

大明山云贵山茱萸群落物种多度分布的 Weibull 模型

覃林, 温远光, 罗应华, 谭玲

(广西大学林学院, 南宁 530004)

摘要: 物种多度分布的分析对于了解群落物种多样性具有重要意义。Weibull 模型是拟合物种多度分布的重要模型之一。在采用倍程对物种多度分组的基础上, 用 Weibull 模型分别拟合广西大明山保护区云贵山茱萸群落乔木层、灌木层以及乔木+灌木物种的多度分布, 结果三者均符合 Weibull 分布。由此表明所提出的方法应用于物种多度分布研究是理想的, 从而完善了 Weibull 模型在物种多度分布上的应用。

关键词: 物种多度分布; Weibull 模型; 云贵山茱萸群落; 大明山保护区

中图分类号: Q948.121 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2009)01-0116-04

Weibull model of species abundance distribution of *Huodendron biaristatum* community in Damingshan Nature Reserve

QIN Lin, WEN Yuan-Guang, LUO Ying-Hua, TAN Ling

(College of Forestry, Guangxi University, Nanning 530004, China)

Abstract: The analyses of species abundance distribution of plant communities are useful for understanding species diversity. Weibull model is one of the most frequently employed models in fitting species abundance distribution of communities. The species abundance distribution of tree layer, shrub layer, and tree + shrub layer of *Huodendron biaristatum* community in Damingshan Nature Reserve, Guangxi Zhuang Autonomous Region, was simulated with Weibull model, respectively. The species abundance class was divided by using the octave rather than equidistance method proposed by Wu and Hong in 1997. The results indicated that they all follow Weibull distribution. The approach presented in this paper can be perfected for fitting species abundance distribution with Weibull model.

Key words: species abundance distribution; Weibull model; *Huodendron biaristatum* community; Damingshan Nature Reserve

物种多度(species abundance)即一个种在群落中的个体数目, 而物种多度分布是指给出有 r 个个体物种数的观察频率的分布(张金屯, 2004)。在物种多样性研究中, 除物种多样性指数外, 还有一类叫做“物种多度分布格局模型”的方法, 它是利用数理统计方法描绘物种多度的分布, 也是某些物种多样性指数应用的基础(马克平等, 1997)。如果能产生一个只有少数参数的唯一的理论分布形式, 符合来

自自然群落的观察数据, 这些参数或分布曲线的形状即可作为群落多样性的度量指标(Pielou, 1985; Magurran, 1988)。为此, 生态学家提出了各种模型以试图拟合这些多度分布的规律。张金屯(1997)总结物种多度分布模型有三类: 第一是生态位模型, 主要包括几何级数模型(geometric series model)、分割线段模型(broken-stick model)、生态位重叠模型(overlapping niche model)、生态位单元模型(par-

收稿日期: 2007-01-11 修回日期: 2008-06-18

基金项目: 广西大学博士科研启动基金(2004)[Supported by Initial Foundation for the Scientific Research of Doctors of Guangxi University(2004)]

作者简介: 覃林(1967-), 男, 湖北宣恩人, 博士, 副教授, 主要从事植被生态和数量生态学研究, (E-mail)nilniq@gxu.edu.cn.

ticulate niche model)、优势优先模型 (dominance pre-emption model)、随机分割模型 (random fraction model)、加权随机分割模型 (weighted random fraction model)、优势分解模型 (dominance decay model)、随机分配模型 (random assortment model) 和复合模型 (composite model); 第二是统计模型, 主要有对数级数分布模型 (log-series distribution model)、对数正态分布模型 (log-normal distribution model) 和负二项分布模型 (negative binomial distribution model); 第三是动态模型, 该模型认为群落是在发展变化的, 其种群多度也在变化, 因此该模型是一动态模拟多度格局的过程, 在每一时间间隔内, 模型用三个重要因素表示某个种的多度, 这三个因素可组成一个三维矩阵。吴承祯等 (1997, 2001) 提出物种多度分布的 Weibull 模型, 并用于拟合福建万木林自然保护区观光木群落物种多度分布并指出, Weibull 模型形状参数 c 可作为反映群落物种多样性特征的具有一定生态学意义的生态指标。

