

福建中亚热带常绿阔叶林物种多样性的空间格局

廖成章¹, 洪伟², 吴承祯², 王新功², 程煜², 封磊²

(1. 复旦大学生物多样性科学研究所, 上海 200433; 2. 福建农林大学林学院, 福建南平 353001)

摘要: 对福建中亚热带不同区域、不同海拔梯度的常绿阔叶林群落进行物种多样性测定, 结果表明: (1) 在 6 个区域中, 乔木层的物种多样性指数平均值高于灌木层的平均值; 对丰富度指数, 太平乔、灌木层 (R_1 、 R_2) 最高, 茂地 (R_1 、 R_2) 最低; 对多样性指数, 乔木层夏道 (D_1 、 H_1) 最高, 土堡 (D_1)、茂地 (H_1) 分别最低, 灌木层峡阳 (D_2)、大洋 (H_2) 分别最高, 太平 (D_2 、 H_2) 最低; 对均匀度指数, 乔木层中茂地 (E_1 、 J_1) 最高, 土堡 (E_1 、 J_1) 最低, 灌木层峡阳 (E_2)、大洋 (J_2) 分别最高, 太平 (E_2 、 J_2) 最低; 不同区域乔木层的物种多样性指数曲线变化比灌木层缓和; (2) 在 6 个海拔梯度群落, 对乔木层物种数和丰富度指数在海拔 200~400 m (S_1 、 R_1) 最高, 对灌木层在海拔 600~800 m (S_1 、 R_1) 最高; 对乔、灌木层物种数和丰富度指数在海拔 1 000~1 200 m (S_1 、 S_2 、 R_1 、 R_2) 最低; 对多样性指数, 在乔木层中在海拔 200~400 m (D_1 、 H_1) 最高, 在海拔 800~1 000 m (D_1 、 H_1) 最低, 在灌木层中在海拔 600~800 m (D_2 、 H_2) 最高, 海拔 800~1 000 m (D_2 、 H_2) 最低; 对均匀度指数, 乔木层中在海拔 1 000~1 200 m (E_1 、 J_1) 最高, 在海拔 800~1 000 m (E_1 、 J_1) 最低, 灌木层中在海拔 1 000~1 200 m (E_2)、200~400 m (J_2) 分别最高, 在海拔 800~1 000 m (E_2 、 J_2) 最低; (3) 不同的物种多样性指数对同一群落的表征有些差异, 要根据实际选择使用这些指数。物种多样性空间格局分布的研究对重建和恢复常绿阔叶林具有重要意义。

关键词: 常绿阔叶林; 物种多样性; 空间格局

中图分类号: S718 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2003)06-0517-06

Study on the spatial pattern of species diversity for the subtropical evergreen broadleaf forest in Fujian Province

LIAO Cheng-zhang¹, HONG Wei², WU Cheng-zhen²,
WANG Xin-gong², CHENG Yu², FENG Lei²

(1. Institute of Biodiversity Science, Fudan University, Shanghai 200433; 2. Fujian Agriculture and Forestry University, Nanping 353001, China)

Abstract: The spatial pattern of species diversity of the subtropical evergreen broadleaf forests were studied by species diversity indices in six areas and six elevation grades in Fujian Province. The results show that: (1) In six areas, the mean value of species diversity indices in the tree layer are higher than those in the shrub layer; and that the richness indices (R_1 , R_2) in Taiping are the highest and those in Maodi the lowest; the diversity indices (D_1 , H_1) in Xiadao are the highest and (D_1) in Tubao and (H_1) in Maodi the lowest in tree layer, and (D_2)

