

广西百色细叶云南松天然林生长规律研究

杨秀星¹, 严理², 黄毅翠¹, 秦武明², 唐丹²

(1. 广西国有雅长林场, 广西百色 533209; 2. 广西大学林学院, 广西南宁 530004)

摘要:为了更好地经营和管理细叶云南松天然林,对广西百色国有雅长林场二十三年生细叶云南松天然林生长规律进行研究。结果表明:二十三年生细叶云南松人工林平均胸径 22.20 cm(去皮),平均树高 16.5 m,平均材积 0.318 3 m³。该树种总体上在 1~11 a 为快速生长期,11~23 a 为平稳生长期。通过对不同生长模型的拟合,相关性 R² 均达 0.99 以上,拟合度优良,胸径、树高、材积的生长模型分别以理查德模型、威布尔模型、坎派兹模型最优。

关键词:细叶云南松;天然林;生长规律;生长模型

中图分类号:S725.7 **文献标识码:**B **文章编号:**1002-2767(2015)03-0076-07 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2015.03.0076

细叶云南松(*Pinus yunnanensis* var.),为松科松属,是云南松进化演替过程中的一个地理变种,其外部形态与原种的区别集中表现在细叶云南松的针叶为灰绿色,细柔下垂,直径在 1 mm 以内^[1]。细叶云南松为常绿乔木,针叶 3 针 1 束,细柔下垂与思茅松较相似。为减少水分丧失并保证在干燥的环境下生存,松针外层包裹着角质和腊质外膜。细叶云南松较耐瘠薄,在土壤肥力不高的林区也能良好生长,并可达南方速生丰产林的要求。其球果第 2 年秋季成熟,树木产松脂,木材结构细腻,适合制作家具。

细叶云南松原产地位于云南、贵州南部以及广西西北部,分布海拔 300~1 600 m,位于 N23°50'~25°40',E104°10'~107°10',南北纵贯 1°50',东西横跨 3°00',范围狭窄,属于微域分布的类型^[2]。分布区位于红壤地带,南部的砖红壤化红壤亚地带,土类随地势和母岩变化而发生变化^[3]。其分布的南界限已经接近北回归线,分布区范围内属于典型的南亚热带气候类型。气候特点可概括为:冬暖夏热,夏季高温多雨,冬春少雨多晴,干湿季节明显。目前成林的细叶云南松多以天然林形式存在,人工林较少并且培育年限较短。

因细叶云南松是地理分布导致的一个变种,目前,学者对其研究还不多,涉及到的研究方向主要包括松针挥发油的化学成分^[4]、细叶云南松干

形^[5]、群系^[6-7]、地理分布和环境的关系^[8]以及分布区土壤肥力特性^[9]的研究等。当前对于细叶云南松生长特点以及生长规律的研究除了吴敏^[10]等人对七十二年生细叶云南松天然林的研究外,鲜见其它同类型研究。为此,结合项目课题的内容,本文将对天然分布细叶云南松中幼林(二十三年生)的胸径、树高和材积的生长规律进行解析,与此同时对其生长过程进行生长模型拟合,以期对细叶云南松天然林的保护、经营、管理以及人工林的培育、经营提供一定科学依据。

1 研究地概况

本研究选取的试验地位于广西国有雅长林场,其地处云贵高原东南边缘,是广西丘陵向云贵高原过渡的山原地带。该地区属于桂西中热带季风气候区,深受季风环流和梵风效应共同作用的影响,海洋湿润气团盛行于夏季,而大陆寒冷气团在冬季盛行,并且由于山势高大,地形较复杂,形成了中热带山地气候这一独特气候特色。试验区内热量充沛,冬短夏长,干湿季节较为明显。年平均气温 16.8℃,历年最高气温达到 38.0℃,极端最低气温可至-3℃,年降雨量 1 058 mm,蒸发量为 1 484.7 mm,相对湿度大致保持在 82%。实验地有明显的旱季雨季,其中每年的 5~10 月为雨季,降雨量占全年的 80%以上,11 月至次年 4 月为旱季。土壤多由砂页岩风化的残积母质发育而成,土壤垂直分布大致为海拔 800 m 以上为黄壤,800 m 以下为红壤,其中 500 m 以下较干热的地方则发育为褐红壤。位于试验地研究区域内的主要灌木包括盐肤木(*Rhus chinensis*)、野牡丹(*Melastoma candidum*)、余甘子(*Phyllanthus*

