

中亚热带格氏栲天然林幼苗竞争强度研究

何中声^a, 刘金福^{a*}, 洪伟^a, 郑世群^a, 吴承祯^a, 吴则焰^b, 牛杰^a, 林义君^a

(福建农林大学, a. 林学院; b. 生命科学学院, 福州 350002)

摘要: 采用 Hegyi 单木竞争指数模型对格氏栲幼苗种内和种间竞争强度进行定量分析。结果表明, 格氏栲幼苗种内竞争强度随幼苗高度的增加而逐渐减少。种间竞争强度的顺序为: 桂北木姜子 > 梨茶 > 黄润楠 > 毛鳞省藤 > 矩圆叶鼠刺 > 木荷 > 酸味子 > 狗骨柴 > 少叶黄杞 > 山黄皮 > 光叶山矾 > 沿海紫金牛 > 小叶赤楠 > 尖叶水丝梨 > 赤楠 > 草珊瑚 > 格氏栲 > 丝栗栲 > 杜茎山。阳生性树种竞争强度高, 高度优势明显; 阴生性树种或幼苗初期能耐荫的树种竞争强度低, 高度低且生长缓慢。竞争木对对象木的竞争强度与对象木高度服从幂函数分布, 竞争强度与对象木的高度呈显著负相关。对格氏栲幼苗种内与种间竞争强度进行了模拟和预测, 格氏栲幼苗初期的种内竞争强度处于中等水平, 随着高度的增加, 种内竞争强度逐渐减弱, 种间竞争强度越来越明显, 种群呈衰退趋势。格氏栲幼苗高度低于 125 cm 时应加强对其保护, 采取人工抚育措施促进生长, 提高格氏栲幼苗存活率; 格氏栲幼苗高度达到 125 cm 后, 竞争强度趋于稳定。

关键词: 格氏栲林; 幼苗; 种内竞争; 种间竞争; 中亚热带

中图分类号: Q948.122.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2011)03-0230-07

doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2011.03.007

Study on the Seedlings Competition Intensity in a Mid-subtropical *Castanopsis kawakamii* Nature Forest

HE Zhong-sheng^a, LIU Jin-fu^{a*}, HONG Wei^a, ZHENG Shi-qun^a,

WU Cheng-zhen^a, WU Ze-yan^b, NIU Jie^a, LIN Yi-jun^a

(a. College of Forestry; b. College of Life Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: The intraspecific and interspecific competitions intensity of *C. kawakamii* seedlings in *C. kawakamii* Nature Reserve were quantitatively analyzed by using Hegyi's competition index model. The results showed that the intraspecific competition intensity of *C. kawakamii* seedlings decreased gradually with increment of seedlings height. The interspecific competition intensity in *C. kawakamii* community was in order as *Litsea subcoriacea* > *Camellia octopetala* > *Machilus grijsii* > *Calamus thysanolepis* > *Itea oblonga* > *Schima superba* > *Antidesma japonicum* > *Diplospora dubia* > *Engelhardtia fenzelii* > *Clausena dentata* > *Syplocos lancifolia* > *Ardisia punctata* > *Syzygium buxifolium* > *Distyliopsis dunnii* > *Syzygium buxifolii* > *Chloranthus glabra* > *Castanopsis kawakamii* > *Castanopsis fargesii* > *Maesa japonica*. The competition intensities of heliophytes species were strong with obvious height advantage, while those of skiophytes species or seedlings with shade-tolerance at early growth stage were weak and grown slowly. The competition intensities between the competitive trees and the objective trees with the objective trees' height conformed to power function distribution which showed significantly negative correlation. At the same time, the intraspecific and interspecific competition intensities of *C. kawakamii* seedlings

收稿日期: 2010-08-17

接受日期: 2010-12-28

基金项目: 教育部博士点基金项目(200803890011); 博士后基金项目(20070410796); 福建省自然科学基金重点项目(2008J0008)资助

作者简介: 何中声(1985 ~), 男, 博士研究生, 主要从事野生动植物保护与利用研究, email: jxhs85@126.com

* 通讯作者 Corresponding author, email: fljlf@126.com

were also simulated and forecasted. The results showed that the intraspecific competition intensities of *C. kawakamii* seedlings at the early growth stage were at medium level. With the height of seedlings increasing, the intraspecific competition of *C. kawakamii* seedlings was weak gradually, while the interspecific competition of *C. kawakamii* seedlings obviously increased, and the *C. kawakamii* population had the tendency of deterioration. In order to improve the survival of *C. kawakamii* seedlings, the *C. kawakamii* seedlings should be protected strengthen and promoted growth by artificial cultivations when the seedling height were under 125 cm. The competition intensity of *C. kawakamii* seedlings tended to be stable when the height reached up to 125 cm.

