

重庆市石宝镇马尾松单木生长模型研究

何云松¹ 陈亚文² 林勇²

(1. 金口河区林业局 四川 金口河区 614700; 2. 四川省林业调查规划院 四川 成都 610081)

摘要: 为了更加科学地保护和利用马尾松森林资源并为其可持续经营提供参考依据,利用多模型选优法对重庆市忠县石宝镇马尾松的单木胸径生长模型进行了探讨与分析,结果表明:对竞争优势木和竞争劣势木的拟合效果最好的均是 Richards 函数,其次是 Schumacher 函数,而 Gauss 函数和 Logistic 函数的拟合效果较差。考虑到模型运算的简便性和结构的清晰性,结合研究区马尾松胸径生长量的预测情况,选取了模型参数相对较少的 Schumacher 函数作为描述重庆市忠县石宝镇马尾松生长过程的最佳模型。

关键词: 重庆市; 忠县; 石宝镇; 马尾松; 生长模型; 胸径

中图分类号: S791.248 文献标识码: A 文章编号: 1003-5508(2013)05-0056-05

A Study of Individual Tree Growth Model of *Pinus massoniana* in Shibao Town, Chongqing City

HE Yun-song¹ CHEN Ya-wen² LIN Yong²

(1. Forestry Bureau of Jinkouhe District, Jinkouhequ 614700, Sichuan China;

2. Sichuan Forest Inventory and Plan Institute, Chengdu 610081, Sichuan China)

Abstract: In order to develop and use *Pinus massoniana* better and provide reference basis for its operation and management, the multi-model selection were used to analyze and discuss the individual tree diameter growth progress of *Pinus massoniana* Lamb in Shibao town, Chongqing City. Results showed that whether it was a dominant tree or oppressed tree, Richards function was the best to fit the diameter of the growth process of *P. massoniana*, better than Schumacher function, while Gauss function was the worst. However, the parameters of the Richards function were too much, and the amount of diameter growth of *P. massoniana* estimated by Richards function did not meet the actual growth conditions, therefore, Schumacher function was the best model which could be used to describe the diameter growth process of *Pinus massoniana* Lamb in Shibao town, Chongqing Province.

Key words: Chongqing City, Zhong county, Shibao Town, *Pinus massoniana* Lamb, Growth model, Diameter

引言

所谓单木生长模型是指以林分中各单株林木与其相邻木之间的竞争关系为基础,描述单株林木生长过程的模型^[1-2]。对单木生长模型进行研究,不仅有利于判定和评价单株林木的生长潜力,而且有

利于动态预测不同经营措施类型下林分生长的变化规律^[3-4]。目前,关于单木生长模型的研究并不罕见,但大都是针对福建柏^[5] (*Fokienia hodginsii* (Dunn) Henry et Thomas)、红松^[6] (Korean pine)、落叶松^[7] (*Larix gmelinii* Rupr.) 的研究,而针对马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb) 的研究并不多。马尾松是重庆市忠县的主要乔木树种之一,其在生态方面和

收稿日期: 2013-07-08

作者简介: (1966-) 男, 工程师, 主要从事大熊猫保护及森林生态研究。

社会经济方面发挥着十分重要的作用^[8]。因此,对马尾松的单木生长模型进行研究对于促进研究区森林资源的科学管理利用,实现林业的可持续经营具有十分重要的意义。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于重庆市忠县石宝镇,该镇濒临长江北岸,地处三峡库区腹地,是忠县的东大门,北边与野鹤镇接壤,西与涂井乡交界,南与石柱县西沱镇隔江相望,距忠县城 32 km,全镇辖 18 个村,1 个社区居委。该镇现为全国重点镇、重庆市小城镇建设试点镇、重庆市首批启动建设的中心镇、二、三产业百强镇,也是一个农业大镇和移民重镇。该镇属于热带东南季风区山地气候,温热寒凉,四季分明,雨量充沛,日照充足,年平均气温 18.2℃,年平均降雨量 1 200 mm。全镇全县森林覆盖率高,部分天然

