

龙王山落叶阔叶林优势树种的种内种间竞争

徐建^{1,2}, 韦新良^{1,2}, 王敬^{1,2}, 汪贤挺³, 俞立鹏³

(1. 浙江农林大学 环境与资源学院, 浙江 临安 311300; 2. 浙江农林大学 浙江省森林生态系统碳循环与固碳减排重点实验室, 浙江 临安 311300; 3. 浙江省安吉县龙王山自然保护区 管理处, 浙江 安吉 313300)

摘要: 研究树种的种内种间竞争特性对森林的保护及可持续利用有重要意义。采用相邻网格调查获取数据, 用逐步扩大范围的方法确定影响对象木的最佳竞争范围, 利用 Hegyi 竞争模型对龙王山落叶阔叶林优势树种种内和种间竞争强度进行定量分析。结果表明: 当样圆半径为 7 m 时, 单位面积的平均竞争强度已经趋于稳定。落叶阔叶林中优势树种有 12 种, 包括小叶白辛树 *Pterostyrax corymbosus*, 四照花 *Cornus kousa*, 毛山荆子 *Malus baccata*, 茅栗 *Castanea seguinii*, 灯台树 *Cornus controversa*, 玉铃花 *Styrax obassia*, 米心水青冈 *Fagus engleriana*, 黄山栎 *Quercus stewardii*, 青钱柳 *Cyclocarya paliurus*, 华山矾 *Symplocos chinensis*, 锥栗 *Castanea henryi*, 杜梨 *Pyrus betulaefolia* 等。各优势树种种内竞争强度不同。其中毛山荆子、小叶白辛树、四照花、米心水青冈种群等的种内竞争比其他优势种要强烈, 属于中、强度竞争。这从侧面也反映出毛山荆子、小叶白辛树、四照花、米心水青冈种群等呈现出一定的聚集分布状态。灯台树、玉铃花、华山矾和青钱柳种群等的生态位与小叶白辛树、四照花较接近, 故其受到较强的种间竞争压力, 灯台树、玉铃花、华山矾和青钱柳种群等的种内竞争小于或接近种间竞争。同时, 小叶白辛树和四照花也是其他优势树种最大的竞争者。图 1 表 4 参 32

关键词: 森林生态学; 落叶阔叶林; 优势树种; Hegyi 竞争指数; 龙王山

中图分类号: S718.54 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0756(2014)06-0868-09

Intraspecific and interspecific competition of dominant species in a deciduous, broadleaf forest of Longwang Mountain

XU Jian^{1,2}, WEI Xinliang^{1,2}, WANG Jing^{1,2}, WANG Xianting³, YU Lipeng³

(1. School of Environmental and Resource Sciences, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. Zhejiang Provincial Key Laboratory of Carbon Cycling in Forest Ecosystems and Carbon Sequestration, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 3. Management Department of Longwang Mountain Nature Reserve, Anji 313300, Zhejiang, China)

Abstract: To protect and obtain sustainable utilization of a forest, studying intraspecific and interspecific competition is important and meaningful. This research used adjacent grid points to obtain data, and the best competitive scope for the designated forest of Longwang Mountain was determined by expanding gradually. To quantitatively analyze the intraspecific and interspecific competition of the dominant species, the Hegyi Competition Index was used and one typical plot of 100 m × 100 m was surveyed. Results demonstrated that expanding the scope effectively defined dominant trees. The average competition intensity decreased quickly with the increasing of zone in a certain zone while it had a little decrease beyond the zone. When the sample radius was 7 m, the average for interspecific competition per unit area stabilized with 12 dominant tree species, in-

收稿日期: 2013-10-14; 修回日期: 2013-12-13

基金项目: 浙江省生态环境(2000-2010年)变化遥感调查与评估项目; 浙江省公益技术研究项目(2013C33017)

作者简介: 徐建, 从事森林及其环境评价与规划设计研究。E-mail: 704624990@qq.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

cluding *Pterostyrax corymbosus*, *Cornus kousa*, *Malus baccata*, *Castanea seguinii*, *Cornus controversa*, *Styrax obassia*, *Fagus engleriana*, *Quercus stewardii*, *Cyclocarya paliurus*, *Symplocos chinensis*, *Castanea henryi*, and *Pyrus betulifolia*. Intraspecific competition was stronger for *Malus baccata*, *Pterostyrax corymbosus*, *Cornus kousa*, and *Fagus engleriana* populations than the other dominant species partially because the distribution pattern was clumped. Strong intraspecific competition between species of *Cornus controversa*, *Styrax obassia*, *Symplocos chinensis*, and *Cyclocarya paliurus* versus species of *Pterostyrax corymbosus* and *Cornus kousa* showed that they had similar niche requirements. In addition, *Pterostyrax corymbosus* and *Cornus kousa* were the largest competitors of the other dominant species. Thus, Hegyi competition model could provide a reliable basis for studying on intraspecific and interspecific competition of dominant species in a deciduous, broadleaf forest of Longwang Mountain. [Ch, 1 fig. 4 tab. 32 ref.]