Key words: *C. kawakamii* forest; Seedlings; Intraspecific competition; Interspecific competition; Mid-subtropical

植物竞争是自然界普遍存在的现象,是塑造植物形态、生活史以及植物群落结构和数量动态的主要动力之一^[1-2]。自20世纪60年代以来,许多学者为了更准确地定量分析林木竞争,相继提出许多描述林木间竞争强度的数学模型^[3-4],其中Hegyi^[5]提出的与距离有关的单木竞争模型,能较好地模拟植物种内、种间的竞争关系,得到了广泛应用。

格氏栲(*Castanopsis kawakamii* Hayata),又称吊皮锥,是中亚热带南缘特有的常绿阔叶高大乔木,自然分布区范围狭窄,在我国分布于福建、台湾、广东、广西、江西等地,多零星生长在海拔200~1000 m的常绿阔叶林中。由于人为破坏、自身生物学特性及其自然环境综合因素作用,格氏栲资源现已接近枯竭,目前在福建三明小湖地区大约有700 hm²以珍稀濒危植物格氏栲为优势的天然林分,是南亚热带雨林到中亚热带常绿阔叶林的过渡类型,实属罕见,堪称“世界格氏栲林”。格氏栲林有号称“凤毛麟角”的独特自然森林景观,自1958年郑万钧教授建议建立格氏栲自然保护区以来,受到许多学者的极大关注^[6-9],尤其是上世纪90年代以来,刘金福等^[10-15]先后对格氏栲种群的年龄结构、林窗干扰、物种竞争与多样性、物种演替规律与生态场等方面进行了系统的研究,为揭示格氏栲生态学濒危机制提供了参考依据,但如何保护格氏栲尚需进一步探讨其天然更新问题。通过实地调查研究,格氏栲种群中的一代树少,低龄级幼苗较多,高龄级幼苗少,探讨不同种幼苗之间竞争是否会影响格氏栲幼苗生长发育并可能导致其种群更新困难等问题非常必要,而有格氏栲幼苗竞争强度的研究尚未见报道。为此,本研究采用Hegyi单木竞争指数模型对格氏栲幼苗种内和种间竞争强度进行定量分析,探讨幼苗竞争对格氏栲幼苗生长的影响,为保护与持续开发利用珍稀格氏栲种质资源提供科学依据。

1 研究区自然概况

格氏栲天然林位于福建三明市郊西南部,面积近700 hm²,位于26°07′~26°10′N和117°24′~117°27′E,海拔180~604 m,属福建武夷山东伸支脉地带,东南为戴云山脉。该区气候属中亚热带季风型气候,年均温度为19.5℃,极端最低温为-5.5℃,最高温达40℃,≥10℃的年积温为6215℃;年均降雨量为1500 mm,3~8月的降雨量约为全年的75%;年平均相对湿度为79%,年平均风速为1.6 m s⁻¹;土壤类型主要为暗红壤,其次为红壤和紫色土,土层较厚,土层腐殖质丰富,水肥条件较好。植物种类丰富,群落类型多样,郁闭度高达0.8左右。格氏栲树冠常年浓绿,冠幅大,林相整齐,呈黄绿色,形成中亚热带常绿阔叶林所特有的外貌特征^[14-15]。

2 研究方法

2.1 野外调查

依据格氏栲自然保护区前期调查,保护区内格氏栲幼苗高度主要在2 m以下,高于2 m的格氏栲幼苗稀少。以格氏栲幼苗为对象木,共调查不同高度级的格氏栲幼苗对象木54株,采用坐标定位法测量其树高并编号。以选定对象木为中心,根据野外格氏栲幼苗高度并采用收获法对其根系分布进行调查,采用样圆法测量半径2 m以内(样圆面积为12.56 m²)所有竞争木高度以及竞争木与对象木之间距离,共调查主要竞争木1445株。

