

文章编号: 1000-5692(2003)03-0259-05

# 木荷种内与种间竞争的数量关系

金则新, 周荣满

(台州学院 生物系, 浙江 临海 317000)

**摘要:** 采用 Hegyi 的单木竞争指数模型对浙江天台山常绿阔叶林常见种木荷的种内、种间的竞争强度进行定量分析。结果表明: 木荷所受到的竞争强度随着林木径级的增大而逐渐减小。木荷种内竞争较之与其伴生树种甜槠间的竞争弱。木荷种内和种间竞争强度的顺序为: 甜槠>木荷种内>马尾松>短柄枹>虎皮楠>尾叶冬青>珍珠粟。竞争木对对象木的竞争强度与对象木的胸径大小服从幂函数关系, 并可模拟和预测木荷种内和种间的竞争强度。从预测结果可知, 当木荷胸径达到 20cm 后, 竞争强度变得很小, 且变化幅度不大。竞争强度和对象木的胸径大小成极显著的负相关关系。表 5 参 14

**关键词:** 种群生态学; 木荷; 种内竞争; 种间竞争; 竞争指数; 天台山

**中图分类号:** S715.8      **文献标识码:** A

植物间的竞争作用是影响植物生长、形态和存活的主要因素之一。因此, 植物的种内和种间竞争的研究是植物生态学研究的核心问题<sup>[1]</sup>。多年来, 对树木间的竞争研究一直局限于实验的方法, 而在竞争强度上缺乏数量指标。自 20 世纪 60 年代以来, 一些学者为更准确地预测林木的生长, 相继提出了许多描述树木间竞争强度的数量指标, 即竞争指数系统<sup>[2]</sup>。虽然竞争指数在形式上反映的是树木个体生长与生存空间的关系, 但其实质则是反映树木对环境资源的需求与现实生境下树木对环境资源占有量之间的关系<sup>[3]</sup>, 因而不失为研究种内和种间竞争的较理想指标。竞争指数越大, 对象木所受到的竞争越激烈。在众多的竞争指数模型中, 以 Hegyi 提出的与距离有关的竞争指数能较好地反映这种种间和种内的需求与占有量之间的关系。

木荷 *Schima superba* 是隶属山茶科 Teaceae 的常绿大乔木。木荷材质优良, 适应性强, 从低山到中山分布广泛, 是我国中亚热带东部常绿阔叶林的常见种。木荷阻燃性好, 可用于营造防火林带<sup>[4]</sup>。目前, 一些学者对木荷种群结构和动态、演替更新特点、成为优势种的原因和林分特性等进行了一些研究<sup>[5-9]</sup>, 积累了一些资料。但对木荷的种内和种间竞争的定量研究尚未见报道。本文以浙江省天台山的常绿阔叶林为研究对象, 采用 Hegyi 的竞争指数模型, 对木荷的种内、种间的竞争指数和强度进行定量分析, 这对于了解常绿阔叶林内木荷种群内部及其伴生树种之间的相互关系, 揭示种群生态适应机理, 指导人工林分营造以及加速退化生态系统的恢复等都有重要意义。

## 1 研究地区的自然概况

天台山位于浙江省东部, 地处东亚热带, 有关其自然概况已有报道<sup>[10,11]</sup>。本文工作地点位于天台山国家森林公园石梁附近的山坡上, 海拔 500 m 左右, 山体坡度大, 较干燥。林分层次分化明显, 可分为乔木层、灌木层和草本层<sup>[2]</sup>。甜槠 *Castanopsis eyrei* 为群落的第 1 优势种或建群种, 次优种或共建

收稿日期: 2002-11-18; 修回日期: 2003-01-20

基金项目: 浙江省自然科学基金资助项目(399203); 浙江省教育厅资助项目(1990367)

作者简介: 金则新(1960-), 男, 浙江临海人, 教授, 硕士, 从事植物生态学等研究。E-mail: ligah@mail.tzptt.zj.cn

种为木荷, 其他重要值较大的有短柄枹 *Quercus glandulifera* var. *brevipetiolata* 和马尾松 *Pinus massoniana* 等。灌木层主要有甜槠 *Castanopsis eyrei*、柃木 *Eurya japonica*、木荷、马银花 *Rhododendron ovatum*、小叶青冈 *Cyclobalanopsis gracilis* 等种类组成。草本层种类较少, 以蕨类植物为主, 主要种类有里白 *Diplazium glaucum*、狗脊蕨 *Woodwardia japonica*、芒萁 *Dicranopteris pedata*、阔叶山麦冬 *Liriope muscari* 等。

