

鼎湖山南亚热带常绿阔叶林定位研究(III) 锥栗、黄果厚壳桂群落乔木物种多样性及 其与测度尺度和取样方法之间的关系^①

张倩媚 叶万辉^② 黄忠良 孔国辉

(中国科学院华南植物研究所, 广州 510650)

摘要 通过采用不同的测度尺度与方式,对鼎湖山南亚热带常绿阔叶林——锥栗、黄果厚壳桂群落乔木树种(胸径 $\geq 1\text{cm}$)的物种多样性指数进行了计算和比较。结果表明,不同取样尺度计算得到的物种多样性数值之间具有较大差异,表明群落物种多样性的测度受到测算尺度的较大影响。群落的物种多样性指数值还具有随取样尺度的扩大而增加的趋势,但当取样尺度超过一定范围(域值)时,取样面积的扩大对其多样性指数值的影响逐步减少。样方法、样带法和巢式取样法,对群落物种多样性测度的尺度效率和测算精度上具有差异。在测算精度(与整个样地测度值的相对差异)一致的条件下,样带法和巢式取样法的取样尺度小于样方法。在同等取样尺度上,样带法的测度精度较高,而样方法则相对较差。研究结果充分说明,森林群落乔木树种的多样性测度,采用样带法进行取样具有较高效率和精度。

关键词 鼎湖山生物圈保护区, 南亚热带常绿阔叶林, 群落结构, 物种多样性, 指数测度, 取样方法。

群落的物种多样性是表征群落组织结构水平的一个重要指标,是将物种数和均匀度结合起来的单一的统计量^[1]。群落的物种多样性测度,是生物多样性各个层次中研究最早、所做工作最多,并且在概念和方法上都较成熟的。自本世纪40年代“多样性指数”被提出后,已有大量的群落物种多样性指数和模型被提出^[2],并且新提出的指数和模型都考虑到使用的有效性问题,其中是否能够独立于样方大小是其有效性评价的主要依据^[3,4]。但直到目前仍没有能够完全独立于取样大小的物种多样性指数被提出,因此,对于群落的物种多样性测度仍受到取样大小的限制,从而使取样尺度对群落物种多样性的指数值具有较大的影响^[5]。

对于鼎湖山南亚热带常绿阔叶林的物种多样性问题,彭少麟、王伯荪(1983)曾进行过研究^[6]。为了进一步说明该群落的组成结构特点,评价不同测度尺度和取样方法对同一样地范围内物种多样性指数测度的影响,以及对产生变化的原因和怎样准确评价群落物种多样性特点等问题进行讨论。本文针对同一样地(1hm²)采用不同的测度尺度和取样方法,对其物种多样性指数进行了计算和分析。

1 研究方法

通过对鼎湖山南亚热带常绿阔叶林 I 号永久样地(关于该样地的自然环境条件以及该样

^① 本研究获中国科学院生态系统研究网络、国家自然科学基金(9390011)、国家科委重大项目“中国生物多样性保护生态学研究(PD-85-31)”项目的资助。参加野外工作的有:黄玉佳、张佑昌、魏平、温达志、余清发、王俊浩、韦彩妙。

^② 通讯作者, why@ms. gzb. ac. cn

地的具体特点,详见鼎湖山南亚热带常绿阔叶林定位研究 I 的记述)乔木(胸径 $\geq 1\text{cm}$)物种组成情况的调查,以不同测度尺度($10\times 10\text{m}^2$, $20\times 10\text{m}^2$, $20\times 20\text{m}^2$, $25\times 25\text{m}^2$, $50\times 25\text{m}^2$, $50\times 50\text{m}^2$, $100\times 50\text{m}^2$, $100\times 100\text{m}^2$),对其乔木物种多样性进行计算。并运用数理统计学的方差分析方法,对不同测度尺度下,群落物种多样性的指数值进行差异检验。然后,应用巢式样地法,从样地的不同起点(4个角)连续扩大取样面积,(从 $5\times 5\text{m}^2$, $5\times 10\text{m}^2$, $10\times 10\text{m}^2$, $10\times 20\text{m}^2$, $20\times 20\text{m}^2$, $20\times 40\text{m}^2$, $40\times 40\text{m}^2$, $40\times 80\text{m}^2$, $80\times 80\text{m}^2$, $100\times 100\text{m}^2$)对各个取样尺度的物种多样性进行计算和比较。最后,将取样尺度相对固定在 $400\sim 1600\text{m}^2$ 的范围上,对该尺度范围的样方调查法、巢式取样法和样带调查法($5\times 100\text{m}^2$, $10\times 100\text{m}^2$, $20\times 100\text{m}^2$, $100\times 5\text{m}^2$, $100\times 10\text{m}^2$)的物种多样性测度结果进行计算和比较。