收稿日期:2015-07-29

第一作者简介:杨秀星(1970-),男,广西壮族自治区乐业县人,学士,工程师,从事林业科技推广与营林管理工作。

通讯作者:秦武明(1953-),男,广西壮族自治区博白县人,教授,硕士生导师,从事森林培育与生态经济。E-mail: qinwuming11@163.com。

emblica)、十大功劳(*Mahonia fortunei*)、乌饭树(*Vaccinium bracteatum*)等;常见草本有石珍芒(*Arundinella nepalensis*)、白茅(*Imperata cylindrica*)、龙须草(*Eulaliopsis binata*)和五节芒(*Miscanthus floridulus*)等(以上数据由雅长林场提供)。

2 研究方法

2.1 样地的设置及调查

2013 年 11 月,在广西国有雅长林场细叶云南松天然林中幼林(二十三年生)中,根据细叶云南松的实际生长情况,分别设立面积为 20 m×30 m 的标准地 4 块共 2 400 m²,对标准地内林木进行每木检尺,实测每株树的树高、胸径和枝下高等,记录样地的海拔、坡向、坡位、林下植被组成、盖度和高度等。

2.2 生长规律的调查

选择 6 株生长正常,无病虫害的平均木作为解析木,准确确定根颈位置、实测胸径,并在树干上标明胸高直径的位置和南北方向。将解析木伐倒,测定由根颈到第一个活枝在树干上的高度,然后打去枝桠,在全树干上标明北向,测量全树高。伐倒样木后,于伐倒木 0(树根锯口处)、1.3、3.3、5.3 m……,按 2 m 区分段收取取圆盘带,圆盘厚度为 5 cm 左右,在圆盘非工作面上标明南北方向、解析木编号以及圆盘编号,带回实验室刨光,从东西方向和南北方向分别测定圆盘的 生长轮宽度,取平均值作为当年的生长轮宽度,各龄阶的树高由树高生长曲线图查出,各龄阶的去皮材积利用区分段法求算^[11]。

2.3 生长模型拟合

林木的生长过程很多学者都有过研究^[12-18],普遍认为一个理想的生长规律模型一般具备精确性和通用性的要求,有时候还要求具备数学和生物学的意义。为研究细叶云南松天然林中幼林(二十三年生)的生长规律,选择较为常用的经验模型和理论模型 6 种,表达式如下:

(1)逻辑斯蒂模型: $Y=K/(1+e^{A+BT})$; (2)苏玛克模型: $Y=Ae^{-B/(t+c)}$; (3)威布尔模型: $Y=A[1-e^{-((T-B)/C)^D}]$; (4)坎派兹模型: $Y=Ae^{(-Be^{-KT})}$; (5)二次曲线模型: $Y=A+BT+CT^2$; (6)理查德模型: $Y=A(1-e^{-BT})^C$ 。

式中, Y 为树木的生长量, T 为树木的生长年龄, A 、 B 、 C 、 D 为需要估计的位置参数。

将经树干解析后得到的胸径、树高和材积的平均值分别带入选定的作为模型拟合的 6 个模型中,然后选择拟合决定系数 R^2 最大、残差平方和最小以及 F 值最大的拟合模型为最优模型。

2.4 数据分析

采用 Excel 2003 版本以及 Spass 18.0 数据处理系统,对数据进行统计和分析处理。

3 结果与分析

3.1 细叶云南松生长过程的分析

分别从树高、胸径和材积生长随时间的变化规律,有针对性地诠释细叶云南松天然林中幼林(二十三年生)的生长特点。将 6 株平均标准木进行树干解析,取胸径、树高、材积的平均值得到关于其生长过程的研究结果(见表 1)。

表 1 细叶云南松生长过程
Table 1 Growth process master list of *Pinus yunnanensis* var.

