

三峡库区马尾松天然林生长规律研究

王 威, 党永峰

(国家林业局 调查规划设计院, 北京 100714)

摘 要:以三峡库区马尾松天然林生长规律为研究对象,依据库区第五、六、七次连续 3 期全国森林资源清查固定样地及样木数据,划分地位级,对库区马尾松天然林生长规律进行探索。采用幂函数、S 曲线、单分子(Mitscherlich)式、理查德(Richard)模型分别对库区马尾松天然林胸径、树高、材积、蓄积生长规律进行拟合,模型通过检验,得到了理想的结果,为三峡库区森林资源监测以及经营决策提供理论依据。

关键词:三峡库区,马尾松天然林,生长模型

中图分类号:S718. 43 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2013)06-0125-04

Growth Model of Masson Pine Natural Forests in the Three Gorges Reservoir Area

WANG Wei, DANG Yong-feng

(Survey & Planning Institute, State Forestry Administration, Beijing 100714, China)

Abstract:Growth models of masson pine natural forests in the areas around the Three Gorges Reservoir were investigated. Based on the date of National Forest Resources Inventory including plots and trees, the growth regularity was simulated by dividing the area into different site classes. Power function model, S curve model, Mitscherlich model, and Richard (1959) model were applied to simulate diameter, height, volume, and accumulation of the Masson pine natural forest. The results of simulation were tested and desired results were achieved. The results provided theoretical basis for forest resources monitoring and management decision in the three gorges reservoir area.

Key words:three gorge reservoir; masson pine natural forest; growth model

三峡水库是长江流域最大的水利工程,也是世界上最大的水利工程,在防洪、发电、航运等方面发挥着重要的作用。森林资源是维护三峡水库安全运行的重要生态屏障。森林生长规律研究是反映森林生长变化规律的指标,是衡量林地生产力的尺度,是预测森林生长变化、计算林木增值及森林资源档案管理的依据,是制定林业方针政策、编制林区发展规划、科学经营、合理利用森林资源的前提^[1]。因此,本研究选择以三峡库区主要林分类型-马尾松天然林为研究对象,探索其在三峡库区生长规律,为三峡库区森林资源监测以及经营决策提供理论依据。

1 研究区概况

三峡库区地处 105°44'~111°39'E, 28°32'~31°

44'N, 东南、东北与鄂西交界,西南与川黔接壤,西北与川陕相邻。库区最高峰云盘岭为 2 796. 8 m, 向东南降到 1 000~800 m, 中部平行岭谷区 1 200~200 m, 海拔最低处三斗坪仅 66 m。库区内河谷平坝约占总面积的 4. 3%, 丘陵占 21. 7%, 山地占 74. 0%。根据地理情况,库区可主要划分为 2 部份:大巴山—巫山山区和川东平行岭谷区。三峡库区地处中纬度,属湿润亚热带季风气候区。年降水量 1 000~1 250 mm, 年平均气温为 17~19℃, 无霜期 300~340 d, 相对湿度达 60%~80%。地带性土壤为红壤和山地黄壤。

三峡库区植被类型在 70 个以上,其中乔木类型 25 个以上,分布在海拔 180~1 810 m 之间;灌木类

型 16 个以上,分布海拔范围为 110~1 900 m;草本共 22 个类型。按植被类型可分为:亚热带常绿阔叶林、亚热带常绿和落叶阔叶混交林、亚热带落叶阔叶林、亚热带常绿针叶林、亚热带竹林。库区主要森林树种有马尾松 (*Pinus massoniaina*)、杉木 (*Cunninghamia lanceolata*)、柏木 (*Cupressus funebris*) 等乔木树种 180 多种。阔叶林比重小,针叶林比重大(占 90%以上,其中马尾松又占 70%以上),中幼林比重大,多为 20 世纪 60 年代或 70 年代的人工林,灌木层种类少,群落种类组成、层次结构简单^[2]。

2 研究方法

2.1 资料收集与处理

研究数据为三峡库区范围的第五、六、七次连续 3 期全国森林资源清查(简称“一类调查”)样地及样本数据。按起源将库区马尾松分天然林和人工林分别研究,选择样地郁闭度在 0.4~0.8 间,筛选株数大于 30 株的样地,样地总个数 952 块,建模样地个数 667 块,检验样地个数 285 块,林龄 6~60 a,平均胸径 13 cm,平均树高 11 m,公顷蓄积量 43 m³。

2.2 模型选择与检验

三峡库区马尾松天然林生长模型的选择研究基于以往研究成果^[3,4],整理分析数据,根据数据表现特征筛选模型。为便于应用,以常见的回归模型和理论生长模型为首选,经过数据拟合,筛选出较为理

