

长苞铁杉幼苗在林窗不同位置的建立

朱小龙¹, 赖志华^{2,3}, 黄承勇³, 宋爱琴², 李振基^{2*}

(1. 中国林业科学研究院 林业科技信息研究所, 北京 100091; 2. 厦门大学 生命科学学院, 福建 厦门 361005; 3. 福建省永安天宝岩国家级自然保护区管理局, 福建 永安 366000)

摘要: 通过 2003 年 12 月到 2005 年 1 月对福建省天宝岩国家级自然保护区长苞铁杉林内椭圆形林窗 (面积 118 m²) 中心、中部、边缘和林下样地进行种子埋藏及幼苗定位观测实验, 研究了长苞铁杉幼苗在林窗不同位置中的建立。结果表明: 在林窗内不同位置对长苞铁杉幼苗建立有显著影响。林窗中心样地、林窗中部样地、林窗边缘和林下样地内长苞铁杉幼苗发生率分别为 10%, 10.7%, 6% 和 6%。从林冠下到林窗中心, 长苞铁杉种子的幼苗发生率略有增高趋势。在林窗中心样地和林窗中部样地中雨水冲刷是幼苗死亡的最主要原因, 而在林窗边缘样地和林下样地中昆虫的取食是幼苗死亡的最主要原因。林窗位置对幼苗的存活率有显著影响, 林窗中部样地幼苗存活率最高 (11.4%), 林窗中心样地幼苗存活率次之 (6.7%), 而林窗边缘样地和林下样地幼苗则均全部死亡。种子营养消耗完后, 在林窗中心、林窗中部、林窗边缘和林下等 4 个位置样地中, 林窗中心样地幼苗平均高度最高。经过一个生长季后, 林窗中心样地中幼苗的根生物量、茎生物量和总生物量均略高于林窗中部样地的幼苗, 但差异并不显著。林窗中心样地幼苗叶生物量、叶重比、叶/地上等指标显著高于林窗中部样地的幼苗, 而茎重比则低于林窗中部样地的幼苗。

关键词: 长苞铁杉; 林窗; 幼苗建立; 位置

中图分类号: Q948.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2008)04-0473-05

Seedling establishment of *Tsuga longibracteata* in different location of forest gap

ZHU Xiao-Long¹, LAI Zhi-Hua^{2,3}, HUANG Cheng-Yong³,
SONG Ai-Qin², LI Zhen-Ji^{2*}

(1. Institute of Forestry Policy and Information, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China;
2. School of Life Sciences, Xiamen University, Xiamen 361005, China; 3. Administration
of Tianbaoyan National Natural Reserve of Fujian, Yong'an 366000, China)

Abstract: The seedling establishment of *Tsuga longibracteata* in elliptical gap (area 118 m²) center, middle, edge and under canopy of *T. longibracteata* forest were studied by seed burial experiments from December 2003 to January 2005 in Tianbaoyan National Nature Reserve of Fujian, China. The results showed that the difference of location in gaps had evident effects on the seedling establishment of *T. longibracteata*. In this researching gap, the seedling emergence rates of *T. longibracteata* in plots of gap center, gap middle, gap edge and under canopy were 10%, 10.7%, 6% and 6%. The seedling emergence rate showed ratherish increased trend from the canopy to the center of gap. Rain eroding was the main factor that induced the death of seedling in gap center plots and gap middle plots, but in-

* 收稿日期: 2007-08-13 修回日期: 2008-03-10

基金项目: 国家自然科学基金 (30370275); 福建省自然科学基金 (C0310004) [Supported by the National Natural Science Foundation of China (30370275); Natural Science Foundation of Fujian Province (C0310004)]

作者简介: 朱小龙 (1977-), 男, 福建漳州人, 博士后, 主要从事森林生态学与生态经济学研究。

通讯作者 (Author for correspondence, E-mail: zhenji1@163.com)

sects feeding was the main factor that induced the death of seedling in gap edge plots and under canopy plots. Location in gap had an evident effect on seedling survival. The seedling survival rate in gap middle plots was the highest (11.4%), that in gap center plots was secondly high (6.7%), and seedling in gap edge plots and under canopy plots died out after one growing season. The average height of seedling in gap center plots was the highest among the 4 kinds of gap location plots when seed nutrition expending. The root biomass, stem biomass and total biomass of seedling in gap center plots were ratherish higher than those of seedling in gap middle plots, but the difference was not evident. The leaf biomass, leaf total biomass ratio and leaf upground ratio of seedling in gap center plots were evidently higher, while stem total biomass ratio was lower than those of seedling in gap middle plots.

