

# 海南霸王岭热带雨林植被取样技术研究

戴小华, 余世孝\*

(中山大学生命科学院, 广东 广州 510275)

**摘要:** 借助地理信息系统软件的表格操作及邻体分析功能, 以海南霸王岭自然保护区的沟谷雨林为例, 探讨热带雨林的取样技术。结果表明, 用种-面积曲线所获得的热带雨林的最小面积往往过大, 而采用重要值-面积曲线所确定的最小面积则为 4 000 m<sup>2</sup>; 无样地取样采用最近个体法, 由种-点数曲线可以确定最少点数为 119, 而采用重要值-点数曲线, 可以确定该雨林取样的最小点数为 280。种-个体曲线表明, 如果要获取多一倍的物种数, 则所需调查的个体数应是原来的 4 倍。

**关键词:** 植被取样技术; 热带雨林; 地理信息系统; 邻体分析

中图分类号: Q948.15

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2004)05-0405-06

## Sampling Methods of Vegetation Investigation in a Tropical Rain Forest at Bawangling Nature Reserve, Hainan

DAI Xiao-hua, YU Shi-xiao\*

(School of Life Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

**Abstract:** Sampling techniques of vegetation study on tropical forest were examined with the help of table manipulation function and neighbourhood analysis function of GIS (geographic information system). An example was presented based on the survey data from a tropical ravine rain forest community at Bawangling National Nature Reserve on Hainan Island. The results indicated that the often-used species-area curve could not determine minimum area for the ravine forest, i.e. minimum area was much larger than 5 000 m<sup>2</sup>, while according to the importance value-area curve, minimal area for ravine forest was 4 000 m<sup>2</sup>. Closest individual method was adopted to study plotless sampling. Results showed that the minimal point number for species-point number curve was 119, and that for importance value - point number curve was 280. Species-individual curve indicates that the individual number needed for investigation should be multiplied fourfold, if we want to obtain doubling species number.

**Key words:** Vegetation sampling techniques; Tropical rain forests; Geographic information system (GIS); Neighbourhood analysis

在群落学研究中, 对整个群落进行全面的测度和分析既不可能也没必要。因此必须从所研究的群落中选取一定范围的群落片段进行研究, 以期用较小的代价获取较高的群落信息量。这种选取群落代表片段的方法, 即为取样技术。取样是生态学研究中最重要的工作之一, 因为基于样本的某些结论常用于作为整体的种群的假设上。如果取样步骤不正

确, 判断就会无效<sup>[1]</sup>。植被取样技术主要包括样地取样法和无样地取样法<sup>[2]</sup>。样方法作为经典方法, 主要有随机样方法和相邻格子样方法, 后者较为常用。无样地取样技术主要包括最近个体法、最近邻体法、随机成对法和中心点四分法, 其中中心点四分法比较容易和有效<sup>[3]</sup>。实际上, 最近个体法可以看作是随机点的 1 个最近邻体, 中心点四分法则是随机

收稿日期: 2003-09-04 接受日期: 2003-04-26

基金项目: 国家自然科学基金(39830310)资助

\* 通讯作者 Corresponding author

点的 4 个最近邻体。

选择代表片段不仅要考虑设置方法,而且也要考虑其大小。所谓“最小面积”就是能够反映一个特定群落类型的种类组成和结构特征的最小地段。显然,不同类型或者不同的演替阶段,以及植物群落所处的地理环境不同,其最小面积也不同。最小面积是了解植被同质性的基础,又是植被分类和制图的一种重要概念<sup>[1,4-6]</sup>。确定最小面积的方法主要有种-面积曲线和重要值-面积曲线。无样地法中,与最小面积相应的概念为最少点数,即能以保证展现某群落类型的种类组成和真实特征的随机点数,可由种-点数曲线和重要值-点数曲线来判断<sup>[7]</sup>。不同的植被群落类型需要不同的最小面积,而同一植被类型由于取样设置的差异,往往也得出不同的结论。例如有学者建议热带雨林的取样面积为 2 000-4 000 m<sup>2</sup><sup>[8]</sup>,而 Richards 则建议取 15 000 m<sup>2</sup>的样地<sup>[9]</sup>。海南岛热带雨林的最小面积则从 2 400 m<sup>2</sup>到 8 000 m<sup>2</sup>甚至 10 000 m<sup>2</sup><sup>[10-14]</sup>。

