

基于分层的典型中亚热带天然阔叶林林木竞争关系研究

马志波¹, 黄清麟^{1*}, 庄崇洋¹, 郑群瑞², 王宏¹

(1. 中国林业科学研究院资源信息研究所, 国家林业局林业遥感与信息技术重点实验室, 北京 100091;

2. 建瓯万木林省级自然保护区管理处, 福建 建瓯 353105)

摘要: [目的] 通过分析不同林层林木之间的竞争情况, 以期揭示林木间相互竞争的类型、林木受到的竞争压力与林木垂直分布之间的关系, 为森林资源的保护与利用提供科学依据。 [方法] 在福建万木林自然保护区内设 5 块典型中亚热带天然阔叶林样地, 采用 Hegyi 的竞争指数, 按分层和不分层两种情形研究林木间的竞争强度。 [结果] 在 1—5 号样地, 当取样半径超过 4 m 后, 林木间的竞争强度随取样半径的增大而减小的趋势变缓, 4 m 是分析林木竞争的适宜半径; 以 4 m 为半径分析林木间的竞争, 发现有一半以上的组成树种只发生种间竞争, 剩余同时发生种间和种内竞争的树种, 其竞争木构成中数量占优势的普遍是与其相异的树种, 且种间竞争强度普遍强于种内竞争; 各样地的乔木层都可以划分出由高到低的 3 个林层, 在平均水平, 越高层的林木距离竞争木越远, 在竞争木的组成中较矮小的第 3 林层林木数量也越多; 越高层的林木, 平均每株对象木与其全部竞争木之间的竞争压力越小。 [结论] 在调查的典型群落中, 普遍发生的是种间竞争, 而林木受到的竞争压力及其竞争木的组成都与它们的垂直分布关系密切, 在森林资源保护和经营中应对垂直分布予以更多的关注; 乔木层中的优势树种未发生激烈种间或种内竞争; 可以发生激烈种间竞争的乔木树种有米槠、庆元冬青、少叶黄杞和杜英, 不存在特定的竞争木与它们竞争, 它们与竞争木相近、主要分布在第 2 或第 3 林层; 种内竞争过于激烈的有山杜英、华杜英、山黄皮、野含笑和羊舌树, 也主要分布在第 2 或第 3 林层。

关键词: 中亚热带; 天然阔叶林; 林层划分; 种内竞争; 种间竞争

中图分类号: S752.2

文献标识码: A

文章编号: 1001-1498(2018)02-0001-10

Competition Relationship in Typical Natural Broad-Leaved Forest Community of Mid-subtropical Zone: Based on Arbor-layer Stratification

MA Zhi-bo¹, HUANG Qing-lin¹, ZHUANG Chong-yang¹, ZHENG Qun-rui², WANG Hong¹

(1. Research Institute of Forest Resource Information Techniques, Chinese Academy of Forestry; Key Laboratory of Forestry Remote Sensing and Information Technology, State Forestry Administration, Beijing 100091, China; 2. Wanmulin Nature Reserve, Jian'ou 353100, Fujian, China)

Abstract: [Objective] The object of this study is to determine which competition type, intraspecific or interspecific competition, was popular in typical natural mid-subtropical broad-leaved forest, and to determine how the vertical distribution of trees affect the competition, thereby to provide data for the protection and utilization of forest resources. [Method] Five typical natural forest sample plots were investigated in Wanmulin Nature Reserve, Fujian Province. Hegyi's competition index was used to investigate two scenarios, without or with arbor-layer stratification. [Result] The results showed that the competition intensity decreased largely with the increasing of sampling radius

收稿日期: 2017-08-15

基金项目: 国家自然科学基金项目“中亚热带天然阔叶林林层特征研究”(31370633)

作者简介: 马志波(1977—), 男, 河北邢台人, 博士、副研究员, 研究方向为森林可持续经营, E-mail: mateco@sina.cn

* 通讯作者: 黄清麟(1967—), 男, 福建莆田人, 博士、研究员、博士生导师, 研究方向为森林可持续经营理论与技术, E-mail: huangql@caf.ac.cn

until the radius was more than 4 m so that 4 m is a suitable radius for analyzing competition among trees in the five communities. There were more than half of the species only occurred interspecific competition within a radius of 4 m in each plots. Interspecific competition intensity was generally stronger than intraspecific competition intensity for those tree species that were rebelling against both same species and different species, and more different species than same species in their competitors. The arbor layer could be divided into three layers of the five plots. On average, the higher the tree was, the farther the distance was from its competitors, there were more trees belonged to the third arbor layer among the competitors, and the competition pressure was lower for individual object tree with all of its competitors. [**Conclusion**] Interspecific competition is popular in the five communities; both the competition pressure and the composition of competitors are closely related to vertical distribution of trees. More attention should be paid to the vertical distribution in the conservation and management of forest resources. There are none intensive interspecific or intraspecific competition occurred in dominant species of the five communities. There are four species, *Castanopsis carlesii*, *Ilex qingyuanensis*, *Engelhardtia fenzlii*, and *Elaeocarpus decipiens*, could occur intensive interspecific competition, but not specialized competitor was found and the four species mainly distribute in the second or third arbor layer together with their competitors. There are five species mainly distributing in the second or third arbor layer, *Elaeocarpus sylvestris*, *Elaeocarpus chinensis*, *Randia cochinchinensis*, *Michelia skinneriana*, and *Symplocos glauc*, could occur over-intraspecific-competition.