林保护良好,退耕还林成效显著,主要乔木树种有马尾松、桉树 (*Eucalyptus*)、柏木 (*Cupressus funebris* Endl)、青冈 (*Cyclobalanopsis glauca* (Thunb) Oerst)、香椿 (*Toona sinensis* (A Juss) Roem)、香樟 (*Cinnamomum camphora* (L) Presl)、枫香 (*Chinese sweetgum*) 等,竹类资源以慈竹 (*Sinocalamus affinis*) 为主。

1.2 研究材料

2011 年 9 月,在重庆市忠县石宝镇秦岭村、咸隆村、金山村和松岭村选取具有典型代表性的马尾松林分类型,设置 8 块规格为 10 m × 10 m 的正方形标准地,对标准地内胸径 ≥ 5 cm 的马尾松进行每木检尺,并测量其树高、冠幅、枝下高等因子,做好记录。最后根据标准地每木检尺的结果,每块标准地选取两株与标准地平均胸径和平均高相近(通常误差在 ± 5% 以内)且干形中等、生长良好的马尾松作为平均标准木,并做树干解析。标准地的基本信息见表 1。

表 1 标准地基本信息表
Table 1 Basic information of the sample plots

样地编号	地形地貌				主要测树因子			
	坡位	坡向	坡度(°)	海拔(m)	平均胸径(cm)	平均树高(m)	平均冠幅(m)	平均年龄(a)
1	中	西	21	410.7	11.5	8.9	3.5	19
2	上	东	19	462.1	13.1	10.6	4.2	27
3	中	东北	25	409.8	12.2	9.5	3.8	22
4	下	西南	18	436.5	11.8	10.9	4.2	21
5	中	北	24	421.9	12.5	11.2	4.6	25
6	下	南	22	438.3	13.7	12.1	4.4	28
7	中	西北	16	467.7	12.4	10.5	4.8	24
8	中	南	20	454.6	11.9	9.8	3.7	23

1.3 研究方法

1.3.1 林木竞争态势的研究方法

林木竞争是有机体之间的一种十分复杂的相互作用,在植物群落中,竞争现象普遍存在,特别是在天然林或天然次生林中表现更加明显。反映林木竞争情况的指标有很多,其中大小比数相对比较科学、准确,因而本研究采用大小比数来反映重庆市石宝镇马尾松林木竞争情况。大小比数^[2,9]是用来表示树种或者单木生长优势状态的一个参数,即对象木和参照木之间在胸径、树高、冠幅等任一可测量因子上的个体优势程度,因为胸径的获取相对比较方便和准确^[10],因此,本研究将大小比数表述为胸径大于参照木的对象木占 4 株最近对象木的株树比例,计算方法见公式(1):

$$y_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 k_{ij} \quad (1)$$

式中: y_i 表示大小比数; k_{ij} 表示一个离散型的变量,当相邻木的胸径大于参照木时 $k_{ij} = 1$,反之 $k_{ij} = 0$ 。当 $y_i \leq 0.5$ 时,则对象木为竞争劣势木,当 $y_i > 0.5$ 时,则对象木为竞争优势木。

1.3.2 单木生长模型的选择

以林分中各单株林木与其相邻木之间的竞争关系为基础,描述单株木生长过程的模型,称为单木生长模型^[14]。本研究根选取了 5 个适应性广、逻辑性强的数学模型(见公式(2)~公式(6))对重庆市石宝镇的马尾松的胸径生长过程进行探讨。

