

文章编号: 1008 - 2786 - (2012) 2 - 165 - 07

林窗对格氏栲天然林更新层物种竞争的影响

何中声, 刘金福*, 吴彩婷, 郑世群, 洪伟, 徐道炜, 吴承祯

(福建农林大学林学院 福建省高校生态与资源统计重点实验室 福建 福州 350002)

摘 要: 采用 Hegyi 单木竞争指数模型探讨林窗和林下格氏栲(*Castanopsis kawakamii*) 幼苗幼树种内和种间竞争强度, 分析林窗对格氏栲天然林更新层物种竞争的影响。结果表明: 随着对象木高度的增加, 林窗和林下格氏栲幼苗幼树的种内竞争强度逐渐减少。林窗种间竞争强度的顺序为: 梨茶(*Camellia octopetala*) > 褐毛石楠(*Photinia hirsuta*) > 黄润楠(*Machilus grijsii*) > 桂北木姜子(*Litsea subcoriacea*) > 毛鳞省藤(*Calamus thysanolepis*) > 酸味子(*Antidesma japonicum*) > 少叶黄杞(*Engelhardtia fenzelii*) > 矩圆叶鼠刺(*Itea chinensis*) > 小叶赤楠(*Syzygium grijsii*) > 山黄皮(*Clausena dentata*) > 光叶山矾(*Sylocos lancifolia*) > 沿海紫金牛(*Ardisia punctata*) > 丝栗栲(*Castanopsis fargesii*) > 狗骨柴(*Diplospora dubia*) > 木荷(*Schima superba*) > 赤楠(*Syzygium buxifolium*) > 杜茎山(*Maesa japonica*)。林下种间竞争强度的顺序为: 桂北木姜子 > 梨茶 > 黄润楠 > 木荷 > 毛冬青(*Ilex pubescens*) > 狗骨柴 > 毛鳞省藤 > 香港新木姜子(*Neolitsea cambodiana*) > 酸味子 > 沿海紫金牛 > 山黄皮 > 光叶山矾 > 赤楠 > 小叶赤楠 > 尖叶水丝梨(*Distyliopsis dunni*) > 杜茎山 > 丝栗栲。格氏栲幼苗幼树的竞争主要来自种间竞争, 种内竞争对格氏栲影响不大。林窗格氏栲幼苗幼树的种内竞争强度和种间总体竞争强度大于林下。通过筛选林窗和林下格氏栲对象木树高与竞争强度的竞争模型, 发现对象木树高与竞争指数之间存在负相关。预测结果表明, 在林窗格氏栲幼苗生长初期应加强对其保护。林下格氏栲幼苗高度达到 100 ~ 150 cm 后适当采取创造林窗环境以实现其快速生长, 从而有效促进林窗和林下格氏栲种群的保护与更新。

关键词: 林窗; 格氏栲天然林; 种内竞争; 种间竞争

中图分类号: S718.54 Q948.15

文献标识码: A

林窗在森林结构动态、群落物种共存和多样性维持中扮演着重要角色^[1-2]。林窗形成后, 环境因子如光照、水分、土壤性质与林下相比存在差异, 导致不同物种为争夺资源和空间生态位而表现出不同的竞争强度。有关林窗幼苗竞争研究主要采用移栽方法来研究幼苗竞争^[3-4], 对幼苗生长发育不利, 也对生态环境产生一定影响, 如何减少对幼苗生境的破坏, 又可分析林窗幼苗生长过程中所面临的竞争就成为研究关键。为此, Hegyi^[5] 提出与距离有关的单木竞争模型, 可准确定量分析林木间竞争格局, 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壳斗科常绿阔叶高大濒危乔木, 资源现已接近枯竭。像福建三明格氏栲自然保护区有 700 hm² 以格氏栲占优势的天然林分, 实属罕见, 被誉为“世界格氏栲林”, 引起许多学者广泛关注^[6-15], 系统开展了格氏栲种群保护生态学研究, 明确了格氏栲天然林更新困难, 种群数量呈衰退趋势, 森林中相对连续的林冠层面出现严重断层现象; 林窗数量增多, 林窗微环境条件的改善导致边缘效应明显, 对树种组成和物种竞争具有重要影响^[14]。而林窗干扰对格氏栲幼苗幼树竞争与更新

收稿日期(Received date): 2011 - 09 - 11; 改回日期(Accepted): 2012 - 01 - 03。

基金项目(Foundation item): 福建省自然科学基金重点项目(2008J0008) , 教育部博士点基金项目(200803890011) , 博士后基金项目(20070410796)。 [Supported by the Key Program of Natural Science Foundation of Fujian Province of China , No. 2008J0008; Doctoral Fund of Ministry of Education of China , No. 200803890011; China Postdoctoral Science Foundation , No. 20070410796.]

