

福建南亚热带雨林物种多样性与群落演替趋势分析

连玉武, 张宜辉, 朱小龙, 徐金森, 李振基

(厦门大学生物学系, 福建 厦门 361005)

摘要: 调查福建南靖和溪南亚热带雨林的 30 个样地, 共 3000 m² 的群落面积, 分析群落物种多样性特征, 得到 Margalef 丰富度指数 $D_1 = 0.9250$, Shannon-Wiener 指数 $D_2 = 4.5454$, Simpson 指数 $D_3 = 7.3305$, $PIE = 0.9300$, 均匀度 $J = 0.8603$ 。探讨乔木层、灌木层物种多样性特征值, 其变化趋势与群落总多样性一致。分析群落中 16 个主要乔木种群的年龄结构, 揭示群落乔木层主要建群种呈增长型, 表明该森林群落稳定性较高。

关键词: 南亚热带雨林; 物种多样性; 群落演替

中图分类号: Q 948.15

文献标识码: A

南亚热带雨林, 即季风常绿阔叶林, 为热带向亚热带过渡中的典型地带性植被。福建南靖和溪六斗山自然保护区是现存唯一保存较好的南亚热带雨林。多年来, 对该南亚热带雨林的研究做了不少工作, 如对群落中的凋落物的物质与能量动态及优势种的热值测定, 以及对群落维管植物区系的探讨等。本文侧重探讨群落物种多样性及主要乔木种群年龄结构, 分析该群落演替趋势, 为进一步探讨南亚热带森林植被的生态学特征提供理论依据。

1 自然条件与样地概况

南靖和溪地处福建省东南部, 北纬 24°56', 东经 117°14', 周围山岳环绕, 地形大致呈向东南方向开口的马蹄状河谷盆地, 有利于形成温暖潮湿的气候条件。年均温 20.4℃, 年无霜日 352~356 d, 年降水量 2001.2 mm, 年雨日 175.3 d, 年均相对湿度 81.4%^[1,2]。

群落土壤为花岗岩风化发育的灰化红壤, 土层深 5 m 以上, 表层淡棕色, 砂质至壤质土, 团粒至粒核状结构; 有机质含量 6.0%~2.1%; PH 值 5.3~5.1; 速效养分 (mmol·L⁻¹) 的硝态 N < 1, P₂O₅ 4~1, K₂O 20~10; 代换性酸 (H⁺) 与活性铝 (me/100g ± 1) 分别达 0.21~0.15 和 1.29~2.24。

收稿日期: 1999-09-24

作者简介: 连玉武(1940-), 男, 教授

2 研究方法

2.1 样地调查与选择

于 1996 年 9 月和 1997 年 10 月分别进行调研, 在保护区的核心区内采用样方法随机选择 30 个 10 m × 10 m 的样地, 调查样地内乔木、灌木、草本种类, 立木胸高直径, 物候学特征以及群落的光、温、相对湿度、风速等生态因子。

2.2 物种多样性指数分析

物种多样性是群落生态结构和功能复杂性的度量, 本研究中, 选用 5 个指数:

M argalef 丰富度指数 $D_1 = \frac{S-1}{\ln N}$; Shannon-W iener 指数 $D_2 = - \sum_{i=1}^s P_i \log_2 P_i$; Simpson 指数 $D_3 = 1 - \sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{N}\right)^2$; 种间相遇机率 $PIE = \sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{N}\right) \left(\frac{N-n_i}{N-1}\right)$; Pielou 均匀度指数 $J = D_2 \log_2 S$ 。

式中 S 为物种的数目, N 为总个体数, n_i 为第 i 种的个体数, P_i 为第 i 种的株数与总株数的比值^[3]。

3 结果与讨论

3.1 群落的物种多样性

物种多样性指数、生态优势度、群落的均匀度从三方面表示群落的组成结构水平。群落的种数、个体总数以及种群个体的均匀度是群落结构的要素, 而物种多样性则是这三方面的综合特征, 不同类型的群落由于组成种类及其生态条件的不同, 物种多样性有差异。

