

闽北闽粤栲天然林林隙物种数量特征及更新规律分析

郑德祥^{1,①}, 蔡杨新¹, 许鲁东¹, 范胜煌¹, 吴联杯¹, 施晓春¹, 钟兆全², 黄梅珍¹

(1. 福建农林大学林学院, 福建 福州 350002; 2. 福建省顺昌县国有林场, 福建 顺昌 353200)

摘要: 以福建省顺昌县的闽粤栲 [*Castanopsis fissa* (Champ. ex Benth.) Rehd. et Wils.] 天然林为研究对象, 根据林隙面积 (A) 划定 4 个等级 ($A < 50 \text{ m}^2$ 、 $50 \text{ m}^2 \leq A < 100 \text{ m}^2$ 、 $100 \text{ m}^2 \leq A < 150 \text{ m}^2$ 和 $150 \text{ m}^2 \leq A < 200 \text{ m}^2$) 的样地, 并以非林隙样地为对照, 对林隙和非林隙的乔木层、灌木层和灌草层中的物种分布、组成及生长状况进行调查和统计; 在此基础上, 对林隙和非林隙中主要物种的数量特征和更新响应规律进行比较分析。结果表明: 闽粤栲天然林林隙和非林隙的乔木层分别有 54 和 35 种植物, 共有种 28 种; 灌木层分别有 61 和 37 种植物, 共有种 29 种; 灌草层分别有 72 和 49 种植物, 共有种 37 种。从乔木层和灌木层各种类的重要值及灌草层各种类的密度看, 林隙和非林隙中的优势种类均为闽粤栲和木荷 (*Schima superba* Gardn. et Champ.) 等, 且林隙和非林隙间各优势种类的重要值差异不明显, 其中, 闽粤栲的重要值和密度均位居第一。从林隙和非林隙间各优势种类的重要值差值看, 林隙的主要优势种类 (如闽粤栲和木荷等) 对林隙更新响应不明显, 而其他种类对林隙则有强烈或中等的正、负更新响应, 且在不同林层间有差异。从平均更新密度看, 林隙面积对各优势树种的更新有一定影响, 其中, 林隙面积在 $150 \sim 200 \text{ m}^2$ 时闽粤栲和丝栗栲 (*Castanopsis fargesii* Franch.) 的平均更新密度最大, 林隙面积在 $100 \sim 150 \text{ m}^2$ 时米槠 [*Castanopsis carlesii* (Hemsl.) Hay.]、木荷、青冈 [*Cyclobalanopsis glauca* (Thunb.) Oerst.] 和黄毛润楠 (*Machilus chrysotricha* H. W. Li) 的平均更新密度最大, 但在不同面积林隙间各树种的平均更新密度无显著差异 ($P = 0.867$)。研究结果说明: 在闽粤栲天然林中, 对林隙更新响应不明显的种类较易成为林分的优势种或建群种, 但林隙面积对树种的更新密度没有明显影响; 从林隙到林冠的发育过程中, 闽粤栲始终处于该林分的优势地位。

关键词: 闽粤栲天然林; 林隙; 优势树种; 重要值; 密度; 更新规律

中图分类号: Q948.1; S754 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2017)03-0092-08

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2017.03.12

Analyses on quantitative characteristics and regeneration regularity of species of gap in natural forest of *Castanopsis fissa* in Northern Fujian ZHENG Dexiang^{1,①}, CAI Yangxin¹, XU Ludong¹, FAN Shenghuang¹, WU Lianbei¹, SHI Xiaochun¹, ZHONG Zhaoquan², HUANG Meizhen¹ (1. Forestry College, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China; 2. Fujian Province Shunchang County National Forest Farm, Shunchang 353200, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2017, 26(3): 92-99

Abstract: Taking natural forest of *Castanopsis fissa* (Champ. ex Benth.) Rehd. et Wils. in Shunchang County of Fujian Province as research object, and taking non-gap plot as control, according to gap area (A), four grades ($A < 50 \text{ m}^2$, $50 \text{ m}^2 \leq A < 100 \text{ m}^2$, $100 \text{ m}^2 \leq A < 150 \text{ m}^2$ and $150 \text{ m}^2 \leq A < 200 \text{ m}^2$) of plots were delimited. Distribution, composition and growth status of species in arbor layer, shrub layer and shrub-herb layer of gap and non-gap were investigated and counted. On this basis, the quantitative characteristics and regeneration response regularity of main species in gap and non-gap were compared and analyzed. The results show that arbor layers of gap and non-gap in natural forest of *C. fissa* have 54 and 35 species, respectively, common species is 28; shrub layers have 61 and 37 species, respectively, common species is 29; shrub-herb layers have 72 and 49 species, respectively, common species is 37.

收稿日期: 2017-02-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31170513); 福建农林大学科技创新专项基金项目(KFA17063A)

作者简介: 郑德祥(1975—), 男, 福建仙游人, 博士, 副教授, 主要从事森林可持续经营管理方面的研究。

①通信作者 E-mail: fjzdx@126.com

From important values of species in arbor layer and shrub layer, and density of species in shrub-herb layer, dominant species are *C. fissa* and *Schima superba* Gardn. et Champ., etc. in gap and non-gap. And differences in important value of dominant species in gap and non-gap are not obvious, in which, the important value and density of *C. fissa* are ranked first. From difference value of important value of dominant species in gap and non-gap, main dominant species (such as *C. fissa* and *S. superba*, etc.) in gap have unobvious regeneration response to gap, but other species have strong or moderate positive and negative regeneration responses to gap, and there are differences in different forest layers. From average regeneration density, gap area has a certain influence on regeneration of dominant tree species, in which, average regeneration densities of *C. fissa* and *Castanopsis fargesii* Franch. are the biggest with gap area of 150–200 m², while those of *Castanopsis carlesii* (Hemsl.) Hay., *S. superba*, *Cyclobalanopsis glauca* (Thunb.) Oerst. and *Machilus chrysotricha* H. W. Li are the biggest with gap area of 100–150 m². However, there is no significant difference ($P = 0.867$) in average regeneration density among tree species in gaps with different areas. It is suggested that in natural forest of *C. fissa*, species with unobvious regeneration response to gap are easily becoming main dominant species or constructive species, but gap area has no obvious effect on regeneration density of tree species. During the development process from gap to canopy, *C. fissa* is always in the dominant position in the forest.