## 2 研究方法

在天台山石梁景区常绿阔叶林内, 选择典型地段, 设置 8 个面积为 400 m<sup>2</sup> 的样地, 随机选择木荷 ( $D > 5$  cm) 为对象木 (objective tree), 测其胸径。以对象木为中心, 将在空间上与对象木林冠有重叠的其他树木作为竞争木 (competitive tree), 测定竞争木的胸径和距相对象木的距离, 记下竞争木的种名。竞争范围是根据树冠的接触和遮荫状况而定, 因为植物个体越大, 其影响和竞争的范围也越大, 所以这里存在一个变化幅度<sup>[13]</sup>。共测得对象木 (木荷) 69 株 (表 1), 最小胸径 5.09 cm, 最大胸径 38.19 cm, 平均胸径 15.40 cm。竞争木 20 种 359 株, 各竞争木种类的分布及比例见表 3。

采用 Hegyi 提出的与距离有关的竞争指数<sup>[14]</sup>, 其计算方法如下:

$$I_c = \sum_{j=1}^N (D_j / D_i) \cdot \frac{1}{L_{ij}}$$

其中,  $I_c$  为竞争指数, 以数值大小来衡量竞争的激烈程度, 其值越大, 对象木所受到竞争木的竞争越激烈;  $D_i$  为对象木的胸径;  $D_j$  为竞争木的胸径;  $L_{ij}$  为对象木与竞争木之间的距离;  $N$  为竞争木的株数。首先计算出每个竞争木对对象木的竞争指数, 将  $N$  个单木间的竞争指数累加, 即得木荷种内以及每个伴生树种对木荷的竞争强度。

表 1 对象木的胸径分布和所受到的竞争强度

Table 1 DBH distribution of objective tree and competition intensity it received

径级/cm	株数	百分比/%	平均竞争指数	径级/cm	株数	百分比/%	平均竞争指数
5~10	33	47.83	4.974	25~30	6	8.70	1.576
10~15	7	10.14	2.898	30~35	6	8.70	1.162
15~20	5	7.25	1.950	35~40	4	5.80	1.073
20~25	8	11.59	1.947	合计	69	100	

## 3 结果分析

### 3.1 木荷种内及种间的竞争

根据竞争指数 ( $I_c$ ) 分别计算各个径级木荷所受到的竞争强度 (表 1)。结果显示, 木荷在生长过程中与其他个体不断发生竞争, 但中小径级的木荷所受到的竞争强度大。随着对象木径级的增大, 平均竞争指数呈明显减少的趋势, 这与实际性况相符合。在常绿阔叶林中, 木荷在发育初期, 因为胸径小, 林冠处于被压状态, 周围的竞争木对它产生剧烈的竞争。随着个体的发育, 胸径不断增大, 本身的竞争能力逐渐增强, 特别是到了成熟阶段, 保留下来的个体处于主林层, 周围的竞争木与木荷都有适合各自生存的资源空间, 因此竞争木对木荷的竞争关系逐渐减弱。木荷种内竞争也表现出大致相同的趋势 (表 2)。

木荷在生长过程中, 与种内发生竞争的同时, 也与周围其他物种的植株不断争夺营养空间。由于不同种类物种对木荷生长所起的作用不同, 因此, 对木荷的竞争强度存在较大差别。在天台山的常绿阔叶林样地中, 木荷等 20 个种群的种

表 2 木荷种内竞争强度

Table 2 Interspecific competition intensity of *Schima superba*

径级/cm	平均竞争指数	标准差	径级/cm	平均竞争指数	标准差
5~10	0.565	0.267	25~30	0.096	0.089
10~15	0.102	0.035	30~35	0.083	0.054
15~20	0.099	0.043	35~40	0.069	0.028
20~25	0.098	0.123			

