

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201610005

引文格式: 游娟, 林乐乐, 谢磊, 等. 鹦哥岭海南五针松的种内和种间竞争 [J]. 广西植物, 2017, 37(6):776-782

YOU J, LIN LL, XIE L, et al. Interspecific and intraspecific competitions of *Pinus fenzeliana* in Yinggeling, Hainan Province [J]. Guihaia, 2017, 37(6): 776-782

## 鹦哥岭海南五针松的种内和种间竞争

游娟, 林乐乐, 谢磊, 崔国发\*

(北京林业大学, 北京 100083)

**摘要:** 为了探讨海南五针松群落内物种间的竞争关系, 该研究通过对海南鹦哥岭国家级自然保护区海南五针松群落内 56 株对象木及 442 株伴生种竞争木的调查, 运用 Hegyi 的单木竞争模型分析其种内和种间竞争强度。结果表明: 海南五针松的种内和种间竞争强度分别为 31.31% 和 68.69%, 说明竞争主要来自种间。海南五针松伴生种较多, 种内与主要伴生种间的竞争关系为海南五针松>线枝蒲桃>海桐山矾>五列木>印度锥>杏叶柯>红鳞蒲桃>海南猴欢喜>毛棉杜鵑>蒲桃>木荷。竞争强度随海南五针松胸径的增大而减小, 当海南五针松的胸径到达 35 cm 时, 竞争强度变化很小, 二者符合幂函数关系 ( $CI=aD^b$ ), 所得模型能很好的预测海南五针松的种内和种间竞争强度。根据竞争模型预测, 在海南五针松胸径达到 35 cm 之前, 应对严重影响其生长的伴生种进行修枝或择伐, 以保证其获得足够的生存资源, 达到保护这一物种的目的。

**关键词:** 鹦哥岭, 海南五针松, 种内竞争, 种间竞争, 竞争指数

**中图分类号:** Q948.12 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2017)06-0776-07

## Interspecific and intraspecific competitions of *Pinus fenzeliana* in Yinggeling, Hainan Province

YOU Juan, LIN Le-Le, XIE Lei, CUI Guo-Fa\*

(Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** To clarify the competition of *Pinus fenzeliana* community, we investigated the intra- and interspecific competition of *P. fenzeliana* in the Hainan Yinggeling Natural Reserve, using Hegyi individual competition indices ( $CI$ ) model. The competition intensity was analyzed from the 56 objective trees and 442 concomitant competitive trees within the *P. fenzeliana* community. The results were as follows: The intra- and interspecific competition intensities of *P. fenzeliana* accounted for 31.31% and 68.69% respectively in the total competition intensity, indicating a remarkable effect of interspecific competition. The value of the main competition intensity was laid out in numerical order, i.e., *P. fenzeliana*> *Syzygiumar aiocladum*> *Symplocos heishanensis*> *Pentaphylax euryoides*> *Castanopsis indica*> *Lithocarpus amygdalifolius*> *Syzygium hancei*> *Sloanea hainanensis*> *Rhododendron moulmainense*> *Syzygium jambos*> *Schima superba*. Notably, the competition intensity of *Pinus fenzeliana* decreased inversely with the growth of the DBH, when the diameter of the *P. fenzeliana* reaches 35 cm, the competition intensity changes very little, and the relationship between the forest stand competition intensity and DBH of the target trees follows the power function ( $CI=aD^b$ ). In conclusion, this model could effectively predict the intraspecific and interspecific competitions of *P. fenzeliana*. According to the competition model, to ensure enough survival re-

收稿日期: 2016-11-08 修回日期: 2016-12-21

基金项目: 北京林业大学青年教师科学研究中长期项目 (2015ZCQ-BH-03) [Supported by the Mid- and Long-Term Program of Young Teachers' Scientific Research in Beijing Forestry University (2015ZCQ-BH-03)]。

作者简介: 游娟 (1990-), 女, 重庆涪陵人, 硕士研究生, 主要研究方向为生物多样性保护与利用, (E-mail) xiaobj@163.com。

\*通信作者: 崔国发, 教授, 博士生导师, 研究方向为珍稀濒危植物保育拯救和自然保护区规划设计等, (E-mail) fa6716@163.com。

sources for *P. fenzeliana* and achieve the purpose of protecting this species, the companion which strongly influence *P. fenzeliana* should be pruned or thinned before DBH of *P. fenzeliana* reached 35 cm.

