

立地条件差异对天然东北红豆杉 (*Taxus cuspidata*) 种间竞争的影响

周志强, 刘 彤*, 李云灵

(东北林业大学 哈尔滨 150040)

摘要 立地因子空间梯度特征是影响种间竞争的重要因素。通过研究主要竞争树种及竞争强度随海拔、坡向、坡位和坡度等立地因子变化的规律,揭示不同立地条件对天然东北红豆杉种间竞争的影响,为濒危东北红豆杉种群的保护与恢复提供理论指导。研究结果表明:东北红豆杉的种间竞争压力主要来自紫椴、臭冷杉、色木槭、红松、青楷槭、枫桦、花楷槭等 7 个树种,主要竞争树种以小径级个体居多。立地因子差异对种间竞争强度和主要竞争树种的排序有明显影响。东北红豆杉在阴坡受到的种间竞争压力是阳坡的 3.27 倍,主要树种的竞争强度显著高于阳坡,竞争树种的排序发生更迭。随着坡位的提升,东北红豆杉受到的种间竞争压力明显增加,主要竞争种类和强度也发生变化。坡度增加,种间竞争强度增加,主要竞争树种排序发生变化。海拔对种间竞争的影响总体不大,但影响主要竞争树种的竞争强度和排序。

关键词 东北红豆杉 (*Taxus cuspidata*) 种间竞争,竞争强度,立地因子

文章编号:1000-0933 (2007)06-2223-07 中图分类号:Q142,Q145,Q918.1 文献标识码:A

The influences of site factors on the interspecific competition between Japanese yew (*Taxus cuspidata*) and other tree species

ZHOU Zhi-Qiang, LIU Tong*, LI Yun-Ling

Northeast Forestry University, Harbin 150040, China

Acta Ecologica Sinica 2007 27 (6) 2223 ~ 2229.

Abstract : Site is an important factor affecting the inter-specific competition of plants. This paper focuses on the correlation between competition intensity, main competition species and site factors, exposes the influence of site factors on interspecific competition, and provides theoretical guidance to conservation of the endangered Japanese yew. The result shows that: the main competition species of Japanese yew in current stands were *Tilia amurensis*, *Abies nephrolepis*, *Acer mono*, *Pinus koraiensis*, *Acer tegmentosum*, *Betula costata* and *Acer ukurunduense*, and that the majority of competitors were species with lower DBH. Along the site gradient, the competition intensity and competitor type changed notably. The Japanese yews on shady sites suffered 3.27 times greater competition pressure than individuals on sunny sites. On top slopes, as opposed to bottom slopes, the interspecific competition pressures of Japanese yew increased and the competition intensity and type of main competitors changed. The same situation occurred with increasing slope gradients. Elevation, however, had no notable influence on interspecific competition.

基金项目:黑龙江省博士后启动基金资助项目(520-415027);黑龙江省留学基金资助项目(LC05C14)

收稿日期:2006-12-01;修订日期:2007-04-10

作者简介:周志强(1967~),男,副教授,主要从事保育生物学研究。E-mail: zhiqiangzhou@hotmail.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: fraulitong@yahoo.com.cn

Foundation item : The project was financially supported by Post Doctor Startup Fund of Heilongjiang Province (No. 520-415027), Science and Technology Department of Heilongjiang Province (No. LC05C14)

Received date 2006-12-01 ; **Accepted date** 2007-04-10

Biography ZHOU Zhi-Qiang, Associate professor, mainly engaged in conservation biology. E-mail: zhiqiangzhou@hotmail.com

Key Words : Japanese yew (*Tauxs cuspidata*) ;interspecific competition ; competition intensity ; site factors

竞争是植物界普遍存在的现象,从达尔文时代起,竞争一直是生态学研究的核心问题之一^[1~3],并被看作是塑造植物形态、生理和植物群落结构、动态的主要动力之一^[4]。20 世纪 90 年代以来,学者们利用多种竞争指数模型^[5~7]对长苞铁杉(*Tsuga longibracteata*)、桫欏(*Cyathea spinulosa*)、太白红杉(*Larix chinensis*)等树种竞争过程进行了测定,在众多的竞争指数模型中,以 Hegyi 提出的与距离有关的竞争指数能更真实、有效地反映植物个体对环境资源的利用程度,在相关研究中应用最为广泛^[2,8,9]。

