

陈和洞自然保护区常绿阔叶林物种多度分布格局

解丹丹¹, 张苏峻², 苏志尧¹, 李意德³

(1 华南农业大学 林学院, 广东 广州 510642; 2 广东省生态公益林管理中心, 广东 广州 510173;

3 中国林业科学研究院 热带林业研究所, 广东 广州 510520)

摘要:根据野外样方调查数据采用对数级数分布、对数正态分布模型研究了广州从化陈和洞自然保护区常绿阔叶林的物种多度分布格局, 试图寻找某种适合的理论分布来预测物种多度分布形式, 以拓宽常绿阔叶林物种多样性研究的数量分析方法. 结果表明, 陈和洞自然保护区3个样地中胸径 ≥ 3 cm的乔木个体共有1 855株, 林分平均密度为3 091株/hm², 其中, 上库、上库南坡、上库山顶西坡的物种多度分别为648、366和841. 以上3个样地的物种多度分布差异极显著($P < 0.01$), 上库、上库山顶西坡处的乔木林树种多度分布格局均遵从对数级数分布和对数正态分布, 上库南坡处的乔木树种遵从对数正态分布, 但不遵从对数级数分布. 总的来说, 用对数分布模型描述常绿阔叶林的物种多度分布格局是基本可行的, 同时采用“多度/频度”图解方式来探讨物种多度分布的对数分布, 效果较好.

关键词:物种多度分布; 常绿阔叶林; 陈和洞自然保护区

中图分类号: Q145

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2010)04-0063-05

Species Abundance Distribution in the Broadleaved Evergreen Forest in Chenhedong Nature Reserve, Guangdong Province, China

XIE Dan-dan¹, ZHANG Su-jun², SU Zhi-yao¹, LI Yi-de³

(1 College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2 Guangdong Administrative Center for Non-Commercial Ecological Forestry, Guangzhou 510173, China;

3 Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Guangzhou 510520, China)

Abstract: Based on the data collected from sampled surveys in the field work, the log series model and the truncated log normal model were used to calculate and simulate the abundance distribution of tree species in the broadleaved evergreen forest stands in Chenhedong Nature Reserve. The results show that there are 1 855 trees in Chenhedong Nature Reserve ($DBH \geq 3$ cm), with an average tree density of 3 091 stems/hm². The number of trees in Shangku stand, the southern slope of Shangku stand and the western slope on the mountaintop of Shangku is 648, 366 and 841 stems, respectively. The abundance distribution of tree species in Shangku stand, the southern slope of Shangku stand and the western slope on the mountaintop of Shangku were significantly different from each other ($P < 0.01$). Tree species of Shangku stand and the western slope on the mountaintop of Shangku stand obeyed the log series model and the truncated log normal model, however, the those of the southern slope of Shangku stand obeyed the log series model but not the truncated log normal model. Totally, log distribution model is basically suitable to fit the abundance distribution of the broadleaved evergreen forest.

Key words: species abundance distribution; broadleaved evergreen forest; Chenhedong Nature Reserve

收稿日期: 2010-01-22

作者简介: 解丹丹(1983—), 女, 博士研究生; 通信作者: 苏志尧(1963—), 男, 教授, 博士, E-mail: zysu@scau.edu.cn

基金项目: 广东省2009年“森林生态科技研究和推广”项目; 广东省林业科技计划项目(2008-10)

由于生物多样性概念的流行,多样性指数研究受到高度重视^[14].但我们却没有对与生物多样性测度同样重要的另一方面,即物种多度格局的度量给予足够关注.如果说多样性指数是群落结构的数量化表征,那么群落多度格局分析就是对群落性质的进一步阐释,两者相辅相成.实际上,多度不但是确定物种保护等级的基本依据,在生物多样性保护和管理中具有重要意义,而且对于认识一个群落来说,多度格局比多样性指数更有效^[5-8].