2.2 数据分析方法

采用单木竞争指数测定竞争强度,根据Hegyi单木竞争模型计算竞争指数大小。竞争指数(CI)是竞争木对象木竞争能力的总计,表征对象木被剥夺利用资源权利的大小,其值越大,说明对象木受到竞争压力就越大。在竞争强度研究中,一般以胸

径作为个体大小标准,但在幼苗调查中,许多幼苗无法测量其胸径,采用更能代表其个体大小的高度进行研究。

竞争指数的计算公式为: $CI_i = \sum H_j H_i^{-1} L_{ij}^{-1}$, 式中: CI_i 为对象木竞争指数, H_i 为对象木 i 的树高, H_j 为竞争木 j 的树高, L_{ij} 为对象木 i 与竞争木 j 的距离。

3 结果和分析

3.1 对象木与竞争木特征

共调查对象木 54 株,植株高最低为 15 cm,最高为 360 cm,平均高度为 115.4 cm。主要竞争木 19 种共 1445 株,平均每株对象木在半径 2 m 的样圆内竞争木有 26.8 株。将对象木按高度可分成 6 组,高度为 0 ~ 50 cm 的有 11 株,占 20.37%; 50 ~ 100 cm 的有 13 株,占 24.07%; 100 ~ 150 cm 的有 11 株,占 20.37%; 150 ~ 200 cm 的有 12 株,占 22.22%; 200 ~ 250 cm 的有 4 株,占 7.41%; 大于 250 cm 的有 3 株,占 5.56%。

格氏栲幼苗的主要竞争木种类组成见表 1。主要竞争种有沿海紫金牛(*Ardisia punctata*)、桂北木姜

子(*Litsea subcoriacea*)、格氏栲、酸味子(*Antidesma japonicum*)、山黄皮(*Clausena dentata*)、杜茎山(*Maesa japonica*)、毛鳞省藤(*Calamus thysanolepis*)、赤楠(*Syzygium buxifolium*)等,其中沿海紫金牛、桂北木姜子、格氏栲分别占总竞争木株数的 14.46%、12.53%、12.46%。

3.2 种内竞争关系

与 54 株格氏栲对象木形成种内竞争的竞争木共有 180 株,竞争指数见表 2,格氏栲幼苗种内竞争强度随高度增加而逐渐减小。原因有两点:首先格氏栲种群自然稀疏作用使林木间距离加大,导致格氏栲幼苗对资源和空间的竞争强度降低;其次格氏栲个体寿命较长,可持续生长,中、大径级的林木冠幅大,郁闭程度高,大部分格氏栲幼苗由于光照资源不足而难以长成幼树,种内竞争逐渐减小。

3.3 种间竞争关系

格氏栲幼苗在生长发育过程中,不仅与同种个体发生种内竞争,也与周围相似生态位的物种争夺资源与空间。不同种类竞争木对格氏栲幼苗的竞争强度存在较大差异(表 3),它们的竞争强度大小

表 1 格氏栲幼苗主要竞争木种类组成
Table 1 Species composition of main competitive trees of *C. kawakamii* seedlings