收稿日期: 2002-11-25 修订日期: 2003-03-12

基金项目: 福建省科技厅重大资助项目(2001-F-007, 2001Z025); 福建省自然科学基金资助项目(B00121, B0110026)。

作者简介: 廖成章(1972-), 男, 福建省建阳市人, 博士, 主要从事数量生态学研究。

in Xiayang and(H_2)in Dayang are the highest and(D_2)and(H_2)in TaiPing the lowest in shrub layer;and that the evenness indices(E_1, J_1)in Maodi are the highest and in Tubao the lowest in tree layer;and(E_2)in Xiayang and(J_2)in Dayang are the highest and(E_2, J_2)in Taiping the lowest in shrub layer, and that the variety of species diversity index curves in tree layer in six areas are more slower than those in shrub layer;(2) The species number(S_1)and the richness index(R_1)are the highest in the elevation of 200~400 m in tree layer and(S_1, R_1) are the highest of 600~800 m in shrub layer, the species numbers(S_1, S_2)and the richness indices(R_1, R_2)are the lowest in the elevation of 1 000~1 200 m in tree and shrub layer;and that the diversity indices(D_1, H_1)are the highest in the elevation of 200~400 m and of 800~1 000 m the lowest in tree layer, and (D_2, H_2) of 600~800 m the highest and of 800~1 000 m the lowest of shrub layer; and that the evenness indices(E_1, J_1)are the highest of 1 000~1 200 m and of 800~1 000 m the lowest in tree layer, and(E_2)of 1 000~1 200 m and (J_2)of 200~400 m are the highest and(E_2, J_2)of 800~1 000 m the lowest in shrub layer;(3) There were more or less differences in the species diversity indices which are used to be the token of the community so that they must be selectively used according to the facts. There is important significance to study the spatial pattern distribution of the species diversity indices for the recovering and rebuilding of subtropical evergreen broadleaf forest.

Key words: evergreen-broadleaf forest; species diversity; spatial pattern

常绿阔叶林是一个巨大的天然基因库,是人类赖以生存的物质基础,在维护地球生态平衡中起着举足轻重的地位。在人口增长和经济发展的压力之下,常绿阔叶林面积急骤减少,给人类文明和生存带来严重的潜在威胁。福建省中亚热带常绿阔叶林群落同世界常绿阔叶林一样,也遭到大面积的破坏,导致区域性的生态环境严重恶化,很大程度上影响区域经济的可持续发展。福建中亚热带地形复杂气候多样,生境差异明显,使常绿阔叶林在物种组成上十分丰富,群落内部存在着极为复杂的相互联系,群落的种类及其数量、空间结构、功能和动态等方面表现出明显的差异。由于福建中亚热带大面积人工针叶林取代常绿阔叶林而引起一系列问题,研究常绿阔叶林的恢复和重建理论与技术显得尤为紧迫,前人对常绿阔叶林的物种多样性进行大量研究(洪伟等,1999,2000;吴承祯等,1996;章寿林,1997;贺金生等,1998;彭少麟等,1983;王伯荪等,2001),但对常绿阔叶林物种多样性空间格局的研究鲜见报道(王伯荪等,2001;沈泽昊等,2000)。本文旨在探讨福建中亚热带常绿阔叶林群落物种多样性的空间格局,以揭示其独特性,为该区常绿阔叶林的恢复和重建提供参考。

1 福建中亚热带常绿阔叶林概况

福建中亚热带常绿阔叶林地带介于 $115^{\circ}50' \sim 120^{\circ}43' \text{ E}$, $24^{\circ}23' \sim 28^{\circ}19' \text{ N}$,即包括南平、三明两

地市及龙岩、宁德两区绝大部分,其西北部为武夷山脉,东南部为戴云山脉,东北部有鹫峰山脉,山地、丘陵和山间盆地相互交错,地形多样。本区的气候特点是春季阴雨连绵,夏热多雨,秋季有一定旱季,冬季可见霜雪,雾日多、湿度大。年平均气温在 $15 \sim 20^{\circ} \text{ C}$,年平均降雨量一般为 $1\,600 \sim 2\,500 \text{ mm}$ 。成土母岩有变质岩、花岗岩和沉积岩,土壤多为红壤,间有黄红壤、黄壤和紫色土。