Keywords: mid-subtropical; natural broad-leaved forest; arbor-layer stratification; intraspecific competition; interspecific competition

亚热带常绿阔叶林是我国亚热带地区极为重要的地带性植被^[1-4]。在我国亚热带地区,研究者们通过从生理到生态、从个体到种群和群落等多种方面、多个水平的研究^[5-10],为了解种内与种间竞争,揭示竞争与群落构建和动态之间的关系提供了科学依据。天然常绿阔叶林群落是相关研究中的一类重要研究对象^[11-14],其乔木层具有自然成层现象,通常可以划分出2或3个亚层^[1,3,15-21],各层有各自的特征^[16-17,19-21],这种自然成层特性体现了林木高生长策略的差异、代表着林木在光资源竞争中的地位,为研究垂直分布不同的林木间的竞争提供了天然分组,但是相关研究开展较少。

本研究选择福建省建瓯市万木林自然保护区内的典型中亚热带天然阔叶林群落为对象,研究各层林木与同层和不同层林木之间的竞争,目的是揭示各层林木之间的竞争关系,明确各层林木所受竞争压力的来源与大小,为地区森林资源保护与经营提供科学基础。

1 研究区概况

福建省建瓯万木林自然保护区(27°02'28"~27°03'32" N,118°08'22"~118°09'23" E)是1956年林业部划定的全国首批19个天然林禁伐区之一,至今已经有600 a以上有记载的保护史^[22],保护区森

林植被的主体是中亚热带天然阔叶林即“典型常绿阔叶林”^[3-4],在人类活动频繁的低海拔丘陵山地(保护区海拔230~556 m)能得以保存,极其罕见。保护区位于闽北武夷山和鹫峰山之间,面积189 hm²,属中亚热带季风气候,年均气温18.7℃,年降水量1670 mm,相对湿度81%,全年无霜期277 d,日照时数1812.7 h,土壤为花岗岩发育的红壤。

2 研究方法

2.1 样地设置与调查

2015年冬季在保护区内选择较平坦的典型天然群落地段,设置5个50 m×50 m的样地,其中1号样地位于下坡位,2、3号样地位于相同坡面的中上坡位和中下坡位,4、5号样地位于另一面坡的中上坡位和中下坡位。将每块样地划分为25个10 m×10 m的样方,对所有样方中胸径≥5 cm的木本植物进行每木调查,记录种名,准确定位并测量胸径、树高(用测高杆和测高器测量),按最大受光面法^[23]在現地判断、记录林木的层次归属。各样地林分基本特征见参考文献[23]。

2.2 竞争强度分析

使用Hegyí的单木竞争指数^[24]分析林木之间的竞争强度(I),公式如下:

$$I = \sum_{(i=1, i \neq j)}^n \frac{d_i}{d_j} \times \frac{1}{dist_{ij}}$$

式中 n 为竞争木的株数, d_i 为竞争木的胸径, d_j 为对象木的胸径, $dist_{ij}$ 为竞争木到对象木的距离。用平均值 $\bar{I}_1 = \frac{I}{n}$ 表示平均每一对对象木与竞争木之间的竞争强度, 用平均值 $\bar{I}_2 = \frac{I}{m}$ 表示平均每株对象木 (m 为对象木株数) 与其所有竞争木之间的竞争强度。 \bar{I}_1 用于确定分析林木竞争的适宜半径, \bar{I}_2 用于分析分层和不分层情况下林木间的竞争强度。

使用环绕边缘校正方法^[25-26]消除边缘效应——将中心样地(即实测样地)内所有活立木作为对象木, 竞争木从中心样地及其周围8个“拷贝”中选择(图1)。采用两种方法确定竞争木, 一是固定半径的方法, 首先, 由于所有样地林木的最大冠幅为9.60 m, 因此将以对象木为圆心、半径 r 依次取“2, 3, ..., 10(m)”范围内的林木作为竞争木, 然后计算竞争指数并绘制“平均竞争强度-样圆半径”关系散点图, 用散点连线开始变平缓时对应的半径确定竞争木; 二是依靠林木树冠投影之间相互关系的方法, 将树冠投影与对象木树冠投影有接触或包含关系的林木作为竞争木。第一种方法用于乔木层整体分析, 第二种方法用于分层后的分析。

根据“最大受光面法”^[23]把乔木层分成3层: 将能得到垂直光照的林木划归受光层, 进一步将受光层中树冠突出的林木划归第1层、树冠不突出的划归第2层; 将不能得到垂直光照的林木划归非受光层即第3层。

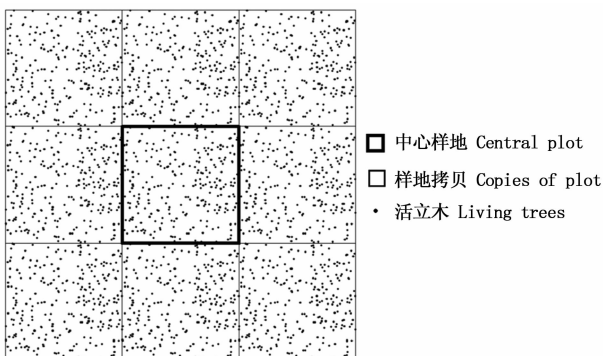


图1 以3号样地为例的边缘校正示意图

Fig. 1 An example of edge correction with plot 3

3 结果与分析

3.1 种内和种间的竞争

1~5号样地分别为木荷(*Schima superba* Gardn. et Champ.)—光叶山矾(*Symplocos lancifolia* Sieb. et

Zucc.)群落、猴欢喜(*Sloanea sinensis* (Hance) Hemsl.)—木荷群落、木荷—新木姜子(*Neolitsea aurata* (Hay.) Koidz.)群落、木荷—浙江桂(*Cinnamomum chekiangense* Nakai.)群落和浙江桂—木荷群落。1~5号样地分别有36、50、49、45和45个树种, 林分平均胸径分别为21.0(标准差14.8, 下同)、25.7(19.6)、22.0(15.8)、23.4(16.9)和21.9 cm(16.2)。1~5号样地都具有高大的群落外貌, 林分平均高分别为26.8(标准差14.9, 下同)、27.9(16.0)、23.9(12.5)、24.3(13.1)和25.3 m(14.1), 都可以划分为3个林层, 自上而下记为第1、第2和第3林层。第1、2林层的临界高度分别为25、27、25、23和23 m, 第2、3林层的临界高度分别为17、16.5、17、17和16 m, 各层树木的数量分布见图2。