调查南靖和溪南亚热带雨林 30 个样地, 分别测定群落总多样性指数(表 1)。从表 1 可看出, 在样地 16 中, 因乔木大树数量较多, 林下灌木数量相对少, 物种数(S)仅有 25 种, 其余样地物种数在 30~ 46 种之间。物种多样性指数方面, 样地 11 中, D_1 、 PIE 和 J 值均较小, 其原因在于该样地位置靠近林间小道, 受干扰较为严重, 建群种红栲仅 2 株而新生种建楠形成聚集分布, 因而多样性指数显得较小。各样地 D_1 、 PIE 和 J 值虽有一定差异, 但差异不大, 即 $D_1 = 0.8117 \sim 0.9845$, $PIE = 0.8143 \sim 0.9668$, $J = 0.7925 \sim 0.9188$ 。如表 2, 上述三者方差 S^2 分别为 6.484×10^{-3} , 0.027×10^{-3} 和 8.528×10^{-3} ; 标准误差分别为 0.014 7、0.014 8 和 0.016 9。各样地中(除样地 11 外)的 D_2 和 D_3 值有一定的差异, 即 ($D_2 = 3.600 9 \sim 5.082 3$, $D_3 = 5.211 5 \sim 9.095 6$)。表明该群落生境条件变化较小, 群落内主要物种分布比较均匀一致。我国暖温带南部落叶阔叶林 $D_1 = 0.857 1$ ^[3], 比和溪南亚热带雨林平均值 $D_1 = 0.925 0$ 低, 均匀度 $J = 0.805 8$ ^[3], 比本文 $J = 0.860 3$ 略低; 而比峨嵋山峨嵋栲 (*Castanopsis platyacantha*), 柞木荷 (*Schin a sinesis*) 群落平均值 $J = 0.672 3$ ^[4] 高, 但比广东始兴樟栋水常绿阔叶林米楮 (*C. carlesii*)、栲树 (*C. fargesii*)、石栎 (*L ithocarpus glaber*)、木荷 (*Schin a superba*) 群落 $J = 0.901 3$ 和海南尖峰岭山地雨林群落 $J = 0.877 1$ ^[5] 低, 表明处于不同纬度的森林群落, 其生境条件有较大的差异, 相应的群落组成结构特征也不同。