想的模型。由于天然林分特征较复杂^[5-10],研究结合三峡库区实际情况和样本数据特征^[11-13],将三峡库区马尾松天然林按照地位级进行划分,同时,选用一定郁闭度范围内的样本,以提高模型的精度。分别对库区马尾松天然林的树高生长、胸径生长、材积增长、蓄积生长进行拟合,采用的生长量模型公式如表 1 所示^[14]。利用检验样本对模型检验,模型估计值与真值进行比较,采用配对样本 t 检验^[15],比较样本与估计值二者间差异显著性,即:差异越显著,模型拟合结果越差,反之,模型拟合效果越好。

表 1 研究选取的生长模型及应用

Table 1 Growth model selected and their application		
模型名称	模型公式	模型应用
幂函数	$y=ax^b$	胸径与树高关系拟合
S 型曲线	$y=e^{(a b/x)}$	胸径与材积增长量拟合
单分子(Mitscherlich)式	$y=a(1-e^{-b/x})$	林龄与胸径生长量拟合
理查德(Richard)	$y=a(1-e^{-bt})^c$	林龄与蓄积生长量拟合

3 结果与分析

将三峡库区马尾松天然林按照地位级划分,利用三峡库区马尾松天然林分平均高与林分平均年龄关系,首先生成向导曲线,向导曲线选择理查德(Richard,1959)方程,依据数据变动范围,用等离差法生成地位级曲线簇,根据样本数据拟合结果,将库区马尾松天然林划分为 5 个地位级(表 2)。

表 2 三峡库区马尾松天然林各地位级拟合曲线方程回归系数

Table 2 Growth model parameters of masson pine natural forest based on different statas level

地位级	参 数			建模样地 个数/块	检验样本 数量/块	平均胸径 /cm	平均树高 /m	林木蓄积 /(m ³ ·hm ⁻²)
	A	B	C					
地位级 1	194.77	0.72	0.01	100	43	11.5±2.0	7.4±1.1	36.97
地位级 2	231.14	0.69	0.01	180	77	11.7±2.0	9.1±1.5	37.05
地位级 3	274.32	0.67	0.01	220	94	12.0±1.9	10.6±2.0	46.43
地位级 4	325.56	0.64	0.01	47	20	14.1±2.5	13.4±2.1	50.24
地位级 5	386.36	0.61	0.01	120	51	14.7±3.6	15.3±2.6	58.05

利用常用的生长方程分别对三峡库区马尾松天然林胸径、树高、材积增长量、蓄积量进行拟合。分地位级后,幂函数模型对库区马尾松天然林胸径与树高拟合效果较好,S 型曲线模型对库区马尾松天然林胸径与材积增长量拟合效果较好,单分子式模型对库区马尾松天然林林龄与胸径生长量拟合效果较好,理查德模型对库区马尾松天然林林龄与蓄积生长量拟合效果较好(表 3~表 6)。t 检验(双尾结果中,t 值概率均小于 0.001。地位级 4 涉及的各模型相对误差较大,可能由于检验样本数量较少。

经过对三峡库区马尾松天然林蓄积和胸径生长速率随林龄的增加逐渐减小,幼龄林时二者生长速率较大,生长较快,进入中、成熟林后,蓄积增长速度趋于平缓,生长速率小于 1%;当林龄在 50 a 后,胸径生长速率小于 1%。胸径生长速率放缓的趋势略迟于蓄积生长速率(表 7)。不同地位级蓄积和胸径生长速率变化趋势存在差异,地位级较高的林分生长速率进入放缓趋势更早,反映出在较好的立地条件下,三峡库区马尾松天然林分将更早进入数量成熟阶段。

表 3 三峡库区马尾松天然林胸径与树高生长过程拟合

Table 3 DBH and height growth models of masson pine natural forest

地位级	胸径与树高生长方程	R ²	配对样本 T 检验				
			t 值	均值	均值的标准差	均值的标准误	均值的相对标准误/%
地位级 1	$y=0.892\ 98\cdot t^{0.84264}$	0.90	12.65	0.255 0	0.130 6	0.019 9	7.81
地位级 2	$y=1.243\ 63\cdot t^{0.78261}$	0.93	14.07	0.252 5	0.156 4	0.017 8	7.06
地位级 3	$y=1.475\ 33\cdot t^{0.75289}$	0.97	17.28	0.322 8	0.180 1	0.018 6	5.75
地位级 4	$y=1.825\ 49\cdot t^{0.70812}$	0.92	6.75	0.257 9	0.166 5	0.025 2	9.79
地位级 5	$y=2.255\ 07\cdot t^{0.68963}$	0.93	13.60	0.331 9	0.172 6	0.024 2	7.28

