

海南岛热带山地雨林群落物种多样性的空间格局分析

王伯荪 张炜银 张军丽*

(中山大学生命科学学院, 广东 广州 510275)

摘要: 对海南岛四大林区的热带山地雨林群落物种多样性的分析表明: (1) 林区间的乔木层和草本层物种多样性在从东到西(即吊罗山-五指山-坝王岭-尖峰岭)的群落中依次减少, 灌木层和层间植物则增加, 层间植物和乔木层在物种多样性的空间波动比灌木层和草本层有较高的稳定性; (2) 林区内群落乔、灌、草及层间植物各层的物种多样性在海拔梯度上表现出不同的变化趋势; (3) 林区内群落各层的物种多样性在不同坡向上也表现出不同的特征。

关键词: 热带山地雨林; 物种多样性; 空间格局

中图分类号: Q948.15

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2001)03-0229-06

SPATIAL PATTERN ANALYSIS OF SPECIES DIVERSITY IN TROPICAL MONTANE RAIN FOREST ON HAINAN ISLAND

WANG Bo-sun ZHANG Wei-yin ZHANG Jun-li*

(School of Life Sciences, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Based on the survey of 3 to 5 sampling plots with areas of 1 300–3 000 m² in communities at four sites of tropical montane rain forest at 700–1 300 m altitude on Hainan Island, the spatial feature of species diversity in each layer of the community was studied. The species diversity of tree and herb layers decreased in communities located from east to west, i.e. from Diaoluo Mountain to Wuzhi Mountain, Bawangling, and Jianfengling, while that of shrub layer and extrastratum plants increased. Spatial fluctuation of species diversity in extrastratum plants and tree layer were more stable than in shrub and herb layers. Species diversity in tree, shrub, extrastratum and herb layers of the montane rain forest communities had various trends at altitudinal gradient. The species diversity in tree, shrub, extrastratum and herb layers within a community showed different features according to slope aspect.

Key words: Tropical montane rain forest; Species diversity; Spatial pattern

随着热带森林被大面积采伐, 热带森林生物多样性也急剧下降。对热带森林生物多样性的保护, 不仅是保护具有直接利用价值的各种林产品及林副产品, 更重要的是保护具间接利用价值的遗传资源。海南岛是我国十一个陆地类生物多样性保护的关键地区之一, 在生物多样性保护方面占有重要的地位^[1], 但近年来, 随着海南岛热带森林面积的急剧减少, 各类森林面积也减少到难以维持森林物种生存所需的最小空间, 导致物种多样性的减少^[2]。海南岛热带森林的许多物种趋于濒

收稿日期: 2000-10-16

基金项目: 国家自然科学基金重点课题(39830310)资助

* 联系人 Corresponding author

危,其生物多样性日益受到关注^[3-5]。海南岛的热带山地雨林主要分布于尖峰岭、坝王岭、五指山和吊罗山四大林区,其物种繁多、结构复杂,对海南生态平衡起着重要作用,也是生物多样性研究和保护的重点地区。本文对海南岛热带山地雨林群落物种多样性的空间变化特征进行分析,为物种多样性的保育和持续发展提供理论依据。

1 研究区概况

吊罗山位于海南岛东南部,约在北纬18°50',东经109°50',为东亚季风区,海拔600 m处的雨林年平均温度20.8℃,最热月平均温度23.9℃,最冷月平均温度16.3℃,全年大于10℃的积温为7 989℃,年降雨量2 566 mm,具有明显的干湿季气候特征,12-1月为旱季,2-3月为过渡期,4-10月为雨季,降水96%来自雨季。成土母岩为花岗岩和闪长岩,土壤自低海拔至高海拔发育着黄色砖红壤(300 m以下)和山地黄壤(300 m以上)^[6]。

