

# 松山自然保护区辽东栎群落种内、种间竞争关系

刘淑燕<sup>1</sup>, 余新晓<sup>1</sup>, 陈丽华<sup>1</sup>, 李洪禹<sup>2</sup>

(1. 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083;  
2. 索尼爱立信移动通信产品(中国)有限公司, 北京 100071)

**摘要:** 为了研究辽东栎群落种内与种间关系, 采用 Hegyi 单木竞争指数模型( $I_c$ )对松山自然保护区林辽东栎种群的种内、种间竞争强度进行定量分析。结果表明, 辽东栎种内、种间竞争强度随着林木径级的增大而逐渐减小; 种内、种间的竞争强度顺序为: 辽东栎种内 > 白蜡 > 山杏 > 鹅耳枥。根据样地样本数统计回归, 得到竞争强度与对象木的胸径服从幂函数关系( $I_c = AD^{-B}$ )最为显著, 并利用得到的幂函数模型预测了辽东栎种内、种间的竞争强度, 当辽东栎胸径达到 25 cm 以上时, 竞争强度变化不大。因此, 应在此前采取适当的人工疏伐措施来促进植株生长和增强生态系统的稳定性。

**关键词:** 辽东栎; 种内; 种间; 竞争强度

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2009)06-0091-04

中图分类号: Q948, Q14

## Intraspecific and Interspecific Competition of *Quercus Liaotungensis* Community in Songshan Nature Reserve

LIU Shu-yan<sup>1</sup>, YU Xin-xiao<sup>1</sup>, CHEN Li-hua<sup>1</sup>, LI Hong-yu<sup>2</sup>

[1. Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating,

Ministry of Education, and School of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University,

Beijing 100083, China; 2. Sony Ericsson Mobile Communication(China)Co., Ltd., Beijing 100071, China]

**Abstract:** In order to study the intraspecific and interspecific relationship in the *Quercus liaotungensis* community, the intraspecific and interspecific competition intensity was investigated by using Hegyi competition index model for individual tree( $I_c$ ) in Songshan Nature Reserve. Results showed that the intraspecific and interspecific competition intensity in the community gradually decreased with the increase in forest DBH level. The trees, in terms of the intraspecific and interspecific competition's intensity, were in the order of *Quercus liaotungensis* > *Fraxinus chinensis* > *Armeniaca sibirica* > *Carpinus turczaninowii*. According to the sample number statistics, the power function of  $I_c = AD^{-B}$  for the competition intensity and the objective tree DBH distribution was most remarkable. The intraspecific and interspecific competition intensity in *Quercus liaotungensis* community was forecasted. When the diameter of *Quercus liaotungensis* tree was above 25 cm, the change in competition intensity was very small. Therefore, suitable artificial measures should be taken to promote plant growth and enhance ecosystem stability.

**Keywords:** *Quercus liaotungensis*; intraspecific; interspecific; competition intensity

竞争是影响林木生长、形态和存活的重要因素,也是生态学和森林培育学研究的核心问题之一,其内涵为两个以上有机体在所需的环境资源或能量不足的情况下,或因某种必需的环境因子受限制,或因空间不够而发生的相互关系。竞争的结果是一个有机体阻碍了另一个有机体的正常生长和发育。因此,植物种内、种间竞争的研究一直是生态学研究植物生长

和种群动态的核心问题<sup>[1-3]</sup>,对于了解群落结构与功能,预测群落的发展动态,进而辅以必要的人工管理措施以促进森林生态系统功能的完善都具有十分重要的理论和现实意义。多年来,一些学者在竞争模型方面也做了大量研究,并运用模型对沙地云杉<sup>[4]</sup>,长苞铁杉<sup>[5]</sup>、黄果厚壳桂<sup>[6]</sup>等树种的种内、种间竞争强度进行分析,用以预测林木的生长,为林分密度管理

收稿日期: 2008-11-03

修回日期: 2009-03-08

资助项目: 林业公益性行业科研专项经费项目(200804022); 北京市科委重大项目(D0706001000091); 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD03A0201); 北京市科委 2006 年重大科研项目(D0706007040191-07)

作者简介: 刘淑燕(1979-),女(汉族),内蒙古自治区赤峰市人,博士研究生,研究方向为森林生态、水土保持。E-mail: lshyaaa@126.com.