植物 Species	株数 Number	平均树高 Average height (cm)	%
沿海紫金牛 <i>Ardisia punctata</i>	209	52.66	14.46
桂北木姜子 <i>Litsea subcoriacea</i>	181	94.65	12.53
格氏栲 <i>Castanopsis kawakamii</i>	180	42.88	12.46
酸味子 <i>Antidesma japonicum</i>	129	62.96	8.93
山黄皮 <i>Clausena dentata</i>	87	52.51	6.02
杜茎山 <i>Maesa japonica</i>	76	44.2	5.26
毛鳞省藤 <i>Calamus thysanolepis</i>	75	85.27	5.19
赤楠 <i>Syzygium buxifolium</i>	70	54.11	4.84
狗骨柴 <i>Diplospora dubia</i>	64	79.66	4.43
木荷 <i>Schima superba</i>	53	83.36	3.67
光叶山矾 <i>Syplocos lancifolia</i>	51	43.94	3.53
丝栗栲 <i>Castanopsis fargesii</i>	45	43.47	3.11
尖叶水丝梨 <i>Distyliopsis dunni</i>	38	59.87	2.63
黄润楠 <i>Machilus grijsii</i>	34	115.44	2.35
草珊瑚 <i>Chloranthus glabra</i>	34	48.56	2.35
梨茶 <i>Camellia octopetala</i>	33	85.91	2.28
少叶黄杞 <i>Engelhardtia fenzelii</i>	31	69.48	2.15
小叶赤楠 <i>Syzygium buxifolium</i>	28	61.07	1.94
矩圆叶鼠刺 <i>Itea chinensis</i>	27	106.48	1.87

表 2 格氏栲幼苗的种内竞争强度
Table 2 Intraspecific competition intensity of *C. kawakamii* seedlings

株高 Height (cm)	竞争指数 Competition index	标准差 Standard deviation	样本数 Sample number
0~50	0.701	0.538	32
50~100	0.583	0.376	36
100~150	0.427	0.383	34
150~200	0.402	0.564	55
200~250	0.138	0.148	17
≥250	0.101	0.112	6

表 3 格氏栲幼苗的种间竞争强度
Table 3 Interspecific competition intensity of *C. kawakamii* seedlings

植物 Species	竞争指数 Competition index	标准差 Standard deviation	样本数 Sample number
沿海紫金牛 <i>A. punctata</i>	0.665	0.815	209
桂北木姜子 <i>L. subcoriacea</i>	1.508	1.867	181
格氏栲 <i>C. kawakamii</i>	0.461	0.482	180
酸味子 <i>A. japonicum</i>	0.862	1.205	129
山黄皮 <i>C. dentata</i>	0.698	0.856	87
杜茎山 <i>M. japonica</i>	0.392	0.531	76
毛鳞省藤 <i>C. thysanolepis</i>	0.993	1.103	75
赤楠 <i>S. buxifolium</i>	0.544	0.563	70
狗骨柴 <i>D. dubia</i>	0.824	0.852	64
木荷 <i>S. superba</i>	0.932	1.693	53
光叶山矾 <i>S. lancifolia</i>	0.666	0.736	51
丝栗栲 <i>C. fargesii</i>	0.416	0.324	45
尖叶水丝梨 <i>D. dunnii</i>	0.589	1.152	38
黄润楠 <i>M. grijsii</i>	1.272	1.157	34
草珊瑚 <i>C. glabra</i>	0.479	0.447	34
梨茶 <i>C. octopetala</i>	1.483	2.578	33
少叶黄杞 <i>E. fenzelii</i>	0.767	0.979	31
小叶赤楠 <i>S. buxifolium</i>	0.633	0.731	28
矩圆叶鼠刺 <i>I. chinensis</i>	0.958	0.897	27

顺序为: 桂北木姜子 > 梨茶(*Camellia octopetala*) > 黄润楠(*Machilus grijsii*) > 毛鳞省藤 > 矩圆叶鼠刺(*Itea oblonga*) > 木荷(*Schima superba*) > 酸味子 > 狗骨柴(*Diplospora dubia*) > 少叶黄杞(*Engelhardtia fenzelii*) > 山黄皮 > 光叶山矾(*Syplocos lancifolia*) > 沿海紫金牛 > 小叶赤楠(*Syzygium buxifolium*) > 尖叶水丝梨(*Distyliopsis dunnii*) > 赤楠 > 草珊瑚(*Chloranthus glabra*) > 格氏栲 > 丝栗栲(*Castanopsis fargesii*) > 杜茎山。其中桂北木姜子对格氏栲幼苗竞争强度最大, 格氏栲幼苗种间竞争强度较小, 仅高于丝栗栲与杜茎山。