作者简介(Biography): 何中声 (1985 -) , 男, 江西九江人, 博士研究生, 主要从事野生动植物保护与利用研究。 [He Zhongsheng (1985 -) , male , Ph D candidate , major in wildlife conservation and utilization.] Tel: 13067268912 , E - mail: jxhzs85@126.com

* 通讯作者(Correspondence author): 刘金福(Liu Jinfu) , E - mail: fjlfj@126.com

过程中有何影响? 林窗与林下幼苗幼树竞争强度格局是否一致? 为此, 通过探讨林窗和林下更新层物种竞争强度及其对格氏栲幼苗幼树生长的影响, 旨在加强对格氏栲天然林的科学经营与合理利用, 为珍稀植物生物多样性保护及种群更新提供科学依据。

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, $26^{\circ}07' \sim 26^{\circ}10' \text{N}$, $117^{\circ}24' \sim 117^{\circ}27' \text{E}$, 海拔 $180 \sim 604 \text{ m}$, 地处福建武夷山东伸支脉地带, 东南为戴云山脉, 属中亚热带季风型气候, 年平均温度 19.5°C , 极端最低气温 -5.5°C , 最高气温 40°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温为 $6\,215^{\circ}\text{C}$; 年平均降雨量为 $1\,500 \text{ mm}$, 3—8 月的降雨量约为全年 75%; 年平均相对湿度 79%, 年平均风速 1.6 m/s ; 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, 格氏栲种群年龄在 100 a 左右, 格氏栲树冠常年浓绿, 林相整齐, 形成中亚热带常绿阔叶林所特有的外貌特征^[14]。格氏栲林乔木层有格氏栲、米槠 (*Castanopsis carlesii*)、马尾松、木荷等; 灌木层有桂北木姜子、赤楠、杜茎山、酸味子等; 草本层有狗脊蕨 (*Woodwardia japonica*)、铁芒萁 (*Dicranopteris linearis*) 和华山姜 (*Alpinia oblongifolia*) 等^[8]。

2 研究方法

2.1 野外调查

依据格氏栲自然保护区前期林窗调查, 林窗面积根据长短轴按椭圆形面积进行计算, 格氏栲天然林实际林窗平均面积为 61.89 m^2 , 扩展林窗平均面积为 327.83 m^2 ^[9]。以格氏栲幼苗幼树为对象木, 共调查不同高度级林窗对象木 26 株, 林下对象木 28 株, 采用坐标定位法测量其树高并编号, 共调查林窗竞争木 844 株, 林下竞争木 1 008 株。以选定对象木为中心, 依野外格氏栲幼苗、幼树高度及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 m^2) 所有竞争木高度及竞争木与对象木之间距离, 竞争木分树高 $< 1.5 \text{ m}$ 的更新幼苗和树高 $> 1.5 \text{ m}$ 而 $\text{DBH} < 4 \text{ cm}$ 的更新幼树。

2.2 数据分析方法

根据 Hegyi 单木竞争模型计算竞争指数大小。因幼苗幼树难以测量胸径, 故采用更能代表其个体大小的高度计算竞争强度。竞争指数公式为

$$CI_i = \sum H_j H_i^{-1} L_{ij}^{-1} \quad (1)$$

式中 CI_i 为对象木竞争指数, H_i 为对象木 i 树高, H_j 为竞争木 j 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 林窗林下对象木与竞争木测树因子特征

将格氏栲对象木按高度进行分组, 可知其对象木高度分布表 (表 1)。共调查林窗对象木 26 株, 树高最低为 15 cm , 最高为 330 cm , 平均 115.38 cm ; 其中主要竞争木 19 种 655 株, 平均每株对象木在半径 2 m 样圆内有竞争木 25.2 株。林下对象木 28 株, 最低高度 25 cm , 最高高度 360 cm , 平均树高 115.46 cm ; 其中主要竞争木 18 种 803 株, 平均每株对象木在半径 2 m 样圆内有竞争木 28.7 株。林窗对象木在半径 2 m 样圆内的竞争木株数低于林下, 表明林下幼苗幼树密度更大, 可能与林窗形成年龄和发育期有关, 林窗早期幼苗、幼树定殖较少, 而林下植物已生长一段时间, 物种组成和数量相对稳定。

表 1 格氏栲幼苗幼树对象木的高度分布

Table 1 Height distribution of objective trees of *C. kawakamii* seedlings and young trees