胸径 cm/DBH				树高/m Tree height			材积/m ³ Volume of wood			胸高形数 B-H form-factor
年龄 Age	总生长量	平均生	连年生长量	总生	平均生长量	连年生长量	总生长量	平均生长量	连年生长量	
	Total	长量	Current	长量	Average	Current	Total	Average	Current	
	growth	Average	annual	Total	growth	annual	growth	growth	annual	
growth										form-factor
1	1.10	1.10	1.10	0.60	0.60	0.60	0.000195	0.000194	0.000194	
2	1.57	0.79	0.47	1.25	0.70	0.80	0.00091	0.000454	0.0007146	
3	2.77	0.92	1.20	2.23	0.74	0.83	0.001735	0.000578	0.0008252	
4	4.00	1.00	1.23	2.93	0.73	0.70	0.003259	0.000814	0.0015237	
5	5.10	1.02	1.10	3.83	0.77	0.90	0.005769	0.001153	0.0025107	
6	6.32	1.05	1.22	4.73	0.79	0.90	0.010478	0.001746	0.0047083	
7	7.28	1.04	0.97	5.87	0.84	1.13	0.015288	0.00218	0.0048103	
8	8.45	1.06	1.17	6.40	0.80	0.75	0.023035	0.002879	0.0077474	

续表 1 Continuing Table 1

年龄 Age	胸径 cm/DBH			树高/m Tree height			材积/m ³ Volume of wood			胸高形数 B-H form-factor
	总生长量 Total growth	平均生 长量 Average growth	连年生长量 Current annual growth	总生 长量 Total growth	平均生长量 Average growth	连年生长量 Current annual growth	总生长量 Total growth	平均生长量 Average growth	连年生长量 Current annual growth	
9	9.25	1.03	0.80	7.27	0.81	0.87	0.029962	0.003329	0.0069266	0.6135
10	10.30	1.03	1.05	8.27	0.83	1.00	0.040722	0.004072	0.0107597	0.5911
11	11.25	1.02	0.95	8.87	0.81	0.60	0.052401	0.004763	0.0116789	0.5945
12	12.45	1.04	1.20	9.60	0.80	0.73	0.068538	0.005711	0.0161377	0.5864
13	13.65	1.05	1.20	10.33	0.79	0.73	0.087480	0.006729	0.0189410	0.5785
14	14.55	1.04	0.90	11.17	0.80	0.83	0.103910	0.007422	0.0164299	0.5596
15	15.60	1.04	1.05	11.87	0.79	0.70	0.125678	0.008378	0.0217685	0.5541
16	16.62	1.04	1.02	12.53	0.78	0.67	0.148916	0.009307	0.0232373	0.5478
17	17.55	1.03	0.93	13.23	0.78	0.70	0.173589	0.010211	0.0246727	0.5422
18	18.42	1.02	0.87	13.93	0.77	0.70	0.199477	0.011082	0.0258884	0.537
19	19.20	1.01	0.78	14.60	0.77	0.67	0.224557	0.011818	0.0250800	0.5312
20	20.12	1.01	0.92	15.07	0.75	0.47	0.250330	0.012516	0.0257724	0.5227
21	20.98	1.00	0.87	15.60	0.74	0.53	0.274732	0.013082	0.0244020	0.5092
22	21.65	0.98	0.67	16.07	0.73	0.47	0.296398	0.013472	0.0216662	0.5011
23	22.20	0.97	0.55	16.50	0.72	0.43	0.318251	0.013837	0.0218520	0.4982
带皮	24.32	-	-	16.50	-	-	0.318251	-	-	-

