

## 柳杉人工林林分不同变量大小比数研究\*

郝云庆<sup>1</sup> 王金锡<sup>1\*</sup> 王启和<sup>1</sup> 陆元昌<sup>2</sup> 钟福林<sup>3</sup> 吴学友<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>四川省林业科学研究院, 成都 610081; <sup>2</sup>中国林业科学研究院资源信息所, 北京 100091; <sup>3</sup>崇州林场, 崇州 611239)

**【摘要】** 采用胸径、生物量、冠幅和树高计测大小比数对崇州林场柳杉林的空间结构进行分析. 结果表明, 以胸径和生物量为度量变量的大小比数变幅最小, 可信度最高, 而冠幅和树高大小比数受不同树种树型的干扰而不如前两者可靠. 各样地林分的胸径和生物量大小比数平均数值明显大于冠幅和树高大小比数数值, 说明林木的胸径及生物量分化程度远大于冠幅与树高的分化. 通过胸径的增长实现其生物量的增长, 从而增强单木的竞争优势可能是林木分化的主要策略.

**关键词** 崇州林场 大小比数 空间结构 胸径 生物量 冠幅 树高  
**文章编号** 1001-9332(2006)04-0751-04 **中图分类号** S758.5 **文献标识码** A

Neighborhood comparison of *Cryptomeria fortunei* plantation by using different variables. HAO Yunqing<sup>1</sup>, WANG Jinxi<sup>1</sup>, WANG Qihe<sup>1</sup>, LU Yuanchang<sup>2</sup>, ZHONG Fulin<sup>3</sup>, WU Xueyou<sup>3</sup> (<sup>1</sup>Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, China; <sup>2</sup>Institute of Forest Resources Information, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China; <sup>3</sup>Chongzhou Forest Farm, Chongzhou 611239, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2006, 17(4): 751~754.

Neighborhood comparison is defined as the proportion of the nearest greater neighbors to a given reference tree measured by a certain variable. By this way, the dominant differentiation degree of individual wood could be measured well. In this paper, the variables DBH, biomass, canopy breadth, and tree height were used to make the neighborhood comparison of *Cryptomeria fortunei* plantation in Chongzhou forest farm. The results showed that the neighborhood comparison measured by DBH and biomass had a slight fluctuation range and the highest reliability. Nevertheless, due to the effects of various tree types, the neighborhood comparison measured by canopy breadth and tree height was not as reliable as that measured by the former two variables. The average value of the neighborhood comparison measured by DBH and biomass was visibly higher than that by canopy breadth and tree height, indicating that the differentiation degree of individual's DBH and biomass was further greater than that of individual's canopy breadth and tree height. It was possible that increasing individual's DBH to enhance its biomass, and thus, to achieve its predominance status among individuals' competition was the main strategy of individual's differentiation. Neighborhood comparison should also be taken as an instructive reference in modifying the spatial structure of stand.

**Key words** Chongzhou Forest Farm, Neighborhood comparison, Spatial structure, DBH, Biomass, Canopy breadth, Tree height.

### 1 引言

单木分异参数通过反映相邻木间在连续尺度上的大小分化, 从而描述了林木大小的空间分布. 所有的单木参数都可作为相对频度分布来计算, 并通过普通的森林调查而被轻易地获取<sup>[18]</sup>. 目前, 已有相当数量单木参数得以广泛应用<sup>[4~6, 12, 13, 15, 16, 21, 22, 23, 26]</sup>. 大小比数是一个用于描述树种或单株生长优势状态的单木参数<sup>[1, 10]</sup>. 树种的大小比数可以用来表示该树种在任意一可度量因子上, 与其周围最近几株相邻木的空间大小配置. 在以往的研究中, 林木优势度的分化多以胸径变异系数或大小分化度<sup>[3]</sup>进行度量. 但这些参数往往缺乏必要的空间信息, 计算均值时易混淆, 在复制林分结构时又具有不确定性等<sup>[1]</sup>. 而大小比数将着眼点放在各林木及其最近几株相邻木的关系上, 能够准确地量化参照树与相邻木的大小关系, 从而使在空间结构参数基础上人工重建复杂的林分结构成为可能. Pommerening 等<sup>[17, 19, 20]</sup>评价了“结构四组法”抽样与标准样地法, 发现它们都十分有效, 并且只