取样过程包括最小面积的确定需要耗费大量的人力物力,特别是对物种丰富、地形复杂的热带群落。余世孝等借助地理信息系统(GIS)技术进行了热带山地雨林的模拟取样,探讨了取样方法(随机取样或系统取样)、样方大小、样方形状等的生态学信息量,取得了很好的效果<sup>[15,16]</sup>。本文将在此基础上对霸王岭沟谷雨林取样技术进行研究,为进行热带雨林群落研究时合理设置取样方法提供科学依据。

## 1 方法

### 1.1 样地调查

研究地点位于海南岛霸王岭国家级自然保护区,约 18°50'-19°05'N,109°05'-109°25'E,海拔 700-1 430 m。气候为热带季风气候,年平均温度 23.6℃,年均降水量 1 500-2 000 mm。土壤为山地砖红壤。有关该研究区域的植被、区系研究近年已有多篇报道<sup>[13,17,18]</sup>。

样地 A 为 2000 年建立的永久样地,面积为 50 m×100 m,位于保护站旧址东北侧的原始沟谷雨林,坡度南向,地形略有起伏,露石多,两侧各有一条小河沟。群落描述参见戴小华等的报道<sup>[19,20]</sup>。

野外调查时,将样地用样绳划分为 50 个 10 m×10 m 的样方。记录下每个样方内所有乔灌木

(胸径 DBH≥1 cm)的树号、种名、胸径、树高、枝下高、冠幅、坐标(x, y)。每个样方下角设 1 个 1 m×1 m 小样方用于调查草本层。共计有 k=185 种植物(含未定种),N=1 616 个个体。

借助 GIS 软件(ArcView)绘制出样地中 DBH≥1 cm 的树木分布图,比较每个植株与其附近所有个体的距离来确定其第 1、第 2、至第 v 最近邻体。首先固定的植株称为基株,距离的计算以及基株-第 v 最近邻体种对的判断,由 ArcView GIS 软件扩展模块 Jeff Jenness's Nearest Features v. 3.5 完成。利用 ArcView 的数据查询、归总和统计功能可以方便地获得种数、个体数和重要值。

### 1.2 种-面积曲线、种-个体曲线

根据调查数据,按照样方序号整理出前 1, 2, ..., 50 个样方中出现的种数和个体数(顺序),或者整理出后 1, 2, ..., 50 个样方中出现的种数和个体数(逆序)。以样地面积(x)为横轴,以种数(y)为纵轴,绘出种-面积曲线。这条曲线最初陡峭上升,而后呈水平延伸,当曲线由陡峭转为水平时,该点所指示的面积即为最小面积。本研究中采用幂函数  $y=kx^s$  拟合种-面积曲线,则其斜率  $s=y'/kx^{s-1}$  可用于客观地确定最小面积。例如当 s=1 时,我们认为种-面积曲线已平缓,则这时所对应的面积  $x^*$  为最小面积<sup>[21]</sup>。以个体数的对数值为横轴,以种数的对数值为纵轴,绘出种-个体对数图,并进行线性回归。如果纵轴改用种数,即为种-个体半对数图<sup>[22]</sup>。