Key words: natural forest of *Castanopsis fissa* (Champ. ex Benth.) Rehd. et Wils.; gap; dominant tree species; important value; density; regeneration regularity

森林更新受多种因子的影响,与人为干扰、郁闭度、枯落物盖度及林龄等因子均有一定的关系^[1-2]。林隙(gap)是森林更新过程中的一个重要阶段,可促进森林生态系统的更新,并能维持生态系统群落的稳定性^[3]。林隙的形成改变了林隙内的生态环境,使其不同于周围林冠下的生态环境;树种的差异导致对林隙的占据和利用情况各有不同,因而使林隙内外树种的更新格局发生变化^[4];林隙作为幼苗存活和更新的有效场所,具有保存森林物种多样性和推动森林更新的重要作用^[5],其中,混交林林隙较纯林林隙更有利于林分更新和树木生长^[6]。目前,林隙动态研究已成为森林生态学的热点之一,国内外学者已进行了一系列研究^[7-13]。

闽粤栲 [*Castanopsis fissa* (Champ. ex Benth.) Rehd. et Wils.] 又名黧蒴锥,是福建省天然阔叶林的主要树种之一,由于其成材时常存在腐朽空心现象,导致该树种的利用价值不高而被作为杂木清除或其林分被人为改造,使闽粤栲的自然资源日益缩减。目前,围绕闽粤栲天然林种群空间结构、分布格局、林隙特征和物种多样性等方面已经展开了相关的研究工作^[14-17],但有关闽粤栲林隙的更新机制尚不明确。为此,作者以福建省顺昌县闽粤栲天然林为研究对象,对其林隙更新规律与数量特征进行调查,并分析森林演替过程中林隙的作用,以促进人们对闽粤栲天然林的了解与认识,为闽北天然林的经营与保护提供基础资料。

1 研究区概况和研究方法

1.1 研究区概况

供调查的闽粤栲天然林分别位于福建省顺昌县曲村和高阳2个国有林业采育场,林分类型均为阔叶纯林。顺昌县为福建省重要集体林区之一,地理坐标为东经 117°29′~118°14′、北纬 26°38′~27°12′;属中亚热带海洋性季风气候,年均温 19.1℃,年均降水量 1 738 mm,无霜期 305 d。

1.2 调查方法

在对调查区内闽粤栲天然林进行全面踏查的基础上,于2014年7月选择其中林分类型和立地条件相似的3块样地,各样地的基本概况见表1。在样地内随机布置起点,以罗盘仪引导方向,往南布设调查样线^[18],样线全长 2 180 m,对样线上的 28 个林隙进行调查。记录每个冠林隙和扩展林隙的形状、林龄、长轴和短轴,调查形成木和边缘木的种类、数量、直径和树高等指标。

参考文献[19],按扩展林隙面积(A),以 50 m² 为 1 个等级,采用上限排外法将林隙划分为 4 个等级,分别为 I 级 ($A < 50 \text{ m}^2$)、II 级 ($50 \text{ m}^2 \leq A < 100 \text{ m}^2$)、III 级 ($100 \text{ m}^2 \leq A < 150 \text{ m}^2$) 和 IV 级 ($150 \text{ m}^2 \leq A < 200 \text{ m}^2$),各等级均调查 3 个林隙,共计 12 个林隙;在每个林隙区内的四周和中心均划定 1 个面积 4 m × 4 m 的小样方。为便于比较,在距离被调查林隙区外

表1 福建省闽粤栲天然林样地的基本概况

Table 1 Basic situation of plots of natural forest of *Castanopsis fissa* (Champ. ex Benth.) Rehd. et Wils. in Fujian Province

样地 ¹⁾ Plot ¹⁾	坡度/(°) Slope	坡向/(°) ²⁾ Aspect ²⁾	海拔/m Altitude	面积/hm ² Area	林龄/a Stand age	郁闭度 Canopy density	平均胸径/cm Average diameter at breast height	平均株高/m Average height
QC	26	46.72	460	3.40	57	0.7	19.3	16.6
GY1	30	133.96	460	6.13	66	0.9	26.5	16.3
GY2	30	43.26	500	2.87	53	0.7	25.1	15.4

¹⁾QC: 曲村林业采育场 Qucun Forest Farm; GY1, GY2: 高阳林业采育场 Gaoyang Forest Farm.

²⁾坡向是以正北方向为0°,按顺时针方向折算获得 Aspect is obtained by conversion with clockwise and regarding the north as 0°.