本文的物种多样性采用重要值指标对 Shannon—Wiener 指数进行计算,重要值采用 $IV = (\text{相对多度} + \text{相对显著度} + \text{相对高度})/3$, Shannon 指数采用 $H' = -\sum P_i \ln P_i$ 计算^[7]。

2 结果与分析

2.1 不同取样尺度下样地物种多样性指数的比较

在整个样地范围内(1hm^2),按不同取样面积,对其 Shannon 指数进行测算,得到各测度尺度下物种多样性指数的平均值、方差和变动系数(表1)。

由表1可见,不同取样尺度下群落物种多样性指数值之间具有较大的差异。经过数理统计的方差分析(表2),表明不同取样尺度的物种多样性指数值之间的差异达到显著水平。经多重比较可知,不仅 100m^2 和 200m^2 取样尺度之间差异显著,并且它们与其它尺度间的差异也都达到显著水平。但当取样面积达到 400m^2 以上时,各尺度间的差异不再显著。

表1 不同取样尺度下样地物种多样性指数的比较

Table 1 The comparison of species diversity in different sampling scales

取样尺度	样方数量	指数均值	方差	变动系数%*	相对差异%**
10×10	100	1.8764	0.1758	22.34	32.64
20×10	50	2.1304	0.1081	15.43	23.52
20×20	25	2.3321	0.0718	11.49	16.28
25×25	16	2.4138	0.0482	9.09	13.34
50×25	8	2.5326	0.0389	7.79	9.08
50×50	4	2.7005	0.0287	6.27	3.05
100×50	2	2.6853	0.0035	2.19	3.60
100×100	1	2.7855			

* 变动系数为标准差与指数均值之比。

** 相对差异为各尺度下多样性指数平均值与整个样地(1hm^2)测度值(2.7855)的相对差异。

表2 不同取样尺度物种多样性指数值的方差分析表

Table 2 Analysis of variance of the indices in different sampling scales

变差来源	自由度	离差平方和	均方	均方比	F_{α}
组间	6	11.54	1.925	14.695	$F_{0.05}=2.14$
组内	198	25.92	0.131		$F_{0.01}=2.89$
总体	204	37.53			

从物种多样性指数值的具体变化上看,具有随测度尺度的增加,而不断增大的趋势,其中以整个样地(1hm^2)为测算单位的数值最大,达到2.7855左右。这个数值明显高于温带地区的

地带性植被^[7]。

随着取样尺度的增加,各尺度下的物种多样性指数值与整个样地的测算值(2.7855)之间的相对差异逐步缩小。在取样尺度达到 $50 \times 25\text{m}^2$ (1250m^2)之上时,相对差异不足10%,即取样尺度在 1000m^2 以上时就可对整个样地物种多样性给出较为准确的测算。

物种多样性指数平均值方差和变动系数体现了在不同测度尺度下,各取样单元(样方)间的差异程度。该两数值均有随取样尺度增加而逐渐缩小的趋势,表明取样尺度的增大使各样方之间的差异也有缩小。但在其变化过程中,在取样尺度为 625m^2 时,有明显的拐点,表明在该尺度以上,取样单位之间的差异已经很小(方差小于0.05,变动系数不到10%)。也就是说在这个尺度以上,每个取样单元之间的差异都较小,并基本上可代表总体的特征。

因此,在综合考虑不同取样尺度下物种多样性指数值的相对差异和各取样单元之间的相对差异,以及取样工作的具体问题(如工作量和调查测算的方便程度等),对该群落物种多样性进行测度,其取样尺度最好在 1000m^2 左右。这一结果与该森林群落取样技术研究的结论相一致^[8]。

2.2 物种多样性指数随取样尺度扩大的变化

通过在样地4个角为起点,以 $5 \times 5\text{m}^2$ 为起点的巢式取样法测算,得到同一样地内物种多样性指数值随取样尺度增加的变化过程(图1)。在取样面积较小时,随着取样面积的成倍增加,物种多样性指数出现急剧增加,并且不同取样起点的同一取样尺度下,物种多样性数值之间的差异较大。当取样范围达到一定面积(800m^2)时,增加幅度开始缩小,不同取样起点测度方式在同一尺度样方之间的差异逐步缩小。但不同取样起点测算值,在曲线的拐点出现尺度上有一定的差异,主要集中在 400m^2 、 800m^2 和 1600m^2 三个尺度上。

由此可见,随着取样尺度的增加,物种多样性指数的变化有明显的尺度域值。超过此值,取样尺度的变化对其多样性指数值影响减少,使其多样性指数值相对稳定在某个数值范围内。同时,这种变化过程也在某种程度上反应了群落内物种分布的不均匀性。特别是在小尺度范围上,生境的空间异质性,直接导致了物种和个体分布的差异,从而造成了同一样地内,同一取样方式,不同起测点样方之间在小尺度或某些大尺度上(如 1600m^2)具有较大的差异(从图1中误差线可看出)。