与人工控制提供了理论依据。但在众多的竞争指数模型中,以 Hegyi 提出的与距离有关的竞争应用中应用较多、效果最好<sup>[7-9]</sup>。

辽东栎(*Quercus liaotungensis*)林是我国暖温带落叶阔叶林北部地区分布较广的森林植物群落,是该地区一个地带性森林类型,分布于辽东半岛北部丘陵地区、河北北部和西部山地、山西恒山以南的山地,陕西和甘肃黄土高原以及秦岭等地,温带针叶混交林的南部和内蒙古草原的东部山地也有零星分布<sup>[10]</sup>。从该种分布的地理单元和环境来看,华北的土石山区是其分布中心。松山自然保护区是华北地区的国家级自然保护区之一,辽东栎作为该地区重要的天然植被群落,其树种的外貌、结构、动态、种类组成及其种内、种间关系在涵养水源、固石保土、生态环境改善及该区生物多样性维持中发挥着重要作用<sup>[11-12]</sup>。

## 1 研究区自然概况

松山自然保护区位于北京市延庆县境内西北部,地理位置东经  $115^{\circ} 30' 30''$ — $115^{\circ} 39' 30''$ ,北纬  $40^{\circ} 32' 30''$ — $40^{\circ} 33' 00''$ ,总面积  $4\ 667\ \text{hm}^2$ 。地处燕山山脉,属于强烈切割的中山地带,区内山势陡峭,沟谷纵横,全区海拔高度在  $600\sim 2\ 240\ \text{m}$  之间。保护区属暖温带大陆性季风气候,年平均气温  $8.5\ ^{\circ}\text{C}$ ,最高温度  $39\ ^{\circ}\text{C}$ ,最低温度  $-27.3\ ^{\circ}\text{C}$ ,年降水量  $493\ \text{mm}$ ,年平均日照  $2\ 836.3\ \text{h}$ ,无霜期  $152.8\ \text{d}$ 。该区土壤有明显的垂直分布带,在同一垂直带内,则随不同坡向、坡度和植被情况而异。自下而上土壤类型分布为山地褐土,山地棕壤和山地草甸土。保护区内有保存完好的天然辽东栎林,有大量的白蜡(*Fraxinus chinensis*)、山杏(*Betula platyphylla*)、鹅耳枥(*Carpinus turczaninowii*)为主的落叶阔叶次生林,森林覆盖率达  $96.79\%$ 。调查样地内辽东栎密度为  $1\ 017\ \text{株}/\text{hm}^2$ ,平均直径  $12.65\ \text{cm}$ ,平均树高  $7.80\ \text{m}$ 。

## 2 研究方法

### 2.1 数据采集

在辽东栎林内经充分踏查后,考虑生境条件的代表性及一致性,选择地势平坦、个体生长良好、人为破坏轻微的地段设置样地。在样地内设置 14 个  $20\ \text{m}\times 20\ \text{m}$  的辽东栎纯林样方。调查内容为在样地中进行每木检尺,以样地一边为 X 轴,以其垂直边作为 Y 轴建立平面直角坐标系,记录每株树(DBH > 6 cm)的坐标值,测定其胸径、树高、冠幅、枝下高,并分别编号。

### 2.2 竞争指数的选择

目前有关植物间竞争指数的研究较多,不同的学

者提出了一些不同的模型和改进模型<sup>[13]</sup>,但以 Hegyi 的模型预测效果最好<sup>[14-15]</sup>,因此本研究采用 Hegyi 提出的单木竞争指数模型来计算竞争指数,计算式为

$$I_c = \sum_{j=1}^N (D_j/D_i) \cdot \frac{1}{L_{ij}}$$

式中:  $I_c$ ——竞争指数,其值越大,竞争越激烈;  $D_j$ ——竞争木胸径;  $D_i$ ——对象木胸径;  $ij$ ——对象木与竞争木之间的距离;  $N$ ——竞争木的株数。首先计算出每株竞争木对对象木的竞争指数,将  $N$  株竞争木的竞争指数累加和平均即得辽东栎林种内以及种间竞争强度。

