

天然东北红豆杉 (*Taxus cuspidata*) 种内和种间竞争

刘彤, 李云灵, 周志强*, 胡海清

东北林业大学林学院, 哈尔滨 150040

摘要 竞争是植物种内和种间关系的主要形式之一。通过对黑龙江穆稜东北红豆杉自然保护区的 95 株东北红豆杉对象木及 980 株竞争木的调查, 运用 Hegyi 的单木竞争指数计算分析了东北红豆杉的种内和种间竞争强度。东北红豆杉的种内竞争强度不大, 占总竞争的 4%。竞争压力更多的来自于种间竞争, 占总竞争的 96%。与东北红豆杉竞争激烈的树种主要是冷杉、紫椴、色木槭和红松等地带性植被的优势种。随着东北红豆杉胸径的增大, 所受到的竞争压力逐渐减小, 胸径在 20cm 以前所受到的竞争压力最大, 竞争强度与对象木胸径符合幂函数 ($CI = AD^{-B}$) 关系。

关键词 东北红豆杉 种内竞争 种间竞争 竞争指数

文章编号 1000-0933 (2007)03-0924-06 中图分类号 Q948 文献标识码 A

Intraspecific and interspecific competition of Japanese yew (*Taxus cuspidata*)

LIU Tong, LI Yun-Ling, ZHOU Zhi-Qiang*, HU Hai-Qing

Northeast Forestry University, Harbin 150040, P. R. China

Acta Ecologica Sinica, 2007, 27 (3): 924 ~ 929.

Abstract : Intraspecific and interspecific competitions are important relationships of plants. We analyzed competition intensity using field data for 95 Japanese yew (*Taxus cuspidata*) target trees and 980 individuals of competing species by using the competition index (CI) in Muling Nature Reserve of eastern Heilongjiang Province. The intraspecific competition of Japanese yew population was weak, accounting for 4 percent of total competition, and the main stress to the Japanese yew population came from interspecific competition, which accounted for 96 percent of the total. The main competitors were the dominant species of the zonal vegetation types, including *Abies nephrolepis*, *Tilia amurensis*, *Acer mono* and *Pinus koraiensis*. The competition intensity of Japanese yew declined with increasing DBH , and the stress was more intense for trees less than 20 cm in DBH . The relationship between competition intensity and DBH of target trees followed the equation $CI = AD^{-B}$.

Key Words : *Taxus cuspidata* ; intraspecific competition ; interspecific competition ; competition index

生物在自然界长期生长发育和进化过程中, 表现出以食物、资源和空间为主的种内和种间关系。竞争是植物种内和种间关系的主要形式之一, 表现为对环境资源和空间的争夺。植物种群的竞争能力不仅决定于其本身的生物学特性, 也受到其他生物和非生物因素的影响。竞争的结果不仅影响个体的生存、生长和繁殖^[1], 而且影响种群空间分布、动态和群落的物种多样性^[2, 3]。东北红豆杉 (*Taxus cuspidata*) 又称紫杉、赤柏

基金项目 东北林业大学科研基金资助项目 黑龙江省留学基金资助项目 (LC05C14)

收稿日期 2006-10-08 ; 修订日期 2007-01-25

作者简介 刘彤 (1967 ~), 女, 黑龙江人, 副教授, 主要从事森林生态学研究. E-mail : frauliutong@yahoo.com.cn

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail : zhiqiangzhou@hotmail.com

Foundation item : The project was financially supported by Northeast Forestry University fund program ; Science and Technology Department of Heilongjiang Province (No. LC05C14)

Received date 2006-10-08 ; **Accepted date** 2007-01-25

Biography LIU Tong, Associate professor, mainly engaged in forest ecology. E-mail : frauliutong@yahoo.com.cn