### 1.3 种-点数曲线

利用 ArcView 的扩展模块 Jeff Jenness's Random Point Generator 1.1 在样地 A 内生成 300 个随机点,再用 Nearest Features v. 3.5 测出这些点的最近个体,模拟最近个体法进行取样。根据模拟取样结果,按照样点序号整理出前 1, 2, ..., 300 个随机点中出现的种数。以样点数(x)为横轴,以种数(y)为纵轴,绘出种-点数曲线。这条曲线最初陡峭上升,而后呈水平延伸,当曲线由陡峭转为水平时,该点即为最少点数。按照“1.2”的方法可以获得最小点数  $x^*$ 。

### 1.4 重要值-面积曲线

样地 A 中,根据调查数据,按照样方序号整理出前 j 个样方中第 k 种的重要值为:

$$IV_k^{(j)} = \left( \frac{S_{k1} + S_{k2} + \dots + S_{kj}}{SS_1 + SS_2 + \dots + SS_j} + \frac{T_{k1} + T_{k2} + \dots + T_{kj}}{TT_1 + TT_2 + \dots + TT_j} + \frac{F_{k1} + F_{k2} + \dots + F_{kj}}{FF_1 + FF_2 + \dots + FF_j} \right) \times 100$$

$$= \left\{ \frac{\sum_{l=1}^j S_{kl}}{\sum_{l=1}^j SS_l} + \frac{\sum_{l=1}^j T_{kl}}{\sum_{l=1}^j TT_l} + \frac{\sum_{l=1}^j F_{kl}}{\sum_{l=1}^j FF_l} \right\} \times 100 \quad (1)$$

其中,  $S_{kn}, T_{kn}, F_{kn}$  ( $n = 1, 2, \dots, j$ ) 分别为第  $n$  个样方内第  $k$  种的胸高断面积和、个体数和频度值(如果样方  $n$  内种  $k$  存在, 则  $F_{kn}=1$ , 否则  $F_{kn}=0$ );  $SS_j, TT_j, FF_j$  分别为前  $j$  个样方中所有个体的胸高断面积和、总个体数和所有种的频度和<sup>[2]</sup>。以样地面积为横轴, 以种数为纵轴, 绘出重要值 - 面积曲线。这条曲线最初波动较大, 而后逐渐稳定下来, 当曲线由波动转为稳定时, 该点所指示的面积即为最小面积。

### 1.5 重要值 - 点数曲线

利用“1.3”模拟取样的结果, 计算前  $j$  ( $j = 0, 3, 6, 9, 12, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 190, 220, 250, 280, 300$ ) 个样点中第  $k$  种的重要值, 公式同(1), 其中  $S_{kn}, T_{kn}, F_{kn}$  ( $n = 1, 2, \dots, j$ ) 分别为第  $n$  个样点中第  $k$  种的胸高断面积和、个体数和频度值(如果样点  $n$  的邻体中种  $k$  存在, 则  $F_{kn}=1$ , 否则  $F_{kn}=0$ );  $SS_j, TT_j, FF_j$  分别为前  $j$  个样点中所有个体的胸高断面积和、总个体数和所有种的频度和。以样点数为横轴, 以种数为纵轴, 绘出重要值 - 点数曲线。这条曲线最初波动较大, 所以数据点选取得较为密集; 而后逐渐稳定下来, 这时数据点取得较为疏散。当曲线由波动转为稳定时, 该点即为最少点数。

## 2 结果和分析

种 - 面积曲线(图 1)显示出当样地面积增至  $5\,000\text{ m}^2$  时, 曲线仍未出现平缓或水平延伸的趋势, 说明霸王岭沟谷雨林群落的最小面积应大于  $5\,000\text{ m}^2$ 。而样方顺序累计所对应的幂函数模型为  $y=23.136x^{0.5494}$  ( $R^2=0.9215$ ), 拟合显著, 可以求得该群落的最小面积为  $x^*=4.67 \times 10^6\text{ m}^2$ , 远远超过样地面积; 样方逆序累计所对应的幂函数模型为  $y=23.537x^{0.5158}$  ( $R^2=0.9810$ ), 拟合显著, 求得该群落的最小面积为  $x^*=2.02 \times 10^6\text{ m}^2$ , 同样远远超过样地面积。