约10 m处随机划定5个面积4 m×4 m的样方,即为非林隙区。

按林隙区和非林隙区内植物的株高(H)划分为乔木层(H≥3 m)、灌木层(1 m≤H<3 m)和灌草层(H<1 m)。记载乔木层植物的种类、胸径(DBH)(DBH<5 cm的植株则测量地径)和树高,灌木层植物的种类、地径、树高和冠幅,灌草层植物的种类、株数和高度。

1.3 数据处理和分析

采用EXCEL 2007软件对调查数据进行计算,并进行单因素方差分析(one-way ANOVA)。

林隙和非林隙中乔木层和灌木层各种类的相对多度(RA)、相对频度(RF)、相对显著度(RD)和重要值(IV)分别按照公式“ $RA = (n/N) \times 100\%$ ”、“ $RF = (f/F) \times 100\%$ ”、“ $RD = (p/P) \times 100\%$ ”和“ $IV = (RA + RF + RD) / 3$ ”进行计算。式中, n 为某种类的株数, N 为全部种类的总株数; f 为某种类的频度, F 为全部种类的总频度; p 为某种类的盖度(显著度), P 为全部种类的总盖度(总显著度),其中,乔木层显著度根据胸高断面面积计算,灌木层显著度根据冠幅计算。

统计和测量林隙和非林隙中灌草层种类的密度和平均高度,其中,密度为单位面积内某种类的株数,平均高度为调查范围内某种类高度的平均值。平均更新密度为单位面积灌木层和灌草层中某乔木层优势种类的株数。

根据参考文献[20]分别将同一种类在林隙中的重要值位序(O_g)和非林隙中的重要值位序(O_{ng})进行排列,在林隙中的重要值位序先于非林隙的种类($O_g - O_{ng} < 0$)称为对林隙产生正更新响应的种类,反之则称为对林隙产生负更新响应的种类($O_g - O_{ng} > 0$);不同种类对林隙发育具有不同程度的更新响应,重要值位序差值小于5($|O_g - O_{ng}| < 5$)则表示该种类对林隙更新响应不明显,重要值位序差值介于5~10($5 \leq |O_g - O_{ng}| \leq 10$)则表示该种类对林隙更新响应

中等,重要值位序差值大于10($|O_g - O_{ng}| > 10$)则表示该种类对林隙更新响应强烈。

2 结果和分析

2.1 林隙和非林隙中乔木层主要树种的数量特征

调查结果显示:福建省闽粤栲天然林林隙和非林隙的乔木层分别有54和35种植物,共同出现在林隙和非林隙的乔木层植物有28种,其中,在林隙和非林隙中重要值居前20位的树种数量特征见表2。

由表2可以看出:闽粤栲天然林林隙乔木层中主要优势树种有闽粤栲、米楮[*Castanopsis carlesii* (Hemsl.) Hay.]、木荷(*Schima superba* Gardn. et Champ.)、青冈[*Cyclobalanopsis glauca* (Thunb.) Oerst.]和黄毛润楠(*Machilus chrysotricha* H. W. Li)等;非林隙乔木层中主要优势树种有闽粤栲、木荷、青冈、米楮和丝栗栲(*Castanopsis fargesii* Franch.)等。此外,仅在林隙乔木层出现的树种有钩栲(*Castanopsis tibetana* Hance)、绒毛润楠(*Machilus velutina* Champ. ex Benth.)、大叶樟[*Cinnamomum burmanni* (Nees et T. Nees) Blume]、细枝柃(*Eurya loquaiiana* Dunn)和鹿角锥(*Castanopsis lamontii* Hance)5种;仅在非林隙乔木层出现的树种只有罗浮栲(*Castanopsis faberi* Hance)1种。

从林隙和非林隙的乔木层各树种的重要值位序差值看(表2):对林隙更新响应不明显的树种有闽粤栲、米楮、木荷、青冈、丝栗栲、光叶石楠[*Photinia glabra* (Thunb.) Maxim.]、中华杜英[*Elaeocarpus chinensis* (Gardn. et Chanp.) Hook. f. ex Benth.]、南岭栲(*Castanopsis fordii* Hance)、赤楠(*Syzygium buxifolium* Hook. et Arn.)和狗骨柴[*Diplospora dubia* (Lindl.) Masam.]10种。对林隙有中等正更新响应的树种只有花榈木(*Ormosia henryi* Prain)1种;对林隙有中等负更新响应的树种有山黄皮(*Clausena*

excavata Burm. f.)、油桐[*Vernicia fordii* (Hemsl.) Airy Shaw] 和樟[*Cinnamomum camphora* (Linn.) Presl] 3 种。对林隙有强烈正更新响应的树种有黄毛润楠和石栎[*Lithocarpus glaber* (Thunb.) Nakai] 2 种; 对林隙有强烈负更新响应的树种有檫树[*Sassafras tzumu*

(Hemsl.) Hemsl.]、少叶黄杞(*Engelhardtia fenzlii* Merr.)、弯蒴杜鹃(*Rhododendron henryi* Hance)、肉桂(*Cinnamomum cassia* Presl) 和山茶(*Camellia japonica* Linn.) 5 种。

表 2 福建省闽粤栲天然林林隙和非林隙乔木层主要树种的定量特征¹⁾

Table 2 Quantitative characteristics of main tree species in arbor layer of gap and non-gap in natural forest of *Castanopsis fissa* (Champ. ex Benth.) Rehd. et Wils. in Fujian Province¹⁾

