

桂东南马尾松工程幼林生长量及其生物量节律研究

The Rhythm of Growth and Biomass of Engineering Young Forest of *Pinus massoniana* Lamb. in the Southeast Guangxi

黄承标

梁宏温

Huang Chengbiao

Liang Hongwen

(广西大学林学院 南宁 530001)

(Forestry College, Guangxi University, Nanning, 530001)

摘要 1991年~1996年,对桂东南马尾松工程幼林的生长量及生物量进行连续的定位定期观测。结果表明:马尾松工程林 6年生幼林的林木蓄积量和生物量分别为 $36.16 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 和 $36.86 \text{ t}/\text{hm}^2$, 分别比常规造林 11年生和不施肥同龄林增加 3倍~6倍;揭示了马尾松幼林生长量规律及其影响的主要气象因子,马尾松工程幼林各器官生物量随年龄的变化规律,并分别建立与地径逐月生长量的回归预测模型。

关键词 马尾松 工程幼林 生长量 生物量

Abstract The growth and biomass of engineering young forest of *Pinus massoniana* Lamb. in the southeast Guangxi was in situ observed for 6 years (1991~1996). The total growing-stock and biomass of 6 years old young forest of *Pinus massoniana* Lamb. was $36.16 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ and $36.86 \text{ t}/\text{hm}^2$ respectively, which were by 3~6 times higher than rule planting (11 years old) and no-fertilized young forest (the same years old). It brought to light the growth law of engineering young forest of *Pinus massoniana* Lamb. and its main influential meteorology factors, and to light the change law of organ biomass as tree ages on *Pinus massoniana* Lamb., and the predictional model of regression equation of organ biomass with ground diameter was built respectively.

Key words *Pinus massoniana* Lamb., engineering young forest, growth, biomass

中图法分类号 S 791.248.01, S 791.248.05

马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb.) 是我国的主要用材树种之一。该树种遍及我国南方 15 个省 (自治区), 分布于淮河流域和汉水流域以南, 西至四川中部 贵州中部和云南东南部。在广西营造马尾松人工林面积约占造林树种面积的一半。该树种造林更新容易, 能适合干燥瘠薄的土壤生长, 是荒山造林的重要先锋树种。

马尾松人工林的营造技术, 一般采用常规的比较粗放的经营方式, 如飞播 一锄法造林等。因此, 其林木蓄积量一直处于较低水平^[1]。近年来, 随着科学技术的高速发展和适应市场经济建设的需要, 工程林的营造逐渐兴起。本文试图以缩短轮伐期为出发点, 采取良种育苗、穴垦整地及施肥抚育等高标准的经营林技术措施, 探讨马尾松工程幼林生长量及其生物量的时空变化规律, 为桂东南以及相似立地条件的其他周边地带营造马尾松速生丰产林提供理论依据和技术措施。

1 研究地自然概况

研究地设置在北回归线南缘的桂平市蒙圩镇境内, 地理坐标在 $23^{\circ}23'N$, $109^{\circ}57'E$, 海拔高 80 m~ 400 m。土壤为砂页岩发育的砖红性红壤, 土层厚度 0.6 m~ 1.5 m, 石砾含量 30%~ 60%。

该区原为蒙圩镇社队所管辖, 1975~ 1980 年间曾营造马尾松人工林, 由于经营管理不善和受乱砍滥伐的影响, 均零星残存一些大小不等的小块林, 且长势极差。主要灌草植物 40 余种, 其中以桃金娘 (*Rhodomyrtus tomentosa*)、岗松 (*Baeckea frutescens*)、铁芒萁 (*Dicranopteris linearis*)、纤毛鸭嘴草 (*Ischaemum ciliare*) 为优势, 高度 0.2 m~ 1.2 m, 盖度 60%~ 70%, 是当地群众燃料的主要来源。