Key words: forest ecology; deciduous broadleaf forest; dominant species; Hegyi Competition Index; Longwang Mountain

植物竞争是群落中普遍存在的现象,是影响森林生态系统的重要因素^[1],也是生态学研究植物生长、种群动态和群落演替方向的核心问题之一^[2-4]。竞争的结果不仅影响个体的生存、生长和繁殖^[5-6],而且影响种群空间分布、动态和群落的物种多样性^[7-11]。对个体竞争进行数量化研究,能更准确地反映个体间的竞争状况,进而解释和预测整个群落的动态变化过程^[12]。近年来关于常绿阔叶林^[13-14]、针叶林^[11-12,15-16]和针阔混交林^[17-19]等的优势种群的竞争已有不少报道,而对落叶阔叶林中的优势种群竞争研究较少。进一步研究落叶阔叶林中的优势种群竞争,对揭示落叶阔叶林种群生态特性、群落形成及其稳定性与演替规律等都具有重要意义。龙王山地处中热带北缘—暖温带南缘的过渡性气候类型,有着极其特殊的地理位置,是中国沿海继泰山以外的另一个直接承受北方吹来的寒流的山峰,分布在海拔约900~1 500 m的落叶阔叶林是龙王山森林植被的主体和核心,分布面积大,林相保存完整,种类组成复杂,优势树种多,群系类型多具典型性和独特性^[20]。因此,笔者研究龙王山落叶阔叶林优势树种的种内种间竞争状况,旨在为深入研究亚热带落叶阔叶林中的优势种群结构及演替进程,以期对落叶阔叶林的保护及可持续利用提供科学依据。

1 研究区自然概况

龙王山自然保护区位于浙江省安吉县,其东南与浙江省临安市天目山区的西天目乡接壤,西南与安徽宁国县相邻,北连该县章村镇,东北接该县报福镇。区域地理位置为30°22'30"~30°27'30"N,119°22'30"~119°26'15"E,主峰海拔为1 587.4 m,是浙北最高峰。山体坡度较大,岩石垂直节理发育,多悬崖陡壁,河谷深切,峰谷交错,地形极为复杂。小气候类型复杂,气候垂直变化明显。山麓年均温15.5℃,无霜期225 d,年降水量约1 640 mm,集中在6-7月,属于亚热带季风气候。龙王山岩石以凝灰岩为主,另有少量流纹岩。主要的土壤类型有红壤、山地黄壤、山地黄棕壤、山地草甸土,以及高位沼泽。土壤腐殖质层较厚,肥力较高。适宜的气候,丰富的小气候类型,复杂的地形和肥沃的土壤,为植物生长提供了优越的自然条件^[20-21]。

试验地植物种类较丰富。调查数据显示,胸径5 cm以上的树种有71种,主要有小叶白辛树*Pterostyrax corymbosus*,四照花*Cornus kousa*,毛山荆子*Malus baccata*,茅栗*Castanea seguinii*,灯台树*Cornus controversa*,玉铃花*Styrax obassia*,米心水青冈*Fagus engleriana*,黄山栎*Quercus stewardii*,青钱柳*Cyclocarya paliurus*,华山矾*Symplocos chinensis*,锥栗*Castanea henryi*,杜梨*Pyrus betulifolia*等。灌木层中主要有垂丝卫矛*Euonymus oxyphyllus*,合轴荚蒾*Viburnum sympodiale*,中国绣球*Hydrangea chinensis*,宜昌荚蒾*Viburnum erosum*,伞花石楠*Photinia subymbellata*,西南卫矛*Euonymus hamiltonianus*,下江忍冬*Lonicera modesta*,云锦杜鹃*Rhododendron fortunei*等。草本层常见植物有书带藁草*Carex rochebrunii*,山靛*Mercurialis leiocarpa*,箬叶竹*Indocalamus longiauritus*,香附子*Cyperus rotundus*,栗褐藁草*Carex brunnea*,堇菜*Viola verecunda*,披针藁草*Carex lanceolata*,天目山藁草*Carex tianmushanica*等。

