

长苞铁杉天然林群落种内及种间竞争关系研究

张琼, 洪伟, 吴承祯, 姬桂珍, 胡喜生, 林勇明

(福建农林大学林学院, 福建南平 353001)

摘要: 通过各种竞争指数的比较筛选, 得到较能客观反映长苞铁杉种内、种间竞争关系的竞争指数, 定量地分析了长苞铁杉种内和种间竞争强度。结果表明: 长苞铁杉种内竞争随胸径的增大而逐渐减少; 种间与种内竞争关系顺序为: 长苞铁杉—长苞铁杉 > 猴头杜鹃—长苞铁杉 > 青冈栎—长苞铁杉 > 其它树种—长苞铁杉。竞争强度与对象木的胸高直径服从双曲线回归关系, 利用模型预测了长苞铁杉种内、种间的竞争强度。

关键词: 长苞铁杉; 种内竞争; 种间竞争; 竞争强度

中图分类号: Q948 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2005)01-0014-04

Studies on intraspecific and interspecific competition in natural communities of *Tsuga longibracteata*

ZHANG Qiong, HONG Wei, WU Cheng-zhen,
JI Gui-zhen, HU Xi-sheng, LIN Yong-ming

(Forestry College of Fujian Agriculture and Forestry University, Nanping 353001, China)

Abstract: The intraspecific and interspecific competitions of *Tsuga longibracteata* were analyzed quantitatively, using the selected competition index that were presented through analysis and simulating of sample plot data. Intraspecific competition intensity was *Tsuga longibracteata* reduced with the increase of diameter class of the trees. The order of competition intensity is *Tsuga longibracteata*—*Tsuga longibracteata* > *Rhododendron simiarum*—*Tsuga longibracteata* > *Cyclobalanopsis glauca*—*Tsuga longibracteata* > others species—*Tsuga longibracteata*. A remarkable regression model of the relationship between competition intensity and diameter class of objective tree individuals was established and used to predict competition intensity.

Key words: *Tsuga longibracteata*; interspecific competition; interspecific competition; competition intensity

长苞铁杉 (*Tsuga longibracteata*) 是松科铁杉属常绿乔木, 为我国特有树种, 现有资源少, 被列为国家二级保护植物 (林鹏, 2002)。在福建天宝岩国家级自然保护区保存有一片以长苞铁杉为优势种的原生性森林, 分布面积达 186.7 hm², 纯林 20 hm², 为全国第一, 是福建天宝岩国家级自然保护区的特色森林生态系统类型之一 (林鹏, 2002)。对长苞铁

杉种群生态和群落生态的一系列研究表明, 林内结构较为复杂, 物种丰富, 表现出显著的种内、种间关系 (吴承祯等, 2000a, 2000b, 2000c, 2001, 2002a, 2002b; 吴继林等, 1999)。但采用竞争指数探讨长苞铁杉种内种间竞争关系未见报道, 本研究以长苞铁杉天然群落为研究对象, 选择 7 个竞争指数比较筛选, 并且对竞争强度与对象木大小关系进行拟合,

收稿日期: 2004-03-01 修订日期: 2004-05-18

基金项目: 福建省教育厅科研基金资助项目 (K02047); 福建省科技厅重大资助项目 (2001F007, 2001Z025)。

作者简介: 张琼 (1980-), 女, 河南郑州人, 在读硕士生, 主要研究方向: 森林生态经营。E-mail: zhqiong316@yahoo.com.cn