种类 Species	RA/%		RF/%		RD/%		IV/%		O_g	O_{ng}	$O_g - O_{ng}$
	林隙 Gap	非林隙 Non-gap	林隙 Gap	非林隙 Non-gap	林隙 Gap	非林隙 Non-gap	林隙 Gap	非林隙 Non-gap			
闽粤栲 <i>Castanopsis fissa</i>	38.64	51.32	16.90	24.11	52.49	65.34	36.01	46.92	1	1	0
米槠 <i>Castanopsis carlesii</i>	7.96	4.46	7.24	5.80	9.30	9.57	8.17	6.61	2	4	-2
木荷 <i>Schima superba</i>	7.67	12.21	7.93	12.50	6.98	5.86	7.53	10.19	3	2	1
青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>	5.16	7.26	7.24	8.93	2.33	8.36	4.91	8.18	4	3	1
黄毛润楠 <i>Machilus chrysotricha</i>	3.69	0.66	4.83	1.79	4.33	0.09	4.28	0.84	5	17	-12
丝栗栲 <i>Castanopsis fargesii</i>	3.69	4.79	6.21	7.14	2.41	2.30	4.10	4.74	6	5	1
花榈木 <i>Ormosia henryi</i>	2.65	1.16	3.79	2.23	5.08	0.15	3.84	1.18	7	14	-7
光叶石楠 <i>Photinia glabra</i>	4.72	1.49	4.48	3.13	1.35	0.51	3.52	1.71	8	7	1
中华杜英 <i>Elaeocarpus chinensis</i>	4.72	2.48	4.14	3.13	1.31	0.56	3.39	2.05	9	6	3
南岭栲 <i>Castanopsis fordii</i>	2.21	1.49	3.10	2.23	1.22	0.32	2.18	1.35	10	11	-1
赤楠 <i>Syzygium buxifolium</i>	2.36	0.99	3.10	2.68	0.90	0.10	2.12	1.26	11	12	-1
钩栲 <i>Castanopsis tibetana</i>	1.33	—	2.07	—	2.58	—	1.99	—	12	—	—
绒毛润楠 <i>Machilus velutina</i>	1.03	—	2.07	—	0.18	—	1.09	—	13	—	—
大叶樟 <i>Cinnamomum burmanni</i>	0.74	—	1.38	—	1.10	—	1.07	—	14	—	—
山黄皮 <i>Clausena excavata</i>	0.88	1.49	2.07	3.13	0.12	0.20	1.02	1.60	15	8	7
油桐 <i>Vernicia fordii</i>	0.74	0.83	1.38	1.79	0.81	1.82	0.97	1.48	16	10	6
细枝柃 <i>Eurya loquaiana</i>	0.44	—	0.69	—	1.39	—	0.84	—	17	—	—
鹿角锥 <i>Castanopsis lamontii</i>	0.88	—	1.38	—	0.06	—	0.78	—	18	—	—
石栎 <i>Lithocarpus glaber</i>	1.03	0.17	1.03	0.45	0.14	0.01	0.73	0.21	19	32	-13
狗骨柴 <i>Diplospora dubia</i>	0.59	0.33	1.38	0.89	0.16	0.06	0.71	0.43	20	23	-3
少叶黄杞 <i>Engelhardtia fenzlii</i>	0.29	1.16	0.69	2.23	0.03	1.12	0.34	1.50	35	9	26
檫树 <i>Sassafras tzumu</i>	0.29	0.83	0.69	2.23	0.66	0.68	0.55	1.25	24	13	11
樟 <i>Cinnamomum camphora</i>	0.59	1.16	0.69	1.34	0.34	0.70	0.54	1.06	25	15	10
弯蒴杜鹃 <i>Rhododendron henryi</i>	0.15	0.99	0.34	1.79	0.03	0.16	0.17	0.98	48	16	32
肉桂 <i>Cinnamomum cassia</i>	0.15	0.66	0.34	1.79	0.01	0.06	0.17	0.84	52	18	34
山茶 <i>Camellia japonica</i>	0.15	0.66	0.34	1.79	0.00	0.05	0.17	0.83	54	19	35
罗浮栲 <i>Castanopsis fabri</i>	—	0.33	—	0.89	—	0.50	—	0.57	—	20	—

¹⁾ RA: 相对多度 Relative abundance; RF: 相对频度 Relative frequency; RD: 相对显著度 Relative dominance; IV: 重要值 Important value; O_g : 林隙中的重要值位序 Rank of IV in gap; O_{ng} : 非林隙中的重要值位序 Rank of IV in non-gap. —: 不存在该种类 Species not existing.

2.2 林隙和非林隙中灌木层主要种类的数量特征

调查结果显示:福建省闽粤栲天然林林隙和非林隙的灌木层分别有 61 和 37 种植物,共同出现在林隙和非林隙的灌木层植物有 29 种,其中,在林隙和非林隙中重要值居前 20 位的植物数量特征见表 3。

由表 3 可以看出:闽粤栲天然林林隙灌木层中主要优势种类有闽粤栲、黄毛润楠、山茶、丝栗栲和花榈木等;非林隙灌木层中主要优势种类有闽粤栲、米槠、

木荷、山茶和花榈木等。此外,仅在林隙灌木层出现的种类有山矾(*Symplocos sumuntia* Buch.-Ham. ex D. Don)、尖叶水丝梨(*Sycopsis dunnii* Hemsl.)、重阳木[*Bischofia polycarpa* (Lévl.) Airy Shaw]、野含笑(*Michelia skinneriana* Dunn)和竹柏[*Podocarpus nagi* (Thunb.) Zoll. et Mor ex Zoll.] 5 种;仅在非林隙灌木层出现的种类只有罗浮栲 1 种。

从林隙和非林隙的灌木层中各种类的重要值位

序差值看(表3);对林隙更新响应不明显的种类有闽粤栲、山茶、花榈木、木荷和赤楠5种。对林隙有中等正更新响应的种类只有黄毛润楠1种;对林隙有中等负更新响应的种类有米楮、山黄皮、青冈、沿海紫金牛(*Ardisia punctata* Lindl.)、少叶黄杞、南岭栲和香花崖豆藤(*Millettia dielsiana* Harms)7种。对林隙有强烈