五指山位于海南岛中部山区,地处北纬18°49'-18°59',东经109°40'-109°48',年平均气温22.5℃,最热月均温25.7℃,最冷月均温18.0℃,有短期霜冻。年降水量2 350.7-2 488.3 mm,但雨量分布不均匀,80%雨量集中在5-10月,形成明显的干湿季。成土母岩为花岗岩和流纹岩。土壤自低海拔到高海拔发育着赤红壤(500-700 m),黄色赤红壤(700-1 100 m),灰化黄壤(1 100-1 600 m)和南方山地灌丛草甸土(1 600 m以上)^[7]。

尖峰岭位于海南岛西南部,地处北纬18°23'-18°50',东经108°36'-109°05',属热带季风气候,年平均气温24.5℃,>10℃年积温一般在9 000℃,最冷月均温在19℃左右,无霜雪。年降雨量1 600-2 600 mm,80%-90%雨量集中在5-10月。成土母岩主要为花岗岩,随着海拔升高和植被类型的不同相应发育着砖红壤(50-650 m),砖黄壤(650-1 000 m),黄壤(1 000 m以上)^[8]。

坝王岭林区位于海南岛西南部的昌江县境内与白沙县的交界处,地处18°53'-19°20'N,108°53'-109°12'E,为热带季风气候,干湿季分明,5-10月为雨季,年平均温度23.6℃,年均降雨量1 500-2 000 mm。土壤母岩以花岗岩为主,土壤主要为砖红壤、山地红壤、山地黄壤和山地草甸土^[9]。

2 研究方法

在4个林区,700-1 300 m海拔范围内的热带山地雨林中,按不同海拔、不同坡向选择典型地段设置大样方,对乔木层进行群落学调查,在大样方内设置小样方,分灌木、层间植物及草本进行调查^[10]。具体的样方数量是五指山3块,坝王岭4块,尖峰岭5块,吊罗山3块,面积由1 500-3 000 m²不等。

物种多样性的测度选用物种丰富度指数(Species richness index) Gleason指数: $I_{\text{Gleason}} = S/\ln A$,式中,S为物种总数;A为调查物种的面积, I_{Gleason} 表示单位面积的物种数,这样既消除了区域间植物群落调查面积的差异性,又定量地描述了各植物群落多样性的相对大小,还可以作区间比较。群落的物种多样性分乔(I_t)、灌(I_{sh})、草(I_h)、层间植物(I_c)统计分析以反映其垂直结构及层次间的相互作用。群落物种多样性在物种数量上的空间变化主要表现在空间趋势变化和波动变化两方面。用多样性指数的变异系数Cv定量表示物种多样性的波动变化,Cv越大,说明空间波动变化越强,地区间差异越大。用多样性指数变化速率K定量表示物种多样性的空间变化趋势,K值为正时,表示物种多样性在空间上呈增加的趋势,K值越大,增加的速率越快;K值为负时,表示物种多样性在空间上呈减少的趋势,K值越大,减少的速率越慢。K值的计算方法是用趋势算法,作乔(I_t)、灌(I_{sh})、草(I_h)、层间植物(I_c)曲线是按地理经度从东到西或从低海拔到高海拔序列变化的一元回归方程

$y=Kx+b$, 式中 y 为物种多样性的模拟值, x 为从东到西或从低海拔到高海拔的排列序号(1,2,3...), K 为趋势方程的斜率,即物种多样性在空间上的变化速率^[1]。

3 结果和分析

3.1 林区间的变化特点

海南岛四大林区的热带山地雨林群落中的各层次物种多样性大小顺序不一(图1)。在吊罗山是乔木层最大,第二为层间植物,然后依次为灌木层和草本层;在五指山,乔木层最大,其次为灌木层、草本层和层间植物;坝王岭和尖峰岭的顺序则相同:乔木层>灌木层>层间植物>草本层。

各林区间,乔木层物种多样性指数(I_t)最大的是五指山,其次为吊罗山、尖峰岭和坝王岭;灌木层最高的也是五指山,第二为尖峰岭,第三是坝王岭,而吊罗山最小;层间植物多样性最高的是尖峰岭,其后依次是坝王岭、吊罗山和五指山;草本层多样性丰富度的顺序则与灌木一样。从图1可以看出,四大林区山地雨林群落各层次物种多样性指数随经度呈一定趋势的变化。对这种趋势用 K 和 C_v 表示群落物种多样性在物种数量上的空间趋势变化和波动变化,既可表示物种多样性在空间的增加或减少的趋势,又可定量地描述趋势的相对大小,并定量比较物种多样性变化程度的差异。