Key words: *Tsuga longibracteata*; forest gap; seedling establishment; location

长苞铁杉 (*Tsuga longibracteata*) 属松科铁杉属, 是中国特有珍稀植物, 广泛分布于贵州东北部、湖南、广东和广西北部、江西南部、福建西部。长苞铁杉具有良好的生态学特性, 可以在较高海拔山地发挥不亚于常绿阔叶林的水土保持效果 (钟祥顺, 1999)。由于自然和人为干扰的综合作用, 长苞铁杉现有资源甚少。在长苞铁杉研究上, 已开展的工作主要有生物生态学特性、种群生态学、群落生态学等 (林金星等, 1995; 吴承祯等, 2000; 李振基等, 2002), 这些研究主要侧重纯理论方面。长苞铁杉幼苗建立及其环境影响方面的研究尚未开展。研究长苞铁杉的幼苗建立机理对探讨其濒危机制、资源的保存、人工造林都具有现实的指导意义。

林窗这一概念是伴随森林循环的研究而产生的, 用以表示群落中一株以上林冠层树木死亡而形成的将由新个体占据与更新的空间 (Whitmore, 1989)。林窗不但增加了光到达森林下层的持续时间, 而且增加了生境内的光照强度 (宋新章等, 2006)。林窗形成后, 森林中有效光照增强, 同时引起温度、养分和水分等环境条件发生变化 (Brokaw, 1985; 张德强等, 2002), 对更新树种种子萌发、幼苗存活与生长可以产生重要影响 (Grubb, 1977)。国内对林窗与植物更新的研究主要通过群落调查等手段实现 (臧润国等, 1998; 刘庆, 2004), 并且主要是在林窗面积大小和不同发育阶段对植物更新的影响方面开展研究 (刘庆, 2004; 张琼等, 2005; 钱莲文等, 2005), 采取模拟定位的方法对林窗不同位置对植物更新影响进行研究的工作尚未见报道。

林窗的不同位置对长苞铁杉种子萌发、幼苗存活是否有影响? 长苞铁杉幼苗在林窗不同位置中的生长和形态建成是否有差异? 长苞铁杉幼苗的建立是否需要依赖林窗过程? 本文对这些问题展开研究。

1 样地介绍与研究方法

1.1 样地介绍

福建省天宝岩国家级自然保护区位于福建省永安市东部, 117°31' ~ 117°33.5' E, 25°5' ~ 25°58' N, 属亚热带季风气候型, 平均空气相对湿度 80%, 平均气温 15℃, 最冷月 (1月) 平均温度 5℃, 最热月 (7月) 平均温度 23℃, 绝对最低温 -11℃, 绝对最高温 40℃, 无霜期 290 d, 平均年降水量 2 000 mm。保护区的山体为戴云山余脉, 属中低山地貌, 海拔 680 ~ 1 604.8 m, 区内大部分面积为砾岩和石灰砂所覆盖, 土层较薄, 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 (李振基等, 2002)。

实验样地在福建省天宝岩国家级自然保护区内天宝岩长苞铁杉纯林内, 117°33.147' E, 25°55.433' N, 海拔 1 557 m, 坡向西偏南 15°。乔木层以长苞铁杉为主, 局部有猴头杜鹃 (*Rhododendron simiarum*)、新木姜子 (*Neolitsea aurata*)、香桂 (*Cinnamomum subavenium*)、细叶青冈 (*Cyclobalanopsis myrsinaefolia*) 等, 灌木种类以箬竹 (*Indocalamus tessellates*) 占优势, 常见者有光叶铁仔 (*Myrsine stolonifera*)、百两金 (*Ardisia crispa*)、扁枝越桔 (*Hugeria ovalinoides*) 等, 草本植物以延羽卵果蕨 (*Phegopteris decursivepinnata*) 占优势, 群落总覆盖度约 90%, 地表枯枝落叶层 2 ~ 5 cm。

