

广东省九连山林场红椎林种内竞争关系研究*

邱建波¹ 赵志明² 卓先习¹ 吴振基¹
吴剑军¹ 何伟强¹ 洪维³ 张中瑞²

(1. 广东省九连山林场, 广东 河源 517100; 2. 广东省森林培育与保护利用重点实验室/广东省林业科学研究院, 广东 广州 510520; 3. 广东省龙眼洞林场, 广东 广州 510520)

摘要 研究量化分析广东省九连山林场 12 年生红椎 *Castanopsis hystrix* 人工林内竞争关系, 结果如下: 1、研究区内红椎植株胸径生长符合正态分布, 分布相对集中于 8~10、10~12 cm 径级; 2、按照单木竞争指数模型计算, 12 m 范围为本研究最佳竞争空间; 3、在径级为 8~10、10~12、12~14 cm 时, 红椎个体受到主要的种内竞争压力, 三者竞争强度之和占据全部竞争的 64.8%; 4、红椎胸径与平均竞争指数呈极显著的指数相关, 平均竞争强度随胸径增长而下降, 当胸径达到 20 cm 以上时, 竞争指数几乎无变化。

关键词 红椎; 九连山林场; 种内竞争; 种群动态

中图分类号: S757.9 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053 (2021) 03-0028-05

Study on the Intraspecies Competition Relationship of *Castanopsis hystrix* Forest in Jiulianshan Forest Farm of Guangdong

QIU Jianbo¹ ZHAO Zhiming² ZHUO Xianxi¹ WU Zhenji¹
WU Jianjun¹ HE Weiqiang¹ HONG Wei³ ZHANG Zhongrui²

(1. Jiulianshan Forest Farm of Guangdong, Heyuan, Guangdong 517100, China; 2. Guangdong Provincial Key Laboratory of Silviculture, Protection and Utilization/Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China; 3. Longyandong Forest Farm of Guangdong, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

Abstract Studying the competitive status of forest populations of rare tree species can reflect the growth of forests and their resource utilization, which is of guiding significance to the scientific operation of rare tree species. This study quantitatively analyzed the competitive relationship of the 12-year-old *Castanopsis hystrix* plantation in Jiulianshan Forest Farm in Guangdong province and obtained the following four results. 1. The DBH growth of *C. hystrix* plants in the study area conformed to the normal distribution, which was relatively concentrated in the diameter classes of 8-10 and 10-12 cm. 2. According to the single-wood competition index model, the range of 12 m was the best competition space in this study. 3. When the diameter class is 8-10, 10-12, 12-14 cm, the *C. hystrix* individuals were subjected to the main intraspecies competition pressure, and the sum of competition intensity of the total competition accounted for 64.8%. 4. There was a significant exponential correlation between the DBH of the *C. hystrix* and the average competition index, and The average competitive intensity decreased with the increase of DBH. When DBH reached more than 20 cm, the competition index almost

* 基金项目: 广东省级生态公益林效益补偿资金省统筹项目“森林生态科技研究与推广”、“广东省生态公益林可持续经营研究与示范”, 国家重点研发计划子课题(2017YFD0601101-3)。

第一作者: 邱建波(1975—), 男, 高级工程师, 主要从事森林经营研究, E-mail: 565547826@qq.com。

通信作者: 张中瑞(1987—), 男, 工程师, 主要从事森林经理研究, E-mail: zhangzhongrui126@126.com。

had no change.