表1 群落物种多样性特征

Tab. 1 The feature of species diversity in the community

样地号	S	N	D_1	D_2	D_3	PIE	J
1	30	147	0.920 4	4.188 5	5.811 1	0.926 8	0.853 6
2	35	167	0.944 0	4.535 8	6.643 2	0.949 6	0.884 3
3	31	66	0.946 3	4.598 5	7.160 5	0.960 8	0.928 2
4	36	312	0.819 7	3.600 9	6.094 4	0.814 3	0.696 5
5	34	118	0.942 0	4.538 8	6.917 2	0.950 0	0.892 1
6	43	154	0.956 9	4.918 9	8.338 4	0.963 2	0.906 5
7	34	276	0.883 7	4.057 3	5.871 5	0.886 1	0.797 5
8	34	122	0.951 2	4.657 4	6.869 2	0.959 1	0.915 5
9	40	163	0.942 0	4.628 4	7.656 4	0.947 8	0.869 7
10	33	245	0.895 4	4.011 8	5.816 9	0.899 1	0.795 3
11	37	534	0.539 7	2.397 3	5.732 1	0.536 1	0.460 2
12	36	147	0.952 1	4.714 8	7.013 4	0.958 6	0.912 0
13	44	199	0.959 8	4.864 5	8.123 5	0.956 6	0.891 0
14	42	138	0.953 2	4.867 3	8.321 1	0.960 1	0.902 6
15	44	246	0.947 8	4.752 0	7.810 6	0.951 7	0.870 4
16	25	100	0.836 8	4.203 2	5.211 5	0.943 2	0.905 1
17	51	244	0.959 2	5.082 3	9.095 6	0.963 1	0.896 0
18	44	225	0.954 5	4.823 5	7.939 3	0.958 7	0.883 5
19	39	180	0.984 5	4.856 4	7.317 6	0.963 9	0.918 8
20	43	137	0.944 4	4.700 5	8.536 6	0.951 4	0.866 2
21	47	240	0.958 8	4.974 2	8.393 2	0.962 8	0.895 5
22	40	233	0.958 2	4.896 9	7.154 6	0.962 4	0.920 1
23	42	167	0.954 3	4.847 6	8.011 0	0.960 0	0.899 0
24	43	200	0.960 8	4.971 2	7.927 0	0.965 6	0.916 1
25	41	195	0.944 0	4.664 8	7.585 8	0.948 8	0.870 7
26	44	389	0.889 2	4.104 8	7.210 4	0.891 5	0.751 9
27	39	109	0.937 5	4.601 6	8.100 0	0.946 1	0.870 6
28	43	197	0.958 7	4.932 1	7.949 7	0.963 6	0.908 9
29	39	206	0.918 9	4.338 1	7.145 4	0.923 5	0.820 8
30	46	152	0.960 4	5.034 0	8.957 2	0.966 8	0.911 4
平均值	39.3	200.3	0.925 0	4.545 4	7.330 5	0.930 0	0.860 3

据研究, Shannon-Wiener 指数对生境条件变化较为敏感, 群落的组成结构水平, 很大程度受生境条件限制 森林群落特有的生境是该地区综合生态因子通过与森林相互作用产生的 南靖和溪南亚热带雨林 $D_2=4.5454$, 比中亚热带武夷山甜槠 (*C. eyrei*) 林 $D_2=3.5198$ 和福建中部较典型的中亚热带常绿阔叶林赤枝栲 (*C. kawakamii*) 林 $D_2=4.3992$ ^[6]略高 与广东亚热带常绿阔叶林 $D_2=4.00\sim 5.00$ ^[5]相近, 比西双版纳热带雨林 $5.4\sim 5.8$ ^[7]和海南山地雨林 $5.0\sim 6.0$ ^[5]低, 符合于Walter 和Whittaker 关于 Shannon-Wiener 指数随着纬度的升高而降低的结论^[8], 即随纬度的升高, 森林群落组成水平渐趋单调, 而建群种的优势度逐渐明显

表2 群落中各层次物种多样性指数特征

Tab.2 The feature of species diversity indexes in various layers in the community

层次	多样性指数	均值 \bar{X}	方差 S^2	平均方差	标准误差
乔木层	D_1	0.8616	0.0157	5.24×10^{-4}	0.0229
	D_2	3.6032	0.3903	0.0130	0.1140
	D_3	4.3420	0.7127	0.0238	0.1541
	PIE	0.8715	0.1636	5.45×10^{-4}	0.0234
	J	0.8231	0.0162	5.41×10^{-4}	0.0233
灌木层	D_1	0.8943	5.041×10^{-4}	1.680×10^{-5}	0.0041
	D_2	3.6489	0.0634	0.0022	0.0463
	D_3	4.0125	0.2911	0.0096	0.0990
	PIE	0.9070	5.07×10^{-4}	1.67×10^{-5}	0.0041
	J	0.8716	1.22×10^{-3}	4.66×10^{-4}	0.0064
群落多样性	D_1	0.9250	6.48×10^{-3}	2.16×10^{-4}	0.0147
	D_2	4.5454	0.2904	9.68×10^{-4}	0.0984
	D_3	7.3305	1.1338	0.3779	0.1944
	PIE	0.9300	0.027×10^{-3}	2.201×10^{-4}	0.0148
	J	0.8603	8.53×10^{-3}	2.84×10^{-4}	0.0169