据同步气象观测资料, 该区年平均气温 $21.0^{\circ}C$, 日均温 $\geq 10^{\circ}C$ 的积温为 $6816.8^{\circ}C$, 7 月均温 $27.5^{\circ}C$, 1 月均温 $11.6^{\circ}C$, 极端最高温 $36.9^{\circ}C$, 极端最低温 $0.0^{\circ}C$, 年均降水量 1712.1 mm, 其中 5 月~ 8 月占全年总雨量的 71.7%, 年均风速 2.2 m/s, 干燥度为 0.71, 属南亚热带季风气候区域。

2 研究方法

2.1 造林地的经营管理技术

1990 年, 桂平市金田林场与蒙圩镇建立联营场, 实施林业部世行贷款“国家造林项目”营造马尾松工程林。马尾松种源为本区贵港市覃塘 3 号, 于 1991 年 1 月 25 日播种, 3 月 1 日移植到塑料薄膜营养杯中, 营养杯基肥配方为 5% 过磷酸钙, 45% 火烧土 (草皮泥) 和 50% 黄泥心土。经三者混合均匀后再熏 30 d 左右而成。

造林前炼山, 用穴垦整地, 规格为 40 cm 长 \times 40 cm 宽 \times 30 cm 深, 造林密度 3000 株 / hm^2 。造林时, 每株种植穴的底部施磷钾复合肥 125 g。造林后第 2 年进行穴内松土抚育, 第 3 年结合抚育每株追施磷钾复合肥 125 g, 沟施 (深度 20 cm) 于离树蔸 15 cm 处。

2.2 林木生长量及生物量测定

在中等立地条件的相同坡位上, 设置 3 个重复小区, 每个小区面积 $100 m^2$, 样木 30 株。用油漆标记样木的地径或胸径, 用油标卡尺在固定标记上测定地径或胸径, 用钢尺或自制标杆测定树高。每月底定期每木检尺。立木蓄积量按 $V = 0.71426537 \times 10^{-4} \cdot D^{1.867008} \cdot H^{0.9014632}$

林木生物量样地设置在与林木生长量样地相同海拔的同一坡面上,于每年 12 月底,据地径和树高的每木检尺数据,划分成 3 个径级,每个径级选择一株平均木,共 3 株样树。用整株收割法^[3],按树干、树枝、树叶、树皮、树根 5 种组分全部取样或部分取样,经 85°C 烘干至恒重。然后根据逐年地径及其各组分的干重建立多种回归拟合,筛选最佳模型,最后再分别乘以逐年各径级的株数,求算林分逐年生物量。

根据所测定的生长量及生物量数据和同步观测的主要气象资料,运用数理统计的方法进行相关分析^[4,5]。

3 结果与分析

3.1 马尾松幼林的生长规律

3.1.1 树高生长规律

测定结果表明(表 1),该区树高全年各月几乎都生长,但其生长快慢在不同年份存在差异。就多年平均值来说,树高生长在 1 年中基本呈现 2 次高峰,2 月开始急剧生长,至 3 月~4 月产生第 1 次高峰,其平均连月生长量达 17.1 cm~19.0 cm;5 月以后生长逐渐下降,至 7 月~8 月呈现生长第 2 次高峰,其平均连月生长量在 11.1 cm~12.9 cm 之间,稍比第 1 次高峰期为小。

树高的年际生长规律,于造林后第 2 年开始迅速生长,至第 3 年生长最快,其平均连年生长量达 122.5 cm,以后生长则逐渐减缓。这一现象是造林后第 3 年或以前进行施肥抚育和第 4 年后停止施肥抚育等经营措施的变化所致。表明马尾松幼林施肥抚育对树高生长十分敏感,而且其生长效果是极为显著的。

