

长苞铁杉林林隙主要树种生态位初步研究

钱莲文^{1,2}, 吴承祯³, 洪伟³

(1. 北京师范大学资源科学研究所, 北京 100875; 2. 泉州师范学院资源与环境
科学学院, 福建 泉州 362000; 3. 福建农林大学森林生态研究所, 福州 350002)

摘要: 以林隙前、中、后期 3 个发育阶段的各个林隙为一维资源位状态, 利用 Shannon-wiener 指数、Levins 指数及生态位重叠公式, 计算林隙不同发育阶段主要树种生态位特征。结果表明, 前期生态位宽度从大到小的顺序为: 长苞铁杉、米槎、木荷、甜槠、深山含笑、香桂、青冈、猴头杜鹃、山矾、细叶青冈; 中期的为: 米槎、木荷、长苞铁杉、香桂、深山含笑、山矾、甜槠、猴头杜鹃、青冈、细叶青冈; 后期的为: 米槎、木荷、长苞铁杉、青冈、山矾、香桂、深山含笑、细叶青冈、甜槠、猴头杜鹃; 林隙发育的不同时期主要树种生态位重叠值均较大, 但随着林隙的不断发育, 主要树种间生态位重叠值有减小的趋势; 长苞铁杉在林隙发育的不同阶段与生态位宽度较大的物种有较小的生态位重叠值, 而与生态位宽度较小的物种有较大的生态位重叠值。

关键词: 林隙; 林隙发育阶段; 长苞铁杉林; 生态位宽度; 生态位重叠

中图分类号: S718.5

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2006)01-0069-06

Ecological Niche in Dominant Species in *Tsuga longibracteata* Forest Gaps with Different Development Stages

QIAN Lian-wen^{1,2}, WU Cheng-zhen³, HONG Wei³

(1. Institute of Resource Science of Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. School of Resources and Environmental Science of Quanzhou Normal University, Quanzhou 362000, China; 3. Institute of Forest Ecology, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: Shannon-wiener index, Levins index and comparability proportion formula were used to study niche breadth and niche overlap of dominant species in *Tsuga longibracteata* forest gaps at different stages. *Tsuga longibracteata*, an endemic to China species of Pinaceae, is distributed at the uppermost layer of forest, which makes it difficult to regenerate naturally. The study of ecological niche in gaps of *T. longibracteata* forest is to understand the change in population number of some species, the regeneration of which depends on gaps, and to protect the forest resource more effectively. The sites studied were located in Tianbaoyan National Nature Reserve in Fujian Province. Twenty one gaps, with quadrats of 80 m² each were investigated. The results revealed that niche breadth of main trees in gaps varied at different stages of gap development. At early stage, niche breadth of tree species declined in the following order: *Tsuga longibracteata*, *Castanopsis carlesii*, *Schima superba*, *Castanopsis eyrei*, *Michelia maudiae*, *Cinnamomum subavenium*, *Cyclobalanopsis glauca*, *Rhododendron iniarum*, *Symplocos sumuntia*, *Cyclobalanopsis myrsinaefolia*; at the middle stage, in the descending order of: *Castanopsis carlesii*, *Schima superba*, *Tsuga longibracteata*, *Cinnamomum subavenium*, *Michelia maudiae*, *Symplocos sumuntia*, *Castanopsis eyrei*, *Rhododendron iniarum*, *Cyclobalanopsis glauca*, *Cyclobalanopsis myrsinaefolia*; while at the late stage, *Castanopsis carlesii*, *Schima superba*, *Tsuga longibracteata*, *Cyclobalanopsis glauca*, *Cyclobalanopsis myrsinae*, *Cinnamomum subavenium*, *Michelia maudiae*, *Cyclobalanopsis myrsinaefolia*, *Castanopsis eyrei*,

收稿日期: 2005-08-19 接受日期: 2005-12-01

基金项目: 福建省自然科学基金项目(B0510024); 福建省科技厅重大项目(2001F007、2001Z025)资助

Rhododendron iniarum. High values of niche overlap were shown in all trees in gaps with different stages, but then the values declined with the gap development. Less niche overlap values were shown in *T. longibracteata* compared to those species with higher niche breadth, but more to those with lower niche breadth.