## 3 结果与分析

### 3.1 辽东栎群落邻体最佳竞争范围的确定

从样地中选择对象木 40 株,分别计测半径为 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 m 的样圆内竞争木的平均竞争强度,分析不同样圆半径与竞争强度间的回归关系(图 1)。

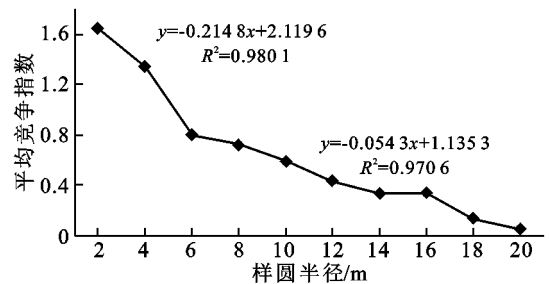


图 1 辽东栎样圆半径与竞争强度的关系

从图 1 可以看出,竞争指数在 6 m 处有一个明显的拐点,当范围大于 6 m 时,竞争强度变化较缓慢;小于 6 m 时,竞争强度变化很大,当样圆半径为 2 m 时,竞争强度为 1.62;样圆半径为 4 m 时,为 1.37;样圆半径 6 m 时,为 0.98,下降了 28%,呈明显下降趋势。在样圆半径为 8 m 时,竞争强度为 0.78,下降了 20%,下降趋势明显减小,这说明在辽东栎群落中,当周围植株的范围超过 6 m 时,随竞争木距对象木的距离增大与数量增多,竞争强度下降且变化不明显;当范围小于 6 m,随竞争木距对象木的距离变小与数量减少,竞争强度明显升高。竞争强度的变化显然与范围大小、竞争木的数量有关,反映出竞争木距对象木越近,对象木受到的影响越大。因此,就辽东栎这种植物而言,半径 6 m 是研究其最适竞争范围,它能够很好反映辽东栎种内和种间竞争的真实情况。

### 3.2 对象木与竞争木的测树因子特征

本研究在选择的 14 块样地中,共调查对象木辽东栎 80 株,最小胸径  $5.5\ \text{cm}$ ,最大胸径  $27.8\ \text{cm}$ ,平

均胸径 12.84 cm。将调查对象木按径级分组(表 1), 从表中可看出, 中小径级辽东栎占的比例较高, 径级小于 20 cm 的株数占株数的 91.25%, 表明研究区辽东栎已进入中龄级。由于该辽东栎种群为天然次生

林, 竞争能力比较强, 其竞争木的种类和数量都较少, 主要有辽东栎、山杏、白蜡、鹅耳栎等, 共 612 株, 其中辽东栎占 83.8%, 山杏为 4.9%, 白蜡为 8.3%, 鹅耳栎的数量较少, 只占总数的 2.9%。

表 1 研究区对象木的径级分布

项目	径级/cm								合计
	5~ 8	8~ 11	11~ 14	14~ 17	17~ 20	20~ 23	23~ 26	26~ 29	
株数/株	12	18	22	14	7	4	2	1	80
百分比/%	15.00	22.50	27.50	17.50	8.75	5.00	2.50	1.25	100

### 3.3 辽东栎林种内及种间竞争

辽东栎在生长过程中, 不断与同种个体发生竞争并因此产生自疏现象。由于种内个体间具有相同的生态习性和生态幅度, 因而种内竞争比种间树种的竞争要剧烈。而且辽东栎种内竞争强度随着径级的增大而逐渐减小(表 2), 由表 2 可以看出, 径级小的辽东栎种内竞争强度大, 径级大的种内竞争强度小, 显

