

半天然杉阔混交林优势种群的增长规律

陈存及 陈新芳 董建文 刘金福 陈世品 代全林

(福建农林大学林学院, 福建 南平 353001)

摘要:采用有限空间种群增长的逻辑斯谛模型,研究半天然杉阔混交林群落中主要种群(杉木、米槠)的底面积增长规律,指出杉木、米槠在不同类型群落中的底面积的最大增长速度的径级范围。

关键词:混交林; 增长速率; Logistic 模型; 杉木; 米槠

中图分类号: Q948.121 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-3395(2002)03-0253-05

Growth Rhythm of Dominant Populations in Semi-natural *Cunninghamia lanceolata* Forest Mixed with Broad-leaved Trees

CHEN Cun-ji CHEN Xin-fang DONG Jian-wen LIU Jin-fu CHEN Shi-pin DAI Quan-lin

(Forestry College of Fujian Agriculture and Forestry University, Nanping 353001, China)

Abstract: By using modified logistic model, the growth rate for basal area of dominant populations was studied in semi-natural mixed forest in Fujian Province. Among populations in communities *Cunninghamia lanceolata* / *Alniphyllum fortunei* / *Castanopsis carlesii* (I), *Cunninghamia lanceolata* / *Castanopsis fissa* / *C. carlesii* (II), *Castanopsis carlesii* / *Cunninghamia lanceolata* (III), and *Cunninghamia lanceolata* / *Alniphyllum fortunei* / *Castanopsis carlesii* / *C. fissa* (IV), community IV had best growth rate for *Cunninghamia lanceolata*, showing that the more dominant broad-leaved tree species dominated in mixed forest the better the *C. lanceolata* grew. In community with dominant broad-leaved species not more than three, maximum growth rate for *C. lanceolata* appeared at 4-6 cm dbh, while that more than three, at 8-10 cm dbh. The growth rate for *C. lanceolata* in the four communities was in order in IV > II > I > III.

Key words: Mixed forest; Growth rate; Logistic model; *Cunninghamia lanceolata*; *Castanopsis carlesii*

杉木(*Cunninghamia lanceolata*)是我国南方特有的速生用材树种,由于传统的“砍阔栽杉”和纯林连栽导致的地力衰退和生产下降等一系列生态问题,已引起林学家的极大关注^[1,2]。为改变传统的栽杉模式和恢复日益减少的常绿阔叶林,福建省三明市梅列区

收稿日期: 2001-07-13 接受日期: 2001-12-04

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目(C9810026); 福建省 211 重点学科《森林培育》资助。

参加研究的还有 96 级林学、水土保持专业廖志雄、池瑜琦、戴进福、张全旺、张光婷、翁秀莲等同学。

林业局于 20 世纪 70 年代进行人工栽杉与天然更新阔叶林相结合,形成各种半天然杉阔混交试验林。目前混交林中的杉木与各种阔叶树生长旺盛,生产力高^[3,4]。本文对半天然杉阔混交林不同群落类型的林分胸径进行调查研究,分析其优势种群增长规律,在半天然杉阔混交林研究领域进行新的探索,为该区半天然杉阔混交林中主要种群的生长条件、种间关系的调控提供科学依据。

1 自然概况

试验林在三明市梅列区陈大镇林业站进坑山场,位于北纬 26°20′、东经 117°30′,属中亚热带湿润季风气候,年平均温度 19.4℃,极端最高温 40.6℃,极端最低温 -9.6℃,无霜期 260–300 d。年平均降雨量 1 565–1 795 mm,年蒸发量 1 199–1 712 mm。四季分明,冬短夏长,无霜期长,春夏季湿热多雨,秋冬稍干旱。试验林海拔 200–300 m,总面积 25 hm²,土壤为山地红壤,土层深厚,较肥沃。

