青山湖针阔混交林优势树种竞争的数量研究

辛营营、韦新良

(浙江农林大学 环境与资源学院,浙江 临安 311300)

摘要:针阔混交林是浙江杭州青山湖地区主要森林类型之一,研究树种的种内种间竞争特性对改善森林结构,提高森林景观品质具有重要作用。采用典型选样法设置研究样地,并对样地内树种的各个测树因子进行调查统计,应用 Hegyi 竞争指数对数据进行分析并讨论,其中对竞争木的确定方法进行改进,通过竞争木与对象木冠幅和距离之间的关系确定竞争木。结果显示:青山湖针阔混交林优势树种的种内竞争大于种间竞争,优势树种呈现出一定的聚集分布状态,特别是杉木 Cunnunghamia lanceolata,甜槠 Castanopsis eyrei,青皮木 Schoepfia jasminodora,木荷 Schima superba 聚集程度非常高;白栎 Quercus fabri 和枫香 Liquidambar formosana,白栎 Quercus fabri 和甜槠 Castanopsis eyrei,化香 Platycarya strobilacea 和杉木种间竞争剧烈,说明它们具有相似的生态位需求,对环境及资源的争夺较为激烈。竞争指数与对象木胸径大小符合幂函数关系,并达到显著水平,优势种群种内、种间的竞争强度随着对象木胸径的增大而下降,并维持在较低的水平。图 2 表 4 参 9

关键词:森林生态学;针阔混交林;优势树种;Hegyi竞争指数;竞争木选择;青山湖中图分类号:S718.45 文献标志码:A 文章编号:2095-0756(2011)04-0601-06

Dominance in a mixed conifer and broadleaved forest of Qingshan Lake, Zhejiang

XIN Ying-ying, WEI Xin-liang

(School of Environmential Sciences and Resources, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: To improve forest structure and forest landscape quality, tree intraspecific and interspecific competition characteristics of a conifer and broadleaf mixed forest, one of the main forest types of the Qingshan Lake Area, were studied. Methods included use of typical sampling laws to establish research plots with a survey of each measurement factor for species within the plots. The Hegyi competition index was used to analyze and to suggest improvements in defining dominant trees. Dominant trees were determined by judging the relationship of the crown to distance between dominant trees and objects. Regression analysis was also used. Results demonstrated that intraspecific competition of superior trees was greater than interspecific competition. Superior trees included Cunninghamia lanceolata, Castanopsis eyrei, Schoepfia jasminodora, and Schima superba. Strong competition was found between the Quercus fabri and Liquidambar formosana, Q. fabri and Castanopsis eyrei, and Platycarya strobilacea and Cunninghamia lanceolata. Regression analysis showed that competition intensity and tree diameter at breast height (DBH) had a significant (P < 0.01) exponential relationship. Also, intraspecific and interspecific competition intensity of a dominant tree population decreased when tree DBH increased, remaining at low levels. Thus, strong competition between species showed that they had similar niche requirements with competition for resources on the environment being more intense. [Ch, 2 fig. 4 tab. 9 ref.]

Key words: forest ecology; mixed conifer and broadleaf forest; dominant tree species; Hegyi competition

收稿日期: 2010-11-19; 修回日期: 2011-01-03

基金项目: 浙江省自然科学基金资助项目(Y304369)

作者简介:辛营营,从事森林及环境评价与规划设计研究。E-mail: binglengboliwa@163.com。通信作者:韦新良,教授,博士,从事森林及其环境评价与规划设计研究。E-mail: weixl@zafu.edu.cn

index; competitive tree selection; Qingshan Lake

当代世界营林发展趋势逐渐从营造单纯林走向混交林,针阔混交林以其独特的优点越来越受到人们的重视。竞争是树种种内种间关系的重要研究方面。研究针阔混交林中树种的竞争状况具有非常重要的意义。竞争指2个或多个植物体在同一环境资源和能量的争夺中所发生的相互作用,是有机体间的一种十分复杂的相互作用,一直是生态学家研究的热点之一^[1]。竞争现象在植物群落特别是天然植物群落中普遍存在,并且对植物群落的结构及其演替进程具有重要影响。20世纪60年代以来,很多学者为了更加准确地预测林木生长,相继提出了许多描述林木竞争强度的数量指标,即竞争指数系统,从而形成了用单木生长模型来预测林木生长的方法^[2]。在众多的竞争指数模型中,以Hegyi于1974年提出的与距离有关的竞争指数能较好地反映这种种内和种间需求与占有量之间的关系^[3]。针阔混交林种内种间竞争非常复杂,本研究用Hegyi竞争指数对研究地进行竞争的定量分析,并对竞争木的选择做出相应的改进,得出青山湖地区针阔混交林的竞争状况,旨在为森林的可持续经营,特别是针阔混交林的保护和可持续经营提供更有力的理论指导。