内和种间竞争指数计算结果见表 3。从中可以看出, 木荷的种内竞争指数较小, 为 17.816。竞争指数

最大的是甜槠, 为 143.054; 马尾松和短柄枹的竞争指数与木荷较接近, 分别为 14.810 和 14.484。所有伴生树种的竞争指数总和为 191.862。种内的竞争指数明显低于种间竞争指数, 说明群落中种间竞争比种内竞争剧烈(表 3)。木荷种内及其与主要伴生树种间的竞争强度顺序为: 甜槠>木荷种内>马尾松>短柄枹>虎皮楠>尾叶冬青>珍珠栗>厚叶冬青>小叶青冈>吴茱萸五加>浙江樟>短尾柯>树参>大果冬青>老鼠矢>郁香野茉莉>白木乌桕>杨梅>四川山矾>马银花。植物物种之间的竞争能力主要决定于该种的生态习性和生态幅度以及在生态系统的生态位。生态习性越接近的种, 其种间竞争越剧烈; 当一个种处于最适生态位, 其在生态系统中占有主导地位时, 竞争能力最强。同一个种在不同的演替阶段, 其竞争能力是有差别的, 如先锋树种在群落的初始阶段具有较大的竞争能力, 随着群落的进展演替, 先锋树种的退出, 其竞争能力就会减少, 在顶极阶段则不具竞争能力。

天台山地处中亚热带, 顶极群落为常绿阔叶林。由于木荷属阳性树种, 耐瘠薄干旱, 种子散布能力强, 萌发率高, 且幼苗喜光并具有一定的耐荫性, 因而很容易侵入马尾松林中。随着木荷个体的生长, 逐渐进入乔木层, 群落郁闭度开始增大。木荷种群由于生长迅速逐渐在林冠层占据了优势地位, 马尾松种群由于荫蔽无法更新, 开始逐渐退出群落。随着群落的发展, 郁闭度越来越大, 木荷种群由于种内和种间竞争引起的自疏和他疏作用, 种群密度开始下降, 其他耐荫性更强的物种如甜槠等的侵入, 并不断地进入主林层, 群落逐渐向以甜槠为优势的方向发展。因此, 木荷作为一种适应性很强的物种, 在群落演替的各个阶段都会出现, 但自然形成的单优势群落不多, 通常是在这个区域的常绿阔

表 3 竞争木的种类组成和竞争指数统计

Table 3 The formation of competitive trees and statistics on competitive indices

种名	株数	百分比/%	竞争指数	竞争指数排序
甜槠 <i>Castanopsis eyrei</i>	231	64.35	143.054	1
木荷 <i>Schima superba</i>	41	11.42	17.816	2
马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	14	3.90	14.810	3
短柄枹 <i>Quercus glandulifera</i> var. <i>brevipetiolata</i>	12	3.34	14.484	4
虎皮楠 <i>Daphniphyllum oldhamii</i>	15	4.18	6.338	5
尾叶冬青 <i>Ilex wilsonii</i>	9	2.51	3.533	6
珍珠栗 <i>Castanea henryi</i>	9	2.51	3.510	7
小叶青冈 <i>Cyclobalanopsis gracilis</i>	4	1.11	2.603	8
厚叶冬青 <i>Ilex emmerilliana</i>	5	1.39	2.154	9
吴茱萸五加 <i>Acanthopanax evodiifolium</i>	5	1.39	1.685	10
浙江樟 <i>Cinnamomum chekiangense</i>	3	0.84	1.032	11
短尾柯 <i>Lithocarpus brevicaulatus</i>	3	0.84	0.678	12
树参 <i>Dendropanax dentiger</i>	1	0.28	0.632	13
大果冬青 <i>Ilex macrocarpa</i>	1	0.28	0.501	14
老鼠矢 <i>Symplocos stllaris</i>	1	0.28	0.426	15
郁香野茉莉 <i>Styrax odoratissimus</i>	1	0.28	0.353	16
白木乌桕 <i>Sapium japonicum</i>	1	0.28	0.219	17
杨梅 <i>Myrica rubra</i>	1	0.28	0.207	18
四川山矾 <i>Symplocos setchuensis</i>	1	0.28	0.117	19
马银花 <i>Rhododendron ovatum</i>	1	0.28	0.066	20
总计	359	100.00	209.679	

