊肾树 (259 株)、布渣叶 (240 株)、赤才 (188 株)、东方闭花木 (149 株)、粗糠柴 (140 株)、野生龙眼 (136 株)、大沙叶 (101 株)。植株数少于 20 株的物种有 29 种, 植株数少于 10 株的物种有 21 种, 植株数仅 1 株的有 3 种, 分别为构棘 (*Maclura cochinchinensis*)、细叶谷木 (*Memecylon scutellatum*) 和 sp.1(未定种名) (图 2)。

2.4 样地的植株胸径分布

样地内所有植株平均 DBH 为 6.36 cm, 总胸高断面积 12.18 m^2/hm^2 。胸径最大的植株是海南榄仁。植株的径级分布呈明显的倒“J”型, 表明该群落更新良好 (图 3)。小径级植株数量最多, DBH < 5 cm 的植株数有 1 373 株, 占总植株数的 53.53%; DBH < 10 cm 的植株数有 2 196 株, 占总植株数的 85.61%; DBH < 15 cm 的植株数有 2 417 株, 占总植株数的 94.23%; DBH $\geq$ 20 cm 植株数有 62 株, 占总植株数的 2.42%。

2.5 优势物种及稀少物种的空间分布

图 4 绘制了重要值 >5.0 的前 7 个物种的空间分布及多度较小的 21 个物种的空间分布。从图中可以看到, 刺桑的植株数量丰富, 呈较强的聚集性, 集中分布在样地的北部和东部; 布渣叶除在样地的东北部植株数量极少外, 在其他区域均有分布, 分布相对均匀; 鹊肾树的分布状况与布渣叶相似, 但在样地的中部及东北部出现一定的空白区; 海南榄仁、香合欢以及多度较小的 21 个物种在样地中的分布较稀疏; 赤才和粗糠柴呈斑块状或条状聚集分布。

2.6 物种多样性

在 50 m $\times$ 100 m 样地尺度的 Shannon-Wiener 物种多样性指数为 2.82, Simpson 物种多样性指数为 0.90。在 10 m $\times$ 10 m 样方尺度的 Shannon-Wiener 物种多样性指数为 1.89 (介于 0.67~2.63 之间), Simpson 物种多样性指数平均为 0.76 (介于

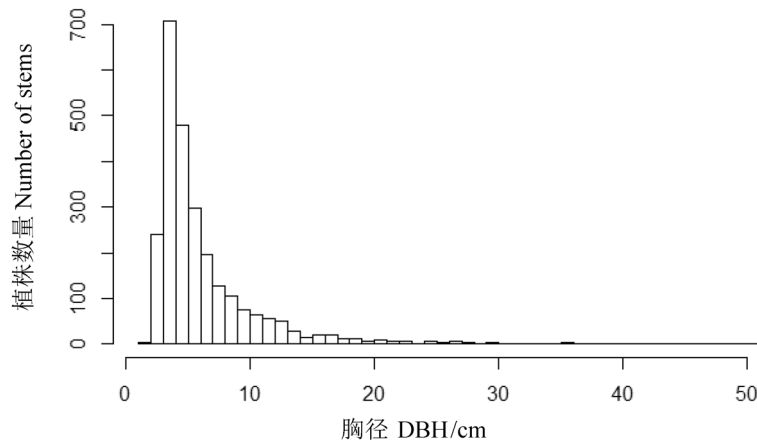


图3 尖峰岭热带半落叶季雨林样地的植株胸径分布

Figure 3 The DBH distribution of the tropical semi-deciduous forest in Jianfengling