2 研究方法

2.1 样地设置与调查

2012年10月在龙王山自然保护区,选择地势较为平坦、植被类型典型的地段设置1个面积为100 m × 100 m的固定典型样地。用相邻网格调查方法,把样地划分为400个5 m × 5 m的调查单元。在每个调查单元内,对所有胸径在5 cm以上的活立木进行定位,并进行每木检测,测量并用号码牌为其编号,逐株记录树种名称、胸径、树高、冠幅等测树因子。同时记录群落中的生态要素。

2.2 物种重要值计算

重要值是一个比较客观的数值,能较充分地显示出不同植物种群在群落中的地位和作用^[22]。本研究采用的重要值计算公式为:树种重要值=(相对多度+相对频度+相对显著度)/3。

2.3 数据分析

单木竞争指数的模型较多,但以Hegyí的模型最常用,预测效果最好。本研究采用该模型计算竞争指数(competition intensity, C_i)。公式如下:

$$C_i = \sum_{j=1}^n \frac{D_j}{D_i \cdot L_{ij}}$$

其中: C_i 为第*i*株对象木的竞争指数; D_j 为竞争木胸径; D_i 为对象木胸径; L_{ij} 为对象木和竞争木之间的距离; n 为竞争木的株数; j 为竞争木数量。

各优势种群的竞争指数用各优势树种林木点竞争指数之和表示,公式如下:

$$C_i = \sum_{i=1}^N C_{i\alpha}$$

其中: C_i 为某优势种群的竞争指数,其值越大,竞争越激烈; N 为对象木的株数。

在野外样地数据采集过程中,发现有大量的无性分株现象。本研究在数据处理时对无性系分株胸径大小的计算采用如下方法:将同一基株上的各无性系分株按照胸高断面积求和,然后再换算为一株胸高断面积与之相等的植株进行统计^[23]。

2.4 竞争影响范围

要描述林木之间的竞争,首先要确定对象木周围竞争木的数量或竞争范围。只有了解真正的、具明显生态效应的竞争木的作用范围,才能保证研究结果的准确性和可靠性。在与位置相关的单木模型中,国内外的研究采用的样圆半径有3.05, 6.00, 8.00 m等^[24],这种方法易于计算,但没有考虑处在半径边缘的林木因生长而成为新的竞争木的可能性。也有许多研究采用Voronoi图来确定对象木的竞争木。当竞争木距离对象木越远时,生成的Voronoi图边数就越多,故选择的竞争木的数量就越多,这与事实不符^[1]。对象木受的竞争压力来自其周围一定范围的个体,随着距离的增加,个体对它的竞争会减弱或消失^[25]。所以,本研究采用逐步扩大样圆半径,以找出合适的竞争范围^[6,8,26]。以1 m为样圆半径增量,分别计算1~30 m间30个样圆半径中对象木受到的单位面积平均竞争强度,绘制出影响范围与单位面积平均竞争强度变化的散点图。对不同影响范围进行分段拟合,绘制线性回归图。由图1可以看出,在半径7 m处有1个拐点,竞争强度变化已经趋于稳定。同时,在样地调查中,样地林窗半径约6~7 m,而且最大的树冠半径也没有超过8 m,故本研究采用的样圆半径是7 m。

2.5 边缘校正

当样地内靠近边界的林木做为对象木时,样地界外林木对它也产生影响,这时,需要进行样地边缘校正。分别在原样地的上、下、左、右、左上、左下、右上、右下8个方向平移原样地,形成由9个同样地组成的大样地。这样每个对象木都有1个相对完整的结构单元,减少理论值与实际值之间的偏差,消除边缘影响。

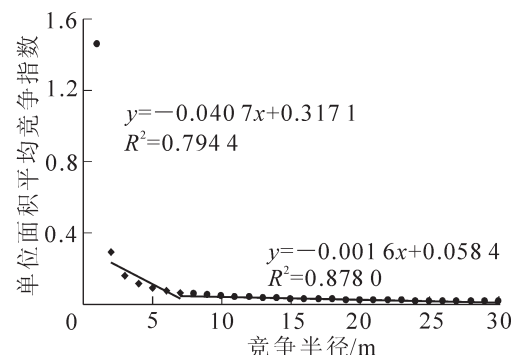


图1 单位面积平均竞争指数随半径的变化
Figure 1 Average competition index per unit area by radius variation

3 结果与分析

3.1 优势树种组成及径级结构

对样地调查数据进行统计,结果显示样地胸径 5 cm 以上林木株数有 1 644 株。计算各树种的重要值,将各树种重要值由高到低排列,重要值在 2% 以上的有 12 种(表 1),其中重要值大于 10% 以上有 2 种,属于森林群落种的优势树种。优势树种的株数和重要值分别占样地的 69.91% 和 70.77%,在群落中占明显优势,决定着森林群落的结构和演替趋势。

