

黄果厚壳桂种内与种间竞争的数量关系*

张 池 黄忠良** 李 炯 史军辉 李 林

(中国科学院华南植物园鼎湖山树木园, 肇庆 526070)

【摘要】 采用 Hegyi 单木竞争指数模型对鼎湖山季风常绿阔叶林建群种黄果厚壳桂的种内、种间竞争强度进行定量分析. 结果表明, 黄果厚壳桂所受到的竞争强度随着林木径级的增大而逐渐减小. 黄果厚壳桂种内竞争较与伴生树种云南银柴的种间竞争弱. 黄果厚壳桂种内和种间竞争强度的顺序为: 云南银柴 > 黄果厚壳桂种内 > 荷木 > 白颜树 > 肖蒲桃 > 锥栗 > 红车 > 臀形果 > 柏拉木 > 水石梓 > 窄叶半枫荷 > 厚壳桂. 整个林分及黄果厚壳桂种内竞争木对对象木的竞争强度与对象木的胸径大小之间的关系近似服从幂函数关系, 而伴生树种竞争木对对象木的竞争强度与对象木的胸径大小之间的关系近似服从对数函数关系. 竞争强度和对象木的胸径大小呈显著负相关关系.

关键词 厚壳桂 种内竞争 种间竞争 竞争指数 鼎湖山

文章编号 1001-9332(2006)01-0022-05 **中图分类号** Q144, Q448; S718.5 **文献标识码** A

Quantitative relationships of intra- and interspecific competition in *Cryptocarya concinna*. ZHANG Chi, HUANG Zhongliang, LI Jiong, SHI Junhui, LI Lin (Dinghushan Arboretum, South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Zhaoqing 526070, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2006, 17(1):22~26.

The monsoon evergreen broad-leaved forest (MEBF) in Dinghushan Nature Reserve (DNR) has been considered as a zonal vegetation in lower subtropical China, with a history of more than 400 years. In this paper, the intra- and interspecific competition intensity in *Cryptocarya concinna*, one of the constructive species in MEBF in DNR was quantitatively analyzed by Hegyi single-tree competition index model. The results showed that the intraspecific competition intensity in *C. concinna* decreased gradually with increasing tree diameter. For *C. concinna*, its intraspecific competition was weaker than its interspecific competition with *Aporosa yunnanensis*. The competition intensity of interspecific competition with *C. concinna* followed the order of *A. yunnanensis* > *Schima superba* > *Gironniera subaequalis* > *Acmena acuminatissima* > *Castanopsis chinensis* > *Syzygium rehderianum* > *Pygeum topengii* > *Blastus cochinchinensis* > *Sarcosperma laurinum* > *Pterospermum lanceaeifolium* > *Cryptocarya chinensis*. The relationship of the DBH of objective tree and the competition intensity between competitive tree and objective tree in the whole forest and *C. concinna* population nearly conformed to power function, while that between other competitive tree and the objective *C. concinna* tree conformed to logarithm function. There was a significantly negative correlation between the competition intensity and the DBH of objective tree.

Key words *Cryptocarya concinna*, Intraspecific competition, Interspecific competition, Competition index, Dinghushan.

1 引 言

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研究是植物生态学研究的核心问题^[5,9,12]. 多数研究从竞争作用的效果入手, 通过度量群落结构和群落发展建立竞争模型, 研究植物间的竞争作用^[3,4]. 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^[1,13,15]. 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^[21], 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. 国内许多学者针对不同物种采用不同竞争指数模型研究了它们的种内与种间竞争^[2,16,17,24]. 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更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.

黄果厚壳桂 (*Cryptocarya concinna*) 为樟科 (Lauraceae) 常绿乔木, 生于海拔 600 m 以下的谷地或缓坡常绿阔叶林中, 主要分布于广东、广西、江西及台湾, 为鼎湖山季风常绿阔叶林建群种. 迄今为止, 一些学者对黄果厚壳桂种群结构和动态、演替更

* 国家自然科学基金项目 (30470306)、中国科学院知识创新工程方向性项目 (KSCXZ-SW-120) 和广东省科技计划资助项目 (2005B3302013).