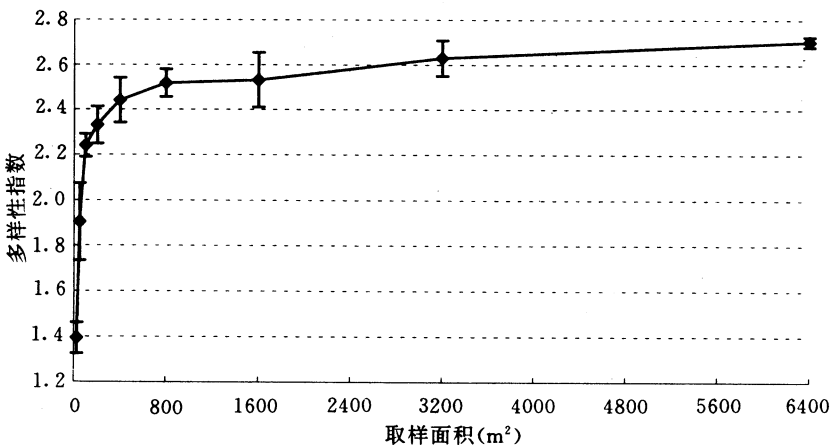


图1 乔木物种多样性随取样尺度增加的变化过程

Fig. 1 Index of tree diversity changes with sampling scales

因此,在对植物群落物种多样性的测度研究上,为了能较为准确的刻划出该群落物种多样性指数的准确范围,似应采用连续取样(如巢式取样、样带取样)等方法进行测度分析。

2.3 不同取样方式对样地物种多样性测度的比较

为了说明不同取样方法对群落物种多样性的影响,将取样尺度相对固定在400~1600m²范围上,分别采用样方法、巢式连续取样法和样带法,对同一样地的物种多样性进行了测度与分析(表3)。

表3 不同取样方法测度的多样性指数比较

Table 3 The comparison of species diversity in different sampling methods

符号	取样方式	样方面积(m ²)	样方数量	指数均值	方差	变动系数%	相对差异%
S1	20×20	400	25	2.3321	0.0718	11.49	16.28
N1	20×20	400	4	2.4433	0.0299	7.07	12.29
S2	20×25	500	20	2.3853	0.0665	10.81	14.37
T3	100×5	500	20	2.4403	0.0499	9.15	12.39
T1	5×100	500	20	2.5027	0.0333	7.29	10.15
S3	25×25	625	16	2.4138	0.0482	9.09	13.34
N2	20×40	800	4	2.5195	0.0111	4.18	9.55
T4	100×10	1000	10	2.5430	0.0358	7.44	8.71
T2	10×100	1000	10	2.6164	0.0277	6.36	6.07
S4	50×25	1250	8	2.5326	0.0389	7.79	9.08
N3	40×40	1600	4	2.5333	0.0446	8.33	9.05
YD	100×100	10000	1	2.7855			

其中样方法有4种面积类型, S1为20×20 m², S2为20×25 m², S3为25×25 m², S4为50×25 m²; 巢式样地有3个面积类型, N1为20×20 m², N2为20×40 m², N3为40×40 m²; 样带法有2个面积类型, 并分别按垂直设置和水平设置各分为2种方式, T1为5×100 m² (水平设置), T2为10×100 m² (水平设置), T3为100×5 m² (垂直设置), T4为100×10 m² (垂直设置)。同时为了说明各方法的测度准确性, 还将整个样地 (1hm²) 范围的测度值列出 (YD)。

由表3可知, 在400~800 m²的尺度上, 各取样方式的测度值与样地的测度值的相对差异的排列顺序为: S1>S2>S3>T3>N1>T1>N2; 在800~1600 m²的尺度上, 其排列顺序为 N2>S4>N3>T4>T2。表明在取样面积相似的情况下, 样方法估测值的相对差异较巢式样地和样带法高, 说明样带法和巢式样地法对样地物种多样性的准确性较高。

从表示同一取样方法不同取样单元间相互差异的变动系数上看, 在400~800 m²范围内, 其顺序为: S1>S2>T3>S3>T1>N1>N2; 在800~1600 m²范围内, 其顺序为 N3>S4>T4>T2>N2。表明在小取样尺度 (800 m²以下) 时, 样方法取样单元间的差异较大, 而巢式取样法和带法则较小。而在大尺度时 (1000 m²以上), 样带法好于其它方法。将这两方面因素结合起来 (且考虑到工作量和调查测算的方便程度), 可见, 样带法在同等取样尺度下对整个样地的估计较好。而样方法无论在大尺度和小尺度上, 都表现出对总体特征估计偏差较大的趋势。