(1) Richards 函数:

$$d = \frac{a}{[1 + b \cdot \exp(-kt)]^c} \quad (2)$$

(2) Logistic 函数:

$$d = \frac{k}{1 + \exp(a + bt)} \quad (3)$$

(3) Schumacher 函数:

$$d = a \cdot \exp\left(-\frac{b}{c+t}\right) \quad (4)$$

(4) Gauss 函数:

$$d = a [1 - b \cdot \exp(-kt^2)] \quad (5)$$

(5) Gompertz 函数:

$$d = a \cdot \exp[-b \cdot \exp(-ct)] \quad (6)$$

式中: d 表示胸径生长量; a, b, c, k 为随机参数; t 表示林木的年龄。

1.3.3 单木生长模型的求解与检验

本研究利用 Forstar 软件来对相关数据进行处理与分析。根据残差平方和、决定系数及显著性水平的高低来选取最佳模型。模型的残差平方和越小、显著水平越低、决定系数越大、并且参数越少,则模型的拟合效果就越好。

2 结果与分析

2.1 林木竞争态势的划分

经分析统计,重庆市石宝镇马尾松 16 株标准木的大小比数分布状况见图 1。由图 1 可知,竞争优势木(大小比数 > 0.5)的标准木株树为 6 株,竞争劣势木(大小比数 ≤ 0.5)的标准木株树为 10 株。

2.2 单木生长模型的拟合与检验

由分析结果(见表 2)可知,马尾松标准木无论是竞争优势木还是竞争劣势木,5 种生长模型对其的拟合结果都非常接近,效果均比较理想,胸径生长

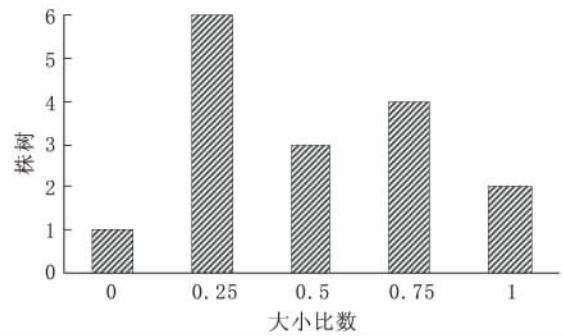


图 1 重庆石宝镇 16 马尾松标准木的大小比数分布图

Fig. 1 Neighborhood comparison of 16 individuals of stand-ard wood in secondary forest of *Pinus massoniana*

量 d 与马尾松标准木年龄 t 的回归关系都表现为极其显著。对于竞争优势木而言,残差平方和最小,决定系数最大,对标准木数据拟合效果最理想的是 Richards 函数,其次是 Schumacher 函数,残差平方和大小顺序为: Richards 函数 $<$ Schumacher 函数 $<$ Gompertz 函数 $<$ Logistic 函数 $<$ Gauss 函数,决定系数大小顺序为: Richards 函数 $>$ Schumacher 函数 $>$ Gompertz 函数 $>$ Logistic 函数 $>$ Gauss 函数。对于竞争劣势木而言,残差平方和最小,决定系数最大,对标准木拟合效果最理想的仍然是 Richards 函数,其次仍是 Schumacher 函数,残差平方和大小顺序为: Richards 函数 $<$ Schumacher 函数 $<$ Gompertz 函数 $<$ Gauss 函数 $<$ Logistic 函数,决定系数大小顺序为: Richards 函数 $>$ Schumacher 函数 $>$ Gompertz 函数 $>$ Gauss 函数 $>$ Logistic 函数,与竞争优势木的排序结果有所差异。

表 2 单木生长模型的拟合与检验结果

Table 2 Fitting and test results of individual tree growth model

竞争态势	模型名称	模型参数				模型检验			决定系数
		a	b	c	k	残差平方和	显著水平	F 值	
竞争优势木	Richards 函数	1041.2200	-1.0004	-1.4747	0.0001	140.1164	0.0000	209.4721	0.9416
	Logistic 函数	2.1579	-0.0930	-	29.9074	221.9468	0.0000	196.0739	0.9074
	Schumacher 函数	54.0423	40.3414	9.0999	-	164.5228	0.0000	271.4910	0.9314
	Gauss 函数	28.4101	0.8769	-	0.0017	225.9308	0.0000	192.2637	0.9058
	Gompertz 函数	32.4625	2.8087	0.0563	-	189.7617	0.0000	232.7217	0.9209
竞争劣势木	Richards 函数	875.284	-1.0014	-0.9072	0.0009	452.1621	0.0000	249.9235	0.8802
	Logistic 函数	2.7385	-0.0887	-	31.4416	502.1610	0.0000	335.7406	0.8670
	Schumacher 函数	108.9490	98.7507	19.7669	-	465.1439	0.0000	366.5581	0.8768
	Gauss 函数	33.1515	0.9385	-	0.0006	494.8676	0.0000	341.4478	0.8689
	Gompertz 函数	40.9139	3.5182	0.0419	-	476.1393	0.0000	356.9039	0.8739