3.1.1 细叶云南松胸径生长规律 细叶云南松的胸径生长过程中(见图 1),年平均生长量波动情况不明显,维持在 1.00 cm·a⁻¹左右,最低为第 2 年的 0.79 cm·a⁻¹,最高为第 8 年的 1.06 cm·a⁻¹,表明该树在 23 a 间平稳生长,生长潜力还没消退。连年生长量波动较大,生长量较高的年份为第 4 年 1.23 cm·a⁻¹以及第 3、6、12、13 年,均达到 1.20 cm·a⁻¹以上,表明这些年份为胸径快速生长期,如需培育大径阶材则需保证这几年的水肥,充分利用树种的快速生长阶段。除去最初生长的两年,胸径生长影响最大的年份为第 9 年,相对于第 8 年下降了 0.37 cm·a⁻¹,推测原因可能是在该年林木之间的种内竞争变得显著。

在 16 a 之前胸径的连年生长量与平均生长量交替上升,16 a 后,连年生长量均平均生长量。16 a 后连年生长量虽在 1.05~0.55 cm·a⁻¹波动,但总体为下降趋势,胸径生长能力不如 16 a 以前,可以适当考虑抚育间伐。

3.1.2 细叶云南松树高生长规律 由表 1 和图 2 看出,二十三年生细叶云南松树高的连年生长量变动幅度较大,整体来说可以分为 3 个阶段,在

0~11 a 为快速增长期,11~19 a 年为平稳期,19 a 之后为缓慢生长期。树高连年生长量曲线在第 7 年(1.13 m·a⁻¹)和第 10 年(1.05 m·a⁻¹)较高。连年生长量曲线在 10~11 a 时与平均生长量曲线相交,之前,树高连年生长量基本上均大于平均生长量,为快速增长期,应注意水肥的充分施用。在第 8 年,树高生长量受到的影响最为显著,相比于第 7 年下降了 0.38 m·a⁻¹。

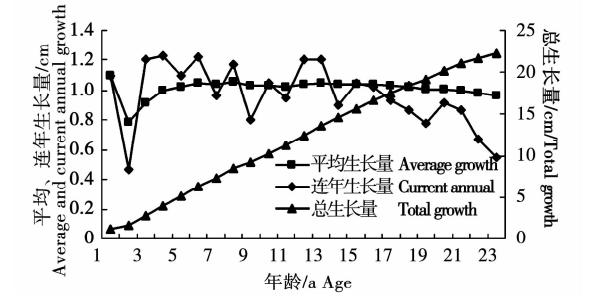


图 1 细叶云南松胸径生长曲线
Fig.1 DBH growth curves of *Pinus yunnanensis* var.

原因可能是林木在生长过程中会产生种内竞争,相互抑制,在之后的第 10 年,树高连年生长量又回到了最高生长点,林木进行自然稀疏之后林

分内的阳光、水肥更多的供应到了较优的个体。

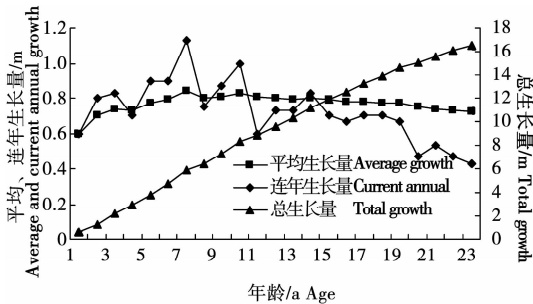


图2 细叶云南松树高生长曲线

Fig. 2 Height growth curves of *Pinus yunnanensis* var.

3.1.3 细叶云南松材积生长量规律 材积的生长一直都是目标经营用材树种首要考虑的因子,对细叶云南松天然林树木的材积生长研究结果由表1和图3可知,材积年平均生长量在20 a之前增长较快,20 a之后生长速度稍微放缓但增长势头仍未消退。连年生长量呈波动状态,23 a之前基本持续攀升,18 a时达到最大,为 $0.0259\text{ m}^3\cdot\text{a}^{-1}$ 。14~23 a材积连年生长维持在高水平,在 $0.022\sim 0.0259\text{ m}^3\cdot\text{a}^{-1}$ 间波动。材积连年生长量低于相邻年份生长量的年份为第9年和第14年,与胸径、树高出现此类情况的年份相近,分别为9、14和8、11 a说明材积生长、胸径、树高的生长存在着密切的关系,具体关系还需进行进一步的考究。