Key words *Castanopsis hystrix*; Jiulianshan Forest Farm; intraspecies competition; population dynamics

竞争在植物界中普遍存在，其对植物个体生长发育、种群发展、群落构建均产生重大影响^[1-3]。研究植物竞争关系实际即为研究植物对资源环境的利用及生存空间的争夺^[4-5]。目前，模拟植物竞争多采用单木竞争指数模型方法，通过数量化目标树及其周边竞争树之间树高、胸径或冠幅等指标与空间位置的关系反映林木之间的竞争强度^[6-7]。研究林内物种竞争关系，特别是不同径级林木竞争强度变化，对于掌握林木对资源及空间的需求，调整林木结构、控制经营密度、选择采伐时间等具有重要指导意义^[8-9]。

红椎 *Castanopsis hystrix* 是华南地区重要的乡土造林树种，具有生长快、材质佳、适应性强等特点。同时，该树种也为我国热带亚热带地区生长较快的国家Ⅱ级保护珍稀阔叶树种，在南方珍稀树种造林中应用广泛，但常具有林相不齐、林木分布不均匀等问题^[10-12]。广东省九连山林场是广东省 13 所省属国有林场之一，自上世纪 90 年代起连年种植红椎纯林或混交林，是华南地区重要的红椎栽植基地之一。本研究以广东省九连山林场红椎纯林为研究对象，通过量化林内竞争关系，分析不同径级红椎数量分布及其竞争压力，探索其胸径与竞争强度的关系，以期对红椎等我国南方地区典型乡土珍贵造林树种科学经营提供指导，为促进亚热带地区人工林生态系统健康稳定和功能的发挥提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

广东省九连山林场位于南岭山脉南麓的九连山脉，位于东江上游的新丰江源头，地理坐标位于 114°24' ~ 114°36' N、24°08' ~ 24°22' E 之间，属中亚热带季风气候区，年均气温 19.6 °C，无霜期 277~317 d，年均降水量 1 779.7 mm，年平均相对湿度 79%。

1.2 样地设置与调查

2020 年 8 月在 12 年生红椎人工纯林选择代表性地段，设置 1 个面积为 666.67 m² 的样圆。对

样圆内的红椎进行每木检尺，记录其胸径、树高，并以样圆中心为原点，记录每株相对原点的位置（图 1），计算其两两之间的相对距离。

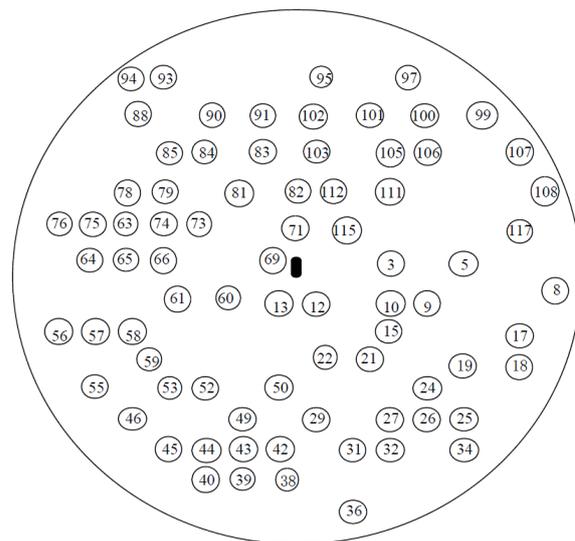


图 1 红椎分布示意

Fig.1 The diagram of *Castanopsis hystrix* distribution

1.3 分析方法

单木竞争指数计算公式^[13]如下：

$$CI_i = \sum_{j=1}^n \left(\frac{d_j}{d_i} \right) / l_{ij}$$

其中， CI_i 为对象木 i 的单木竞争指数， d_i 为对象木 i 的胸径 (cm)， d_j 为竞争木 j 的胸径 (cm)， l_{ij} 为对象木 i 与竞争木 j 之间的相对距离 (m)， n 为竞争木的数量。

总竞争指数及平均竞争指数计算公式如下：

$$CI_T = \sum_{i=1}^N CI_i$$

$$CI_a = CI_T / N$$

其中， CI_T 为该径级下的总竞争指数， CI_a 为该径级下的平均竞争指数， N 为该径级下的全部株数。

本研究全部指标利用 Microsoft Excel 2016

表1 红椎胸径统计量

Tab.1 The DBH statistics of *Castanopsis hystrix*

平均值 Average	标准差 S.D.	变异系数 C.V.	偏度系数 Skewness	峰度系数 Kurtosis	S 检验统计量 K-S test statistic	K-S 检验显著度 K-S test of significance
12.1	3.69	30.56	0.85	1.23	0.079	0.200