福建中亚热带常绿阔叶林物种丰富,阔叶树种主要由壳斗科(Fagaceae)、樟科(Lauraceae)、山茶科(Theaceae)、木兰科(Magnoliaceae)、金缕梅科(Hamamelidaceae)、蔷薇科(Rosaceae)、冬青科(Aquifoliaceae)、山矾科(Symplocaceae)等科物种组成,它们的属、种在阔叶林中占优势。

2 研究方法

2.1 调查方法

采用样地调查方法,在福建中亚热带常绿阔叶林主要分布区的茂地、夏道、大洋、峡阳、太平、土堡6个区域常绿阔叶林的代表性地段,设立4个 $20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$ 样地(即每个分布区的样地面积为 $1\,600 \text{ m}^2$),记录每个样地海拔、土层厚度、坡度、坡向、坡位、母岩、盖度,调查乔木层郁闭度、透光率,记录每一物种胸径、树高、冠幅、个体数等;并在每个样地中设置4个 $4 \text{ m} \times 4 \text{ m}$ 小样方调查灌木层和草本层的物种、多度、高度、盖度等。在常绿阔叶林 $0 \sim 1\,200$

m 垂直分布区内,沿茫荡山(海拔 1 364 m)的主线随着海拔每上升 200 m,设立 4 个 20 m×20 m 样地(即每个海拔梯度群落样地面积 1 600 m²)和每个样地中设置 4 个 4 m×4 m 小样方,按乔、灌、草调查方法记录样地有关的数据。

2.2 物种多样性指数测定方法

2.2.1 丰富度指数(Margalef, 1958)

(1) $R = S / \log N$, 其中, S 、 N 为样本中观察的物种数和个体数。用 R_1 、 R_2 分别表示乔木层、灌木层物种丰富度指数。

2.2.2 多样性指数

(2) Simpson 多样性指数 (Simpson, 1949) $D = 1 - \sum N_i(N_i - 1) / [N(N - 1)]$

(3) Shannon-Wiener 多样性指数 (Menhinick, 1964) $H = - \sum P_i \log P_i$

其中, S 、 N 为总物种数和总个体数, N_i 为第 i 种的个体数, $P_i = N_i / N$, $i = 1, 2, \dots, S$ 。用 D_1 、 H_1 表示乔木层 Simpson 多样性指数、Shannon-Wiener 多样性指数, D_2 、 H_2 表示灌木层 Simpson 多样性指数、Shannon-Wiener 多样性指数。

2.2.3 均匀度指数(卢泽愚, 1978)

(4) Simpson 均匀度指数 $E = N(N/S - 1) / (\sum N_i(N_i - 1))$

(5) Pielou 均匀度指数 $J = (- \sum P_i \log P_i) / \log S$

其中, P_i 和 S 的意义同上。用 E_1 、 J_1 表示乔木层 Simpson 均匀度指数、Pielou 均匀度指数, E_2 、 J_2 表示灌木层 Simpson 均匀度指数、Pielou 均匀度指数。

3 结果分析

3.1 不同区域常绿阔叶林物种多样性特征

3.1.1 丰富度指数 群落的物种数是最直观、简单地测度群落物种丰富程度的指标,也被认为是群落多样性最客观的指标。在面积相同的 6 个常绿阔叶林群落乔木层,夏道的物种最丰富(37 种),茂地的物种最少(18 种),其它区域分别是大洋为 27 种、峡阳为 24 种、太平为 35 种、土堡为 32 种;在灌木层,太平的物种最丰富(41 种),茂地的物种最少(14 种),其它区域分别是大洋为 29 种、峡阳为 29 种、夏道为 28 种、土堡为 38 种。乔木层中,夏道的个体数最多(361 株),峡阳的个体数最少(167 株);灌木层中,太平的个体数最多(420 株),大洋的个体数最少