东北红豆杉(*Taxus cuspidata*)是第三纪孑遗树种,黑龙江省唯一的国家 I 级重点保护野生濒危木本植物,与红豆杉属其他种类一样,东北红豆杉体内含有抗癌的次生代谢产物紫杉醇,是重要的药用资源植物。但受特殊的生态生物学特性影响,东北红豆杉天然分布区非常狭窄,天然种群稀少,且多呈个体散生状态,加之近年来人为破坏较为严重,天然种群处于濒危状态。近年来,有关东北红豆杉的分布、种群资源特征、开花结实规律、种子休眠机理及解除、种子萌发等方面的研究报道较多^[10~15],关于东北红豆杉与其他树种竞争关系的研究尚未见报道。在现实林分中,东北红豆杉作为红松针阔混交林的伴生树种,承受的种间竞争压力较大,这种竞争压力随不同的环境梯度而变化,影响着天然种群的生存与扩展,本文以此为切入点,根据野外样地调查数据,分析天然东北红豆杉与其它树种种间竞争强度随海拔、坡向、坡位及坡度等环境梯度变化的规律^[16,8],为今后天然东北红豆杉种群的保育与恢复提供理论指导。

1 研究地概况

黑龙江穆稜林业局位于 43°04' ~ 44°06' N, 130°00' ~ 130°28' E,是天然东北红豆杉在黑龙江省分布最为集中的地区。海拔在 500 ~ 900 m 之间,相对高度 150 ~ 450 m。属典型的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℃。土壤多为暗棕色森林土。地带性植被是以红松(*Pinus koraiensis*)、水曲柳(*Fraxinus mandshurica*)、山杨(*Populus davidiana*)、臭冷杉(*Abies nephrolepis*)、紫椴(*Tilia amurensis*)、白桦(*Betula platyphylla*)、枫桦(*Betula costata*)、色木槭(*Acer mono*)、青楷槭(*Acer tegmentosum*)、花楷槭(*Acer ukurunduense*)、花楸(*Sorbus pohuashanensis*)和蒙古栎(*Quercus mongolica*)等树种为主的温带针阔叶混交林。

2 研究方法

2.1 外业调查方法

在黑龙江穆稜林业局,东北红豆杉集中分布的区域,依据同质性原则,设置以东北红豆杉为中心的 400m² (20m × 20m)典型植被样地 72 个,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、冠幅以及与该对象木的距离,并记录竞争木种名。野外植被样地在海拔、坡向、坡位和坡度梯度上的分布情况如表 1。

表 1 不同环境梯度下的植被样地分布情况
Table 1 Scalar of samples along the different site factors

	海拔 Elevation (m)			坡向 Slope aspect		坡位 Slope position			坡度 Slope gradient (°)		
				阳坡	阴坡	坡上	坡中	坡下			
	630 ~ 700	700 ~ 750	750 ~ 800	Sunny slope	Shady slope	Top slope	Mid slope	Toe slope	< 10	10 ~ 20	> 20
样地数 Sample No.	34	21	17	21	51	26	22	24	28	24	20
总数 Total	72			72		72			72		

2.2 数据统计分析

根据野外样地的调查数据,按照 3 个海拔梯度、2 个坡向梯度、3 个坡位梯度和 3 个坡度梯度,分别统计对

象木和竞争木 ,采用 Hegyi 提出的单木竞争指数 (CI) ,计算竞争强度 ,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。

种间竞争指数的计算 ,先计算出每个竞争木对对象木的竞争指数。将某树种多个单木间的竞争指数累加 ,即得到该树种对东北红豆杉的竞争强度。 CI 越大 ,竞争木对东北红豆杉竞争压力越大。

3 结果与分析

3.1 对象木与竞争木的基本情况

从野外调查对象木的径级分布看 ,94.8% 的东北红豆杉对象木胸径 > 20cm ,对象木分布最多的径级区间为 30 ~ 40cm ,占对象木的 28.9% ,其它径级的个体分布相对均匀。竞争木的径级分布与对象木刚好相反 ,小径级的竞争木较多 ,胸径 < 20cm 的竞争木占总数的 79.49% ,这一状况基本反映了研究区域的现实林分状况 (图 1)。

