

文章编号: 1000-5692(2006)04-0357-05

天目山常绿阔叶林群落最小取样面积与物种多样性

汤孟平¹, 周国模¹, 施拥军¹, 陈永刚¹, 吴亚琪¹, 赵明水²

(1. 浙江林学院 环境科技学院, 浙江 临安 311300; 2 天目山国家级自然保护区 管理局, 浙江 临安 311300)

摘要: 在浙江省天目山国家级自然保护区内, 采用一次性调查方法, 研究常绿阔叶林群落物种多样性。样地大小为 $100\text{ m} \times 100\text{ m}$ 。用激光对中全站仪测定每株树木坐标。根据树木的地径和胸径, 把常绿阔叶林群落种群分为幼苗、幼树、小树、中树和大树等 5 个大小级。采用丰富度和多样性指数进行群落物种多样性分析。根据种-面积曲线确定最小取样面积。结果表明: 在 1 hm^2 样地内, 共记录到木本植物 127 种, 其中乔木为 76 种, 灌木 51 种。群落木本植物物种丰富度最高的是小树级, 多达 99 个物种, 占群落木本植物总物种数的 78%。除幼树外, 从幼苗到大树, 物种多样性指数和优势种数呈增加趋势。要获得天目山常绿阔叶林群落 80% 以上的木本植物种类, 最小取样面积为 $4\,048\text{ m}^2$, 相当于边长为 64 m 的正方形。这可作为群落物种多样性一次性调查样地大小的参考依据。图 2 表 2 参 26

关键词: 森林生态学; 常绿阔叶林群落; 物种多样性; 种-面积曲线; 最小取样面积
中图分类号: S718.5 **文献标识码:** A

常绿阔叶林是我国亚热带地区最复杂、生产力最高和生物多样性最丰富的地带性植被类型之一, 对保护环境、维持全球性碳循环的平衡和人类的持续发展等都具有极重要的作用, 因此, 一直是生态学研究热点^[1~5]。研究常绿阔叶林群落的第一步是样地调查。取样面积直接影响研究结果。现有研究对取样面积尚无统一标准, 有 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$, $20\text{ m} \times 20\text{ m}$, $20\text{ m} \times 25\text{ m}$, $30\text{ m} \times 25\text{ m}$, $40\text{ m} \times 60\text{ m}$ 等多种规格^[4~9], 以 $20\text{ m} \times 20\text{ m}$ 最常见。张金屯^[10]指出, 在森林群落格局分析中, 样地的边长应在 50 m 以上。但多数研究认为, 应当根据种-面积曲线所确定的群落最小面积作为临界取样面积, 因为最小面积可以使群落的种类组成和结构得以充分表现^[11~16]。分布于浙江省天目山国家级自然保护区的常绿阔叶林是区内重点保护的植被类型, 已对其许多方面开展了研究^[17~21]。作者通过 1 hm^2 ($100\text{ m} \times 100\text{ m}$) 大样地一次性调查, 研究常绿阔叶林群落最小面积与物种多样性关系, 旨在掌握天目山常绿阔叶林群落的物种组成和结构特点, 为常绿阔叶林及其物种多样性调查, 制定保护措施提供科学依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究地区概况

浙江省天目山国家级自然保护区位于浙江西北部临安市境内的西天目山, 地理位置为 $30^{\circ}18'30'' \sim$

收稿日期: 2006-03-03; 修回日期: 2006-04-24

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30471390); 浙江省自然科学基金资助项目(Y305261); 浙江林学院科研发展基金资助项目(2006FR20)

作者简介: 汤孟平, 教授, 博士, 从事森林与环境空间关系研究。E-mail: goodtmp@yahoo.com.cn

30°24′55″N, 119°23′47″~119°28′27″E, 总面积 1 050 hm²。年平均气温为 8.8~14.8℃; 大于或等于 10℃积温 2 500~5 100℃; 年降水量 1 390~1 870 mm, 相对湿度 76%~81%。保护区地处中亚热带北缘向北亚热带过渡的地带, 受海洋暖湿气流影响, 温暖湿润, 雨水充沛, 森林植被十分茂盛。植被分布有明显的垂直界限, 自山麓到山顶垂直带谱为: 海拔 660 m 以下为常绿阔叶林; 660~1 100 m 为常绿、落叶阔叶混交林; 1 100 m 以上为落叶阔叶林和落叶矮林^[18, 22]。研究区植物区系古老, 成分复杂, 有种子植物 1 718 种, 其中国家重点保护植物 35 种, 占浙江省重点保护植物的 64%, 有蕨类植物 71 种, 是华东地区植被保存较完好的地区之一。