表 1 马尾松工程幼林历年逐月树高生长量

年份	逐月树高生长量 (cm)											
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1991							20.7	26.1	29.2	30.3	30.7	32.7
1992	33.1	40.2	52.9	65.4	74.6	84.8	95.8	103.8	107.6	108.9	109.3	109.4
1993	110.3	114.9	135.3	153.5	169.5	180.8	199.0	212.6	223.3	227.9	230.8	231.9
1994	232.4	237.3	254.1	273.5	284.9	294.0	309.1	323.1	332.5	335.4	337.4	339.7
1995	341.7	343.9	365.7	388.2	394.9	401.2	416.6	428.6	431.9	433.9	436.9	437.4
1996	438.1	442.5	456.3	478.8	495.1	499.3	504.2	508.8	512.2	514.3	515.7	517.8
平均值	231.1	235.8	252.9	271.9	283.8	292.0	304.9	316.0	321.5	324.1	326.0	327.2
与上月的 差值		4.7	17.1	19.0	11.9	8.2	12.9	11.1	5.5	2.6	1.9	1.2

3.1.2 地径生长规律

由表 2 知道,地径生长的月变化规律在不同年份有一定波动。从多年平均值看,一年中的月生长规律基本呈现 2 次高峰期,第 1 次高峰期出现在 3 月,其平均连月生长量为 0.14 cm,至 4 月又开始下降。5 月后又开始恢复迅速生长,至 6 月~9 月呈现波浪式升降生长,且达最大值(即第 2 次生长高峰期),其平均连月生长量在 0.24 cm~0.27 cm 之间,相应比第 1 次高峰(3 月)增大 1 倍,且持续时间长达 4 个月。

地径年生长规律,于造林后第 3 年生长最快,比树高生长相应推迟 1 年左右,其连年生长量达 2.89 cm;第 4 年后生长则逐渐减慢。说明,施肥抚育与否对马尾松幼林的直径生长也

表 2 马尾松工程幼林历年逐月地径生长量

年份	逐月地径生长量 (cm)											
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1991							0.32	0.45	0.51	0.54	0.56	0.64
1992	0.66	0.76	0.86	1.00	1.23	1.55	1.81	1.93	2.12	2.15	2.17	2.19
1993	2.22	2.37	2.49	2.62	2.90	3.30	3.82	4.19	4.62	4.84	5.05	5.08
1994	5.09	5.15	5.34	5.45	5.68	5.96	6.27	6.59	6.94	7.09	7.17	7.19
1995	7.21	7.26	7.41	7.54	7.72	7.95	8.13	8.42	8.63	8.75	8.85	8.93
1996	8.97	9.02	9.13	9.22	9.32	9.38	9.46	9.59	9.73	9.78	9.81	9.85
平均值	4.83	4.91	5.05	5.17	5.37	5.63	5.90	6.14	6.41	6.52	6.61	6.65
与上月的差值		0.08	0.14	0.12	0.20	0.26	0.27	0.24	0.27	0.11	0.09	0.04

3.1.3 林木蓄积量

统计表明 (表 3), 马尾松工程造林 6 年生的林木蓄积量 ($36.16 \text{ m}^3/\text{h}^2$) 分别比临近地段相似立地条件的群众常规造林 (11 年生) 和不施肥同龄试验林以及林业部 (6 年生, $3000 \text{ 株}/\text{hm}^2$) 的造林验收指标增加 3 倍多。从而充分说明, 采用良种营养杯育苗、穴垦整地及施肥抚育等高标准的经营管理措施的林木产量极为显著。

3.2 林木径高生长与气象因子的相关性

3.2.1 树高月生长与气象因子的关系

马尾松树高月生长进程, 除取决于林木本身的生物学特性外, 还与气象因子密切相关。为进一步探讨和了解该区域马尾松工程林历年逐月树高生长与气象因子的相关性, 我们以历年树高连月生长量 (以下地径也相同) 分别和相对应的月平均气温、月降水日数等 15 个气象因子进行双重筛选逐步回归, 最后筛选出与树高 (Y_1) 关系最密切的 4 个主要气象因子 (精度 95%), 它们是月降水日数 (d)、月平均水汽压 (hpa)、月地面极端最高温度 ($^{\circ}\text{C}$) 和月日照时数 (h)。其中前三者的影响为正相关, 后者的影响为负相关 (表 4) 造成这一结果的原因可能是研究区地处桂东南丘陵地带, 太阳直接辐射强、温度高。