采用径级结构分析各优势种群的结构和动态。按照林木的径级,可以把林木分成 3 个级别:①小径级组:径阶 5~10 cm 和 10~15 cm。②中径级组:径阶 15~20 cm 和 20~25 cm。③大径级组:径阶 ≥ 25 cm。从表 2 可以看出:除了茅栗外其他各优势树种的株数均是随着径阶的增大而逐渐减小,而茅栗株数随径级先增大后减小。整体上,各优势树种的中、小径级林木居多,其中,小叶白辛树和四照花种群的中、小径级林木相对其他优势树种较多。各种群内更新资源充足。这也说明群落总体上呈现稳定发展趋势。

表 1 优势树种组成

Table 1 Dominant tree species of community

树种	株数/株	相对频度	相对多度	相对显著度	重要值
小叶白辛树 <i>Pterostyrax corymbosus</i>	194	10.330 9	11.854 1	18.335 3	13.506 8
四照花 <i>Cornus kousa</i>	188	11.299 4	11.428 6	9.430 7	10.719 6
毛山荆子 <i>Malus baccata</i>	166	6.941 1	10.152 0	7.563 4	8.218 8
茅栗 <i>Castanea seguinii</i>	86	5.811 1	5.228 0	13.006 1	8.015 1
灯台树 <i>Cornus controversa</i>	108	7.506 1	6.565 3	6.552 6	6.874 7
玉铃花 <i>Styrax obassia</i>	134	8.393 9	8.206 7	3.553 4	6.718 0
米心水青冈 <i>Fagus engleriana</i>	64	2.582 7	3.890 6	3.999 8	3.491 0
黄山栎 <i>Quercus stewardii</i>	38	2.663 4	2.370 8	4.753 4	3.262 6
青钱柳 <i>Cyclocarya paliurus</i>	56	3.309 1	3.465 0	2.893 7	3.222 6
华山矾 <i>Symplocos chinensis</i>	50	3.389 8	3.039 5	0.592 9	2.340 8
锥栗 <i>Castanea henryi</i>	29	1.614 2	1.762 9	3.451 6	2.276 2
杜梨 <i>Pyrus betulaefolia</i>	31	1.856 3	1.884 5	2.485 4	2.075 4

表 2 各优势树种的径级结构

Table 2 Size structures of the dominant tree species

树种	不同径级的株数							
	小径级		中径级		大径级			
	5~10	10~15	15~20	20~25	25~30	30~35	35~40	≥ 40 cm
小叶白辛树	35	28	55	47	23	3	2	1
四照花	100	61	21	4	2	0	0	0
毛山荆子	69	59	24	10	2	1	1	0
茅栗	1	8	21	25	16	8	6	1
灯台树	30	32	29	11	4	2	0	0
玉铃花	88	35	9	2	0	0	0	0
米心水青冈	32	15	7	3	2	3	0	2
黄山栎	4	7	9	9	3	5	0	1
青钱柳	16	23	12	3	2	0	0	0
华山矾	48	2	0	0	0	0	0	0
锥栗	0	1	14	8	4	1	1	0
杜梨	7	7	8	5	2	1	0	0

3.2 优势树种种内竞争

种内竞争是反映植物种内相互影响的一个重要特征。样地中各优势树种的种内竞争关系如表 3。各

3.4 优势树种种内种间竞争比较

有学者采用 Hegyi 竞争模型分析常绿阔叶林种内和种间竞争强度时, 均发现常绿阔叶林优势种群的种内竞争比种间竞争激烈^[13,28-29]。研究中以各优势种群分别为对象木时, 发现存在以下 3 种情况: ①种内竞争大于种间竞争的植物有: 小叶白辛树、四照花、毛山荆子、茅栗、米心水青冈、黄山栎、锥栗、杜梨。②种内竞争小于种间竞争的植物有: 灯台树、玉铃花、华山矾。③种内竞争与种间竞争相差不大的植物有: 青钱柳。这也说明了落叶阔叶林种内和种间竞争状况比常绿阔叶林复杂。一般来说, 同一个物种具有相同的生态位, 即它们之间对水分、光照、空间及营养元素有相同的需求, 故种内竞争相对种间竞争会激烈。而灯台树、玉铃花、华山矾和青钱柳种群等的种内竞争小于或接近种间竞争, 这说明灯台树、玉铃花、华山矾和青钱柳种群等的生态位与小叶白辛树、四照花较接近, 所以受到较强的种间竞争压力。群落中种内竞争激烈的优势树种与其他优势树种的种间竞争也相对激烈, 如小叶白辛树、四照花和毛山荆子。而群落中种内竞争比较弱的优势树种与其他优势树种的种间竞争也相对较弱, 如黄山栎、锥栗、杜梨和青钱柳。这与汤孟平等^[28]在天目山常绿阔叶林优势树种种间竞争分析中得出的结论是一致的。通过表 4, 也容易看出小叶白辛树和四照花是其他优势树种最大的竞争者, 这主要是小叶白辛树和四照花作为群落中绝对优势的树种, 具有较多的数量且其生态位与其他物种较接近。