1.2 调查方法

在保护区内, 选取常绿阔叶林群落较典型的地段设置样地, 样地中心海拔为 630 m, 样地面积为 1 hm² (100 m×100 m)。用相邻格子调查方法, 把样地划分为 100 个 10 m×10 m 的调查单元。在每个调查单元内, 对高度大于或等于 1.5 m 的木本植物进行每木调查, 记录每株树木的种类, 测定树木胸径、树高等因子; 对高度小于 1.5 m 的木本植物, 同样进行每木调查, 调查因子除地径取代胸径外, 其他因子相同。所有木本植物采用激光对中全站仪(徕卡 TCR 702 Xrange)测定坐标。

1.3 数据分析方法

1.3.1 物种多样性分析 物种多样性采用丰富度和多样性指数(Shannon-Wiener Index)计算^[6, 13, 23]。Shannon-Wiener 指数计算公式:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i \tag{1}$$

式中: S 为物种数, P_i 第 i 种的重要值。 P_i 用相对基部面积计算^[22], 对树高小于 1.5 m 的树木, P_i 等于相对地径断面积, 对树高大于或等于 1.5 m 的树木, P_i 等于相对胸高断面积。

1.3.2 确定最小面积方法 采用两种基于种-面积曲线确定群落最小面积的方法^[11, 12, 15, 23]。

$$S = aA / (1 + bA); \tag{2}$$

$$S = c / (1 + ae^{-bA}). \tag{3}$$

式中: A 为面积, S 为 A 中出现的物种数, a, b, c 是待定参数。方程的拟合用 SPSS 10.0 软件完成。

对于上述种-面积曲线, 要得到群落总数一定比例 p ($0 < p < 1$) 的物种所需的最小面积分别为^[11, 15, 23]:

$$A = p / b (1 - p); \tag{4}$$

$$A = - \ln \left(\frac{1-p}{ap} \right) / b. \tag{5}$$

2 结果与分析

2.1 物种多样性

在 1 hm² 样地内共记录到木本植物 127 种, 其中乔木为 76 种, 灌木 51 种。

为进一步分析木本植物物种多样性在空间的分布特征, 根据地径和胸径对种群大小分级^[24, 25]。选择地径和胸径, 而不是树高作分级因子, 是由于测树因子中, 地径和胸径容易测定, 且测量准确。共分 5 个大小级: ①幼苗, 树高≤1.5 m, 地径<1 cm; ②幼树, 树高≤1.5 m, 地径≥1 cm; ③小树, 树高>1.5 m, 胸径<5 cm; ④中树, 树高>1.5 m, 5 cm≤胸径≤10 cm; ⑤大树, 树高>1.5 m, 胸径≥10 cm。

按以上分级标准, 计算每级各树种的相对基部面积, 并按由大到小顺序排序^[26]。再按相对基部面积由大到小顺序累加, 累计和首次超过 60% 的树种确定为该级的优势种。分级把各树种相对基部面积代入(1)式, 计算得到各级的物种多样性(表 1)。

由表 1 可见, 常绿阔叶林群落木本植物物种丰富度最高的大小级既不在幼苗级, 也不在大树级, 而是处于中间的小树级, 多达 99 个物种, 占群落木本植物总物种数的 78%。小树级的物种是未来中树和大树的物种源, 同时又是幼苗和幼树的物种汇。在群落演替过程中, 具有承上启下的作用, 很大

程度上决定了群落的物种多样性、稳定性和发展趋势。

物种多样性指数与物种丰富度不是简单的线性关系，还受物种分布的均匀程度的影响。根据表 1，物种多样性指数 H' ，最高的是大树级，而不是物种丰富度最高的小树级。这是由于小树级只有 4 个优势种：连蕊茶 *Camellia fraterna*，细叶青冈 *Cyclobalanopsis gracilis*，豹