种 - 点数曲线(图 2)的幂函数模型为

$y = 1.8674x^{0.5226}$  ( $R^2=0.9682$ ), 拟合显著, 可以求得该群落最近个体取样的最少点数为 119。

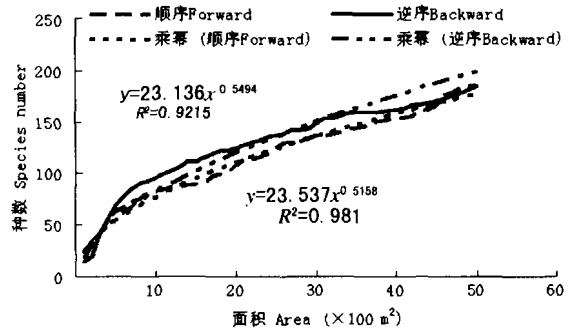


图 1 霸王岭沟谷雨林群落的种 - 面积曲线

Fig. 1 Species-area curve in a ravine rain forest community at Bawangling

—— 顺序(从样方 1 依次累计至样方 50) The curve is counted from quadrat 1 to 50 in proper sequence;  
 - - - 逆序(从样方 50 依次累计至样方 1) The curve is counted from quadrat 50 to 1 in reverse sequence;  
 ····· 代表拟合曲线 Fitting curves.

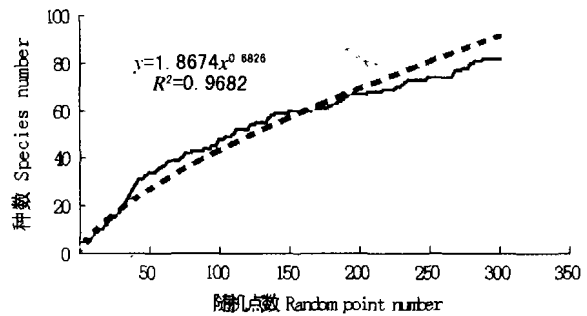


图 2 霸王岭沟谷雨林群落的种 - 点数曲线

Fig. 2 Species-point number curve in a ravine rain forest community at Bawangling

虚线代表拟合曲线 Dash line is a fitting curve

重要值 - 面积曲线(图 3)显示出当样地面积增至  $3\,600\text{ m}^2$  时, 各优势种的重要值曲线变化开始趋于稳定,  $4\,000\text{ m}^2$  时各曲线已趋水平延伸, 指示出最小面积为  $4\,000\text{ m}^2$  以上。

重要值 - 点数曲线(图 4)说明, 当每个随机点只取一个最近个体时, 样点增至 260 点时各优势种的重要值曲线变化开始趋于稳定, 280 点时各曲线出现水平延伸, 说明该取样设计中霸王岭沟谷雨林群