随着坡向、坡位、坡度和海拔等立地因子的变化 ,对象木与竞争木 (表 2) 的规模不均匀。其中 ,坡向影响最显著 ,阴坡对象木和竞争木数量显著高于阳坡。

依据现实林分中不同树种竞争木与东北红豆杉的竞争强度 (表 3) ,天然东北红豆杉的主要竞争树种依次为 :紫椴、臭冷杉、色木槭、红松、青楷槭、枫桦和花楷槭。这些树种的个体总数占竞争木总数的 89.21% ,累计的竞争强度占总竞争强度 84.46% 。

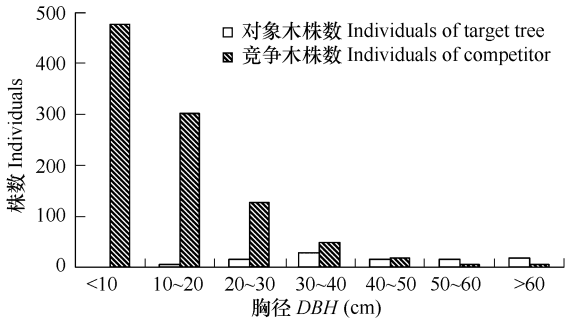


图 1 对象木 (东北红豆杉) 和竞争木胸径分布
Fig. 1 The DBH distribution of target trees (*Taxus cuspidata*) and competitors

表 2 立地因子与竞争的关系
Table 2 The relation between site factors and competition

立地因子 Site factors		对象木株数 Target tree number	竞争木株数 Competitor number	总竞争强度 (ΣCI) Sum intensity of competition (ΣCI)
坡向 Slope aspect	阳坡 Sunny slope	16	160	37.24
	阴坡 Shady slope	81	820	121.75
坡位 Slope position	坡上 Top slope	43	489	77.50
	坡中 Mid slope	28	274	50.29
	坡下 Toe slope	26	217	31.20
坡度 (°)	< 10	33	260	30.30
Slope gradient (°)	10 ~ 20	41	457	74.54
	> 20	23	263	54.15
海拔 (m)	630 ~ 700	34	368	55.04
Elevation (m)	700 ~ 750	34	355	58.73
	750 ~ 800	29	257	45.21

3.2 不同立地条件下竞争木对东北红豆杉的影响

3.2.1 海拔梯度上的天然东北红豆杉主要竞争压力分析

随着海拔高度的变化 ,种间竞争的强度相差不大 ,但树种在竞争中扮演的角色发生较大变化。海拔 630

~700m ,臭冷杉、紫椴和红松依次为对天然东北红豆杉竞争压力最大的 3 个树种 ,3 个树种对东北红豆杉的竞争强度 (35.59)占该立地条件下总竞争强度 (55.04)的 64.66%。其中 ,臭冷杉对东北红豆杉的竞争压力最大 (22.43) ,显著高于紫椴、红松及其它竞争木 ,这与该种在这一海拔区间的种群数量大有关。当海拔升高 ,主要竞争树种的种类和排序都发生变化 ,紫椴逐渐取代臭冷杉成为对东北红豆杉竞争压力最大的种类 ,而槭树属的青楷槭、色木槭也取代红松成为主要的竞争树种。海拔 701 ~750m ,紫椴虽与臭冷杉的种群规模相仿 ,但大径级个体较多 ,对东北红豆杉的影响远大于臭冷杉 ,在这一海拔区间 ,青楷槭取代红松 ,成为主要竞争树种 ;海拔 751 ~800m ,主要竞争树种依次为紫椴、色木槭和臭冷杉 ,3 个优势竞争树种对东北红豆杉的竞争强度 (28.38)占该立地条件下总竞争强度 (45.21)的 62.73% ,优势竞争树种总体种群规模显著变小 ,不同树种对东北红豆杉的竞争强度相差不大 ,臭冷杉虽在种群规模上显著大于另外 2 个树种 ,但 90.66% 为胸径 <20cm 的个体 ,对东北红豆杉的竞争压力与其它 2 个树种无明显差异。3 个优势竞争树种对东北红豆杉的竞争强度 (35.55)占该立地条件下总竞争强度 (58.73)的 60.53% (表 2 ,表 4 ,图 2-D)。