广东省广州市从化陈和洞自然保护区分布的常绿阔叶林因长期以来得到很好的保护,其外貌及林相与省内其他保存完好的天然常绿阔叶林^[9-11]相似.过去对亚热带常绿阔叶林生物多样性的研究多从物种多样性指数方面进行,很少从物种多度关系角度去探讨,从而忽略了常绿阔叶林中常见种和稀有种对群落多样性贡献的差异.本文从群落物种多度的观测频度分布寻找某种适合的理论分布来预测物种多度分布形式,试图在前人研究基础上,采用物种多度分布格局模型讨论陈和洞自然保护区常绿阔叶林的物种多样性,以此拓宽常绿阔叶林物种多样性研究的数量分析方法.

目前,最常用的分布模型有5类^[12]:Whittaker提出的几何分布模型(The geometric series model, 1964)、MacArthur提出的断棍分布模型(The broken-stick model, 1957)、Fisher等提出的对数分布模型(The log series model, 1943)、Preston提出的正态对数分布模型(The log-normal distribution model, 1947, 1962)以及吴承祯等^[13]提出的物种多度分布的Weibull分布模型.由于对数分布可反映物种以无规则的时间间隔侵入生境,并反映出一个或几个物种在群落中占优势,表明随着演替的进行,环境条件逐渐改善.因此,生态学者认为:成熟的自然群落物种多度分布呈对数分布^[14-15].陈和洞自然保护区常绿阔叶林是具有较大相对稳定性的天然群落,故本文运用对数级数分布模型和对数正态分布模型来反映广州从化陈和洞自然保护区常绿阔叶林的物种多度分布格局,从而深入认识陈和洞自然保护区常绿阔叶林的群落特征,为进行合理保护和利用提供科学依据.

1 研究方法

1.1 研究地自然概况

陈和洞自然保护区位于广州北郊从化市吕田镇境内(113°45'~113°54'E, 23°32'~23°50'N),距广

州市区约100 km.该区属亚热带季风气候,年平均气温20.3℃,以7月最热,月平均温度为27.4℃;1月最冷,月平均温度为9.5℃.年平均降水量2 104 mm,年平均相对湿度79%.土壤以花岗岩发育而成的砖红壤或赤红壤为主.地形主要是中低山地、丘陵.自然保护区内最高山峰的海拔为1 256.5 m^[16].

调查样地设于陈和洞自然保护区内3个不同地点,分别是上库、上库南坡和上库山顶西坡.上库样地位于广州抽水蓄能电站上水库的大坝附近,海拔约775 m;上库南坡样地海拔约850 m;上库山顶西坡样地海拔约890 m.

1.2 调查取样方法

分别在上库、上库南坡和上库山顶西坡各设置1个2 000 m²的代表性样地进行调查,每个样地按10 m×10 m设置20个样方,调查样地总面积共6 000 m².在每个样方内进行每木调查,测定胸径(DBH)≥3 cm的所有立木.数据采用Excel 2003软件处理.

1.3 物种多度对数分布模型

分别采用对数级数分布模型和对数正态分布模型来拟合陈和洞自然保护区常绿阔叶林乔木层的物种多度分布,通过查 χ^2 值表检验观测值与预测值之间的差异显著性,数据处理采用Bio-Dap软件完成.

1.3.1 对数级数分布模型 对数级数分布模型首次由Fisher推导^[17],具有 n 个个体的物种期望:

$$E_n = \alpha X^n / n, n = 1, 2, \dots \quad (1)$$

式中: E_n 为具有 n 个物种数的多度; n 为物种的数量; α 、 X 为参数.

通过式(2)和(3)求出参数 X 和 α :

$$S/N = [-\ln(1-X)][(1-X)/X], \quad (2)$$

$$\alpha = N(1-X)/X, \quad (3)$$

式中: S 为群落中物种的总数; N 为群落中个体的总数.

1.3.2 对数正态分布模型 对数正态分布由Preston引入物种多度关系研究,这种分布是一种左端截断的对数正态分布,对数正态分布的形式为:

$$S(R) = S_0 \exp(-a^2 R^2), \quad (4)$$

式中, $S(R)$ 为第 R 个倍频程物种的数量, S_0 为模拟模型中的总物种数的估计值, $a = 2(\sigma^2)^{1/2}$ 为正态分布曲线宽度的倒数,是一个与样本大小有关的参数, σ 为标准差.