正更新响应的种类有丝栗栲、光叶石楠、弯蒴杜鹃和黄瑞木[*Adinandra millettii* (Hook. et Arn.) Benth. et Hook. f. ex Hance]4种;对林隙有强烈负更新响应的种类有中华杜英、狗骨柴、老鼠刺(*Itea chinensis* Hook. et Arn.)和菝葜(*Smilax china* Linn.)4种。

表3 福建省闽粤栲天然林林隙和非林隙灌木层主要种类的数量特征¹⁾

Table 3 Quantitative characteristics of main species in shrub layer of gap and non-gap in natural forest of *Castanopsis fissa* (Champ. ex Benth.) Rehd. et Wils. in Fujian Province¹⁾

种类 Species	RA/%		RF/%		RD/%		IV/%		O_g	O_{ng}	$O_g - O_{ng}$
	林隙 Gap	非林隙 Non-gap	林隙 Gap	非林隙 Non-gap	林隙 Gap	非林隙 Non-gap	林隙 Gap	非林隙 Non-gap			
闽粤栲 <i>Castanopsis fissa</i>	13.35	16.72	9.50	13.07	8.27	16.41	10.37	15.40	1	1	0
黄毛润楠 <i>Machilus chrysotricha</i>	6.95	4.10	3.91	5.03	13.01	3.71	7.96	4.28	2	7	-5
山茶 <i>Camellia japonica</i>	8.65	8.53	4.75	6.03	4.57	7.88	5.99	7.48	3	4	-1
丝栗栲 <i>Castanopsis fargesii</i>	4.89	2.39	5.31	3.02	6.34	1.67	5.51	2.36	4	15	-11
花榈木 <i>Ormosia henryi</i>	4.70	6.48	5.03	6.03	6.65	7.46	5.46	6.66	5	5	0
木荷 <i>Schima superba</i>	4.89	7.51	5.59	8.04	3.41	7.24	4.63	7.60	6	3	3
光叶石楠 <i>Photinia glabra</i>	3.20	1.37	3.91	2.01	6.40	1.63	4.50	1.67	7	19	-12
弯蒴杜鹃 <i>Rhododendron henryi</i>	4.32	0.68	2.51	1.01	5.94	0.52	4.26	0.74	8	28	-20
赤楠 <i>Syzygium buxifolium</i>	2.82	3.75	2.79	3.02	4.59	2.00	3.40	2.92	9	9	0
米楮 <i>Castanopsis carlesii</i>	3.38	9.22	3.63	7.04	1.86	14.34	2.96	10.20	10	2	8
山矾 <i>Symplocos sumuntia</i>	2.07	—	2.79	—	3.76	—	2.88	—	11	—	—
黄瑞木 <i>Adinandra millettii</i>	3.20	0.34	1.96	0.50	2.44	1.12	2.53	0.66	12	29	-17
尖叶水丝梨 <i>Sycopsis dunni</i>	2.07	—	3.07	—	1.52	—	2.22	—	13	—	—
山黄皮 <i>Clausena excavata</i>	2.07	4.78	1.96	6.53	1.90	4.28	1.97	5.20	14	6	8
青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>	1.88	3.07	2.51	3.52	1.27	2.16	1.89	2.92	15	10	5
重阳木 <i>Bischofia polycarpa</i>	1.69	—	2.23	—	1.69	—	1.87	—	16	—	—
野含笑 <i>Michelia skinneriana</i>	1.32	—	1.96	—	1.89	—	1.72	—	17	—	—
沿海紫金牛 <i>Ardisia punctata</i>	2.07	3.07	2.23	4.02	0.67	1.43	1.66	2.84	18	11	7
少叶黄杞 <i>Engelhardtia fenzlii</i>	1.50	2.73	2.23	1.51	0.78	3.14	1.51	2.46	19	14	5
竹柏 <i>Podocarpus nagi</i>	1.13	—	1.40	—	1.95	—	1.49	—	20	—	—
中华杜英 <i>Elaeocarpus chinensis</i>	0.94	2.73	0.84	2.01	1.62	5.58	1.13	3.44	29	8	21
罗浮栲 <i>Castanopsis fabri</i>	—	2.05	—	2.51	—	3.61	—	2.72	—	12	—
南岭栲 <i>Castanopsis fordii</i>	1.13	2.05	1.68	3.02	1.27	2.63	1.36	2.56	23	13	10
狗骨柴 <i>Diplospora dubia</i>	0.19	2.05	0.28	1.51	0.05	2.81	0.17	2.12	56	16	40
老鼠刺 <i>Itea chinensis</i>	0.38	2.73	0.28	2.51	0.16	1.09	0.27	2.11	50	17	33
香花崖豆藤 <i>Millettia dielsiana</i>	1.13	2.05	1.68	2.01	0.90	1.86	1.23	1.97	26	18	8
菝葜 <i>Smilax china</i>	0.56	1.71	0.84	2.01	0.16	0.50	0.52	1.41	38	20	18

¹⁾ RA: 相对多度 Relative abundance; RF: 相对频度 Relative frequency; RD: 相对显著度 Relative dominance; IV: 重要值 Important value; O_g : 林隙中的重要值位序 Rank of IV in gap; O_{ng} : 非林隙中的重要值位序 Rank of IV in non-gap. —: 不存在该种类 Species not existing.