高度 Height/cm	林窗 Forest gap		林下 Forest understory	
	株数	百分比	株数	百分比
0 ~ 50	5	19.23	6	21.43
50 ~ 100	7	26.92	6	21.43
100 ~ 150	5	19.23	6	21.43
150 ~ 200	6	23.08	6	21.43
200 ~ 250	1	3.85	3	10.71
≥ 250	2	7.69	1	3.57

林窗和林下竞争木种类以沿海紫金牛、桂北木姜子和格氏栲为主, 说明格氏栲幼苗幼树的生长受到来自沿海紫金牛、桂北木姜子和种内竞争等影响。林窗格氏栲幼苗幼树主要竞争木种类组成见表 2, 主要竞争种有沿海紫金牛 (12.82%)、桂北木姜子 (12.37%)、格氏栲 (10.38%)、赤楠 (8.09%)、杜茎

山(6. 72%)、毛鳞省藤(6. 72%) 和山黄皮(6. 11%) 等。林下格氏栲幼苗幼树的主要竞争木种类与林窗竞争木种类基本一致(表 3) ,主要竞争种有沿海紫金牛(15. 57%)、格氏栲(13. 95%)、桂北木姜子(12. 45%)、酸味子(11. 58%)、山黄皮(5. 85%)、木荷(4. 86%) 和狗骨柴(4. 48%) 等。

与林下相比其存活和繁殖能力增加,生长明显加快,种内竞争也相应增大。林下环境郁闭,大部分格氏栲幼苗幼树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

林窗和林下格氏栲幼苗幼树的种间竞争强度见

表 2 林窗格氏栲幼苗幼树主要竞争木种类组成
Table 2 Species composition of main competitive trees of
C. kawakamii seedlings and young trees in forest gaps

树种	株数	平均树高	百分比
Species	Number of trees	Average height/cm	Percentage/%
沿海紫金牛	84	55. 79	12. 82
桂北木姜子	81	75. 59	12. 37
格氏栲	68	46. 16	10. 38
赤楠	53	56. 00	8. 09
杜茎山	44	45. 55	6. 72
毛鳞省藤	44	97. 27	6. 72
山黄皮	40	68. 29	6. 11
酸味子	36	73. 56	5. 50
狗骨柴	28	81. 79	4. 27
光叶山矾	24	42. 96	3. 66
少叶黄杞	24	68. 29	3. 66
矩圆叶鼠刺	21	92. 86	3. 21
黄润楠	17	107. 94	2. 60
丝栗栲	15	67. 60	2. 29
木荷	14	81. 57	2. 14
褐毛石楠	13	95. 00	1. 98
梨茶	13	113. 85	1. 98
小叶赤楠	13	70. 92	1. 98

表 3 林下格氏栲幼苗幼树主要竞争木种类组成
Table 2 Species composition of main competitive trees of
C. kawakamii seedlings and young trees in forest understory

树种	株数	平均树高	百分比
Species	Number of trees	Average heigh/cm	Percentage/%
沿海紫金牛	125	50. 55	15. 57
格氏栲	112	40. 88	13. 95
桂北木姜子	100	110. 09	12. 45
酸味子	93	58. 86	11. 58
山黄皮	47	60. 04	5. 85
木荷	39	84. 00	4. 86
狗骨柴	36	78. 00	4. 48
杜茎山	32	42. 34	3. 99
毛鳞省藤	31	68. 23	3. 86
尖叶水丝梨	30	59. 00	3. 74
丝栗栲	30	31. 40	3. 74
光叶山矾	27	44. 81	3. 36
梨茶	20	67. 75	2. 49
赤楠	17	48. 24	2. 12
黄润楠	17	122. 94	2. 12
香港新木姜子	17	33. 24	2. 12
毛冬青	15	121. 67	1. 87
小叶赤楠	15	52. 53	1. 87

3. 2 种内竞争关系

林窗和林下格氏栲幼苗幼树的种内竞争强度见表 4。由表 4 可知,随着对象木高度的增加,格氏栲幼苗幼树的种内竞争强度逐渐减少。其中与林窗 26 株格氏栲对象木产生种内竞争的竞争木共 68 株;与林下 28 株格氏栲对象木产生种内竞争的竞争木有 112 株。林窗不同高度级格氏栲种内竞争指数明显大于林下,林窗格氏栲幼苗幼树所面临的种内竞争压力更大,可能由于林窗干扰导致光照强度的增加,对格氏栲幼苗初期生长产生不利影响,生长较缓慢,其所面临的竞争压力也增大。随着格氏栲幼苗高度增加,光照有利于格氏栲幼苗幼树生长和繁殖,

表 4 格氏栲幼苗幼树种内竞争强度
Table 4 Intraspecific competition intensity of *C. kawakamii* seedlings
and young trees