** 通讯联系人.

2005-03-29 收稿, 2005-07-27 接受.

新特点、成为建群种的原因和林分特性等进行了一些研究^[8, 14, 18, 22, 23],但对黄果厚壳桂的种内和种间竞争的定量研究尚未见报道。本文以鼎湖山季风常绿阔叶林为研究对象,采用 Hegyi 竞争指数模型,对黄果厚壳桂种内、种间的竞争指数和强度进行定量分析,这对于了解季风林内黄果厚壳桂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等具有重要意义,并可为揭示群落演替机理提供参考。

2 研究地区与研究方法

2.1 自然概况

鼎湖山位于广东省中部(23°09′~23°11′N, 112°30′~112°33′E),属亚热带湿润季风型气候,年平均气温 20.9℃,年均降雨量约 1 956 mm,年蒸发量约 1 115 mm,年平均相对湿度 80.8%。全年干湿季明显,4~9 月为雨季,11 月至翌年 2 月为旱季^[7]。鼎湖山季风常绿阔叶林已有近 400 年林龄,属亚热带地带性植被类型,其中以锥栗(*Castanopsis chinensis*)、荷木(*Schima superba*)和黄果厚壳桂群落最为典型^[19]。该群落物种丰富,结构复杂,成层现象明显,乔木已经分化出 3 个亚层。乔木第一亚层主要有锥栗、黄果厚壳桂、荷木和华润楠(*Machilus chinensis*)等,高度为 16~27 m,冠层不连续;第二亚层有厚壳桂(*C. chinensis*)、黄果厚壳桂和翅子树(*Pterospermum lanceaefolium*)等,高度为 8~15 m,冠层连续;第三亚层有云南银柴(*Aporosa yunnanensis*)、鼎湖钓樟(*Lindera chunii*)和水石梓(*Sarcosperma laurinum*)等,高度为 3~7 m,冠层不连续。灌木层盖度 30%~40%,一般高 120~150 cm,主要种类有柏拉木(*Blastus cochinchinensis*)和罗伞树(*Ardisia quinqueгона*)等。此外还有许多乔木幼树、草本及幼苗层较疏,盖度 10%~15%,一般高 30~50 cm,主要种类有沙皮蕨(*Hemigramma decurrens*)和山姜(*Alpinia chinensis*)等。层间植物亦较丰富,如附生植物石蒲藤(*Pothos chinensis*)和木质藤本杖枝省藤(*Calamus rhabdoclamus*)成丛生长,对于林中的光照和温湿条件影响较大。凋落物层厚度一般为 3~5 cm。

2.2 研究方法

在鼎湖山季风常绿阔叶林内选择典型地段,设置 1 hm² 的样地,随机选择黄果厚壳桂($D>5$ cm)为对象木(objective tree),测定其胸径、树高、枝下高和冠幅并编号。根据群落内乔木树种冠幅大小和遮掩程度确定以对象木为中心、半径 5 m 样圆内的所有乔木为竞争木(competitive tree),测定竞争木的胸径和竞争木距相应对象木的距离,记录竞争木种名。采用 Hegyi 提出的与距离有关的竞争指数^[10],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,即得黄果厚壳桂种内以及每个伴生树种对黄果厚壳桂的竞争强度。

3 结果与分析

3.1 种内及种间竞争

共测得对象木(黄果厚壳桂)81 株(表 1),最小胸径 7.8 cm,最大胸径 31.2 cm,平均胸径 19.3 cm。竞争木 70 种 2 368 株。表 1 为各个径级黄果厚壳桂所受到的竞争强度,可以看出,黄果厚壳桂在生长过程中不断与其他个体发生竞争,中小径级的黄果厚壳桂所受到的竞争强度较大。随着对象木径级的增大,平均竞争指数呈明显减少趋势,与实际情况相符。在季风常绿阔叶林中,黄果厚壳桂发育初期,因为胸径小,生存空间处于被压状态,周围的竞争木对其产生剧烈竞争。随着个体的发育,胸径不断增大,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,周围的竞争木与黄果厚壳桂都有适合各自生存的资源空间,竞争木对黄果厚壳桂的竞争逐渐减弱。种内竞争也表现出大致相同的趋势(表 2)。