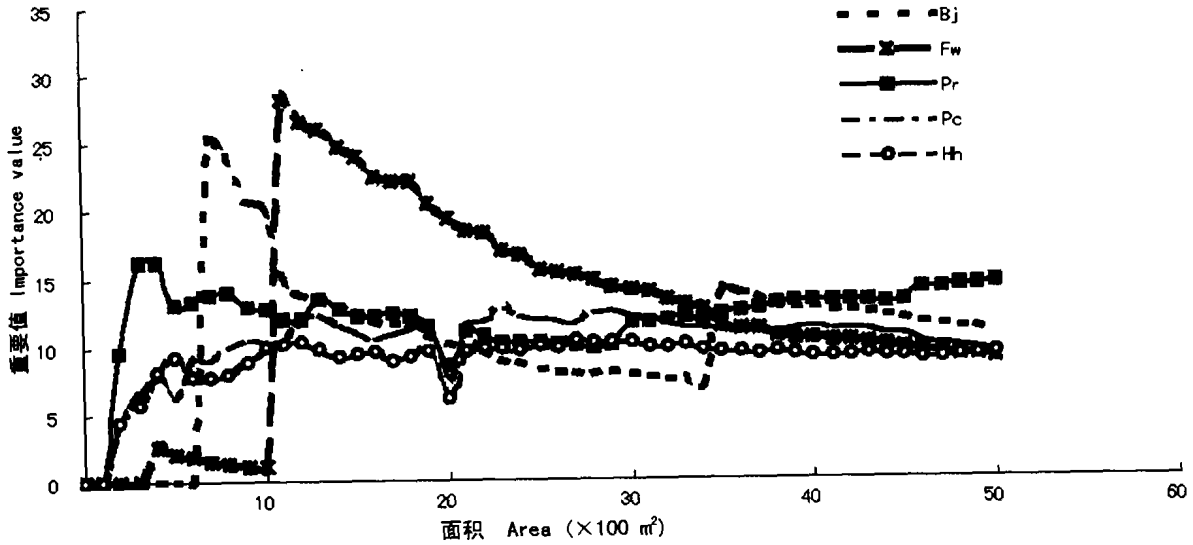


图 3 霸王岭沟谷雨林群落的重要值 - 面积曲线

Fig. 3 Importance value - area curve in a ravine rain forest community at Bawangling

Bj:重阳木 *Bischofia javanica*; Fw:笔管榕 *Ficus wightiana*; Pr:九节 *Psychotria rubra*;  
Pc: 沙煲暗罗 *Polyalthia consanguinea*; Hh:海南山龙眼 *Helicia hainanensis*