2.3 单木胸径生长量预测分析

由单木胸径生长量预测分析图(见图 2、图 3)可知,就整体而言,不管是竞争优势木还是竞争劣势木,不论是胸径总生长量还是胸径连年生长量,5 种

生长模型对标准木的拟合效果都很接近,而且重合率很高。就胸径总生长量而言,竞争优势木和竞争劣势木的胸径总生长量大概都是从 55 a 左右开始明显分化,并且 5 种生长模型中 Richards 函数预测

的胸径总生长量最大, Logistic 函数预测的胸径总生长量最小, 具体顺序为: Richards 函数 > Schumacher 函数 > Gompertz 函数 > Gauss 函数 > Logistic 函数。就胸径连年增长量而言, 竞争优势木在 5 a ~ 10 a 左右出现第一个明显的高峰, 随后出现一个 5 a 左右时间的短时期缓慢的生长期, 之后生长速率一路上升至 20 a ~ 25 a 到达连年生长的第 2 个高峰, 随后开始进入缓慢期直至衰老。竞争劣势木在 5 a 左右出现第 1 个明显的高峰 (Richards 函数只有 1 个高峰, 在 45 a 左右出现), 随后出现一个 5 a 左右时间的短时期缓慢生长期, 之后生长速率一路上升至 35 a ~ 45 a 到达连年生长的第 2 个高峰, 随后开始进入缓慢期直至衰老。总体来看, Logistic 函数的收敛速度最快, Richards 函数的收敛速度最慢, 具体收敛速度排序为 Logistic 函数 > Gauss 函数 > Gompertz 函数 > Schumacher 函数 > Richards 函数。

在成熟期和生长停止期方面, 就竞争优势木而

言: Richards 函数的在 25 a 左右出现成熟期, 25 a ~ 100 a 一直为缓慢生长期, 100 a 左右也未出现生长停止期, 与马尾松的实际生长情况不符; Schumacher 函数在 25 a 左右出现成熟期, 而在 25 a ~ 100 a 出现缓慢生长期, 较符合马尾松的实际生长情况; Logistic 函数、Gauss 函数和 Gompertz 函数 3 种模型的生长停止期都出现的比较早, 在 25 a 左右出现成熟期, 在 80 a 左右出现生长停止期, 不符合马尾松的实际生长情况。就竞争劣势木而言: Richards 函数的在 45 a 左右出现成熟期, 45 a ~ 100 a 一直为缓慢生长期, 100 a 左右也未出现生长停止期, 与马尾松的实际生长情况不符; Schumacher 函数在 35 a 左右出现成熟期, 而在 35 a ~ 100 a 出现缓慢生长期, 比较符合马尾松的实际生长情况; Logistic 函数、Gauss 函数和 Gompertz 函数 3 种模型的生长停止期出现的较早, 在 35 a 左右出现成熟期, 在 90 a 左右出现生长停止期, 与马尾松的实际生长情况有所出入。