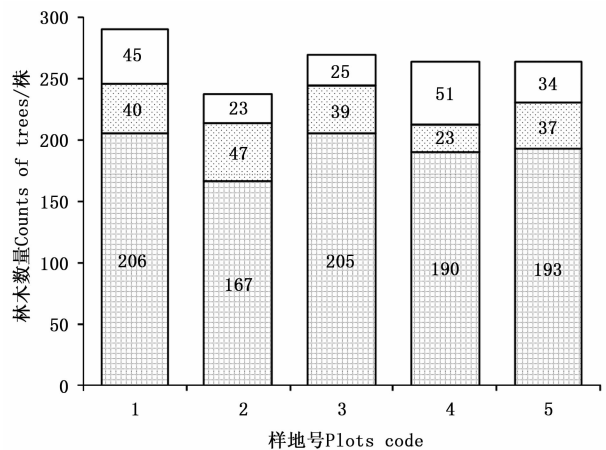


图2 各林层树木的株数分布

Fig. 2 Counts of trees in different arbor layers

在每块样地中, 以每株活立木(对象木)为圆心、一定半径(2~10 m)范围内的其他活立木为竞争木时, 计算得到的平均竞争指数 \bar{I}_1 随半径增加而减小(图3), 但是在半径超过4 m后, 平均竞争指数随半径增大而减小的趋势开始变得平缓。另外, 由于距离越近, 竞争指数值越大, 而4号样地中有较多对象木与竞争木(4号样地内共26对, 其他样地都不超过2对)分布在相同或较近(距离<10 cm)位置, 因此相同半径范围内4号样地林木间的平均竞争指数明显大于其他4块样地(图3)。

在对象木半径4 m范围内林木间的竞争关系分析结果见表1, 表中的平均竞争指数为 \bar{I}_2 。在1~5号样地中, 与半径4 m范围内相邻木的平均竞争强度最大的树种分别是山矾(*Symplocos sumuntia* Buch.-Ham. ex D. Don)、鼠刺(*Itea chinensis* Hook.

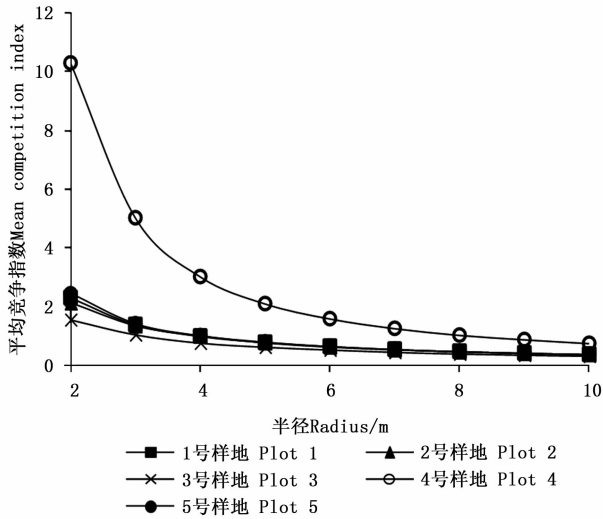


图3 1~5号样地平均竞争指数与样圆半径的关系

Fig. 3 Relation between mean competition index and sampling circle radius of plot 1~5

et Arn.)、短梗幌伞枫 (*Heteropanax brevipedicellatus* Li)、野含笑 (*Michelia skinneriana* Dunn) 和米槠 (*Castanopsis carlesii* (Hemsl.) Hay.) ,其中山矾和鼠刺为灌木树种;平均竞争强度最小的,除1号样地为丝栗栲 (*C. fargesii* Franch.) 外,其他样地都是木荷。

在各调查群落的组成树种中,有一半以上的树种只发生种间竞争,只有少部分树种同时发生种间和种内竞争,例如,1号样地全部36个树种中有26个树种只发生种间竞争,2号样地全部50个树种中有38个树种只发生种间竞争(表1),因此,调查群落中的林木主要发生种间竞争。此外,同时发生种内竞争和种间竞争的林木,其竞争木构成中异种竞争木的数量普遍多于同种竞争木数量(表1),例如,1号样地枫香 (*Liquidambar formosana* Hance) 的82株竞争木中有6株枫香(占总株数的7.3%)、其他树种有76株(占92.7%),4号样地浙江桂的117株竞争木中有8株浙江桂(占6.8%)、其他树种有109株(占93.2%);只有5号样地的灌木树种尖叶水丝梨 (*Sycopsis dunnii* Hemsl.) 情况相反,其全部219株竞争木中有138株尖叶水丝梨(占63.0%),81株其他树种(占37.0%)。

由于在组成和数量方面都是以与对象木相异的树种为主,因此在以对象木为圆心、半径4m范围内的竞争中,调查群落中的种间竞争强度普遍较种内竞争强度大(表1),例如,2号样地猴欢喜的种间竞争强度为3.63、种内竞争强度为0.86,5号样地米槠的种间竞争强度为1.81、种内竞争强度为0.33。仅个别树种表现为种内竞争强度更大,即1号样地的

木荷,2号样地的野含笑、鼠刺、山杜英 (*Elaeocarpus sylvestris* (Lour.) Poir.) 和庆元冬青 (*Ilex qingyuanensis* C. Z. Zheng),4号样地的山杜英、山黄皮 (*Randia cochinchinensis* (Lour.) Merr.)、野含笑、羊舌树 (*Symplocos glauca* (Thunb.) Koidz.) 和华杜英 (*Elaeocarpus chinensis* (Gardn. et Champ.) Hook. f. ex Benth.) ,以及5号样的山黄皮。