高度 Height/cm	林窗 Forest gap			林下 Forest understory		
	竞争指数	标准差	样本数	竞争指数	标准差	样本数
0 ~ 50	0. 912	0. 622	8	0. 631	0. 502	24
50 ~ 100	0. 588	0. 344	25	0. 573	0. 459	11
100 ~ 150	0. 483	0. 447	21	0. 336	0. 463	13
150 ~ 200	0. 402	0. 669	5	0. 375	0. 463	50
200 ~ 250	0. 216	0. 144	4	0. 114	0. 146	13
≥250	0. 116	0. 118	5	0. 025	-	1

表5、表6。林窗格氏栲幼苗幼树种间竞争强度大小顺序是: 梨茶 > 褐毛石楠 > 黄润楠 > 桂北木姜子 > 毛鳞省藤 > 酸味子 > 少叶黄杞 > 矩圆叶鼠刺 > 小叶赤楠 > 山黄皮 > 光叶山矾 > 沿海紫金牛 > 狗骨柴 > 丝栗栲 > 木荷 > 赤楠 > 格氏栲 > 杜茎山, 梨茶竞争强度最大, 杜茎山竞争强度最小, 与其他物种种间强度相比格氏栲的竞争能力较低, 仅高于杜茎山。林下格氏栲幼苗幼树种间竞争强度大小顺序为: 桂北木姜子 > 梨茶 > 黄润楠 > 木荷 > 毛冬青 > 狗骨柴 > 毛鳞省藤 > 香港新木姜子 > 酸味子 > 沿海紫金牛 > 山黄皮 > 光叶山矾 > 赤楠 > 小叶赤楠 > 格氏栲 > 尖叶水丝梨 > 杜茎山 > 丝栗栲。其中桂北木姜子对格氏栲幼苗幼树竞争强度最大, 与其他物种种间强度相比林下格氏栲的竞争能力较低, 仅高于尖叶水丝梨、杜茎山和丝栗栲。

林窗格氏栲幼苗幼树总体种间竞争强度大于林下, 而林下桂北木姜子、狗骨柴、黄润楠和木荷种间竞争强度大于林窗, 可能与这些物种主要生长在林下或林缘、且郁闭环境条件下生长良好等有关。桂北木姜子、梨茶和黄润楠对格氏栲幼苗幼树的竞争强度是所有竞争木中较大的; 赤楠、格氏栲和杜茎山对其竞争强度较小。主要是因为: 桂北木姜子占有较高的生态位宽度, 且在保护区内生态适应性好, 其样本数和平均高度相对其他竞争木也较大, 对格氏栲幼苗幼树竞争强度最大; 梨茶为耐荫种, 在林窗和林下环境均适宜其生长, 该种竞争木与格氏栲幼苗幼树生态习性相近, 对格氏栲幼苗幼树竞争强度也较高, 距离较近也可能导致竞争强度较高; 黄润楠为中性偏阴的树种, 保护区热量充足, 水分条件好, 适于黄润楠的生长, 作为保护区内主要优势种, 其对格氏栲幼苗幼树的竞争强度大。赤楠喜温暖的气候, 温度 30℃ 时生长迅速, 与格氏栲幼苗幼树的生长习性差异大, 优势不明显; 杜茎山喜生于旷野间, 平均高度小且生长缓慢, 竞争能力差; 格氏栲幼苗幼树竞争能力不足, 环境筛选度大, 导致种间竞争强度偏小。

3.4 竞争强度与对象木个体大小的关系及其预测

以竞争强度为因变量, 对象木高度为自变量, 采用线性、二次曲线、幂函数、增长曲线、对数曲线、S 曲线、指数曲线和逆函数模型对竞争强度与对象木高度关系进行拟合并预测不同高度级对象木的种内种间竞争强度, 结果见表7、表8, 结果表明对象木树高与竞争指数之间存在负相关, 林窗竞争木除狗骨柴、褐毛石楠外, 均达到显著和极显著水平, 而林下

存在7种竞争木拟合未达到显著水平。

表5 林窗格氏栲幼苗幼树种间竞争强度

Table 5 Interspecific Competition Intensity of *C. kawakamii* Seedlings and young trees in forest gaps

树种 Species	竞争指数 CI	标准差 SD	样本数 No.
梨茶	1.505	1.664	13
褐毛石楠	1.412	2.121	13
黄润楠	1.136	1.216	17
桂北木姜子	1.121	1.706	81
毛鳞省藤	1.067	1.225	44
酸味子	1.008	0.989	36
少叶黄杞	0.924	1.065	24
矩圆叶鼠刺	0.893	0.845	21
小叶赤楠	0.815	0.934	13
山黄皮	0.748	1.012	40
光叶山矾	0.716	0.639	24
沿海紫金牛	0.653	0.755	84
狗骨柴	0.594	0.638	28
丝栗栲	0.594	0.370	15
木荷	0.561	0.488	14
赤楠	0.544	0.525	53
杜茎山	0.433	0.570	44