表 4 各优势树种种内种间的竞争指数

Table 4 Competition index of intraspecific and interspecific competition for dominant population

对象木	竞争木											
	小叶白辛树	四照花	毛山荆子	茅栗	灯台树	玉铃花	米心水青冈	黄山栎	青钱柳	华山矾	锥栗	杜梨
小叶白辛树	445.67	111.12	83.36	102.43	64.33	52.64	24.71	31.38	34.80	17.45	25.81	25.39
四照花	337.79	392.91	120.75	157.60	122.77	110.39	67.98	66.19	87.81	29.34	46.43	22.27
毛山荆子	234.29	121.98	612.63	76.05	114.83	93.33	13.09	35.75	12.53	39.97	5.36	14.18
茅栗	53.94	32.50	22.54	83.38	18.96	24.86	21.48	9.60	15.12	4.48	4.33	2.00
灯台树	119.29	83.47	65.64	75.57	81.48	62.48	25.44	30.02	21.07	11.74	7.34	11.19
玉铃花	242.90	118.32	89.57	144.48	104.48	120.21	62.53	69.43	107.08	16.88	50.15	13.10
米心水青冈	55.10	44.75	13.12	61.28	14.06	36.85	275.33	30.56	38.18	3.13	36.62	0.42
黄山栎	30.32	17.50	14.17	16.96	11.66	13.54	7.08	69.47	2.44	2.19	2.06	0.43
青钱柳	49.27	39.48	8.60	33.84	11.81	34.14	23.04	6.37	49.63	2.38	35.55	7.59
华山矾	98.84	113.56	123.25	60.70	44.07	30.40	9.70	17.78	8.39	41.95	8.16	6.84
锥栗	9.64	6.93	2.18	3.52	1.34	9.28	4.81	1.74	12.83	0.76	43.29	4.35
杜梨	22.10	11.26	7.86	5.49	9.70	4.34	0.47	1.49	4.21	0.98	10.03	43.24

4 结论与讨论

对龙王山落叶阔叶林优势树种种内种间竞争状况的研究结果表明: 研究的落叶阔叶林中优势树种有 12 种, 包括小叶白辛树、四照花、毛山荆子、茅栗、灯台树、玉铃花、米心水青冈、黄山栎、青钱柳、华山矾、锥栗、杜梨等。各优势树种的中、小径级林木居多, 更新资源充足, 群落总体上呈现稳定发展趋势。各优势树种种内竞争强度不同, 其中毛山荆子、小叶白辛树、四照花、米心水青冈种群等的种内竞争比其他优势种要强烈, 属于中、强度竞争, 这从侧面也反映出毛山荆子、小叶白辛树、四照花、米心水青冈种群等呈现出一定的聚集分布状态。依据优势树种的种间竞争强度, 划分为 4 个等级, 可为人工混交林树种选择提供参考。灯台树、玉铃花、华山矾和青钱柳种群等的生态位与小叶白辛树、四照花较接近, 故受到较强的种间竞争压力, 所以灯台树、玉铃花、华山矾和青钱柳种群等的种内竞争小于或接近种间竞争。同时, 小叶白辛树和四照花等也是其他优势树种最大的竞争者。

Hegyi 竞争模型主要应用于纯林中, 它包括了胸径、距离及竞争木数量等指标, 反映了林木个体对环境利用的差异, 是研究林木个体间竞争的适合量度^[30]。本研究的结果表明: 将 Hegyi 竞争模型应用于龙王山落叶阔叶林优势树种的竞争, 能够较好地描述和揭示龙王山落叶阔叶林优势树种的竞争格局, 对