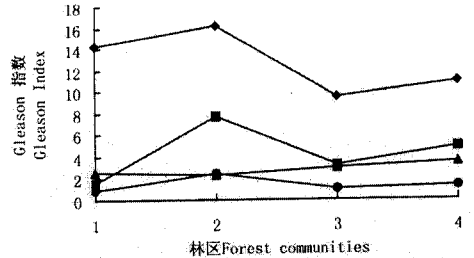


图1 海南岛各林区山地雨林物种多样性
Fig. 1 Species diversity in four sites of tropical montane rain forest on Hainan Island

- 1: 吊罗山 Diaoluo Mountain; 2: 五指山 Wuzhi Mountain;
- 3: 坝王岭 Bawangling; 4: 尖峰岭 Jianfengling;
- ◆ 乔木层 Tree layer; ■ 灌木层 Shrub layer;
- 草本层 Herb layer; ▲ 层间植物 Extrastratum plants

表1 四大林区山地雨林群落各层次物种多样性的变异系数(C_v)和变化速率(K)
Table 1 Variation coefficient (C_v) and variation velocity (K) of species diversity in each layer of tropical montane rain forest on Hainan Island

	乔木层 Tree layer	灌木层 Shrub layer	层间植物 Extrastratum plant	草本层 Herb layer
C_v	0.24	0.61	0.17	0.51
K	-1.70	0.56	0.31	-0.04

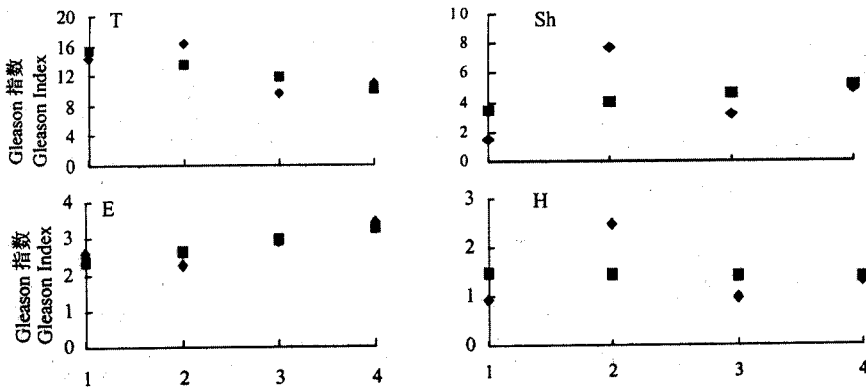


图2 海南岛各林区山地雨林各层次物种多样性的变化趋势
Fig. 2 Variation trend of species diversity in each layer of tropical montane rain forests on Hainan Island
T: 乔木层 Tree layer; Sh: 灌木层 Shrub layer; E: 层间植物 Extrastratum plants; H: 草本层 Herb layer
■ 趋势值 Trend value ◆ 实际值 Actual value; 1 to 4 represent the four sites as indicated in Fig. 1.

从表1和图2可以看出,四大林区按经度从东到西,其山地雨林群落各层次的变化趋势不同。其中,乔木层和草本层呈减少的趋势,乔木层减少迅速,草本层减少缓慢,而灌木层和层间植物层呈增加趋势,且灌木层增加的速度较层间植物层快。

各林区间,群落内各层次的物种多样性指数呈现不同程度的波动,其中波动最大的是灌木层,其次是草本层,然后分别是乔木层和层间植物。空间波动变化表现了物种多样性在各林区间的差异,因此,乔木层及层间植物在物种多样性的空间变化上表现出比灌木层和草本层更稳定,灌木层表现出最大的地区差异。