带有很小的抽样误差. 目前, 大小比数等单木结构参数已在我国吉林省红松阔叶混交林空间结构的研究中得到成功运用<sup>[9, 11, 28]</sup>. 为了更好地了解各种变量上大小比数计算时的可靠性和不同树种在各变量水平上的差异性. 本研究采用林木的胸径、生物量、冠幅和树高作为计测大小比数的不同变量, 对四川省崇州林场柳杉 (*Cryptomeria fortunei*) 人工林树种的不同大小比数进行了分析比较, 为大小比数的实用性和可变性做出了有益的诠释.

### 2 研究地区与研究方法

#### 2.1 自然概况

崇州国营林场地处四川省崇州市西北部山区. 林场地处

\* 国家“十五”科技攻关项目(2001BA510B0602)、天然林保护工程重点技术研究及试验示范科技支撑项目(TBKJ 2003-08)和国家林业局四川森林生态与资源环境研究实验室资助项目.

\* \* 通讯联系人. E-mail: wangjx001@yahoo.com.cn  
2005-04-19 收稿, 2005-11-09 接受.

盆地西缘峡谷,属邛崃山脉东南支脉龙门山中段,龙门山褶皱带,西高东低.林区气候为中亚热带湿润季风气候区山地气候类型.其相关地理环境与气象概况参见文献<sup>[7]</sup>.

## 2.2 研究方法

**2.2.1 样方调查** 柳杉林为1970年在杉木(*Cunninghamia lanceolata*)皆伐迹地上营造的人工纯林,其间参杂一些杉木萌生株,林地海拔1200~1600 m.选择有代表性的地段采用罗盘仪闭合导线测量方法(导线闭合差 $\leq 0.005$ ),设置50 m $\times$ 50 m固定标准样地6个.调查记录标准样地地形、地貌、海拔、坡度及坡向等基本因子(表1),土壤为黄棕壤.对标准样地内的活立木逐株编号,并用罗盘仪射点测量方法确定每株活立木的位置,每木调查分树种测定胸径、树高、枝下高、冠幅,从而计算出各树种的胸高断面面积和单位蓄积量等(表2).根据罗盘仪射点测量结果,得出各个标准地单株立木的坐标位置.

表1 柳杉样地林分因子统计

样地号 Plot	密度 Density (stem $\cdot$ hm $^{-2}$ )	平均树高 Average height (m)	平均胸径 Average diameter (cm)	蓄积量 Volume (m $^3$ $\cdot$ hm $^{-2}$ )	海拔 Elevation (m)	坡向 Aspect	坡度 Grade ( $^{\circ}$ )
1	820	15.0	24.3	341.29	1325	NW	22
2	768	15.6	24.3	321.15	1337	NW	14
3	1240	15.5	22.2	420.73	1391	SW	18
4	1540	16.8	21.2	494.58	1424	NW	21
5	1272	16.7	21.9	431.57	1439	SW	26
6	788	16.9	26.0	367.88	1400	NW	8

**2.2.2 大小比数分析** 大小比数( $U$ )指胸径大于参照树的相邻木占4株最近相邻木的比例.过去判定中居优势的树木大小比数取值为0,而居绝对劣势的树木取值为1<sup>[10]</sup>,不符合人们通常比较的习惯.因此,在研究中将其大小判定的顺序颠倒(图1)<sup>[9]</sup>.即 $U_i$ 值越高,表明周围比参照树大的相邻木越少,参照树的优势度越大;而 $U_i$ 值越低,表明周围比参照树大的相邻木就越多.大小比数取值有5种情况,即0(绝对劣势)、0.25(劣势)、0.5(中庸)、0.75(亚优势)和1(优势).其公式为:

表2 样地各树种林分因子统计

样地号 Plot	树种 Species	密度 Density (Plant $\cdot$ hm $^{-2}$ )	平均胸径 Average diameter (cm)	平均树高 Average height (m)	断面积 Basal areas (m $^2$ $\cdot$ hm $^{-2}$ )	蓄积量 Volume (m $^3$ $\cdot$ hm $^{-2}$ )
1	A	752	25.6	15.6	42.50	338.40
	B	68	9.9	8.3	0.57	2.90
2	A	700	25.6	16.3	38.82	317.00
	B	68	11.1	8.4	0.74	4.14
3	A	1160	22.9	15.8	52.14	414.65
	B	80	11.7	10.1	0.97	6.08
4	A	1516	21.3	16.9	57.40	492.55
	B	24	11.9	9.2	0.32	2.03
5	A	1228	22.3	17.0	50.61	429.89
	B	44	9.6	8.5	0.33	1.69
6	A	772	26.3	17.1	43.97	367.26
	B	16	10.6	7.3	0.14	0.62

A: 柳杉 *C. fortunei*; B: 杉木 *C. lanceolata*.

$$U_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 k_{ij}$$

其中,  $k_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{参照树 } i \text{ 比相邻 } j \text{ 大} \\ 0, & \text{否则} \end{cases}$ ,  $\bar{U} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_i$

式中,  $U_i$  为第  $i$  株树木的大小比数,  $\bar{U}$  为群落平均大小比数,  $n$  为群落林木株数.

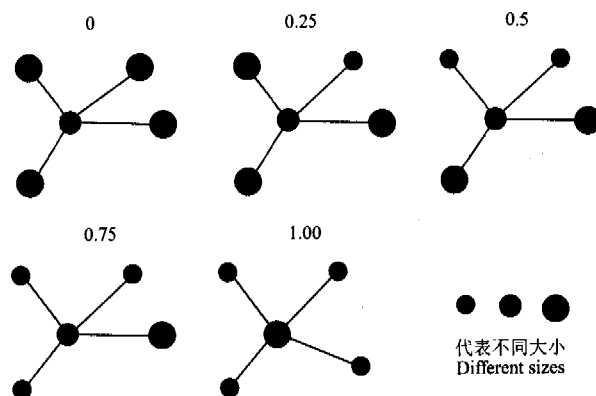


图1 大小比数取值示意图

Fig. 1 Sketch map of neighborhood comparison.

**2.2.3 生物量** 柳杉和杉木的生物量(以树干生物量代)由生长关系式计算<sup>[14,25]</sup>:

$$W_{\text{柳}} = 0.2716(D^2H)^{0.7379}$$

$$W_{\text{杉}} = 0.0163(D^2H)^{0.9582}$$

式中,  $W$  为生物量(树干生物量),  $D$  为胸径,  $H$  为树高.

## 3 结果与分析

### 3.1 柳杉和杉木不同变量的大小比数

**3.1.1 胸径大小比数** 由图2可见,由于柳杉为群落的单一建群种,又是同生群,其胸径大小差异分化不大.柳杉胸径大小比数在各级上分布很均匀,都在20%左右.现有杉木则是此后由伐兜萌生而成,胸径较柳杉普遍较小,有92.59%的杉木个体集中在绝对劣势(0)和劣势(0.25)级上(分别占59.26%和33.33%),仅7.41%在中庸(0.5)状态,而亚优势(0.75)和优势(1)两级上空缺.从生物学特性上看,柳杉较杉木耐寒,在海拔800 m以上长势好于杉木<sup>[8]</sup>,也使杉木在林分中多处于小径级的伴生状态.

**3.1.2 生物量大小比数** 由图2可见,杉木生物量大小比数与其胸径大小比数分布相关性很强(相关系数0.8882,  $P < 0.05$ ),在绝对劣势(0)和劣势(0.25)级上分别占61.11%和29.63%(总计为90.74%),只有不到10%的个体处在中庸(0.5)亚优势(0.75)级上;而柳杉在各级上的分配十分均匀,与其胸径大小比数相关性极强(相关系数0.8907,  $P < 0.05$ ).