3.2 乔、灌木层物种多样性

表2列出了群落中各层次物种多样性指数平均值, 图1和2分别表示群落中各样方的乔木层和灌木层物种多样性特征 从表2及图1, 2可看出乔木层和灌木层物种多样性特征基本上与群落总多样性特征变化趋势一致 而群落各样方中灌木层物种多样性比乔木层物种多样性丰富 连玉武等^[10]调查了福建东山岛植被资源并分析其物种多样性, 也得出了灌木层种类较乔木层丰富, 多样性高; 谢晋阳^[3]也指出乔木层同灌木层间物种多样性指数具最大相关性, 群落中物种多样性丰富度为草本层> 灌木层> 乔木层 从而反映了森林群落内物种多样性空间分布格局

由图1, 2还可看出, 在同一群落不同样地之间, 由于长期受到环境生态因子的综合作用下, 共建种组成有变化的趋势, 因而上层乔木的多样性指数, 丰富度和均匀度的变化幅度比较

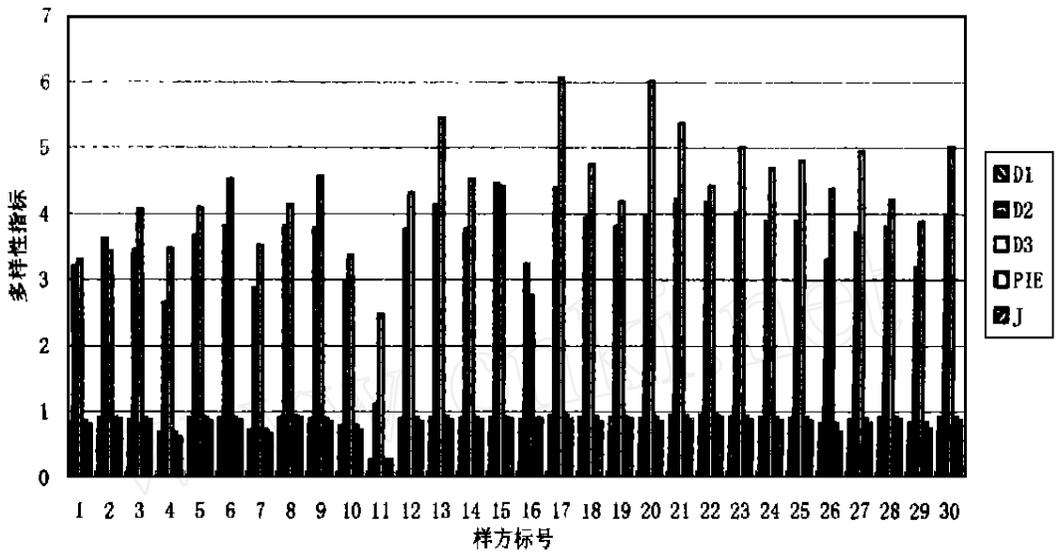


图1 乔木层物种多样性

Fig 1 The species diversity of tree in the community

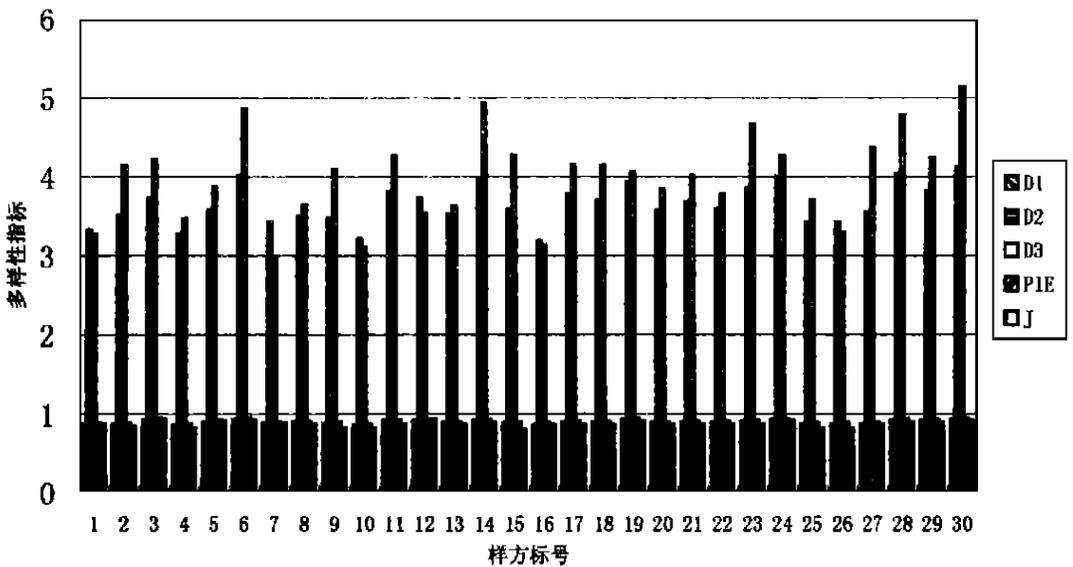


图2 灌木层物种多样性

Fig 2 The species diversity of shrub in the community

大, 而灌木层由于受南亚热带的大环境气候的影响, 种类组成较单纯, 稳定, 多样性指数变化较

小, 使得灌木层的群落组成结构水平趋于一致 从而揭示了群落中物种的多样性指数大小与生态环境条件相适应

3.3 群落演替趋势

3.3.1 树种年龄结构分析

将群落内乔木层各亚层选取频度超过 60% 的 16 个主要种群的年龄结构进行分析(图 3), 图中显示, 乔木层主要树种红栲 (*Castanopsis hystrix*)、厚壳桂(*Cryptocarya chinensis*)、大叶围涎树 (*Pithecellobium lucidum*)、茜草树 (*Randia densiflora*)、亮叶杜英 (*Elaeocarpus sylvestris*)、红鳞蒲桃 (*Syzygium hancei*) 等构成增长趋势 表明该群落主要种类基本存在, 群落的基本特征变化不大, 群落的稳定性较高 但其中共建种之一乌来栲为倒金字塔式变化趋势^[2]. 经调查, 乌来栲的老树较多, 有的腐心空干或枯倒, 致使林中透光度提高 从而使适于在