以分析长苞铁杉林内的竞争指数和竞争强度,为预测长苞铁杉林木生长、持续经营长苞铁杉天然林资源提供理论基础。

1 研究区自然概况

长苞铁杉林分布于福建天宝岩国家级自然保护区,福建天宝岩国家级自然保护区位于福建省永安市东部,为武夷山脉和戴云山脉过渡地带,山体为戴云山余脉(林鹏,2002)。该区气候属中亚热带东南季风气候型,平均气温为 15 °C,极端气温为-11 °C,最高气温 40 °C,≥10 °C 年积温 4 500~5 800 °C,平均降水量 2 039 mm,空气湿度较高,各月平均在 80%以上,山区气候特征突出,适合各种生物繁衍生息。土壤类型主要为山地黄红壤,林地土壤较厚,腐殖质层厚约 20 cm,表土质地为壤土,土壤呈酸性反应。长苞铁杉林主要集中分布于保护区海拔 1 000~1 600 m 的山地,面积达 186.7 hm²,整个林分保存完好,处于原始状态,林内天然更新良好,种类丰富(林鹏,2002)。

2 研究方法

2.1 样地设置和调查方法

在具有代表性的长苞铁杉林分布区随机选择长苞铁杉对象木,测量其胸径、树高、冠幅并以该对象木为中心,测量与其树冠有重叠的邻体的胸径、树高、冠幅及其与对象木之间的距离和树冠重叠面积,进而绘制相应的树冠投影图。共调查对象木 84 株,竞争木 1 068 株。

2.2 数据处理

竞争指数是林分中竞争树对对象木的竞争能力的总计,表征的是对象木被剥夺利用资源权利的大小(洪伟等,1999;江希铤等,1994;吴承祯等,1997;詹步清,2002);竞争指数是表示林木间竞争强度的数量指标,一个好的竞争指数从理论上说不但要反映出林木之间的竞争信息,而且要排除所有非竞争信息的干扰(陈银萍等,1999;刘金福,2003;邹春静等,1998,2001)。树木是通过光合作用才能进行物质生产的,光合作用的效率与树冠所能接受的光照量有很大关系;林木胸径是一个易测树因子,胸径大小与其枝下高、叶及根都有密切相关关系,因此本文选择如下几个与胸径或树冠面积有关的竞争指数比

较筛选(洪伟等,1999;吴承祯等,1997)。

$$CI_1 = \sum_{i=1}^n (O_i/S_j)$$

$$CI_2 = \sum_{i=1}^n [(O_i/S_j) \cdot (D_i/D_j)]$$

$$CI_3 = \sum_{i=1}^n [(O_i/S_j) \cdot (D_i^2/D_j^2)]$$

$$CI_4 = \sum_{i=1}^n [(O_i/S_j) \cdot (D_i^2/D_j)]$$

$$CI_5 = \sum_{i=1}^n [(O_i/S_j)/S_j \times 100]$$

$$CI_6 = \sum_{i=1}^n [1/L_{ij} \times (D_i/D_j)]$$

$$CI_7 = \sum_{i=1}^n [1/L_{ij} \times (S_i/S_j)]$$

式中 CI 为对象木竞争指数; D_i 为竞争木胸径; D_j 为对象木胸径; O_i 为对象木与竞争木树冠重叠面积; S_i 为竞争木树冠面积; S_j 为对象木树冠面积; L_{ij} 为对象木与竞争木的水平距离; n 为竞争木株数(洪伟等,1999;吴承祯等,1997)。

根据竞争木的测树因子测定值计算对象木的 7 个竞争指数,并求出对象木的 7 个竞争指数与胸径大小的相关系数,根据相关系数大小确定较能客观反映长苞铁杉林内竞争关系的最优竞争指数。根据筛选出的竞争指数模型计算每个竞争木的竞争指数,相同种类的竞争木的竞争指数之和平均为树种间的竞争强度(洪伟等,1999)。

3 结果与分析

3.1 对象木与竞争木的测树因子特征

共调查对象木 84 株,最小胸径 4.3 cm,最大胸径 55.2 cm,平均胸径 33.0 cm。将调查对象木按径级分组(表 1),其中中大径级的长苞铁杉林木占的比例较高,DBH≥30 cm 占总株数的 60.71%。由于该研究区自然条件优越,自然演替较好,其伴生树种种类丰富,除主要竞争树种青冈栎、猴头杜鹃外,有 399 株 35 种其他种类的竞争树种。由表 2 可知,除长苞铁杉、木荷外其他竞争树种平均胸径在 20 cm 以内,个体较小,但木荷数量较少。主林层中以长苞铁杉为主,林内混生有猴头杜鹃、青冈栎、木荷、溪畔杜鹃、甜槠、罗浮栲、细叶青冈等 35 种竞争木,其中猴头杜鹃和青冈栎占的比例较大。