试验林是 1976 年皆伐天然阔叶林,迹地未炼山清理而直接栽种杉木,在幼林抚育时保留天然更新的阔叶树,与杉木形成人工与天然更新相结合的半天然杉阔混交林。由于原生群落中种群密度和分布不均,导致更新后的半天然杉阔混交林群落种群分布格局和种类组成有较大差异。林冠层呈波浪状,郁闭度 0.85–0.95,群落高 17–23 m。乔木层主要树种为杉木、拟赤杨(*Alniphyllum fortunei*)、米槠(*Castanopsis carlesii*)、闽粤栲(*Castanopsis fissa*)等,伴生种有酸枣(*Choerospondias axillaris*)、檫树(*Sassafras tsumu*)、枫香(*Liquidambar formosana*)、木荷(*Schima superba*)等。灌木层主要有杜茎山(*Maesa japonica*)、沿海紫金牛(*Ardisia punctata*)、黄瑞木(*Adinandra millettii*)、梨茶(*Camellia latilimba*)和细齿柃木(*Eurya loquiana*)等。草本层主要有芒萁(*Dicranopteris dichotoma*)、狗脊(*Woodwardia japonica*)、三叶木通(*Akebia trifoliata*)、扇叶铁线蕨(*Adiantum flabellulatum*)和玉叶金花(*Mussaenda pubescens*)等。

2 材料和方法

2.1 材料收集与整理

对试验林全面踏查,根据群落内种群分布的变化划分为 4 种群落类型:①杉木 + 拟赤杨 + 米槠(*Cunninghamia lanceolata*+*Alniphyllum fortunei*+*Castanopsis carlesii*);②杉木 + 闽粤栲 + 米槠(*Cunninghamia lanceolata* + *Castanopsis fissa* + *C. carlesii*);③米槠 + 杉木(*Castanopsis carlesii*+*Cunninghamia lanceolata*);④杉木 + 拟赤杨 + 米槠 + 闽粤栲(*Cunninghamia lanceolata*+*Alniphyllum fortunei*+*Castanopsis carlesii*+*C. fissa*)。在每个群落类型采用 8 个 10 m×10 m 相邻格子法取样,共设置 32 个样方,总面积 3 200 m²。每个样方内设置 4 个 1 m×2 m 的灌木小样方。调查记录乔木的种类、数量、胸径、高度、冠幅、枝下高;灌木的种类、数量、高度、盖度、基径。同时记录各样地(4 个样方为一样地)的海拔、坡度、坡向等立地因子。将每个样方中主要乔木树种的密度、盖度及出现频度换算成相对值,并计算其重要值。

2.2 研究方法

因为在有限的生存空间和自然资源的环境中,任何生物种群的增长均是受密度制约的^[4]。Pearl 等提出用逻辑斯谛方程描述有限空间中的种群生长,此方程在动、植物研究中取得了满意效果^[5]。故本文应用 Logistic 方程研究半天然杉阔混交林,并以底面积代表种群数来研究主要种群(杉木、米槠)底面积的增长规律^[6]。

Logistic 方程式为: $dN/dt=rN(N-K)iK$

其中, N 为种群个体数, t 为时间, r 为有关生物的生物潜能, k 为环境容纳量。

为此,我们以空间序列代替时间序列以建立新的时间顺序关系。将林木按照胸径大小分级,每级间隔为 2 cm。0-2 cm 记为第一径级,2-4 cm 记为第二径级,依此类推。把林木径级从小到大的顺序看作时间顺序关系。令时间单位为径级年,由于第 i 径级年对应的林木胸径径级是 i 级,故这里的关系是一一对应的关系^[7]。

其方法是:统计各调查样地里各径级林木的底面积之和,此为各龄级底面积的初值(s'_i),累加第 1 龄级到第 i 龄级的单位面积的初值,则为种群在第 i 龄级的底面积 \hat{S}_i ,即 $\hat{S}_i=\sum \hat{S}_k (k=1,2,\dots,i)$ 为种群到 i 龄级的林木底面积总量。表 1 列出了不同群落类型中的杉木和米槠的各径级底面积 \hat{S}_i 之值。

表 1 不同群落中杉木和米槠各径级底面积的 \hat{S}_i 值

Table 1 \hat{S}_i values of basal area in each dbh grade of *Cunninghamia lanceolata* and *Castanopsis carlesii* in communities*