在生长过程中,黄果厚壳桂发生种内竞争的同时,也与周围其他物种的植株不断争夺营养空间,且不同种类物种对黄果厚壳桂的竞争强度存在较大差别(表 3)。黄果厚壳桂种内竞争指数为 48.866。种间

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 received

径级 Diameter classes (cm)	株数 Number	百分比 Percentage (%)	平均竞争指数 Average I_c
5~10	5	6.17	6.048
10~15	17	20.99	5.447
15~20	24	29.63	3.697
20~25	21	25.93	2.966
25~30	12	14.81	2.762
30~35	2	2.47	1.475
合计 Total	81	100	

表 2 黄果厚壳桂种内竞争强度
Table 2 Intraspecific competition intensity of *C. concinna*

径级 Diameter classes(cm)	平均竞争指数 Average I_c	标准差 Standard deviation
5~10	0.963	0.898
10~15	0.717	0.511
15~20	0.651	0.875
20~25	0.372	0.505
25~30	0.816	1.825
30~35	0.255	0.222

表 3 竞争木的种类组成和竞争指数

Table 3 Composition of competitive trees and their competitive indices

种名 Species	株数 Number	百分比 Percentage (%)	竞争指数 I_c	竞争指数排名 No. of I_c
云南银柴 <i>Aporosa yunnanensis</i>	730	30.83	88.307	1
黄果厚壳桂 <i>Cryptocarya concinna</i>	152	6.42	48.866	2
荷木 <i>Schima superba</i>	24	1.01	16.945	3
白颜树 <i>Gironniera subaequalis</i>	55	2.32	12.613	4
肖蒲桃 <i>Acmena acuminatissima</i>	71	3.00	12.544	5
锥栗 <i>Castanopsis chinensis</i>	4	0.17	11.637	6
红车 <i>Syzygium rehderianum</i>	73	3.08	9.641	7
臀形果 <i>Pygeum topengii</i>	9	0.38	7.838	8
柏拉木 <i>Blastus cochinchinensis</i>	195	8.23	7.453	9
水石梓 <i>Sarcosperma laurinum</i>	49	2.07	7.314	10
窄叶半枫荷 <i>Pterospermum lanceaefolium</i>	55	2.32	7.210	11
厚壳桂 <i>Cryptocarya chinensis</i>	19	0.80	6.941	12
光叶山黄皮 <i>Randia canthioides</i>	112	4.73	6.762	13
九节 <i>Psychotria rubra</i>	126	5.32	6.095	14
光叶红豆 <i>Ormosia glaberrima</i>	105	4.43	5.627	15
罗伞树 <i>Ardisia quinquegona</i>	77	3.25	4.636	16
鼎湖血桐 <i>Macaranga sampsoni</i>	73	3.08	3.457	17
鼎湖钓樟 <i>Lindera chunii</i>	29	1.22	3.111	18
黄叶树 <i>Xanthophyllum hainanense</i>	47	1.99	2.971	19
小盘木 <i>Microdesmis caseariiifolia</i>	14	0.59	2.906	20
降真香 <i>Acronychia pedunculata</i>	14	0.59	2.882	21
黄杞 <i>Engelhardtia roxburghiana</i>	6	0.25	2.716	22
鸭脚木 <i>Schefflera octophylla</i>	24	1.01	2.652	23
褐叶柄果木 <i>Mischocarpus pentapetalus</i>	40	1.69	2.602	24
笔罗子 <i>Meliosma rigida</i>	26	1.1	2.276	25
橄榄 <i>Canarium album</i>	18	0.76	1.961	26
大苞血桐 <i>Macaranga bracteata</i>	18	0.76	1.802	27
红皮紫椴 <i>Craibiodendron kuangtungense</i>	15	0.63	1.486	28
溜子 <i>Nephelium chryseum</i>	7	0.30	1.453	29
鱼尾葵 <i>Caryota ochlandra</i>	4	0.17	1.391	30
轮叶木姜子 <i>Litsea verticillata</i>	11	0.46	1.280	31
粗叶木 <i>Lasianthus chinensis</i>	23	0.97	1.231	32
华润楠 <i>Machilus chinensis</i>	6	0.25	1.150	33
白车 <i>Syzygium levinei</i>	16	0.68	1.035	34
鱼骨木 <i>Canthium dicoccum</i>	10	0.42	0.965	35
谷木 <i>Memecylon ligustrifolium</i>	10	0.42	0.913	36
岭南山竹子 <i>Garcinia oblongifolia</i>	6	0.25	0.901	37
其它 33 种伴生树种 <i>Other trees</i>	95	4.05	8.413	
总计 Total	2368	100	309.982	