3.2 竞争指数的选择结果

由于竞争木的竞争能力大小对对象木胸径影响较大,同时胸径是林分调查的基本因子,所以用参加

建模的 7 个竞争指数与林木胸径大小的相关指数来筛选较优的竞争指数, 相关指数 $R_i (i=1\sim 7)$ 分别为: 0.341、0.305、0.427、0.203、0.334、0.471、0.315, 说明选用 CI_6 作为建模的竞争指数较优。因为在长苞铁杉林内, 种群优势明显, 在群落的优势层中长苞铁杉占绝大多数, 且大部分的个体高于其它伴生树种, 树冠重叠对其竞争压力较小, 由胸径和距

离形成的竞争指数能更好反映出林木的竞争关系。本文选用 CI_6 作为建模的竞争指数。

3.3 种内竞争

长苞铁杉在胸径小于 20 cm 时, 正处于迅速生长时期, 林分开始郁闭, 密度调节发挥作用, 争夺空间和资源的竞争非常激烈, 以后种群自然稀疏现象作用加大, 林木分化明显, 树冠发育基本定型, 林木

表 1 长苞铁杉对象木的胸径分布及种内竞争强度

Table 1 Distribution of diameter at breast height(DBH)in objective trees and intraspecific competition intensity of *Tsuga longibracteata*

径阶(cm) Diameter scale	4~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	合计 Total
株数 Number of individual	3	9	21	27	15	9	84
百分比 Percentage(%)	3.57	10.71	25.00	32.14	17.86	10.71	100
竞争指数 Competition index	1.206	0.758	0.491	0.445	0.137	0.441	
标准差 Standard deviation	0.260	1.573	1.041	0.392	0.400	0.291	--
样本数 Sample number(Individuals)	9	48	120	150	64	9	390

表 2 长苞铁杉主要竞争木种类组成及群落种间竞争强度

Table 2 Species composition of main competitive trees and interspecific competition intensity in natural community of *Tsuga longibracteata*

种类 Species	长苞铁杉 <i>Tsuga longibracteata</i>	猴头杜鹃 <i>Rhododendron simiarum</i>	青冈栎 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>	溪畔杜鹃 <i>Rhododendron rivulare</i>	木荷 <i>Schima superba</i>	其他树种 (Others species)
胸径 DBH(cm)	4.3~55.2	6.7~29.1	7.5~36.5	5.8~9.6	10~35.5	4~40.9
平均胸径 AverageDBH(cm)	33	13.1	16	8.2	28	12.5
百分比 Percentage(%)	36.5	16.8	9.3	3.1	3.1	31.2
竞争指数 Competition index	0.496	0.237	0.176	0.051	0.261	0.134
标准差 Standard deviation	0.857	0.764	0.200	0.014	0.145	0.418
样本数 Sample number(Individuals)	390	180	99	33	33	333

距离加大, 竞争强度随胸径增大而逐渐减小。至于 50~60 cm 径阶时种内竞争强度增大, 可能与抽样误差有关(刘金福等, 2003)。

3.4 种间竞争关系

长苞铁杉种间竞争测定表明长苞铁杉的种内竞争强度远高于其他树种的种间竞争强度(表 2), 说明长苞铁杉以种内竞争为主, 其他树种虽然总的个体数量高于长苞铁杉个体数, 但各个树种的个体数量除猴头杜鹃外, 远小于长苞铁杉的数量, 并且平均胸径大都在 20 cm 以内, 对长苞铁杉不会产生较大的竞争影响。在调查中还发现长苞铁杉林内林木径阶分布合理, 群落天然更新良好。因此, 为保护和持续发展天然长苞铁杉林, 不必介入太多的人工措施, 在自然演替条件下, 有利于长苞铁杉群落的演替与发展; 但从保护长苞铁杉资源来说, 由于林下更新困难, 应