表6 林下格氏栲幼苗幼树种间竞争强度

Table 6 Interspecific Competition Intensity of *C. kawakamii* Seedlings and young trees in forest understory

树种 Species	竞争指数 CI	标准差 SD	样本数 No.
桂北木姜子	1.822	1.941	100
梨茶	1.469	3.074	20
黄润楠	1.408	1.116	17
木荷	1.066	1.943	39
毛冬青	1.047	1.148	15
狗骨柴	1.004	0.958	36
毛鳞省藤	0.886	0.912	31
香港新木姜子	0.879	0.770	17
酸味子	0.806	1.279	93
沿海紫金牛	0.673	0.855	125
山黄皮	0.656	0.706	47
光叶山矾	0.621	0.823	27
赤楠	0.543	0.686	17
小叶赤楠	0.475	0.474	15
尖叶水丝梨	0.397	0.548	30
杜茎山	0.335	0.475	32
丝栗栲	0.327	0.262	30

表 7 林窗竞争强度与对象木高度回归模型及预测

Table 7 Regression model and simulation of competition intensity and height of objective trees in forest gaps

竞争木 Competition trees	模型 Model	R 值(R Value)	0 ~ 50 cm	50 ~ 100 cm	100 ~ 150 cm	150 ~ 200 cm	200 ~ 250 cm	> 250 cm
赤楠	$CI = 0.765e^{-0.006H}$	0.58**	0.658	0.488	0.361	0.268	0.198	0.147
杜茎山	$CI = 47.992H^{-1.118}$	0.66**	1.313	0.385	0.217	0.149	0.113	0.090
格氏栲	$CI = 0.888e^{-0.009H}$	0.58**	0.709	0.452	0.288	0.184	0.117	0.075
光叶山矾	$CI = 9.99H^{-0.754}$	0.53**	0.882	0.385	0.262	0.203	0.168	0.145
桂北木姜子	$CI = 1.345e^{-0.008H}$	0.58**	1.101	0.738	0.495	0.332	0.222	0.149
黄润楠	$CI = 2.83e^{-0.011H}$	0.69**	2.150	1.240	0.716	0.413	0.238	0.137
矩圆叶鼠刺	$CI = 3.548e^{-0.016H}$	0.71**	2.378	1.069	0.480	0.216	0.097	0.044
梨茶	$CI = 86.298H^{-1.001}$	0.77**	3.441	1.146	0.687	0.491	0.382	0.312
毛鳞省藤	$CI = 46.03H^{-0.951}$	0.65**	2.156	0.758	0.467	0.339	0.267	0.220
木荷	$CI = 0.936e^{-0.007H}$	0.61*	0.786	0.554	0.390	0.275	0.194	0.137
山黄皮	$CI = 0.745e^{-0.008H}$	0.55**	0.610	0.409	0.274	0.184	0.123	0.083
少叶黄杞	$CI = 96.043H^{-1.226}$	0.70**	1.856	0.483	0.258	0.171	0.126	0.098
丝栗栲	$CI = 1.644e^{-0.012H}$	0.84**	1.218	0.668	0.367	0.201	0.111	0.061
酸味子	$CI = 1.226e^{-0.008H}$	0.53**	1.004	0.673	0.451	0.302	0.203	0.136
小叶赤楠	$CI = -0.104 + 72.019/H$	0.83**	2.777	0.856	0.472	0.308	0.216	0.158
沿海紫金牛	$CI = 1.221e^{-0.01H}$	0.65**	0.951	0.577	0.350	0.212	0.129	0.078
狗骨柴	$CI = 0.716e^{-0.005H}$	0.3	—	—	—	—	—	—
褐毛石楠	$CI = 4488H^{-1.927}$	0.42	—	—	—	—	—	—

表 8 林下竞争强度与对象木高度回归模型及预测

Table 8 Regression model and simulation of competition intensity and height of objective trees in forest understory