如果认为种内(种间)竞争强度可达到5或5以上,同时种内(种间)竞争强度可达到种间(种内)竞争强度5倍或以上的树种为种内(种间)竞争激烈的树种,则华杜英和羊舌树属于种内竞争激烈的树种;米槠、杜英 (*Elaeocarpus decipiens* Hemsl.)、庆元冬青、老鼠矢 (*Symplocos stellaris* Brand) 和少叶黄杞 (*Engelhardtia fenzlii* Merr.) 属于种间竞争激烈的树种,灌木种山矾、三花冬青 (*Ilex triflora* Bl. Bijdr.) 和细枝枞也表现出激烈的种间竞争。山杜英和野含笑在不同样地有不同的表现,山杜英在4号样地内种内竞争更激烈(种内竞争强度是种间竞争强度的14倍),在5号样地种间竞争更激烈(种间竞争强度是种内竞争强度的22倍);野含笑在4号样地内种内竞争更激烈(种内竞争强度是种间竞争强度的22倍),在3号和5号样地内种间竞争更激烈(种间竞争约为种内竞争的70倍)。

3.2 相同和不同林层的竞争

每块样地各层对象木与同层和不同层竞争木的竞争情况分析列在表2~6,表中的平均竞争强度为 \bar{I}_2 ,竞争木与对象木的株数比表示平均每株对象木的竞争木数量,结果表明,对象木的垂直分布越高,竞争木与对象木的株数比越大,其中小树的数量也越多,以2号样地为例(表3),平均每株第1、2、3林层的对象木,分别有23株、12株和7株竞争木,其中第3林层林木分别为12株、6株和3株。

对象木的垂直分布越高,对象木与竞争木的平均距离越远,从而平均竞争强度也越低(表2~6)。仍以2号样地为例(表3),第1、2、3林层的对象木与竞争木的平均距离分别为6.63、5.13、3.98m,平均每株对象木与其所有竞争木的竞争强度分别为1.82、3.46、7.86。竞争木中包含较多矮小的林木(表2~6),是垂直分布越高、平均竞争强度越低的另一个原因。

平均竞争强度可以指示每株对象木受到竞争木的竞争压力。在各样地中,对象木受到同层、不同层的竞争压力不同:(1)分布在第1林层的对象木,受

表1 对象木半径4 m范围内的竞争木数量和竞争强度
Table 1 The counts of competitors and competition intensity within 4 m of objects

样地 Plot	对象木树种 Objects species	对象木数量 Counts of objects /株	平均竞争强度 Mean competition intensity			竞争木数量 Counts of competitors /株			
			种内 Intraspecific	种间 Interspecific	所有种 All	同种 Intraspecific	不同种 Interspecific	所有种 All	
1	木荷* <i>Schima superba</i> Gardn. et Champ.	93	3.81	2.87	6.68	178	353	531	
	光叶山矾** <i>Symplocos lancifolia</i> Sieb. et Zucc.	37	0.83	4.44	5.26	28	185	213	
	红皮树 <i>Helicia cochinchinensis</i> Lour. Fl. Cochinch	17	0.45	4.17	4.61	14	98	112	
	山矾 <i>Symplocos sumuntia</i> Buch. -Ham. ex D. Don	18	0.59	7.93	8.51	4	95	99	
	三花冬青 <i>Ilex triflora</i> Bl. Bijdr.	14	0.43	6.90	7.33	4	71	75	
	老鼠矢 <i>Symplocos stellaris</i> Brand	12	0.60	5.66	6.26	2	58	60	
	丝栗栲 <i>Castanopsis fargesii</i> Franch.	6	0.29	0.56	0.85	2	28	30	
	杜英 <i>Elaeocarpus decipiens</i> Hemsl.	3	0.64	5.68	6.32	2	21	23	
	枫香 <i>Liquidambar formosana</i> Hance	14	0.77	1.02	1.79	6	76	82	
	福建山矾 <i>Symplocos fukienensis</i> Ling	8	0.35	4.23	4.58	4	39	43	
	其余26个树种 Other 26 species	69	0	4.16	4.16	0	340	340	
	2	猴欢喜* <i>Sloanea sinensis</i> (Hance) Hemsl.	56	0.86	3.63	4.50	70	167	237
		木荷** <i>Schima superba</i> Gardn. et Champ.	9	0	0.78	0.78	0	44	44
米楮 <i>Castanopsis carlesii</i> (Hemsl.) Hay.		16	0.58	7.01	7.59	14	73	87	
福建山矾 <i>Symplocos fukienensis</i> Ling		16	0.40	4.79	5.19	12	54	66	
光叶山矾 <i>Symplocos lancifolia</i> Sieb. et Zucc.		12	0.10	2.71	2.81	4	53	57	
浙江桂 <i>Cinnamomum chekiangense</i> Nakai et al.		8	0.14	1.76	1.91	2	31	33	
野含笑 <i>Michelia skinneriana</i> Dunn		5	6.48	1.97	8.45	6	15	21	
山矾 <i>Symplocos sumuntia</i> Buch. -Ham. ex D. Don		5	0.26	4.04	4.30	2	18	20	
笔罗子 <i>Meliosma rigida</i> Sieb. et Zucc.		4	5.81	7.74	13.55	6	14	20	
水丝梨 <i>Sycopsis sinensis</i> Oliver		6	0.45	1.11	1.57	6	14	20	
鼠刺 <i>Itea chinensis</i> Hook. et Arn.		3	11.54	7.70	19.23	6	13	19	
山杜英 <i>Elaeocarpus sylvestris</i> (Lour.) Poir.		5	0.80	0.65	1.45	4	14	18	
庆元冬青 <i>Ilex qingyuanensis</i> C. Z. Zheng		3	2.46	1.32	3.79	2	9	11	
其余38个树种 Other 38 species		84	0	3.26	3.26	0	337	337	
3		木荷* <i>Schima superba</i> Gardn. et Champ.	16	0.09	1.24	1.32	2	66	68
	新木姜子** <i>Neolitsea aurata</i> (Hay.) Koidz.	26	0.15	3.23	3.38	10	118	128	
	猴欢喜 <i>Sloanea sinensis</i> (Hance) Hemsl.	24	0.51	2.80	3.31	16	113	129	
	桂北木姜子 <i>Litsea subcoriacea</i> Yang et P. H. Huang	21	0.13	4.28	4.41	6	105	111	
	庆元冬青 <i>Ilex qingyuanensis</i> C. Z. Zheng	16	0.47	5.76	6.23	4	73	77	
	三花冬青 <i>Ilex triflora</i> Bl. Bijdr.	12	0.19	4.84	5.03	4	64	68	
	木姜子 <i>Litsea pungens</i> Hemsl.	15	0.09	3.72	3.81	4	62	66	
	笔罗子 <i>Meliosma rigida</i> Sieb. et Zucc.	10	1.39	3.18	4.57	4	55	59	
	尖叶水丝梨 <i>Sycopsis dunnii</i> Hemsl.	21	0.79	0.83	1.62	26	33	59	
	野含笑 <i>Michelia skinneriana</i> Dunn	11	0.08	5.81	5.90	2	52	54	
	红皮树 <i>Helicia cochinchinensis</i> Lour. Fl. Cochinch	9	0.57	3.68	4.25	8	42	50	
	细枝柃 <i>Eurya loquaiana</i> Dunn	8	0.14	5.41	5.55	2	38	40	
	米楮 <i>Castanopsis carlesii</i> (Hemsl.) Hay.	7	0.94	1.76	2.70	2	30	32	
	短梗幌伞枫 <i>Heteropanax brevipedicellatus</i> Li	4	3.34	4.77	8.11	2	22	24	
	少叶黄杞 <i>Engelhardtia fenzlii</i> Merr.	5	0.38	1.59	1.97	2	9	11	
	丝栗栲 <i>Castanopsis fargesii</i> Franch.	2	0.43	4.44	4.87	2	6	8	
	其余33个树种 Other 33 species	68	0	3.46	3.46	0	332	332	
	4	木荷* <i>Schima superba</i> Gardn. et Champ.	23	0.47	0.72	1.19	22	108	130
		浙江桂** <i>Cinnamomum chekiangense</i> Nakai et al.	25	0.23	1.63	1.86	8	109	117
		山杜英 <i>Elaeocarpus sylvestris</i> (Lour.) Poir.	22	63.18	4.40	67.58	22	83	105
山黄皮 <i>Randia cochinchinensis</i> (Lour.) Merr.		18	15.51	4.22	19.73	4	99	103	
木姜子 <i>Litsea pungens</i> Hemsl.		6	0.33	3.96	4.29	2	30	32	
野含笑 <i>Michelia skinneriana</i> Dunn		4	168.31	7.79	176.10	6	22	28	
米楮 <i>Castanopsis carlesii</i> (Hemsl.) Hay.		5	0.13	3.90	3.93	2	24	26	
少叶黄杞 <i>Engelhardtia fenzlii</i> Merr.		4	0.16	6.04	6.20	2	20	22	