有研究者用Shannon-Wiener指数和基于Shannon-Wiener指数的均匀度研究了海南岛四大林区热带山地雨林群落物种多样性(表2)^[3,5,12,13],其顺序是:尖峰岭最大,其次是五指山,然后分别是坝王岭和吊罗山,与本文所得结果不同。这是由于各个取样点的海拔高度、取样面积及取样对象的差异所造成的。因此,只有在包括尽可能多的海拔梯度,取样面积达到最小取样面积,取样对象一致的前提下,对比才能得到较满意的结果。

表2 海南岛各林区热带山地雨林群落的Shannon-Wiener指数和均匀度^[3,5,12,13]
Table 2 Shannon-Wiener index and evenness index in four tropical montane rain forests on Hainan Island

林区 Location of forests	海拔 (m) Elevation	面积 (m ²) Area	个体胸径 DBH of individual (cm)	Shannon-Wiener指数 Shannon-Wiener index	均匀度 Evenness index
吊罗山 Diaoluo Mountain	900-980	5000	≥5	4.195	0.880
五指山 Wuzhi Mountain	820-870	5000	≥5	5.900	0.859
五指山 Wuzhi Mountain	1020-1080	5000	≥5	5.621	0.823
坝王岭 Bawangling	700-1250			5.190	0.748
尖峰岭 Jianfengling	790	1000	≥10	6.218	0.867

3.2 林区内的变化

3.2.1 不同海拔高度的变化

关于生物多样性的空间格局已有多种格局模式解释性假说^[14],而生物多样性沿海拔梯度的变化被认为是其中一类重要的梯度格局。在此,分别以尖峰岭和坝王岭为例,对不同海拔高度的群落多样性进行比较并分析其变化趋势(图3-5,表3)。

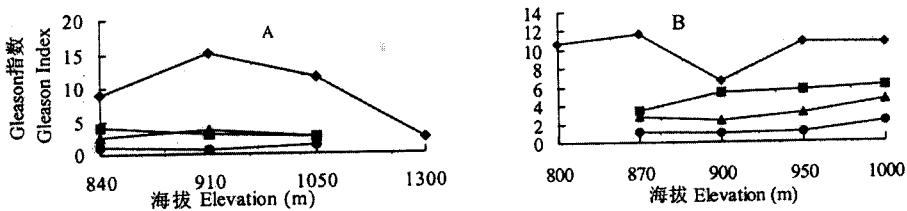


图3 坝王岭(A)和尖峰岭(B)山地雨林群落物种多样性垂直变化

Fig. 3 Vertical variation of species diversity in each layers of montane rain forests in Bawangling (A) and Jianfengling (B)

◆乔木层 Tree layer; ■灌木层 Shrub layer; ●草本层 Herb layer; ▲层间植物 Extrastratum plants

坝王岭的乔木层和灌木层的物种多样性随着海拔的升高而减少,且乔木层减少的速度大于灌木层,是灌木层的3.4倍;层间植物和草本层物种多样性随海拔升高而增加,其中层间植物增长缓慢,草本层增加较快。各层次物种多样性随海拔变化的波动强度也不同。乔木层物种多样性随海拔变化的波动最大,其次是草本层、灌木层和层间植物。

尖峰岭的乔木层物种多样性随海拔升高而缓慢减少;灌木层、层间植物和草本层的物种多样

性则增加, 灌木层增加的速度是层间植物的1.4倍, 是草本层的2.1倍。各层次物种多样性指数随海拔波动的强度顺序是: 草本层>层间植物>灌木层>乔木层。

表3 坝王岭和尖峰岭山地雨林群落各层次物种多样性的变异系数(Cv)和变化速率(K)

Table 3 Variation coefficient (Cv) and variation velocity (K) of species diversity in each layer of Bawangling and Jianfengling

	坝王岭Bawangling				尖峰岭Jianfengling			
	乔木层 Tree layer	灌木层 Shrub layer	层间植物 Extrastratum plants	草本层 Herb layer	乔木层 Tree layer	灌木层 Shrub layer	层间植物 Extrastratum plants	草本层 Herb layer
Cv	0.55	0.23	0.19	0.35	0.19	0.22	0.28	0.45
K	-2.34	-0.69	0.04	0.10	-0.06	0.80	0.59	0.38