分析及作图。

2 结果与分析

2.1 红椎径级分布

研究区内共计调查红椎 77 株，其中最小胸径 5.6 cm，最大胸径为 25 cm，平均胸径为 12.1 cm，变异系数为 30.56%，偏度系数为 0.85，偏左峰，峰度系数为 1.23，峰值较集中（表 1），通过 K-S 检验，符合正态分布（ $P=0.200>0.05$ ）。以 2 cm 为一个径级进行统计，大量红椎处于 8~16 cm 范围内径级，占总体数量的 79.2%。由图 2 可以看出，随着径级不断增大，每径级株数先增大后减小，其中 8~10 cm 径级、10~12 cm 径级所占数量最多，均占总体数量的 22.1%。

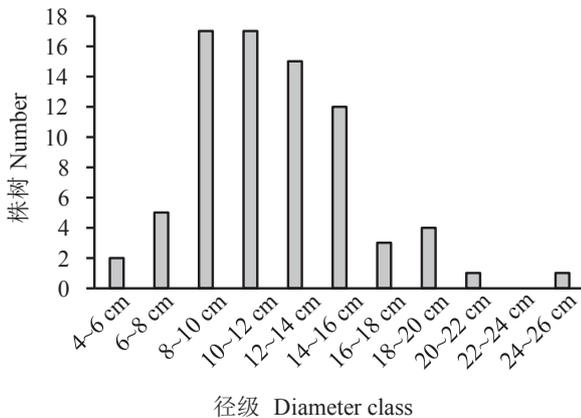


图2 不同径级红椎数量分布

Fig.2 The quantity distribution of *Castanopsis hystrix* of different diameter classes

2.2 不同样圆半径红椎竞争状态

按照单木竞争指数模型，对象木与竞争木之间的距离发生变化，竞争的强度及竞争木的数量均发生变化。本研究按照样圆半径 2~20 m 设置对象木与竞争木之间距离，以 2 m 为增量计算总体竞争指数，确定本研究的最佳竞争空间即样圆半径。见图 3，样圆半径 2 m 时，竞争指数为 44.66，随之急剧增大，计算其增量至 12 m 时为最大，竞争指数为

523.93，随后增幅放缓，至 20 m 时，竞争指数为 696.89。可见 12 m 为其拐点，依此结果，本研究将红椎竞争木样圆半径设定为 12 m。

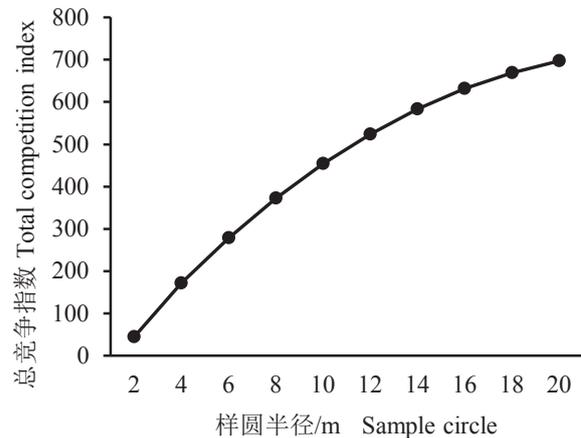


图3 不同样圆半径红椎总竞争指数

Fig.3 The total competition index of the *Castanopsis hystrix* with different sample circle

2.3 红椎各径级种内竞争

红椎生长迅速，当径级较小时，受到周边竞争木强烈的竞争压力，4~6 cm 径级平均竞争指数达 13.075（表 2）。随着径级增大，单木平均竞争指数逐渐减小，至 24~26 cm 径级，平均竞争指数仅 2.400，反映了高大树体的红椎在种群内竞争极具优势，周边竞争木对其影响较小，显示其强大的资源竞争能力。而在径级为 8~10、10~12、12~14 cm 时，红椎个体受到主要的种内竞争压力，总竞争指数分别为 112.64、130.46、96.28，三者之和占据全部竞争的 64.8%。