1 研究地概况

青山湖森林公园位于浙西北杭州临安东部,30°14′N,119°44′E,地处南苕溪下游的宽谷盆地,丘陵环绕,地势平缓,是一个以环境教育、景观美化和休闲度假为主要功能的城镇型森林公园。年平均气温为 15.9 °C,极端最高气温 41.2 °C,最低气温达–13.1 °C,全年降水量为 1 427.0 mm,全年日照时数为 1 920 h,无霜期为 234 d。年平均相对湿度为 82%,年蒸发量为 1 163 mm,7–8 月蒸发最强。全年风向以东北和西南居多,年平均风力为 2 级。

试验地主要研究树种有苦槠 Castanopsis sclerophylla, 木荷 Schima superba, 马尾松 Pinus massoniana, 杉木 Cunninghamia lanceolata, 甜槠 Castanopsis eyrei, 青冈 Cyclobalanopsis glauca, 白栎 Quercus fabri, 化香 Platycarya strobilacea, 枫香 Liquidambar formosana, 青皮木 Schoepfia jasminodora 和山矾 Symplocos caudata等。

2 研究材料与方法

2.1 样地设置与调查

在研究地区,采用典型选样法选取研究样段,设置 $20 \text{ m} \times 30 \text{ m}$ 的样地 12个,共计样地面积 7 200m²。对样地内胸径 5cm 以上的所有乔木树种进行定位,并进行每木检尺。记录每株树木的坐标、胸径、树高、冠幅等测树因子。

2.2 数据统计分析

竞争指数被广泛应用并被证明能够很好地解释植物竞争的强度、作用和竞争结果 $^{[4-5]}$ 。Hegyi 的单木竞争指数在形式上反映的是林木个体生长与生存空间的关系,实质反映了林木对环境质量的需求与现实生境下林木对环境资源占有量之间的关系 $^{[6]}$,且野外调查方法相对简便易行,获得的数据准确。因此,本研究采用 Hegyi 提出的单木竞争指数 $(I_{\rm c})$,因为,林木之间的竞争与林木之间的距离有很大关系,树木的地下部分与地上部分的分布范围在水平位置上一致,而通常认为树木之间只有在树冠或根系发生接触或相互重叠时,如果生态位不发生分化,竞争才出现 $^{[7]}$ 。所以,关于竞争木的选择采用以下方法:当 (w_i+w_j) /

 $2 < L_{ij}$ 时, $I_{Cij} = 0$; 当 $(w_i + w_j)/2 > L_{ij}$ 时, $I_{Cij} = \frac{d_i}{d_i L_{ij}}$, $I_{Ci} = \sum_{i=1}^n I_{Ci}$ 。其中:i 为对象木的数量,j 为竞争木的数量, I_{Cij} 为竞争木j 对对象木i 的竞争指数。 I_{Cij} 为第i 株对象木的竞争指数,其值越大,竞争越激烈,对象木受到的竞争压力也越大。 d_i 为对象木的胸径(cm); d_j 为竞争木j 的胸径(cm); L_{ij} 为对象木i 与竞争木i 之间的距离(m);n 为第i 株对象木的竞争木的数量; I_{Cij} 为种群的竞争指数。

种内和种间竞争指数的计算是,先求出每个竞争木对对象木的竞争指数,再将种内或种间多个单木间的竞争指数累加,即得种内或种间对象木的竞争强度。 I_c 值越大,对象木种群受到竞争木的竞争越激烈。

3 结果与分析

3.1 对象木及竞争木的基本情况

对调查结果进行统计,样地内胸径 5 cm 以上的林木共计 994 株 26 种,剔除树种株数小于 10 的树种。剩余树种种类包括苦槠 187 株、木荷 182 株、马尾松 167 株、杉木 165 株、甜槠 71 株、青冈 50 株、白栎 48 株、化香 30 株、枫香 16 株、青皮木 15 株和山矾 10 株。表 1 为各优势种群作为对象木时的竞争木的株数统计。

竞争木/株 对象木 白栎 枫香 苦槠 马尾松 木荷 青冈 杉木 化香 山矾 青皮木 甜槠 白栎 枫香 苦槠 马尾松 木荷 2. 青冈 2.8 杉木 化香 11.77 青皮木 甜槠