Key words: Gap; Gap development stage; *Tsuga longibracteata* forest; Niche breadth; Niche overlap

长苞铁杉 (*Tsuga longibracteata*) 是我国特有的珍贵树种,也是第四纪冰川期遗留下来的古老树种,属松科铁杉属。它是大果铁杉组分布于中国的唯一代表种,在研究东亚、北美植物区系和铁杉属系统分类等方面有一定的意义。长苞铁杉分布于福建、广东、广西、江西、湖南、贵州等中亚热带山地,其中以南岭山地和戴云山山脉山区为主要分布区,呈斑块状分布^[1]。长苞铁杉为阳性树种,在自然分布区内多是处于林冠最上层的大树,在林下更新困难^[2]。前人曾开展了一系列有关长苞铁杉的研究工作,但较侧重于区系、外貌、群落及种群生态学领域的研究^[3-7]。在天宝岩国家级自然保护区海拔 1 200 m 左右保存有一片较完好的以长苞铁杉为建群种的原始性森林,分布面积 186.7 hm² 左右,是全国分布面积最大的以长苞铁杉为建群种的原始性森林,也是该保护区的特有森林生态系统类型之一^[8]。

林隙是长苞铁杉林森林循环的主要方式^[9,10],处于不同发育阶段的林隙斑块是森林中不同物种重新分配生态资源,调节种内和种间关系的一个关键环节^[11],直接影响温度、光照等对植物生长至关重要的生态因子,进而影响植物的生长与分布,并迫使植物产生生态位移动、扩展或收缩等变化,以适应不同的生态环境。因此研究长苞铁杉林不同发育阶段林隙中主要树种的生态位结构问题显得十分必要,将有助于了解长苞铁杉及其主要伴生树种在不同林隙更新阶段中的地位与作用,了解其它树种与长苞铁杉的相互关系,为长苞铁杉天然林的经营管理、开发利用、中亚热带人工混交林的营造、珍稀植物保护等方面提供理论依据。

1 概况和方法

1.1 研究区概况

福建省天宝岩国家级自然保护区位于福建省永安市境内,位于东经 117°28'03"–117°35'28",北纬 25°50'51"–26°01'20",地处中亚热带南缘,总面积约 11 015.38 hm²,为中低山地貌,最高峰天宝岩海拔约 1 604.8 m。保护区年平均温度 15℃ 左右,最冷月(1月)绝对最低温度–11℃,最热月(7月)绝

对最高温度 40℃,全年≥10℃的活动积温在 4 520–5 800℃,年降雨量 2 000 mm,空气相对湿度 80%左右。土壤的垂直分布大致是海拔 800 m 以下为红壤,800–1 350 m 为黄红壤,1 350 m 以上为黄壤^[9]。长苞铁杉群落外貌整齐,色彩暗绿,林内阴暗湿润,上层较厚,表土质地松软,枯枝落叶层厚 3–5 cm。长苞铁杉林主要伴生树种有米槠 (*Castanopsis carlesii*)、甜槠 (*Castanopsis eyrei*)、木荷 (*Schima superba*)、深山含笑 (*Michelia maudiae*)、薯豆 (*Elaeocarpus japonica*)、细叶青冈 (*Cyclobalanopsis myrsinaefolia*)、冬青 (*Ilex purpurea*) 及猴头杜鹃 (*Rhododendron simiarum*) 等。

1.2 调查方法

用样线法进行调查,围绕山体沿不同的坡向随机设置数条样线,对沿样线出现的每个林隙进行调查。根据林隙形成木或断桩腐烂程度及林隙内植被各层次生长情况,参照 Knapp、Dirzo 的方法将林隙划分为前期、中期和后期 3 个发育期^[11,12]。每个林隙内沿不同的方向划分 4 个 4 m×5 m 的小样方,调查样方内乔木、灌木、草本种名、高度及盖度,高度大于 3 m 的树种记录其胸径。共调查林隙 21 个,前期、中期和后期各 7 个。