**Key words:** Yinggeling, *P. fenzeliana*, intraspecific competition, interspecific competition, competition index

竞争现象在自然群落中普遍存在,作用在种群上,将影响其空间分布、动态和群落的物种多样性 (Weiner, 1990; Yokozawa et al, 1998)。植株之间的竞争本质上是对共同需要的有限资源环境的抢夺,作用在个体上就是被选择与淘汰,这种争夺在同种间表现为自疏现象,在异种间表现为种间竞争 (李博等, 1998)。而作为植物种内和种间相互作用的主要表现形式 (孙嘉男等, 2010), 竞争的最终结果是使相邻植株达到相对稳定的最佳生态位 (金则新等, 2004)。在早期有关物种保护的研究中, 已有学者尝试运用竞争模型进行了探索 (Schoener, 1983)。之后相继出现了包括不同竞争模型在具体应用中的对比 (段仁燕等, 2007; 张跃西, 1993), 以及不同林型和一些濒危植物与伴生种竞争关系的研究 (段仁燕, 2005; 马世荣等, 2012; 孙澜等, 2008; 吴巩固和王政权, 2000; 张思玉和郑群, 2001)。

海南五针松 (*Pinus fenzeliana*), 也称海南松、粤松、海南五须松、油松、葵花松, 为松科松属常绿乔木, 中国特有植物, 在 IUCN 名录中濒危等级为易危 (VU), 主要生长在海南、广西、贵州等地的天然针阔混交林中。由于历史原因以及海南五针松对生境的要求严格, 其自然更新困难, 林下幼苗稀少, 天然种群面积不断减少。但目前对于海南五针松的研究报道甚少, 仅见部分学者对其局部分布区的野外初步踏查 (魏永久, 2015)、采伐迹地的更新状况 (张家贤, 1981)、局部地区的分布与生长特性 (陈美高, 1991)、人工林分生物量 (张家贤, 1988) 和引种栽培 (张青和欧阳寻, 2009) 等方面做了简要介绍, 而有关海南五针松群落内物种竞争关系的探索尚未见有报道。本研究以海南五针松为对象, 采用 Hegyi 单木竞争模型分析其种内和种间的竞争关系, 探索其种群数量减少的原因, 为海南五针松的有效保护提供参考。

## 1 研究地区概况

海南鹦哥岭国家级自然保护区位于海南省白沙黎族自治县, 地理坐标在 109°11'~109°34' E, 18°49'~19°08' N 之间, 海拔 170~1 812 m。年均降水量在

1 800~2 700 mm, 各季节不均匀。年平均气温 22~27 °C, 属于热带海洋性季风气候。海南五针松的自然种群主要生长在海拔 1 000~1 600 m 范围内的阴坡、半阴坡。群落内乔木层的主要优势种有海桐山矾 (*Symplocos heishanensis*)、杏叶柯 (*Lithocarpus amygdalifolius*), 海南五针松 (*Pinus fenzeliana*)、线枝蒲桃 (*Syzygium araiocladum*)、印度锥 (*Castanopsis indica*) 等。林下灌木层主要有紫毛野牡丹 (*Melastoma penicillatum*)、林仔竹 (*Oligostachyum nuspiculum*) 及一些乔木幼苗。而由于林间郁闭度较高, 草本层种类较少, 主要有蔓九节 (*Psychotria serpens*)、切边铁角蕨 (*Asplenium excisum*) 等。

## 2 研究方法

### 2.1 数据采集

海南五针松目前在野外多零星分布, 在多次野外实地考察的基础上, 选择其较集中分布的地段作为样地, 共计样地 12 个, 每个样地的面积为 20 m × 20 m。在以往乔木树种的竞争研究中, 发现乔木树种的最适竞争范围与自然状态下其林窗大小相吻合。是以树种不同, 为反应其真实竞争关系, 确定的样圆半径也有所差异。项小燕等 (2015) 在对大别山五针松的竞争研究中, 将样圆半径确定为 8 m。段仁燕等 (2008) 探讨黄山松所受不同竞争范围的竞争强度时, 确定其最适样圆半径为 5 m。笔者根据实地调查发现海南五针松自然状态下的林窗半径约为 9 m, 因此以海南五针松为中心测量半径为 9 m 的样圆内全部乔木 ( $H > 1.3$  m) 的胸径、树高及与海南五针松之间的距离, 并标记以免重复。样圆内的海南五针松为研究对象木, 竞争木根据树冠接触程度、遮荫状况、以及树高和距离比等依据来确定。

### 2.2 数据分析

在众多竞争指数中, Hegyi 提出的单木竞争模型因其在野外调查过程中相对便捷, 得到广泛运用 (李尤等, 2006; 马世荣等, 2012; 张池等, 2006)。本研究采取此方法探讨海南五针松群落内物种间的竞争关系。计算公式:

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

表 1 对象木及竞争木概况  
Table 1 Status of objective trees and competitors

| 径级<br>Diameter scale<br>(cm) | 对象木 Objective tree |                                |                                  | 竞争木 Competitor |                                |                                  |
|------------------------------|--------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------------------------|
|                              | 株数 Number          | 平均胸径<br>Average of DBH<br>(cm) | 平均树高<br>Average of height<br>(m) | 株数 Number      | 平均胸径<br>Average of DBH<br>(cm) | 平均树高<br>Average of height<br>(m) |
| <5                           | 8.00               | 3.40                           | 2.30                             | 51.00          | 4.55                           | 4.39                             |
| 5~10                         | 9.00               | 7.60                           | 5.18                             | 174.00         | 6.96                           | 5.84                             |
| 10~15                        | 4.00               | 12.33                          | 7.73                             | 78.00          | 12.42                          | 8.15                             |
| 15~20                        | 5.00               | 17.76                          | 8.00                             | 62.00          | 17.53                          | 8.74                             |
| 20~25                        | 4.00               | 22.78                          | 11.25                            | 24.00          | 22.53                          | 11.52                            |
| 25~30                        | 9.00               | 27.17                          | 13.09                            | 24.00          | 27.31                          | 11.05                            |
| 30~35                        | 5.00               | 32.90                          | 16.10                            | 12.00          | 32.32                          | 12.54                            |
| 35~40                        | 4.00               | 37.65                          | 17.00                            | 6.00           | 37.30                          | 12.33                            |
| >40                          | 8.00               | 55.64                          | 19.75                            | 11.00          | 44.23                          | 14.86                            |
| 合计 Total                     | 56.00              | —                              | —                                | 442.00         | —                              | —                                |

表 2 海南五针松的种内和种间竞争强度  
Table 2 Intraspecific and interspecific competition intensities of *Pinus fenzeliana*

| 径级<br>Diameter scale<br>(cm) | 株数<br>Number | 种内竞争 Intraspecific competition |                         | 种间竞争 Interspecific competition |                         |
|------------------------------|--------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|
|                              |              | 竞争指数<br>Competitive index (CI) | 平均竞争指数<br>Average of CI | 竞争指数<br>Competitive index (CI) | 平均竞争指数<br>Average of CI |
| <5                           | 8.00         | 58.81                          | 7.35                    | 81.14                          | 10.14                   |
| 5~10                         | 9.00         | 19.34                          | 2.15                    | 121.03                         | 13.45                   |
| 10~15                        | 4.00         | 14.74                          | 3.69                    | 16.42                          | 4.11                    |
| 15~20                        | 5.00         | 19.27                          | 3.85                    | 46.23                          | 9.25                    |
| 20~25                        | 4.00         | 17.54                          | 4.39                    | 24.74                          | 6.19                    |
| 25~30                        | 9.00         | 14.32                          | 1.59                    | 36.35                          | 4.04                    |
| 30~35                        | 5.00         | 7.88                           | 1.58                    | 9.72                           | 1.94                    |
| 35~40                        | 4.00         | 4.26                           | 1.07                    | 5.65                           | 1.41                    |
| >40                          | 8.00         | 4.23                           | 0.53                    | 10.67                          | 1.33                    |
| 合计 Total                     | 56.00        | 160.39                         | —                       | 351.95                         | —                       |

式中, $CI$  为竞争指数; $D_i$  为对象木胸径, $D_j$  为竞争木胸径; $L_{ij}$ 为对象木和竞争木之间的距离; $N$  为竞争木的株数。

在 Excel 中计算出单木间的竞争指数后,分别统计得到海南五针松种内总竞争指数和种间总竞争指数。指数值越大,则表明对象木所受竞争越剧烈。然后在 SPSS 中对海南五针松的胸径和竞争指数进行回归拟合,得到最优模型。

3 结果与分析

3.1 对象木与竞争木概况

本研究共计调查海南五针松 56 株,测得其胸径最小 2 cm,最大 80.5 cm,平均 23.74 cm;竞争木胸径最小 36 cm,最大 49.3 cm,平均 13.10 cm。将海南五针松与其竞争木按径级大小分组。详细信息见表 1。