表 1 各优势种群作为对象木时的竞争木的株数分布

Table 1 Number distribution of the dominant species as competition object

3.2 种内种间竞争

从表 2 可以看出:各优势种群种内的竞争均较种间的竞争激烈,表明各优势树种均呈现一定的聚集分布,特别是杉木、甜槠、青皮木、木荷聚集程度非常高,这与这些树种的生态习性繁殖方式有关。例如:杉木萌芽能力很强,从苗期开始,即以根颈部分发生萌蘖,抽出新条,常形成多干丛生。采伐后的伐根也能萌发大量新条,故呈明显的聚集分布。通常,种内个体具有相同的生态需求,因而种内个体间竞争剧烈。各优势树种种内竞争指数情况如图 1 所示,其中青皮木>甜槠>木荷>杉木>青冈>苦槠>枫香>化香>马尾松>白栎>山矾。

从图 2 可以明显看出:各树种总竞争指数的大小情况,其中白栎>青皮木>山矾>青冈>苦槠>杉木>化香>甜槠>木荷>马尾松>枫香。

表 2 是各树种作为对象木时不同树种竞争木的竞争指数分布情况,对树种间竞争指数研究时忽略竞争木和对象木的区别,树种 A 和树种 B 的竞争指数为对象木 A 与竞争木 B 的竞争指数和对象木 B 与竞争木 A 的竞争指数的平均值(表 3)。

植物物种之间的竞争能力决定于该种的生态习性和生态幅度,以及它们在生态系统的生态位^[8]。不同种之间的生态位越接近,说明对相同的环境资源争夺越激烈,竞争也就越激烈。对研究区域的 11 个优势树种的种间竞争激烈程度进行统计并排序,划分为 5 个等级^[9],如下:①种间竞争剧烈(5.42 \geq I_C \geq 3.58)的有白栎和枫香,白栎和甜槠,化香和杉木,3 组。②种间竞争较强(2.84 \geq I_C \geq 2.01)的有白栎和木荷,木荷和马尾松,青冈和苦槠,化香和苦槠,山矾和木荷,山矾和杉木,青皮木和杉木,甜槠和马尾松,甜槠和杉木,8 组。③种间竞争中庸(1.88 \geq I_C \geq 1.02)的有白栎和苦槠,白栎和马尾松,白栎和杉木,白栎和化香,白栎和山矾,苦槠和马尾松,苦槠和木荷,苦槠和杉木,苦槠和山矾,苦槠和青皮木,苦槠和甜槠,马尾松和化香,马尾松和山矾,木荷和青冈,木荷和杉木,木荷和甜槠,青冈和杉木,青冈和甜槠,化香和山矾,化香和青皮木,20 组。④种间竞争较弱(0.96 \geq I_C \geq 0.38)的有白栎和青冈,白栎和

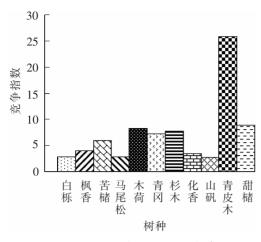


图 1 各优势树种种内竞争指数

Figure 1 Competition index within the dominant species

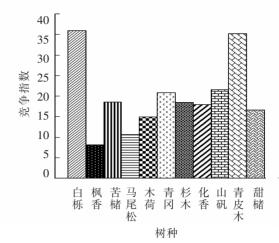


图 2 各优势树种总的竞争指数

Figure 2 Overall competition index for the dominant species

表 2 各优势树种种内种间的竞争指数

Table 2 Competition index of intraspecific and interspecific competition for dominant population

对象木/						对象木										
竞争木	白栎	枫香	苦槠	马尾松	木荷	青冈	杉木	化香	山矾	青皮木	甜槠					
白栎	2.81	1.21	0.91	0.44	0.25	0.49	0.42	1.81	1.85	0.24	0.89					
枫香	9.63	3.98	0.29	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
苦槠	2.31	1.39	5.98	0.85	0.25	3.00	0.83	3.03	2.98	1.70	0.14					
马尾松	1.67	1.48	1.58	2.87	2.56	1.08	1.24	1.43	2.02	0.96	2.49					
木荷	4.35	0.00	3.35	1.68	8.27	2.56	2.93	0.00	5.43	0.00	1.91					
青冈	0.87	0.00	1.03	0.38	0.79	7.20	0.57	0.00	0.50	0.00	0.60					
杉木	3.35	0.00	1.35	0.67	0.74	3.08	7.77	6.63	4.36	4.75	1.63					
化香	1.83	0.00	1.18	1.30	0.00	0.00	0.53	3.46	1.76	1.66	0.00					
山矾	0.63	0.00	0.34	0.10	0.25	0.29	0.15	0.27	2.67	0.00	0.00					
青皮木	0.53	0.00	0.40	0.46	0.00	0.00	0.47	1.25	0.00	25.81	0.00					
甜槠	8.00	0.00	2.21	1.54	1.75	3.04	3.46	0.00	0.00	0.00	8.88					
总和	35.98	8.05	18.61	10.65	14.87	20.76	18.37	17.88	21.57	35.11	16.54					