1.2 研究方法

本研究所的林窗为椭圆形, 朝向西偏北 30°, 长轴 15 m, 短轴 10 m, 面积 118 m², 林窗中心相对光照强度 23.7%。在长苞铁杉种子成熟自然掉落时收集饱满成熟种子 1 200 粒, 2003 年 12 月 25 日在林窗不同位置开展种子埋藏实验。在林窗内从中心出发顺着长轴方向 (西偏北 30°) 到林窗边缘建立

长为 7.5 m 宽为 2.5 m 的样带。为扣除下层植被遮蔽对长苞铁杉成苗的影响,清除样带内的林下植被。在样带中按照距离林窗中心的距离远近划分为 3 个实验样地:距离林窗中心 0~2.5 m 为林窗中心样地,距离林窗中心 2.5~5.0 m 为林窗中部样地,距离林窗中心 5.0~7.5 m 为林窗边缘样地。将样地系统地划分为 25 个 0.5 m ×0.5 m 正方形小样方,随机在每个样地的 25 个小样方中选择 6 个小样方,同时以林冠下(FS)为对照,也随机确定 6 个 0.5 m ×0.5 m 的小样方,计 24 个小样方进行种子埋藏实验。埋藏实验的小样方内先后去除原有的长苞铁杉种子,后模拟种子自然掉落状态,在凋落物层表层(深度约 0.5 cm)分别埋藏入 50 粒成熟饱满种子。

用铝片对小样方的每株长苞铁杉幼苗进行定位标记,从 2004 年 2 月 8 日起至 2005 年 1 月 24 日,每 15 d 统计各小样地种子成苗率、幼苗存活数、幼苗死亡数及其原因、存活幼苗的高度。

2005 年 1 月 24 日实验结束后,对小样地内存活幼苗进行收获,每株幼苗将分根、茎、叶在 85℃ 中烘干至恒重,测定各器官生物量(干重)。

1.3 数据分析

方差分析采用 SPSS11.0 For Windows,图表制作采用 Microsoft Excel。

2 结果与分析

2.1 林窗不同位置对种子萌发的影响

2004 年 3 月 23 日前的调查未见长苞铁杉种子萌发,4 月 8 日调查时,发现各样地均有种子萌发出土。在种子萌发总数不再增加时对林窗不同位置样地幼苗发生率进行统计,结果如图 1 所示。

林窗中心幼苗发生率为 10%,林窗中部 10.7%,林窗边缘和林下样地均为 6%。从林冠下到林窗中心,长苞铁杉种子的幼苗发生率略有增高趋势,但差异并不显著($P>0.05$)。

2.2 不同林窗面积大小样地中幼苗的存活动态及其死亡原因

幼苗发生后,由于干扰因素的作用,部分幼苗开始死亡。由图 2 可见,雨水冲刷、昆虫取食是长苞铁杉幼苗死亡的两个重要原因。在林窗中心和林窗中部样地中,幼苗死亡主要由水冲、昆虫取食和干旱引起,而水冲是幼苗死亡的主要原因,这与该地区在 5、6 月份常有暴雨发生,雨水冲刷对开阔地内的幼

苗的伤害更大,林内较郁蔽的生境更有利于幼苗的保护有关。在林窗边缘样地和林下样地中,昆虫的取食是幼苗死亡的最主要原因。昆虫造成幼苗死亡的机理在于其对叶片的取食导致了光合作用无法完成。由于实验条件所限,本研究未能捕捉及鉴定取食长苞铁杉叶片的昆虫。

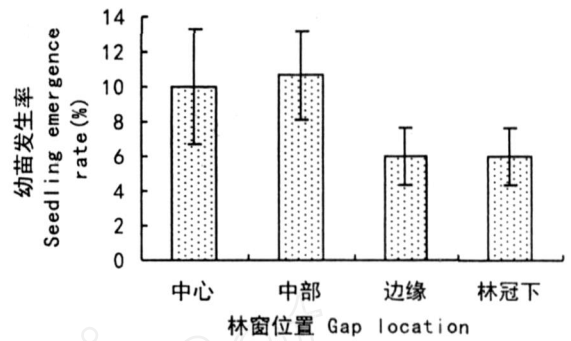


图 1 长苞铁杉在林窗不同位置的幼苗发生率
Fig.1 Seedling emergence rate of *Tsuga longibracteata* in different gap locations