叶林遭受破坏后, 在群落进展演替的早期到中期阶段, 木荷比例很高, 而在演替后期阶段, 群落中木荷的比例较低。目前该常绿阔叶林处于演替后期的顶极阶段, 甜槠种群既有处于主林层的林木, 又有幼苗、幼树, 属稳定种群, 其密度很大, 优势突出。甜槠与木荷的生态习性较相近, 对木荷的生长影响很大, 因此, 甜槠的竞争指数最大。木荷种内个体间虽然具有相近的生态习性, 但在顶极群落中, 木荷为群落的次优种, 其个体数较少, 种群密度相对较小, 因而来自木荷种内的竞争较低。由于该常绿阔叶林的覆盖度达 95% 以上, 林内光照弱, 先锋树种马尾松在林内更新困难, 将逐渐退出群落, 其种群年龄结构为衰退型, 竞争能力较弱。落叶树种如短柄枹、珍珠栗等在顶极群落中, 更新困难, 竞争强度不大, 对木荷生长影响较小。其他种类如树参、马银花、老鼠矢等位于群落的中下层, 相对于上层的木荷而言, 尚无法构成竞争优势, 故竞争强度也较低。

### 3.2 竞争强度与对象木胸径关系及其预测结果

林木的竞争能力除了取决于生态需求外, 生态幅度和群落所处的演替阶段和个体的大小都会影响其竞争能力, 其中对象木的个体大小对竞争能力的影响很大。为探讨植株个体大小与竞争能力的关系, 将对象木所受到的竞争强度与其胸径大小进行回归分析, 通过几种数学模型模拟结果的比较, 发现竞争指数 ( $I_c$ ) 与对象木 (木荷) 胸径之间更近似地服从幂函数关系, 即:

$$I_c = AD^{-B}$$

其中:  $I_c$  为竞争指数,  $D$  为对象木胸径,  $A$ ,  $B$  为模型参数。经检验, 相关系数( $R$ ) 均达到极显著水平。所有模型的次幂均为负值, 表明对象木的个体越大, 其附近一定范围内生长的其他树木(竞争木)就少, 竞争木对对象木竞争的能力就弱。通过模拟得到参数见表 4。

根据回归的模型进行预测, 结果见表 5。木荷种内和种间及整个林分的竞争强度均随着对象木胸径的增大而减小, 并维持在较低的水平。当对象木增大到一定程度(胸径约 20 cm)后, 竞争强度变化不大。这可为常绿阔叶林的经营管理提供参考, 即在木荷胸径达到 20 cm 之前辅以必要的人工管理措施。

## 4 结语

运用 Hegyi 的单木竞争指数模型可以比较好地估计常绿阔叶林常见种木荷的种内和种间竞争强度。该指标反映出林分中对象木与竞争木大小与距离是影响竞争强度的主要因素, 同时还反映出林分中种间竞争大于种内竞争。木荷的竞争压力主要来自甜槠, 其次才是木荷种内。

对竞争指数和对象木胸径大小的关系进行回归分析, 发现竞争指数与对象木胸径符合幂函数关系, 经检验可以达到极显著水平。竞争指数与对象木个体的大小存在极显著的负相关关系, 对象木胸径大的个体, 其所受到的种内和种间竞争强度都较小; 反之, 对象木胸径小的, 其所受到的竞争强度大, 在竞争中被淘汰的可能性就大。根据回归的模型进行预测, 木荷种内和种间及整个林分的竞争强度随着对象木胸径的增大而下降, 并维持在较低水平。当对象木胸径达到 20 cm 后, 竞争强度的变幅较小。因此, 可以根据这一特性合理经营和管理天然林。在经营木荷林时, 在中小林分中施加人工措施是非常必要的, 建议在一些甜槠密集的地段加大疏伐强度, 以减小对木荷的竞争压力, 增加木荷种群的生产力和生物量。