表 3 伴生种竞争木的组成及其竞争指数

Table 3 Species composition of concomitant competitive trees and competition intensities

| 种名<br>Species                             | 株数<br>Number | 比例<br>Percentage<br>(%) | 平均胸径<br>Average of DBH<br>(cm) | 平均高度<br>Average of<br>height (m) | 竞争指数<br>CI | 平均竞争指数<br>Average of CI |
|-------------------------------------------|--------------|-------------------------|--------------------------------|----------------------------------|------------|-------------------------|
| 线枝蒲桃 <i>Syzygium araiocladum</i>          | 59           | 13.35                   | 15.99                          | 7.83                             | 61.43      | 1.04                    |
| 海桐山矾 <i>Symplocos heishanensis</i>        | 84           | 19.00                   | 10.79                          | 7.80                             | 52.29      | 0.62                    |
| 五列木 <i>Pentaphylax euryoides</i>          | 19           | 4.30                    | 8.72                           | 5.65                             | 30.72      | 1.62                    |
| 印度锥 <i>Castanopsis indica</i>             | 39           | 8.82                    | 19.58                          | 9.79                             | 30.45      | 0.78                    |
| 杏叶柯 <i>Lithocarpus amygdalifolius</i>     | 35           | 7.92                    | 17.70                          | 9.12                             | 29.54      | 0.84                    |
| 红鳞蒲桃 <i>Syzygium hancei</i>               | 8            | 1.81                    | 19.84                          | 7.44                             | 22.97      | 2.87                    |
| 海南猴欢喜 <i>Sloanea hainanensis</i>          | 17           | 3.85                    | 5.94                           | 4.31                             | 18.97      | 1.12                    |
| 毛棉杜鹃 <i>Rhododendron moulmainense</i>     | 25           | 5.66                    | 6.45                           | 5.22                             | 15.31      | 0.61                    |
| 蒲桃 <i>Syzygium jambos</i>                 | 1            | 0.23                    | 28.80                          | 9.00                             | 8.21       | 8.21                    |
| 木荷 <i>Schima superba</i>                  | 13           | 2.94                    | 10.35                          | 5.99                             | 8.06       | 0.62                    |
| 厚皮树 <i>Lannea coromandelica</i>           | 9            | 2.04                    | 25.94                          | 12.39                            | 6.02       | 0.67                    |
| 竹叶青冈 <i>Cyclobalanopsis bambusaefolia</i> | 2            | 0.45                    | 13.80                          | 7.00                             | 4.90       | 2.45                    |
| 华南毛柃 <i>Eurya ciliata</i>                 | 14           | 3.17                    | 14.39                          | 7.21                             | 4.82       | 0.34                    |
| 潺槁木姜子 <i>Litsea glutinosa</i>             | 8            | 1.81                    | 12.45                          | 6.06                             | 4.67       | 0.58                    |
| 大果山杜英 <i>Elaeocarpus poilanei</i>         | 2            | 0.45                    | 6.20                           | 5.00                             | 4.44       | 2.22                    |
| 尾叶柯 <i>Lithocarpus caudatilimbus</i>      | 3            | 0.68                    | 4.87                           | 4.33                             | 3.94       | 1.31                    |
| 细刺栲 <i>Castanopsis tonkinensis</i>        | 1            | 0.23                    | 14.60                          | 11.00                            | 3.86       | 3.86                    |
| 猴欢喜 <i>Sloanea sinensis</i>               | 4            | 0.90                    | 5.70                           | 4.88                             | 3.40       | 0.85                    |
| 樟叶朴 <i>Celtis cinnamomea</i>              | 1            | 0.23                    | 13.40                          | 7.00                             | 2.83       | 2.83                    |
| 厚叶琼楠 <i>Beilschmiedia percoriacea</i>     | 3            | 0.68                    | 6.93                           | 5.50                             | 2.52       | 0.84                    |
| 肖蒲桃 <i>Acmena acuminatissima</i>          | 1            | 0.23                    | 6.00                           | 3.40                             | 2.34       | 2.34                    |
| 饭甗青冈 <i>Cyclobalanopsis fleuryi</i>       | 3            | 0.68                    | 9.63                           | 7.67                             | 2.28       | 0.76                    |
| 海南蒲桃 <i>Syzygium cumini</i>               | 3            | 0.68                    | 12.13                          | 7.50                             | 2.25       | 0.75                    |
| 钝齿木荷 <i>Schima crenata</i>                | 2            | 0.45                    | 17.40                          | 6.00                             | 2.20       | 1.10                    |
| 两广冬青 <i>Ilex austro-sinensis</i>          | 5            | 1.13                    | 10.16                          | 7.60                             | 1.73       | 0.35                    |
| 子凌蒲桃 <i>Syzygium championii</i>           | 3            | 0.68                    | 7.43                           | 7.33                             | 1.71       | 0.57                    |
| 隐脉红淡比 <i>Cleyera obscurinervis</i>        | 2            | 0.45                    | 18.25                          | 7.75                             | 1.54       | 0.77                    |
| 柳叶山黄皮 <i>Aidia merrillii</i>              | 3            | 0.68                    | 30.53                          | 11.33                            | 1.50       | 0.50                    |
| 琼楠 <i>Beilschmiedia intermedia</i>        | 2            | 0.45                    | 41.85                          | 12.50                            | 1.30       | 0.65                    |
| 阔叶蒲桃 <i>Syzygium latilimbum</i>           | 2            | 0.45                    | 7.90                           | 6.50                             | 1.21       | 0.60                    |
| 其他 33 种 Other 33 species                  | 69           | 15.61                   | 10.75                          | 7.36                             | 14.57      | 0.21                    |
| 合计 Total                                  | 442          | 100                     | —                              | —                                | 351.95     | —                       |