皮樟 *Litsea coreana*，青冈 *Cyclobalanopsis glauca*，大树级有 11 个优势种：细叶青冈，豹皮樟，青冈，小叶青冈 *Cyclobalanopsis myrsinifolia*，短尾柯 *Lithocarpus brevipendulus*，杉木 *Cunninghamia lanceolata*，白栎 *Quercus fabri*，榿树 *Torreya grandis*，蓝果树 *Nyssa sinensis*，山合欢 *Albizia kalkora*，木 *Loropetalum chinensis*。说明，大树级不仅优势种多，物种分布也相对较均匀，所以物种多样性指数高。物种多样性指数 H' 最小的是幼树级，因为在这个大小级的优势种只有一个连蕊茶，表明物种分布极不均匀。其余 3 个大小级的优势种数相差不大。幼苗级有 3 个优势种：连蕊茶、细叶青冈和豹皮樟。小树级有 4 个优势种：连蕊茶、细叶青冈、豹皮樟和青冈。中树级有 7 个优势种：细叶青冈、青冈、短尾柯、豹皮樟、小叶青冈、榿树和木。可见，除幼树级外，从幼苗到大树级，物种多样性指数 H' 和优势种数呈增加趋势。表明，群落演替过程中，由于竞争和自然稀疏，从小树级到大树级，树木间距逐渐增大，物种竞争趋于缓和，占绝对优势的物种越来越少。

2.2 种-面积曲线

在 100 m×100 m 样地内，以样地左下角为原点，依次按步长 5 m 增加边长，抽取面积为 25，100，225，…，9 025 m² 和 1 hm² 的正方形样方 20 个，统计各样方的木本植物物种数，得到种-面积关系(图 1)。

根据种-面积曲线(2)(3)拟合相应的方程：
 $S=0.1011A/(1+0.0007A)$ ， $R^2=0.9936$ ，(6)
 $S=116.5669/(1+e^{-0.0024A})$ ， $R^2=0.9635$ 。(7)
相关系数 R^2 均值在 0.96 以上，拟合效果较好。
根据(6)(7)式的参数，取不同比例因子 p 代入(4)(5)式，得到相应的最小面积计算式：

$$A = p \{ 0.0007(1 - p) \}; \tag{8}$$

$$A = - \ln \left[\frac{1 - p}{p} \right] / 0.0012. \tag{9}$$

(8)和(9)两者的平均值作为最小取样面积^[11,22]，结果见表 2。可见，要通过一次性样地调查获得 80% 以上的木本植物物种，样地面积应在 4 048 m² 以上。根据表 2，可以计算出 p 每增加 10%，最小取样面积的增加值(图 2)。可见， p 从 0.3~0.5， p 每增加 10%，最小取样面积增加值不超过 500 m²； p 从 0.6~0.8，最小取样面积增加值也不超过 1 500 m²；但 p 从 0.8~0.9，最小取样面积增加值猛增到 3 909 m²，意味着 p 仅增加 10%，而调查面积却要增加 97%，大幅度提高调查成本(图 2)。因此，天目山常绿阔叶林群落物种多样性一次性调查的最小取样面积按 p 取 0.8 的 4 048 m² 比较合适，相当于边长为 64 m 的正方形。这一取样面积，既可覆盖 80% 以上的物种，又能降低调查成本。

3 讨论

常绿阔叶林群落是物种最丰富的森林群落类型之一，其物种多样性容易测定，但物种在群落中的

表 1 常绿阔叶林群落木本植物大小分级物种多样性

Table 1 Tree species diversity indices of evergreen broadleaved forest community in different size classes

分级	S	H'	累计相对基部面积/%	优势种数
幼苗	72	2.218 8	64.1	3
幼树	54	1.415 9	70.4	1
小树	99	2.527 7	68.3	4
中树	58	2.824 3	61.5	7
大树	61	3.178 6	60.8	11