(134 株)。

丰富度指数 R 是与群落的物种数和个体数均有关的指标,即在一定面积内用物种的数目与个体总数之间的关系来测定。6 个区域的丰富度指数在乔、灌木层中所反映的趋势基本一致(表 1),即乔木层的丰富度高,灌木层的丰富度也随之高,太平乔、灌木层的物种丰富度指数最高,茂地乔、灌木层的物种丰富度指数最低,其它介于二者之间。所以用物种数和丰富度指数来反映群落的特征并不一致,这是因为影响物种丰富度的因素很多如历史原因、潜在定居者的数量(物种库的大小)等,甚至立地条件和环境因子(如土壤、水分、光照等)对乔、灌木层物种数和个体数也有重要的影响(孙儒泳等, 1993)。在所调查的太平常绿阔叶林群落中,它的立地条件和环境因素(人为干扰程度)相对较好,因此太平的物种丰富度指数最高;茂地的常绿阔叶林群落受到的人为干扰较大,当地村民经常到山上采伐木柴或到山上烧薪炭,物种的丰富度较低也易于理解。

表 1 不同区域多样性指标的测定结果

Table 1 The testing results of diversity indices in different zones

指标 Indices	样地地点 Sites					
	茂地 Maodi	夏道 Xiadao	大洋 Dayang	峡阳 Xiayang	太平 Taiping	土堡 Tubao
R_1	3.4237	6.2830	5.1254	4.6893	6.3252	6.1556
R_2	2.5265	5.0935	5.9210	5.0047	6.7878	6.5700
D_1	0.9049	0.9178	0.9164	0.9082	0.9084	0.8611
D_2	0.8120	0.7533	0.9147	0.9181	0.6441	0.9089
H_1	2.5307	2.9368	2.7046	2.6557	2.8756	2.6017
H_2	2.0878	2.1953	2.7970	2.7207	1.8996	2.7924
E_1	0.5321	0.2959	0.3831	0.3911	0.2697	0.1863
E_2	0.3604	0.1287	0.3192	0.3922	0.0620	0.2560
J_1	0.8756	0.8133	0.8206	0.8357	0.8088	0.7507
J_2	0.7911	0.6588	0.8306	0.8165	0.5115	0.7676

R_1 : 乔木层丰富度 Richness of tree layer; R_2 : 灌木层丰富度 Richness of shrub layer; D_1 : 乔木层 Simpson 多样性指数 Simpson diversity index of tree layer; D_2 : 灌木层 Simpson 多样性指数 Simpson diversity index of shrub layer; H_1 : 乔木层 Shannon-Wiener 多样性指数 Shannon-Wiener diversity index of tree layer; H_2 : 灌木层 Shannon-Wiener 多样性指数 Shannon-Wiener diversity index of shrub layer; E_1 : 乔木层 Simpson 均匀度指数 Simpson evenness index of tree layer; E_2 : 灌木层 Simpson 均匀度指数 Simpson evenness index of shrub layer; J_1 : 乔木层 Pielou 均匀度指数 Pielou evenness index of tree layer; J_2 : 灌木层 Pielou 均匀度指数 Pielou evenness index of shrub layer. 下同 The same below.

3.1.2 多样性指数 多样性指数是反映群落物种多样化或异质性程度的指标。Simpson 多样性指数 D 是常用的多样性指标之一,表明 D 越大,多样性越

高。在乔木层,6个区域中夏道的 Simpson 多样性指数 D_1 (0.917 8) 最高,土堡(0.861 1) 最低;而在灌木层中峡阳 Simpson 多样性指数 D_2 (0.918 1) 最高,太平(0.644 1) 最低(表 1)。在乔木层中 Simpson 指数 D_1 的变化比灌木层 D_2 缓和。在样地调查时发现,在乔木层物种丰富、生长良好的群落中,往往是灌木层及草本层耐荫植物生长良好,阳生物种生长较差甚至不能生长。