表 3 主要竞争树种对东北红豆杉的竞争强度
Table 3 The intensity of main competition species

树种 Species	紫椴 <i>Tilia amurensis</i>	臭冷杉 <i>Abies nephrolepis</i>	色木槭 <i>Acer mono</i>	红松 <i>Pinus koraiensis</i>	青楷槭 <i>Acer tegmentosum</i>	枫桦 <i>Betula costata</i>	花楷槭 <i>Acer ukurunduense</i>
株数 Individuals	172	286	74	82	92	56	90
总竞争强度 Sum intensity of competition	39.943	39.038	17.373	11.160	10.579	10.457	5.719

表 4 不同立地条件的优势竞争木种类、株数及竞争强度
Table 4 The species , quantity and competition intensity of main competitors on different standorts

立地因子 Site factors		优势竞争木 1 Competitor No. 1			优势竞争木 2 Competitor No. 2			优势竞争木 3 Competitor No. 3		
		树种 Species	株数 Individuals	竞争强度 <i>CI</i>	树种 Species	株数 Individuals	竞争强度 <i>CI</i>	树种 Species	株数 Individuals	竞争强度 <i>CI</i>
海拔 (m) Elevation (m)	630 ~ 700	臭冷杉	131	22.43	紫椴	52	8.75	红松	40	4.41
	701 ~ 750	紫椴	80	19.87	臭冷杉	80	8.69	青楷槭	47	6.99
	751 ~ 800	紫椴	25	10.96	色木槭	31	9.49	臭冷杉	75	7.91
坡向 Slope aspect	阳坡 Sunny slope	紫椴	23	9.77	臭冷杉	43	8.27	色木槭	20	6.03
	阴坡 Shady slope	臭冷杉	243	30.77	紫椴	149	30.17	色木槭	54	11.34
坡位 Slope position	坡上 Top slope	臭冷杉	187	24.65	紫椴	57	15.42	红松	57	8.56
	坡中 Mid slope	紫椴	65	15.97	臭冷杉	51	10.37	色木槭	15	7.07
	坡下 Toe slope	紫椴	50	8.55	青楷槭	29	5.39	臭冷杉	48	4.02
坡度 (°) Slope gradient (°)	<10	紫椴	58	9.15	臭冷杉	55	5.91	青楷槭	32	5.31
	10 ~ 20	紫椴	89	17.19	臭冷杉	134	15.74	色木槭	27	9.82
	>20	臭冷杉	97	17.39	紫椴	24	13.24	红松	42	6.92

3.2.2 坡向变化对天然东北红豆杉主要竞争压力的影响

坡向的变化同样影响着竞争木对东北红豆杉的竞争压力。在阳坡 ,对象木和竞争木的种群规模均显著小于阴坡的水平 ,紫椴、臭冷杉和色木槭 3 个优势竞争树种对东北红豆杉的竞争强度之和 (24.07)占该立地条件下总竞争强度 (37.24)的 64.63% ,优势竞争树种间的竞争强度差异不大 ,径级分布相对阴坡更为均匀。在

阴坡,不但优势竞争树种的排序发生变化,臭冷杉取代紫椴成为对东北红豆杉竞争强度最大的树种,紫椴退居其次,而且竞争强度较之阳坡显著增大,3个优势竞争树种竞争强度之和(72.28)占总竞争强度(121.75)的59.37%,但优势竞争木的径级分布以小径级为主,臭冷杉和紫椴对东北红豆杉的竞争影响显著高于色木槭(表2,表4,图2-C)。