续表1

样地 Plot	对象木树种 Objects species	对象木数量 Counts of objects /株	平均竞争强度 Mean competition intensity			竞争木数量 Counts of competitors /株		
			种内 Intraspecific	种间 Interspecific	所有种 All	同种 Intraspecific	不同种 Interspecific	所有种 All
	杜英 <i>Elaeocarpus decipiens</i> Hemsl.	3	0.25	3.21	3.46	2	17	19
	羊舌树 <i>Symplocos glauca</i> (Thunb.) Koidz.	3	69.17	6.81	75.98	2	16	18
	华杜英 <i>Elaeocarpus chinensis</i> (Gardn. et Champ.) Hook. f. ex Benth.	3	81.80	2.24	84.04	2	11	13
	其余 34 个树种 Other 34 species	144	0	6.83	6.83	0	769	769
5	浙江桂* <i>Cinnamomum chekiangense</i> Nakai et al.	30	0.35	1.36	1.71	20	138	158
	木荷** <i>Schima superba</i> Gardn. et Champ.	9	0	0.70	0.70	0	38	38
	尖叶水丝梨 <i>Sycopsis dunnii</i> Hemsl.	42	2.54	2.79	5.33	138	81	219
	猴欢喜 <i>Sloanea sinensis</i> (Hance) Hemsl.	29	0.87	3.96	4.83	28	110	138
	庆元冬青 <i>Ilex qingyuanensis</i> C. Z. Zheng	19	0.17	4.28	4.45	10	79	89
	米槠 <i>Castanopsis carlesii</i> (Hemsl.) Hay.	14	0.33	1.81	2.12	6	67	73
	山黄皮 <i>Randia cochinchinensis</i> (Lour.) Merr.	13	15.87	4.72	20.59	2	62	64
	野含笑 <i>Michelia skinneriana</i> Dunn	9	0.08	5.85	5.94	2	45	47
	山杜英 <i>Elaeocarpus sylvestris</i> (Lour.) Poir.	8	0.31	6.76	7.08	6	36	42
	三花冬青 <i>Ilex triflora</i> Bl. Bijdr.	9	0.07	3.76	3.83	2	34	36
	光叶山矾 <i>Symplocos lancifolia</i> Sieb. et Zucc.	6	0.14	4.35	4.49	2	30	32
	笔罗子 <i>Meliosma rigida</i> Sieb. et Zucc.	6	2.85	5.65	8.50	2	24	26
	蚊母树 <i>Distylium racemosum</i> Sieb. et Zucc. l. c.	4	0.79	1.06	1.85	6	8	14
	其余 32 个树种 Other 32 species	63	0	4.01	4.01	0	298	298

* 和 ** 分别表示样地中重要值排第 1、2 位的树种

到的同层竞争压力大于来自第 2、3 林层的竞争压力的有 1、2、4、5 号样地, 3 号样地与其他样地不同——该层的同层竞争压力低于来自第 3 林层的竞争压力、大于来自第 2 林层的竞争压力。(2) 分布在第 2 林层的对象木, 它们受到的同层竞争压力低于来自其他两个林层竞争压力的有 1、2、4 号样地; 3 号样地该层的同层竞争压力大于来自第 1 林层的竞争压力, 低于来自第 3 林层的竞争压力; 5 号样地该层的同层竞争压力低于来自第 1 林层的竞争压力, 大于来自第 3 林层的竞争压力。(3) 分布在第 3 林层的对象木, 它们受到的同层竞争压力低于来自其他两个林层的竞争压力的有 1、2、5 号样地; 3、4 号样地该层的同层竞争压力大于来自其他两个林层的竞争压力。