**3.1.3 冠幅大小比数** 柳杉的冠幅大小比数在各级上分布变化不大.但杉木的冠幅大小比数较其胸径和生物量大小比数有很大的提升,在绝对劣势(0)和劣势(0.25)级上,个体百分比下降至70.37%;中庸级(0.5)上增加至11.11%,甚至有5.56%和12.96%的个体出现在亚优势(0.75)和优势(1)级上.由此可见,由于树型的不同,杉木的冠幅相对于其胸径

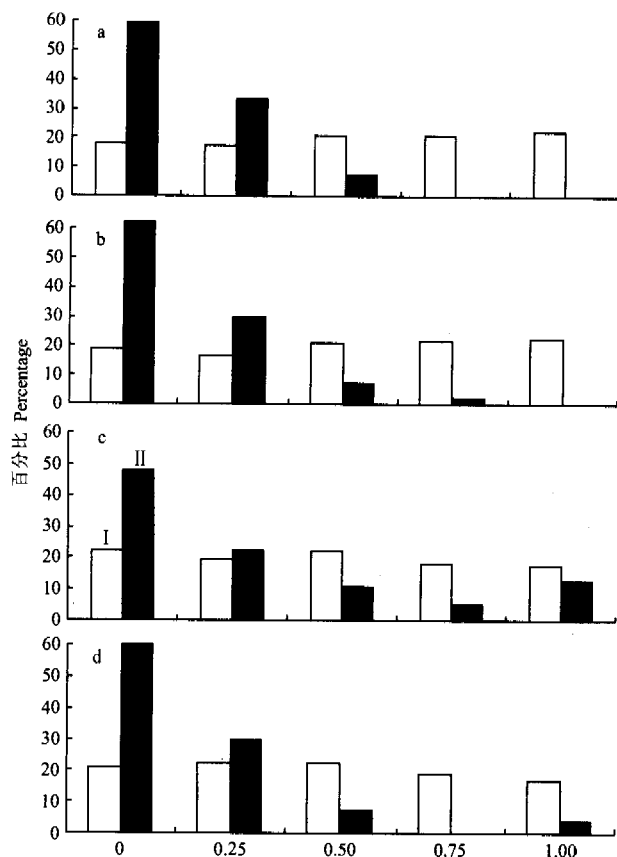


图2 柳杉和杉木不同变量大小比数分布

Fig.2 Distribution of different variables of neighborhood comparison of *C. fortunei* and *C. lanceolata*.

a)胸径 Diameter; b)生物量 Biomass; c)冠幅 Canopy; d)树高 Height. 下同 The same below.

更占优势.柳杉的枝叶多下垂,为窄冠幅型树种,同等径级上柳杉的冠幅往往比杉木要小.

**3.1.4 树高大小比数** 柳杉个体大多处于林分主林冠层,树高差异不大,其树高大小比数在各级上分布十分均匀.杉木在绝对劣势(0)和劣势(0.25)两级上占其总数的 88.89%,但有 3.70%的个体出现在优势级(1)上,表明杉木的树高较之胸径和生物量具有一些优势,但不如冠幅明显.另外,由于杉木为萌生株,树干尖削度变大,高度也会较之实生植株略低.因此,林分中杉木仍处在林冠亚层的被压状态.

### 3.2 群落的平均大小比数

由图 3 可见,各样地的平均胸径和生物量大小比数变幅很小(标准差为 0.0077);并且其间的相关性也十分显著(相关系数 0.8745,  $P < 0.05$ ).而各样地的平均冠幅和平均树高大小比数变幅都较大(标准差分别为 0.0294 和 0.0231).由此可见,以胸径和生物量计测的大小比数最为可靠.导致这种情况的主要原因可能是不同树种树型不同,引起冠幅和树高大小的变动;也可能是冠幅和树高在测量时不如胸径(生物量计测也主要取决于胸径)计测的准确.对各单木的大小比数相关性分析也表明,冠幅和树高大小比数与胸径(包括生物量)大小比数相关性很差(相关系数 0.5936,  $P < 0.05$ ).

另外,将 6 个样地合并计算,群落平均大小比数值依

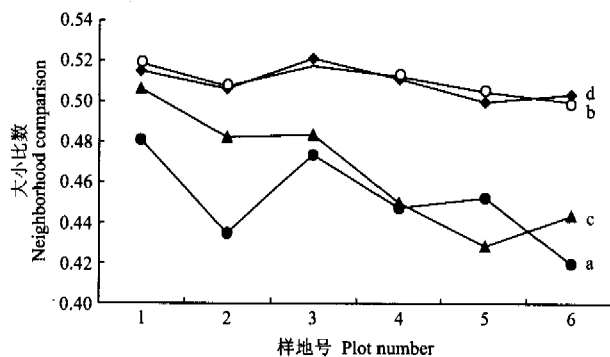


图3 各样地不同大小比数值

Fig.3 Values of varied neighborhood comparison in each plot.