3.2.3 坡位变化对天然东北红豆杉主要竞争压力的影响

坡位变化对天然东北红豆杉与其它树种的种间竞争影响显著,坡上部的东北红豆杉竞争压力最大,坡中部的次之,坡下部的东北红豆杉竞争压力最小。在坡上部,东北红豆杉与竞争木的数量比为43:489,主要的竞争树种依次为臭冷杉、紫椴和红松。尽管89.42%臭冷杉个体胸径小于20cm,但由于种群规模大(187株),对东北红豆杉的竞争压力远大于其它2个树种,紫椴与红松种群规模相当,但红松个体的径级小,对东北红豆杉的竞争压力明显低于紫椴;在坡中部,臭冷杉个体数量显著减少且胸径偏小,对东北红豆杉的竞争压力较紫椴小,色木槭取代红松成为主要竞争树种。在坡下部,紫椴、青楷槭和臭冷杉依次为东北红豆杉的主要竞争树种,3个树种的竞争强度之和(17.96)占该立地条件下总竞争强度(31.20)的57.56%(表2,表4,图2-A)。

3.2.4 坡度变化对天然东北红豆杉主要竞争压力的影响

坡度变化对东北红豆杉的竞争压力和优势竞争树种排序也存在明显的影响。总体来看,随着坡度的增加,东北红豆杉受到的竞争压力增大。当坡度<10°,东北红豆杉面临的竞争压力较小,对象木和竞争木的数量比为33:260,主要竞争树种依次为紫椴、臭冷杉、青楷槭,3个树种对东北红豆杉的竞争强度之和(20.37)占该立地条件下总竞争强度(26.57)的76.67%;当坡度在10~20°之间,东北红豆杉种群受到的竞争压力最大,东北红豆杉与竞争木的数量比达到41:457,紫椴和臭冷杉仍是东北红豆杉最主要的2个竞争树种,臭冷杉虽然种群规模较大,但小径阶个体较多,对东北红豆杉的竞争压力较紫椴小,色木槭取代青楷槭成为主要的竞争树种,3个树种对东北红豆杉的竞争强度(42.75)占该立地条件下总竞争强度(74.54)的比例(57.35%)有所下降,主要竞争树种径级的个体明显增多。当坡度>20°,竞争木对东北红豆杉的影响有所降低,对象木和竞争木的数量比为23:263,主要竞争木的种类和排序都发生变化,臭冷杉虽然小径阶个体较多,但种群规模显著高于紫椴,成为该立地条件的最主要的竞争树种,红松取代色木槭和青楷槭成为主要竞争树种,但由于红松多数为小径阶个体,对东北红豆杉的影响较为有限,3个树种的竞争强度之和(37.55)占该立地条件总竞争强度(54.15)的69.34%(表1,表3,图2-B)。

4 结论与讨论

在东北红豆杉集中分布区内,天然东北红豆杉个体的径级较大,<20cm的对象木仅占总数的5.15%,种间竞争压力主要来自紫椴、臭冷杉、色木槭、红松、青楷槭、枫桦和花楷槭等7个树种,这些树种的数量占竞争木总数的89.21%,竞争强度占总竞争强度的84.46%,竞争木多以小径级的个体为主,胸径<20cm的竞争木占竞争木总数的79.49%。造成这种状况的主要原因是穆稜林业局施业区,在过去几十年中,经过了多次森林主伐经营,大径级、经济价值较大的红松、水曲柳、胡桃楸、紫椴、白桦等树种被大量伐除,而东北红豆杉因材质硬且脆,大径级个体多中空,作为木材的利用价值不大而被保留下来,因而现实林分中,与东北红豆杉构成种间竞争的树种多以小径级个体为主,但从种类组成来看,这些树种仍属于典型的红松针阔混交林组成种类,种间竞争关系基本能够反映东北红豆杉在原生生境下的竞争状况。

东北红豆杉种间竞争强度和主要竞争树种排序受海拔、坡向、坡位和坡度等林地因子的影响显著。其中,坡向对种间竞争的影响最大,东北红豆杉在阴坡的种间竞争压力是阳坡的3.27倍,主要竞争树种虽没有变化,但竞争强度差异较大,且排序发生更迭;在坡位梯度上,由坡下至坡上,东北红豆杉受到的种间竞争压力增加明显,主要竞争种类和强度均发生变化;在坡度梯度上,种间竞争随坡度增加而强度加大,主要竞争树种也发生更迭;但在不同的海拔高度,种间竞争强度总体变化不大,但主要竞争树种及树种的竞争强度也发生了明显变化。这些对开展东北红豆杉的就地保护与天然种群恢复有相当积极意义,在未来的森林经营活动中,可以通过适当优化林分的结构,控制经济价值较低树种的种群数量等方式,促进东北红豆杉种群的恢复。