竞争指数最大的是云南银柴, 为 88.307; 竞争指数最小的为罗浮泡花树 (*Meliosma fordii*), 为 0.011; 荷木、白颜树 (*Gironniera subaequalis*)、肖蒲桃 (*Acmena acuminatissima*)、锥栗的竞争指数相差不大, 分别为 16.945、12.613、12.544 和 11.637; 红车 (*Syzygium rehderianum*)、臀形果 (*Pygeum topengii*)、柏拉木、水石梓、窄叶半枫荷 (*Pterospermum lanceaefolium*) 的竞争指数相差也不大, 分别为 9.641、7.838、7.453、7.314 和 7.210。所有伴生树种的竞争指数总和为 261.116。可以看出, 种内竞争指数明显低于种间, 说明群落中种间竞争比种内竞争更剧烈。种内及其与主要伴生树种间的竞争强度顺序为: 云南银柴 > 黄果厚壳桂种内 > 荷木 > 白颜树 > 肖蒲桃 > 锥栗 > 红车 > 臀形果 > 柏拉木 > 水

石梓 > 窄叶半枫荷 > 厚壳桂 > 光叶山黄皮 (*Randia canthioides*) > 九节 (*Psychotria rubra*) > 光叶红豆 (*Ormosia glaberrima*) > 罗伞树 > 鼎湖血桐 (*Macaranga sampsoni*) > 鼎湖钓樟 > 黄叶树 (*Xanthophyllum hainanense*) > 小盘木 (*Microdesmis caseariiifolia*) > 降真香 (*Acronychia pedunculata*) > 黄杞 (*Engelhardtia roxburghiana*) > 鸭脚木 (*Schefflera octophylla*)。植物物种之间的竞争能力主要决定于其生态习性、生态幅度及其在生态系统中的生态位。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, 在生态系统中占有主导地位时, 竞争能力最强。

云南银柴在群落中多处于乔木层的第 3 亚层, 因为该层较高层次的锥栗、黄果厚壳桂和厚壳桂的个体数不是很多, 为云南银柴的生长提供了有利条件。目前的鼎湖山季风常绿阔叶林是比较成熟的林型, 为该林型的顶极群落, 竞争木的种数有 70 种。云南银柴与黄果厚壳桂同属于耐荫树种, 虽然云南银柴个体胸径都不是很大, 但个体数目最多, 有 730 棵, 其竞争指数最大, 这也可能是该群落中黄果厚壳桂重要值不断减少, 而云南银柴重要值不断加大的原因。来自种内竞争的黄果厚壳桂的个体数为 152 棵, 平均胸径较大, 其种内的竞争指数与其他树种相比较较大。

3.2 竞争强度与对象木胸径的关系

林木的竞争能力受多种因素制约, 包括生态需求、生态幅度、群落所处演替阶段和个体大小等。其中, 对象木的个体大小对竞争能力的影响很大。图 1 为黄果厚壳桂个体胸径与整个林分、伴生树种和种内的竞争关系。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, 其结果如下:

黄果厚壳桂胸径与整个林分的竞争指数之间关系近似地服从幂函数关系, 即:

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

其中, $A = 53.949$, $B = 0.9590$, $N = 79$,

$$R = -0.561, P < 0.01.$$

黄果厚壳桂胸径与伴生树种的竞争指数之间关系近似服从对数函数关系, 即:

$$I_c = A + B \ln D$$

其中, $A = 12.5390$, $B = -3.1987$, $N = 79$,

$$R = -0.580, P < 0.01.$$

黄果厚壳桂胸径与其种内的竞争指数之间关系近似服从幂函数关系, 即:

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

其中, $A = 6.0330$, $B = 0.1448$, $N = 68$,

$$R = -0.609, P < 0.01.$$

I_c 为竞争指数(competition index), D 为对象木胸径(DBH of objective tree), A 和 B 为模型参数, N 为自由度, R 为相关系数, P 为显著性水平。经检验, 相关系数 R 均达到极显著水平。其中, 对象木与整个林分、种内的竞争指数之间模型的幂均为负值, 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就少, 竞争木对对象木竞争的能力就弱。而对象木与伴生树种竞争指数之间的模型是对数关系, 虽然不是幂函数的关系, 但仍表现为当对象木的胸径越大时, 竞争木对对象木的竞争能力减弱。

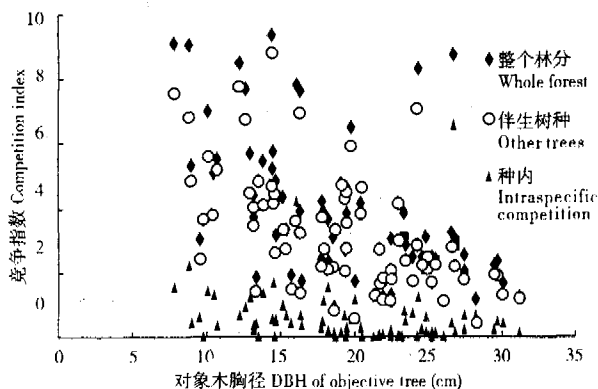


图1 黄果厚壳桂个体胸径与整个林分、伴生树种及种内竞争指数的关系

Fig.1 Relationship between DBH of objective tree and competition indices of the whole forest, other trees and *C. concinna*.

4 讨 论

竞争指数是将林木与其邻近的竞争强度定量化的数学表达式, 选择一个适宜的竞争指数对林分竞争生长模型的建立具有重要作用。如果竞争指数的构建具有一定的生理和生态学依据, 对竞争状态的变化反应灵敏, 具有适时可测性或可估性, 能准确说明生长的变差, 且构成因子容易测量, 计算尽量简单^[6, 11, 20], 那么该竞争指数就是非常理想的。理论上, 一个好的竞争指数不仅要反映出林木之间的所有竞争信息, 而且要排除一切干扰信息(即排除每一株非竞争木)。但由于研究目的和应用环境的差异, 实际上竞争指数的选择很难完全满足以上要求。Hegyi 单木竞争指数模型是较为简单的一种指标, 其理论依据是, 对象木与环境的竞争关系可以用对象木与其周围少数几株最邻近木间的关系来表示, 充分应用了对象木和其环境信息, 并且对象木在竞争木数量的选择上或竞争区域的确定上发挥着重要

作用, 属于完备性指标^[6]。但 Hegyi 单木竞争指数模型只考虑了林木胸径和对象木与竞争木距离, 理论上在选择竞争指标时应考虑树冠面积、树冠重叠面积、树冠重叠距离、林木胸径、对象木与竞争木距离等因素。