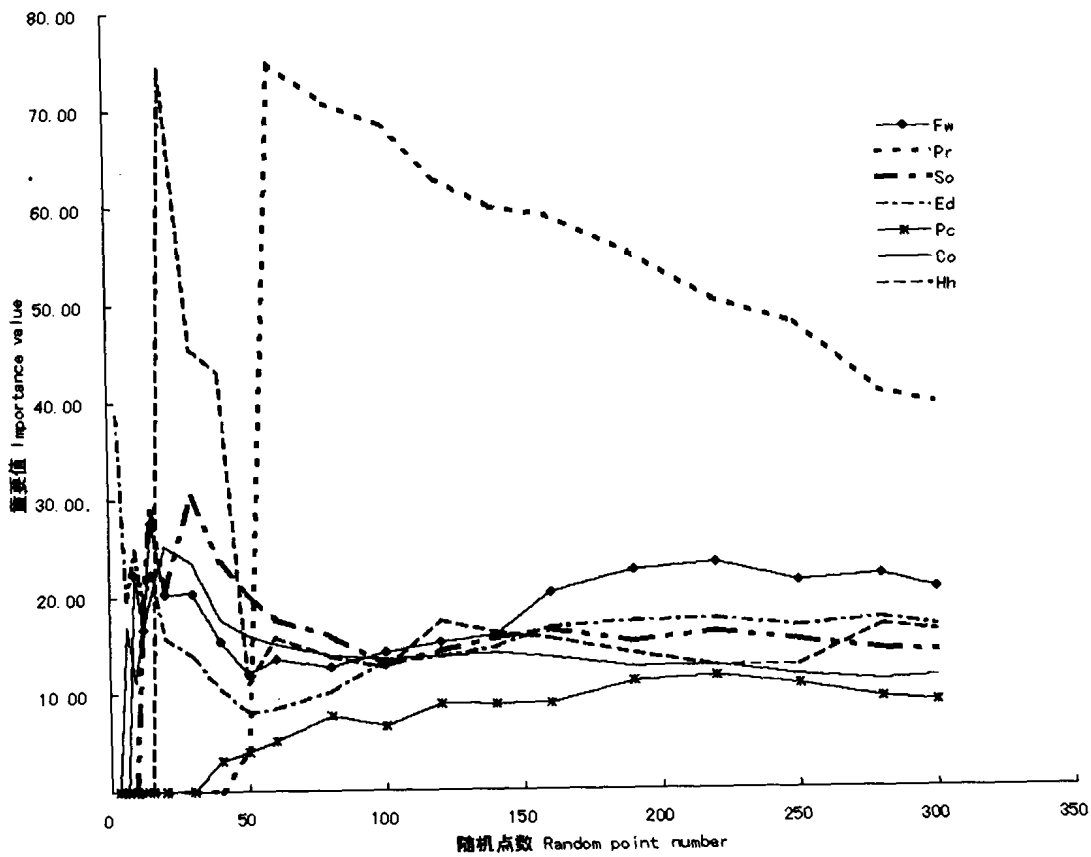


图 4 霸王岭沟谷雨林群落的重要值 - 点数曲线

Fig. 4 Importance value - point number curve in a ravine rain forest community at Bawangling

Ed:狗牙花 *Ervatamia divaricata*; Co:水翁 *Cleistocalyx operculatus*;  
So:鹅掌柴 *Schefflera octophylla*; 其余同图 3。For other abbreviations see Figure 3.

落的最少点数为 280 以上。

种 - 个体曲线对数图(图 5a、b)表明,种数的对数值与个体数的对数值线性相关,斜率在 0.5 左右。也就是说,如果想获得原来 2 倍的种数,那么所需

要调查的个体数量为原来的 4 倍。种 - 个体曲线半对数图(图 5c、d)表明,物种数与个体数的对数值也线性相关,斜率在 100 左右。这个意义不那么明确。同样地,样方累积顺序并无明显影响。