1.3 数据分析

以各个不同发育阶段的林隙内 80 m² (4×4 m×5 m) 样地为一维资源状态,计算各资源位上主要更新树种(高度大于 1.3 m,重要值在林隙内排在前 10 位的树种)的重要值,运用生态位公式计算其生态位^[13];生态位宽度采用 Shannon-wiener 多样性指

数公式: $B_{sw} = -\frac{1}{\log r} \sum_{j=1}^r P_j \log P_j$, 和 Levins 提出的

公式: $B_L = -\frac{1}{r} \sum_{j=1}^r P_j^2$, 以上两式中: B_{sw} 及 B_L 为某个

物种的生态位宽度, r 为资源位数(林隙数), P_j 为物种在第 j 个资源位上的重要值占其在所有资源位上重要值的百分比;生态位重叠值采用相似性比例

公式: $C_{ih} = 1 - 0.5 \sum_{j=1}^r |P_{ij} - P_{hj}|$, 其中, C_{ih} 为种 i 与种 h

的生态位重叠值, r 为资源位数 (林隙数), P_{ij} 和 P_{ij} 分别为种 i 与种 h 在第 j 个资源位上的重要值百分比。

2 结果和分析

2.1 林隙不同发育阶段主要树种生态位宽度

长苞铁杉林不同发育阶段林隙中主要树种生态位宽度用 Shannon-wiener 指数 B_{sw} 和 Levins 指数 B_L 计算的结果基本一致 (表 1、表 2)。以下均以指数 B_{sw} 计测的生态位宽度大小为例来阐述, 用 B_{sw} 指数排列的林隙内 10 种物种的生态位位序由大到小依次为, 前期: 长苞铁杉、米槎、木荷、甜槠、深山含笑、香桂 (*Cinnamomum subavenium*)、青冈 (*Cyclobalanopsis glauca*)、猴头杜鹃、山矾 (*Symplocos sumuntia*)、细叶青冈; 中期: 米槎、木荷、长苞铁杉、香桂、深山含笑、山矾、甜槠、猴头杜鹃、青冈、细叶青冈; 后期: 米槎、木荷、长苞铁杉、青冈、山矾、香桂、深山含笑、细叶青冈、甜槠、猴头杜鹃。

从中可以看出, 长苞铁杉、米槎、木荷在林隙不

同发育时期生态位宽度均较大 (B_{sw} 均大于 0.8, B_L 均在 0.2 以上), 表明这 3 个物种能够充分利用林隙内的资源, 在林隙内分布较为广泛, 且在主林层均有分布, 有可能形成共优种。在林隙发育的不同阶段三者的生态位宽度均位居前三位, 显示出米槎和木荷有较大适应环境的能力, 易与长苞铁杉形成混交林。10 个主要树种在不同发育阶段林隙中的生态位宽度相差不大, 且生态位宽度均较大, 不同发育时期都有 7 个以上物种的生态位宽度 B_{sw} 大于 0.6, 随林隙的不断发育, 长苞铁杉在林隙中的生态位宽度位序逐渐变小, 在林隙发育前期, 长苞铁杉的生态位宽度最大, 到林隙发育的中后期, 其生态位宽度列第 3 位, 跃居前两位的分别是米槎和木荷, 说明长苞铁杉在林隙形成前期幼苗生长良好, 到林隙发育后期, 长苞铁杉幼苗在遮荫条件下生长受到一定的限制, 而米槎和木荷在耐荫条件下更适于生长。在林隙发育的晚期长苞铁杉的生态位宽度略低于木荷和米槎, 分布幅度受到一定影响, 但在整个群落中长苞铁杉大树多、重要值大, 仍为主导种群。

表 1 长苞铁杉林不同发育阶段林隙主要树种生态位宽度

Table 1 Niche breadth of main species in *Tsuga longibracteata* forest gaps at different stages and their ordination