竞争木 Competition trees	模型 Model	R 值(R Value)	0 ~ 50 cm	50 ~ 100 cm	100 ~ 150 cm	150 ~ 200 cm	200 ~ 250 cm	> 250 cm
赤楠	$CI = 12.806 + 0.821/H$	0.67**	1.809	0.527	0.271	0.161	0.100	0.061
杜茎山	$CI = 29.297H^{-0.999}$	0.78**	1.176	0.392	0.236	0.168	0.131	0.107
格氏栲	$CI = 0.765e^{-0.006H}$	0.58**	0.658	0.488	0.361	0.268	0.198	0.147
光叶山矾	$CI = 0.675e^{-0.009H}$	0.56**	0.539	0.344	0.219	0.140	0.089	0.057
桂北木姜子	$CI = 160.036H^{-1.236}$	0.73**	2.995	0.770	0.410	0.270	0.198	0.155
毛鳞省藤	$CI = 1.561e^{-0.011H}$	0.73**	1.186	0.684	0.395	0.228	0.131	0.076
木荷	$CI = 14.494H^{-0.742}$	0.44**	1.330	0.589	0.403	0.314	0.261	0.225
山黄皮	$CI = 57.493H^{-1.087}$	0.56**	1.738	0.527	0.302	0.210	0.16	0.128
酸味子	$CI = 96.252H^{-1.235}$	0.67**	1.807	0.465	0.248	0.163	0.120	0.094
香港新木姜子	$CI = 1.373e^{-0.018H}$	0.74**	0.876	0.356	0.145	0.059	0.024	0.010
小叶赤楠	$CI = 1.142e^{-0.011H}$	0.54*	0.867	0.501	0.289	0.167	0.096	0.056
沿海紫金牛	$CI = 35.846H^{-0.998}$	0.68**	1.443	0.482	0.290	0.207	0.161	0.132
狗骨柴	$CI = 0.802e^{-0.003H}$	0.21	—	—	—	—	—	—
黄润楠	$CI = 0.757 + 32.055/H$	0.4	—	—	—	—	—	—
尖叶水丝梨	$CI = 0.044H^{-0.328}$	0.12	—	—	—	—	—	—
梨茶	$CI = 3.782H^{-0.465}$	0.19	—	—	—	—	—	—
毛冬青	$CI = 7.106H^{-0.488}$	0.41	—	—	—	—	—	—
丝栗栲	$CI = 1.288H^{-0.367}$	0.3	—	—	—	—	—	—

林窗和林下格氏栲幼苗种内、种间竞争强度在 0 ~ 50 cm 范围内竞争压力较大, 50 ~ 100 cm 所面临的竞争强度处于中等水平, 随着对象木高度增加其所面临的竞争强度逐渐减小, 当幼苗幼树高度达到 100 ~ 150 cm 后, 竞争强度逐渐趋于稳定。格氏栲幼苗幼树竞争能力决定于其生态习性及生态幅, 另外林窗不同发育期和面积大小影响着幼苗幼树生长速率与竞争能力。格氏栲幼苗幼树生长发育初期、个体小、周围竞争木对其竞争强烈, 部分生长不良的格氏栲幼苗幼树被淘汰。随着格氏栲幼苗幼树逐渐生长, 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。格氏栲幼苗高度达到 100 ~ 150 cm 前, 应进行适当抚育, 提高格氏栲幼苗、幼树成活率, 促进格氏栲幼苗、幼树更新。

4 结论和讨论

林窗和林下的种内竞争强度都随格氏栲幼苗幼树高度增大而逐渐减小, 林窗格氏栲幼苗幼树所面临的种内竞争压力更大, 可能是由于林窗干扰导致光照强度的增加, 对格氏栲幼苗初期的生长产生不利影响, 生长较缓慢, 其所面临的竞争压力也增大, 随着格氏栲幼苗高度增加, 光照有利于格氏栲幼苗幼树生长和繁殖, 与林下相比其存活和繁殖能力增加, 生长明显加快, 种内竞争也相应增大。林下环境郁闭, 大部分格氏栲幼苗幼树由于光照资源不足而难以长成幼树, 种内竞争逐渐减小。从林窗到林内光照强度逐渐减弱, 水分蒸发缓慢, 林内比较湿润, 竞争木和对象木在共同适宜环境下争夺资源和空间更为激烈, 则格氏栲幼苗幼树所受的竞争压力就大。不同种类竞争木对格氏栲幼苗幼树种间竞争强度存在较大差异。林窗格氏栲幼苗幼树总体种间竞争强度大于林下, 少叶黄杞、矩圆叶鼠刺和褐毛石楠等阳性树种主要生长在林缘和疏林地、林窗充足的光照条件, 导致其对格氏栲幼苗幼树的竞争压力加大。林下桂北木姜子、狗骨柴、黄润楠和木荷种间竞争强度大于林窗, 主要在于这些物种多生长在林下或林缘, 且郁闭的环境条件下光照较弱, 水分蒸发少, 生长良好。香港新木姜子、毛冬青和尖叶水丝梨等生长到郁闭的林下, 林下物种数量增多对格氏栲幼苗幼树的竞争强度也较大。格氏栲幼苗幼树的竞争主要来自种间竞争, 种内竞争对格氏栲影响不大, 在格氏栲树种培育过程中, 要充分考虑到树种之间的竞