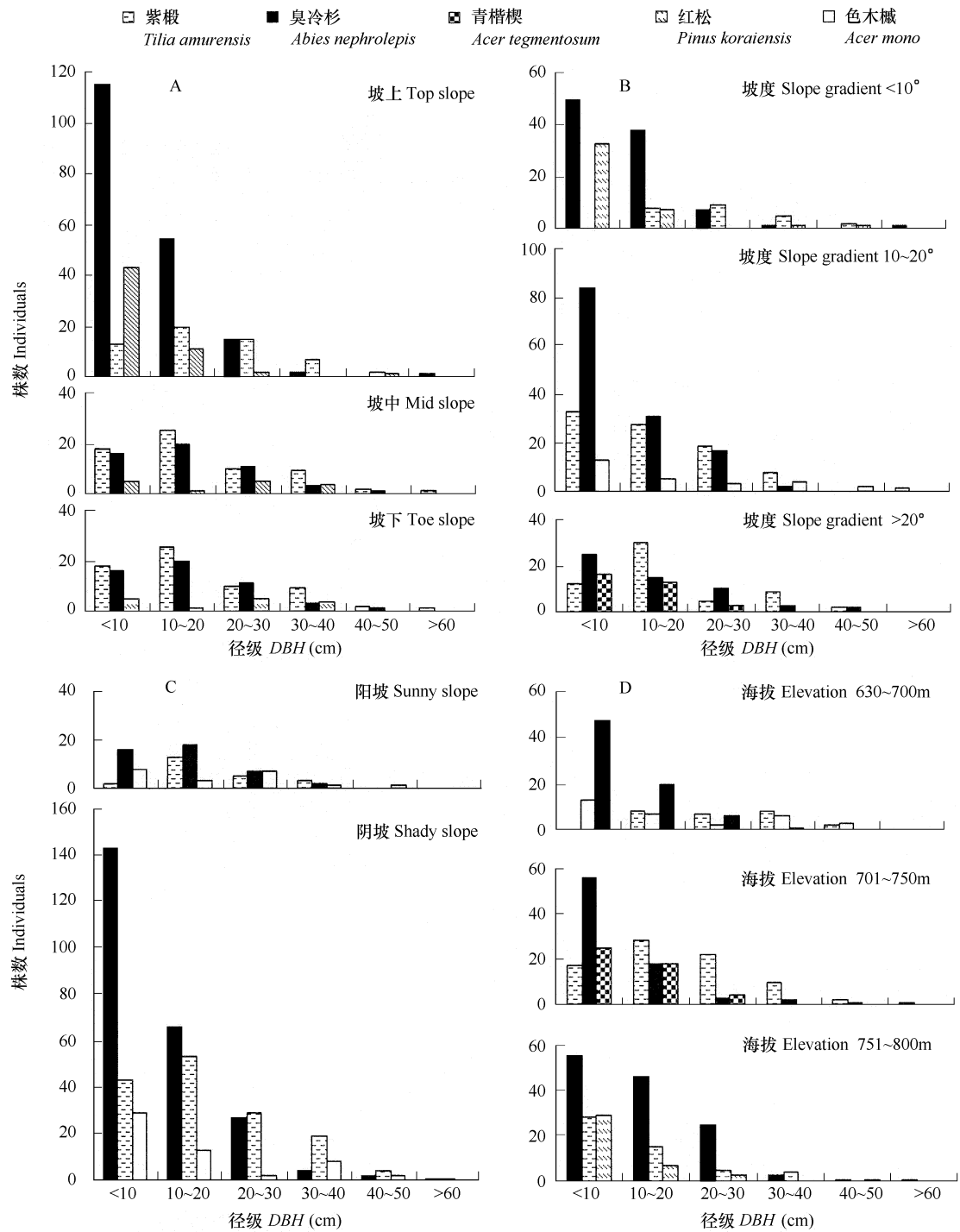


图2 不同立地条件下东北红豆杉主要竞争木的胸径分布

Fig 2 The DBH distribution of the main competitors of Japanese yew along site factors