序号 No.	种名 Species	Shannon-wiener index (B_{sw})						Levins index (B_L)					
		E		M		L		E		M		L	
		B	O	B	O	B	O	B	O	B	O	B	O
1	长苞铁杉 <i>Tsuga longibracteata</i>	0.914	1	0.906	3	0.893	3	0.292	1	0.283	2	0.284	3
2	猴头杜鹃 <i>Rhododendron simiarum</i>	0.684	7	0.607	8	0.493	10	0.180	7	0.147	8	0.116	10
3	米槎 <i>Castanopsis carlesii</i>	0.827	2	0.977	1	0.999	1	0.250	2	0.275	3	0.349	1
4	木荷 <i>Schima superba</i>	0.825	3	0.919	2	0.995	2	0.247	3	0.294	1	0.298	2
5	青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>	0.702	6	0.603	9	0.826	4	0.191	6	0.145	9	0.249	4
6	山矾 <i>Symplocos sumuntia</i>	0.564	9	0.771	6	0.825	5	0.149	8	0.198	5	0.249	5
7	深山含笑 <i>Michelia maudiae</i>	0.711	4	0.771	5	0.810	7	0.199	4	0.198	6	0.234	7
8	甜槠 <i>Castanopsis eyrei</i>	0.589	8	0.710	7	0.712	9	0.137	9	0.197	7	0.198	9
9	细叶青冈 <i>Cyclobalanopsis myrsinaefolia</i>	0.352	10	0.376	10	0.810	8	0.099	10	0.096	10	0.233	8
10	香桂 <i>Cinnamomum subavenium</i>	0.710	5	0.773	4	0.815	6	0.198	5	0.199	4	0.238	6

E: 前期 Early stage; M: 中期 Middle stage; L: 后期 Late stage; B: 宽度 Breadth; O: 位序 Ordination

其它树种随着林隙的发育,生态位宽度位序也发生了不同程度的变化,喜光性物种在林隙发育的前期生态位宽度较大,随林隙的不断发展生态位宽度逐渐减小,而一些较耐荫、竞争力较强的物种的生态位宽度则会随林隙的不断发育而增大。其中生态位位序降低幅度较大的为深山含笑和猴头杜鹃,深山含笑在林隙发育的前、中、后期的生态位位序依次是第四位、第五位和第七位;猴头杜鹃的生态位位序为第七位、第八位和第十位,说明随着林隙的演替,两者生态位宽度逐渐变窄,后期它们将较难与长苞铁杉形成共优群落;生态位位序提高幅度较大的为山矾,从前期的第九位到中期的第六位,在后期为第五位,说明山矾作为一种灌木树种能适应长苞铁杉林下的生态环境;其它物种的生态位

序变动较小。

2.2 林隙不同发育阶段主要树种生态位重叠

从长苞铁杉群落林隙不同发育阶段主要树种生态位重叠值(表 2)及不同发育时期 45 对种对生态位重叠值的分配格局(表 3)可见,只有 1 对种对生态位重叠值为 0,即林隙发育晚期的猴头杜鹃和木荷,表明这两个物种利用资源的能力差异较大,随着林隙的发育生态位有一定的分化。不同发育阶段主要树种生态位重叠值普遍较大,各主要树种对资源的共享趋势较为明显,但林隙不同发育时期各主要树种生态位重叠值又存在不同之处,前期主要树种生态位重叠值主要集中在 0.6-0.7 之间,45 对种对数中有 13 对,占总种对数的 28.89%,在

表 2 长苞铁杉林林隙不同发育阶段主要树种生态位重叠值

Table 2 The niche overlap of main species in *Tsuga longibracteata* forest gaps at different stages