采取适当措施促进长苞铁杉更新与生长。

3.5 竞争强度与对象木个体大小的关系及其预估

竞争能力受多种因素制约, 其中个体胸径的大小对竞争能力影响很大, 并且胸径是林分调查的基本因子。以竞争强度为因变量, 以对象木胸径为自变量, 采用线性、双曲线、幂函数和对数方程对竞争强度与对象木胸径关系进行回归拟合。结果表明双曲线方程的相关系数均最大, 因此双曲线方程为较优的回归模型, 即: $CI = A + B/D$, 其中, CI 为种内、种间竞争强度, D 为对象木的胸径, A 和 B 为模型参数(吴承祯等, 2000c, 2000d)。显著性检验表明结果均达到显著水平以上(表 3), 经适用性检验, 竞争强度的实际值(CI_6)与理论预测值(CI)之间不存在显著差异, 因此所建立的竞争强度预测模型可以应用于竞争强度的预估。把各个径阶的中值带入模型模

拟和预测种内和种间竞争强度(表 4),表明长苞铁杉种内、种间竞争强度随对象木个体的增大而减小。当对象木胸径达到 40 cm 后,竞争强度变化不大。

4 讨 论

林木的竞争是指在一生境中,林木生长发育过

程中林木间相互作用、相互影响,致使林木生长发育给其他林木造成危害的现象(吴承祯等,2000c)。本文以天然长苞铁杉群落为研究对象,从 7 个竞争指数中筛选出由胸径和距离形成的竞争指数,来分析种内竞争强度和种间竞争关系。结果表明,种内竞争强度随径阶的增大而减少,是因为随着对象木个体增大,其竞争能力也相应增大;由于其他树种胸径

表 3 竞争强度与对象木胸径的模型参数

Table 3 Model parameters of competition intensity and DBH of objective tree

项目 Items	模型的参数(A) Model parameter	模型的参数(B) Model parameter	相关系数(R) Correlation coefficient	株数 Number	显著性(P) Significance
长苞铁杉与整个林分 <i>Tsuga longibracteata</i> and forest	0.014 6	6.699	0.930	84	<0.01
长苞铁杉与其他树种 <i>Tsuga longibracteata</i> and others species	0.049 1	5.268	0.939	84	<0.01
长苞铁杉与猴头杜鹃 <i>Tsuga longibracteata</i> and <i>Rhododendron simiarum</i>	-0.088 7	8.451	0.975	39	<0.01
长苞铁杉种内 Intraspecific	0.140 7	8.974	0.901	78	<0.01

表 4 长苞铁杉种内、种间竞争强度

Table 4 Simulating results of intraspecific competition and interspecific competition intensity of *Tsuga longibracteata*

径阶 Diameter scale(cm)	4~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~
长苞铁杉与整个林分 <i>Tsuga longibracteata</i> and forest	0.971	0.461	0.283	0.206	0.163	0.136	0.118
长苞铁杉与其他树种 <i>T. longibracteata</i> and others species	0.802	0.400	0.260	0.200	0.166	0.145	0.130
长苞铁杉与猴头杜鹃 <i>T. longibracteata</i> and <i>Rhododendron simiarum</i>	1.119	0.475	0.249	0.153	0.099	0.065	0.041
长苞铁杉种内 Intraspecific	1.423	0.739	0.500	0.397	0.340	0.304	0.279

大都在 20 cm 以内,长苞铁杉群落中优势种群长苞铁杉竞争关系以长苞铁杉种内竞争为主。本研究采用线形、双曲线、幂函数和对数方程对各种竞争强度进行回归拟合,结果表明采用双曲线模型模拟的相关系数最大,故以此方程作为竞争强度预估模型。预估模型的预测结果表明,长苞铁杉—长苞铁杉、猴头杜鹃—长苞铁杉、整个林分—长苞铁杉竞争强度随着对象木个体的增大而减少。