示出竞争强度随径级增大而减小, 二者呈负相关关系。因为在辽东栎群落中, 植株在生长发育初期, 辽东栎个体小、数量多, 个体间为争夺生存资源而发生激烈的竞争; 随着个体的生长发育、胸径不断增大, 因自疏作用而加大株间距, 这种种群自我调节能力使得个体对光、热、水、土等生态条件及资源的竞争强度降低, 植株间距离逐渐趋于合理。

表 2 研究区辽东栎种内竞争强度

项目	径级/cm							
	5~ 8	8~ 11	11~ 14	14~ 17	17~ 20	20~ 23	23~ 26	26~ 29
竞争强度	1.362 6	0.942 8	0.725 0	0.607 4	0.545 0	0.4335	0.389 1	0.275 5
标准差	0.564 6	0.481 2	0.415 8	0.321 3	0.292 5	0.2215	0.140 6	0.122 4
样本数	27	59	76	55	23	11	7	5

植物在生长过程中, 不仅与同种个体发生种内竞争, 而且还与周围其它物种的植株不断争夺营养空间而产生种间竞争<sup>[16]</sup>。种间的竞争能力决定于种的生态习性和生态幅度。生态习性相近的种种间竞争激烈。当一个种处于最适生态位时, 其竞争能力最大。但种间竞争强度还与群落的动态有关。从表 3 可以看出, 辽东栎与各个树种的竞争强度有所不同, 竞争强度为辽东栎种内> 白蜡> 山杏> 鹅耳栎。

表 3 辽东栎种间竞争强度

种类	辽东栎	山杏	白蜡	鹅耳栎
竞争强度	0.867 5	0.423 6	0.791 3	0.207 3
标准差	0.475 1	0.398 2	0.104 9	0.204 7
样本数	263	24	36	12

### 3.4 竞争强度与对象木胸径的关系及其预测结果

竞争能力受多种因素制约, 除种的生态习性、生活型和生态幅度外, 个体胸径的大小对竞争能力的影响很大<sup>[13]</sup>。通过多种数学模型结果进行回归分析, 以竞争强度为因变量, 以对象木胸径为自变量, 采用线性、非线性、双曲线、幂函数、指数函数和对数方程等数学公式对竞争强度与对象木胸径间关系进行回归拟合。表明辽东栎个体(对象木)胸径与竞争指数( $I_c$ )之间具有显著的相关关系, 而更近似地服从幂函数关系, 达到极显著水平(表 4), 可用于预测辽东栎种内和种间的竞争强度(图 2), 这与段仁燕<sup>[1]</sup>对太白红杉及邹春静<sup>[4]</sup>对沙地云杉研究的结果相似, 证明幂函数为较优的回归模型。即:  $I_c = AD^{-B}$ 。式中:  $I_c$  ——竞争指数;  $D$  ——对象木胸径;  $A, B$  ——模型参数。

表 4 竞争强度与对象木胸径的模型参数

项目	A	B	R	N	R < 0.1	显著性
辽东栎种内	3.53	- 0.481	0.87	363	0.286 7	**
辽东栎与山杏	1.83	- 0.541	0.64	24	0.383 9	**
辽东栎与白蜡	3.23	- 0.673	0.79	36	0.376 2	**
辽东栎与鹅耳栎	1.20	- 0.669	0.43	12	0.421 3	*

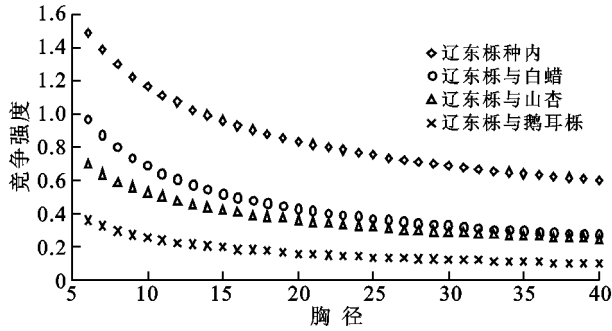


图 2 辽东栎种内种间竞争强度与对象木胸径的模型预测

利用该模型模拟预测辽东栎种内和种间竞争强度(图 2), 图中表明, 辽东栎种内、种间的竞争强度随对象木个体胸径的增大而降低。当对象木胸径达到 25 cm 以上, 竞争强度趋于稳定, 维持在较低水平。因此, 在辽东栎林经营和管理中应加强人工对中小径级的干预, 即在辽东栎林胸径达到 25 cm 之前进行适当的人工疏伐, 以减轻植株间的竞争消耗, 加速辽东栎的生长和生态系统的稳定。