表 4 三峡库区马尾松天然林胸径与材积生长过程拟合

Table 4 DBH and volume models of masson pine natural forest

地位级	胸径与材积增长方程	R ²	配对样本 T 检验				
			t 值	均值	均值的标准差	均值的标准误	相对标准误/%
地位级 1	$y=e^{(-1.481\ 96-27.861\ 07/t)}$	0.89	14.66	0.000 9	0.000 4	0.000 1	6.74
地位级 2	$y=e^{(-1.362\ 72-28.222\ 34/t)}$	0.93	13.01	0.001 4	0.001 0	0.000 1	7.64
地位级 3	$y=e^{(-1.174\ 56-30.790\ 40/t)}$	0.95	13.15	0.001 2	0.000 9	0.000 1	7.56
地位级 4	$y=e^{(-1.103\ 02-31.510\ 17/t)}$	0.94	9.04	0.001 0	0.000 5	0.000 1	10.78
地位级 5	$y=e^{(-1.005\ 23-32.309\ 12/t)}$	0.91	10.82	0.001 4	0.000 9	0.000 1	9.15

表 5 三峡库区马尾松天然林林龄与胸径生长过程拟合方程

Table 5 DBH and forest age models of masson pine natural forest

地位级	林龄与胸径生长方程	R ²	配对样本 T 检验				
			t 值	均值	均值的标准差	均值的标准误	相对标准误/%
地位级 1	$y=34.323\ 88-27.876\ 72e^{-0.006\ 64t}$	0.91	12.92	0.401 1	0.201 2	0.030 7	7.65
地位级 2	$y=37.652\ 34-31.123\ 31e^{-0.009\ 43t}$	0.96	18.14	0.495 8	0.238 2	0.027 2	5.48
地位级 3	$y=40.130\ 50-32.173\ 60e^{-0.010\ 73t}$	0.93	19.69	0.596 3	0.292 0	0.030 1	5.05
地位级 4	$y=45.438\ 94-37.458\ 44e^{-0.0115\ 63t}$	0.90	10.70	0.589 5	0.240 2	0.053 7	9.11
地位级 5	$y=49.199\ 23-41.88\ 840e^{-0.015\ 16t}$	0.92	16.24	0.834 0	0.363 2	0.050 9	6.10

表 6 三峡库区马尾松天然林林龄与蓄积生长过程拟合方程

Table 6 Volume and forest age models of masson pine natural forest

地位级	林龄与蓄积生长方程	R ²	配对样本 T 检验				
			t 值	均值	均值的标准差	均值的标准误	相对标准误/%
地位级 1	$y=54.145\ 84(1-e^{-0.007\ 24t})^{0.825\ 39}$	0.89	11.45	0.507 2	0.287 1	0.043 8	8.63
地位级 2	$y=65.673\ 28(1-e^{-0.0021\ 99t})^{1.053\ 99}$	0.90	12.96	1.223 1	0.822 6	0.093 7	7.66
地位级 3	$y=70.794\ 66(1-e^{-0.055\ 97t})^{1.234\ 34}$	0.92	16.04	2.218 3	1.333 3	0.137 5	6.20
地位级 4	$y=86.608\ 87(1-e^{-0.066\ 75t})^{1.324\ 62}$	0.89	10.34	2.299 5	1.327 0	0.216 7	9.42
地位级 5	$y=104.835\ 78(1-e^{-0.075\ 01t})^{1.448\ 53}$	0.91	12.88	3.633 9	1.994 9	0.279 3	7.69

表 7 三峡库区马尾松天然林蓄积和胸径生长过程表(中等地位级)

Table 7 Volume and DBH models of masson pine maturat forest (middle-class-statas)

林龄/a	公顷蓄积 /(m ³ ·hm ²)	蓄积增 长率/%	平均胸 径/cm	平均胸径 增长率/%
5	12.42	20.07	9.58	3.22
10	24.88	8.32	11.13	2.63
15	35.23	4.68	12.59	2.21
20	43.47	2.96	13.98	1.89
25	49.90	1.99	15.30	1.64
30	54.87	1.39	16.56	1.44
35	58.69	0.99	17.75	1.27
40	61.60	0.72	18.88	1.14
45	63.82	0.53	19.95	1.02
50	65.51	0.39	20.97	0.92
55	66.79	0.29	21.94	0.84
60	67.77	0.22	22.86	0.76