参考文献:

- 林 鹏. 2002. 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, 87—89.
- 洪 伟, 吴承祯. 1999. 马尾松人工林经营模式极其应用 [M]. 北京: 中国林业出版社, 154—166.
- Chen YP(陈银萍), Sun XG(孙学刚), Li Y(李 毅). 1999. Preliminary study on the intraspecific and interspecific competition of *Picea crassifolia* communities (青海云杉群落种内和种间竞争的初步研究)[J]. *J Gansu Agric Univ*(甘肃农业大学学报), 12(4): 383—387.
- Jiang XD(江希钿), Qiu XQ(邱学清). 1994. Research into simple competitive index and growth model for *Cunninghamia lanceolata* (杉木简单竞争指数及生长模型的研究)[J]. *J Fujian College of For*(福建林学院报), 14(3): 195—200.
- Liu JF(刘金福), Hong W(洪 伟), Li JQ(李俊清), et al. 2003. Study on competition relationship and predictive dynamics of dominant species in natural forest of *Castanopsis kawakamii* (格式栲林优势种竞争关系及其预测动态的研究)[J]. *J Trop and Subtrop Bot*(热带亚热带植物学报), 11(3): 211—216.
- Wu CZ(吴承祯), Hong W(洪 伟). 2002. A proposed multidimensional time series model of individual age and diameter in *Tsuga longibracteata* (长苞铁杉种群个体年龄与胸径的多维时间序列模型研究)[J]. *Acta Phyt Sin*(植物生态学报), 26(4): 403—407.
- Wu CZ(吴承祯), Hong W(洪 伟). 2000. A study on the density effect model of rare and endangered *Tsuga longibracteata* population (珍稀濒危植物长苞铁杉种群密度效应模型)[J]. *Sci Silv Sin*(林业科学), 38(4): 157—161.
- Wu CZ(吴承祯), Hong W(洪 伟), Liao JL(廖金兰). (下转第 89 页 Continue on page 89)

- alternate bearing valencia orange trees[J]. *Acta Hort*, **239**: 341—344.
- Poling SM, Maier VP. 1988. Identification of gibberellins in navel oranges[J]. *Plant Physiol*, **88**: 639—670.
- Qin XN(秦焯南), Xie LH(谢陆海), Zhou RG(周仁刚), et al. 1994. Effects of PP₃₃₃ on lemon flower formation and its quality(PP₃₃₃对柠檬成花、花量及花质的影响)[J]. *China Citrus*(中国柑桔), **23**(3): 3—5.
- Ruan YL(阮勇凌), Zhang SL(张上隆), Zhu KM(储可铭), et al. 1991. The types of cytokinins and their changes and abscisic acid in the stem of *Citrus unshiu* during flower bud initiation(温州蜜柑花芽分化期枝内细胞分裂素类型 and 脱落酸含量及其变化)[J]. *Sci Agric Sin*(中国农业科学), **24**(1): 55—59.
- Sachs RM. 1977. Nutrient diversion: an hypothesis to explain the chemical control of flowering[J]. *Hortscience*, **12**(3): 220—222.
- Sachs RM, Hackett WP. 1983. Source-sink relationships and flowering[A]. In: WJ Meudt (ed). *Strategies of plant reproduction*[M]. Ottawa: Allenheld Osmun, 263—272.
- Saidha T, Goldschmidt EE, Monselise SP. 1983. Endogenous growth regulators in tracheal sap of *Citrus*[J]. *Hortscience*, **18**(2): 231—232.
- Smulder MJM, Janssen GFE, Croes AF, et al. 1988. Auxin regulation of flower bud formation in tobacco explants[J]. *J EXP Bot*, **39**: 451—459.
- Southwick SM, Davenport TL. 1987. The role of gibberellins and ABA in *Citrus* flowering[J]. *Proc Plant Growth Regulator Soc Amer Lincoln, Nebraska, USA. P G R Soc Amer*, 487—488.
- Takahashi H, Saito T, Suge H. 1983. Separation of the effects of photo-period and hormones on sex expression in cucumber[J]. *Plant Cell Physiol*, **24**: 147—154.
- Talon M, Hedden P, Primo-Millo E. 1990. Gibberellins in *Citrus sinensis*: a comparison between seeded and seedless varieties[J]. *J Plant Growth Regulation*, **9**(4): 201—206.
- Xu JK(许建楷), Gao FF(高飞飞), Yuan RC(袁荣才), et al. 1994. Effects of PP₃₃₃ on flowering and control of growth of Ponkan(多效唑对促进椪柑成花和抑制冬梢的效应)[J]. *J Fruit Sci*(果树科学), **11**(1): 33—34.
- Zhang DS(张德顺). 1983. Element mechanism of phytohormones(植物激素作用的分子机理)[J]. *Plant Physiol Com*(植物生理学通讯), **19**(5): 11—2.