## 参考文献:

- [1] 李先琨, 苏宗明, 欧祖兰, 等. 元宝山冷杉群落种内与种间竞争的数量关系[J]. 植物资源与环境学报, 2002, 11(1): 20-24.
- [2] 马建路, 李君华, 赵惠勋, 等. 红松老龄林红松种内种间竞争的数量研究[A]. 祝宁. 植物种群生态学研究现状与进展[C]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1994. 147-153.
- [3] 张思玉, 郑世群. 永定桫欏群落的结构特征[J]. 植物资源与环境学报, 2001, 10(3): 30-44.
- [4] 赵明水, 周忠辉, 程晓渊, 等. 天目山自然保护区木荷防火林保水改土功能[J]. 浙江林学院学报, 2000, 17(1): 42-45.
- [5] 王良衍, 王希华. 浙江天童国家森林公园木荷演替更新特性的研究[J]. 浙江林业科技, 2002, 22(1): 14-17.
- [6] 丁彦彦. 浙江天童常绿阔叶林演替系列栲树和木荷成为优势种的原因[J]. 河南大学学报: 自然科学版, 2001, 31(1): 70-83.
- [7] 蔡飞, 宋永昌. 武夷山木荷种群结构和动态的研究[J]. 植物生态学报, 1997, 21(2): 138-148.
- [8] 王献溥, 李俊清. 广西木荷林的分类和演替[J]. 植物资源与环境, 1999, 8(3): 18-28.
- [9] 俞益武, 江志标, 胡永旭. 杭州木荷常绿阔叶林的林分特征[J]. 浙江林学院学报, 1999, 16(3): 242-246.
- [10] 洪仲棉. 天台山森林植被及其利用和保护[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1998, 12(3): 232-236.
- [11] 金则新. 浙江天台山种子植物区系分析[J]. 广西植物, 1994, 14(3): 211-215.
- [12] 金则新. 浙江天台山石梁常绿阔叶林研究[J]. 广西植物, 1999, 19(3): 208-214.
- [13] 张跃西. 邻体干扰模型的改进及其在营林中的应用[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1993, 17(4): 325-357.

表 4 竞争指数  $I_c$  与对象木胸径模型参数

Table 4 Model parameters of  $I_c$  and DBH of objective tree

项目	A	B	R	N	显著性水平
木荷与整个林分	19 546	0 799	-0.724	69	$P < 0.01$
木荷与伴生树种	16 367	0 761	-0.686	69	$P < 0.01$
木荷种内	10 300	1 261	-0.707	25	$P < 0.01$
木荷与甜槠	10 679	0 745	-0.641	67	$P < 0.01$

表 5 木荷种内种间竞争指数  $I_c$  与对象木胸径模型预测

Table 5 Modle pdiction of interspecific and intraspecific  $I_c$  and DBH

径级/cm	木荷与整个林分	木荷与伴生树种	木荷种内	木荷与甜槠
5~10	3.711	3.364	0.748	2.267
10~15	2.518	2.325	0.405	1.579
15~20	1.941	1.815	0.269	1.239
20~25	1.596	1.506	0.197	1.032
25~30	1.364	1.297	0.154	0.891
30~35	1.196	1.145	0.125	0.788
35~40	1.069	1.028	0.105	0.710
40~45	0.968	0.936	0.090	0.647
45~50	0.887	0.861	0.078	0.596

[14] 金则新. 四川大头茶在其群落中的种内与种间竞争的初步研究[J]. 植物研究, 1997, 17(1): 110-118.

## Quantitative relation of the intraspecific and interspecific competition in *Shima superba*

JIN Ze-xin, ZHOU Rong-man

(Department of Biology, Taizhou University, Linhai 317000, Zhejiang, China)

**Abstract:** With Hegyi single-tree competition index model, the intraspecific and interspecific competition intensity in *Shima superba*, one of the common species in evergreen broadleaved forest in Tiantai Mountains of Zhejiang Province is quantitatively analyzed. The findings show that the intraspecific competition intensity in *Shima superba* decreases gradually with the increase in tree diameter. The intraspecific competition in *Shima superba* is weaker than that in *Castanopsis eyrei*. The degressive order of the intraspecific and interspecific competition in *Shima superba* is as follows: *Castanopsis eyrei*, *Shima superba* intraspecies, *Pinus massoniana*, *Quercus glandulifera* var. *brevipetiolata*, *Daphniphyllum oldhamii*, *Ilex wilsonii* and *Castanea henryi*. The relationship of the competition intensity between the competitive tree and the objective tree conforms to power function rule. The intraspecific and interspecific competition intensity in *Shima superba* can be simulated and forecasted. Known from the forecasted results, the competition intensity becomes small and the range is not large when the diameter at breast height of *Shima superba* reaches 20 cm. There is significant negative correlation between the competition intensity and the diameter at breast height of objective tree. [Ch, 5 tab. 14 ref.]

**Key words:** population ecology; *Shima superba*; intraspecific competition; interspecific competition; competition index; Tiantai Mountains