说明： S 表示物种数； H' 表示 Shannon-Wiener 指数。

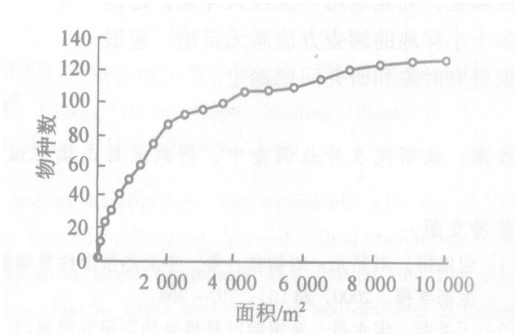


图 1 常绿阔叶林群落种-面积关系

Figure 1 Species-area relation of evergreen broadleaved forest community

作用，以及物种之间、物种与环境之间的相互关系十分复杂，需要进行长期的调查研究才能揭示其规律。研究发现，所调查常绿阔叶林群落木本植物物种丰富度最高的大小级不在幼苗，也不在大树，而是中间的小树，这样的群落物种组成特征对天目山常绿阔叶林群落演替阶段的指示意义值得进一步研究。

为获得研究区常绿阔叶林群落 80% 以上的木本植物种类，根据种-面积曲线所确定的一次性调查最小取样面积为 4 048 m²，即边长为 64 m 的正方形，其面积是目前最常见的调查样地 20 m×20 m 的 10 倍。应当指出，一次性大样地调查，有助于分析群落物种在较小范围内连续空间分布特征和种间关联性。而多个小样地调查，有助于分析物种在较大范围的空间分布特征。这两种调查方法各有优点。对群落物种多样性调查，究竟采用一次性大样地，还是多个小样地的调查方法尚无定论，应根据研究对象和研究问题确定。

表 2 群落最小取样面积
Table 2 Minimum sampling area of community

比例因子(p)	最小面积/m ²		平均/m ²
	(8)式	(9)式	
0.2	357	71	214
0.3	612	520	566
0.4	952	888	920
0.5	1 429	1 226	1 327
0.6	2 143	1 564	1 853
0.7	3 333	1 932	2 633
0.8	5 714	2 381	4 048
0.9	12 857	3 057	7 957

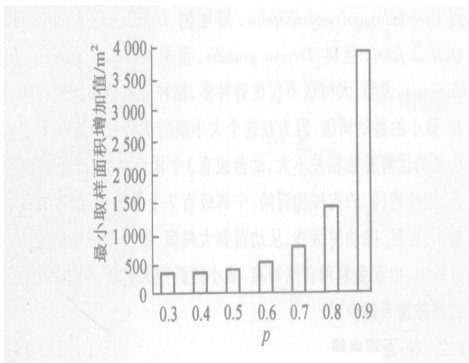


图 2 最小取样面积增加值与 p 的关系

Figure 2 Relation of increased value of minimum sampling area and p

致谢：该研究在外业调查中，得到天目山国家级自然保护区管理局的大力支持，在此表示衷心感谢！

参考文献：

[1] 包维楷, 刘照光, 刘朝禄, 等. 中亚热带湿性常绿阔叶次生林自然恢复 15 年来群落乔木层的动态变化[J]. 植物生态学报, 2000, 24(6): 702—709.

[2] 丁圣彦, 宋永昌. 常绿阔叶林植被动态研究进展[J]. 生态学报, 2004, 24(8): 1 769—1 774.

[3] 倪健, 宋永昌. 中国亚热带常绿阔叶林优势种及常见种的水热分布类群[J]. 植物生态学报, 1997, 21(4): 349—359.

[4] 蔡锡安, 彭少麟, 曹洪麟, 等. 广州罗岗村边次生常绿阔叶林群落分析[J]. 应用与环境生物学报, 1998, 4(2): 107—114.

[5] 石胜友, 尚进, 田海燕, 等. 缙云山风灾迹地常绿阔叶林生态恢复过程中优势种群分布格局和动态[J]. 武汉植物学研究, 2003, 21(4): 321—326.

[6] 程瑞梅, 肖文发, 李建文, 等. 三峡库区森林植物多样性分析[J]. 应用生态学报, 2002, 13(1): 35—40.

[7] 蔡飞, 宋永昌. 武夷山木荷种群结构和动态的研究[J]. 植物生态学报, 1997, 21(2): 138—148.

[8] 施济普, 朱华. 西双版纳热带山地季风常绿阔叶林的群落生态学研究[J]. 云南植物研究, 2003, 25(5): 513—520.

[9] 张家城, 陈力. 亚热带多优势种森林群落演替现状评判研究[J]. 林业科学, 2000, 36(2): 116—121.

[10] 张金屯. 植物种群空间分布的点格局分析[J]. 植物生态学报, 1998, 22(4): 44—349.