(上接第 17 页 Continue from page 17)

1997. Study on intraspecific competition of young Masson Pine(马尾松中幼龄林种内竞争的研究)[J]. *J Fujian College of For*(福建林学院学报), **17**(4): 289—292.
- Wu CZ(吴承祯), Hong W(洪伟), Wu JL(吴继林) et al. 2000. Spatial distribution pattern of *Tsuga longibracteata* (珍稀濒危植物长苞铁杉的分布格局)[J]. *J Plant Res and Env*(植物资源与环境学报), **9**(1): 31—34.
- WU CZ(吴承祯), HONG W(洪伟), WU JL(吴继林), et al. 2000. Life table analysis of *Tsuga longibracteata* population(珍稀濒危植物长苞铁杉种群生命表分析)[J]. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **11**(3): 333—336.
- Wu CZ(吴承祯), Hong W(洪伟), Wu JL(吴继林), et al. 2000. Studies on kernel density estimation of species abundance distribution in two communities of rare and endangered plants(两种珍稀植物群落物种多度分布的方法研究)[J]. *J Trop and Subtrop Bot*(热带亚热带植物学报), **8**(4): 301—307.
- Wu CZ(吴承祯), Hong W(洪伟), Wu JL(吴继林), et al. 2001. A study on the interspecific competition in *Tsuga longibracteata* forest(长苞铁杉群落种间竞争的研究)[J]. *Acta Bot Boreali-occidentalia Sin*(西北植物学报), **21**(1): 154—158.
- Wu JL(吴继林), Wu CZ(吴承祯), Hong W(洪伟), et al. 1999. Weibull model of spatial distribution pattern of the endangered and rare plant *Tsuga longibracteata* and its application(珍稀植物长苞铁杉种群空间分布的 Weibull 模型及其应用研究)[J]. *J Jiangxi Agr Univ*(江西农业大学学报), **21**(4): 602—605.
- Wu CZ(吴承祯), Liao CZ(廖成章), Hong W(洪伟), et al. 2002. Local distribution of floristic composition for the major wood-plant in the *Tsuga longibracteata* communities(长苞铁杉林主要木本植物种类组成的局域分布)[J]. *J Fujian College of For*(福建林学院学报), **22**(3): 193—196.
- Zhan BQ(詹步清). 2002. Study on the inner-species competition and inter-species competition in mixed forest of manglietia yuyuanensis(乳源木莲混交林种内及种间竞争研究)[J]. *J Fujian College of For*(福建林学院学报), **22**(3): 274—277.
- Zou CJ(邹春静), Han SJ(韩士杰), Zhang JH(张军辉). 2001. Competition relationship among tree species in broad-leaved Korean Pine mixed forest and its significance for managing the forest(阔叶红松林种间竞争关系及其营林意义)[J]. *Chin J Ecol*(生态学杂志), **20**(4): 35—38.
- Zou CJ(邹春静), Xue WD(徐文铎). 1998. Study on intraspecific and interspecific competition of *Picea mongolica*(沙地云杉种内竞争关系的研究)[J]. *Acta Phyt Sin*(植物生态学报), **22**(3): 269—274.