1.3.3 物种多度正态分布模型的检验 用 χ^2 检验: $\chi^2 = (\text{观察值} - \text{预测值})^2 / \text{预测值}$,取检验水平 $\alpha = 0.05$,自由度=多度级-1,查 χ^2 值表,检查观察值与预测值之间的差异显著性,以检验其分布.

2 结果与分析

2.1 群落物种组成

陈和洞自然保护区 3 个林地共有乔木1 855 株,林分总密度为9 275 株/hm². 上库、上库南坡和上库山顶西坡的物种多度分别为 648、366 和 841,这 3 个林地的林分密度分别为3 240、1 830和4 205株/hm².
陈和洞自然保护区常绿阔叶林乔木层内层次分化并不明显,只有 2 个亚层. 第 1 乔木层高 11 ~ 15 m 为主,组成的优势种较单一,主要是白锥 *Castanopsis fabric*、阿丁枫 *Altingia chinensis*、深山含笑 *Michelia maudiae* 和厚叶木莲 *Manglietia pachyphylla*. 其中,有少数白锥和阿丁枫最高可达 20 m,甚至 20 m 以上. 第 2 林层高 6 ~ 10 m,种类组成丰富,主要为杜英 *Elaeocarpus decipiens*、樟叶泡花树 *Meliosma squamulata*、吊钟花 *Enkianthus quinqueflorus*、黄樟 *Cinnamomum parthenoxylon*、五列木 *Pentaphylax euryoides*、木荷 *Schima superba*、罗浮柿 *Diospyros morrisiana* 以及密

花树 *Rapanea neriifolia* 等.

2.2 物种多度分布

2.2.1 对数级数分布模型拟合结果 陈和洞自然保护区常绿阔叶林乔木树种分布的不均匀性比较明显,物种间个体数的差异也较明显(表 1). 上库和上库山顶西坡乔木树种的多度级具有 8 级,上库南坡物种的多度级具有 6 级,说明个体数与物种数成一定正比关系. 查 χ^2 值表,对于上库样地,自由度 = 7, $\chi^2_{(7,0.05)} = 14.07$, $\sum \chi^2 = 8.89 < \chi^2_{(0.05)}$;对于上库南坡,自由度 = 5, $\chi^2_{(5,0.05)} = 11.07$, $\sum \chi^2 = 11.62 > \chi^2_{(0.05)}$;对于上库山顶西坡,自由度 = 7, $\chi^2_{(7,0.05)} = 14.07$, $\sum \chi^2 = 5.90 < \chi^2_{(0.05)}$ (表 2).
因此,陈和洞自然保护区常绿阔叶林 3 个样地,上库和上库山顶西坡的乔木树种多度分布的观察值与预测值之间无明显差异,其物种多度分布符合对数级数分布模型,拟合度分别为 25% 和 60%. 而上库南坡乔木树种多度分布的观察值与预测值之间差异明显,其物种多度分布不符合对数级数分布模型.

表 1 陈和洞自然保护区常绿阔叶林乔木树种多度分布参数

Tab. 1 Statistics of abundance distribution of trees in the broadleaved evergreen forest stands in Chenhedong Nature Reserve

样地	种数	个体数	种数/个体数	<i>X</i>	α	自由度	χ^2	拟合度 ¹⁾ /%
上库	56	648	0.086 4	0.977 8	14.706 0	7	8.89	25
上库南坡	40	366	0.109 3	0.969 7	11.441 0	5	11.62	×
上库山顶西坡	52	841	0.061 8	0.985 6	12.255 0	7	5.90	60

1) × 表示不符合该类分布.