松,是红豆杉科 (*Taxaceae*) 红豆杉属 (*Taxus*) 植物,是我国东北分布的珍贵第三纪孑遗树种、国家 I 级重点保护的野生濒危植物种类。以往对东北红豆杉的研究主要集中在医药学^[4, 5]、分子生物学^[6]和生物化学^[7~10]等方面,对东北红豆杉生态学方面的研究主要有地理分布^[1, 12]、生长及繁殖^[3~15]、种群数量特征^[6]、生理生态学^[7]等。东北红豆杉作为温带针阔混交林的伴生树种,研究其种内种间的竞争关系,对于揭示东北红豆杉种群的动态规律,保护及恢复东北红豆杉资源具有重要的理论价值和实践意义。

1 研究地概况

研究地点设在黑龙江穆棱东北红豆杉自然保护区,该保护区位于 43°04′~44°06′N,130°00′~130°28′E,总面积 34544 hm²,是东北红豆杉分布比较集中、天然种群保存较为完好的地区。保护区海拔在 500~900 m 之间,相对高度 150~450 m。属温带大陆性季风气候,无霜期 110d 左右,年降雨量 440~510 mm,年平均温度在 -2℃左右,≥10℃年积温为 1736.7℃。土壤为暗棕色森林土。地带性植被是以红松 (*Pinus koraiensis*) 为主的温带针阔混交林,组成树种主要有红松、红皮云杉 (*Picea koraiensis*)、冷杉 (*Abies nephrolepis*)、紫椴 (*Tilia amurensis*)、水曲柳 (*Fraxinus mandshurica*)、山杨 (*Populus davidiana*)、色木槭 (*Acer mono*)、青楷槭 (*Acer tegmenlosum*)、花楸 (*Sorbus pohuashanensis*)、花楷槭 (*Acer ukurunduense*)、枫桦 (*Betula costata*)、白桦 (*Betula platyphylla*) 和蒙古栎 (*Quercus mongolica*) 等。

2 研究方法

2.1 外业调查方法

在东北红豆杉集中分布的地段,以东北红豆杉为中心,设 20m×20m 的样地,对样地内胸径≥5cm 的所有乔木树种进行定位。选取东北红豆杉为对象木,测量其胸径、树高和冠幅,以该对象木为中心,将半径 5 m 样圆内的所有乔木定义为竞争木,测量竞争木的胸径、树高、冠幅以及与对象木的距离,并记录竞争木种名。

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^[8, 19]。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^[10],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 (*CI*),计算方法如下:

$$CI_i = \sum_{j=1}^N D_j D_i^{-1} L_{ij}^{-1}$$
$$CI = \sum CI_i$$

式中,*i* 为对象木的数量;*j* 为竞争木的数量;*CI_i* 为第 *i* 株对象木的竞争指数;*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 *j* 之间的距离 (m);*N* 为第 *i* 株对象木的竞争木的数量;*CI* 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。*CI* 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

本研究共调查对象木 (东北红豆杉)95 株,最小胸径为 5.9cm,最大胸径为 82.5cm。竞争木共 980 株,最大胸径为 111.2cm (紫椴)。种类包括冷杉、紫椴、青楷槭、花楷槭、红松、色木槭等 16 种,。以胸径 10cm 为径级将对象木和竞争木进行统计,详细情况见表 1。

东北红豆杉是国家 I 级保护的濒危植物,数量稀少,在野外调查选取东北红豆杉对象木时,只要在群落中被发现,即作为对象木进行调查,因此,对象木的基本情况反映了现实林分中东北红豆杉的实际情况。东北红豆杉大径阶的个体较多,胸径在 30cm 以上的对象木占 81%,反映了现存东北红豆杉种群的老龄化趋势。

表 1 对象木及竞争木基本情况

Table 1 The status of target tree and competitor						
径级 Diameter scale (cm)	对象木 Target tree			竞争木 Competitor		
	株数 Number	占总株数的百分比 Percentage (%)	平均树高 Average of height (m)	株数 Number	占总株数的百分比 Percentage (%)	平均树高 Average of height (m)
5 ~ 10	1	1.05	7.80	478	48.78	8.10
10 ~ 20	4	4.21	7.92	301	30.71	11.94
20 ~ 30	13	13.69	9.35	127	12.96	14.14
30 ~ 40	30	31.58	11.01	47	4.79	15.04
40 ~ 50	15	15.79	11.75	18	1.84	15.84
50 ~ 60	17	17.89	12.55	5	0.51	13.72
> 60	15	15.79	14.93	4	0.41	15.25
总计 Total	95	100	—	980	100	—