云贵山茉莉 (*Huodendron biaristatum*) 是我国亚热带常绿阔叶林群落中的重要组成成分, 由它构成的云贵山茉莉林是广西常绿阔叶林的主要群系, 在桂东北云贵山茉莉林常分布于海拔 500m 以下的谷地或溪谷边缘潮湿的环境, 在广西大明山, 它可分布到海拔 1200m 左右的中山山地, 并成为山地常绿阔叶林的优势种或共优势种 (温远光, 1998)。温远光 (1998) 对大明山云贵山茉莉种群结构和动态进行了研究。本文提出 Weibull 模型拟合物种多度分布的多度分组采用倍程 (octave) 方法, 并应用于广西大明山保护区云贵山茉莉群落物种多度分布的 Weibull 模型研究, 旨在揭示云贵山茉莉群落物种分布与结构状况, 完善 Weibull 模型在物种多度分布上的应用, 促进物种多度分布研究领域的发展。

1 研究地及样地

大明山自然保护区地处广西中南部, 地理坐标为 $108^{\circ}20' \sim 108^{\circ}24' E$, $23^{\circ}24' \sim 23^{\circ}30' N$, 北回归线横贯其中; 保护区呈西北至东南不规则长方形, 南北长 21 km, 东西宽 19 km, 一般海拔在 1200 m 左右, 主峰龙头山海拔为 1760.4 m, 相对海拔为 1563 m, 是广西中部最高的山峰; 气候属南亚带湿润季风气候, 年均气温 $15.1^{\circ}C$, 年均降水量 2630.3 mm; 地带性土壤为赤红壤, 地带性植被是季风常绿阔叶

林 (黄金玲等, 2001)。

在保护区内的天坪区典型设置一块面积 800 m^2 的云贵山茉莉群落样地, 样地海拔 1000 m, 坡度 35° , 坡向西北向。对样地植物全面调查, 记录每个个体立木 (胸径 ≥ 2.5 cm) 的种名、高度、胸径, 灌木、乔木幼树的种名、个体数、高度和盖度, 同时调查群落的环境因子。

2 研究方法

Weibull 分布密度函数为:

$$f(x) = \frac{c}{b} \left(\frac{x-a}{b}\right)^{c-1} \exp\left(-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c\right) \quad a \geq 0, b > 0, c > 0$$

式中, $f(x)$ 为 x 多度级的物种相对频数, a 、 b 和 c 分别是位置参数、尺度参数和形状参数; 其中, 形状参数 c 尤为重要, c 取不同的数值其分布曲线类型即不同, $c < 1$ 为反 J 形分布, $1 < c < 3.6$ 为正偏山状分布, $c \approx 3.6$ 近于正态分布, $c > 3.6$ 转向负偏山状分布。

由于物种多度 Weibull 分布模型用“多度/频度”来描述, 因此, 首先应对观测的物种多度值进行分组, 这里采用倍程方法 (Preston, 1948)。在多度从小到大的排序中, 若对多度分级且后级是前级的倍数, 所得多度级即为倍程, 即第 1 倍程包含多度在 0 与 1 之间的物种, 第 2 倍程包含多度在 1 与 2 之间的物种, 第 3 倍程在 2 与 4 之间, 第 4 倍程在 4 与 8 之间, 依此类推; 对于多度位于倍程分界值上的物种, 采用平分法则, 即一半属前倍程, 另一半属后倍程。如有 8 个个体数均为 4 的物种, 它们属于第 3 倍程还是第 4 倍程呢? 4 个物种属第 3 倍程, 4 个物种属第 4 倍程。

在用 Weibull 分布模型拟合物种多度分布时, 因物种多度最小可以理解为 0, 故参数 a 定为 0, 这样三参数 Weibull 模型就变为两参数 Weibull 模型, 而对于 b 、 c 两参数用最大似然估计法求解, 并考虑到物种多度分组, 于是有:

$$\frac{\sum_{i=1}^k f_i x_i^c \ln x_i}{\sum_{i=1}^k f_i x_i^c} - \frac{1}{c} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k f_i \ln x_i$$

$$b = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^k f_i x_i^c\right)^{\frac{1}{c}}$$

式中, x_i 为第 i 倍程, $n = \sum_{i=1}^k f_i$ (f_i 为第 i 倍程的物种频数, k 为倍程个数); 通过迭代法求出 c 的估计值, 然后就可求解出 b 值。拟合结果用 χ^2 检验。

3 结果与分析

应用倍程方法对云贵山茉莉群落乔木层(高度 >3 m)、灌木层(高度 ≤3 m)以及乔木+灌木的物种多度分组,结果列于表 1。依据表 1 数据,对乔木层、灌木层和乔木+灌木的物种进行物种多度分布的 Weibull 模型拟合与检验,其结果列于表 2。

表 1 云贵山茉莉群落乔木层、灌木层和乔木+灌木数据的倍程

Table 1 Tree layer, shrub layer or tree+shrubs layer of *Huodendron bariastatum* community count data arranged in octave