表 2 陈和洞自然保护区常绿阔叶林乔木树种多度的分布检验¹⁾

Tab. 2 Goodness of fit for abundance distribution of trees in the broadleaved evergreen forest stands in Chenhedong Nature Reserve

多度级	上限值	上库			上库南坡			上库山顶西坡		
		观察值	预测值	χ^2	观察值	预测值	χ^2	观察值	预测值	χ^2
1	2.5	22	21.41	0.02	8	16.47	4.36	14	18.03	0.90
2	4.5	11	7.94	1.18	8	6.01	0.66	6	6.80	0.09
3	8.5	4	8.10	2.08	7	5.98	0.17	8	7.10	0.11
4	16.5	10	7.44	0.88	11	5.24	6.32	12	6.83	3.92
5	32.5	4	5.90	0.61	4	3.79	0.01	4	5.92	0.62
6	64.5	4	3.61	0.04	2	2.48	0.09	5	4.31	0.11
7	128.5	0	1.37	1.37				2	2.28	0.03
8	256.5	1	0.22	2.72				1	0.73	0.10
合计		56	56.00	8.89	40	40.00	11.62	52	52.00	5.90

1) 上库 $\chi^2_{(7,0.05)} = 14.07$,上库南坡 $\chi^2_{(5,0.05)} = 11.07$,上库山顶西坡 $\chi^2_{(7,0.05)} = 14.07$.

为了更直观地说明陈和洞自然保护区常绿阔叶林乔木树种多度分布格局,采用“多度级数/累积频率”图来表示.从图1可以看出,上库山顶西坡及上库处乔木树种多度分布的对数级数分布曲线与实际观察曲线十分接近,而上库南坡处乔木树种多度分

布的对数级数分布曲线与实际观察曲线却相差比较远,说明上库山顶西坡及上库处物种多度分布符合对数级数分布模型,而上库南坡处物种多度分布不符合对数级数分布模型.

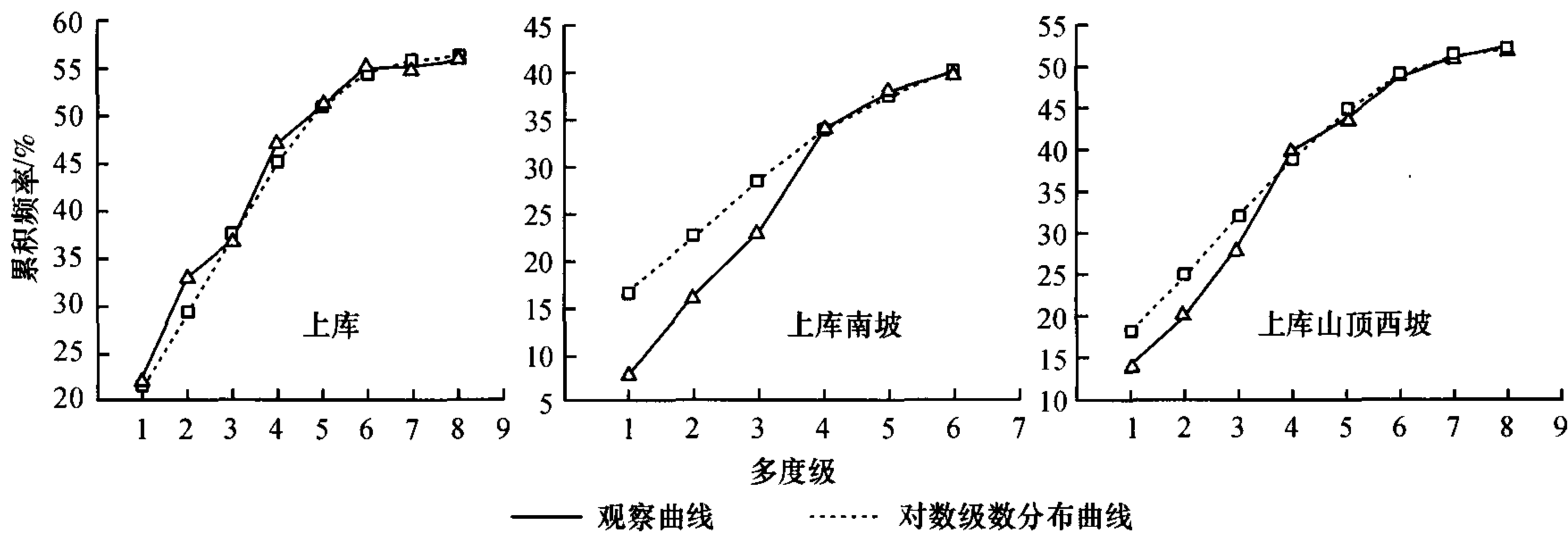


图1 陈和洞自然保护区常绿阔叶林乔木多度观察曲线与对数级数分布曲线的比较

Fig. 1 Comparison between observed curve and log-series distribution curve of trees abundance in the broadleaved evergreen forest stands in Chenhedong Nature Reserve