种对号 No.	生态位重叠值 Niche overlap			种对号 No.	生态位重叠值 Niche overlap		
	前期 Early stage	中期 Middle stage	后期 Late stage		前期 Early stage	中期 Middle stage	后期 Late stage
1-2	0.326	0.357	0.635	3-10	0.559	0.657	0.801
1-3	0.601	0.593	0.431	4-5	0.734	0.472	0.544
1-4	0.731	0.392	0.328	4-6	0.691	0.546	0.328
1-5	0.640	0.641	0.693	4-7	0.473	0.498	0.260
1-6	0.802	0.795	0.679	4-8	0.489	0.485	0.236
1-7	0.619	0.587	0.626	4-9	0.819	0.254	0.376
1-8	0.809	0.805	0.761	4-10	0.518	0.657	0.497
1-9	0.879	0.636	0.816	5-6	0.568	0.582	0.547
1-10	0.660	0.559	0.682	5-7	0.664	0.237	0.716
2-3	0.422	0.467	0.582	5-8	0.699	0.546	0.661
2-4	0.479	0.336	0.000	5-9	0.654	0.347	0.797
2-5	0.500	0.500	0.500	5-10	0.374	0.232	0.674
2-6	0.173	0.764	0.486	6-7	0.691	0.455	0.730
2-7	0.385	0.475	0.565	6-8	0.561	0.699	0.474
2-8	0.545	0.548	0.579	6-9	0.854	0.737	0.571
2-9	0.298	0.502	0.522	6-10	0.796	0.235	0.482
2-10	0.184	0.274	0.503	7-8	0.783	0.700	0.730
3-4	0.722	0.502	0.401	7-9	0.629	0.686	0.810
3-5	0.500	0.263	0.500	7-10	0.561	0.489	0.478
3-6	0.715	0.500	0.588	8-9	0.637	0.702	0.814
3-7	0.713	0.606	0.588	8-10	0.561	0.451	0.467
3-8	0.693	0.635	0.590	9-10	0.676	0.245	0.560
3-9	0.853	0.842	0.758				

表中种对序号与表 1 相同 The No. of species in the table is the same to that of the table 1.

表 3 长苞铁杉林不同发育阶段林隙中主要树种生态位重叠值分配格局

Table 3 Distribution pattern of niche overlap of main species in *Tsuga longibracteata* forest gaps at different stages

生态位重叠值 Niche overlap value	前期 Early stage		中期 Middle stage		后期 Late stage	
	种对数 Species number	所占比例 Proportion (%)	种对数 Species number	所占比例 Proportion (%)	种对数 Species number	所占比例 Proportion (%)
0	0	0	0	0	1	2.22
0-0.1	0	0	0	0	0	0
0.1-0.2	2	4.44	0	0	0	0
0.2-0.3	1	2.22	7	15.56	2	4.44
0.3-0.4	3	6.67	4	8.89	3	6.67
0.4-0.5	4	8.89	8	17.78	8	17.78
0.5-0.6	9	20.00	11	24.44	14	31.11
0.6-0.7	13	28.89	8	17.78	7	15.56
0.7-0.8	7	15.56	6	13.33	5	11.11
0.8-0.9	6	13.33	1	2.22	5	11.11
0.9-	0	0	0	0	0	0

0.5-0.6、0.7-0.8 及 0.8-0.9 之间的种对数, 分别占总种对数的 20%、15.56% 及 13.33%; 中期主要树种生态位重叠值主要集中在 0.5-0.6 之间, 占总种对数的 24.44%, 其次是 0.4-0.5、0.6-0.7 及 0.2-0.3 之间的种对数, 分别占总种对数的 17.78%、17.78% 及 15.56%; 后期主要树种生态位重叠值主要集中在 0.5-0.6 之间, 占总种对数的 31.11%, 其次是 0.4-0.5 及 0.6-0.7 之间的种对数, 分别占总种对数的 17.78% 及 15.56%。