桂北木姜子在群落中占有较高的生态位宽度, 且在格氏栲自然保护区内生态适应性好, 其样本数

和平均高度相对其它竞争木也较大, 对格氏栲幼苗的竞争强度最大; 梨茶为耐荫树种, 该种竞争木与格氏栲幼苗生态习性相近, 对格氏栲幼苗的竞争强度也较高, 距离较近也可能导致竞争强度较高; 杜茎山喜生于旷野间, 平均高度小且生长缓慢, 竞争能力差; 丝栗栲成树仅零星分布在保护区内, 丝栗栲幼苗少, 平均高度约 0.43 m, 整体优势不明显; 格氏栲幼苗竞争能力不足, 幼苗环境筛选度大, 导致种间竞争强度偏小。而光叶山矾的平均高度低于杜茎山和草珊瑚, 竞争指数却偏高, 与其喜阳、喜湿的生活习性有关。

3.4 竞争强度与对象木个体大小的关系及其预估
幼苗竞争能力受多种因素制约, 以竞争强度为

因变量,对象木高度为自变量,采用线性、双曲线、幂函数和对数方程对竞争强度与对象木高度关系进行回归拟合。结果表明幂函数为最优回归模型,即: $CI = AH^{-B}$,式中 CI 为竞争指数, H 为对象木的高度, A 和 B 为模型参数。

通过拟合与显著性检验(表 4),除尖叶水丝梨与梨茶外,均达到显著水平,表明格氏栲幼苗种内、种间竞争强度与对象木之间的关系可采用该模型进行模拟和预测。所有模型次幂均为负值,表明对象木高度越大,其种内和种间的竞争指数越小,对象木在一定范围内的竞争木数量越少,所受到的竞争强度就越小。

格氏栲幼苗种内、种间竞争强度的模拟结果见表 5。格氏栲幼苗种内竞争强度在幼苗高度为 0 ~ 50 cm 范围内处于中等水平,随着幼苗高度的增加,格氏栲幼苗受到的竞争强度逐渐减小,当幼苗高度达到 125 cm 后,竞争强度趋于稳定。格氏栲幼苗竞争能力决定于其生态习性以及生态幅,另外幼苗生长速率、不同发育阶段也影响其竞争能力。格氏栲幼苗生长发育初期,个体小,周围竞争木对其竞争强烈,部分生长发育不良的格氏栲幼苗被淘汰。随着格氏栲幼苗的生长,受到周围个体的竞争逐渐

减弱,逐步获得更适合其生存的资源与空间。因此,在格氏栲幼苗高度低于 125 cm 时应加强对格氏栲幼苗的保护,采取一定人工抚育措施,如择伐、人工抚育幼苗等以促进其生长发育,提高幼苗存活率。当格氏栲幼苗高度达到 125 cm 后,受到周围其它植株的影响相对较弱,有利于格氏栲幼苗的生长与更新。

4 结论和讨论

本研究采用单木竞争指数模型对格氏栲天然林幼苗种内、种间竞争强度进行定量分析,结果表明,种内竞争强度随格氏栲幼苗高度的增加而逐渐减小。不同种类竞争木与格氏栲幼苗的种间竞争强度存在较大差异,强度大小顺序为:桂北木姜子 > 梨茶 > 黄润楠 > 毛鳞省藤 > 矩圆叶鼠刺 > 木荷 > 酸味子 > 狗骨柴 > 少叶黄杞 > 山黄皮 > 光叶山矾 > 沿海紫金牛 > 小叶赤楠 > 尖叶水丝梨 > 赤楠 > 草珊瑚 > 格氏栲 > 丝栗栲 > 杜茎山。幂函数预测表明,种内和种间的竞争指数随对象木高度的增加而减小,当格氏栲幼苗高度达到 125 cm 后,竞争强度趋于稳定。格氏栲幼苗高度达到 125 cm 前,应进行适当抚育,提高格氏栲幼苗成活率,促进格氏栲幼苗更新。

表 4 竞争强度与对象木高度间的模型参数
Table 4 Parameters in model between competition intensity and height of objective tree