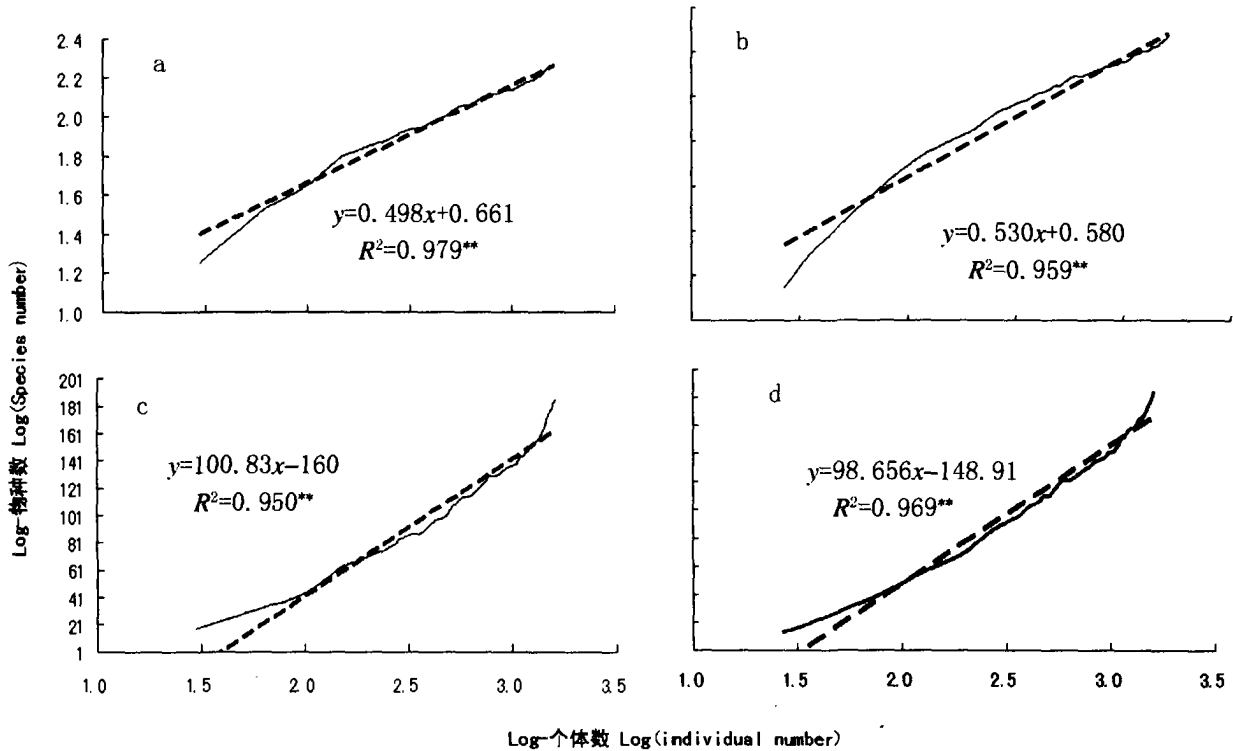


图 5 霸王岭沟谷雨林群落的种 - 个体曲线

Fig. 5 Species-individual curve in a ravine rain forest community at Bawangling

a、c: 顺序(从样方 1 依次累积至样方 50) The curve is counted from quadrat 1 to 50 in proper sequence;  
b、d: 逆序(从样方 50 依次累积至样方 1) The curve is counted from quadrat 50 to 1 in reverse sequence;  
a、b 对数图, c、d 半对数图; \*\*  $p < 0.01$ ; 虚线代表拟合曲线 Dash lines are fitting curves

### 3 讨论

王伯荪等认为,在种类复杂、偶见种多的森林群落如热带雨林,由种 - 面积曲线所确定的最小面积往往过大,不但增加了研究的困难,而且偶见种在群落中的作用和地位都微乎其微;相反,在种类较贫乏的群落,种 - 面积曲线所确定的最小面积往往过小,不足以表达群落的主要特征<sup>[2]</sup>。霸王岭沟谷雨林取样技术的研究也表明了,在 0.5 hm<sup>2</sup> 的样地上难以通过种 - 面积曲线来确定最小面积。另一方面,由于无样地法常常无法测度到群落的偶见种,因此由种 - 点数曲线确定的最少点数可能偏小。而重要值 - 面积(点数)曲线不仅有助于判定群落的最小面积或最少点数<sup>[7]</sup>,而且能给出群落优势种群的相对稳定的重要值,表达出群落的最主要特征,因此具

备一定的理论意义和实用价值。种曲线的优势在于可用函数进行拟合,进而确定最小面积或最少点数,而重要值曲线很难进行函数拟合,只能主观判定,存在一定局限。

与余世孝等的研究结果<sup>[2]</sup>相似,霸王岭沟谷雨林的物种数与个体数对数也为线性关系。我们同时发现,物种数对数与个体数对数之间亦为线性关系,而且用这种关系可以更好地解释物种数与个体数之间的变化关系。

### 参考文献

- [1] Wratten S D, Fry G L A. Field and Laboratory Exercises in Ecology [M]. London: Edward Arnold, 1980. 1-227.
- [2] Wang B S(王伯荪), Yu S X(余世孝), Peng S L(彭少麟), et al. Experimental Manual of Plant Ecology [M]. Guangzhou: Guangdong Higher Education Press, 1996. 1-191. (in Chinese)