底面积 Basal area	杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>				米槠 <i>Castanopsis carlesii</i>			
	①	②	③	④	①	②	③	④
\hat{S}_1	407.229	1119.6716	0	371.0929	146.4454	106.6964	33.1831	105.3698
\hat{S}_2	1137.500	2581.7766	0	1180.807	189.4538	345.9051	141.9608	225.3614
\hat{S}_3	2072.650	5146.714	91.6088	3231.5208	281.0626	413.8342	695.0145	452.1258
\hat{S}_4	3663.136	9580.4588	239.7742	6380.1189	704.4394	751.5632	2001.7679	986.1290
\hat{S}_5	4561.239	14300.325	561.0492	10301.902	910.5593	1170.605	3345.8512	1252.458
\hat{S}_6	6809.944	19836.094	1812.416	14926.154	1408.313	1371.667	4372.9635	1539.576
\hat{S}_7	9819.235	24822.587	2937.083	20565.965	2314.663	1604.019	6098.7974	2023.658
\hat{S}_8	18347.977	28797.888		26082.287	3811.985	2001.627	6712.3897	2369.452
\hat{S}_9	20120.369	30243.602		29794.338	4264.374		9439.4432	2965.815
\hat{S}_{10}	22196.035	30659.077		32457.953	5858.167		11726.584	3219.682
\hat{S}_{11}	22816.193	32224.791		34245.048	7111.859		13348.25	4523.660
\hat{S}_{12}							13959.612	5698.362
\hat{S}_{13}							16735.782	9589.658
\hat{S}_{14}							18284.540	

* ① *Cunninghamia lanceolata* / *Alniphyllum fortunei* / *Castanopsis carlesii* community; ② *Cunninghamia lanceolata* / *Castanopsis fissa* / *C. carlesii* community; ③ *Castanopsis carlesii* / *Cunninghamia lanceolata* community; ④ *Cunninghamia lanceolata* / *Alniphyllum fortunei* / *Castanopsis carlesii* / *C. fissa* community.

将时间单位为径级年的时序关系所对应的林木种群的底面积数值按照最小二乘法拟合,便得到底面积的 Logistic 方程。

$$\text{对于底面积增长的 Logistic 方程: } \frac{ds}{dt} = rs(1 - \frac{s}{k})$$

积分形式为: $s = k/(1+e^{-at})$, 讨论可得, 当 $s = k/2$ 时, 底面积具有最大增长速率 $ds/dt|_{\max} = rk/4$, 对应的时间为 $t_{(k/2)} = a/r$ 。

3 结果和分析

由表 1 中数据经最小二乘法拟合群落①得^[8,9]:

$$S_{\text{杉}} = 6592.698 / (1 + 3877.318e^{-3.331397t}) \quad R = 0.9998$$

群落①中杉木底面积最大增长速率 $ds/dt|_{\max} = 0.5491 \text{ m}^2/\text{径级年}$, 对应时间 $t = 2.4803$, 换算成胸径为 4.96 cm, 介于 4–6 cm 之间。因此, 当胸径低于 4 cm 时, 种群底面积随时间加速增长; 当胸径为 4–6 cm 时, 米槠与杉木群落中杉木底面积匀速增长, 这是底面积 S 曲线的拐点, 胸径超过 6 cm 时, 杉木种群底面积减速增长。

同理, 由表 1 中数据拟合得群落②、③和④的方程为:

$$\text{群落②: } S_{\text{杉}} = 28282.55 / (1 + 57.17354e^{-0.8602t}) \quad R = 0.9998$$

$$S_{\text{米}} = 1256.54 / (1 + 34.07631e^{-1.161802t}) \quad R = 0.9907$$

$$\text{群落③: } S_{\text{杉}} = 5.2666 / (1 + 0.7556e^{-0.1000t}) \quad R = 0.8474$$

$$S_{\text{米}} = 9273.342 / (1 + 1222.548e^{-1.479087t}) \quad R = 0.9999$$

$$\text{群落④: } S_{\text{杉}} = 20831.35 / (1 + 178.3252e^{-1.175075t}) \quad R = 0.9997$$

不同群落类型中杉木种群底面积增长的 Logistic 方程分析表明: 从底面积环境容纳量 K 来看, 群落②中杉木的 K 值为 2.828255 m^2 , 比其它三种群落都高, 处于最优地位; 其次是群落④ (2.083135 m^2), 群落③的最小, 仅为 0.00053 m^2 。而群落③中米槠底面积的 K 值为 0.9273342 m^2 , 处于最优地位。

从 r 值来看, 群落①中杉木的最大 (3.331397), 其次是群落④。而群落③中米槠的 r 值最大 (1.479087)。从最大增长速率来看, 群落④中杉木的最大 (0.6119), 其它依次为群落②、群落①和群落③。可见, 要达到相同的生长速率, 各群落所需时间为群落③ > 群落① > 群落② > 群落④。