3.2 东北红豆杉的种内和种间竞争

植物种内的竞争主要受密度、个体大小等影响,种间竞争能力主要决定于种的生物学特性、生态习性和生态幅度等。从竞争指数的角度出发,东北红豆杉种群受到的竞争压力不仅受到竞争木个体大小的影响,而且与竞争木种群的数量直接相关 (表 2)。

表 2 东北红豆杉的种内和种间竞争强度

Table 2 The intraspecific and interspecific competition intensity of Japanese yew						
竞争木径级 Diameter scale of competitors (cm)	种内竞争 Intraspecific competition			种间竞争 Interspecific competition		
	株数 Number	竞争指数 CI	平均竞争指数 Average of CI	株数 Number	竞争指数 CI	平均竞争指数 Average of CI
5 ~ 10	3	0.106	0.035	475	34.822	0.073
10 ~ 20	1	0.233	0.233	300	48.487	0.162
20 ~ 30	6	1.197	0.200	121	43.030	0.356
30 ~ 40	6	1.387	0.231	41	14.467	0.353
40 ~ 50	2	0.521	0.261	16	8.921	0.558
50 ~ 60	5	2.078	0.416	0	0	0
≥60	2	1.069	0.535	2	2.664	1.332
总计 Total	25	6.591	—	955	152.391	—

3.2.1 东北红豆杉的种内竞争

调查的竞争木中,东北红豆杉共有 25 株,种群的径级分布不均匀,胸径 > 20cm 的大径级个体占 84%,种内竞争强度 (6.591) 远远低于种间竞争强度 (152.391),仅占总竞争强度 (58.982) 的 4% (表 2),反映出现实的东北红豆杉种群种内竞争压力并不大,主要的竞争来自种间。这与该种在自然状态下种群数量小、且个体散生的生物学特性相适应。东北红豆杉单木竞争强度总体上呈现随着径级的增加而增大的趋势 (图 1)。

3.2.2 东北红豆杉种群的种间竞争

东北红豆杉种群种间的竞争指数为 152.391,占总竞争强度的 96% (表 2)。来自种间的竞争压力中,胸径 < 30cm 的个体群产生的竞争压力最大,占 82.9%。其中,胸径在 5 ~ 10cm 之间的林木,虽然个体数量最多,但由于个体较小等原因,总体竞争强度不是最大。当

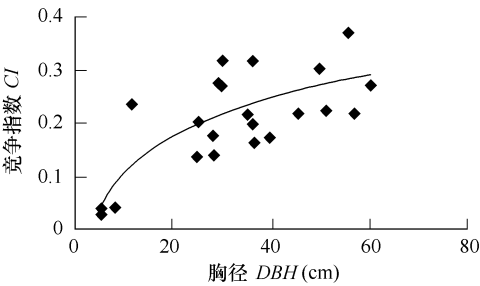


图 1 竞争木 (东北红豆杉) 胸径与竞争指数关系

Fig. 1 Relationship between DBH of competitors (*Quercus Cuspidata*) and competition index

胸径 > 30cm,单木的竞争指数增大,但由于个体数量少,总体的竞争强度不大。

天然东北红豆杉种群的竞争压力不仅受竞争木胸径和数量的影响,也因竞争木种类不同而不同。在所调查的林分中,竞争木共有 16 种 (表 3),竞争指数最大的是紫椴、冷杉和色木槭种群,竞争指数分别为 39.943、39.038 和 17.373,其次为红松、青楷槭、枫桦等,花楸、水曲柳、暴马丁香、白桦等种群竞争强度较小。紫椴、冷杉和色木槭是当地现实林分的主要组成树种,林木个体高大,种群数量也最多,在群落中占据优势,对东北红豆杉的竞争压力也最大。红松本应是当地森林群落的优势种,对东北红豆杉竞争压力最大,但受采伐的影响,目前红松种群数量虽不少,但平均胸径只有 10.38cm,大多是天然更新成长起来的幼树,还没有成为东北红豆杉的主要竞争种群。白桦、山杨等先锋树种在云冷杉、红松等采伐后的更新过程中,由于生长迅速,很快进入主林层,个体高大,使得单木竞争强度较高。