次是:生物量(0.511)、胸径(0.510)、冠幅(0.463)和树高(0.453),生物量和胸径大小比数明显大于冠幅和树高大小比数( $F$  检验显著,  $P < 0.01$ , 表 3).由此可见,林木的生物量(胸径)分化程度最大,然后是冠幅和树高.此林分林龄已有 30 多年,群落正处在演替中期竞争淘汰阶段,林木个体的胸径(生物量)分化日渐明显.根据林木生物量生长关系式:  $W = a(d^2 \times h)^b$  (其中,  $d$  为胸径,  $h$  为树高)可知,胸径的变化可使其生物量呈  $2b$  次方变化,增大胸径是增加生物量,加强其竞争力的主要手段<sup>[24,27]</sup>.而冠幅和树高的分化不是林木间竞争的主要策略.

表3 各性状方差分析

Table 3 Analysis of variance of different traits

	df	均方 Average variance	LSD <sub>0.01</sub>	F	F <sub>crit</sub>	P
性状间 Among treatments	3	0.00541	0.0537	14.3429	3.0984	<0.001
误差 Error	20	0.00038				

## 4 结 语

**4.1** 以胸径和生物量大小比数反映林木的大小分化程度最为可靠,主要是因为胸径计量可以减少不同树种的树型不同造成的干扰,而胸径更易获得准确可靠的数据.从实际操作的简易性来看,采用胸径大小比数计测比生物量大小比数更为可行.

**4.2** 林木竞争过程中胸径(生物量)分化程度最大,说明林木在增加其生物量、加强竞争能力方面可能主要依靠增大胸径来实现.

**4.3** 在森林经营抚育时,对林分空间结构进行调整,应以各树种的特性、竞争状态和所处的演替阶段为依据.如该林分的建群种为柳杉属于阳生树种,又处在演替中期,树木个体需要更多的光照和生长空间.因此,应尽量保留大小比数比最近相邻木高,如取值为 1 或 0.75 的个体;若目标树为阴生树种或在需要荫蔽条件时,则应多保留大小比数较小的个体<sup>[2]</sup>.

## 参考文献

- Albert M. 1994. Erhebung von strukturinformationen in einem Buchen-edellaubholz Mischbestand. Dipl. Arbeit. Forestl. Fakultät