倍程 Octave (x)	个体数 No. of individuals	观测的物种频数 Observed frequency of species in the xth octave		
		乔木层 Tree layer	灌木层 Shrub layer	乔木+灌木 Tree+Shrub layer
1	0-1	8	16.5	17
2	1-2	10	22	23
3	2-4	2.5	20.5	20.5
4	4-8	2.5	13	13
5	8-16	1	8.5	10
6	16-32	1	6.5	7.5
7	32-64	0	5	7
8	64-128	0	4	4
9	128-256	0	1	0
10	256-512	0	1	2

表 2 云贵山茉莉群落物种多度分布的 Weibull 模型检验

Table 2 Fitness test on species abundance distribution by Weibull model in *Huodendron bariastatum* community

参数 Parameter	a	b	c	χ^2 值 χ^2 value	结果 Result
乔木层 Tree layer	0	2.564	1.847	4.049	符合 Yes
灌木层 Shrub layer	0	3.934	1.757	4.028	符合 Yes
乔木+灌木 Tree+Shrub layer	0	4.043	1.756	7.865	符合 Yes

大明山自然保护区云贵山茉莉群落的乔木层、灌木层以及乔木+灌木三种物种多度分布均符合 Weibull 分布(表 2),因此,采用倍程多度分组的 Weibull 模型拟合物种多度分布是可行的。

由 Weibull 模型参数 c 可知,乔木层、灌木层以及乔木+灌木物种的多度分布均正偏山状分布,特别是灌木层物种和乔木+灌木物种的多度分布非常近似,其形状参数分别是 1.757 和 1.756,说明大明山保护区云贵山茉莉群落物种多度分布不均匀,物种组成是以少数几个种为主,即乔木层是云贵山茉莉

群落,灌木层是草珊瑚(*Sarcandra glabra*)、云贵山茉莉、大叶鱼骨木(*Canthium simile*)、罗葵铃(*Eurya loquaiana*)和贵州石栎(*Lithocarpus elizabethae*),而多数种的个体数量较少。对于尺度参数 b 而言,灌木层和乔木+灌木分别是 3.934 和 4.043,二者近于相等,均高于乔木层的 2.564,原因在于灌木层和乔木+灌木物种的多度分布都是 10 个倍程,而乔木层仅 6 个倍程,因此,参数 b 反映了倍程个数的多少,当然,倍程个数与取样面积相关。

为直观比较乔木层、灌木层以及乔木+灌木物种多度分布的差异,绘制了 Weibull 模型拟合曲线(图 1)。从图 1 可看出,各倍程的物种数均是乔木+灌木 > 灌木层 > 乔木层,表明大明山云贵山茉莉群落的乔木+灌木物种多样性最高,乔木层最低,而灌木层位居中间。可见,通过物种多度分布的 Weibull 分布曲线比较,能够实现对同一群落不同层间或不同群落间的物种多样性全面而细致的刻画。

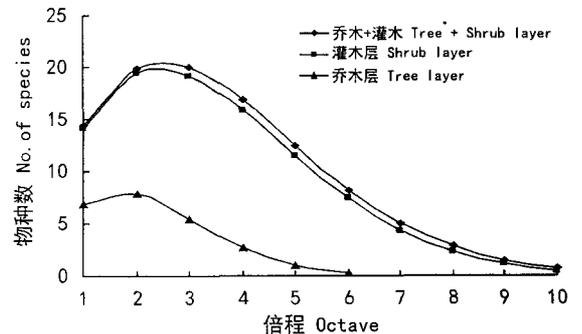


图 1 Weibull 模型拟合曲线

Fig. 1 Fitted curves of Weibull model

4 结论与讨论

物种多度分布常用两种方法研究,即物种重要性顺序-多度表和物种多度分布表,前者用于几何级数分布和分割线段模型,后者用于对数级数分布、对数正态分布和 Weibull 模型。

吴承祯等(1997,2001)拟合福建万木林自然保护区观光木群落物种多度分布的 Weibull 模型时,在物种多度分组上采用等间距(乔木层物种为 2,灌木层以及乔木+灌木为 1)方法,显然间距大小的确定具有主观性,从而不能有效反映群落物种多样性特征,也不利于群落间物种多样性的比较,这是因为即使是同一观测数据用 Weibull 模型拟合,若多度分组方法不同,则模型有不同的参数值;另一方面,