推断和预测林分竞争状态,为龙王山落叶阔叶林的管理与保护也具有一定的理论意义。但是树木间的竞争能力受指数大小、生长速度、发育阶段等多种生物的和非生物因素的制约^[31]。而Hegyi竞争模型在很大程度上代表林木间的地上部分竞争^[18,29],这也是它的不足之处。所以,要更准确地反映落叶阔叶林复杂的种内种间竞争关系,需要更深入的研究,比如在模型中增加一些树冠、树高或环境因子等^[32]。

参考文献:

- [1] 沈琛琛,雷相东,王有福,等.金苍林场蒙古栎天然中龄林竞争关系研究[J].林业科学研究,2012,25(3): 339 - 345.
SHEN Chenchen, LEI Xiangdong, WANG Youfu, et al. Competitive states in natural middle-aged forest of Mongolian oak at Jincang forest farm [J]. *For Res*, 2012, 25(3): 339 - 345.
- [2] 康华靖,陈子林,刘鹏,等.大盘山香果树 *Emmenopterys henryi* 种内及其与常见伴生种之间的竞争关系[J].生态学报,2008,28(7): 3456 - 3463.
KANG Huajing, CHEN Zilin, LIU Peng, et al. Intra-specific competition of *Emmenopterys henryi* and its accompanying species in the Dapanshan National Nature Reserve of Zhejiang Province [J]. *Acta Ecol Sin*, 2008, 28(7): 3456 - 3463.
- [3] WEINER J. Neighborhood interference amongst *Pinus rigida* individuals [J]. *J Ecol*, 1984, 72(1): 183 - 195.
- [4] 张学龙,马钰,赵维俊,等.祁连山青海云杉种群种内竞争分析[J].干旱区研究,2013,30(2): 242 - 247.
ZHANG Xuelong, MA Yu, ZHAO Weijun, et al. On the intraspecific competition of *Picea crassifolia* population in the Qilian Mountains [J]. *Arid Zone Res*, 2013, 30(2): 242 - 247.
- [5] MASAKADO K. Exploitative competition and ecological effective abundance [J]. *Ecol Mod*, 1997, 94: 125 - 137.
- [6] 昭日格,李钢铁,岳永杰,等.浑善达克沙地天然沙地榆种内竞争研究[J].中国沙漠,2011,31(2): 451 - 455.
ZHAO Rige, LI Gangtie, YUE Yongjie, et al. Intraspecific competition in natural *Ulmus Pumila* var. *sabulosa* forests in Hunshandake Sandland [J]. *J Desert Res*, 2011, 31(2): 451 - 455.
- [7] WEINER J. Asymmetric competition in plant populations [J]. *Trends Ecol Evol*, 1990, 5(11): 360 - 364.
- [8] 王晓霞,张钦第,毕润成,等.山西稀有濒危植物脱皮榆种内和种间竞争[J].生态学杂志,2013,32(7): 1756 - 1761.
WANG Xiaoxia, ZHANG Qindi, BI Runcheng, et al. Intra- and interspecific competition of rare and endangered plant *Ulmus lamellosa* in Shanxi Province of China [J]. *Chin J Ecol*, 2013, 32(7): 1756 - 1761.
- [9] CANHUAM C D, PAPAİK M J, URIARTE M, et al. Neighborhood analyses of canopy tree competition along environmental gradients in New England forests [J]. *Ecol Appl*, 2006, 16: 540 - 554.
- [10] 周荣伍,安玉涛,王浩,等.西山国家森林公园人工侧柏林种内与种间竞争的数量关系[J].北京林业大学学报,2010,32(6): 27 - 32.
ZHOU Rongwu, AN Yutao, WANG Hao, et al. Quantitative relationships of intra- and interspecific competition of *Platycladus orientalis* plantation in Beijing Xishan National Forest Park [J]. *J Beijing For Univ*, 2010, 32(6): 27 - 32.
- [11] 马世荣,张希彪,郭小强,等.子午岭天然油松林乔木层种内与种间竞争关系研究[J].西北植物学报,2012,32(9): 1882 - 1887.
MA Shirong, ZHANG Xibiao, GUO Xiaoqiang, et al. Intraspecific and interspecific competition of tree layers in natural *Pinus tabulaeformis* forest in Ziwuling Mountains [J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*, 2012, 32(9): 1882 - 1887.
- [12] 毛磊,杨丹青,王冬梅,等.红花尔基自然保护区天然樟子松林种内种间竞争分析[J].植物资源与环境学报,2008,17(2): 9 - 14.
MAO Lei, YANG Danqing, WANG Dongmei, et al. Analyses of intraspecific and interspecific competition of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* natural forest in Honghuaerji Nature Reserve of Inner Mongolia [J]. *J Plant Resour Environ*, 2008, 17(2): 9 - 14.
- [13] 张思玉,郑世群.笔架山常绿阔叶林优势种群种内和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 popula-