表 3 各优势树种两两之间的竞争指数

Table 3 Competition index between each two dominant tree species

对象木/	对象木/竞争木											
竞争木	白栎	枫香	苦槠	马尾松	木荷	青冈	杉木	化香	山矾	青皮木	甜槠	
白栎	2.81	5.42	1.61	1.06	2.30	0.68	1.88	1.82	1.24	0.38	4.45	
枫香		3.98	0.84	0.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
苦槠			5.98	1.21	1.80	2.02	1.09	2.11	1.66	1.05	1.18	
马尾松				2.87	2.12	0.73	0.96	1.37	1.06	0.71	2.01	
木荷					8.27	1.68	1.83	0.00	2.84	0.00	1.83	
青冈						7.20	1.82	0.00	0.40	0.00	1.82	
杉木							7.77	3.58	2.26	2.61	2.54	
化香								3.46	1.02	1.46	0.00	
山矾									2.67	0.00	0.00	
青皮木										25.81	0.00	
甜槠											8.88	

青皮木,枫香和苦槠,枫香和马尾松,马尾松和青冈,马尾松和杉木,马尾松和青皮木,青冈和山矾,8组。⑤种间竞争缓和 (I_c =0,即在6m半径的样圆内2个树种没有同时出现)的有枫香和木荷,青冈,杉木,化香,山矾,青皮木,甜槠;化香和木荷,青冈,青皮木和木荷,青冈,山矾,甜槠和化香,山矾,青皮木,15组。

3.3 对象木胸径与竞争指数的关系及其预测

一般来说,当一个树种处于最适生态位时,竞争能力最大;同一个树种在不同的演替阶段,竞争能力也是有很大差别的,如先锋树种在群落的最初阶段竞争能力比较强,而位于顶极演替阶段竞争能力则较弱甚至不具备竞争能力;为探讨个体大小与竞争强度的关系,本研究分析了对象木的胸径和竞争指数之间的关系,通过对几种数学回归模型的比较,发现两者的关系更接近于服从幂函数关系:

$$I_{Ci} = A D_i^{-B}$$

其中: I_{G} 表示第 i 株对象木的竞争指数, D_{i} 表示第 i 株对象木的胸径,A 和 B 为模型参数。模型拟合结果见表 3。

经检验,相关系数(R)均达到极显著水平,表明竞争指数与对象木胸径之间存在着幂函数关系。所有模型的次幂均为负值表明:对象木的胸径越大,种内与种间的竞争指数越小。也就是说,对象木的个体越大,其附近一定范围内生长的其他树木(竞争木)就少,竞争木与对象木竞争的能力就弱。

Table 4 Regressing model between the competition index and the based diameter of objective tree							
对象木	株数	模型	R	$R_{0.01}$	显著性		
白栎	48	$I_{\rm C} = 26.559 D_i^{-0.414}$	0.893	0.524	**		
枫香	16	$I_{\rm C} = 85.792 D_i^{-0.247}$	0.777	0.437	**		
苦槠	187	$I_{\rm C} = 53.705 D_i^{-0.730}$	0.518	0.236	**		
马尾松	167	$I_{\rm C} = 73.152 D_i^{-0.596}$	0.580	0.315	**		
木荷	182	$I_{\rm C} = 42.094 D_i^{-0.511}$	0.301	0.206	**		
青冈	50	$I_{\rm C} = 67.914 D_i^{-0.354}$	0.613	0.418	**		
杉木	165	$I_{\rm C} = 59.846 D_i^{-0.803}$	0.433	0.225	**		
化香	30	$I_{\rm C} = 19.046 D_i^{-0.159}$	0.527	0.317	**		
山矾	10	$I_{\rm C} = 45.108 D_i^{-0.326}$	0.519	0.238	**		

表 4 竞争指数与对象木大小的模拟关系

0.362

0.319

0.207

0.184

4 讨论与结论

青皮木

甜槠

15

71

中国的人工林纯林多,混交林少。人工纯林由于树种单一、层次结构简单和生物多样性差而导致地力衰退,病虫害严重,生产力下降,严重影响了社会和经济的可持续发展。混交林与纯林相比,在林分稳定性、抗御病虫害、林地生产力以及发挥森林多种效益方面表现出明显优势。因此,针阔混交林的营造与研究具有重要意义。