2.3 林隙和非林隙中灌草层主要种类的数量特征

调查结果显示:福建省闽粤栲天然林林隙和非林隙的灌草层分别有72和49种植物,共同出现在林隙和非林隙的灌草层植物有37种。林隙灌草层中大多数种类的密度明显高于非林隙灌草层,林隙灌草层中各种类的总密度为12 416.67 hm^{-2} ,而非林隙灌草层中各种类的总密度为8 583.33 hm^{-2} ;林隙灌草层中

大多数种类的平均高度高于非林隙灌草层,林隙灌草层中各种类的平均高度均值为0.30 m,而非林隙灌草层中各种类的平均高度均值为0.18 m,林隙灌草层各种类的总密度和平均高度均值明显高于非林隙灌草层。其中,在林隙和非林隙中密度居前20位的植物数量特征见表4。

由表4可以看出:从各种类的密度看,闽粤栲、木

荷、香花崖豆藤、丝栗栲和沿海紫金牛等种类为林隙和非林隙灌草层的优势种类, 其中, 闽粤栲的密度在林隙和非林隙灌草层中均最大, 分别为 3 791. 67 和 2 156. 25 hm^{-2} , 其在林隙和非林隙中的高度分别为 0. 31 和 0. 32 m。仅在林隙灌草层出现的种类有老鼠

矢(*Symplocos stellaris* Brand)、野含笑、尖叶水丝梨和拟赤杨 [*Alniphyllum fortunei* (Hemsl.) Makino] 4 种; 仅在非林隙灌草层出现的种类有草珊瑚 [*Sarcandra glabra* (Thunb.) Nakai] 和罗浮栲 2 种。

表 4 福建省闽粤栲天然林林隙和非林隙灌草层主要种类的数量特征¹⁾

Table 4 Quantitative characteristics of main species in shrub-herb layer of gap and non-gap in natural forest of *Castanopsis fissa* (Champ. ex Benth.) Rehd. et Wils. in Fujian Province¹⁾

种类 Species	密度/ hm^{-2} Density		R ²⁾	平均高度/m Average height	
	林隙 Gap	非林隙 Non-gap		林隙 Gap	非林隙 Non-gap
闽粤栲 <i>Castanopsis fissa</i>	3 791. 67	2 156. 25	1. 76	0. 31	0. 32
木荷 <i>Schima superba</i>	927. 08	500. 00	1. 85	0. 36	0. 51
香花崖豆藤 <i>Millettia dielsiana</i>	614. 58	1062. 50	0. 58	0. 23	0. 22
丝栗栲 <i>Castanopsis fargesii</i>	593. 75	666. 67	0. 89	0. 44	0. 38
沿海紫金牛 <i>Ardisia punctata</i>	552. 08	781. 25	0. 71	0. 38	0. 31
黄毛润楠 <i>Machilus chrysotricha</i>	510. 42	322. 92	1. 58	0. 49	0. 44
网脉酸藤子 <i>Embelia rudis</i>	427. 08	104. 17	4. 10	0. 46	0. 27
老鼠刺 <i>Itea chinensis</i>	354. 17	447. 92	0. 79	0. 32	0. 35
花榈木 <i>Ormosia henryi</i>	302. 08	114. 58	2. 64	0. 50	0. 39
老鼠矢 <i>Symplocos stellaris</i>	291. 67	—	—	0. 28	—
山黄皮 <i>Miliusa sinensis</i>	281. 25	177. 08	1. 59	0. 39	0. 53
野含笑 <i>Michelia skinneriana</i>	250. 00	—	—	0. 23	—
菝葜 <i>Smilax china</i>	239. 58	218. 75	1. 10	0. 42	0. 38
尖叶水丝梨 <i>Sycopsis dunni</i>	197. 92	—	—	0. 43	—
黄端木 <i>Adinandra millettii</i>	187. 50	83. 33	2. 25	0. 63	0. 60
米楮 <i>Castanopsis carlesii</i>	187. 50	208. 33	0. 90	0. 30	0. 51
矩叶鼠刺 <i>Itea oblonga</i>	145. 83	31. 25	4. 67	0. 47	0. 17
山茶 <i>Camellia japonica</i>	145. 83	83. 33	1. 75	0. 54	0. 66
中华杜英 <i>Elaeocarpus chinensis</i>	135. 42	10. 42	13. 00	0. 35	0. 30
拟赤杨 <i>Alniphyllum fortunei</i>	125. 00	—	—	0. 33	—
草珊瑚 <i>Sarcandra glabra</i>	—	177. 08	—	—	0. 25
狗骨柴 <i>Diplospora dubia</i>	52. 08	156. 25	0. 33	0. 47	0. 29
青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>	125. 00	114. 58	1. 09	0. 49	0. 42
罗浮栲 <i>Castanopsis fabri</i>	—	93. 75	—	—	0. 32
木姜叶柯 <i>Lithocarpus litseifolius</i>	72. 92	93. 75	0. 78	0. 39	0. 34
少叶黄杞 <i>Engelhardtia fenzlii</i>	114. 58	93. 75	1. 22	0. 47	0. 59

¹⁾ —: 不存在该种类 Species not existing.

²⁾ R: 林隙与非林隙中同一种类密度的比值 Ratio of density of the same species in gap to non-gap.