- tion of evergreen broad-leaved forest in Bijia Mountain [J]. *Sci Silv Sin*, 2001, **37**(1): 185 – 188.
- [14] 张越西, 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 – 335.
ZHANG Yuexi, ZHONG Zhangcheng. Competitive effect and response among the dominant species in subtropic secondary evergreen broadleaved forest [J]. *Chin J Appl Environ Biol*, 2003, **9**(4): 333 – 335.
- [15] 刘红润, 李凤日. 红松天然林种内和种间竞争关系的研究[J]. 植物研究, 2010, **30**(4): 479 – 484.
LIU Hongrun, LI Fengri. Relationship between intraspecific and interspecific competitions of natural *Pinus koraiensis* forest [J]. *Bull Bot Res*, 2010, **30**(4): 479 – 484.
- [16] 邹春静, 王庆礼, 韩士杰. 长白山暗针叶林建群种竞争关系的研究[J]. 应用与环境生物学报, 2001, **7**(2): 101 – 105.
ZOU Chunjing, WANG Qingli, HAN Shijie. Study on competition relationship between dicicators in dark conifer forest in the Changbai Mountains [J]. *Chin J Appl Environ Biol*, 2001, **7**(2): 101 – 105.
- [17] 陶岩, 殷秀琴, 田育红, 等. 长白山红松针阔混交林林种内、种间竞争关系研究[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2011, **47**(4): 428 – 431.
TAO Yan, YIN Xiuqin, TIAN Yuhong, *et al.* Study on intraspecific and interspecific competition of *Pinus koraiensis* broadleaf mixed forest in Changbai Mountain [J]. *J Beijing Norm Univ Nat Sci*, 2011, **47**(4): 428 – 431.
- [18] 辛莹莹, 韦新良. 青山湖针阔混交林优势树种竞争的数量研究[J]. 浙江农林大学学报, 2011, **28**(4): 601 – 606.
XIN Yingying, WEI Xinliang. Dominance in a mixed conifer and broadleaved forest of Qingshan Lake, Zhejiang [J]. *J Zhejiang A & F Univ*, 2011, **28**(4): 601 – 606.
- [19] 李志洪, 胡淑仪, 李伟, 等. 粤东北马尾松-木荷混交林种内种间竞争强度分析[J]. 中南林业科技大学学报, 2013, **33**(8): 91 – 95.
LI Zhihong, HU Shuyi, LI Wei, *et al.* Intra-specific and inter-specific competitions among major trees species in *Pinus massoniana* and *Schima superba* mixed forest in northeastern Guangdong Province [J]. *J Cent South Univ For & Technol*, 2013, **33**(8): 91 – 95.
- [20] 刘茂春, 施德法. 安吉龙王山天然森林植被的研究[J]. 浙江林学院学报, 1991, **8**(3): 355 – 365.
LIU Maochun, SHI Defa. Forest vegetation of Longwang Mountain in An'ji County [J]. *J Zhejiang For Coll*, 1991, **8**(3): 355 – 365.
- [21] 苏秀, 朱曦. 龙王山自然保护区生物物种多样性及其保护[J]. 林业调查规划, 2007, **32**(1): 76 – 78.
SU Xiu, ZHU Xi. Study on biodiversity and protection of Mt Longwangshan Nature Reserve [J]. *For Invent Plann*, 2007, **32**(1): 76 – 79.
- [22] 欧祖兰, 李先琨, 苏宗明, 等. 元宝山两类森林群落的乔木物种多样性[J]. 应用与环境生物学报, 2003, **9**(6): 563 – 568.
OU Zulan, LI Xiankun, SU Zongming, *et al.* Tree species diversities of two forest communities in Yuanbao Mountain [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2003, **9**(6): 563 – 568.
- [23] 蒋国梅, 孙国, 张光富, 等. 濒危植物宝华玉兰种内与种间竞争[J]. 生态学杂志, 2010, **29**(2): 201 – 206.
JIANG Guomei, SUN Guo, ZHANG Guangfu, *et al.* Intraspecific and interspecific competition of endangered plant *Magnolia zenii* [J]. *Chin J Ecol*, 2010, **29**(2): 201 – 206.
- [24] 汤孟平. 森林空间经营理论与实践[M]. 北京: 中国林业出版社, 2007.
- [25] 王政权, 吴巩固, 王军邦. 利用竞争指数评价水曲柳落叶松种内种间空间关系[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.
- [26] 殷东生, 葛文志, 张凤海, 等. 色木槭天然次生林种群竞争关系研究[J]. 植物研究, 2012, **32**(1): 105 – 109.
YIN Dongsheng, GE Wenzhi, ZHANG Fenghai, *et al.* Competition relationship of populations of natural secondary *Acer mono* forest [J]. *Bull Bot Res*, 2012, **32**(1): 105 – 109.
- [27] 廖宝文, 李玖, 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.