由红椎对象木胸径作为自变量，其受到的平均竞争指数作为因变量，拟合其相互关系可知，胸径与平均竞争指数呈极显著的指数相关，表达式为 $y=15.942e^{-0.077x}$ ($R^2=0.504, P<0.01$)。图 4 显示，当种群内对象木胸径较小时，随着胸径增加，周边环境竞争木对其的竞争强度急剧下降，当胸径增至 14~16 cm 之间，竞争指数的下降趋于平缓，当胸径达到 20 cm 以上时，伴随对象木胸径

表 2 不同径级红椎竞争压力分布

Tab.2 The competitive pressure distribution of *Castanopsis hystrix* with different diameter classes

径级 Diameter class	样本数 Number	胸径 /cm DBH	树高 /m Height	总竞争指数 Total competition index	平均竞争指数 Average competition index
4~6 cm	2	5.7	7.6	26.15	13.075
6~8 cm	5	6.66	7.88	55.52	11.104
8~10 cm	17	8.99	9.29	112.64	6.626
10~12 cm	17	10.72	10.64	130.46	7.674
12~14 cm	15	12.67	12.21	96.28	6.419
14~16 cm	12	14.65	13.28	63.81	5.318
16~18 cm	3	16.85	12.63	17.53	5.843
18~20 cm	4	19.05	14.6	15.31	3.828
20~22 cm	1	21.7	12.1	3.83	3.830
22~24 cm	0				
24~26 cm	1	25	12	2.4	2.400

增加，竞争指数几乎无变化。

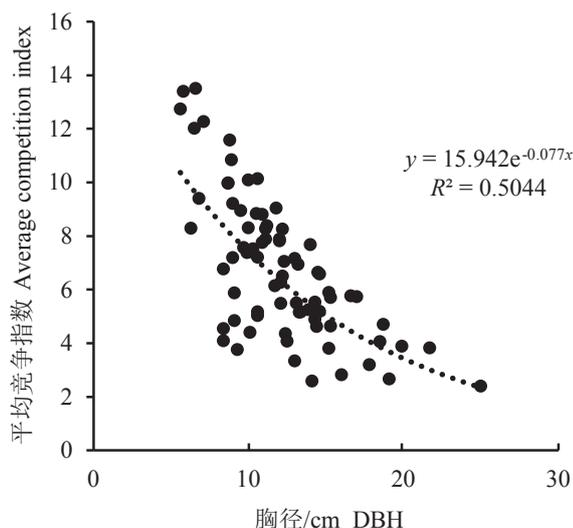


图 4 红椎胸径与竞争强度的回归曲线

Fig.4 The regression of *Castanopsis hystrix* diameter and competition intensity

3 结论与讨论

3.1 种群动态及其竞争关系通常对林分结构和群落演替过程起到决定性作用，研究种群动态及其竞争状况能够了解种群历史干扰，对种群未来生长趋势进行预测评估^[14]。研究区内红椎胸径分布

符合正态分布，较为尖削的分布反映了其胸径分布相对集中，林分整齐、均匀，而偏左峰的分布状态则反映目前红椎同龄林胸径仍相对较小，具有充分的生长潜力。

3.2 掌握种群竞争关系对于采取何种经营策略，如何选择合适的混交方式，何时采取间伐有着重要的指导意义^[15]。在本研究中，红椎受到的种内竞争压力主要分布于 8~14 cm，竞争强度相对集中，占据了全部竞争的 64.8%。胸径与竞争强度的回归关系也可以看出，当研究区内红椎胸径大于 16 cm 时，竞争强度较低，说明 16 cm 应为当前较为合理的优势个体。相对较强的种内竞争也可以推断，如在天然群落中，生长迅速的红椎应在竞争中极具优势，快速占据环境中的有利空间，汲取光照及水分资源，竞争主要以种内竞争为主导。