由于鹦哥岭气候环境独特、物种丰富,是以竞争木种类较多。本研究共调查伴生种竞争木 63 种 442 株,胸径在 5~20 cm 范围内的最多,共计 314 株,占总数的 71.04%。

3.2 海南五针松的种内和种间竞争

海南五针松受到的种内竞争总强度为 160.39,种间竞争总强度为 351.95,种间竞争强度远大于种内竞争强度,说明海南五针松的竞争主要来自种间(表

2)。表 2 可以看出,对于单株植物而言,对象木所受的竞争强度同径级及竞争木的植株数量密切相关。

在海南五针松的生长过程中,与其伴生种为争夺环境资源产生种间竞争,而不同种类的竞争木对其产生的竞争强度有显著差异。共调查伴生种竞争木 63 种,其中竞争力最大的是线枝蒲桃,竞争指数为 61.43,竞争最小的是狗骨柴(*Diplospora dubia*),竞争指数仅为 0.01,竞争木的详细信息见表 3。此外,由于海桐山矾和印度锥在群落中数目较多且个体较大也对海南五针松产生了较大的竞争压力,竞争指数分别为 52.29 和 30.45;五列木因与海南五针松距离较近也对其产生了重要影响,竞争指数为 30.72。海南五针松种间的竞争顺序依次为线枝蒲桃>海桐山矾>五列木>印度锥>杏叶柯>红鳞蒲桃>海南猴欢喜>毛棉杜鹃>蒲桃>木荷。

3.3 海南五针松胸径与竞争指数的关系及其预测

为研究海南五针松个体大小与所受竞争指数的关系,以海南五针松胸径为自变量,竞争指数为因变量,对竞争指数与海南五针松胸径间的关系采用幂函数、线性、对数、双曲线等多种数学公式进行回归拟合。结果显示,对于海南五针松胸径与整个林分(图 2)、海南五针松胸径与全部伴生种(图 3)竞争指数的关系,幂函数的相关系数最大,是以幂函数为其较优回归模型,即: $CI=aD^b$

式中, $CI$  为竞争强度, $D$  为海南五针松胸径, $a$  和  $b$  为模型参数,显著性检验结果均到达显著水平(表 4)。而海南五针松个体之间的竞争指数和线枝蒲桃对海南五针松的竞争指数与对象木胸径间的相关性并不明显,可能是由于各样方间竞争木出现的不均匀性,以及样本量偏少的原因。

通过对 56 株海南五针松胸径与所受到的伴生树种及整个林分的竞争压力间关系的预测发现(表 5),随着海南五针松个体的生长,其胸径增大,竞争指数越来越小,当胸径大于 35 cm 时,竞争指数趋于稳定,这与上述研究结论一致(图 1,图 2),表明所得模型能够很好的预测海南五针松的竞争强度。

4 讨论与结论

Hegyi 单木竞争指数主要考虑的是植株大小和生长密度两个因子,反映的是个体对于资源的竞争。本研究表明,海南五针松所受的种内竞争总强度为 160.39, 占总强度的 31.31%, 种间竞争总强度

表 4 竞争强度与海南五针松的胸径模型参数  
Table 4 Model parameters of competition intensity and DBH of *Pinus fenzeliana*

| 项目 Item                                              | 类别 Sort  |          |                       |                  |
|------------------------------------------------------|----------|----------|-----------------------|------------------|
|                                                      | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>R</i> <sup>2</sup> | 显著性 Significance |
| 海南五针松与整个林分<br><i>P. fenzeliana</i> and stand         | 50.533   | -0.754   | 0.51                  | <i>P</i> <0.01   |
| 海南五针松与伴生树种<br><i>P. fenzeliana</i> and other species | 34.843   | -0.786   | 0.463                 | <i>P</i> <0.01   |

表 5 海南五针松竞争强度与对象木胸径的模型预测  
Table 5 Model prediction of interspecific competition index and DBH in *Pinus fenzeliana*

| 径级 Diameter (cm) | 海南五针松与整个林分<br><i>P. fenzeliana</i> and stand | 海南五针松与伴生树种<br><i>P. fenzeliana</i> and other species |
|------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <5               | 20.08                                        | 13.32                                                |
| 5~10             | 10.95                                        | 7.08                                                 |
| 10~15            | 7.60                                         | 4.84                                                 |
| 15~20            | 5.77                                         | 3.63                                                 |
| 20~25            | 4.79                                         | 2.99                                                 |
| 25~30            | 4.19                                         | 2.60                                                 |
| 30~35            | 3.63                                         | 2.24                                                 |
| 35~40            | 3.28                                         | 2.01                                                 |
| >40              | 2.44                                         | 1.48                                                 |