4 结论与讨论

基于已有大量的林分生长模型,采用“一类调查”数据对三峡库区马尾松天然林生长规律进行了研究。天然林生长规律较复杂,需要大量的样本及长期的观测数据,本研究采用连续 3 期“一类调查”数据,在一定程度上满足了观测样本时间较长,数据量大的条件。但由于林分年龄偏小,建模中缺乏林龄较大的样本,导致模型对于林分中、后期的生长规律模拟可能存在偏差。三峡库区马尾松天然林分生长趋势较缓慢,体现在林分平均胸径、树高生长较慢,蓄积量较低等方面,这可能与三峡库区特殊的地势、地貌有关,需进一步的研究。

参考文献：

- [1] 孟宪宇. 侧数学[M]. 北京:中国林业出版社,1995:285-289.
- [2] 三峡工程生态与环境监测系统信息中心. 库区概况[EB/OL]. 北京:国务院三峡工程建设委员会,2011[2013-03-10] <http://www.tgenviron.org>.
- [3] 于政中. 数量森林经理学[M]. 北京:中国林业出版社,1995, 305-349.
- [4] 李佳,邵全琴,黄麟. 我国马尾松、杉木、湿地松生长方程研究进展[J]. 西北林学院学报,2010,25(4):151-156.
LI J, SHAO Q Q, HUANG L. Review on the growth equations of *Pinus massoniana*, *Cunninghamia lanceolata* and *Pinus elliottii* in China[J]. Journal of Northwest Forestry University,2010,25(4):151-156. (in Chinese)
- [5] 卢军,张会儒,李凤日. 大兴安岭天然林分生长模型研究[J]. 林业资源管理,2011,(3):33-37.
LU J, ZHANG H R, LI F R. Natural forest stand growth models for Daxinganling Mountains [J]. Forest Resources Management,2011,(3):33-37. (in Chinese)
- [6] 李贤伟,胡庭兴,杨祯禄. 马尾松天然林采伐年龄的研究[J]. 四川农业大学学报,1996,14(3):437-439.
LI X W, HU T X, YANG Z L. A study on cutting age of *Pinus massoniana* natural forest[J]. Journal of Sichuan Agricultural University[J]. 1996,14(3):437-439. (in Chinese)
- [7] 孟宪宇,葛宏立. 云杉异龄林立地质量评价的数量指标探讨[J]. 北京林业大学学报,1995,17(1):1-8.
MENG X Y, H L. A new quantitative measure for evaluating site quality of unevenaged *Picea stands*[J]. Journal of Beijing Forestry University,1995,17(1):1-8. (in Chinese)
- [8] 李清顺,卢志伟. 利用森林资源连续清查数据编制地位级表[J]. 林业勘察设计,2010(2):7-10.
- [9] 刘洋,亢新刚,郭艳荣,等. 异龄林生长动态研究进展[J]. 西北林学院学报,2012,27(6):146-151.
LIU Y, KANG X G, GUO Y R, *et al.* Research progress on the growth dynamics of uneven-aged forest [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2012, 27 (6): 146-151. (in Chinese)
- [10] 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. (in chinese)
REN R J, KANG X G, YANG H. Review on growth model of individual-tree in nature forest[J]. Journal of Northwest Forestry University,2008,23(6):203-206. (in Chinese)
- [11] 葛宏立,孟宪宇,唐小明. 应用于森林资源连续清查的生长模型系统[J]. 林业科学研究,2004,17(4):413-419.
GE H L, MENG X Y, TANG X M. Growth model system for continuous forest inventory[J]. Forest Researc, 2004,17 (4):413-419. (in Chinese)
- [12] 亢新刚,崔相慧,王虹. 冀北次生林 3 个树种林分生长过程表的编制[J]. 北京林业大学学报,2001,23(3):39-42.
KANG X G, CUI X H, WANG H. Compilation of stand growth table for 3 tree species of secondary forest in north Hebei Province[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2001, 23(3):39-42. (in Chinese)
- [13] 王鹏程,肖文发,姚婧,等. 三峡库区 3 种典型森林主要组成树种的种群结构及更新[J]. 林业科学,2009,45(7):7-15.
WANG P C, XIAO W F, YAO Q, *et al.* Population structure and regeneration of the main tree species in three typical forests in the Three Gorges Reservoir Area[J]. Scientia Silvae Sinicae,2009,45(7):7-15. (in Chinese)
- [14] 唐守正,郎奎建,李海奎. 统计和生物数学模型计算[M]. 北京:科学出版社,2009,308-310.
- [15] 卢纹岱. SPSS 统计分析[M](四版). 北京:电子工业出版社, 2012,209-214.