表 3 不同种类竞争木的竞争强度
Table 3 The competition degree of different competitors

种名 Species	株数 Number	占总株数的 百分比 Percentage (%)	平均胸径 Average of DBH (cm)	平均树高 Average of height (m)	竞争指数 CI	占总强度的 百分比 Percentage (%)	平均竞争指数 Average of CI
冷杉 <i>Abies nephrolepis</i>	286	29.18	12.01	9.74	39.038	24.55	0.136
紫椴 <i>Tilia amurensis</i>	172	17.55	14.85	12.81	39.943	25.12	0.232
青楷槭 <i>Acer tegmentosum</i>	92	9.39	8.64	9.86	10.580	6.65	0.115
花楷槭 <i>Acer ukurunduense</i>	90	9.18	15.31	8.14	5.719	3.6	0.064
红松 <i>Pinus koraiensis</i>	82	8.37	10.38	8.81	11.159	7.02	0.136
色木槭 <i>Acer mono</i>	74	7.55	18.29	11.10	17.373	10.93	0.235
枫桦 <i>Betula costata</i>	56	5.71	10.72	12.34	10.457	6.58	0.187
红皮云杉 <i>Picea koraiensis</i>	29	2.96	13.22	10.01	6.216	3.91	0.214
东北红豆杉 <i>Taxus cuspidata</i>	25	2.55	36.66	11.53	6.591	4.15	0.264
裂叶榆 <i>Ulmus laciniata</i>	19	1.94	12.63	10.18	2.276	1.43	0.12
山杨 <i>Populus davidiana</i>	15	1.53	23.49	16.99	4.524	2.85	0.302
水曲柳 <i>Fraxinus mandshurica</i>	9	0.92	14.18	12.91	0.742	0.47	0.082
白桦 <i>Betula platyphylla</i>	8	0.82	18.11	14.02	1.267	0.8	0.158
暴马丁香 <i>Syringa reticulata</i> var. <i>mandshurica</i>	8	0.82	7.49	8.50	0.405	0.25	0.051
水榆花楸 <i>Sorbus alnifolia</i>	8	0.82	11.91	10.50	1.831	1.15	0.229
花楸 <i>Sorbus pohuashanensis</i>	7	0.71	14.43	11.33	0.860	0.54	0.123
合计 Total	980	100	—	—	158.982	100	—

3.3 东北红豆杉对象木胸径与竞争强度的关系及其预测

林木的竞争能力受植株大小、生长速度、发育阶段等多种生物的和非生物因素的制约,生物因素中林木个体胸径的大小对竞争能力影响很大。通过分析 95 株东北红豆杉对象木胸径与所受到的整个林分的竞争压力之间的关系发现 (图 2),随着对象木胸径增大,竞争压力逐渐减小。胸径在 20cm 前受到的竞争压力最大,以后变缓,当胸径达到 30cm 后竞争的压力变幅小,并维持在较低的水平。这是由于东北红豆杉在幼龄阶段,个体小,处于被压状态,虽然具备耐荫的特性,但周围的竞争木对空间等其他资源产生的竞争剧烈。随着个体的增大,东北红豆杉逐渐占据一定的资源空间,与周围的竞争木也有了一定的适应,个体的竞争能力增强,因而受到周围个体的竞争逐渐减弱。