3.3 合理的林分空间结构决定了林分健康生长及其功能发挥，在天然林分中，优势个体常常通过竞争获取更多优势资源，减小竞争压力，淘汰周边的弱势个体^[16]。在人工林分中，研究人工林种群竞争，可提前利用人工干预进行竞争选择的筛选，合理进行林分空间优化，增大林木间相互生长和营养空间，如通过计算对象木与竞争木之间的合理距离，获取植株最佳资源利用空间，获取

个体平均竞争强度,科学选择间伐对象木,从而提高林分的整体经营质量^[17]。

参考文献

- [1] 陈娟, 张小晶, 李巧玉, 等. 坡向对川西亚高山彩叶林群落树种种内和种间竞争的影响[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2021, 43(2): 53-62.
- [2] 刘怡青, 田育红, 宋含章, 等. 胸径和林分密度决定内蒙古东部落叶松林种内竞争[J]. 生态学杂志, 2018, 37(3): 847-853.
- [3] 王海军, 程华荣, 林石狮, 等. 深圳羊台山森林公园红鳞蒲桃种内与种间竞争研究[J]. 广东林业科技, 2015, 31(1): 23-28.
- [4] 刘万生, 李想, 陈福元, 等. 蒙古栎林种内和种间竞争研究[J]. 植物研究, 2020(4): 1-7.
- [5] 王俊, 王泳腾, 段洋波, 等. 广东南岭国家级自然保护区华南五针松种内和种间关系研究[J]. 北京林业大学学报, 2020, 42(5): 25-32.
- [6] 刘虹佑, 马燕, 吴其超, 等. 濒危植物泰山柳种内与种间的竞争关系[J]. 森林与环境学报, 2020, 40(2): 178-183.
- [7] 张准霞. 寒温带兴安落叶松林林木竞争关系研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2019.
- [8] 潘磊磊, KWON SEMYUNG, 刘艳书, 等. 沙地樟子松天然林南缘分布区林木竞争、空间格局及其更新特征[J]. 生态学报, 2019, 39(10): 3687-3699.
- [9] 罗梅, 陈绍志. 不同龄组长白落叶松种内及种间竞争研究[J]. 北京林业大学学报, 2018, 40(9): 33-44.
- [10] 洪维, 廖宇杰, 陈富强, 等. 龙眼洞林场红椎人工林林下植物组成研究[J]. 林业与环境科学, 2020, 36(6): 63-70.
- [11] ZHANG Z, QI Y, DING X, et al. Relationship between the stoichiometric characteristics and leaf functional traits of *Castanopsis hystrix* in different ages[J]. 林业与环境科学, 2020, 36(2): 1-6.
- [12] 黄义林, 张中瑞, 丁晓纲, 等. 施肥对红椎幼苗叶功能性状的影响[J]. 林业与环境科学, 2018, 34(4): 115-118.
- [13] 许恒, 刘艳红. 珍稀濒危植物梓叶槭种群径级结构与种内种间竞争关系[J]. 西北植物学报, 2018, 38(6): 1160-1170.
- [14] 马志波, 黄清麟, 庄崇洋, 等. 基于分层的典型中亚热带天然阔叶林林木竞争关系研究[J]. 林业科学研究, 2018, 31(2): 1-10.
- [15] 陈诗, 海鑫, 史训旺, 等. 宝天曼马尾松和榿栎混交林的竞争关系分析[J]. 西南林业大学学报(自然科学), 2018, 38(2): 10-15.
- [16] 汪清, 潘萍, 欧阳勋志, 等. 马尾松-木荷不同比例混交林种内和种间竞争强度[J]. 生态学杂志, 2021, 40(1): 49-57.
- [17] 许伟兵, 李保彬, 庞晓峰, 等. 黧蒴萌芽林改造中树种生长与林分结构的关系分析[J]. 林业与环境科学, 2019, 35(3): 1-6.