2.4 林隙面积对林隙乔木层主要树种更新规律的影响

为了进一步分析林隙更新与干扰特征, 选择在福建省闽粤栲天然林林隙中重要值排名前 6 位的乔木层树种进行平均更新密度分析, 结果见表 5。

由表 5 可以看出: 在不同面积的林隙中 6 个主要乔木层树种的平均更新密度差异较大, 其中, 闽粤栲的平均更新密度总体上随林隙面积扩大而提高, 在林隙面积为 150 ~ 200 m^2 时其平均更新密度最大。而

米楮、木荷、青冈、黄毛润楠和丝栗栲的平均更新密度则随林隙面积扩大而波动, 其中, 在林隙面积为 50 ~ 100 m^2 时米楮、木荷、黄毛润楠和丝栗栲 4 个树种的平均更新密度总体上最小; 在林隙面积为 100 ~ 150 m^2 时米楮、木荷、青冈和黄毛润楠 4 个树种的平均更新密度均最大。另外, 在非林隙中, 仅米楮的平均更新密度大于面积 50 ~ 100 和 150 ~ 200 m^2 的林隙, 其他树种的平均更新密度均小于林隙。

单因素方差分析结果表明: 6 个乔木层树种的平

表5 福建省闽粤栲天然林林隙和非林隙中6个主要乔木层树种的平均更新密度比较¹⁾Table 5 Comparison on average regeneration density of six main tree species in arbor layer of gap and non-gap in natural forest of *Castanopsis fissa* (Champ. ex Benth.) Rehd. et Wils. in Fujian Province¹⁾

种类 Species	在非林隙中的平均更新密度/hm ⁻² Average regeneration density in non-gap	在不同面积(A)林隙中的平均更新密度/hm ⁻² Average regeneration density in gaps with different areas (A)			
		I	II	III	IV
闽粤栲 <i>Castanopsis fissa</i>	2 183.33	4 416.67	4 583.33	4 541.67	4 958.33
米槠 <i>Castanopsis carlesii</i>	441.67	520.83	333.33	708.33	375.00
木荷 <i>Schima superba</i>	675.00	1 250.00	833.33	1 750.00	1 375.00
青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>	175.00	200.00	208.33	333.33	208.33
黄毛润楠 <i>Machilus chrysostricha</i>	358.33	750.00	541.67	1 416.67	875.00
丝栗栲 <i>Castanopsis fargesii</i>	625.00	958.33	750.00	1 041.67	1 083.33

¹⁾ I: $A < 50 \text{ m}^2$; II: $50 \text{ m}^2 \leq A < 100 \text{ m}^2$; III: $100 \text{ m}^2 \leq A < 150 \text{ m}^2$; IV: $150 \text{ m}^2 \leq A < 200 \text{ m}^2$.

均更新密度在不同面积林隙间无显著差异 ($P = 0.867$), 说明林隙面积对乔木层树种的更新密度无明显影响。

3 讨论和结论

从福建省闽粤栲天然林林隙和非林隙中主要种类的重要值差异看, 无论是在林隙和非林隙间, 还是在乔木层、灌木层和灌草层等不同林层间, 其主要优势种类均较为相似, 重要值居前的种类均为闽粤栲和木荷等, 其中, 闽粤栲的重要值均位居第一, 而其他种类在林隙更新发育过程中的重要值位序均有所变动。在林隙中, 闽粤栲占优势, 说明该种是典型的林隙更新树种; 而在非林隙中, 闽粤栲占主导地位, 说明该种是群落的建群种。从林隙到林冠的发育过程中, 闽粤栲始终处于该天然林群落的优势地位。

研究结果表明: 闽粤栲天然林的主要优势种类(如闽粤栲和木荷等)对林隙更新响应不明显, 尤其是建群种闽粤栲在林隙和非林隙的不同林层中均占据优势; 而对林隙更新响应较明显的树种则表现出较为剧烈的变化, 仅有少量种类(如黄毛润楠和丝栗栲等)能进入乔木层, 这一规律与哀牢山中山湿性常绿阔叶林^[5]以及福建万木林中亚热带常绿阔叶林^[19]的林隙更新规律基本一致。闽粤栲天然林林隙灌草层中大部分种类的密度和平均高度明显高于非林隙, 与幼苗受周围微环境的影响有关; 非林隙中的幼苗由于受到林冠遮蔽, 光照等条件远不如林隙, 大多数幼苗处于缓慢生长状态; 而林隙微环境对幼苗生长有利, 幼苗生长较快。该研究结论与福建万木林中亚热带常绿阔叶林林隙^[19]不同, 其原因可能是本次调查的

闽粤栲天然林林隙年龄较后者大, 多数林隙已存在10 a以上, 其中的幼树树龄均较大且株高已超过灌木高度, 可获取更多的光照和水分等。

刘金福等^[21]认为, 不同树种在林隙和非林隙中的优势地位不同, 同一树种在林隙和非林隙中的优势地位亦不同, 表现出对林隙更新响应的差异。在闽粤栲天然林中, 各主要树种对不同面积林隙的更新响应不同, 在面积150~200 m²的林隙中闽粤栲和丝栗栲的平均更新密度均最大, 而在面积100~150 m²的林隙中米槠、木荷、青冈和黄毛润楠4个树种的平均更新密度均最大, 其原因主要为: 当林隙面积小于100 m²时, 林隙中光照和水分等环境条件受周围林冠的影响较大, 各树种的幼树数量相对较少; 随林隙面积增大, 各树种受非林隙大树的干扰逐渐减小, 其更新环境条件得以改善, 密度开始增加, 但随林隙面积的进一步增大, 林隙内的环境条件更为优越, 林隙中的灌木和草本大量生长并快速占领林隙内的地表空间, 从而对林隙中乔木幼树的更新产生抑制作用, 导致乔木树种的更新密度减少。本研究中, 在面积150~200 m²的林隙中闽粤栲和丝栗栲的平均更新密度最大, 这可能与二者的生物学特性及其对灌木和草本的竞争力较强有关。本次调查的最大林隙面积均未超过200 m², 超过此面积后闽粤栲和丝栗栲的平均更新密度是否也增大, 还需要在更大的林隙空间中进行更加深入的研究。