## 4 结论

植物体之间的竞争是自然界中普遍存在的现象, 它是影响植物生长、形态和存活的主要因素之一。运用 Hegyi 的单木竞争指数模型可较好地估计辽东栎种群的种内和种间竞争强度。该指标反映出林分中对象木与竞争木大小与距离是影响竞争强度的主要因素, 从数据统计计算的结果来看, 6 m 的样圆半径是最适合的竞争木研究范围, 此结果与太白红杉的邻体竞争范围相一致<sup>[1]</sup>, 说明逐步扩大范围的方法能有效地确定邻体竞争范围, 它是一种准确、简单易行的方法。同时, 确定北京山区种群间最佳邻体竞争范围, 为进一步深入研究辽东栎种群生态学和群落演替提供了理论基础。从分析结果来看, 辽东栎的种内竞争强度大于种间竞争强度, 在对其种群动态的影响中, 自疏作用大于他疏作用。竞争指数与对象木的大小存在显著的负相关幂函数关系, 竞争强度随径级增大而减小。通过数学模型预测结果可知, 当对象木的胸径达到 25 cm 后, 竞争强度变化不大。

## [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] 段仁燕, 王孝安. 太白红杉种内和种间竞争研究[ J ]. 植物生态学报, 2005, 29(2): 242-250.
- [ 2 ] 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): 104-105.
- [ 3 ] 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竞争关系[ J ]. 应用生态学报, 2000, 11(5): 644-645.
- [ 4 ] 邹春静, 徐文铎. 沙地云杉种内、种间竞争的研究[ J ]. 植物生态学报, 1998, 22(3): 269-274.
- [ 5 ] 吴承祯, 洪伟, 吴继林, 等. 长苞铁杉群落种间竞争的研究[ J ]. 西北植物学报, 2001, 21(1): 154-158.
- [ 6 ] 张池, 黄忠良, 李炯, 等. 黄果厚壳桂种内和种间竞争的数量关系[ J ]. 应用生态学报, 2006, 17(1): 22-26.
- [ 7 ] 吴巩固, 王政权. 水曲柳落叶松人工混交林中树木个体生长的竞争效应模型[ J ]. 应用生态学报, 2000, 11(5): 646-650.
- [ 8 ] 何跃军, 刘济明, 钟章成. 桫欏群落的种内种间竞争研究[ J ]. 西南农业大学学报, 2004, 26(5): 589-593.
- [ 9 ] 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.
- [ 10 ] 中国植被编辑委员会. 中国植被[ M ]. 北京: 科学出版社, 1995: 256-257.
- [ 11 ] 陈灵芝, 鲍显诚, 陈清朗, 等. 京津地区的植被生态学研究[ M ]//中国科学院植物研究所, 中国科学院动物研究所. 京津地区生物生态学研究. 北京: 海洋出版社, 1990: 1-41.
- [ 12 ] 陈灵芝, 钱迎倩. 生物多样性科学前沿[ J ]. 生态学报, 1997, 17(6): 565-572.
- [ 13 ] 洪伟, 吴承祯, 闽北马尾松人工林密度控制模型研究[ J ]. 生物数学学报, 1997, 12(2): 135-139.
- [ 14 ] 金则新, 周荣满. 木荷种内与种间竞争的数量关系[ J ]. 浙江林学院学报, 2003, 20(3): 259-263.
- [ 15 ] 李先琨, 苏宗明, 欧祖兰. 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, 2002, 11(1): 20-24.
- [ 16 ] 林思祖, 黄世国, 洪伟. 杉阔混交林杉木与其混交树种间竞争研究[ J ]. 林业科学, 2004, 40(2): 160-164.