- [3] Cox G W. Laboratory Manual of General Ecology [M]. Second ed. Iowa: Brown Company, 1972. 1-162.
- [4] Hopkins B. Pattern in the plant community [J]. *J Ecol*, 1957, 45: 451-463.
- [5] Greig-Smith P. Quantitative Plant Ecology [M]. Second ed. London: Butterworths, 1964. 1-359.
- [6] Shimwell D W. Description and Classification of Vegetation [M]. London: Sidgwick and Jackson, 1971. 1-322.
- [7] Wang B S(王伯荪), Zhang Z Q(张志权), Lan C Y(蓝崇钰), et al. Study on sampling techniques of the south-subtropical evergreen broad-leaf forest in Guangdong Province, China [J]. *Acta Phytoecol Geobot Sin(植物生态学与地植物学报)*, 1982, 6:14-35. (in Chinese)
- [8] Whittaker R H. Classification of Plant Communities [M]. The Hague: W. Junk, 1978. 1-408.
- [9] Richards P W. The Tropical Rain Forest [M]. Second ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 1-599.
- [10] Lu Y(陆阳), Li M G(李鸣光), Huang Y W(黄雅文), et al. Vegetation of Bawangling Gibbon Nature Reserve, Hainan Island [J]. *Acta Phytoecol Geobot Sin(植物生态学与地植物学报)*, 1986, 10:106-114. (in Chinese)
- [11] Yu S X(余世孝). A primary study on the species vertical distribution in the community space of Bawangling tropical rain forest [J]. *Ecol Sci(生态科学)*, 1989, 8:118-123. (in Chinese)
- [12] Hu Y J(胡玉佳), Li Y X(李玉杏). Tropical Rain Forest of Hainan Island [M]. Guangzhou: Guangdong Higher Education Press, 1992. 1-333. (in Chinese)
- [13] Yu S X(余世孝), Chang H T(张宏达), Wang B S(王伯荪). The tropical montane rain forest of Bawangling Nature Reserve, Hainan Island: I. The permanent plots and the community types [J]. *Ecol Sci(生态科学)*, 1993, 12:13-18. (in Chinese)
- [14] Zeng Q B(曾庆波), Li Y D(李意德), Chen B F(陈步峰), et al. Research and Management on Tropical Forest Ecosystems [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1997. (in Chinese)
- [15] Yu S X(余世孝), Zong G W(宗国威), Chen Z Y(陈兆莹), et al. Comparison of ecological entropy with random and systematic sampling [J]. *Acta Phytoecol Sin(植物生态学报)*, 1998, 22:473-480. (in Chinese)
- [16] Yu S X, Chan H S, Chung K W. A comparison of sampling designs in a Hainan tropical rain forests [J]. *Comm Ecol*, 2000, 1: 81-87.
- [17] Yu S X(余世孝), Zang R G(臧润国), Jiang Y X(蒋有绪). Spatial analysis of species diversity in the tropical vegetation along the vertical belt at Bawangling Nature Reserve, Hainan Island [J]. *Acta Ecol Sin(生态学报)*, 2001, 21:1438-1443. (in Chinese)
- [18] Lian J Y(练琚瀚), Yu S X(余世孝). Floristic characters of formation *Dacrydium pierrei-Syzygium araiocladum* in the tropical montane rain forest at Bawangling Nature Reserve, Hainan Island [J]. *J Trop Subtrop Bot(热带亚热带植物学报)*, 2001, 9:101-107. (in Chinese)
- [19] Dai X H(戴小华), Yu S X(余世孝). Analysis of population distribution pattern based on GIS technique [J]. *Acta Sci Natl Univ Sunyatseni(中山大学学报自然科学版)*, 2003, 42:75-78. (in Chinese)
- [20] Dai X H(戴小华), Yu S X(余世孝), Lian J Y(练琚瀚). Interspecific segregation in a tropical rain forest at Bawangling Nature Reserve, Hainan Island [J]. *Acta Phytoecol Sin(植物生态学报)*, 2003, 27:380-387. (in Chinese)
- [21] Kilburn P D. Analysis of the species area relation [J]. *Ecology*, 1966, 47:831-843.
- [22] Yu S X(余世孝), Zang R G(臧润国), Jiang Y X(蒋有绪). Species richness-abundance relationships in four types of tropical forest on altitudinal gradient at Bawangling Nature Reserve, Hainan [J]. *Acta Phytoecol Sin(植物生态学报)*, 2001, 25:291-297. (in Chinese)