通过对多种数学模型模拟结果的比较,发现对象木胸径与竞争指数之间服从幂函数关系:

$$CI = AD^{-B}$$

式中,CI 为竞争指数,D 为对象木胸径,A、B 为模型参数。

拟合方程为:

$$y = 289.03x^{-1.5012}, R = 0.8125, P < 0.001$$

模型的幂次为负值表明,对象木的胸径越大,竞争指数越小,其附近一定范围内生长的其他树木(竞争木)就少,竞争木对对象木竞争的能力就弱。从竞争关系出发,对东北红豆杉种群进行保护及恢复时,应在东北红豆杉胸径达 20cm 前,对其生长的群落进行必要的抚育管理,以减少东北红豆杉的竞争压力。

4 结论

通过对黑龙江穆棱东北红豆杉自然保护区的 95 株东北红豆杉对象木及 980 株竞争木的调查与分析,表明东北红豆杉的种内竞争强度不大,占总竞争的 4%,种间竞争占总竞争的 96%。东北红豆杉散生的特性以及天然种群数量的稀少,决定了其种内竞争弱,更多的竞争压力来自种间。

现实林分中,与天然东北红豆杉竞争激烈的树种主要是冷杉、紫椴、色木槭和红松等地带性植被的优势种,青楷槭、枫桦等,花楸、水曲柳、白桦等其他树种对东北红豆杉的竞争压力相对较小。

根据竞争强度与对象木胸径关系的拟合模型,随着胸径的增大,东北红豆杉种群所受到的竞争压力逐渐减小。胸径在 20cm 前受到的竞争压力最大,且变幅大,竞争强度与对象木胸径符合 $y = 289.03x^{-1.5012}$ 的幂函数关系。

根据竞争关系及东北红豆杉天然种群结构的严重不合理现状,应从幼龄起对生长有东北红豆杉的森林群落进行必要的抚育管理,伐除一些影响较大的竞争木,为东北红豆杉提供良好的生长环境,进而恢复其天然种群的合理结构。否则,随着东北红豆杉种群的老龄化,这一珍贵的植物资源将濒临灭绝的危险。

References :

[1] Masakado K. Exploitative competition and ecological effective abundance. *Ecological Modelling*, 1997, 94 :125 — 137.

[2] Weiner J. Asymmetric competition in plant populations. *Trends in Ecology and Evolution*, 1990, 5 (1) :360 — 364.

[3] Yokazawa M, Kubota Y, Hara T. Effects of competition mode on spatial pattern dynamics in plant communities. *Ecological Modelling*, 1998,106 :1 — 16.

[4] Maguchi S, Fukuda S. *Taxus cuspidata* (Japanese yew) pollen nasal allergy. *Auris Nasus Larynx*, 2001, 28 (supplement 1) :43 — 47.

[5] Cao C M, Li Z P, Shi Q W. Chemical constituents in *Taxus cuspidata* and their bioactivities. *Natural Product Research and Development*, 2006, (02) :38.

[6] Walker K, Schoendorf A, Croteau R . Molecular cloning of a Taxa-4 (0), 11 (2)-dien-5α-ol-O-Acetyl transferase cDNA from *Taxus* and functional expression in *Escherichia coli*. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 2000, 374 (1) :371 — 380.

[7] Wang X X, Shigemori H, Kobayashi J. Taxezopidine A, a novel Taxoid from seeds of Japanese yew *Taxus cuspidata*. *Tetrahedron Letters*, 1997, 38 (43) :7587 — 7588.

[8] Murakami R, Shi Q W, Oritani T. A taxoid from the needles of the Japanese yew, *Taxus cuspidata*. *Phytochemistry*, 1999, 52 (6) :1577 — 1580.

[9] Shi Q W, Oritani T, Kiyota H, et al. Taxane diterpenoids from *Taxus yunnanensis* and *Taxus cuspidate*. *Phytochemistry*, 2000, 54 (6) :829 — 834.

[10] Cheng G Y, Gao F, Ge C H, et al. Variation regularity of taxol content in natural populations of *Taxus cuspidata* Sieb. et Zucc. in China. *Journal of Beijing Forestry University*, 2005, 27 (4) :7 — 11.

[11] Wu B H, Qi J Z. Study on phytogeography of *Taxus cuspidata*. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 1995, 1 (6) :219 — 225.