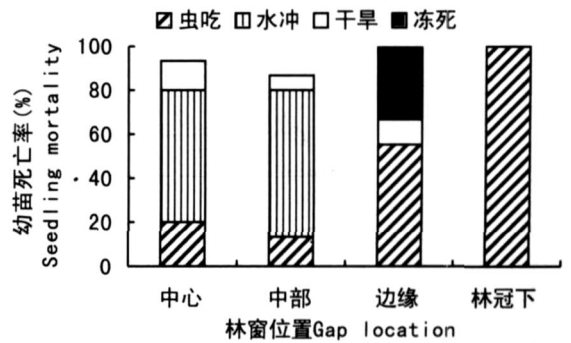


图 2 林窗不同位置样地幼苗死亡原因分析
Fig.2 Seedling mortality of each factor of death in plots of different gap locations

由图 3 可以看出长苞铁杉幼苗发生在各样地中基本一致,而死亡时间在各林窗样地中有所差别。在林窗中心和林窗中部样地中,环境因子变化幅度较大,幼苗发生后即大量死亡,以后两个月中幼苗继续陆续死亡,到 8 月 7 日幼苗数量达到稳定阶段。在林窗边缘样地中,环境条件变化幅度较小,幼苗数量一直比较稳定,未出现幼苗的死亡高峰,但实验结束时对幼苗进行收获时发现该样地存活幼苗未能顺利过冬,全部被冻死。而林窗中心和林窗中部样地可能由于光照较强的原因,部分幼苗得以存活。林下样地中,也未出现幼苗的死亡高峰,由于昆虫取食,幼苗到 6 月 23 日全部死亡。

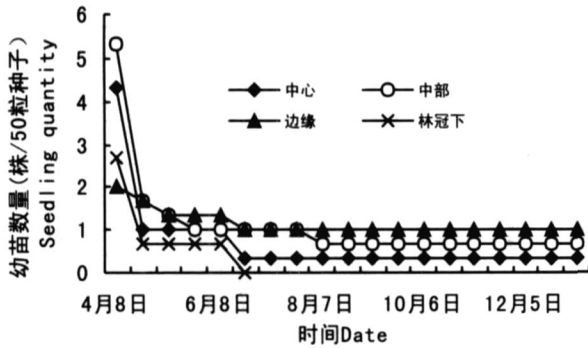


图3 林窗不同位置样地幼苗存活数量动态
Fig.3 Dynamic of seedling survival quantity in plots of different gap locations

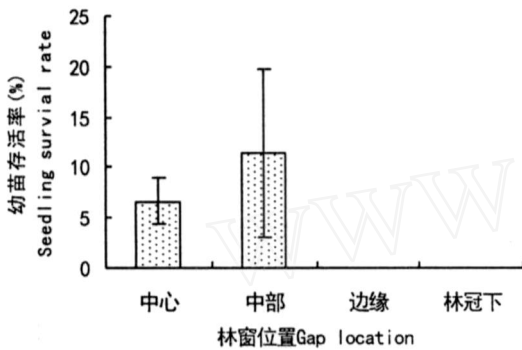


图4 林窗不同位置样地幼苗存活率
Fig.4 Seedling survival rate in plots of different gap locations after one growing season

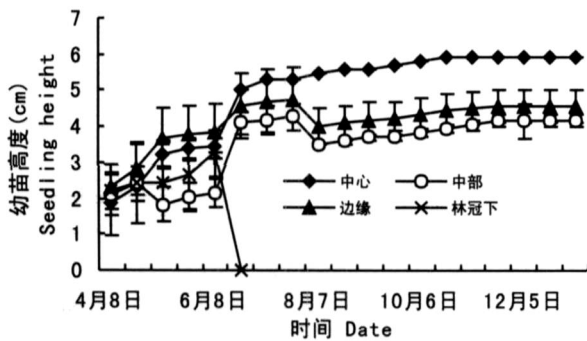


图5 林窗不同位置样地幼苗平均高度动态
Fig.5 Dynamic of seedling height in plots of three gap location treatments and CK

经过一个完整的生长季后,林窗中部内幼苗存活率最高(11.4%),林窗中心样地幼苗存活率次之(6.7%),而林窗边缘样地和林下样地幼苗则均全部死亡。方差分析表明,林窗位置对幼苗的存活率有显著影响($P < 0.05$),林窗光照增强有利于长苞铁杉幼苗的生长和存活(图4)。