从图3中可以看出,细叶云南松材积连年生长量在23 a前始终大于平均生长量,而且上升趋势在23 a后推测依旧较明显,说明细叶云南松在23 a还未达到数量成熟,林木材积增长还有很大空间。

3.1.4 胸高形数规律 由图4可以看出,胸高形数呈缓慢下降趋势,22 a之前胸高形数均保持在0.501以上,说明其生长过程中干形通直,干形保持好,到23 a,形数为0.498,仍保持较高水平。

表2 胸径与年龄生长关系模型拟合分析

Table 2 Fitting analysis for tree diameters at chest height and age growth relational model

模型 Models	参数 Parameter				残差平方 和 SSE	R ²	F
	A	B	C	D			
逻辑斯蒂方程 Logistic equation	27.1460	2.2074	-0.1659		7.3853	0.9941	1947.186
二次方程 Quadratic	-1.0139	1.2688	-0.0111		2.0031	0.9984	7210.101
苏马克 Schumacher	59.5333	29.2918	6.8387		1.8944	0.9985	7624.378
坎派兹 Compertz	30.8306	2.8883	0.0960		3.2107	0.9974	4493.845
理查德 Richards	41.2285	0.0427	-0.9791	-0.7443	1.8715	0.9985	4921.404
威布尔 Weibull	39.1565	-0.1837	26.688	1.2097	1.8766	0.9985	4908.059

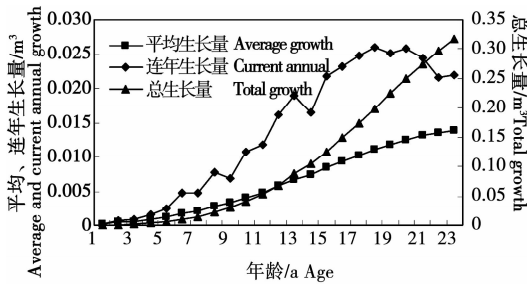


图3 细叶云南松材积生长曲线

Fig. 3 Volume growth curves of *Pinus yunnanensis* var.

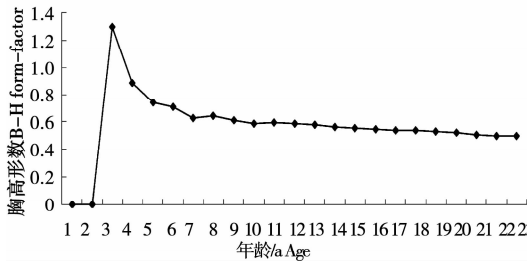


图4 细叶云南松的胸高形数曲线图

Fig. 4 Common B-H form-factor growth curves of *Pinus yunnanensis* var.

3.2 细叶云南松生长模型的拟合与校验

树木生长模型的研究,一直是树木生长规律研究的重点。林木生长模型,能定量地反映林木生长的特点,也是林木生长预测的一种科学方法。本研究将细叶云南松的各生长指标与常用的6种生长模型进行拟合,最终得出二十三年生细叶云南松的生长回归方程。

3.2.1 胸径生长模型拟合 由表2可以看出,6个模型的拟合效果均良好,模型相关系数R²均在0.99以上,其中理查德模型和威布尔模型R²均达到了0.9985,结合残差平方和最小的原则,选取理查德模型作为细叶云南松的胸径生长模型,其表达式为: $Y=41.2285/((1-0.979108\times\text{EXP}(-0.042673\times T))\times(1/-0.744264))$

3.2.2 细叶云南松树高生长模型拟合 由表 3 可以看出,6 个模型的拟合效果都较好,模型相关系数 R^2 均在 0.99 以上,其中理查德模型和威布尔模型 R^2 均达到了 0.999 6,结合残差平方和最小的原则,选取威布尔模型作为细叶云南松的胸径生长模型,其表达式为: $Y=21.7683 \times (1 - \text{EXP}(-((T+0.515547)/18.3364) \times 1.3657))$