竞争物种 Competition species	A	B	N	R	显著性 Significance
沿海紫金牛-格氏栲 <i>A. punctata</i> - <i>C. kavakamii</i>	26.1739	0.8494	209	0.5825	**
桂北木姜子-格氏栲 <i>L. subcoriacea</i> - <i>C. kavakamii</i>	40.1414	0.8182	181	0.5471	**
格氏栲-格氏栲 <i>C. kavakamii</i> - <i>C. kavakamii</i>	34.1801	0.9154	180	0.5318	**
酸味子-格氏栲 <i>A. japonicum</i> - <i>C. kavakamii</i>	13.2188	0.6428	129	0.4079	**
山黄皮-格氏栲 <i>C. dentata</i> - <i>C. kavakamii</i>	8.3438	0.5918	87	0.3603	**
杜茎山-格氏栲 <i>M. japonica</i> - <i>C. kavakamii</i>	22.4582	0.8717	76	0.6205	**
毛鳞省藤-格氏栲 <i>C. thysanolepis</i> - <i>C. kavakamii</i>	24.4862	0.7571	75	0.5522	**
赤楠-格氏栲 <i>S. buxifolium</i> - <i>C. kavakamii</i>	3.5376	0.4238	70	0.3794	**
狗骨柴-格氏栲 <i>D. dubia</i> - <i>C. kavakamii</i>	3.6268	0.3504	64	0.249	*
木荷-格氏栲 <i>S. superba</i> - <i>C. kavakamii</i>	27.4930	0.7792	53	0.2763	*
光叶山矾-格氏栲 <i>S. lancifolia</i> - <i>C. kavakamii</i>	0.3444	0.5291	51	0.3098	*
丝栗栲-格氏栲 <i>C. fargesii</i> - <i>C. kavakamii</i>	2.1425	0.3698	45	0.3138	*
尖叶水丝梨-格氏栲 <i>D. dunii</i> - <i>C. kavakamii</i>	520.2449	1.4361	38	0.2939	
黄润楠-格氏栲 <i>M. grijsii</i> - <i>C. kavakamii</i>	9.2327	0.4619	34	0.4299	*
草珊瑚-格氏栲 <i>C. glabra</i> - <i>C. kavakamii</i>	7.698	0.6081	34	0.4382	**
梨茶-格氏栲 <i>C. octopetala</i> - <i>C. kavakamii</i>	20.1887	0.5999	33	0.2986	
少叶黄杞-格氏栲 <i>E. fenzelii</i> - <i>C. kavakamii</i>	16187.967	2.5502	31	0.7499	**
小叶赤楠-格氏栲 <i>S.buxifolium</i> - <i>C. kavakamii</i>	83.4842	1.1085	28	0.6891	**
矩圆叶鼠刺-格氏栲 <i>I. chinensis</i> - <i>C. kavakamii</i>	11.543	0.5356	27	0.3763	*

A,B:模型参数 Model parameter; N:样本数 Sample number; R:相关系数 Correlation coefficient; *: $P<0.05$; **: $P<0.01$.

表 5 格氏栲幼苗种内、种间竞争强度的模拟
Table 5 Simulating results of intraspecific and interspecific competition intensity of *C. kawakamii* seedlings