2.3 林窗不同位置样地中幼苗的高生长动态

在长苞铁杉生长的初期,幼苗生长初期主要由种子提供营养,林窗不同位置样地中幼苗的高度没有差别;种子营养消耗完后,长苞铁杉幼苗的高生长由叶片的光合作用提供,林窗中心样地的幼苗平均高度最高,可见光照的增加可以促进长苞铁杉幼苗的光合作用,有利于幼苗的高生长(图5)。

2.4 林窗不同位置样地中幼苗的生物量累积与分配差异

经过一个生长季后,林窗中心样地中幼苗的根生物量、茎生物量和总生物量均略高于中林窗样地的幼苗,但差异并不显著。叶生物量、叶重比、叶/地上和茎重比三个指标,大林窗内幼苗与中林窗幼苗存在显著差异,林窗中心样地幼苗叶生物量、叶重比、叶/地上等指标高于林窗中部样地的幼苗,而茎重比则低于林窗中部样地的幼苗,可见林窗中心环境对长苞铁杉幼苗叶片的生长有较好的促进作用,并有助于幼苗的下一步生长(表1)。

表1 林窗不同位置样地存活幼苗的生物量累积与分配
Table 1 Biomass characters of seedlings in three gap location treatments and CK

生物量指标 Biomass index	林窗中心 Gap center	林窗中部 Gap middle	P
根 Root (g)	0.0158 ±0.0025	0.0105 ±0.0063	0.401
茎 Stem (g)	0.0138 ±0.0025	0.0122 ±0.0072	0.815
叶 Leaf (g)	0.0358 ±0.0004	0.0135 ±0.008	0.033
总生物量 Total biomass(g)	0.0653 ±0.0004	0.0361 ±0.0214	0.190
根重比 Root mass ratio	0.2417 ±0.0368	0.2899 ±0.0388	0.299
茎重比 Stem mass ratio	0.2108 ±0.0388	0.3366 ±0.0113	0.008
叶重比 Leaf mass ratio	0.5475 ±0.0020	0.3735 ±0.0492	0.015
根冠比 Root mass to shoot mass	0.3219 ±0.0642	0.5879 ±0.1318	0.294
叶/地上 Leaf mass to shoot mass	0.7238 ±0.0378	0.5238 ±0.0392	0.008

*林窗边缘样地和林冠下样地幼苗在生长期内全部死亡,故不进行生物量测定

3 结论与讨论

在对森林中林窗的反应上,可将不同的树种归为两个基本的生态种组,即先锋种和顶极种;先锋种在一定面积的林窗中才能长到成熟,而顶极种在小林窗中即能长到成熟阶段(Whitmore, 1989)。从本文的研究结果上看,长苞铁杉在林冠下和林窗边缘

均无法完成其更新过程,其更新需要依赖林窗,应属于先锋种。钱莲文等(2005)在群落中长苞铁杉林林隙物种更新动态调查也得到同样的结论。

而在同一个林窗内,不同的位置中植物幼苗的发生、死亡原因、存活状况与生长状况也有所不同。Gagnon 等(2003)对美国佛罗里达州西北部长叶松(*Pinus palustris*)林窗的研究发现,围绕在林窗周边的成熟长叶松最初对林窗内幼苗的存活有积极的影响,与生长在林窗边缘的幼苗相比,生长在林窗中心位置的幼苗存活率明显低得多,但随着时间延长,林窗边缘位置对幼苗存活的有利作用减弱了。在本研究中,林窗周边的成熟长苞铁杉植株对林窗内幼苗的作用可能有两个,一是林窗周边成熟的长苞铁杉可以通过减少不良气候变化的幅度而对幼苗存活与生长有利;二是林窗周边的成熟的长苞铁杉的遮蔽作用会造成幼苗生长光照不足,从而对幼苗存活与生长不利。这两个因素综合作用的结果导致在本研究的林窗中,林窗中部内长苞铁杉幼苗存活率最高,林窗中心样地幼苗存活率次之,而林窗边缘样地和林下样地幼苗则均全部死亡。Gagnon 等(2003)还发现较大的幼苗通常位于林窗内初始存活率较低而资源有效性较高的位置(即林窗中心),而较小的幼苗通常位于林窗内初始存活率较高而资源有效性较低的地方。本研究也同样得到这个结论,种子营养消耗完后,在林窗中心、林窗中部、林窗边缘和林下等 4 个位置样地中,在整个生长季节中林窗中心样地幼苗平均高度一直最高;并且经过一个生长季后,林窗中心样地中幼苗的根生物量、茎生物量和总生物量均略高于林窗中部样地的幼苗;林窗中心样地幼苗叶生物量、叶重比、叶/地上等指标高于林窗中部样地的幼苗,而茎重比则低于林窗中部样地的幼苗。Brown(1996)对热带雨林 3 种龙脑香科树种的幼苗监测,发现这 3 种幼苗都表现出在林隙中央高度最大,越靠近林隙边缘或林下其生长越慢,这与本文得到的结果也是类似的。