0.34~0.92 之间)。

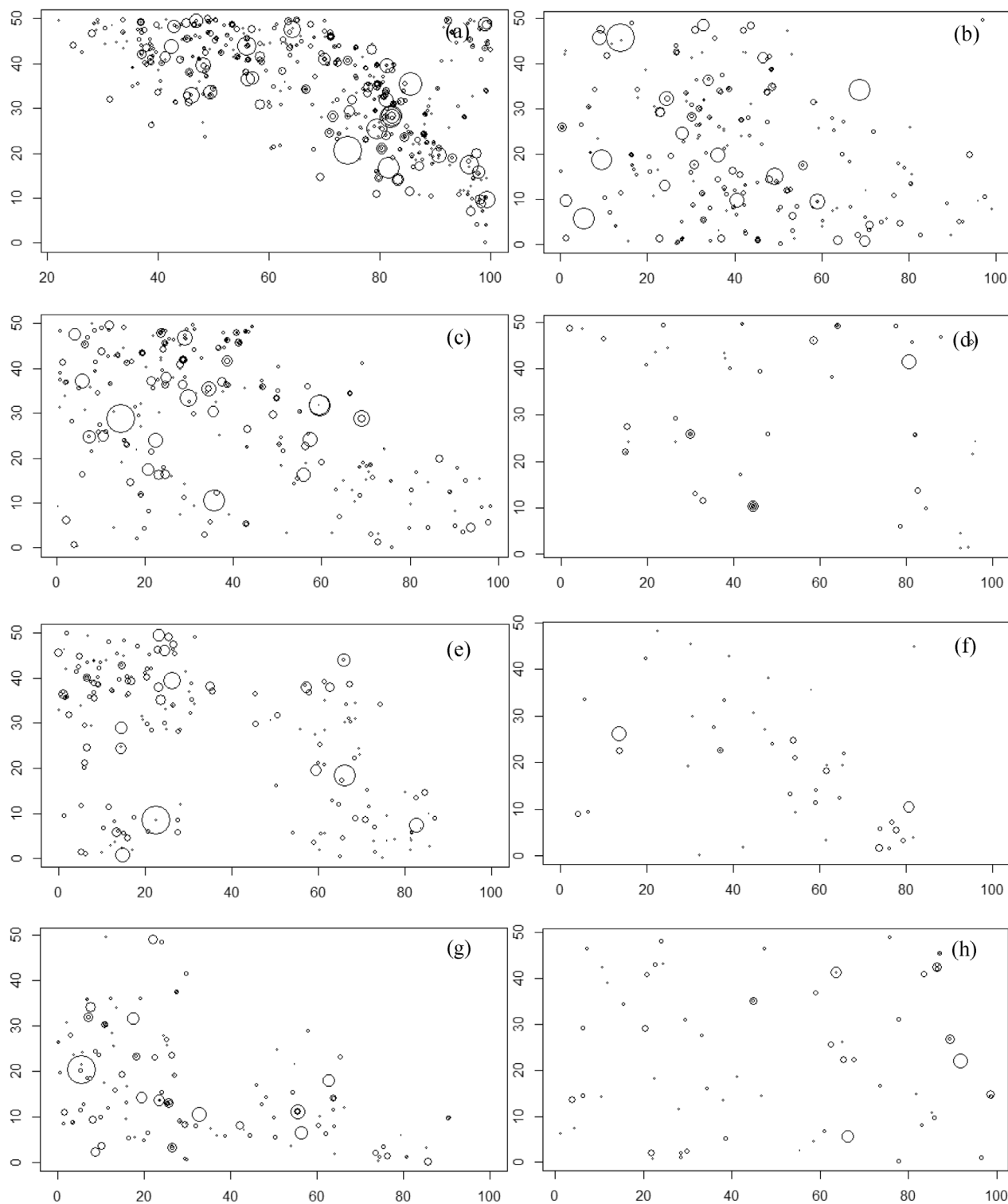
3 讨论与结论

尖峰岭热带半落叶季雨林样地中除 3 种未确定种名的物种外,共记录到维管植物 26 科 42 属 46 种,以大戟科和桑科为优势科,以刺桑、布渣叶和鹊肾树等为优势种。国内众多学者已在尖峰岭不同的植被类型中建立了样地,如 0.23 hm² 半落叶季雨林样地^[13]共记录有维管植物 66 科 137 属 155 种;10.25 hm² 热带雨林样地^[14],记录有维管植物 84 科 253 属 596 种;热带山地雨林 4.8 hm² 样地^[6]和 60 hm² 样地^[10],分别记录有维管植物 65 科 134 属 247 种和 62 科 155 属 290 种;0.54 hm² 两类人工林样地^[15],记录有维管植物 52 科 113 属 145 种。与这些样地相比,此次调查的半落叶季雨林样地物种数量相对较小。受季风的影响,热带半落叶季雨林季相变化明显,灌木层和草本层不发达,单位面积内的物种数比热带雨林和热带山地雨林要少,加之热带半落叶季雨林的落叶种类相对较多,因此在优势科、种的组成上差异也较大;此外,样地面积较小也是本样地物种数量少的原因之一。王德祯^[13]建立的半落叶季雨林样地多为农民游耕作业后、30 年生左右的次生林,相比本样地人为活动更频繁,部分林分尚未郁闭,正处于剧烈的竞争和演替过程,许多物种尚未被淘汰,因此多样性物种数量也高于本样地。尖峰岭人工林样地^[15]为成熟林,在封山育林后已进行了较长时间的更新,郁闭的林分使人工种植的杉木和马尾相思幼苗难以生长,天

然树种迅速发展,丰富了样地的物种数量。

植物种群的空间分布格局受其所处生境的影响,同时也与其自身的生物学特性等密切相关^[16-17]。本研究中,刺桑、赤才、粗糠柴表现出不同程度的聚集分布,分布位置也有所差异,一定程度上反映了物种对适宜生境的偏好性。布渣叶和鹊肾树在样地内广泛分布,分布相对均匀,表现出较强的生境适应能力。海南榄仁和香合欢是该群落冠层的主要组成物种,在植株数量少、分布稀疏的情况下依然有数量较多的大树存在,反映了这两个物种尤其是幼苗较强的生境适应能力。多度较小的物种适应能力和资源争夺能力弱,各自的适生环境也相对较窄并有所差异,因此在样地中的分布较为分散,也反映了生态位分化对维持生物多样性有着重要作用。