- der Georg-August Universität Göttinge. 109
- 2 Fan S-H(范少辉), Zhang Q(张群), Shen H-L(沈海龙). 2005. Recovery and its quantitative expression of the planted young trees of *Pinus koraiensis* under natural secondary forest. *Sci Silvae Sin* (林业科学), 41(1):71~77(in Chinese)
  - 3 Gadow KV, Fueldner K. 1992. Zur methodik der bestandesbeschreibung. Vortrag Anlaesslich der Jahrestagung der AG Forsteinrichtung in Klieken b. Dessau.
  - 4 Gadow KV, Hui GY. 1999. Modeling forest development. Kluwer Academic, Dordrecht, The Netherlands. 213
  - 5 Gadow KV, Puumalainen J. 1998. Neue herausforderungen für die waldökosystemplanung. *AFZ/Der Wald*, 20:1248~1250
  - 6 Gleichmar W, Gerold D. 1998. Indizes zur charakterisierung der horizontalen baumverteilung. *Ger J For Sci*, 117:69~80
  - 7 Hao Y-Q(郝云庆), Wang J-X(王金锡), Wang Q-H(王启和), et al. 2005. Analysis of nature closeness and management strategies of different stands in Chongzhou Forest Farm. *J Sicuan For Sci Tech* (四川林业科技), 26(2):20~26(in Chinese)
  - 8 Hu T-X(胡庭兴), Yuan H-G(袁洪光), Yang C-Y(杨臣阳), et al. 1995. The prospects of managing Chinese fir sprout forest in lower-altitude areas in Sichuan. *J Sichuan For Sci Tech* (四川林业科技), 16(2):16~25(in Chinese)
  - 9 Hu Y-B(胡艳波), Hui G-Y(惠刚盈), Qi J-Z(戚继忠), et al. 2003. Analysis of the spatial structure of natural Korean pine broad leaved forest. *For Res* (林业科学研究), 16(5):523~530 (in Chinese)
  - 10 Hui G-Y(惠刚盈), von Gadow K, Albert M. 1999. A new parameter for stand spatial structure—Neighborhood comparison. *For Res* (林业科学研究), 12(1):1~6(in Chinese)
  - 11 Hui G-Y(惠刚盈), von Gadow K. 2003. Quantitative Analysis of Forest Spatial Structure. Beijing: China Science and Technology Press. (in Chinese)
  - 12 Lähde E, Laiho O, Norokorpi Y, et al. 1999. Stand structure as the basis of diversity index. *For Ecol Manage*, 115:213~220
  - 13 Latham PA, Zuuring HR, Coble DW. 1998. A method for quantifying vertical forest structure. *For Ecol Manage*, 104:157~170
  - 14 Lu Y-S(卢义山), Liang Z-H(梁珍海), Wu Z-X(吴仲祥), et al. 2000. Biomass and productivity of main afforestation species on the seawall in Northern Jiangsu. *J Jiangsu For Sci Tech* (江苏林业科技), 27(2):12~15(in Chinese)
  - 15 Neumann M, Starlinger F. 2001. The significance of different indices for stand structure and diversity in forests. *For Ecol Manage*, 145:91~106
  - 16 O'Hara KL, Latham PA, Hessburg P, et al. 1996. A structural classification for inland northwest forest vegetation. *West J Appl For*, 11:97~102
  - 17 Pommerening A. 1997. Eine analyse neuer ansätze zur bestandesinventur in strukturreichen wäldern. Ph. D dissertation. Faculty of Forestry and Forest Ecology, University of Göttingen, Cuvillier Verlag Göttingen. 187
  - 18 Pommerening A. 2002. Approaches to quantifying forest structures. *Forestry*, 75:305~324
  - 19 Pommerening A, Gadow KV. 2000. Zu den möglichkeiten und grenzen der strukturerfassung mit waldinventuren. *For Holz*, 55:622~631
  - 20 Pommerening A, Schmidt M. 1998. Modifizierung des stammabstandsverfahrens zur verbesserung der stammzahl-und grundflächenschätzung. *Forstarcbiv*, 69:47~53
  - 21 Spies TA. 1998. Forest structure: A key to the eco-system. *Northwest Sci*, 72:34~39
  - 22 Upton G, Fingleton B. 1985. Spatial Data Analysis by Example: Categorical and Directional Data. Chichester: Wiley. 416
  - 23 Upton G, Fingleton B. 1989. Spatial Data Analysis by Example: Point Pattern and Quantitative Data. Chichester: Wiley. 410
  - 24 Wu C-Z(吴承祯), Hong W(洪伟), Liu J(柳江), et al. 2005. Competition density effect of dominant population in secondary *Pinus massoniana* forest by closing management. *Chin J Appl Environ Biol* (应用与环境生物学报), 11(1):14~17(in Chinese)
  - 25 Yan W-D(闫文德), Tian D-L(田大伦), He G-X(何功秀). 2003. Biomass distribution and dynamics of Chinese fir plantation in Huitong. *For Res Manage* (林业资源管理), (2):5~12(in Chinese)
  - 26 Zenner EK, Hibbs DE. 2000. A new method for modeling the heterogeneity of forest structure. *For Ecol Manage*, 129:75~87
  - 27 Zhang Q(张琼), Hong W(洪伟), Wu C-Z(吴承祯), et al. 2005. Studies on intraspecific and interspecific competition in natural communities of *Tsuga longibracteata*. *Guihaia* (广西植物), 25(1):14~17(in Chinese)
  - 28 Zhang Q(张群), Fan S-H(范少辉), Shen H-L(沈海龙), et al. 2004. Influence of the spatial structure of trees etc. on the young trees of *Pinus koraiensis* under natural secondary forest. *For Res* (林业科学研究), 17(4):405~412(in Chinese)

---

作者简介 郝云庆,男,1976年出生,助理研究员.主要从事森林生态和环境资源方面的研究,发表论文10余篇. Tel: 028-82902311; E-mail:flamingo2001@163.com

责任编辑 李凤琴

---