从中可以看出, 林隙发育前期主要树种间生态位重叠值总体上较林隙发育中、晚期的大, 且随着林隙的不断发育主要树种生态位重叠值有减小的趋势。长苞铁杉在林隙发育的不同阶段均有较大的生态位宽度, 且与其它物种的生态位重叠值均较大, 表明长苞铁杉无论从其自身特性来看, 还是从它与其它树种联系之密切程度看, 都表现出了极为重要的生态学地位和作用。同时, 长苞铁杉与生态位宽度较大的物种有较小的生态位重叠值, 如与米楮的生态位重叠值在前、中、后期分别为 0.601、0.593 和 0.431, 与木荷生态位重叠值在前、中、后期分别为 0.731、0.392 和 0.328; 与生态位宽度较小的物种的生态位重叠值较大, 如与甜楮的生态位重叠值在前、中、后期分别为 0.809、0.805 和 0.761, 与细叶青冈的生态位重叠值在前、中、后期分别为 0.879、0.636 和 0.816, 且随林隙的发育, 重叠值有减小的趋势。这主要是因为随林隙的不断发育, 林隙

内物种不断增多, 资源供应相对早期略有减少, 种间对光照等资源的竞争促使其生态位发生分化。

长苞铁杉群落林隙不同发育阶段的 10 个优势树种之间存在着较为广泛的生态位重叠, 且各树种之间的生态位重叠值又相对较高, 这表明处于正在发育阶段的群落, 各树种之间的竞争、互惠等种间相互作用还未达到较好的协调, 种间生态位没有发生一定程度的分离, 使得各优势树种不能够很好地长期稳定共存于同一群落之中, 群落处于不断的变化之中, 随着群落向稳定状态的顶极群落的发展, 各优势树种的生态位不断分化, 物种间生态位重叠值会有所减小。

3 小结和讨论

长苞铁杉群落林隙不同发育阶段均是以长苞铁杉、米楮、木荷为优势种的共优群落, 主要树种生态位宽度位序在林隙不同发育阶段略有不同, 产生生态位位移的主要原因首先是不同发育阶段林隙中生态环境因子有较大的变化, 其次是物种的生物、生态学特性随着物种的不断发育会略有变化。长苞铁杉林隙不同发育阶段主要物种生态位重叠值基本符合以下规律: 前期主要树种生态位重叠值主要集中在 0.6-0.7 之间, 中、后期生态位重叠值均主要集中在 0.5-0.6 之间。

生态位重叠值的大小与生态位宽度有一定的联系, 一般而言, 两个生态位宽度较大的物种之间

的重叠值高,而两个生态位宽度较小的物种之间或一个生态位宽度较小的物种与一个生态位宽度较大的物种之间的重叠值低,但也不尽然,这还与生境的异质性和物种生物学特性有关。从本研究结果来看,长苞铁杉在资源丰富的条件下,与其它生态位宽度较大的物种可以相对独立地利用资源,从而在生态位上表现出较小的重叠值,另一方面,由于林隙中长苞铁杉数量较多,且多集中在光照较充足的地段,而生态位宽度较小的物种也多集中分布在这一地段,从而使得长苞铁杉与生态位宽度较小的物种有较大的生态位重叠值。

生态位重叠值与种间竞争存在相关关系,理论上,生态位重叠值大不一定导致激烈竞争,除非资源状况十分紧张;同时,生态位重叠值较小也并非意味着种间竞争较弱,相反这可能是种间激烈竞争的结果。林隙不同发育阶段林隙内主要树种生态位重叠值均较大,说明林隙内资源相对较富裕,各物种均能相对均衡地利用环境资源,随着林隙的不断发育,林隙内物种的不断增多,资源相对紧缺,物种间的激烈竞争将促使林隙内物种的生态位进行分化。

长苞铁杉是一种喜光植物,无论在哪一种群落类型中都处于群落的最上层,因此,在林冠下无法与生长迅速的耐阴阔叶树种竞争,在林冠下无法更新,且幼年时生长极为缓慢。由于该长苞铁杉林禁止砍伐,人为干扰不大,长苞铁杉天然更新的不利因素更加显著,群落中植株大多是一些成熟或过熟的个体,从本文的研究来看,该群落将来的种群结构应是以长苞铁杉、米槠和木荷等物种为优势种的共优群落,且长苞铁杉所占的比例有减小的趋势,因此,在将来的保护过程中,应尽量考虑以林隙干扰的自然规律为基础,对长苞铁杉林实施一定的干预措施,以达到保护和利用的目的。