当采用 Shannon-Wiener 指数 H 来衡量 6 个区域的群落木本植物不斉性程度时,在乔木层中夏道 Shannon-Wiener 指数 H_1 (2.936 8) 最高,茂地(2.530 7) 最低;灌木层中大洋 Shannon-Wiener 指数 H_2 (2.797 0) 最高,太平(1.899 6) 最低(表 1)。乔木层 Shannon-Wiener 指数 H_1 的变化比灌木层 H_2 缓和。从不同区域中乔、灌木层的 Shannon-Wiener 指数来看,它们的范围在 1.8~3.0 之间。Simpson 多样性指数和 Shannon-Wiener 多样性指数共同之处是在 6 个区域中乔木层的变化都较为缓和,而在灌木层中变化较大,反映了不同区域多样性的差异,即不同区域的生境或林下的小环境对灌木层起了很大的作用。

3.1.3 均匀度指数 均匀度指数反映了群落或生境中全部物种个体数的分配状况,即各物种个体数目分配的均匀程度(表 1)。在乔木层中茂地的 Simpson 均匀度指数 E_1 最高,土堡最低;在灌木层中峡阳 Simpson 均匀度指数 E_2 最高,太平最低;很明显,乔木层的 Simpson 均匀度指数 E_1 平均值(0.344 4) 高于灌木层 E_2 的平均值(0.250 8)(表 1)。

对 Pielou 的均匀度指数而言,在乔木层中茂地的 Pielou 均匀度指数 J_1 (0.875 6) 最高,土堡(0.750 7) 最低;在灌木层中大洋 J_2 (0.830 6) 最高,太平(0.511 5) 最低(表 1);同样,乔木层的 Pielou 均匀度指数 J_1 平均值(0.817 5) 高于灌木层 J_2 平均值(0.729 4)。对两个均匀度指数而言,乔木层的均匀度指数比相对应灌木层的均匀度指数缓和,乔、灌木层各自的均匀度指数变化趋势相同,结果与多样性指数反映的基本一致。

3.2 不同海拔梯度常绿阔叶林物种多样性特征

研究区属于福建中亚热带季风气候,在海拔 100~1 700 m 中属于常绿阔叶林分布的范畴,特别在海拔 1 000 m 之处是两种不同中亚热带常绿阔叶林分界线。在海拔 1 000 m 以下的常绿阔叶林主要

以米槠、栲树、木荷、沉水樟(*Cinnamomum micranthum*)、闽楠(*Phoebe bournei*)、细柄草树(*Altingia gracilipes*)、青冈栎(*Cyclobalanopsis glauca*)等物种组成,在海拔 1 000~1 700 m 的常绿阔叶林主要以木荷、红楠(*Machilus thunbergii*)、云山青冈(*Cyclobalanopsis nubium*)、多脉青冈(*Cyclobalanopsis multinervis*)等物种组成。在水热条件好的地方(特别是海拔 0~200 m 之间)由于社会经济的发展,人为干扰较大,多数山脚已被开发成农田或经济林。随着海拔的上升,人类活动所能到达山地的程度减少,对群落干扰的程度也同时降低。但是随着海拔上升,相对而言,水热条件下降,特别是随海拔每上升 100 m 温度下降 0.5~0.6 °C,严重影响常绿阔叶林树种及其伴生种沿海拔梯度的向上分布。

3.2.1 丰富度指数 在海拔 0~1 200 m 的垂直方向上设置的 6 个常绿阔叶林群落样地,随海拔的上升乔木层的物种数分别为 26、38、30、34、15 和 14,灌木层的物种数分别为 40、27、40、37、22 和 17,乔木层和灌木层的物种数总体上随海拔上升呈下降的趋势,但在海拔 0~800 m 之间乔木层物种数出现锯齿状变化趋势,在海拔 800~1 200 m 之间有下降的趋势;由于群落受干扰主要在乔木层,在灌木层中物种数的变化与乔木层有些不一致,在海拔 0~800 m 之间物种数下降后上升,在海拔 800~1 200 m 物种数下降;但无论是在乔木层还是灌木层,个体数的变化没有一定的规律。