第 1~5 号样地, 第 1 林层对象木与同层竞争木的平均竞争强度排序情况为 3 号样地 < 2 号样地 < 5 号样地 < 1 号样地 < 4 号样地, 第 2 林层的对象木与同层竞争木的平均竞争强度排序情况为 4 号样地 < 3 号样地 < 1 号样地 = 2 号样地 < 5 号样地, 第 3 林层的对象木与同层竞争木的平均竞争强度排序情况为 2 号样地 < 1 号样地 < 5 号样地 < 3 号样地 < 4 号样地。各样地第 1 或第 2 林层同层平均竞争强度不同、但相差不大, 分布在 0.66 ~ 1.07 之间; 第 1~3 号和第 5 号样地第 3 林层平均竞争强度在 2.33 ~ 3.97 之间, 也相差不大, 但远低于 4 号样地第 3 林层平均竞争强度(为 20.19), 与 4 号样地内有几个种(山杜英、野含笑、羊舌树和华杜英)发生过于激烈的种内竞争有关。

表 2 1 号样地相同和不同林层的竞争

Table 2 Competition within and between arbor layers in plot 1

对象木所属林层 Layers of objects	竞争木所属林层 Layers of competitors	对象木数量 Counts of objects /株	竞争木与对象木株数比 Counts ratio of competitors and objects	平均距离 Mean distance /m	平均竞争强度 Mean competition intensity of an individual object
1	1	44	4	6.99	1.03
1	2	38	4	5.48	0.60
1	3	45	11	4.85	0.75
总数 Total		45	19		
总平均 Total average				5.43	2.25

续表2

对象木所属林层 Layers of objects	竞争木所属林层 Layers of competitors	对象木数量 Counts of objects /株	竞争木与对象木株数比 Counts ratio of competitors and objects	平均距离 Meandistance /m	平均竞争强度 Mean competition intensity of an individual object
2	1	40	3	5.48	2.10
2	2	31	3	4.34	0.94
2	3	40	6	3.48	2.56
总数 Total		40	13		
总平均 Total average				4.22	5.39
3	1	200	2	4.85	4.32
3	2	127	2	3.48	3.75
3	3	201	4	2.70	2.52
总数 Total		206	7		
总平均 Total average				3.53	8.97

表3 2号样地相同和不同林层的竞争

Table 3 Competition within and between arbor layers in plot 2

对象木所属林层 Layers of objects	竞争木所属林层 Layers of competitors	对象木数量 Counts of objects /株	竞争木 / 对象木 Competitors / Objects	平均距离 Mean distance /m	平均竞争强度 Mean competition intensity of individual object
1	1	23	4	8.94	0.71
1	2	23	6	7.00	0.55
1	3	23	12	5.63	0.56
总数 Total		23	23		
总平均 Total average				6.63	1.82
2	1	41	3	7.00	1.76
2	2	45	2	5.21	0.94
2	3	47	6	4.25	1.03
总数 Total		47	12		
总平均 Total average				5.13	3.46
3	1	123	2	5.63	4.40
3	2	143	2	4.25	2.73
3	3	164	3	2.98	2.33
总数 Total		167	7		
总平均 Total average				3.98	7.86

表4 3号样地相同和不同林层的竞争

Table 4 Competition within and between arbor layers in plot 3

对象木所属林层 Layers of objects	竞争木所属林层 Layers of competitors	对象木数量 Counts of objects /株	竞争木 / 对象木 Competitors / Objects	平均距离 Mean distance /m	平均竞争强度 Mean competition intensity of individual object
1	1	22	3	7.03	0.66
1	2	24	3	6.85	0.38
1	3	25	11	4.96	0.81
总数 Total		25	18		
总平均 Total average				5.64	1.75
2	1	36	2	6.85	0.77
2	2	34	2	5.76	0.88
2	3	39	7	4.12	0.96
总数 Total		39	12		
总平均 Total average				4.89	2.43
3	1	156	1	4.96	3.00
3	2	160	1	4.12	2.40
3	3	200	4	1.82	3.97
总数 Total		205	6		
总平均 Total average				3.57	6.48

表5 4号样地相同和不同林层的竞争

Table 5 Competition within and between arbor layers in plot 4

对象木所属林层 Layers of objects	竞争木所属林层 Layers of competitors	对象木数量 Counts of objects / 株	竞争木 / 对象木 Competitors / Objects	平均距离 Mean distance /m	平均竞争强度 Mean competition intensity of individual object
1	1	48	3	4.85	1.07
1	2	39	1	4.54	0.29
1	3	46	7	4.00	0.65
总数 Total		49	11		
总平均 Total average				4.29	1.89
2	1	19	2	4.54	1.71
2	2	5	1	3.11	0.74
2	3	20	5	3.53	0.95
总数 Total		20	8		
总平均 Total average				3.83	2.77
3	1	167	2	4.00	4.47
3	2	81	1	3.53	1.57
3	3	164	3	2.63	20.19
总数 Total		179	5		
总平均 Total average				3.22	23.38

表6 5号样地相同和不同林层的竞争

Table 6 Competition within and between arbor layers in plot 5

对象木所属林层 Layers of objects	竞争木所属林层 Layers of competitors	对象木数量 Counts of objects / 株	竞争木 / 对象木 Competitors / Objects	平均距离 Mean distance /m	平均竞争强度 Mean competition intensity of individual object
1	1	33	2	5.78	0.82
1	2	28	2	5.10	0.21
1	3	34	8	4.10	0.22
总数 Total		34	12		
总平均 Total average				4.62	1.19
2	1	32	1	5.10	1.87
2	2	30	2	3.94	1.04
2	3	37	5	3.49	0.55
总数 Total		37	9		
总平均 Total average				3.90	3.01
3	1	143	1	4.10	14.79
3	2	114	1	3.49	5.71
3	3	182	2	2.50	3.65
总数 Total		192	5		
总平均 Total average				3.14	17.86