[11] 代力民, 王青春, 邓红兵, 等. 二道白河河岸带植物群落最小面积与物种丰富度[J]. 应用生态学报, 2002, 13(6): 641—645.

[12] 邓红兵, 吴刚, 郝占庆. 马尾松-栎类天然混交林群落最小面积确定及方法比较[J]. 生态学报, 1999, 19(4): 499—503.

[13] 方燕鸿. 武夷山米槠、甜槠常绿阔叶林的物种组成及多样性分析[J]. 生物多样性, 2005, 13(2): 148—155.

[14] GRAY J H. Marine diversity: the paradigms in patterns of species richness examined[J]. Sci Mar, 2001, 65(2): 41—56.

1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

- [15] 刘灿然, 马克平, 于顺利. 北京东灵山地区植物群落多样性研究——种-面积曲线的拟合与评价[J]. 植物生态学报, 1999, 23 (6): 490—500.
- [16] ROSENZWEIG M L. *Species Diversity in Space and Time* [M]. New York, Cambridge University Press, 1995: 43.
- [17] 王文娟, 王传昌. 天目山自然保护区森林资源数据库的构建[J]. 福建地理, 2004, 19 (1): 30—34.
- [18] 王祖良, 丁丽霞, 傅起升. 天目山自然保护区的景观分析[J]. 四川林勘设计, 2002 (3): 11—15.
- [19] 陈冬基. 西天目山自然保护区森林垂直带的定量分析[J]. 浙江林学院学报, 1992, 9 (1): 14—23.
- [20] 刘茂春. 西天目山森林植被的研究——南坡的森林植被分类[J]. 浙江林学院学报, 1991, 8 (1): 13—24.
- [21] 章皖秋, 李先华, 罗庆州. 基于 RS、GIS 的天目山自然保护区植被空间分布规律研究[J]. 生态学杂志, 2003, 22 (6): 21—27.
- [22] 楼涛, 赵明水, 杨淑贞, 等. 天目山国家级自然保护区古树名木资源[J]. 浙江林学院学报, 2004, 21 (3): 269—274.
- [23] 吴晓葦, 朱彪, 赵淑清, 等. 东北地区阔叶红松林的群落结构及其物种多样性比较[J]. 生物多样性, 2004, 12 (1): 174—181.
- [24] 胡小兵, 于明坚. 青冈常绿阔叶林中青冈种群结构与分布格局[J]. 浙江大学学报: 理学版, 2003, 30 (5): 574—579.
- [25] 金则新, 蔡辉华. 浙江天台山常绿阔叶林不同演替阶段优势种群动态[J]. 浙江林学院学报, 2005, 22 (3): 272—276.
- [26] 达良俊, 杨永川, 宋永昌. 浙江天童国家森林公园常绿阔叶林主要组成种的种群结构及更新类型[J]. 植物生态学报, 2004, 28 (3): 376—384.

Minimum sampling area and species diversity of evergreen broadleaved forest community in Mount Tianmu

TANG Meng-ping¹, ZHOU Guo-mo¹, SHI Yong-jun¹, CHEN Yong-gang¹, WU Ya-qi¹, ZHAO Ming-shui²

(1. School of Environmental Technology, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. Management Office, National Nature Reserve of Mount Tianmu, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: In order to study plant species diversity based on one-off investigation, one typical plot with size of 100 m×100 m was surveyed in National Nature Reserve of Mount Tianmu in Zhejiang Province. Total station was used to measure tree coordinates. Populations of evergreen broadleaved forest community was divided into five size classes: seedling, sapling, small tree, middle tree and big tree class by tree's boot diameter and diameter at breast height. Species diversity analysis adopts species richness and Shannon-Wiener Index. Minimum sampling area was determined by species-area curve. The result shows that there are 127 tree species, 76 arbor tree species and 51 shrub tree species, in sampling plot. The maximum species richness is in small tree class which contains 99 species or 78 percent of total tree species number. Species diversity index H' and dominant species number tends toward increasing tendency from seedling class to big tree class except sapling class. In order to get 80 percent of total tree species number, minimum sampling area is 4 048 m², corresponds to a square plot with 64 m length of one side, and can be a reference of species diversity one-off investigation plot. [Ch, 2 fig, 2 tab, 26 ref.]

Key words: forest ecology; evergreen broadleaved forest community; species diversity; species-area curve; minimum sampling area