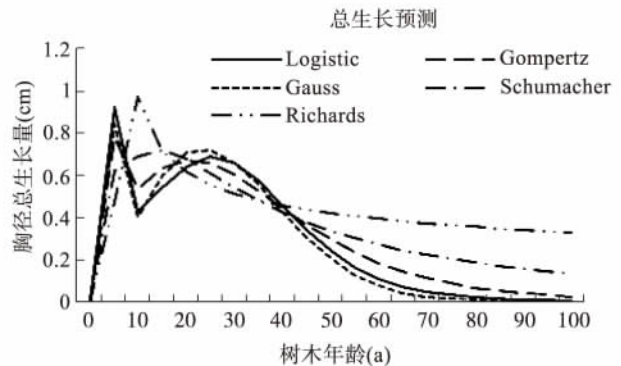
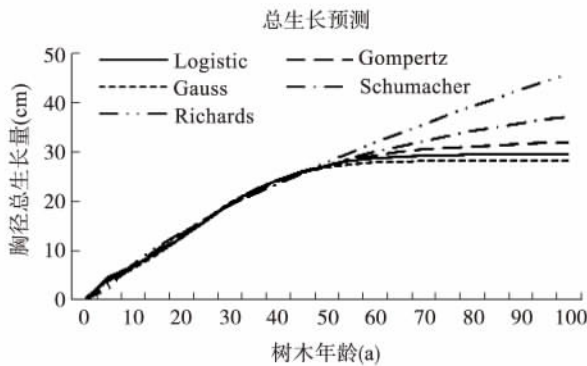


图 2 竞争优势木胸径生长量预测图

Fig. 2 The forecast amount of diameter growth of dominant tree

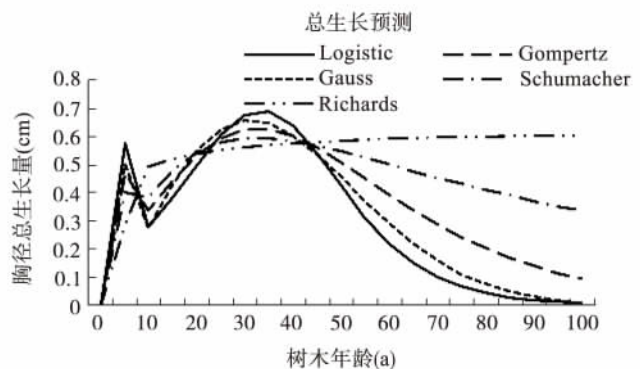
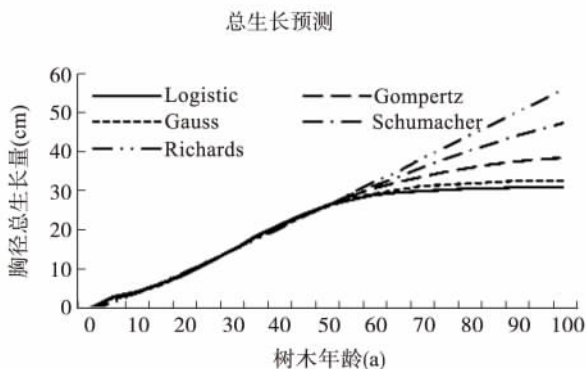


图 3 竞争劣势木胸径生长量预测图

Fig. 3 The forecast amount of diameter growth of oppressed tree

3 结论与讨论

本研究利用 Richards 函数、Logistic 函数、Schu-

macher 函数、Gauss 函数以及 Gompertz 函数 5 种生长模型对重庆市石宝镇马尾松的单木胸径生长进程进行了探讨, 得出对竞争优势木和竞争劣势木的拟合效果最好的均是 Richards 函数, 其次是 Schumacher

er 函数,而 Gauss 函数和 Logistic 函数的拟合效果较差。由于考虑到 Richards 函数的参数(有 4 个参数)太多,而拟合效果与之接近的 Schumacher 函数的参数(有 3 个参数)相对较少,考虑到模型运算的简便性以及结构的清晰性,模型的参数则越少越理想。因此,本研究选取 Schumacher 函数作为重庆市石宝镇马尾松的单木胸径生长模型最为理想。此外,由单木胸径生长量预测分析的结果可知,不论是竞争优势木还是竞争劣势木,通过 Schumacher 函数来判断重庆市石宝镇马尾松的生长过程较为合适,与研究区马尾松的实际生长情况比较吻合。因此,无论是竞争优势木还是竞争劣势木,Schumacher 函数均是描述马尾松胸径生长进程的最佳模型,竞争优势木与竞争劣势木的胸径生长模型表达式分别为: $d = 54.0423 * \exp[-40.3414/(t + 9.10)]$; $d = 108.9491 * \exp[-98.7507/(t + 19.7669)]$ 。