为 351.95, 占总竞争强度的 68.69%, 来自种间的竞争强度远大于种内竞争强度, 即海南五针松的竞争压力主要来自种间, 这与云南红豆杉(李帅锋等, 2013)、东北红豆杉(刘彤等, 2007)、大别山五针松(项小燕等, 2015)、宝华玉兰(蒋国梅等, 2010)的近况相似, 但在海南五针松生长动态过程中, 自疏作用和它疏作用所占比例不断变化, 共同产生作用。

群落内物种的生态习性越相近、生态位重叠幅度越大, 对相同资源就越有可能相互争夺, 就意味着竞争越激烈(孙澜等, 2008)。本研究调查的竞争木共有 63 种, 与海南五针松竞争的种类较多, 其中线枝蒲桃、海桐山矾、五列木、印度锥、杏叶柯等是海南五针松的主要竞争树种, 线枝蒲桃是由于其紧邻海南五针松生长, 不可避免的产生较为强烈的竞争。

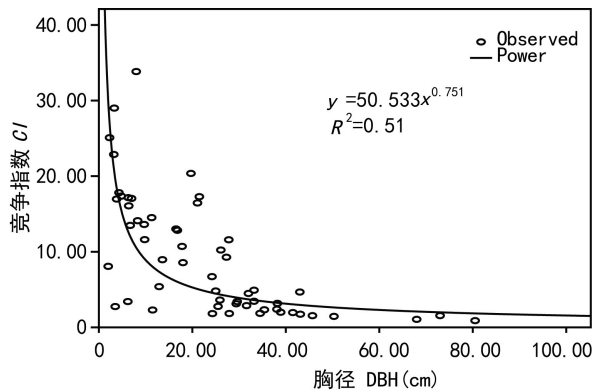


图 1 海南五针松胸径与整个林分的竞争指数关系

Fig. 1 Relationship between DBH of *Pinus fenzeliana* and competition index of the stand

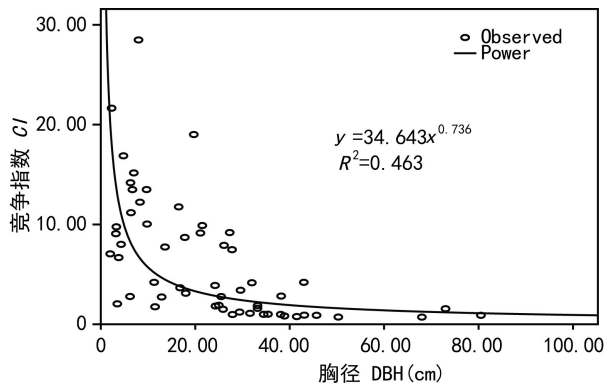


图 2 海南五针松胸径与全部伴生种的竞争指数关系

Fig. 2 Relationship between DBH of *Pinus fenzeliana* and intraspecific competition

通过竞争强度与海南五针松的胸径模型预测显示,随海南五针松胸径的增长,其所受竞争强度逐渐减小,当海南五针松胸径大于 35 cm 时,随径级的进一步增大其竞争强度变化不明显。这是由于随着个体的生长,海南五针松逐渐在其群落中占据优势,获取较多的光照和空间,个体竞争能力增强,从而受到其伴生种的竞争压力减小。

在调查中发现,海南五针松幼苗少见,且有枯死现象,现存种群多为成年个体,这可能是由于目前其种子败育率较高,且受松鼠等动物采食的影响,以及海南五针松幼苗期遭受来自其他树种对资源的争夺剧烈,不能获得足够的光照与空间。根据海南五针松群落内竞争强度的研究结果及其种群缺乏幼苗幼树,年龄结构不合理的现状,应对海南五针松的天然

林采取必要的抚育措施。对野外种子难以萌发,可尝试进行人工繁育,而因海南五针松幼苗喜光,应适当开辟林窗或选择合适地点移栽。另根据竞争模型预测结果,在海南五针松胸径达到 35 cm 之前,可对其生长的伴生树种,如线枝蒲桃、海桐山矾和五列木等进行修枝或择伐,以保证其获得足够的生存资源,达到保护这一物种,扩大其种群的目的。