群落②–④的拟合结果分析见表 2。

由表 2 可以看出, 不同群落中, 种群的胸径增长规律有明显的不同。群落④中的杉木每径级年的最大增长速率最大, 群落②中米槠的增长速率最小; 而最大增长速率对应的时间, 群落②中杉木最大, 对应的胸径也最大, 群落③中最小, 对应的胸径也最小。

不同群落中, 胸径不同, 种群底面积随时间变化规律也不同, 当胸径小于该区间值时, 底面积随时间加速增长, 当落于该区间内时, 底面积随时间匀速增长, 当大于该区间范围时, 底面积随时间减速增长。群落②中的杉木、群落③中的米槠和群落④中的杉木, 影响底面积变化的胸径区间相同; 群落②中的米槠、群落③中的杉木, 影响底面积变化

的胸径区间也相同。

表 2 群落②-④的拟合结果分析
Table 2 Modeling analysis of communities ②-④

种群 Population	群落② Community ②		群落③ Community ③		群落④ Community ④
	杉木 **	米槭 ***	杉木 **	米槭 ***	杉木 **
最大增长速率 Maximum growth rate ($\text{m}^2 \text{a}^{-1}$)	0.6082	0.0365	0.1317	0.3429	0.6119
时间 Time (a)	4.7037	3.0372	2.8029	4.8061	4.4116
胸径 dbh (cm)	9.4	6.0	5.4	9.6	8.8
最大增长速率时的胸径范围 * (cm)	8-10	4-6	4-6	8-10	8-10

* dbh range at maximum growth rate; ** *Cunninghamia lanceolata*; *** *Castanopsis carlesii*

4 结论

在原始状态下,杉木及其它阔叶树种群在空间上分布的各个不同大小等级能够代表时间上顺序发生的不同等级水平,即各种群的底面积的空间分布可以看作是种群以时间顺序发生的各个阶段具有的底面积水平,这就是“空间序列”代替“时间序列”的基本思路^[10,11]。

从分析结果可看出:与杉木混交的主要优势阔叶树种越丰富,则越有利于杉木的生长,也即在仅有杉木和米槭为主要优势种群的群落中,杉木的生长远不如在有杉木、米槭、拟赤杨和闽粤栲的群落中的生长,且在主要优势种不多于三个的群落中,杉木达到其最大增长速率的胸径范围一般为 4-6 cm;而在主要优势种多于三个的群落中,杉木达到其最大增长速率的胸径范围为 8-10 cm,生长延迟。

逻辑斯谛拟合方法很多,有三点法、四点法、枚举法、目估法、麦夸法,三次设计法^[12]等等,本文应用最小二乘法进行拟合,拟合残差平方和 Q 比较小,拟合精度也较高,且分析结果也与实际相符合。

参考文献:

- [1] 盛炜彤. 我国人工林的地力衰退及防治对策 [A]. 人工林地力衰退研究 [M]. 北京:中国科学技术出版社, 1992. 15-19.
- [2] 姚茂和. 人工林的地力衰退问题 [A]. 人工林地力衰退研究 [M]. 北京:中国科学技术出版社, 1992. 27-30.
- [3] 俞新妥. 杉木栽培学 [M]. 福州:福建科学技术出版社, 1997. 86-164, 311-334.
- [4] 陈存及,董建文,林敬德,等. 半天然杉阔混交林形成、发育与结构特点 [J]. 福建林学院学报, 1996, 16(4): 310-314.
- [5] Pearl R, Read L J. On the rate of growth of the population of the United States since 1790 and its mathematical representation [J]. *Prec Nat Acao Sc*, 1920, 6:275-288.
- [6] Allaby M. *The Concise Oxford Dictionary of Botany* [M]. Oxford, New York: Oxford University Press, 1992. 237.
- [7] 朗奎健,等. IBMPC 系列程序集 [M]. 北京:中国林业出版社, 1989.
- [8] 陈兰荪. 数学生态模型与研究方法 [M]. 北京:科学出版社, 1988. 1-4.
- [9] Margalef R. *Information theory in ecology* [J]. *General System*, 1958, (3):36-71.
- [10] 洪伟,吴承祯,林成来,等. 龙栖山黄山松种群优势度增长规律研究 [J]. 福建林学院学报, 1997, 17(2):97-101.
- [11] 陈建忠. 武夷山米槭种群数量动态研究 [J]. 福建林学院学报, 1996, 16(4):370-374.
- [12] 洪伟,林思祖. 计量林学研究 [M]. 成都:电子科技大学出版社, 1993. 323-333.