竞争物种 Competition species	高度 Height (cm)					
	0~50	50~100	100~150	150~200	200~250	>250
沿海紫金牛-格氏栲 <i>A. punctata</i> - <i>C. kawakamii</i>	1.7000	0.6686	0.4333	0.3256	0.2630	0.2218
桂北木姜子-格氏栲 <i>L. subcoriacea</i> - <i>C. kawakamii</i>	2.8827	1.1733	0.7725	0.5866	0.4776	0.4053
格氏栲-格氏栲 <i>C. kawakamii</i> - <i>C. kawakamii</i>	1.7951	0.6567	0.4114	0.3023	0.2402	0.1999
酸味子-格氏栲 <i>A. japonicum</i> - <i>C. kawakamii</i>	1.6695	0.8240	0.5933	0.4779	0.4066	0.3574
山黄皮-格氏栲 <i>C. dentata</i> - <i>C. kawakamii</i>	1.2418	0.6482	0.4791	0.3926	0.3383	0.3004
杜茎山-格氏栲 <i>M. japonica</i> - <i>C. kawakamii</i>	1.3577	0.5211	0.3338	0.2490	0.2000	0.1679
毛鳞省藤-格氏栲 <i>C. thysanolepis</i> - <i>C. kawakamii</i>	2.1406	0.9318	0.6329	0.4906	0.4056	0.3484
赤楠-格氏栲 <i>S. buxifolium</i> - <i>C. kawakamii</i>	0.9042	0.5676	0.4571	0.3964	0.3563	0.3273
狗骨柴-格氏栲 <i>D. dubia</i> - <i>C. kawakamii</i>	1.1740	0.7989	0.6680	0.5937	0.5436	0.5067
木荷-格氏栲 <i>S. superba</i> - <i>C. kawakamii</i>	2.2384	0.9510	0.6387	0.4914	0.4040	0.3455
光叶山矾-格氏栲 <i>S. lancifolia</i> - <i>C. kawakamii</i>	0.0627	0.0351	0.0268	0.0224	0.0196	0.0176
丝栗栲-格氏栲 <i>C. fargesii</i> - <i>C. kawakamii</i>	0.6516	0.4340	0.3593	0.3173	0.2891	0.2684
黄润楠-格氏栲 <i>M. grijsii</i> - <i>C. kawakamii</i>	2.0875	1.2567	0.9926	0.8497	0.7566	0.6896
草珊瑚-格氏栲 <i>C. glabra</i> - <i>C. kawakamii</i>	1.0872	0.5574	0.4086	0.3330	0.2858	0.2529
少叶黄杞-格氏栲 <i>E. fenzelii</i> - <i>C. kawakamii</i>	4.4072	0.2676	0.0727	0.0308	0.0162	0.0097
小叶赤楠-格氏栲 <i>S.buxifolium</i> - <i>C. kawakamii</i>	2.3550	0.6968	0.3955	0.2724	0.2062	0.1650
矩圆叶鼠刺-格氏栲 <i>I. chinensis</i> - <i>C. kawakamii</i>	2.0586	1.1430	0.8694	0.7260	0.6346	0.5699

植物间的竞争主要与有效光合辐射、水分和各种重要的营养物质等资源相关^[16]。不同植物对光照和营养变化产生的反应有差异^[17]。格氏栲天然林中,不同种类竞争木对格氏栲幼苗竞争强度存在较大差异。阳性树种竞争强度大,如桂北木姜子、梨茶、黄润楠、毛鳞省藤、矩圆叶鼠刺等,阳性树种在全光照下生育良好,而在弱光下生育不良,生长的幅度随光强度增加而明显增加,表现为植株高度优势明显,其竞争强度也较强。阴性树种或幼苗初期需耐荫的树种竞争强度低,如沿海紫金牛、赤楠、草珊瑚、格氏栲、丝栗栲、杜茎山等,耐荫树种在全光照下生育良好,但对弱光的适应性则优于阳性树种,光强度增加时生长的幅度增加不明显,表现幼苗高度相对较低,生长缓慢。沿海紫金牛、草珊瑚属耐荫灌木,整株高度不超过 2 m,竞争能力不强。格氏栲在幼苗初期要求一定的荫蔽条件,幼苗生长到一定年龄阶段耐荫性减弱,需要足够光照才能生长达到林冠层完成森林更新。此外,格氏栲天然林的生境条件如光照、温湿度以及土壤理化性质等有差异,可能对幼苗竞争产生一定影响。

格氏栲幼苗在 0 ~ 50 cm 高度范围内的种内竞争强度处于中等水平,但随着幼苗高度的增加,种内竞争强度越来越弱,种间竞争强度越来越明显。

正是由于竞争种对格氏栲幼苗所需资源的剥夺,格氏栲幼苗受到的竞争压力加大,导致低龄级的格氏栲幼苗数量多于高龄级格氏栲幼苗数量,种群数量呈衰退趋势,不利于种群持续发展,应加强对建群种格氏栲幼苗的保护。研究采用对象木与竞争木的高度来计算竞争指数,考虑幼苗胸径难以测量,基径野外测量精确度不高,而植株高度可精确测量,避免萌生苗给实验数据带来误差,更能反映格氏栲幼苗种内和种间竞争强度,为格氏栲种群恢复及其人促更新提供理论依据。此外,通过对格氏栲天然林的调查发现,格氏栲成树已过熟,林冠层出现严重断层现象,破碎化现象加剧,林窗数量增多是否对幼苗竞争强度存在影响,还有待于进一步研究。