样方法在同一取样尺度上不同取样单元之间的差异较大, 并且与同等取样尺度的样带法

和巢式样地法相比,其测度值与样地总体的相对差异较大,从而对群落总体特征的估计准确性较差。但这一特点对群落内小尺度的生境差异及其物种组成的差异体现上,却有较为重要的应用价值(对于该方面的研究将在另文给予讨论)。

3 结论与讨论

3.1 南亚热带常绿阔叶林乔木树种(胸径 $\geq 1\text{cm}$)物种多样性在 1hm^2 范围内测定的 Shannon 指数值为 2.7855,高于温带地区地带性植被的乔木层。同时,针对同一群落的样地,采用不同的测度尺度对其物种多样性进行测算,结果可有较大的差异,并且这种差异可以达到统计检验的显著水平。表明植物群落物种多样性的测度,受到测度尺度的较大影响。

3.2 南亚热带常绿阔叶林乔木树种的物种多样性指数值具有随取样尺度扩大而增加的趋势,但其增长过程有确定的取样尺度域值。超过此值,取样面积的增加对其多样性指数的影响减小。并且不同取样方法的该域值范围也不相同,一般在采用样方法时,该值约为 1250m^2 (相对差异在 10%以下),并在 2500m^2 以后测度值基本接近于整个样地(1hm^2)的测度值(相对差异在 5%以下)。而采用巢式取样法,则在 800m^2 取样面积上就可使其与整个样地的相对差异处于 10%以下。

3.3 在取样尺度相对一致的情况下,样方法、巢式取样法和样带法,对群落物种多样性指数的测度准确性不同。一般来讲,样带法优于其它方法。在小尺度范围内(1000m^2 以下),巢式取样法也具有较高的准确性。而样方法不仅在测度准确性(相对差异)上与同等面积的其它方法相比较差,而且在该尺度下其各个测定单元(样方)间的差异也较大。但这一特点最适合于群落小尺度差异的分析研究。

3.4 对于南亚热带常绿阔叶林的物种多样性进行测度时,采用 $5\times 100\text{m}^2$ 和 $10\times 100\text{m}^2$ 的样带取样法,既可保证有相对较高的准确性,又可使各取样单元(各样带)间的差异保持在较低水平,即保证了各取样单元间及其与总体间的相对同质性。

参 考 文 献

- 1 Pielou E C. Ecological Diversity. John Wiley & Sons Inc. 1975
- 2 马克平. 生物群落多样性的测度方法. 生物多样性研究的原理与方法. 钱迎倩、马克平主编. 北京: 中国科学院技术出版社, 1994, 141~165
- 3 Kempton, R. A. et al. A comparison of three measures of diversity. Biometrics. 1979, 34: 25~37
- 4 Magurran A E. Ecological Diversity and Its Measurement. New Jersey: Princeton University Press, 1988
- 5 叶万辉, 关文彬. 关于群落物种多样性测度的时、空尺度问题. 生物多样性研究进展. 北京: 中国科学院技术出版社. 1995, 471~475
- 6 彭少麟, 王伯荪. 鼎湖山森林群落分析 I 物种多样性. 生态科学, 1983, (1): 11~17
- 7 马克平等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 II 丰富度、均匀度和物种多样性指数. 生态学报, 1995, 15 (3): 268~277
- 8 王伯荪等. 南亚热带常绿阔叶林取样技术研究. 植物生态与地植物学丛刊, 1982, 6 (1): 51~61

Long-term Monitoring of the Lower Subtropical Evergreen Broad-leaved Forest in Dinghushan Biosphere Reserve (III) Tree Diversity Measurement of *Castanopsis chinensis*, *Cryptocarya concinna* Community on Different Sampling Scales and Methods

Zhang Qianmei Ye Wanhui Huang Zhongliang Kong Guohui

(South China Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650)

ABSTRACT Based on different measuring scales and sampling methods, the species diversity of trees $\geq 1\text{cm}$ in diameter at breast height within a 1hm^2 permanent plot of lower subtropical evergreen broad-leaved forest in Dinghushan Biosphere Reserve has been analyzed. The indices of Shannon-Wiener differ with the sampling scales, and trend to increase with the scale enlargement. In addition, there exists a threshold in scales. When the sampling area exceeds the threshold, the variation of indices is not obvious. The efficiency and accuracy of the index measurement also vary with sampling methods (quadrat, transect and nest). If the accuracy of the measurement is the same, the scale of the transect and nest sampling methods would be lower than that of the quadrat method, while in the same sampling scale, the transect method has higher accuracy than others. It indicates that the transect sampling method is the best way for measuring the species diversity in forest, when sampling efficiency and accuracy are considered.

Key words Dinghushan Biosphere Reserve, Lower subtropical evergreen broad-leaved forest, Community structure, Species diversity, Sampling scale, Sampling methods.