为了准确预测林木生长, 国内外学者基于不同的目的和条件已建立了一些竞争指数, 以单木模型为基础的模拟系统, 因其模拟功能强而受到关注^[6]。然而在运用竞争指数建立生长模型时, 均仅以林分中单株林木作为研究对象, 没有扩展到多个树种或整个林分。以林分竞争生长模型为例, 林分竞争生长模型以林分内个体林木的竞争信息为基础, 首先强调林分内各对象木的竞争机制, 在此基础上扩展到整个林分的竞争机制, 通过竞争指标来描述林分所处竞争状况。因为林分生长除了受到林木竞争外, 还受到林分平均年龄、林分平均胸径、林分拥挤度的影响^[11]。因此仅考虑单株林木竞争尚不能全面地反映树种种内和种间的竞争。如果在应用单木竞争指数模型时, 考虑多树种竞争甚至整个林分竞争, 效果会更好。

5 结 论

运用 Hegyi 单木竞争指数模型可以较好地估计鼎湖山季风常绿阔叶林建群种黄果厚壳桂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, 同时还反映了林分中种间竞争大于种内竞争。黄果厚壳桂的竞争压力主要来自云南银柴, 其次才是黄果厚壳桂种内。对竞争指数和对象木胸径大小的关系进行回归分析发现, 对象木与整个林分、种内的竞争指数之间关系模型的幂均为负值, 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就少, 竞争木对对象木竞争的能力就弱。而对象木与伴生树种竞争指数之间关系的模型虽然不是幂函数, 但总的趋势是, 当对象木的胸径越大时, 竞争木对对象木竞争能力减弱。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, 受到的种内和种间竞争强度都较小; 反之, 对象木胸径小的, 受到的竞争强度大, 在竞争中被淘汰的可能性也大。

参考文献

- 1 Bella IE. 1971. A new competition model for individual tree. *For Sci*, 17:367~372
- 2 Chen C-J(陈存及), Liang Y-L(梁彦兰), Guo Y-S(郭玉硕), et al. 2004. Study on intraspecific and interspecific competition of