争, 特别是与格氏栲幼苗幼树生态位重叠较大的物种, 减少格氏栲受到其他物种的竞争压力, 促进格氏栲种群的生长。

对格氏栲对象木树高与竞争强度进行回归表明对象木的树高与竞争指数之间存在负相关, 林窗和林下格氏栲幼苗幼树的种内和种间的竞争指数随着对象木高度增大而减小, 格氏栲幼苗初期在竞争中很容易被环境筛选而淘汰, 幼树则竞争能力更强, 成活率更高。林窗形成后可利用资源增多, 有利于竞争木和格氏栲幼苗幼树生长, 由于幼苗初期需要耐荫环境, 光环境条件改善可能对格氏栲生长有一定的限制作用, 而对其他阳性竞争树种则是有利条件, 生长加快, 即导致格氏栲幼苗幼树所面临的竞争强度比林下更大, 应加强对林窗格氏栲幼苗幼树的抚育措施, 以提高幼苗幼树存活率, 当格氏栲幼苗高度达到 100 ~ 150 cm 后, 其所面临的竞争强度逐渐减少, 林窗内充足的光照条件则进一步促进林窗格氏栲幼苗幼树生长, 此时可根据幼苗幼树生长情况适当采取相应措施对其进行保护, 从而完成林窗更新及实现格氏栲种群的天然更新。与林窗相比, 林下郁闭环境对格氏栲幼苗初期生长有利, 其所面临的竞争压力也较小, 而当格氏栲幼苗高度达到 100 ~ 150 cm 后, 由于林下缺乏充足的光照条件导致格氏栲幼苗、幼树生长缓慢, 尽管所面临的竞争逐渐减少, 但生长缓慢难以达到林冠层不利于其种群更新, 应适当采取措施人为创造林窗环境以实现其快速生长, 从而实现林下格氏栲种群的人促更新。

参考文献 (References)

- [1] Canham C D. Different responses to gaps among shade tolerant tree species [J]. *Ecology*, 1989, 70 (3): 548 - 550
- [2] Hubbell S P, Foster R B, O'Brien S T, et al. Light - gap disturbances, recruitment limitation, and tree diversity in a neotropical forest [J]. *Science*, 2000, 283: 554 - 557
- [3] Xiang Yanci, Peng Shaolin, Cai Xian, et al. Changes in plant competition with the development of gaps [J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2003, 27 (1): 99 - 102 [向言词, 彭少麟, 蔡锡安, 等. 林窗中植物竞争强度随林窗发育的变化 [J]. *植物生态学报*, 2003, 27 (1): 99 - 102]
- [4] Tang Yi, Jiang Deming, Chen Zhuo, et al. Effects of aboveground and belowground competition between grass and tree on elm seedlings growth in Horqin Sandy Land [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2011, 22 (8): 1955 - 1960 [唐毅, 蒋德明, 陈卓, 等. 地上竞争与地下竞争对科尔沁沙地榆树幼苗生长的影响 [J]. *应用生态学报*, 2011, 22 (8): 1955 - 1960]
- [5] Hegyi F. A simulation model for managing jack-pine stands [G] // Fries G. (Ed.) *Growth Models for tree and stand simulation*. Royal College of Forestry, Stockholm, Sweden, 1974: 74 - 90
- [6] Liu Jinfu, He Zhongsheng, Hong Wei, et al. Conservation ecology of