在林木的生长过程中, 如果某一气象要素偏离范围、出现偏多偏少、偏高偏低等互不协调现象, 必然会抑制林木的正常生长。如本文的日照时数与树高生长呈负

表 3 不同经营措施马尾松林分生长量比较

林种	林龄 (a)	树高 (m)	胸径 (cm)	蓄积 (m^3/hm^2)
工程造林	4	3.40	4.29	9.79
	5	4.48	6.19	24.89
	6	5.30	6.97	36.16
群众常规造林	11	3.60	4.00	9.00
不施肥试验林	5	2.06	2.18	5.97
林业部验收指标*	6	3.60	4.00	9.00

* 林业部世界银行贷款项目管理中心, 林业部调查规划设计院 1991 年, 中国国家造林项目技术工作手册。

表 4 主要气象因子与树高连月生长量的回归系数

气象因子	回归系数	偏相关系数
B_{10} : 月降水日数	0.31019	0.241
B_{12} : 月日照时数	- 0.07033	- 0.526
B_{15} : 月平均水汽压	0.37442	0.462
B_8 : 月地面极端最高温度	0.11586	0.246
B_0	- 0.12023	0.868

注: $Y_1 = - 0.12023 - 0.07033B_{12} + 0.37442B_{15} + 0.31019B_{10} + 0.11586B_8$

表 5 主要气象因子与地径连月生长量的回归系数

气象因子	回归系数	偏相关系数
B_8 : 月地面极端最高温	- 0.00391	- 0.391
B_{10} : 月降水日数	0.00805	0.305
B_{15} : 月平均水汽压	0.01159	0.625
B_{12} : 月日照时数	0.00049	0.209
B_0	- 0.00264	0.862

注: $Y_2 = - 0.00264 + 0.01159B_{15} + 0.00391B_8 + 0.00805B_{10} + 0.00049B_{12}$

相关就是一例。马尾松虽是阳性树种，但对幼龄期的幼嫩植株来说，遇到日照时间过长，太阳直接辐射强烈，会导致林木矮化现象。

3.2.2 地径月生长与气象因子的关系

经过回归筛选，得出月平均水汽压、月降水日数和月日照时数与地径连月生长量 (Y_2) 呈正相关，而与月地面极端最高温度呈负相关 (表 5)

在白天，未郁闭的林地地表获得大量的太阳辐射能而增温。据同期观测资料统计，该地马尾松工程林地历年月地面极端最高温度在 $21.7^{\circ}\text{C} \sim 68.9^{\circ}\text{C}$ 之间。其中 4 月 \sim 10 月为 $33.1^{\circ}\text{C} \sim 68.9^{\circ}\text{C}$ 。可见，林地地表这样高的温度，必然会制约着地径生长，甚至可能会引起林木基径产生“日灼”现象。

3.3 马尾松工程林的生物量规律

3.3.1 林木各器官生物量的分配

由表 6 和图 1 可以看出，马尾松工程林平均木各器官生物量的分配显示规律性的变化。从不同林龄各器官的相对生物量而言，1 年生时为：叶 (38.9%) > 根 (25.0%) > 干 (19.4%) > 枝或皮 (8.3%)；2 年生时为：叶 (44.8%) > 干 (18.3%) > 皮 (13.6%) > 根 (12.5%) > 枝 (10.8%)；3 年生时为：叶 (34.5%) > 干 (23.5%) > 枝 (15.3%) > 根 (13.7%) > 皮 (13.0%)；4 年生时为：干 (27.2%) > 根 (22.9%) > 叶 (22.3%) > 枝 (16.8%) > 皮 (10.9%)；5 年生时为：干 (37.5%) > 枝 (21.3%) > 根 (19.8%) > 叶 (11.7%) > 皮 (9.7%)；6 年生时为：干 (40.3%) > 枝 (21.4%) > 根 (17.8%) > 叶 (10.7%) > 皮 (9.7%)。