## 参考文献:

- CHEN GM, 1991. The distribution and grow characteristics of *Pinus fenzeliana* in Hunan [J]. Hunan Forestry Sci Technol, 1(2): 45. [陈美高, 1991. 海南五针松在湖南的分布与生长特性 [J]. 湖南林业科技, 1(2): 45.]
- DUAN RY, 2005. Study on neighborhood interference and Competition characters of *Larix chinensis* [D]. Xi'an: Shaanxi Normal Univ; 18-21 [段仁燕, 2005. 太白红杉邻体干扰与竞争特性的研究 [D]. 西安: 陕西师范大学; 18-21.]
- DUAN RY, HUANG MY, WU GL, et al, 2008. Intraspecific and interspecific competition in *Larix chinensis* [J]. Guihaia, 28(1): 78-81. [段仁燕, 黄敏毅, 吴甘霖, 等, 2008. 天柱山黄山松种内与种间竞争的研究 [J]. 广西植物, 28(1): 78-81.]
- DUAN RY, WANG XA, TU YB, et al, 2007. Improvement of the neighborhood competition method of *Larix chinensis* [J]. J Lanzhou Univ (Nat Sci Ed), 43(04): 37-41. [段仁燕, 王孝安, 涂云博, 等, 2007. 太白红杉邻体竞争研究方法的改进 [J]. 兰州大学学报(自然科学版), 43(04): 37-41.]
- JIANG GM, SUN G, ZHANG GF, et al, 2010. Intra- and interspecific competition of endangered plant *Magolia zenii* [J]. Chin J Ecol, 29(2): 201-206. [蒋国梅, 孙国, 张光富, 等, 2010. 濒危植物宝华玉兰种内与种间竞争 [J]. 生态学杂志, 29(2): 201-206.]
- JIN ZX, ZHUN XY, LIN HQ, 2004. Intraspecific and interspecific competition in *Castanopsis eyrei* in Tiantai Mountain of Zhejiang Province [J]. Chin J Ecol, 23(2): 22-25. [金则新, 朱小燕, 林恒琴, 2004. 浙江天台山甜槠种内与种间竞争研究 [J]. 生态学杂志, 23(2): 22-25.]
- LI B, CHEN JK, WATKINSON AR, 1998. A literature review on plant competition [J]. Chin Bull Bot, 15(4): 20-31. [李博, 陈家宽, A.R. 沃金森, 1998. 植物竞争研究进展 [J]. 植物学通报, 15(4): 20-31.]
- LI SF, LIU WD, SU JR, et al, 2013. Intra-and interspecific competitions of *Taxus yunnanensis* population in Jinsha River Basin of northwest Yunnan Province, Southwest China [J]. Chin J Ecol, 32(1): 33-38. [李帅锋, 刘万德, 苏建荣, 等, 2013. 滇西北金沙江流域云南红豆杉种群种内与种间竞争 [J]. 生态学杂志, 32(1): 33-38.]
- LI Y, SU ZX, ZHANG SL, et al, 2006. Intraspecific and interspecific competition in *Davidia involucrata* (Davidiaceae) Community [J]. Acta Bot Yunnan, 28(6): 625-630. [李尤, 苏智先, 张素兰, 等, 2006. 珙桐群落种内与种间竞争研究 [J]. 云南植物研究, 28(6): 625-630.]
- LIU T, LI YL, ZHOU ZQ, et al, 2007. Intraspecific and interspecific competition of *Japanese yew* (*Taxus cuspidata*) [J]. Acta Ecol Sin, 27(3): 924-929. [刘彤, 李云灵, 周志强, 等, 2007. 天然东北红豆杉 (*Taxus cuspidata*) 种内和种间竞争