综上所述, 在闽北闽粤栲天然林更新演替过程中, 在林隙形成初期, 灌木的快速生长抑制了乔木树种的更新与幼苗的生长, 但随着林隙形成时间的推移, 林隙内乔木幼树的生长逐步超过灌木并开始占据林隙空间, 在此过程中, 对林隙更新响应不明显的树

种(如闽粤栲和木荷等)表现出竞争优势,逐步占据各林层直至形成主林层;而对林隙更新响应明显的树种则竞争激烈,仅有少量重要值居前的树种(如黄毛润楠、丝栗栲和米楮等)在竞争中占据优势而成为优势树种,而更多的次要树种则在此过程中被淘汰。不同种类在各林层中的重要值和更新响应规律不同,而当上层林木生长发育至过熟并衰老时,新的林隙重新形成,并进入林隙的再次演替和更新的循环。

目前,对闽粤栲天然林林隙形成过程中生态环境变化规律以及林隙中各种类生物学特性变化等方面的研究不足,因此,本文对闽粤栲天然林林隙物种更新响应的机制分析尚缺乏足够的论据,后续将根据不同种类的生物学特性并结合林隙生态环境的变化规律,对林隙内各种类间的关系以及相互作用等方面进行综合研究与分析,以深入了解闽粤栲天然林各种类的共存与多样性变化规律。

参考文献:

- [1] 杨玲,康永祥,李小军,等. 黄帝陵古柏群林下天然更新研究[J]. 西北林学院学报, 2015, 30(1): 82-86.
- [2] 罗梅,郑小贤. 金沟岭林场落叶松人工林天然更新动态研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2016, 36(9): 7-11.
- [3] 刘少冲,段文标,冯静,等. 林隙对小兴安岭阔叶红松林树种更新及物种多样性的影响[J]. 应用生态学报, 2011, 22(6): 1381-1388.
- [4] 于振良,于贵瑞,王秋凤,等. 长白山阔叶红松林林隙特征及对树种更新的影响[J]. 资源科学, 2001, 23(6): 64-68.
- [5] 何永涛,李贵才,曹敏,等. 哀牢山中山湿性常绿阔叶林林窗更新研究[J]. 应用生态学报, 2003, 14(9): 1399-1404.
- [6] 李苏闽,何东进,覃德华,等. 福建天宝岩国家级自然保护区长苞铁杉林林窗的物种构成和边缘响应分析[J]. 植物资源与环境学报, 2015, 24(4): 89-96.
- [7] GAGNON J L, JOKELA E J, MOSER W K, et al. Characteristics of gaps and natural regeneration in mature longleaf pine flatwoods ecosystems [J]. *Forest Ecology and Management*, 2004, 187: 373-380.
- [8] 陈碧华,洪伟,叶功富. 闽中山地天然林林隙动态及自然干扰特征[J]. 福建林学院学报, 2005, 25(2): 107-111.
- [9] JIN G Z, TIAN Y Y, ZHAO F X, et al. The pattern of natural regeneration by canopy gap size in the mixed broadleaved-Korean pine forest of Xiaoxing'an Mountains, China [J]. *Journal of Korean Forestry Society*, 2007, 96: 227-234.
- [10] DE LIMA R A F, DE MOURA L C. Gap disturbance regime and composition in the Atlantic Montane Rain Forest: the influence of topography [J]. *Plant Ecology*, 2008, 197: 239-253.
- [11] 宋新章,张智婷,肖文发,等. 长白山杨桦次生林采伐林隙幼苗更新动态[J]. 林业科学, 2008, 44(3): 13-20.
- [12] 李兵兵,秦琰,刘亚茜,等. 燕山山地油松人工林林隙大小对更新的影响[J]. 林业科学, 2012, 48(6): 147-151.
- [13] 董伯骞,黄选瑞,徐学华,等. 退化华北落叶松人工林林隙更新特征[J]. 中南林业科技大学学报, 2014, 34(8): 1-8.
- [14] 蓝文升,钟兆全,郑德祥,等. 闽北天然闽粤栲种群空间分布格局研究[J]. 北华大学学报(自然科学版), 2014, 15(1): 105-108.
- [15] 蓝文升,钟兆全,郑德祥,等. 闽北天然闽粤栲林分空间结构研究[J]. 北华大学学报(自然科学版), 2014, 15(3): 398-403.
- [16] 苏凌燕,郑德祥,钟兆全,等. 闽北闽粤栲天然林林隙特征及干扰状况[J]. 森林与环境学报, 2015, 35(2): 125-130.
- [17] 郑德祥,苏凌燕,钟兆全,等. 闽北闽粤栲天然林林隙物种多样性变化分析[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2016, 44(12): 81-87.
- [18] RUNKLE J R. Patterns of disturbance in some old-growth mesic forests of eastern North America [J]. *Ecology*, 1982, 63: 1533-1546.
- [19] 闫淑君,洪伟,吴承祯. 福建万木林中亚热带常绿阔叶林林隙更新研究[J]. 林业科学, 2004, 40(6): 25-31.
- [20] 臧润国,余世孝,刘静艳,等. 海南霸王岭热带山地雨林林隙更新规律的研究[J]. 生态学报, 1999, 19(2): 151-158.
- [21] 刘金福,洪伟,李俊清. 栎类林窗更新特征的研究[J]. 北京林业大学学报, 2006, 28(3): 14-19.

(责任编辑:郭严冬)