- mixed plantation of *Cyclocarya paliurua* (Batal) Ilinsk and Chinese fir. *J Fujian For Coll* (福建林学院学报), 24(1): 1~4 (in Chinese)
- 3 Ford ED, Sorrensen K. 1992. Theory and models of inter-plant competition as a spatial process. In: Augelis DL, eds. *Individual-based Models and Approaches in Ecology*. New York: Chapman & Hall. 363~407
 - 4 Fowler NL. 1986. The role of competition in plant communities in arid and semiarid regions. *Ann Rev Ecol Syst*, 17: 89~110
 - 5 Ge F(戈峰). 2002. *Modern Ecology*. Beijing: Science Press. 126~137 (in Chinese)
 - 6 Guan Y-X(关玉秀), Zhang S-G(张守攻). 1992. A classification and comparison of competition indices. *J Beijing For Univ* (北京林业大学学报), 14(4): 1~8 (in Chinese)
 - 7 Huang Z-L(黄忠良), Meng H-L(蒙满林), Zhang Y-C(张佑昌). 1998. Climate of Dinghushan Biosphere Reserve. *Trop Subtrop For Ecosyst* (热带亚热带森林生态系统研究), 8: 134~139 (in Chinese)
 - 8 Huang Z-L(黄忠良), Peng S-L(彭少麟), Yi S(易俗). 2001. Factors affecting seedling establishment in monsoon evergreen broad-leaved forest. *J Trop Subtrop Bot* (热带亚热带植物学报), 9(2): 123~128 (in Chinese)
 - 9 Jin Z-X(金则新), Zhou R-M(周荣满). 2003. Quantitative relation of the intraspecific and interspecific competition in *Shima superba*. *J Zhejiang For Coll* (浙江林学院学报), 20(3): 259~263 (in Chinese)
 - 10 Jin Z-X(金则新). 1997. Preliminary study on the intraspecific and interspecific competition of *Gordonia acuminata* in its community. *Bot Res* (植物研究), 17(1): 110~118 (in Chinese)
 - 11 Lan B(蓝斌), Hong W(洪伟), Lin W-X(林武星), et al. 1995. Intraspecific competition and growth of young Masson pine plantation. *J Fujian For Coll* (福建林学院学报), 15(1): 40~44 (in Chinese)
 - 12 Li X-K(李先琨), Su Z-M(苏宗明), Ou Z-L(欧祖兰). 2002. On intraspecific and interspecific competition among *Abies yuanbaoshanensis* community. *J Plant Resour Environ* (植物资源与环境), 11(1): 20~24 (in Chinese)
 - 13 Ma J-L(马建路), Li J-H(李君华), Zhao H-X(赵惠勋). 1994. Quantitative Research of the Intraspecific and Interspecific Competition in Korean pine in Old Growth Forests. Haerbin: Heilongjiang Science and Technology Press. (in Chinese)
 - 14 Peng S-L(彭少麟), Fang W(方伟), Ren H(任海). 1998. The dynamics on organization in the successional process of Dinghushan *Cryptocarya* community. *Acta Phytoecol Sin* (植物生态学报), 22(3): 245~249 (in Chinese)
 - 15 Schoener TW. 1983. Field experiments on interspecific competition. *Am Nat*, 122: 240~279
 - 16 Shi S-Y(石胜友), Li X-G(李旭光). 2000. Study on the competition in the course of ecological reconstruction of wind-damaged slash in Mt. Jinyun. *J Southwest Norm Univ* (Nat Sci) (西南师范大学学报·自然科学版), 25(5): 601~605 (in Chinese)
 - 17 Su W-H(苏文华). 1997. A preliminary study on the intraspecific and interspecific competitions of canopy populations in tropical rain forest in Xishuangbanna. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 10(8): 50~54 (in Chinese)
 - 18 Wang B-S(王伯荪), Peng S-L(彭少麟). 1987. Quantitative dynamics of the dominant population in the forest communities of Dinghushan. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 7(3): 214~221 (in Chinese)
 - 19 Wang Z-H(王铸豪), He D-Q(何道泉), Song S-D(宋绍敦), et al. 1982. The vegetation of Dinghushan Biosphere Reserve. *Trop Subtrop For Ecosyst* (热带亚热带森林生态系统研究), 1: 77~141 (in Chinese)
 - 20 Wu C-Z(吴承祯), Hong W(洪伟), Liao J-R(廖金兰). 1997. Study on intraspecific competition of young masson pine. *J Fujian For Coll* (福建林学院学报), 17(4): 289~292 (in Chinese)
 - 21 Zhang S-Y(张思玉), Zheng S-Q(郑世群). 2001. Structure features of *Alsophila spinulosa* community in Yongding, Fujian Province. *J Plant Resour Environ* (植物资源与环境), 10(3): 30~44 (in Chinese)
 - 22 Zhang Y-M(张咏梅), Zhou G-Y(周国逸), Wen D-Z(温达志), et al. 2003. Dynamics of the *Castanopsis chinensis-Schima superba-Cryptocarya concinna* community monsoon evergreen broad-leaved forest in Dinghushan Nature Reserve in a lower subtropical China. *Acta Phytoecol Sin* (植物生态学报), 27(2): 256~262 (in Chinese)
 - 23 Zhou X-Y(周小勇), Huang Z-L(黄忠良). 2005. Succession of the original *Castanopsis chinensis-Cryptocarya chinensis-Schima superba* community of monsoon evergreen broad-leaved forest in Dinghushan Nature Reserve. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 25(1): 37~44 (in Chinese)
 - 24 Zou C-J(邹春静), Xu W-D(徐文铎). 1998. Study on intraspecific and interspecific competition of *Picea mongolica*. *Acta Phytoecol Sin* (植物生态学报), 22(3): 269~274 (in Chinese)

作者简介 张池,男,1979年生,硕士研究生.主要从事保护生态学研究. Tel: 0758-2628245; E-mail: tramp368@hotmail.com
责任编辑 李凤琴