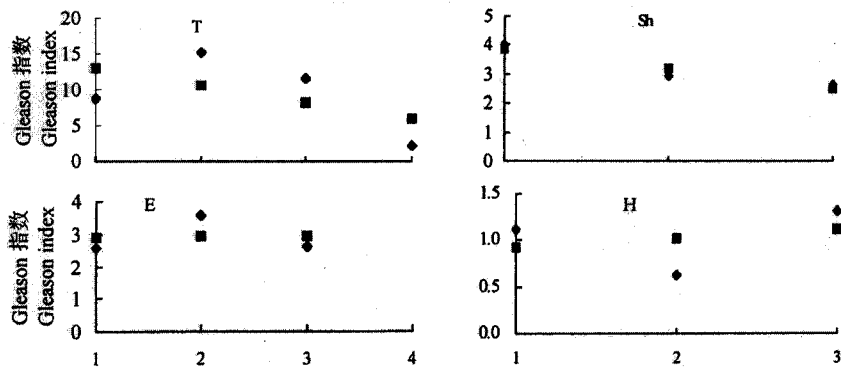


图4 坝王岭物种多样性随海拔变化的趋势

Fig. 4 Variation trend of species diversity in each layer of tropical montane rain forest in Bawangling
T: 乔木层Tree layer; Sh: 灌木层Shrub layer; E: 层间植物Extrastratum plants; H: 草本层Herb layer
■趋势值Trend value ◆实际值Actual value

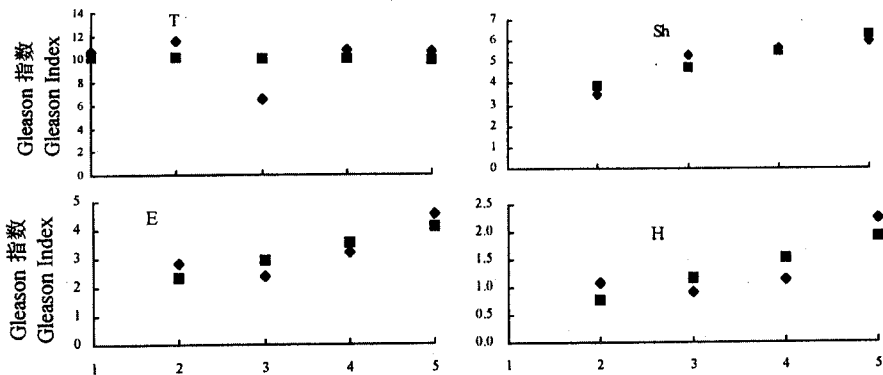


图5 尖峰岭物种多样性随海拔变化的趋势

Fig. 5 Variation trend of species diversity in each layer of tropical montane rain forest in Jianfengling
T: 乔木层Tree layer; Sh: 灌木层Shrub layer; E: 层间植物Extrastratum plants; H: 草本层Herb layer
■趋势值Trend value ◆实际值Actual value

很明显, 尽管坝王岭和尖峰岭山地雨林乔木层的物种多样性受海拔高度变化的影响最大, 并且均随海拔高度的升高而趋减少, 但其他各层的物种多样性则有的增高有的减少, 其增减速度亦不同。各层次物种多样性随海拔高度变化的波动强度也有所不同, 尤其是乔木层物种多样性在霸王岭为各层次中波动强度最大的, 而在尖峰岭则恰恰相反地是各层次中波动强度最小的。

海南岛的热带山地雨林分布于700-1300 m的低山至中山这一垂直范围,具有很明显的热带森林特征,在这一垂直分布范围内,海拔对群落各层次物种多样性的影响是多方面的。从低海拔到高海拔,物种多样性的变化规律不尽相同,表现出其影响的多样性和复杂性,因为除了海拔高度外,影响群落物种多样性的因子还有小地形如坡度、坡位和坡向等,继而影响到群落的光照、水分及土壤,从而表现出复杂的物种多样性格局^[15]。