2.2.2 对数正态分布模型拟合结果 查 χ^2 值表,对于上库样地,自由度=7, $\chi^2_{(7,0.05)}=14.07$, $\sum \chi^2=7.13<\chi^2_{(0.05)}$;对于上库南坡,自由度=5, $\chi^2_{(5,0.05)}=11.07$, $\sum \chi^2=1.95>\chi^2_{(0.05)}$;对于上库山顶西坡,自由度=7, $\chi^2_{(7,0.05)}=14.07$, $\sum \chi^2=3.81<\chi^2_{(0.05)}$ (表3).

表3 对数正态分布的拟合结果

样地	自由度	χ^2	拟合度/%
上库	7	7.13	45
上库南坡	5	1.95	85
上库山顶西坡	7	3.81	80

因此,陈和洞自然保护区常绿阔叶林上库、上库南坡和上库山顶西坡3个样地的乔木树种多度分布的观察值与预测值之间均无明显差异,其物种多度分布均符合对数正态分布模型,拟合度分别为45%、85%和80%.

从物种多度序列图(图2)中可以看出,上库的物种数最多,上库南坡最少.上库、上库南坡和上库山顶西坡的物种多度关系曲线的回归方程分别为: $y=0.2897x^{-1.0511}$ ($R^2=0.8095$)、 $y=0.5023x^{-1.3755}$ ($R^2=0.9350$)、 $y=0.5149x^{-1.3660}$ ($R^2=0.8964$).分别对回归系数和指数进行t检验,结果表明,3个林地的物种多度分布差异极显著($P<0.01$).