- endangered plant *Castanopsis kawakamii* [J]. Journal of Beijing Forestry University 2011 33(5): 136–143 [刘金福,何中声,洪伟,等.濒危植物格氏栲保护生态学研究进展[J].北京林业大学学报 2011 33(5): 136–143]
- [7] He Zhongsheng, Liu Jinfu, Hong Wei, et al. Study on the seedlings competition intensity in a mid-subtropical *Castanopsis kawakamii* nature forest [J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany 2011 19(3): 230–236 [何中声,刘金福,洪伟,等.亚热带格氏栲天然林幼苗竞争强度研究[J].热带亚热带植物学报 2011 19(3): 230–236]
- [8] He Zhongsheng, Liu Jinfu, Zheng Shiqun, et al. Study on the characteristics of gap border trees in *Castanopsis kawakamii* natural forest [J]. Journal of Fujian College of Forestry 2011 31(3): 207–211 [何中声,刘金福,郑世群,等.格氏栲天然林林窗边界木特征研究[J].福建林学院学报 2011 31(3): 207–211]
- [9] Liu Jinfu, Hong Wei, Pan Dongming, et al. A study on multidimensional time series of individual age's measurement in *Castanopsis kawakamii* population [J]. Acta Ecological Sinica 2009 29(4): 232–236
- [10] Liu Jinfu, Hong Wei, Li Junqing, et al. Gap natural disturbance regime in the *Castanopsis kawakamii* forest [J]. Acta Ecological Sinica 2003 23(10): 1991–1999 [刘金福,洪伟,李俊清,等.格氏栲林窗自然干扰规律[J].生态学报 2003 23(10): 1991–1999]
- [11] Liu Jinfu, Hong Wei, Fan Houbao, et al. Quantitative characteristics of rare *Castanopsis kawakamii* forest in China [J]. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology 2002 8(1): 247–253 [刘金福,洪伟,樊后保,等.中国珍稀格氏栲林的数量特征[J].应用与环境生物学报 2002 8(1): 14–19]
- [12] Liu Jinfu, Hong Wei. A modified logistic model of the growth pattern of dominance in a *Castanopsis kawakamii* population [J]. Acta Phytocologica Sinica 2001 25(2): 225–229 [刘金福,洪伟.格氏栲种群优势度增长改进模型研究[J].植物生态学报 2001 25(2): 225–229]
- [13] Liu Jinfu, Hong Wei. A study on the community ecology of *Castanopsis kawakamii* —— Study on the niche of the main tree population in *Castanopsis kawakamii* community [J]. Acta Ecological Sinica 1999 19(3): 347–352 [刘金福,洪伟.格氏栲群落生态学研究——格氏栲林主要种群生态位的研究[J].生态学报 2003 19(3): 347–352]
- [14] Liu Jinfu, Yu Ling, Hong Wei, et al. Study on dynamic pattern of species diversity in gaps of *Castanopsis kawakamii* forest [J]. Scientia Silvae Sinicae 2003 39(6): 159–164 [刘金福,于玲,洪伟,等.格氏栲林窗物种多样性动态规律的研究[J].林业科学 2003 39(6): 159–164]
- [15] Liu Jinfu, Hong Wei, Li Maojin. A study on regulative model of *Castanopsis kawakamii* population [J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany 1998 6(4): 309–314 [刘金福,洪伟,李茂瑾.格氏栲种群调节模型研究[J].热带亚热带植物学报 1998 6(4): 309–314]

The Influence of Forest Gap on Species Competition of *Castanopsis kawakamii* Natural Forest Updated Layer

HE Zhongsheng, LIU Jinfu, WU Caiting, ZHENG Shiqun, HONG Wei, XU Daowei, WU Chengzhen

(Forestry College of Fujian Agriculture and Forestry University;

Key Laboratory of Fujian Universities for Ecology and Resource Statistics, Fuzhou 350002, China)

Abstract: The intraspecific and interspecific competitions intensity of *C. kawakamii* seedlings and samplings in forest gaps and understory were quantitatively analyzed by using Hegyi's competition index model respectively and analyzed the effect of forest gaps on the species competition of *C. kawakamii* natural forest updated layer. The results showed that the intraspecific competition intensity in *C. kawakamii* seedlings decreased gradually with the increasing of height class in different habitats. The order of the interspecific competition intensity in forest gap was: *C. octopetala* > *P. hirsuta* > *M. grijsii* > *L. subcoriacea* > *C. thysanolepis* > *A. japonicum* > *E. fenzelii* > *I. chinensis* > *S. grijsii* > *C. dentata* > *S. lancifolia* > *A. punctata* > *C. fargesii* > *D. dubia* > *S. superba* > *S. buxifolium* > *C. kawakamii* > *S. glabra* > *M. japonica*. The order of the interspecific competition intensity in forest understory was: *L. subcoriacea* > *C. octopetala* > *M. grijsii* > *S. superba* > *I. pubescens* > *D. dubia* > *C. thysanolepis* > *N. cambodiana* > *A. japonicum* > *A. punctata* > *C. dentata* > *S. lancifolia* > *S. buxifolium* > *S. grijsii* > *C. kawakamii* > *D. dunnii* > *M. japonica* > *C. fargesii*. The competition of *C. kawakamii* seedlings and samplings was mainly from interspecific competition while intraspecific competition had little effect on it. Intraspecific competition and overall interspecific competition in forest gaps were higher than those of forest understory. The best models of trees' height of *C. kawakamii* and competition intensity were selected and the relationship between them presented a negative correlation. According to the prediction results, it should strengthen the protection of *C. kawakamii* seedlings in the early stage of forest gaps and the gap environment should be created to accelerate the growth of *C. kawakamii* seedlings and samplings after the height up to 100 ~ 150 cm in forest understory which could effectively improve the conservation and regeneration of *C. kawakamii* population in forest gaps and understory.

Key words: forest gaps; *C. kawakamii* natural forest; intraspecific competition; interspecific competition