参考文献:

- 李振基,陈鹭真,张宜辉,等. 2002. (福建天宝岩自然保护区)植被资源[C]//林鹏. 福建天宝岩自然保护区综合科学考察报告. 厦门:厦门大学出版社:87-131
- Brokaw NV. 1985. Gap-phase regeneration in a tropical forest[J]. *Ecology*,**66**(3):682-687
- Brown N. 1996. A gradient of seedling growth from the centre of tropical rain forest canopy gap[J]. *Fore Ecol Management*,**82**:239-244
- Gagnon JL, Jokela EJ, Moser WK, et al. 2003. Dynamics of artificial regeneration in gaps within a longleaf pine flatwoods ecosystem[J]. *Fore Ecol Management*,**172**:133-144
- Grubb PJ. 1997. The maintenance of species richness in plant community importance of the regeneration niche[J]. *Biological Review*,**57**:107-145
- Lin JX(林金星), Hu YX(胡玉熹), Wang XP(王献溥), et al. 1995. The biology and conservation of *Tsuga longibracteata*(中国特有植物长苞铁杉的生物学特性及其保护)[J]. *Chinese Biodiversity*(生物多样性),**3**(3):147-152
- Liu Q(刘庆). 2004. The Effects of Gap size and within gap position on the survival and growth of naturally regenerated *Abies georgei* seedlings(林窗对长苞冷杉自然更新幼苗存活和生长的影响)[J]. *Acta Phytocool Sin*(植物生态学报),**28**(2):204-209
- Qian LW(钱莲文), Guo JH(郭建宏), Wu CZ(吴承祯), et al. 2005. Studies on species regeneration dynamics of *Tsuga longibracteata* forest gaps(长苞铁杉林林隙物种更新动态的初步研究)[J]. *Acta Agric Univ Jiangxi*(江西农业大学学报),**27**(5):719-722
- Song XZ(宋新章), Xiao WF(肖文发). 2006. Research advances of microsites and regeneration within canopy gap(林隙微生境及更新研究进展)[J]. *Sci Silv Sin*(林业科学),**242**(5):114-119
- Whitmore T C. 1989. Canopy gap and the two major groups of forest trees[J]. *Ecology*,**70**(3):536-538
- Wu CZ(吴承祯), Hong W(洪伟), Wu JL(吴继林), et al. 2000. Spatial distribution pattern of the endangered and rare plant *Tsuga longibracteata*(珍稀濒危植物长苞铁杉的分布格局)[J]. *J Plant Res Environ*(植物资源与环境学报),**9**(1):31-34
- Zhang DQ(张德强), Ye WH(叶万辉), Zhou GY(周国逸), et al. 2002. Localization and partiality of gap habitat of the monsoon evergreen forest in Dinghushan biosphere reserve(鼎湖山亚热带常绿阔叶林林隙生境变化的局部性与偏向性研究)[J]. *Trop Subtrop Fore Ecosyst*(热带亚热带森林生态系统研究),**9**(9):132-136
- Zhang Q(张琼), Hong W(洪伟), Wu CZ(吴承祯), et al. 2005. Studies on intraspecific and interspecific competition in natural communities of *Tsuga longibracteata*(长苞铁杉天然林群落种内及种间竞争关系研究)[J]. *Guihaia*(广西植物),**25**(1):14-17
- Zhang RG(臧润国), Yu SX(余世孝), Liu JY(刘静艳), et al. 1998. The gap phase regeneration in a Bawangling Hainan Island(海南岛霸王岭热带山地雨林林隙更新规律的研究)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报),**19**(2):151-158
- Zhong XS(钟祥顺). 1999. Study on water conservation function of natural *Tsuga longibracteata* forest(长苞铁杉天然林水源涵养功能研究)[J]. *J Fujian Coll Fore*(福建林学院学报),**19**(3):261-264