[12] Bai G X, W B H. Research in China's *Taxus cuspidata*. Beijing :China Forestry Publishing House, 2002, 1 — 9.

[13] Ma X J, Ding W L, Chen Z. Temperature influence on seed sprouting of *Taxus cuspidata*. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 1996, 21 (1) :20 — 22.

[14] Cheng G Y, Shen X H. The setting law of *Taxus cuspidata*. *Journal of Northeast Forestry University*, 2001, 29 (6) :44 — 46.

[15] Cheng G Y, Tang X J, Gao H B, et al. Dormancy mechanism and relieving techniques of seeds of *Taxus cuspidata* Sieb. et Zucc. *Journal of Beijing*

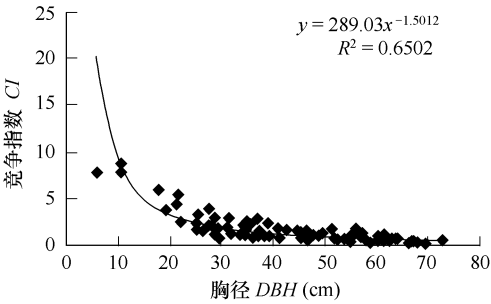


图2 东北红豆杉对象木胸径与林分竞争强度关系
Fig. 2 Relationship between DBH of target tree and competition intensity of the stand

Forestry University, 2004, 26 (1) :5—10.

[6] Zhou Z Q, Liu T, Yuan J L. Population characteristics of Yew (*Taxus cuspidata*) in the Muling Yew Nature Reserve, Helongjiang Provice. Acta Phytoecologica Sinica, 2004, 28 (4) :476—482.

[7] Zhang Q C, Zhao Y, Qi Q G, *et al.* Photosynthetic physiological response of leaves and shoots of *Taxus cuspidata* to instantaneous changes of CO₂ concentrations. Journal of Beihua University (Natural Science), 2006, 7 (1) :66—70.

[8] Miina J, Pukkala T. Application of ecological field theory in distance-dependent growth modeling. Forest Ecology and Management, 2002, 161 :101—107

[9] Weigelt A, Jolliffe P. Indices of plant competition. Journal of Ecology, 2003, 91, 707—720.

[10] Zhang C, Huang Z L, Li J, *et al.* Quantitative relationships of intra and interspecific competition in *Cryptocarya concinna*. Chinese Journal of Applied Ecology, 2006, 17 (1) :22—26.

参考文献：

[5] 曹聪梅,李作平,史清文. 东北红豆杉的化学成分和药理作用研究进展. 天然产物研究与开发, 2006, 18(1) :38.

[0] 程广有, 高峰, 葛春华, 等. 中国境内东北红豆杉天然群体紫杉醇含量变异规律. 北京林业大学学报, 2005, 27 (4) :7~11.

[1] 吴榜华, 戚继忠. 东北红豆杉植物地理学研究. 应用与环境生物学报, 1995, 1 (1) :219~225.

[2] 柏广新, 吴榜华. 中国东北红豆杉研究. 北京 中国林业出版社, 2002. 1~9.

[3] 马小军, 丁万隆, 陈震. 温度对东北红豆杉种子萌发的影响. 中国中药杂志, 1996, 21 (1) :20~22.

[4] 程广有, 沈熙环. 东北红豆杉开花结实的规律. 东北林业大学学报, 2001, 29 (1) :44~46.

[5] 程广有, 唐晓杰, 高红兵, 等. 东北红豆杉种子休眠机理与解除技术探讨. 北京林业大学学报, 2004, 26 (1) :5~10.

[6] 周志强, 刘彤, 袁继连. 黑龙江穆稜天然东北红豆杉种群资源特征研究. 植物生态学报, 2004, 28 (4) :476~482.

[7] 张启昌, 赵影, 其其格, 等. 东北红豆杉枝叶对不同 CO₂ 浓度的光合生理响应. 北华大学学报 (自然科学版), 2006, 7 (1) :66~70.

[10] 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. 应用生态学报, 2006, 17 (1) :22~26.