3.2.3 细叶云南松材积生长模型拟合 由表 4

可以看出,6 个模型除了二次方程模型($R^2 = 0.994\ 6$)外,其余拟合效果都很好,模型相关系数 R^2 均在 0.99 以上,其中苏马克、坎派兹和理查德模型 R^2 均达到了 0.999 4,结合残差平方和最小,以及 F 值最大的原则,选取坎派兹模型作为细叶云南松的胸径生长模型,其表达式为: $Y=0.669\ 128 \times \text{EXP}(-7.717\ 0 \times \text{EXP}(-0.102\ 226T))$

表 3 细叶云南松树高生长与年龄的关系模型

Table 3 Relational model of height growth and age of *Pinus yunnanensis* var.

模型 Models	参数 Parameter				残差平方 和 SSE	R^2	F
	A	B	C	D			
逻辑斯蒂方程 Logistic	18.3933	2.3160	-0.1972		5.8522	0.9931	1792.901
二次方程 Quadratic	-0.8027	1.0268	-0.0122		0.8479	0.999	12447.980
苏马克 Schumacher	35.3368	21.1612	4.4979		0.5654	0.9993	18674.670
坎派兹 Compertz	20.0939	3.0480	0.1189		1.5564	0.9982	6775.907
理查德 Richards	23.1474	0.0704	-0.9353	-0.5953	0.3727	0.9996	18137.170
威布尔 Weibull	21.7683	-0.5155	18.3364	1.3657	0.3173	0.9996	21301.570

表 4 细叶云南松材积生长与年龄的关系模型

Table 4 Relational model of growth and tree age of *Pinus yunnanensis* var.

模型 Models	参数 Parameter				残差平方 和 SSE	R^2	F
	A	B	C	D			
逻辑斯蒂方程 Logistic	0.4822	4.5855	-0.2320		0.0018	0.9970	4134.191
二次方程 Quadratic	-0.0131	0.0010	0.0006		0.0031	0.9946	2307.030
苏马克 Schumacher	2.1629	48.2823	2.1582		0.0004	0.9994	19686.210
坎派兹 Compertz	0.6691	7.7170	0.1022		0.0003	0.9994	22093.220
理查德 Richards	0.6691	0.1022	0.0004	0.0001	0.0003	0.9994	14137.730
威布尔 Weibull	0.6014	2.3693	23.1900	2.3577	0.0004	0.9993	12233.250

3.2.4 细叶云南松生长模型的校验 得出了各生长量的生长模型,还需对模型进行效验,以便得出拟合效果的准确程度,进而用于实际生产的指导。

效验的方法为将树干解析得到的实际的生长值与拟合模型所计算出的拟合值进行比较,得出平均相对误差和残差和(见表 5)。

表 5 胸径、树高以及材积生长与年龄关系模型校验

Table 5 Relational model checking table of tree diameters at chest height, tree high, mass-accretion and age

年龄 Age	胸径/cm DBH			树高/m Height			材积/m ³ Volume		
	实测值 Measured value	拟合值 Fitted value	残差 Residual error	实测值 Measured value	拟合值 Fitted value	残差 Residual error	实测值 Measured value	拟合值 Fitted value	残差 Residual error
1	1.1	1.05	0.05	0.71	0.6	0.11	0.0006	0.0002	0.0004
2	1.57	1.61	-0.04	1.40	1.4	0	0.0012	0.0009	0.0003
3	2.90	2.77	0.13	2.17	2.23	-0.07	0.0023	0.0017	0.0006
4	3.95	4	-0.05	2.99	2.93	0.05	0.004	0.0033	0.0007