参考文献

[1] Harper J L. Population Biology of Plants [M]. London: Academic Press, 1982: 432-460.
[2] Weiner J E, Kenned Y C. Growth and variability incrowded and uncrowded populations of dwarf marigolds (*Tagetes patula*) [J]. Ann Bot, 1990, 65: 513-524.
[3] Zou C J(邹春静), Xu W D(徐文铎). Study on intraspecific and interspecific competition of *Picea mongolica* [J]. Acta Phytocool Sin(植物生态学报), 1998, 22(3): 269-274.(in Chinese)
[4] Zhang Y X(张跃西). Study on the improvement and application

- of the neighborhood interference index model [J]. Acta Phytoecol Sin (植物生态学报), 1993, 17 (4): 352–357. (in Chinese)
- [5] Hegyi F. A simulation model for managing jack-pine stands [M]// Fries G. Growth Models for Tree and Stand Simulation. Stockholm, Sweden: Royal College of Forestry, 1974: 74–90.
- [6] Yang H X (阳含熙), Lu Z Y (卢泽愚), Yang Z N (杨周南). Numerical classification of plant communities I. Association analysis and principal component analysis [J]. Sci Silv Sin (林业科学), 1979, 15(4): 244–255. (in Chinese)
- [7] Lin P (林鹏), Qiu X Z (丘喜昭). Study of the *Castanopsis kawakamii* forest in the Wakeng Area of Sanming City, Fujian Province [J]. Acta Phytoecol Geobot Sin (植物生态学与地植物学学报), 1986, 10(4): 241–253. (in Chinese)
- [8] Zhang Q H, Zak J C. Effects of gap size on litter decomposition and microbial activity in a subtropical forest [J]. Ecology, 1995, 76(7): 2196–2204.
- [9] Yang Y S, Lin P, Guo J F, et al. Litter production, nutrient return and leaf-litter decomposition in natural and monoculture plantation forests of *Castanopsis kawakamii* in subtropical China [J]. Acta Ecol Sin, 2003, 23(7): 1278–1289.
- [10] Liu J F, Hong W, Pan D M, et al. A study on multidimensional time series of individual age's measurement in *Castanopsis kawakamii* population [J]. Acta Ecol Sin (Inter J), 2009, 29(4): 232–236.
- [11] Liu J F (刘金福), Hong W (洪伟), Li J Q (李俊清), et al. Gap natural disturbance regime in the *Castanopsis kawakamii* forest [J]. Acta Ecol Sin (生态学报), 2003, 23 (10): 1991–1999. (in Chinese)
- [12] Liu J F (刘金福), Hong W (洪伟), Fan H B (樊后保), et al. Quantitative characteristics of rare *Castanopsis kawakamii* forest in China [J]. Chin J Appl Environ Biol (应用与环境生物学报), 2002, 8(1): 247–253. (in Chinese)
- [13] Liu J F (刘金福), Hong W (洪伟). A modified logistic model of the growth pattern of dominance in a *Castanopsis kawakamii* population [J]. Acta Phytoecol Sin (植物生态学报), 2001, 25 (2): 225–229. (in Chinese)
- [14] Liu J F (刘金福), Hong W (洪伟). A study on the community ecology of *Castanopsis kawakamii*: Study on the niche of the main tree population in *Castanopsis kawakamii* community [J]. Acta Ecol Sin (生态学报), 1999, 19(3): 347–352. (in Chinese)
- [15] Liu J F (刘金福), Hong W (洪伟), Li M J (李茂瑾). A study on regulative model of *Castanopsis kawakamii* population [J]. J Trop Subtrop Bot (热带亚热带植物学报), 1998, 6(4): 309–314. (in Chinese)
- [16] Xiang Y C (向言词), Peng S L (彭少麟), Peng X H (彭秀花), et al. Measures of plant competition among three species of transplanted tree seedlings [J]. Acta Phytoecol Sin (植物生态学报), 2005, 29(5): 724–729. (in Chinese)
- [17] Latham P E. Co-occurring tree species change rank in seedling performance with resource varied experimentally [J]. Ecology, 1992, 73: 2119–2144.