4 讨论

在一些类型的常绿阔叶林优势种群中,种内竞争比种间竞争激烈^[27-29]。但是在本研究中,各样地重要值排名前2位的10个优势种群中,只有1号样地中的木荷的种内竞争较种间竞争激烈,推测与1号样地中的木荷数量(93株)明显多于其他样地(2~5号样地分别有9、16、23和9株木荷)有关。这与对古田山天然常绿阔叶林的研究结论接近——多度大、聚集分布的树种易受密度制约影响^[30]。今后需

要结合空间格局分析对林木之间的竞争关系做进一步的研究。研究方法的差异是引起不同研究的结果差异较大的另一个原因,例如:研究者在研究中亚热带木荷次生林时,将竞争木数量设为定值(4株)^[14],在本研究中,在半径4m的圆内,平均每株木荷周围有5株竞争木(表1:150株木荷有811株竞争木)。

竞争木的数量与对象木的垂直分布有关(表2~6):本研究中,越高层的林木,彼此之间的距离越远、树冠发生接触的机会越小,与关于森林结构的数

量化理论预测结果一致^[31];越高层的林木,在其竞争木中第3层林木的数量也越多。显然,各层林木的竞争木构成特征是越高大的林木受到的竞争压力越小、越矮小的林木受到的竞争压力越大的原因。该特征对维持群落结构的稳定性具有重要意义,因为越高大的林木对森林群落稳定性的影响越大。1~5号样地均为天然林,乔木层都具有较高的蓄积量、且第1林层蓄积量在整个乔木层中占有的比例最高^[18],虽然我国已禁止天然林商业采伐,但是本研究各层林木的竞争木的组成结构、与各层竞争木之间的距离等,对以典型天然常绿阔叶林为模板的近自然经营实践仍具有一定的参考价值。

在5个调查群落中,由于种内竞争过于激烈(表1,种内平均竞争强度大于10),导致处于极激烈竞争状态的有山杜英(4号样地)、华杜英(4号样地)、山黄皮(4号、5号样地)、野含笑(4号样地)和羊舌树(4号样地)。作为对象木,出现激烈种间竞争现象的有杜英(1号样地)、米楮(2号样地)、庆元冬青(3号样地)和少叶黄杞(4号样地),以及山矾(1号样地)、三花冬青(1号样地)和细枝柃(3号样地)3种灌木,它们主要分布在第2或第3林层,它们的竞争木组成较为分散、并不固定,说明在调查群落中没有特定的树种之间存在激烈的种间竞争,或者说激烈的种间竞争可能是随机出现的,该推论的普遍性有待于来自更多样本的检验。另一方面,本研究使用种间平均竞争强度不低于5、且种间平均竞争强度是种内平均竞争强度的5倍及以上作为确定是否为种间竞争激烈树种的标准,这种判断是初步的,有待于进一步的全面分析。

5 结论

采用固定半径方法研究调查的典型中亚热带天然常绿阔叶林群落中林木间的竞争时,适宜的半径应不小于4 m。在对象木半径4 m范围内,林木之间主要发生种间竞争,种间竞争强度普遍较种内竞争强度大。

采用不固定半径方法进行分层分析能反映林木受到同层和不同层的竞争压力,从而更好的揭示林木受到竞争压力大小及其来源。分布在越高的林层,林木的相邻竞争木越多,但是竞争木中相对矮小的第3林层林木占有的比例也越高,而且越高的林木,彼此之间的距离越远,因此,越高大的林木受到的竞争压力越小、越矮小的林木受到的竞争压力越

大,这种竞争格局对维持森林结构的稳定具有积极意义,对以典型天然林为模板的、近自然经营中的森林结构调整有一定启示。

调查群落中乔木层的优势种未发生激烈的种间或种内竞争,发生激烈种间竞争的乔木树种主要为分布在第2和第3林层中的米楮、庆元冬青、少叶黄杞和杜英,它们的主要竞争木也主要分布在第2和第3林层、且不固定于特定的树种;发生过于激烈的种内竞争乔木树种有山杜英、华杜英、山黄皮、野含笑和羊舌树。

参考文献:

- [1] 吴征镒,中国植被编委会. 中国植被[M]. 北京: 科学出版社, 1980: 279-306
- [2] 钟章成. 常绿阔叶林生态学研究[M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 1988.
- [3] 陈灵芝, 陈清朗, 刘文华. 中国森林多样性及其地理分布[M]. 北京: 科学出版社, 1997: 132-159.
- [4] 宋永昌. 中国常绿阔叶林分类试行方案[J]. 植物生态学报, 2004, 28(4): 435-448.
- [5] 姚小贞, 丁炳扬, 金孝锋, 等. 凤阳山红豆杉群落乔木层主要种群生态位研究[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2006, 32(5): 569-576.
- [6] 陈 诚. 四川盆周西缘天台山不同恢复阶段天然次生阔叶林土壤种子库特征[D]. 成都: 四川农业大学, 2014.
- [7] 王 薇, 饶米德, 陈声文, 等. 负密度制约和生境过滤对古田山幼苗系统发育多样性时间变化的影响[J]. 科学通报, 2014, 59(19): 1844-1850.
- [8] 丁彩琦, 欧阳明, 胡小飞, 等. 亚热带次生混交林中不同类群植物叶片可提取态碳水化合物分配格局[J]. 江西农业大学学报, 2015(1): 101-107.
- [9] 胡砚秋, 李文斌, 崔佳玉, 等. 亚热带常绿阔叶林优势种个体及生物量的点格局分析[J]. 生态学报, 2016, 36(4): 1066-1072.
- [10] 姚甲宝, 楚秀丽, 周志春, 等. 不同养分环境下木荷种源生长和根系发育对邻株竞争响应的差异[J]. 应用生态学报, 2017, 28(4): 1087-1093.
- [11] 杨一川, 庄 平, 黎系荣. 峨眉山峨眉栲、华木荷群落研究[J]. 植物生态学报, 1994, 18(2): 105-132.
- [12] 张跃西, 钟章成. 亚热带次生常绿阔叶林优势种间的竞争效应与竞争反应[J]. 应用与环境生物学报, 2003, 9(4): 333-372.
- [13] 杨远兵, 傅之屏. 亚热带常绿阔叶林栲树与薯豆不同龄级种群生态位特征[J]. 植物研究, 2007, 27(5): 544-549, 555.
- [14] 刘发林, 曾思齐, 肖化顺, 等. 木荷次生林竞争生长规律研究[J]. 西北林学院学报, 2014, 29(1): 144-147.
- [15] 王梅响. 江西亚热带常绿阔叶林的生态学特征[J]. 生态学报, 1988, 8(3): 249-255.
- [16] 黄清麟, 董乃钧, 李元红. 福建中亚热带天然阔叶林的主要类型与特征[J]. 山地学报, 1999, 17(4): 368-374.