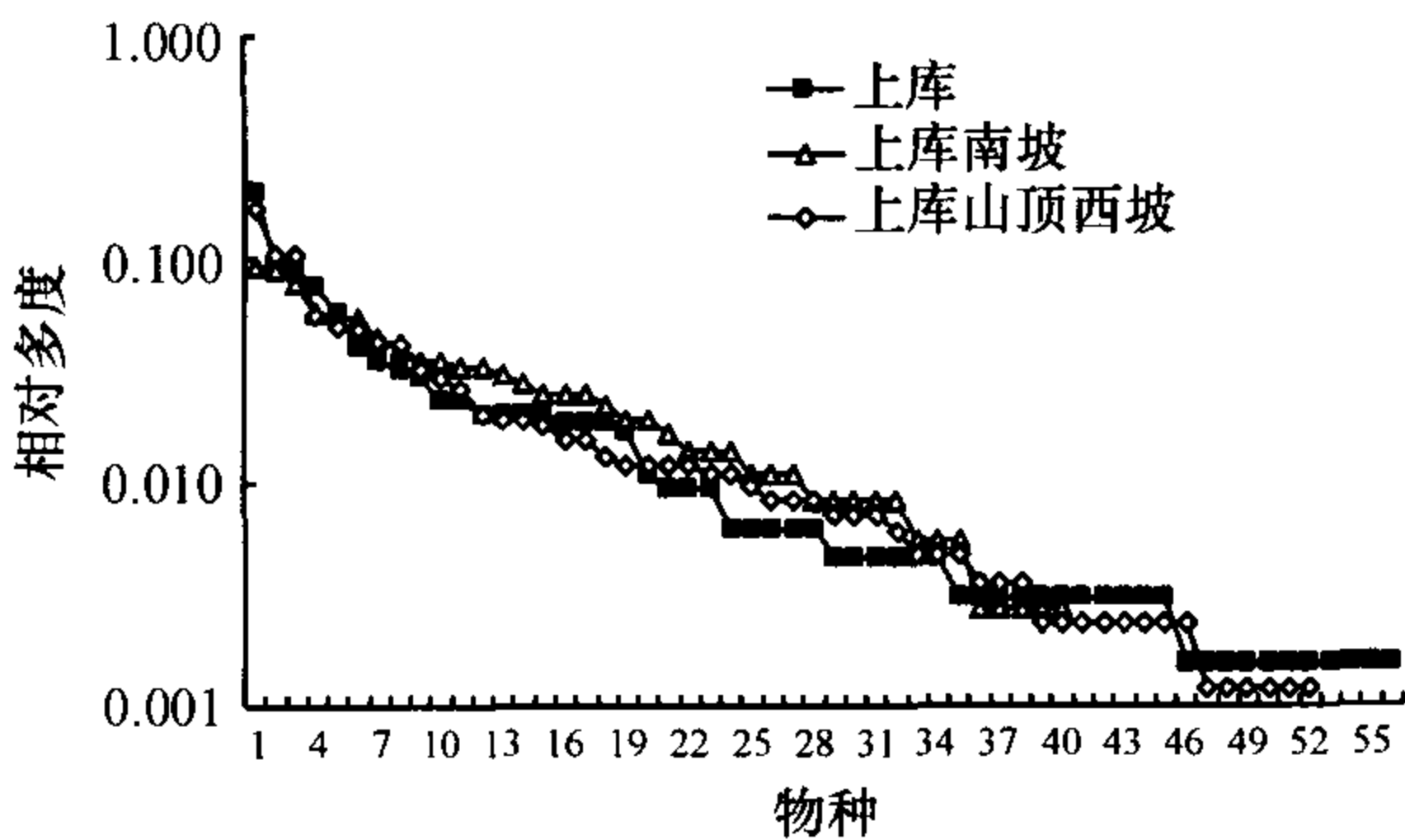


图2 对数正态分布的物种多度序列图

Fig. 2 Species abundance sequence diagram of truncated log normal distribution

3 讨论与结论

物种数量与物种多度的关系是描绘群落生物多样性均匀度水平特征状态的一种重要度量方法^[6,18-20].本研究运用物种多度的对数分布模型描述陈和洞自然保护区常绿阔叶林的生物多样性,丰富了常绿阔叶林物种多样性的研究结果,也为常绿阔叶林的保护提供一些可参考的统计信息.研究表明,陈和洞自然保护区地处亚热带季风气候区,群落组成种类繁多,基本可以分出3个层次,即乔木层、灌木层和草本层.乔木层内层次分化并不明显,只有2个亚层,优势种类较为明显.3个林地的物种多度分布差异极显著($P<0.01$),上库、上库山顶西坡处的乔林树种多度分布格局均遵从对数级数分布和对数正态分布,上库南坡处的乔林树种遵从对数正态分布,但不遵从对数级数分布,表明用对数分布

模型描述常绿阔叶林的物种多度格局是基本可行的;同时采用“多度/频度”图解方式来探讨物种多度分布的对数分布,效果较好。

陈和洞自然保护区3个样地的常绿阔叶林群落物种丰富,结构复杂,优势种群的作用较明显,优势乔木种群控制整个群落环境,导致常绿阔叶林群落中物种个体数间的差异较大,优势种的个体数会明显多出一般种而使整个群落具有较低的均匀度,即整个群落物种均匀度相对较小,因而陈和洞自然保护区常绿阔叶林物种多度格局明显表现对数分布。同时,生境条件可能对3个样地群落的物种多度分布格局有重要的影响^[16,21-23]。生境条件相近的群落,如上库的群落及上库山顶西坡的群落,物种多度分布格局表现相似;而生境条件差异大的群落,群落的物种多度分布格局有显著差异。

参考文献:

- [1] WANG Xu-gao, HAO Zhan-qing, YE Ji, et al. Spatial variation of species diversity across scales in an old-growth temperate forest of China[J]. *Ecological Research*, 2008, 23:709-717.
- [2] FRATERRIGO J M, TURNER M G, PEARSON S M. Interactions between past land use, life-history traits and understory spatial heterogeneity[J]. *Landscape Ecology*, 2006, 21:777-790.
- [3] YUAN Chun-ming, LIU Wen-yao, TANG C Q, et al. Species composition, diversity, and abundance of lianas in different secondary and primary forests in a subtropical mountainous area, SW China[J]. *Ecological Research*, 2009, 24:1361-1370.
- [4] 马克明. 物种多度格局研究进展[J]. *植物生态学报*, 2003, 27(3):412-426.
- [5] TOKESHI M. Species abundance patterns and community structure[J]. *Advances in Ecological Research*, 1993, 24:112-186.
- [6] WESTPHAL M I, FIELD S A, TYRE A J, et al. Effects of landscape pattern on bird species distribution in the Mt. Lofty Ranges, South Australia[J]. *Landscape Ecology*, 2003, 18:413-426.
- [7] KALLIMANIS A S, SGARDELIS S P, HALLEY J M. Accuracy of fractal dimension estimates for small samples of ecological distributions[J]. *Landscape Ecology*, 2002, 17:281-297.
- [8] MARAVELIAS C D, TSITSIKA E V. Environmental influences on the spatial distribution of European hake (*Merluccius merluccius*) and red mullet (*Mullus barbatus*) in the Mediterranean[J]. *Ecology Research*, 2007, 22:678-685.
- [9] 贺金生, 陈伟烈, 李凌浩. 中国中亚热带东部常绿阔叶林主要类型的群落多样性特征[J]. *植物生态学报*, 1998, 22(4):303-311.
- [10] 苏志尧, 陈北光, 古炎坤. 粤北八宝山森林群落的组成和结构特征[J]. *广西植物*, 1995, 15(2):124-130.
- [11] 苏志尧, 陈北光, 吴大荣. 广东英德石门台自然保护区的植被类型和群落结构[J]. *华南农业大学学报*, 2002, 23(1):58-62.
- [12] 刘金福, 洪伟. 福建三明格氏栲林物种多度分布格局研究[J]. *林业科学*, 2001, 37(专刊1):200-204.
- [13] 吴承祯, 洪伟. 观光木群落物种多度分布的 Weibull 模型研究[J]. *福建林学院学报*, 1997, 17(1):20-24.
- [14] MAGURRAN A E. Ecological diversity and its measurement[M]. New Sydney: Princeton University Press, 1988: 1-79.
- [15] 谢晋阳. 物种多样性指数与物种多度分布[M]//林金安. *植物学综论*. 哈尔滨:东北林业大学出版社, 1993: 222-233.
- [16] 解丹丹, 李意德, 苏志尧. 陈和洞自然保护区常绿阔叶林结构多样性研究[J]. *华南农业大学学报*, 2007, 28(4):69-72.
- [17] 邱丽丽, 殷秀琴. 左家自然保护区坡地土壤动物物种-多度分布格局研究[J]. *土壤学报*, 2006, 43(4):629-634.
- [18] KRANABETTER J M, DURALL D M, MACKENZIE W H. Diversity and species distribution of ectomycorrhizal fungi along productivity gradients of a southern boreal forest[J]. *Mycorrhiza*, 2009, 19:99-111.
- [19] LEONARD R, LEGENDRE P, JEAN M, et al. Using the landscape morphometric context to resolve spatial patterns of submerged macrophyte communities in a fluvial lake[J]. *Landscape Ecology*, 2008, 23:91-105.
- [20] JOHNSON C J, SEIP D R. Relationship between resource selection, distribution, and abundance: A test with implications to theory and conservation[J]. *Population Ecology*, 2008, 50:145-157.
- [21] LOPEZ-DARIAS M, LOBO J M, GOUAT P. Predicting potential distributions of invasive species: the exotic Barbary ground squirrel in the Canarian archipelago and the west Mediterranean region[J]. *Biological Invasions*, 2008, 10:1027-1040.
- [22] McONALD R I, URBAN D L. Edge effects on species composition and exotic species abundance in the North Carolina Piedmont[J]. *Biological Invasions*, 2006, 8:1049-1060.
- [23] MUSTER S, ELSENBEEER H, CONEDERA M. Small-scale effects of historical land use and topography on post-cultural tree species composition in an Alpine valley in southern Switzerland[J]. *Landscape Ecology*, 2007, 22:1187-1199.

【责任编辑 李晓卉】