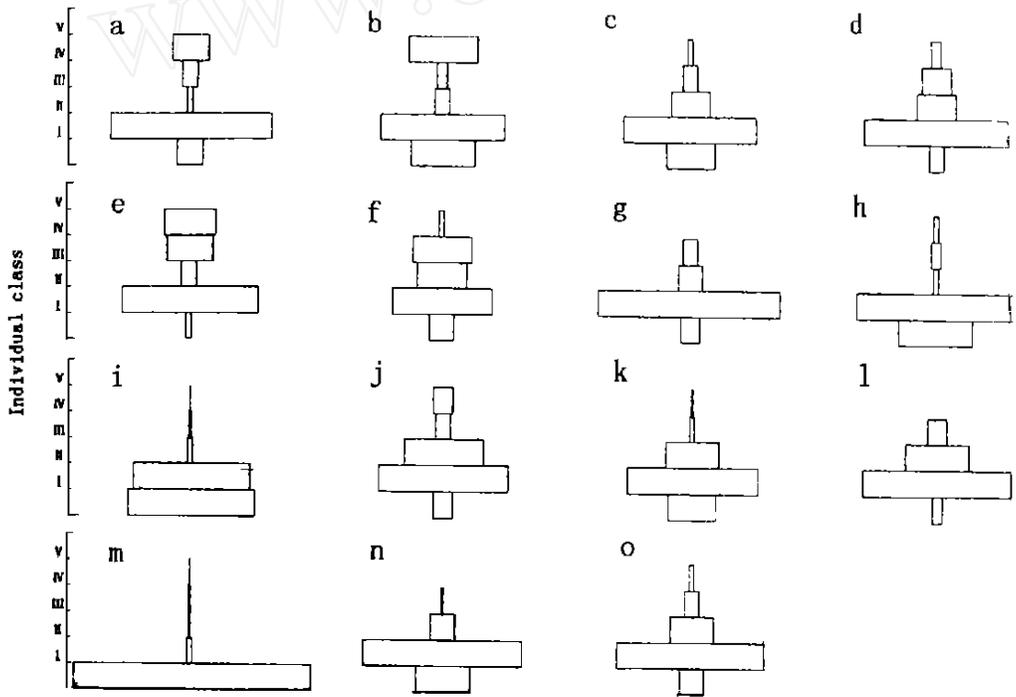


图 3 主要乔木种群的年龄结构

- a 红栲 *Castanopsis hystrix* (0.019), b 乌来栲 *C. uraiana* (0.059), c 厚壳桂 *Cryptocarya chinensis* (0.043), d 硬壳桂 *C. Chingii* (0.040), e 黄杞 *Engelhardtia roxburghiana* (0.018), f 鹅掌紫 *Schefflera octophylla* (0.018), g 毛茜草树 *Randia acuminatissima* (0.025), h 亮叶围涎树 *Pithecellobium lucidum* (0.073), i 红鳞蒲桃 *Syzygium hancei* (0.192), j 羊舌树 *Symplocos glauca* (0.011), k 茜草树 *Randia densiflora* (0.061), l 山杜英 *Elaeocarpus sylvestris* (0.017), m. 建楠 *Machilus oreophila* (0.128), n, 白背新木姜子 *N. eolitsea canbodiana* (0.036), o. 海南杜英 *Elaeocarpus nitentifolius* (0.023)

* 括号内数字示平均等级个体的百分率

Fig 3 The age structure of chief tree population

林下层弱光环境中生长的乔木第三亚层树种生长受到不利的影 响, 如华 杜英 (*Elaeocarpus chinensis*)、毛茜草树 (*Randia acuminatissima*)、建楠 (*Machilus oreophila*) 等 其中建楠虽呈增长趋势, 但分布频度很低, 在短期内不可能成为建群种 红鳞蒲桃 的苗木分布十分普遍, 在样地中的分布频度达 90% 以上, 且 2~ 3 级立木也有分布, 相对频度达 100%, 因而区内红鳞蒲桃很可能将成为优势种, 而茜草树、大叶围涎树虽相对频度与红鳞蒲桃接近, 但数量相差 1 倍, 仍然居于次要地位^[9]。

3.3.2 群落演替动态

一个群落中的物种数目及物种所包含的个体数量, 在一定程度上不仅反映该群落的特征, 而且体现了群落的发展阶段和稳定程度 表 3 为福建南靖和溪南亚热带雨林封禁 30 年前后的物种多样性特征变化

表 3 群落的物种多样性特征

Tab 3 The feature of Species diversity in the community

年 份	层 群	S	N	D_1	D_2	D_3	PIE	J (%)
1965	乔木层	32	1 400	0 899 3	3 908 9	4 555 4	0 899 9	67.38
	灌木层	47	1 097	0 894 3	3 648 9	5 887 3	0 907 0	76.84
1995	乔木层	28	1 258	0 861 6	3 603 2	4 342 0	0 871 5	82.31
	灌木层	44	1 056	0 874 4	3.633 2	4.012 5	0.875 2	87.16