- [17] 黄清麟, 李志明, 郑群瑞. 福建中亚热带天然阔叶林理想结构探讨[J]. 山地学报, 2003, 21(1): 116-120.
- [18] 祝 燕, 赵谷风, 张俪文, 等. 古田山中亚热带常绿阔叶林动态监测样地——群落组成与结构[J]. 植物生态学报, 2008, 32(2): 262-273.
- [19] 庄崇洋, 黄清麟, 马志波, 等. 典型中亚热带天然阔叶林各林层树高胸径关系研究[J]. 林业科学研究, 2017, 30(3): 479-485.
- [20] 庄崇洋, 黄清麟, 马志波, 等. 典型中亚热带天然阔叶林各林层直径分布及其变化规律[J]. 林业科学, 2017, 53(4): 18-27.
- [21] 庄崇洋, 黄清麟, 马志波, 等. 典型中亚热带天然阔叶林林层特征及蓄积估计研究[J]. 林业科学研究, 2017, 30(4): 559-565.
- [22] 何友钊. 建瓯县万木林保护区史事考 // 中国林学会林业史学会. 林史文集(第一集)[M]. 北京: 中国林业出版社, 1990.
- [23] 庄崇洋, 黄清麟, 马志波, 等. 中亚热带天然阔叶林林层划分新方法——最大受光面法[J]. 林业科学, 2017, 53(3): 1-11.
- [24] Hegyi F. A simulation model for managing jack-pine stands[M] // Fries J. Growth Models for Tree and Stand Simulation. Stockholm, Sweden: Royal College of Forestry, 1974: 70-87.
- [25] Haase P. Spatial pattern analysis in ecology based on Ripley's K-function: Introduction and methods of edge correction[J]. Journal of Vegetation Science, 1995, 6(4): 575-582.
- [26] 黄新峰, 亢新刚, 杨 华, 等. 5 个林木竞争指数模型的比较[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2012, 40(7): 127-134, 140.
- [27] 金则新. 四川大头茶在其群落中的种内与种间竞争的初步研究[J]. 植物研究, 1997, 17(1): 110-118.
- [28] 张思玉 郑世群. 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, 2001, 37(专刊1): 185-188.
- [29] 江 挺, 汤孟平. 天目山常绿阔叶林优势种群竞争的数量关系[J]. 浙江林学院学报, 2008, 25(4): 444-450.
- [30] Zhu Y, Mi X C, Ren H B, *et al.* Density dependence is prevalent in a heterogeneous subtropical forest[J]. Oikos, 2010, 119(1): 109-119.
- [31] West G B, Enquist B J, Brown J H. A general quantitative theory of forest structure and dynamics[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2009, 106(17): 7040-7045.

(责任编辑: 彭南轩)

《温带林业研究》征订征稿启事

《温带林业研究》是由国家林业局主管, 国家林业局哈尔滨林业机械研究所主办的林业学术期刊, 立足生态修复与建设的林业发展模式, 服务生态林业和民生林业发展。面向国内外有关科研院所、高等院校、企事业单位的林业科技工作者和管理工作者等。中国林科院院长、中国工程院院士张守攻担任本刊顾问, 副院长孟平研究员任主编, 北京林业大学副校长骆有庆教授、中科院应用生态研究所代力民研究员和《林业科学》副主编张君颖研究员任副主编, 中国林科院林业所王军辉研究员任常务副主编。

期刊主要内容有森林保护、森林生态、森林培育、林木遗传育种、森林经营、森林经理、林产化工、生物多样性保护、森林土壤、野生动植物保护与利用、园林植物与观赏园艺、林业遥感、林业可持续发展、林业生物技术、林业劳动安全、林业经济及林业政策研究等方面的研究成果。以学术论文、研究报告、综述为主, 还设有学术问题讨论、研究简报、林业劳动安全等栏目。为立足于高平台为广大读者提供更加规范、更加完善的林业类学术论文, 带着创办高水平林业类学术期刊的宏愿, 我们特诚挚的向林业及相关行业的专家、学者征稿, 真诚期待您惠赐佳作!

该刊为季刊, 大 16 开本, 64 页, 公开发行, 国际连续出版物号 ISSN 2096-4900; 国内统一刊号 CN 23-1603/S; 国内邮发代号: 14-33。单价 10 元/册, 全年 40 元。电话/传真: 0451-86655192, 电子邮箱: wdlyyj_hlj@163.com, 投稿请登录《温带林业研究》期刊网站: www.wdlyyj.cn, 地址: 黑龙江省哈尔滨市南岗区学府路 374 号国家林业局哈尔滨林业机械研究所《温带林业研究》编辑部, 邮政编码: 150086。