多度用等间距分组,可能导致观测数据的某些多度级没有物种出现而 Weibull 模型拟合却出现,不利于模型的适合性检验。本文提出 Weibull 模型拟合物种多度分布时采用倍程对多度分组,并通过广西大明山保护区云贵山茉莉群落乔木层、灌木层以及乔木+灌木的实例研究,取得了理想效果;因此,本文提出的方法克服了等间距分组的不足,完善了 Weibull 模型在物种多度分布上的应用。

现有的物种多度格局模型有许多种,且各有自己的特点和长处,自然群落是复杂多样的,有的模型对某些群落多度格局拟合很好,但对另一些群落则效果较差。本文提出在采用倍程对物种多度分组的基础上,用 Weibull 模型拟合群落物种多度分布的方法,虽然在大明山保护区云贵山茉莉群落取得了理想结果,但是否具有一般性还有待于进一步研究。另外,本文在拟合物种多度分布的过程中,Weibull 模型参数的估计是采用最大似然法,为了提高参数的估计精度,可用遗传算法对模型参数进一步优化。

对于物种多度分布的统计模型,尽管有不少学者提出了批评,但确实有不少群落多度格局符合其所描述的分布,因此也应继续应用并发展之。但发展模型是为了研究实际群落的多度格局,从而揭示群落的结构关系,利用模型研究群落结构才是多度格局研究的真正目的(张金屯,1997)。

参考文献:

- 张金屯. 2004. 数量生态学[M]. 北京:科学出版社,58-59
- 黄金玲,农绍岳. 2001. 广西大明山自然保护区综合科学考察[M]. 长沙:湖南科学技术出版社,4-5
- Ma KP(马克平),Liu CR(刘灿然),Yu SL(于顺利),et al. 1997. Plant community diversity in Dongling Mountain, Beijing, China III. Species abundance relations of several types of forest communities(北京东灵山地区植物群落多样性的研究III. 几种类型森林群落的种-多度关系研究)[J]. *Acta Ecol Sin(生态学报)*, 17(6):573-583
- Magurran AE. 1988. Ecological Diversity and Its Measurement [M]. New Jersey:Princeton University Press,1-79
- Pielou EC. 1985. Mathematical Ecology[M]. New York:Wiley-Interscience,35-98
- Preston FW. 1948. The commonness and rarity of species[J]. *Ecology*,29:254-283
- Wu CZ(吴承祯),Hong W(洪伟). 1997. Study on Weibull model for species abundance distribution of *Tsoongiodendron odorum* forest(观光木群落物种多度分布的 Weibull 模型研究)[J]. *J Fujian Coll Fore(福建林学院学报)*,17(1):20-24
- Wu CZ(吴承祯),Hong W(洪伟),Zheng QR(郑群瑞). 2001. Application of various patterns to the study on species relative abundance in *Tsoongiodendron odorum* community(福建万木林保护区观光木群落物种相对多度模型的拟合研究)[J]. *J Trop Subtrop Bot(热带亚热带植物学报)*,9(3):235-242
- Wen YG(温远光). 1998. Preliminary studies on the structure and dynamics of *Huodendron biaristatum* population in Daming Mountain(大明山云贵山茉莉种群结构和动态的初步研究)[J]. *J Guangxi Agric Univ(广西农业大学学报)*,17(2):124-130
- Zhang JT(张金屯). 1997. Review on species abundance patterns in communities(群落中物种多度格局的研究综述)[J]. *Rural Ecol-Environ(农村生态环境)*,13(4):48-54

《广西植物》再次入选“国家中文核心期刊” 2008 年版(即第五版)

依据文献计量学的原理和方法,经研究人员对相关文献的检索、计算和分析,以及学科专家评审,《广西植物》入编《中文核心期刊要目总览》2008 年版(即第五版)之生物科学类的核心期刊。

核心期刊的评选是采用定量评价和定性评审相结合的方法,对各种刊物在一定时期内所刊载论文的学术水平和学术影响力进行综合评价。定量评价指标体系采用了被引量、被摘量、被引量、他引量、被摘率、影响因子、获国家奖或被国内外重要检索工具收录、基金论文比、Web 下载量等 9 个评价指标,选作评价指标统计源的数据库及文摘刊物达到 80 余种,统计到的文献数量共计 32 400 余万篇次,涉及期刊 12 400 余种。参加核心期刊评审的学科专家达 5 500 多位。经过定量筛选和专家定性评审,从我国正在出版的中文期刊中评选出 1 980 余种核心期刊。该书定于 2008 年 12 月由北京大学出版社出版。

《广西植物》编辑部
2008 年 12 月 29 日