- [28] 汤孟平, 陈永刚, 施拥军, 等. 基于 Voronoi 图的群落优势树种种内种间竞争[J]. 生态学报, 2007, **27**(11): 4707 - 4716.
- TANG Mengping, CHEN Yonggang, SHI Yongjun, *et al.* Intraspecific and interspecific competition analysis of community dominant plant populations based on *Voronoi diagram* [J]. *Acta Ecol Sin*, 2007, **27**(11): 4707 - 4716.
- [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.
- JIANG Ting, TANG Mengping. Quantitative relationships with competition of dominant tree populations in an evergreen broad-leaved forest on Mount Tianmu [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2008, **25**(4): 444 - 450.
- [30] 金则新, 朱小燕, 林恒琴. 浙江天台山甜槠种内与种间竞争研究[J]. 生态学杂志, 2004, **23**(2): 22 - 25.
- JIN Zexin, ZHU Xiaoyan, LIN Hengqin. Intraspecific and interspecific competition in *Castanopsis eyrei* in Tiantai mountain of Zhejiang Province [J]. *Chin J Ecol*, 2004, **23**(2): 22 - 25.
- [31] 李帅锋, 刘万德, 苏建荣, 等. 滇西北金沙江流域云南红豆杉群落种内与种间竞争[J]. 生态学杂志, 2013, **32**(1): 33 - 38.
- LI Shuaifeng, LIU Wande, SU Jianrong, *et al.* Intra- and interspecific competitions of *Taxus yunnanensis* population in Jinsha River Basin of northwest Yunnan Province, Southwest China [J]. *Chin J Ecol*, 2013, **32**(1): 33 - 38.
- [32] 黄新锋, 亢新刚, 杨华, 等. 5 个林木竞争指数模型比较[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2012, **40**(7): 127 - 134.
- HUANG Xinfeng, KANG Xingang, YANG Hua, *et al.* Comparison of 5 tree competition index models [J]. *J Northwest A & F Univ Nat Sci Ed*, 2012, **40**(7): 127 - 134.

《林产化学与工业》2015 年征订启事

《林产化学与工业》(双月刊, 1981 年创刊), 由中国林业科学研究院林产化学工业研究所、中国林学会林产化学化工分会共同主办, 为全国林产化工行业的学术类期刊。报道范围为生物质能源、生物质化学品、生物质新材料、生物质天然活性成分和制浆造纸等, 主要包括松脂化学、生物质能源化学、生物质炭材料、生物基功能高分子材料、胶黏剂化学、森林植物资源提取物化学利用、环境保护工程、木材制浆造纸为主的林纸一体化和林产化学工程设备研究设计等方面的最新研究成果。

该刊现被美国《工程索引》(EI), 美国《化学文摘》(CA 核心), 荷兰《文摘与引文数据库》(Scopus), 美国“乌利希国际期刊指南”, 英国《英联邦农业和生物科学文摘》(CAB Abstracts), 英国《全球健康》, 英国《皇家化学学会系列文摘》(RSC), 俄罗斯《文摘杂志》(PЖ)等国外数据库收录; 被“中国科学引文数据库(CSCD)”核心库, “中文核心期刊”“中国科技核心期刊”“RCCSE 中国核心学术期刊(A)”“中国农业核心期刊”“中国期刊全文数据库”“中国学术期刊综合评价数据库”“万方数据—数字化期刊群”“中文科技期刊数据库”“中国核心期刊(遴选)数据库”《中国学术期刊文摘》等国内 10 多种大型刊库收录, 2008 年和 2011 年连续 2 届被评为“中国精品科技期刊”。

该刊为双月刊, 逢双月月末出版, 大 16 开本。定价: 国内 15.00 元·期⁻¹, 全年 90.00 元·份⁻¹; 国外 15.00 美元·期⁻¹, 全年 90.00 美元·份⁻¹。ISSN 0253-2417, CN 32-1149/S。国内外公开发行, 国内邮发代号: 28-59; 国外发行代号: Q5941。

地址: 210042 江苏省南京市锁金五村 16 号林化所内; 电话: 025-85482493; 传真: 025-85482493; E-mail: cifp@vip.163.com, <http://www.cifp.ac.cn>。