从表 3 可看出, 现群落的乔木层物种丰富度指数 D_1 、多样性指数 D_2 、 D_3 以及种间相遇机率 PIE 比原群落分别降低 4.2%、7.8%、4.7%、3.2%, 而均匀度 J 却提高 22.1%; 现群落的灌木层物种和个体数量稍有减少, 所以 D_1 、 D_2 、 D_3 、 PIE 分别降低 2.2%、0.4%、31.8%、3.5%, 而均匀度 J 提高 13.4%。乔、灌层无论从物种数目或个体数均有一定的减少, 其物种丰富度、多样性指数和种间相遇机率也不同程度降低, 此结果与群落的种类组成、区系成分分析以及群落层群结构特征的分析结果一致^[10]。森林群落的演替与稳定性是动态的统一, 在考虑群落的稳定性与群落的组成结构水平的关系时, 尽管森林群落的多样性与群落的稳定性在总体上说并没有完全相关, 然而从稳定性的意义考虑, 物种多样性不仅是影响稳定性的一个因素, 而且是主要因素

据史料记载, 本调查群落保存至今约有 700 年历史, 它以往的群落状况虽无从考究, 但其现状显然是经过长期历史演化的结果, 成为我国南亚热带东段地带自然综合体的重要组成部分。对其保存与群落特征的研究结果, 以及当前亚热带森林保护区的建设, 绿化造林等方面有重要参考价值

近几年, 和溪南亚热带雨林自然保护区已对外开放, 参观游览者络绎不绝, 教学、科研工作日益频繁, 保护区的面积较小, 群落周围天然阔叶林已被伐迹并演替成灌草丛植被, 表明该群落生境已趋于干燥化, 导致群落中种类与种群数量一定的减少, 该群落已处于发育进程中较脆弱阶段, 因而须加强保护, 进一步严格封禁措施, 增大群落周围缓冲区, 提高区内生态系统的稳定性

参考文献:

- [1] 何景 从福建南靖县和溪镇“雨林”的发现谈到我国东南亚热带雨林区[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1955, 5: 31- 41.
- [2] 林鹏, 丘喜昭 福建南靖县和溪的亚热带雨林[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1987, 11(3): 161- 170
- [3] 谢晋阳, 陈灵芝 暖温带落叶阔叶林的物种多样性特征[J]. 生态学报, 1994, 14(4): 337- 343
- [4] 杨一川, 庄平, 黎系荣 峨眉山峨嵋栎、华木荷群落研究[J]. 植物生态学报, 1994, 18(2): 105- 120
- [5] 彭少麟, 周厚诚, 陈天杏, 等 广东森林群落的组成结构数量特征[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1989, 13(1): 10- 17.
- [6] 林鹏, 丘喜昭 福建三明瓦坑的赤栲林[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1986, 10(4): 241- 263
- [7] 郭玲, 许开富 西双版纳热带季雨林植物多样性的一种研究方法[J]. 生态学杂志, 1990, 12(2): 34- 35
- [8] Bray J R, Curtis JT. An Ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin[J]. *Ecol. Monogr.*, 1957, 27(4): 325- 349
- [9] 连玉武, 邱喜昭, 张骁挺, 等 福建南亚热带雨林封禁 30 年的群落特征[J]. 生态学报, 1998, 18(5): 155- 160
- [10] 连玉武, 林鹏, 张骁挺, 等 东山岛植被资源和物种多样性特征[J]. 台湾海峡, 1998, 17(3): 330- 336

A nalysis on Species Diversity and Succession Trend of Subtropical Rainforest in Hexi, Fujian

LIAN Yu-wu, ZHANG Yi-hui, ZHU Xiao-long, XU Jin-sen, LI Zhen-ji
(Dept. of Biol., Xiamen Univ., Xiamen 361005, China)

Abstract: The species diversity of 30 plots, 3 000 m² area of subtropical rainforest in Hexi, Nanjing, Fujian were analysed. The Results showed that the Margalef richness index (D_1) of this community was 0.925 0, Shannon-Wiener index (D_2) was 4.545 4, Simpson index (D_3) was 7.330 5, PIE was 0.930 0, Pielou evenness was 0.860 3. The diversity of crown layer and shrub had the same change trend as the whole community. The age structure of 16 main tree populations showed that the constructive species was a raising population and the community was an ecosystem of higher stability.

Key words: subtropical rainforest; species diversity; succession of community