- [J]. 生态学报, 27(3): 924-929.]
- MA SR, ZHANG XB, GUO XQ, et al, 2012. Intraspecific and interspecific competition of tree layers in natural *Pinus tabulaeformis* forest in Ziwuling mountains [J]. Acta Bot Boreal-Occident Sin, 32(9): 1882-1887. [马世荣, 张希彪, 郭小强, 等, 2012. 子午岭天然油松林乔木层种内与种间竞争关系研究 [J]. 西北植物学报, 32(9): 1882-1887.]
- Schoener TW, 1983. Field experiments on interspecific competition [J]. Am Nat, 122(2): 240-279.
- SU L, SU ZX, ZHANG SL, et al, 2008. Intra-and inter-specific competition intensities in *Pinus massoniana*-*Symplocos szechuensis* mixed plantation [J]. Chin J Ecol, 27(8): 1274-1278. [孙澜, 苏智先, 张素兰, 等, 2008. 马尾松-川灰木人工混交林种内、种间竞争强度 [J]. 生态学杂志, 27(8): 1274-1278.]
- SUN JN, WANG XA, GUO H, et al, 2010. Competitive relationships of dominant tree species in *Pinus tabulaeformis* f. shekanensis community on Loess Plateau [J]. Chin J Ecol, 29(11): 2162-2167. [孙嘉男, 王孝安, 郭华, 等, 2010. 黄土高原柴松群落优势乔木树种的竞争关系 [J]. 生态学杂志, 29(11): 2162-2167.]
- WEI YJ, 2015. Preliminary study on endangered plant of *Pinus fenzeliana* [D]. Beijing: Beijing Forestry University: 11-30. [魏永久, 2015. 濒危植物海南五针松初步调查研究 [D]. 北京: 北京林业大学: 11-30.]
- WEINER J, 1990. Asymmetric competition in plant populations [J]. Terends Ecol Evol, 5(11): 360-364.
- WU GS, WANG ZQ, 2000. Individual tree growth-competition model in mixed plantation of manchurianash and dahurian larch [J]. Chin J Appl Ecol, 11(5): 646-650. [吴巩固, 王政权, 2000. 水曲柳落叶松人工混交林中树木个体生长的竞争效应模型 [J]. 应用生态学报, 11(5): 646-650.]
- XIANG XY, WU GL, DUAN RY, et al, 2015. Intraspecific and interspecific competition of *Pinus dabeshanensis* [J]. Acta Ecol Sin, 35(2): 389-395. [项小燕, 吴甘霖, 段仁燕, 等, 2015. 大别山五针松种内和种间竞争强度 [J]. 生态学报, 35(2): 389-395.]
- YOKOZAWA M, KUBOTA Y, HARA T, et al, 1998. Effects of competition mode on spatial patten dynamics in plant communities [J]. Ecol Model, 106(1): 1-16.
- ZHANG C, HUANG ZL, LI J, et al, 2006. Quantitative relationships of intra- and interspecific competition in *Cryptocarya concinna* [J]. Chin J Appl Ecol, Jan, 17(1): 22-26. [张池, 黄忠良, 李炯, 等, 2006. 黄果厚壳桂种内与种间竞争的数量关系 [J]. 应用生态学报, 17(1): 22-26.]
- ZHANG JX, 1981. The slash survey of *Pinus fenzeliana* [J]. Guizhou For Sci & Technol, (1): 29-31. [张家贤, 1981. 海南五针松采伐迹地更新调查 [J]. 贵州林业科技(1): 29-31.]
- ZHANG JX, 1998. A study on the biomass and production of *Pinus fenzeliana* forest [J]. Acta Phytoecol Sin, 12(01): 64-69. [张家贤, 1988. 海南五针松人工林分生物量的研究 [J]. 植物生态学与地植物学报, 12(1): 64-49.]
- ZHANG Q, OU YX, 2009. Introduction, development and utilization of *Pinus fenzeliana* [J]. Mod Agric Technol, (11): 91-92. [张青, 欧阳寻, 2009. 海南五针松的引种及开发利用 [J]. 现代农业科技, (11): 91-92.]
- ZHANG SY, ZHENG SQ, 2001. Quantitive study on intraspecific and interspecific competition for dominant population of evergreen broad-leaved forest in Bijia Mountain [J]. Sci Silv Sin, 37(S1): 185-188. [张思玉, 郑世群, 2001. 笔架山常绿阔叶林优势种群种内种间竞争的数量研究 [J]. 林业科学, 37(S1): 185-188.]
- ZHANG YX, 1993. Appliction and improvement of the neighborhood interference model [J]. Acta Phytoecol Sin, 17(4): 352-357. [张跃西, 1993. 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, 17(4): 352-357.]
- The state forestry administration of the People's Republic of China, 2009. Planning outline of Rescue and Conservation on Minimum population species in Yunnan Province(2010-2020) [R]. Beijing: National Development and Reform Commission. [国家林业局, 2009. 云南省极小种群物种拯救保护规划纲要(2010-2020)北京: 国家发展改革委员会.]
- ZHANG Y, ZHANG JJ, KANG WY, et al, 2014. Advances of chemical constituents and pharmacological activities of *Myristica* genus [J]. Chin J Chin Mat Med, 39(13): 2438-2449. [张勇, 张娟娟, 康文艺, 等, 2014. 肉豆蔻属植物化学成分和药理活性研究进展 [J]. 中国中药杂志, 39(13): 2438-2449.]
- ZHU H, WANG H, LI BG, et al, 2015. Studies on the forest vegetation of Xishuangbanna [J]. Plant Sci J, 33(5): 641-726. [朱华, 王洪, 李保贵, 等, 2015. 西双版纳森林植被研究 [J]. 植物科学学报, 33(5): 641-726.]

( 上接第 790 页 Continue from page 790 )