A 为不同坡位的主要竞争木径级分布 ;B 为不同坡度的主要竞争木径级分布 ;C 为不同坡向主要竞争木径级分布 ;D 为不同海拔的主要竞争木径级分布 Part A is the DBH distribution of the main competitor along the slope position ;Part B is the DBH distribution of the main competitor along slope gradient ;Pert C is the DBH distribution of the main competitor along slope aspect ; Part D is DBH distribution of the main competitor along elevation

上述分析仅考虑了坡向、坡位、坡度和海拔等单个因子对东北红豆杉竞争强度的影响 ,如果同时考虑多个立地因子时 ,东北红豆杉单木竞争强度变化也较大 ,我们将不同立地因子分别进行组合分析发现 ,现实林分

中,东北红豆杉在阴坡、海拔 701 ~ 750m、坡度小于 10°、坡的下部时,平均单木竞争强度最大 (2. 7938),而在阴坡、海拔超过 750m、坡度小于 10°、坡的下部时,平均单木竞争强度最小 (0. 6072),二者相差 4. 6 倍之多,但根据现有数据,尚不能完全确定某一类立地因子对东北红豆杉竞争强度的影响程度,这也是在后续研究中有待解决的问题。

References :

[1] Martin R G , William K L , Debrap P. Intensity of intra- and interspecific competition in coexisting shortgrass species. Journal of Ecology ,2001 , 89 :40 — 47.

[2] Zhang W H , Wang Y P , Kang Y X , *et al.* Study on the relationship between *Larix chinensis* population's structure and environment factors. Acta Ecologica Sinica ,2004 ,24 (1) :41 — 47.

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

[4] Zhang D Y , Jiang X H , Lei G C , *et al.* Researches on theoretical ecology. Beijing : China Higher Education Press ; Heidelberg : Springer-Verlag , 2000. 151 — 200.

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

[6] Weiner J. Asymmetric competition in plant populations. Trends in Ecology and evolution ,1990 ,5 (11) :360 — 364.

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

[8] Duan R Y , Wang X A. Intraspecific and interspecific competition in *Larix chinensis*. Acta Phytoecologica Sinica ,2005 ,29 (2) :242 — 250.

[9] 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.

[10] Wu B H , Qi J Z. Study on phytogeography of *Taxus cuspidata*. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology ,1995 ,1 (3) 219 — 225.

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

[12] 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.

[13] Cheng G Y , Shen X H. The setting law of *Taxus cuspidata*. Journal of Northeast Forestry University ,2001 ,29 (3) :44 — 46.

[14] Cheng G Y , Tang X J , Gao H B , *et al.* Dormancy mechanism and relieving techniques of seeds of *Taxus cuspidate* Sieb. et Zucc. Journal of Beijing Forestry University ,2004 ,26 (1) :5 — 10.

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

[16] Peng S L , Wang C W , Li M G. Major Affecting Ecological Factors on Growth of *Taxus* spp. Acta Scifntiarum Naturalium Universitatis Sunyaatseni , 2006 ,45 (3) 65 — 69.

参考文献 :

[2] 张文辉,王延平,康永祥,等. 太白红杉种群结构与环境的关系. 生态学报,2004 ,24 (1) :41 ~ 47.

[4] 张大勇,姜新华,雷光春,等. 理论生态学研究. 北京 :高等教育出版社 ;海德堡 :斯普林格出版社,2000. 151 ~ 200.

[8] 段仁燕,王孝安. 太白红杉种内和种间竞争研究. 植物生态学报,2005 ,29 (2) :242 ~ 250.

[9] 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. 应用生态学报,2006 ,17 (1) 22 ~ 26.

[10] 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 (3) 219 ~ 225.

[11] 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.

[12] 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.

[13] 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 (3) :44 ~ 46.

[14] 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.

[15] 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.

[16] 彭少麟,王昌伟,李鸣光,等. 影响红豆杉生长的主要生态因子. 中山大学学报 (自然科学版),2006 ,45 (3) :65 ~ 69.