从不同林龄相同器官的相对生物量看，树干和树枝基本随林龄的增大而有所增加，至 6 年生时树干约占全株总量的 $2/5$ ，并且在 4 年生时开始居各器官干重之首；而树叶基本随林龄的增大而下降，但在 1 年生至 3 年生时居各器官干重之首；树根和树皮随林龄的增大而呈现波浪式升降现象。

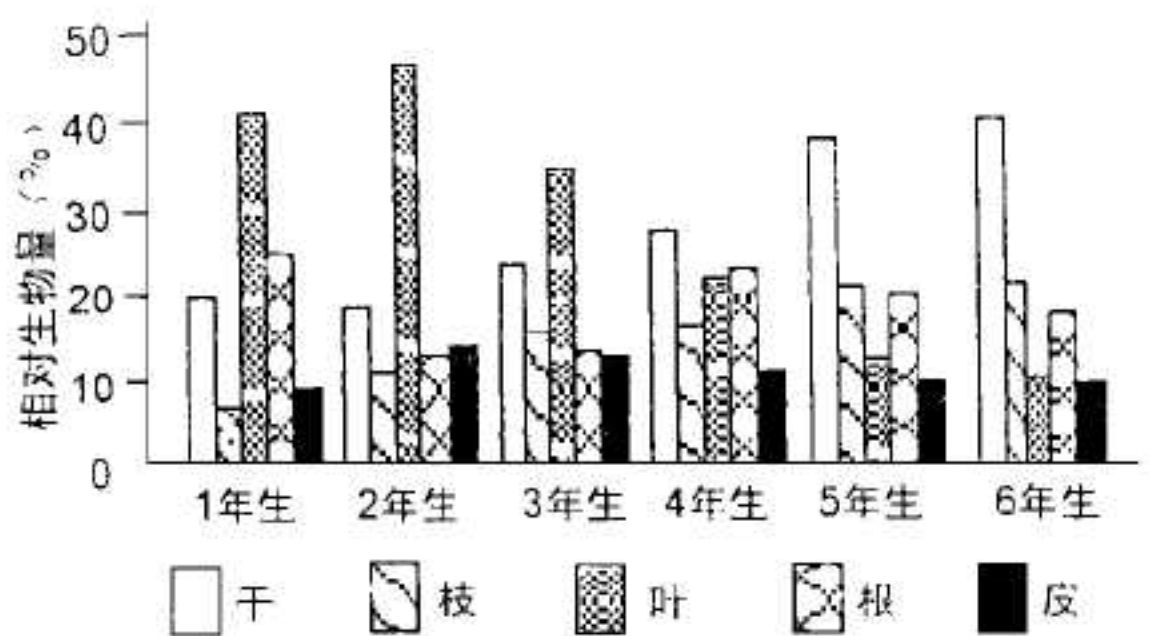


图 1 马尾松工程幼林各器官相对生物量的年变化

生物总量的年变化规律，于造林后第 4 年出现最大值，其连年生物总量达

5.137 kg，以后的增长率则逐渐缓慢下降，这与生长量的年变化规律基本吻合。这可能与此时期停止施肥抚育等有关。

由表 6 还看出，5 年生工程林的平均木生物量 (11.154 kg)，比不施肥同龄林分的平均木生物量 (1.672kg) 增大 6 倍多。可见，施肥幼林的增产效益是极为显著的。

3.3.2 林木各器官生物量与生长量的关系

为探讨和获得较高预测精度的林木生物量的时空分布格局，我们运用林木地径、树高、地径与树高的乘积、地径的平方与树高的乘积 4 个因子分别作为自变量，以林木各器官 (干、枝、叶、根、皮) 的干重作为因变量进行多种回归模型拟合，最后筛选出两个最佳回归模型列入表 7。由表 7 看出，地径 (D_0 , cm) 与林木各器官生物量 (W_i , kg) 的关系极为密切，相