续表 5 Continuing Table 5

年龄 Age	胸径/cm DBH			树高/m Height			材积/m ³ Volume		
	实测值 Measured value	拟合值 Fitted value	残差 Residual error	实测值 Measured value	拟合值 Fitted value	残差 Residual error	实测值 Measured value	拟合值 Fitted value	残差 Residual error
5	5.03	5.1	−0.07	3.84	3.83	0	0.0065	0.0058	0.0007
6	6.13	6.32	−0.19	4.70	4.73	−0.03	0.0102	0.0105	−0.0003
7	7.23	7.28	−0.05	5.57	5.87	−0.29	0.0154	0.0153	0.0001
8	8.33	8.45	−0.12	6.44	6.4	0.04	0.0222	0.0230	−0.0008
9	9.41	9.25	0.16	7.30	7.27	0.03	0.0309	0.0300	0.0009
10	10.49	10.3	0.19	8.14	8.27	−0.13	0.0417	0.0407	0.0010
11	11.54	11.25	0.29	8.95	8.87	0.09	0.0546	0.0524	0.0022
12	12.58	12.45	0.13	9.74	9.6	0.14	0.0696	0.0685	0.0011
13	13.59	13.65	−0.06	10.51	10.33	0.18	0.0867	0.0875	−0.0008
14	14.58	14.55	0.03	11.24	11.17	0.08	0.1058	0.1039	0.0019
15	15.54	15.6	−0.06	11.95	11.87	0.08	0.1265	0.1257	0.0008
16	16.48	16.62	−0.14	12.62	12.53	0.09	0.1488	0.1489	−0.0001
17	17.39	17.55	−0.16	13.26	13.23	0.03	0.1722	0.1736	−0.0014
18	18.28	18.42	−0.14	13.87	13.93	−0.07	0.1965	0.1995	−0.0030
19	19.13	19.2	−0.07	14.44	14.6	−0.16	0.2213	0.2246	−0.0033
20	19.97	20.12	−0.15	14.98	15.07	−0.08	0.2464	0.2503	−0.0039
21	20.77	20.98	−0.21	15.49	15.6	−0.11	0.2715	0.2747	−0.0032
22	21.55	21.65	−0.1	15.97	16.07	−0.09	0.2964	0.2964	0.0000
23	22.31	22.2	0.11	16.42	16.5	−0.08	0.3183	0.3158	0.0025

4 结论与讨论

桂西地区百色雅长林场二十三年生细叶云南松天然林平均胸径(去皮)、树高、材积分别为22.20 cm、16.5 m、0.318 3 m³,胸径、树高、材积之呈正相关关系,以树干解析方法来看,二十三年生细叶云南松还未达到数量成熟龄,数量成熟龄、工艺成熟龄等年龄还需进一步探讨。

胸径生长规律中,在16 a之前连年生长量基本大于平均生长量,16 a后,连年生长量虽在1.05~0.55 cm波动,但总体为下降趋势,可以适当考虑抚育间伐,以使保留木得到更多的生长空间和养分。树高生长规律中,在1~11 a为树高快速增长期,11~19 a为平稳期,19 a之后为缓慢生长期。材积生长规律中,连年生长量呈波动状态,18 a时达到最大。14~23 a材积连年生长维持在高水平,在0.022 0~0.026 0 m³·a⁻¹间波动。

胸高形数规律表明细叶云南松生长过程中整体干形较好。经营管理者应根据细叶云南松的不同生长期,采取不同的生长调节措施,在快速生长期投入足量的水肥,培育优良林木。

在建立的胸径、树高、材积生长回归方程中,根据相关系数最大,残差平方和最小等原则,综合评定出最优模型。胸径与林龄关系以理查德模型最优,树高与林龄的关系以威布尔模型最优,材积与林龄关系以坎派兹模型最优。模型拟合的相关度R²均达0.99以上,误差效验残差和也均小于0.02,均可以用于生长实践中。其表达式分别为:

胸径生长模:Y=41.228 5/((1-0.979 108×EXP(-0.0426 73×T))×(1/-0.744 264))

树高生长模型:Y=21.768 3×(1-EXP(-(T+0.515 547)/18.336 4))×1.365 7))

材积生长模型:Y=0.669 128×EXP(-7.717 0×

EXP(-0.102 226T))

细叶云南松作为云南松的一个地理变种,具有其特定的生长规律和优势,从本文对二十三年生细叶云南松的生长规律研究来看,细叶云南松具备优良生长特性,生长快速,产材量高,而且对生长环境的要求不高,能适应较瘠薄的立地条件,适合作为先锋树种栽种。