物种多样性指数是反映群落内物种丰富度以及分布均匀度的重要指标^[18]。物种多样性分析结果表明样地整体的多样性较低,Shannon-Wiener 物种多样性指数为 2.82, Simpson 物种多样性指数为 0.90,均低于尖峰岭热带山地雨林 4.8 hm² 样地^[6]和 0.54 hm² 两类人工林样地^[15],进一步反映了本样地的物种种类较少,结构较简单。物种多样性指数在一定程度上取决于物种的分布格局^[19]。本研究中,在 10 m × 10 m 样方尺度下,Shannon-Wiener 物种多样性指数介于 0.67~2.63 之间, Simpson 物种多样性指数介于 0.34~0.92 之间,样方的数值变化幅度较大,结合物种的空间分布图(图 4)可以发现,样地中的一些区域植株数量较多且聚集程度高,而一些区域中植株数量则很



注: (a) 刺桑 *Streblus ilicifolius*, (b) 布渣叶 *Microcos paniculata*, (c) 鹊肾树 *Streblus asper*, (d) 海南榄仁 *Terminalia nigrove-nulosa*, (e) 赤才 *Lepisanthes rubiginosa*, (f) 香合欢 *Albizia odoratissima*, (g) 粗糠柴 *Mallotus philippensis*, (h) 多度较小的 21 个物种。圆圈大小表示树木胸径相对大小, 重要值 >5.0 ; 样方面积为 $50\text{ m} \times 100\text{ m}$ 。Circles represent the relative DBH sizes of tree with importance values larger than 5.0. The quadrat area is $50\text{ m} \times 100\text{ m}$