马尾松是重庆市石宝镇的主要防护和用材树种,研究成果在一定程度上能够为研究区的森林尤其是马尾松林分的可持续经营提供参考依据。本研究由于条件所限,采用的马尾松标准木数据相对偏少,这可能会对研究结果有所影响,如果在以后的相关研究中能够增加标准地和标准木的数量,并选取不同的地域、不同立地条件的实验数据做对比研究,

研究结果可能会更有参考和应用价值。

参考文献:

- [1] 孟宪宇. 测树学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2008: 254 ~ 293.
- [2] 胡焕香, 余济云, 李俊, 等. 湖北桂花林场橡木次生林单木生长模型研究[J]. 中南林业科技大学学报(自科版), 2013, 33(4): 61 ~ 65.
- [3] 刘平, 王玉涛, 杨帆, 等. 基于单木生长模型的森林动态模拟系统研究进展[J]. 世界林业研究, 2011, 24(5): 25 ~ 29.
- [4] Zhao D, Bruce B, Machel W. Individual tree diameter growth and mortality models for bottomland mixed species hardwood stands in the lower Mississippi alluvial valley [J]. Forest Ecology and Management, 2004, 199(2): 307 ~ 322.
- [5] 张惠光. 福建柏单木生长模型的研究[J]. 中南林业调查规划, 2006, 25(3): 1 ~ 4.
- [6] 黄新峰, 亢新刚, 宋玲, 等. 红松单木断面面积生长模型[J]. 西北林学院学报, 2011, 26(3): 143 ~ 146.
- [7] 刘兆刚, 李凤日, 于金成. 落叶松人工林单木模型的研究[J]. 植物研究, 2003, 23(2): 237 ~ 243.
- [8] 任瑞娟, 亢新刚, 杨华. 天然林单木生长模型研究进展[J]. 西北林学院学报, 2008, 23(6): 203 ~ 206.
- [9] 曾思齐, 李俊, 李东丽, 等. 南方集体林区南酸枣次生林林分结构研究[J]. 中南林业科技大学学报(自科版), 2012, 32(4): 1 ~ 6.
- [10] 胡焕香, 余济云, 张敏, 等. 海南阿陀岭加勒比松树高曲线的研究[J]. 福建林业科技, 2013, 40(3): 118 ~ 122.

(上接第 83 页)

理改革。建立和健全林权合理流转机制。

(7) 努力拓宽林业融资渠道。改革林业金融扶持政策,开展林农小额贷款、林木直接抵押贷款、林权证担保抵押贷款。探索和建立由国家、集体、个人共同承担的林业风险担保机制。

(8) 建议成立广元现代效益林业研究中心,建现代效益林业统计评价指标体系。以科技兴林为支撑,转变林业产业发展方式。加强林业科技基础设施建设。要进一步增加对林业科技的投入,建立林业科技数据库和林业信息网络,强化林业资源监控手段,改善林业管理方式,提升林业服务水平。提高林业科研能力。充分发挥科研基地的示范带动作用。加

快林业科技推广步伐。

(9) 围绕主体生态功能区建设,打造成生态文明教育基地,构建繁荣的生态文化体系。

3.4 加快转变发展方式,建设现代效益林业,立足抓好目前工作,不断提高兴林富民惠民实效

要围绕政策争取项目,深刻领会西部大开发规划、秦巴山区连片扶贫规划等重大规划和中央、省、市涉农政策以及中央 1 号文件和全国、全省林业工作会议精神,准确把握林业发展趋势和投资重点。调研在规划前,规划在项目前,围绕发展目标和重点工程,建立和完善林业项目储备库。

总之,发展现代效益林业是新时期林业建设的方向,促进林业科学发展的中心环节。