乔木层和灌木层的丰富度指数随海拔上升而不断变化,乔木层在海拔 200~400 m 之间丰富度指数 R_1 (6.681 9) 最高,在海拔 1 000~1 200 m 之间(2.660 2) 最低;灌木层中丰富度指数 R_2 在海拔 0~200 m 之间(7.183 5) 最高,在海拔 1 000~1 200 m 之间(2.971 9) 最低(表 2)。总体上在乔、灌木层中,随海拔上升,群落中物种丰富度指数变化趋势分别与其物种数的变化趋势基本一致。在海拔 0~600 m 之间,乔木层物种数、丰富度指数分别与灌木层物种数、丰富度指数的变化趋势相反,即若乔木层物种数高,则灌木层物种数低,或者若乔木层丰富度指数高,则灌木层丰富度指数低;在海拔 800~1 200 m 之间乔、灌木层物种数和丰富度指数的变化趋势完全一致。

3.2.2 多样性指数 Simpson 多样性指数随海拔梯度测定结果表明,在海拔 0~800 m,乔、灌木层的 Simpson 多样性指数变化不大,在海拔 800~1 200

m 乔、灌木层的多样性指数减小后又上升(表 2)。6 个海拔梯度的乔木层 Simpson 多样性指数 D_1 平均值(0.855 6)高于灌木层 D_2 平均值(0.839 0),这说明在海拔梯度上,乔木层比灌木层具有更高的物种多样性;同时 Simpson 指数在海拔 800~1 000 m 之处,群落的乔、灌木层物种多样性急剧减小,到海拔 1 000~1 200 m 时又回升。Shannon-Wiener 指数 H 也具有 Simpson 指数 D 的相似情况,但指数 H 比指数 D 的变化幅度大(表 2)。所以,6 个海拔梯度的群落样地中,在海拔 200~400 m 之处乔木层 Shannon-Wiener 指数 H_1 (2.846 7)最高或种的个体出现紊乱程度最高,在海拔 800~1 000 m 最低(1.797 1);在海拔 600~800 m 之处灌木层的 Shannon-Wiener 指数 H_2 (2.853 4)最高或种的个体不确定性最高,同样也是在海拔 800~1 000 m 最低(1.547 5)(表 2);同时 6 个海拔梯度的乔木层 Shannon-Wiener 多样性指数 H_1 平均值(2.450 2)稍高于灌木层 H_2 平均值(2.441 3)。

表 2 不同海拔多样性指标的测定结果

Table 2 The testing results of diversity indices in different altitudes

指标 Indices	海拔 Altitude (m)					
	200	400	600	800	1 000	1 200
R_1	5.510 2	6.681 9	5.795 8	6.022 6	3.229 7	2.660 2
R_2	7.183 5	5.172 1	6.786 1	6.907 4	3.789 7	2.971 9
D_1	0.866 2	0.903 1	0.896 8	0.889 1	0.727 6	0.851 2
D_2	0.899 2	0.899 8	0.853 6	0.903 4	0.634 5	0.843 6
H_1	2.540 2	2.846 7	2.665 8	2.715 6	1.797 1	2.135 8
H_2	2.848 0	2.681 8	2.603 0	2.853 4	1.547 5	2.114 4
E_1	0.222 6	0.237 4	0.269 7	0.234 1	0.211 5	0.447 5
E_2	0.210 9	0.317 5	0.152 4	0.232 1	0.116 5	0.356 4
J_1	0.779 6	0.782 6	0.783 8	0.770 1	0.663 6	0.809 3
J_2	0.772 0	0.813 7	0.705 6	0.790 2	0.500 6	0.746 3