本研究探讨了长苞铁杉群落主要树种在林隙不同发育阶段的生态位宽度及生态位重叠,对于长苞铁杉这一以林隙更新为主的树种的种群数量变化、天然林资源保护、开发利用及发展演替的研究具有重要意义。但生态位重叠是一种较为复杂的情况,在一个多维空间中,两个种群可能在某些维度上重叠很高,但在另一些维度上则可能重叠较小,这与生境的局部不均匀性以及植物利用资源方式的多样性有关。本研究只采用综合不同发育阶段的

林隙为一维资源位对长苞铁杉林隙内主要物种的一维生态位进行了计算,对长苞铁杉林隙内物种多维资源位的分析还有待于进一步研究。

参考文献

- [1] Wu C Z(吴承祯), Hong W(洪伟), Wu J L(吴继林), et al. Spatial distribution pattern of the endangered and rare plant *Tsuga longibracteata* [J]. J Plant Resour Environ (植物资源与环境学报), 2000, 9(1):31-34.(in Chinese)
- [2] Wu C Z(吴承祯), Hong W(洪伟). A study on the density effect model of endangered and rare *Tsuga longibracteata* population [J]. Sci Silv Sin(林业科学), 2000, 38(4):157-161.(in Chinese)
- [3] Wu C Z(吴承祯), Hong W(洪伟), Wu J L(吴继林), et al. Studies on kernel density estimation of species abundance distribution in two communities of endangered and rare plants [J]. J Trop Subtrop Bot(热带亚热带植物学报), 2000, 8(4):301-307.(in Chinese)
- [4] Wu C Z(吴承祯), Hong W(洪伟), Wu J L(吴继林), et al. Growth dynamics of dominance in rare and endangered *Tsuga longibracteata* population [J]. Sci Silv Sin(林业科学), 2004, 40(2): 189-192.(in Chinese)
- [5] Wu C Z(吴承祯), Hong W(洪伟). A proposed multidimensional time series model of individual age and diameter in *Tsuga longibracteata* [J]. Acta Phytoecol Sin(植物生态学报), 2002, 26(4):403-407.(in Chinese)
- [6] Wu C Z(吴承祯), Hong W(洪伟), Xie J S(谢金寿). Life table analysis of *Tsuga longibracteata* population [J]. Chin J Appl Ecol(应用生态学报), 2000, 11(3):333-336.(in Chinese)
- [7] Lin J X(林金星), Hu Y X(胡玉熹), Wang X P(王献溥), et al. The biology and conservation of *Tsuga longibracteata* [J]. Biodiver Sci(生物多样性), 1995, 3(3):147-152.(in Chinese)
- [8] 林鹏. 福建天宝岩自然保护区综合科学考察报告 [M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2002. 1-2, 89-90.
- [9] Qian L W(钱莲文), Wu C Z(吴承祯), Hong W(洪伟), et al. Gap natural disturbance regime in *Tsuga longibracteata* forest [J]. Chin J Appl Environ Biol(应用与环境生物学报), 2004, 10(6):718-723.(in Chinese)
- [10] Qian L W(钱莲文), Wu C Z(吴承祯), Hong W(洪伟), et al. The species diversity and stability of *Tsuga longibracteata* forest gaps and non-gaps [J]. J Fujian Coll For(福建林学院学报), 2005, 25(3):202-205.(in Chinese)
- [11] Knapp R. 宋永昌, 张坤, 郑慧莹. 译. 植被动态 [M]. 北京: 科学出版社, 1986. 68-76.
- [12] Dirzo R. The effect of gap size and age on the understorey herb community of a tropical Mexican rain forest [J]. J Ecol, 1992, 80: 809-822.
- [13] Li Q(李契), Zhu J Z(朱金兆), Zhu Q K(朱清科). A review on niche theory and niche metrics [J]. J Beijing For Univ(北京林业大学学报), 2003, 25(1):100-107.(in Chinese)