果得出林木各器官的统计量 $|t| = (0.0074 \sim 0.2464) < t_{0.05} = 2.228$ 表明, 用地径预测林木各器官生物量的精度高, 方法简便可靠, 且具有实用价值。

4 结论

(1) 桂东南马尾松工程幼林的径高生长进程, 在 1 年中基本呈 2 次高峰期, 第 1 次生长高峰期出现在 3 月~ 4 月, 第 2 次生长高峰期出现在 6 月~ 9 月。因此, 该区域进行施肥抚育的时间最好选择在林木第一次生长高峰期到来之前即二月份进行为宜。

(2) 研究表明, 采用良种培育壮苗、穴垦整地、施肥与抚育等高标准经营管理措施的马尾松工程幼林的林木蓄积量及生物量比一般造林或不施肥的林木增大 3 倍~ 6 倍。因此, 与该区相似立地环境条件的其他周边地带可参照推广应用。

(3) 林木的径高月生长量与月降水日数、月日照时数、月平均水汽压、月地面极端最高温度密切相关。其中树高和地径逐月生长量分别与月日照时数和月地面极端最高温度成负相关; 而分别与其他三要素成正相关。

(4) 林木不同年龄各器官的生物量与地径连月生长量密切相关, 其回归预测模型可用 $W_i = aD_0^b$ 或 $W_i = a + bD_0 + cD_0^2$ 来表示。式中: W_i 为平均木各器官的干重 (kg); D_0 为地径 (cm); a b c 为参数。经检验, 回归方程极显著, 因此, 可用地径逐月生长量预测各器官的生物量。

表 6 马尾松工程幼林平均木各器官生物量的分配

年份	生物量 (kg)						与上年的差值
	干	枝	叶	根	皮	合计	
1991	0.007	0.003	0.014	0.009	0.003	0.036	
1992	0.114	0.067	0.279	0.078	0.085	0.623	0.587
1993	0.605	0.395	0.890	0.354	0.334	2.578	1.955
1994	2.098	1.294	1.722	1.763	0.838	7.715	5.137
1995	4.183	2.381	1.302	2.209	1.079	11.154	3.439
1996	4.957	2.631	1.316	2.189	1.193	12.286	1.132

不施肥 5 年生试验林分平均木生物量为 1.672kg

表 7 平均木各器官生物量 (kg) 与地径 (cm) 的回归方程

模 型	组 分	参 数			相关系数 r
		a	b	c	
$W_i = aD_0^b$	$W_{干}$	0.0169	2.4219		0.9974
	$W_{枝}$	0.0076	2.5603		0.9987
	$W_{叶}$	0.0428	1.6893		0.9693
	$W_{根}$	0.0176	2.1243		0.9910
	$W_{皮}$	0.0099	2.1705		0.9933
$W_i = a + bD_0 + cD_0^2$	$W_{干}$	0.2248	- 0.2851	0.0764	0.9974
	$W_{枝}$	0.0449	- 0.0872	0.0356	0.9946
	$W_{叶}$	- 0.3612	0.4044	- 0.0231	0.9469
	$W_{根}$	- 0.1613	0.0949	0.0162	0.9628
	$W_{皮}$	- 0.0693	0.0644	0.0065	0.9912

参考文献

- 1 黄 枢, 沈国防主编. 中国造林技术. 北京: 中国林业出版社, 1993. 180~ 187.
- 2 广西林业勘测设计院等. 森林调查手册. 南宁: 广西科技出版社, 1996. 22~ 29.
- 3 林业部科技司编. 森林生态系统定位研究方法. 北京: 中国科学技术出版社, 1994. 34~ 58.
- 4 北京林学院主编. 数理统计. 北京: 中国林业出版社, 1980. 155~ 184.
- 5 陈华豪等. 林业应用数理统计. 大连: 大连海运学院出版社, 1992. 130~ 175.

〔编辑部按〕 鉴于本项目的监测时间仅 6 年, 我们期待作者更长期的系统数据的研究续报。