3.2.3 均匀度指数 随海拔梯度上升的群落乔木层、灌木层 Simpson 均匀度指数 E_1 、Pielou 均匀度指数 J_1 测定结果表明,在 6 个海拔梯度的群落样地中,乔木层的两个均匀度指数 E_1 、 J_1 平均值(分别为 0.270 5 和 0.764 8)都比灌木层 E_2 、 J_2 平均值(分别为 0.231 0 和 0.721 4)高,乔木层的两个均匀度指数变化比灌木层缓和(表 2)。无论哪个均匀度指数,在海拔 1 000~1 200 m 处群落乔木层的均匀度指数(E_1 、 J_1)最高,即物种的个体数目分配最均匀;在 800~1 000 m 处乔木层的均匀度指数最低,其它介于二者之间。灌木层的均匀度指数同样受到海拔和乔木层的影响,Simpson 均匀度指数 E_2 在海

拔 1 000~1 200 m 处最高,在海拔 800~1 000 m 处最小;而 Pielou 均匀度指数 J_2 在海拔 200~400 m 处最高,在海拔 800~1 000 m 处最小。

4 讨 论

群落的物种多样性受群落本身及其所处的环境条件等多种因素影响,由于研究的常绿阔叶林分布于不同区域和不同海拔梯度内,各群落所处的生境与演替阶段不同,而且受到的人为干扰程度可能也不同,因此福建中亚热带不同区域和海拔梯度分布的常绿阔叶林物种多样性差异较大。在某一群落中一个或部分物种相对多度的变化会影响其它物种对群落多样性的贡献,换言之,各物种在群落多样性测定中所起的作用不是独立。当用相同的多样性指数对不同区域和海拔梯度的群落表征时,其数值可以用以说明不同区域和海拔梯度的群落存在显著差异;但当用不同的多样性指数来测定时,各指标之间可能存在偏差,说明使用多样性指数时,要根据需要选择使用,以避免在使用多样性指数时,具低丰富度和高均匀度的群落与具高丰富度和低均匀度的群落可能得到相同的多样性指数(孙儒泳等,1993)。文中物种多样性测定结果也进一步体现了这种趋势,因此,在进行福建中亚热带常绿阔叶林物种多样性测定时应结合研究实际选择测定指标。

山地植被植物群落多样性随海拔高度的变化规律是非常明显的,情况也比较复杂,但主要有 5 种模式(贺金生等,1998),本研究中常绿阔叶林物种多样性随着海拔变化虽存在一定的趋势性,但规律性并不明显,这一方面体现了研究区常绿阔叶林物种多样性的相对一致性,另一方面也表明阔叶林本身可能存在一定的人为干扰。不同区域和海拔梯度的群落乔木层物种多样性指数比灌木层高(除物种数和海拔梯度上的丰富度指数外),说明乔木层物种异质比灌木层更高、更复杂,乔木层物种较复杂、演替较成熟;同时在调查过程发现草本层的物种数少而且盖度低,这在常绿阔叶人工林的培育上具有重要的意义,即多种阔叶树种混交可以提高乔木层的物种异质性,从而提高造林成效并促进林分发育。

本文只从种一个体出发进行福建中亚热带常绿阔叶林多样性的测度,但是多样性指数的测度方法颇多,如用物种重要值、生物量等来测度;另外,对于不同海拔高度物种多样性变化及其物种周转速率研

究,还可采用多样性指数进一步测定,有关这些方面的研究还需进一步探讨并另文报道。

参考文献:

- 孙儒泳,李 博,诸葛阳,等. 1993. 普通生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 128—148.
- 洪 伟. 2000. 闽江流域森林生态研究[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 43—46.
- He JS(贺金生), Chen WL(陈伟烈), Li LH(李凌浩). 1998. Community diversity of the main types of the evergreen Broad-Leaved Forest in the eastern part of the middle subtropical china(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]. *Acta Phytocologica Sinica* (植物生态学报), **22**(4): 303—311.
- Hong W(洪 伟), Lin CL(林成来), Wu CZ(吴承祯), et al. 1999. Research on species diversity characteristics of evergreen Broad-Leaved shelter-forests in Jianxi river valley in Fujian(福建建溪流域常绿阔叶防护林物种多样性特征研究)[J]. *Chinese Biodiversity* (生物多样性), **7**(3): 208—213.
- Hong W(洪 伟), Wu CZ(吴承祯). 1999. Modification of Shannon-Weiner index(Shannon-Weiner 指数的改进)[J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany* (热带亚热带植物学报), **7**(2): 120—124.
- Hong W(洪 伟), Wu CZ(吴承祯), Lin CL(林成来), et al. 2000. Study on edge effect of the gap of the forest communities in Longxi Mountain of Fujian(福建龙栖山森林群落边缘效应的研究)[J]. *Scientia Silvae Sinicae* (林业科学), **36**(2): 33—38.
- Menhinick EF. 1964. A Comparison of some species individuals diversity indices applied to samples of field insects[J]. *Ecology*, **45**: 859—861.
- Margalef R. 1958. Information theory in ecology[J]. *General Systematics*, (3): 36—71.
- Peng SL(彭少麟), Wang BS(王伯荪). 1983. Species diversity of subtropical forest communities in Guangdong(广东亚热带森林群落物种多样性)[J]. *Ecologic Science* (生态科学), (2): 98—104.
- Pielou EC, 卢泽愚译. 1978. 数学生态学引论[M]. 北京: 科学出版社, 233—249.
- Simpson EH. 1949. Measurement of diversity[J]. *Nature*, **16**(3): 688.
- Wang BS(王伯荪), Zhang WY(张炜银), Zhang JL(张军丽). 2001. Spatial pattern analysis of species diversity in tropical montane rain forest on Hainan Island(海南岛热带山地雨林群落物种多样性的空间格局分析)[J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany* (热带亚热带植物学报), **9**(3): 229—234.
- Wang BS(王伯荪), Zhang WY(张炜银), Zhang JL(张军丽). 2001. Local and vertical distribution of floristic composition species in tropical mountain rain forest Hainan Island(海南岛热带山地雨林种类组成的局域分布和垂直分布)[J]. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **12**(5): 641—647.
- Wu CZ(吴承祯), Hong W(洪 伟), Chen H(陈 辉), et al. 1996. Species diversity of subtropical evergreen Broad-Leaved forest in Wan mu lin Mountain(万木林中亚热带常绿阔叶林物种多样性研究)[J]. *J Fujian Coll For* (福建林学院学报), **16**(1): 33—37.
- Zhang SL(章寿林). 1997. Comparison in species diversity with four typical evergreen Broad-Leaved forest in Northern Fujian(闽北四种典型常绿阔叶林物种多样性比较)[J]. *J Fujian Coll For* (福建林学院学报), **17**(增刊): 70—73.
- Chang HT(张宏达). 1986. The continental drift and the development of the flowering plants(大陆漂移与有花植物区系的发展)[J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis* (中山大学学报), (3): 1—12.
- IUCN Species Survival Commission. 2000. IUCN Red List Categories and Criteria[M].
- Liao WB(廖文波), Chang HT(张宏达). 1994. The floristic analysis on the geographical elements of the spermatophytic flora from Guangdong(广东种子植物区系地理成分研究)[J]. *Guihaia* (广西植物), **14**(4): 307—320.
- Pan ZH(潘泽惠), Yu ML(余孟兰), Liu XK(刘心恬), et al. 1995. On karyotypes and geographical distribution of endemic genera in Umbelliferae from China(中国伞形科特有属的核型演化及地理分布)[J]. *Journal of Plant Resources and Environment* (植物资源与环境), **4**(3): 1—8.
- Takhtajan A. 1969. flowering plants origin and Dispersal[M]. Authorised Translation from the Russian by C. Jeffrey.
- Tian ZS(田泽生). 1981. A study about the traces of Quaternary Glaciation of Mount Taibai in Shanxi Province(太白山第四纪冰川遗迹的探讨)[J]. *Journal of Northwest University* (西北大学学报), **3**: 29—33.
- Wu ZY(吴征镒). 1991. The areal-types of Chinese genera of seed plants(中国种子植物属的分布区类型)[J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), **Supp. IV**(增刊 IV): 1—139.

(上接第 504 页 Continue from page 504)