3.2.2 不同坡向的变化

以五指山及尖峰岭各三个不同坡向的群落样地为例(图6),分析坡向的不同对物种多样性的影响。五指山乔木层多样性水平是南坡>西坡>北坡,层间植物是南坡>北坡>西坡,草本层则是北坡>南坡>西坡。尖峰岭乔木层物种多样性指数是西南坡>东北坡>东南坡,灌木层则是东北坡>东南坡>西南坡,层间植物呈现与乔木层相同的趋势,草本层为西南坡>东北坡>东南坡。由此可知,不同的坡向,植被各层次的物种多样性变化不同,植被的物种多样性存在着明显的异质性。

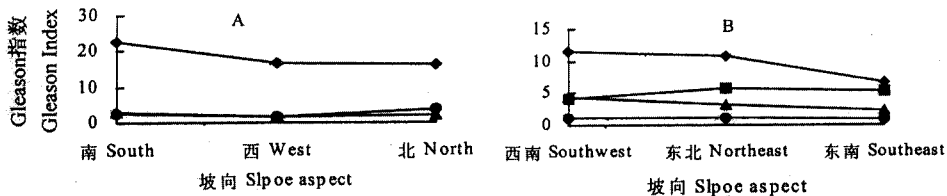


图6 五指山(A)和尖峰岭(B)山地雨林不同坡向群落物种多样性

Fig. 6 Species diversity in montane rain forests of different slope aspects in Wuzhi Mountain (A) and Jianfengling (B)

◆ 乔木层 Tree layer; ■ 灌木层 Shrub layer; ● 草本层 Herb layer; ▲ 层间植物 Extrastratum plants

参考文献:

- [1] 中国生物多样性国情研究报告编写组. 中国生物多样性国情研究报告 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1998, 147-156.
- [2] 李意德. 海南岛热带森林的变迁及生物多样性的保护对策 [J]. 林业科学研究, 1995, 8(4):455-461.
- [3] 王峥峰, 安树青, Campbell D G, 等. 海南岛吊罗山山地雨林物种多样性 [J]. 生态学报, 1999, 19(1):61-67.
- [4] 安树青, 王峥峰, 曾繁敬, 等. 海南吊罗山热带山地雨林植物种类多样性研究 [J]. 中山大学学报(自然科学版), 1999, 38(6): 78-83.
- [5] 安树青, 朱学雷, 王峥峰, 等. 海南五指山热带山地雨林植物物种多样性研究 [J]. 生态学报, 1999, 19(6):803-809.
- [6] 曾昭旋, 曾宪中. 海南岛自然地理 [M]. 北京: 科学出版社, 1989, 1-327.
- [7] 朱学雷, 安树青, Campbell D G, 等. 海南五指山热带山地雨林乔木种群分布格局研究 [J]. 内蒙古大学学报(自然科学版), 1997, 28(4):526-533.
- [8] 蒋有绪, 卢俊培, 等. 中国海南岛尖峰岭热带林生态系统 [M]. 北京: 科学出版社, 1991, 1-6.
- [9] 骆永寿, 陈步峰, 陈永富, 等. 海南岛霸王岭热带山地雨林采伐经营初期土壤碳氮储量 [J]. 林业科学研究, 2000, 13(2):123-128.
- [10] 王伯荪, 余世孝, 彭少麟, 等. 植物群落学实验手册 [M]. 广州: 广东高等教育出版社, 1995, 1-10.
- [11] 蒋有绪, 郭泉水, 马娟, 等. 中国森林群落分类及其群落学特征 [M]. 北京: 科学出版社, 中国林业出版社, 1998, 309-341.
- [12] 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.
- [13] 陆阳, 李鸣光, 黄雅文, 等. 海南岛坝王岭长臂猿自然保护区植被 [J]. 植物生态学与地植物学学报, 1986, 10(2):106-114.
- [14] Huston M A. Biological Diversity, the Coexistence of Species on Changing Landscapes [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1994, 56-68.
- [15] 沈泽昊, 张新时, 金义兴. 三峡大老岭森林物种多样性的空间格局分析及其地形解释 [J]. 植物学报, 2000, 42(6): 620-627.