参考文献:

- [1] 郑万钧等. 中国裸子植物[J]. 植物分类学报, 1976, 13(4): 56-89.
- [2] 李治基, 王献溥. 广西细叶云南松的地理分布和环境的关系[J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 1981, 5(1): 28-37.
- [3] 徐学良. 细叶云南松林在贵州的地理分布和生长特性[J]. 贵州科学, 1983(1): 91-95.
- [4] 田玉红, 李梓, 梁才. 拉雅松和细叶云南松松针挥发油的化学成分[J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(1): 51-55.
- [5] 陆道调, 李宏. 广西国营雅长林场细叶云南松干形研究[J]. 云南林业调查规划设计, 1997(1): 15-20.
- [6] 王献溥. 广西细叶云南松林的群落学特点[J]. 植物研究, 1991, 11(3): 91-103.
- [7] 王献溥. 广西细叶云南松群系的初步研究[J]. 植物研究,

1987, 7(1): 127-150.

- [8] 李治基, 王献溥. 广西细叶云南松的地理分布和环境的关系[J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 1981(1): 28-37.
- [9] 杨炳强, 李大南. 广西雅长细叶云南松分布区土壤的肥力特性[J]. 广西农学院学报, 1988, 7(3): 27-33.
- [10] 吴敏, 李春叶, 秦武明, 等. 七十二年生细叶云南松天然林生长规律研究[J]. 广东农业科学, 2014(2): 61-65.
- [11] 孟宪宇. 测树学[M]. 3 版. 北京: 中国林业出版社, 2006.
- [12] 蒙奕奕, 石晓蒙, 黄寿先, 等. 23 年生大叶栎人工林的生长规律研究[J]. 广东农业科学, 2013(7): 57-60.
- [13] 梁有祥, 秦武明, 玉桂成, 等. 桂东南地区火力楠人工林生长规律研究[J]. 西北林学院学报, 2011, 26(2): 150-154.
- [14] 韦善华, 覃静, 朱贤良, 等. 南宁地区灰木莲人工林生长规律研究[J]. 西北林学院学报, 2011, 26(5): 174-178.
- [15] 唐继新, 白灵海, 郭文福, 等. 红椎人工林生长规律的初步研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2012, 32(4): 51-54.
- [16] 李兵兵, 原民龙, 贾彦龙, 等. 华北落叶松人工林生长规律研究[J]. 河北农业大学学报, 2012, 35(2): 60-64.
- [17] 吴鹏, 丁访军, 许丰伟, 等. 黔南马尾松人工林生长规律研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2011, 31(8): 51-55.
- [18] 陈必勇. 霞浦县柳杉人工林生长规律的研究[J]. 福建林业科技, 2006, 33(3): 52-55.

Study on the Growth Regularity of Natural Forest of *Pinus yunnanensis* var. in Baise Guangxi

YANG Xiu-xing¹, YAN Li², HUANG Yi-cui¹, QIN Wu-ming², TANG Dan²

(1. Guangxi Yachang Forest Farm, Baise, Guangxi 533209; 2. Forestry College of Guangxi University, Nanning, Guangxi 530004)

Abstract: In order to better operate and manage the natural forest of *Pinus yunnanensis* var., the growth regularity of *Pinus yunnanensis* var. was studied, which was 23-year-old and provided from Guangxi Yachang Forest Farm. The results showed that the average DBH, tree height and volume of *Pinus yunnanensis* var. were 22.20 cm, 16.5 m, and 0.318 3 m³ respectively. Generally, rapid growth period was in 1~11 years, stabilize growth period was in 11~23 years. Through simulated different growth models, growth regularity of *Pinus yunnanensis* var. was fitted with other growth models, and all the correlation R² was over 0.99. The best growth model for DBH, tree height and volume optimum respectively were Richard model, Weibull model, and Compertz model.

Keywords: *Pinus yunnanensis* var.; natural forest; growth regularity; growth model

欢迎加盟理事会、协办单位