 $I_{\rm C} = 27.251 D_i^{-0.118}$

 $I_C = 168.054D_i^{-1.045}$

Hegyi 竞争指数主要应用于纯林,在很大程度上代表林木间地上部分竞争的数量指标。本研究的结果表明,将其用于多优种群的针阔混交林,对混交林的经营管理也具有一定的指导意义。

本研究通过对青山湖地区的针阔混交林 11 个优势树种的种内种间竞争状况的研究结论表明: 优势树种的种内竞争大于种间竞争,说明优势树种呈现出一定的聚集分布状态,这种分布状态较为不利于群落结构的稳定性,应采取一定的间伐措施使其结构更加稳定;白栎和枫香、白栎和甜槠、化香和杉木种间竞争剧烈,说明它们具有相似的生态位需求,对环境及资源的争夺较为激烈。种间竞争差异较大,但从竞争指数的大小看,可将种间竞争关系划分为 5 个等级。这些种间竞争关系的划分为人工混交林培育中混交树种的选择提供了科学依据,在营造针阔混交林时应充分考虑相邻树种的生态习性。

对竞争强度与胸径大小进行回归分析,结果表明:竞争强度与胸径大小之间存在着幂函数关系,但 当胸径达到一定程度即树种相对成熟稳定时两者之间的关系不再明显。这一规律为针阔混交林林的可持 续经营实践中"间密留稀,去弱存强"减低林木间竞争的抚育措施提供了理论支持。

参考文献:

- [1] 李先琨, 苏宗明, 欧祖兰, 等. 元宝山冷杉群落种内与种间竞争的数量关系[J]. 植物资源与环境学报, 2002, **11** (1); 20 24.
 - LI Xiankun, SU Zongming, OU Zulan, et al. On intraspecific and interspecific competition among Abies yuanbaoshanensis community [J]. J Plant Resour Environ, 2002, 11 (1): 20 24.
- [2] 邵国凡. 红松人工林单木生长模型的研究[J]. 东北林业大学学报, 1985, **13** (1): 1 6. SHAO Guofan. Study on individual tree growth model for Korean pine plantations [J]. *J Northeast For Univ*, 1985, **13** (1): 1 6.
- [3] 金则新,张文标. 濒危植物七子花种内与种间竞争的数量关系[J]. 植物研究,2004,24(1):53-58. JIN Zexin, ZHANG Wenbiao. The quantitative relation of intraspecific and interspecific competition in endangered plant *Heptacodium miconioides* [J]. *Bull Bot Res*, 2004, 24(1):53-58.
- [4] MIINA J, PUKKALA T. Application of ecological field theory in distance-dependent growth modeling [J]. For Ecol Manage, 2002, 161: 101 107.
- [5] WEIGELT A, JOLLIFFE P. Indices of plant competition [J]. J Ecol., 2003, 91: 707 720.
- [6] 张池, 黄忠良, 李炯, 等. 黄果厚壳桂种内与种间竞争的数量关系[J]. 应用生态学报, 2006, **17** (1): 22 26. ZHANG Chi, HUANG Zhongliang, LI Jiong, *et al.* Quantitative relationships of intra-and interspecific competition in *Cryptocarya concinna* [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2006, **17** (1): 22 26.
- [7] 王政权,吴巩胜,王军邦.利用竞争指数评价水曲柳落叶松种内种间空间竞争关系[J].应用生态学报,2000,11 (5):641-645.
 - WANG Zhengquan, WU Gongsheng, WANG Junbang. Application of competition index in assessing intraspecific and interspecific spatial relations between manchurian ash and dahurian larch [J]. Chin J Appl Ecol, 2000, 11 (5): 641 645.
- [8] 廖宝文,李玫,郑松发,等. 外来种无瓣海桑种内、种间竞争关系研究[J]. 林业科学研究,2003,16 (4):418 -422.
 - LIAO Baowen, LI Mei, ZHENG Songfa, et al. Study on intraspecific and interspecific competition in exotic species Sonneratia apetala [J]. For Res, 2003, 16 (4): 418 422.
- [9] 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**(1): 185 188. ZHANG Siyu, ZHENG Shiqun. Quantitive study on intraspecific and interspecific competition for dominant population of evergreen broad-leaved forest in Bijia Mountain [J]. Sci Silv Sin, 2001, **37** (1): 185 188.