图 4 尖峰岭热带半落叶季雨林样地前 7 个优势物种相对空间分布

Figure 4 Spatial distribution maps of the seven dominant species in the tropical semi-deciduous forest in Jianfengling

少,反映了样地中植株分布的不均匀,因此物种多样性指数也相对较低。

总体来说,海南尖峰岭的热带半落叶季雨林是当地森林类型重要的组成部分,以往研究往往侧重对热带山地雨林的研究,在这种植被类型的研究相对缺乏,后续研究有必要加强对这种森林类型的长期监测。

参考文献

- [1] 李春义, 马履一, 徐昕. 抚育间伐对森林生物多样性影响研究进展[J]. 世界林业研究, 2006, 19(6): 27-32.
- [2] ROTTSTOCK T, KUMMER V, FISCHER M, et al. Rapid transgenerational effects in *Knautia arvensis* in response to plant - community diversity[J]. Journal of Ecology, 2017, 105(3): 714-725.
- [3] SWENSON N G. The role of evolutionary processes in producing biodiversity patterns, and the interrelationships between taxonomic, functional and phylogenetic biodiversity[J]. American Journal of Botany, 2011, 98(3): 472-480.
- [4] 许格希, 史作民, 唐敬超, 等. 海南尖峰岭热带山地雨林林冠层树种功能多样性特征[J]. 应用生态学报, 2016, 27(11): 3444-3454.
- [5] 李意德. 海南岛尖峰岭热带山地雨林的群落结构特征[J]. 热带亚热带植物学报, 1997, 5(1): 18-26.
- [6] 盛大勇, 庄雪影, 许涵, 等. 尖峰岭热带山地雨林海南特有木本植物群落结构[J]. 植物生态学报, 2012, 36(9): 935-947.
- [7] 蒋有绪, 卢俊培. 中国海南岛尖峰岭热带林生态系统[M]. 北京: 科学出版社, 1991.
- [8] 李意德, 陈步峰, 周光益, 等. 中国海南岛热带森林及其生物多样性保护研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 2002.
- [9] 曾庆波, 李意德, 陈步峰, 等. 热带森林生态系统研究与管理[M]. 北京: 中国林业出版社, 1997.
- [10] 许涵, 李意德, 林明献, 等. 海南尖峰岭热带山地雨林60ha动态监测样地群落结构特征[J]. 生物多样性, 2015, 23(2): 192-201.
- [11] 刘万德, 臧润国, 丁易, 等. 海南岛霸王岭热带季雨林树木的死亡率[J]. 植物生态学报, 2010, 34(8): 946-956.
- [12] 李俊清. 森林生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [13] 王德祯. 海南岛尖峰岭热带半落叶季雨林的群落学特征[J]. 热带林业科技, 1987(3): 19-32.
- [14] 吴裕鹏, 许涵, 李意德, 等. 海南尖峰岭热带林乔灌木层物种多样性沿海拔梯度分布格局[J]. 林业科学, 2013, 49(4): 16-23.
- [15] 彭文成, 熊梦辉, 龙文兴, 等. 海南尖峰岭两类人工林中天然更新群落特征研究[J]. 林业科学研究, 2015, 28(5): 739-743.
- [16] 杨秀清, 史婵, 王旭刚, 等. 关帝山寒温性云杉次生林样地树种组成、结构和空间分布[J]. 应用生态学报, 2017, 28(5): 1421-1430.
- [17] 孙越, 夏富才, 赵秀海, 等. 张广才岭温带次生针阔混交林物种组成和群落结构特征[J]. 生态学报, 2017, 37(10): 3425-3436.
- [18] 赵天梁. 山西华北落叶松群落物种多样性[J]. 北京林业大学学报, 2017, 39(6): 45-50.
- [19] 曹琳琳, 苏宝玲, 周旺明, 等. 长白山区典型植被类型物种多样性空间分布的尺度效应[J]. 生态学杂志, 2017, 36(11): 3102-3108.