

文章编号: 1001-1498(2003)01-00081-06

西南桦造林密度与林木生长的关系*

郑海水¹, 黎明², 汪炳根², 冯益谦²

(1. 中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东 广州 510520;

2. 中国林业科学研究院热带林业实验中心, 广西 凭祥 532600)

摘要: 西南桦不同密度 6 a 的试验结果显示: 西南桦属速生树种, 人工林初期生长很快, 树高生长(15 年生)达 1.22—1.90 m, 胸径生长(3—6 年生)达 1.12—2.91 cm。密度对树高生长有影响但不显著, 而与胸径生长呈显著负相关。最大和最小密度林分间平均胸径相差 2.88 cm, 3 m × 3 m 林分比 1.5 m × 2 m 林分林木生长量高 32.3%, 比 2 m × 2 m 林分高 28.4%, 比 2 m × 3 m 林分高 11.6%; 单株材积生长与密度亦呈负相关关系, 其关系式可用 $V = ax^{-b}$ 来表示。而林分蓄积则与密度呈正相关关系, 即密度大林分蓄积量高, 反之则小。随林龄增长, 不同密度林分间蓄积差异逐渐缩小。要培育中大径材的西南桦人工林, 造林密度不宜大, 可考虑采用 2 m × 3 m 及 3 m × 3 m 的株行距。

关键词: 西南桦; 造林密度; 人工幼林生长

中图分类号: S725.6

文献标识码: A

人工林生产力的提高有赖于人工林具有合理的林分结构。林分密度是合理结构的数量基础, 而各时期的林分密度本身又取决于造林时的初植密度, 并由它经过自然稀疏或人工间伐, 有规律地演变而成的。造林密度对各生长时期的林分密度有决定性的影响, 从而也显著影响林分结构及生产力。此外, 造林密度对林木的干形、材质、林分的稳定性及其防护效能、观赏性等也都有着不同程度的影响^[1]。另一方面造林密度的大小直接影响造林时劳力、资金和种苗的投入量, 是一重要的成本因素。因此, 在考虑造林密度时必须统筹兼顾其生物效应和经济效益^[1]。由于不同树种间生长特性存在较大差异, 特别是冠型、冠体差异大, 适宜的密度有很大差异, 必需对不同造林树种开展密度试验, 以期获得良好的生态、经济和社会效益。

西南桦 (*Betula alnoides* Hamilt) 是推出的热带造林树种, 它既是优质用材树种又是生态公益林建设优良树种, 它的开发利用对当前的林种、树种和材种结构调整, 对高档用材的开发利用都有很大意义和作用^[2-4]。为探索合理经营密度, 于 1991 年在广西凭祥市中国林业科学研究院热带林业实验中心开展西南桦造林密度试验, 经 6 a 观测, 现将试验初步结构总结如下。

1 试验地概况

试验地位于热带林业实验中心下属的青山实验林场, 即广西龙州县大青山东坡(21°57'47" 22°19'27" N, 106°39'50" 106°59'30" E)。当地属北热带季风气候区, 年均气温 20.5—21.5, 最冷月平均气温 12.3—13.1, 年降水量 1 379 mm, 年蒸发量 1 300—1 500 mm, 蒸发量超

收稿日期: 2001-11-10

基金项目: “九五”攻关项目(96-011-02-02-03)

作者简介: 郑海水(1941—)男, 福建永泰人, 研究员。

* 本试验由热带林业实验中心负责初期试验铺设和观测等工作, 特此致谢!

过降水量,而且干、湿季明显,10—4月为旱季,雨少,降水量占全年的1/4;5—9月为雨季,降水量占全年的3/4。土壤为火山岩发育的山地红壤,沙壤质,较疏松且肥沃,土层厚度为60—80 cm,表土层10 cm以上,pH值5.2。林地上多处基岩裸露,土壤石砾含量较大。试验地为杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.) 2代林采伐迹地,植被有杉木萌条,鸭脚木(*Schefflera octophylla* (Lour.) Harms)、山乌桕(*Sapium discolor* Champ. ex Benth.)、苦竹(*Pleioblastus amarus* Keng f.)等,灌木草本有淡竹叶(*Lophatherum gracile* Brongn.)、乌毛蕨(*Blechnum orientala* Linn.)、五节芒(*Miscanthu floridulus* (Labill.) Warb.)等。

2 研究方法

2.1 试验设计

试验设1.5 m × 2 m、2 m × 2 m、2 m × 3 m和3 m × 3 m等4个处理,随机区组设计,3次重复,每小区20 m × 30 m,试验总面积0.72 hm²。

2.2 试验措施

2.2.1 整地造林 试验地先烧炼,清杂后穴垦(规格50 cm × 50 cm × 30 cm),挖穴后先回表土再回打碎心土,于1991年3月初用1年生裸根苗定植。

2.2.2 抚育管理 造林当年8月抚育除草松土1次,以后每年抚育除草2次,松土1次,连续2 a。第3年开始郁闭成林。

2.2.3 生长观测 试验林每年11—12月观测1次胸径和树高生长,第4年后开始测冠幅、枝下高和材积等生长因子。

3 结果与分析

3.1 密度与高生长间的关系

不同密度西南桦幼林的高生长在造林后逐年加速,3年生时达生长高峰(连年生长量1.91—2.33 m),4 a后其连年生长量开始下降(见表1)。在造林初期低密度林分高生长比高密度林分小,随林龄增长不同密度林分高生长渐趋一致,但到5年生时,低密度林分的高生长开始超过高密度林分。在已观测的6 a期间,不同密度林分间高生长差异均不显著(以6年生为例, $F=0.7560 < F_{0.05}=4.0662$),这与其他许多同类的研究结果相符^[5-7]。

表1 不同密度林分的树高生长

林龄 /a	株行距 / (m × m)											
	1.5 × 2			2 × 2			2 × 3			3 × 3		
	H/m	连年生 长量/m	平均生 长量/m	H/m	连年生 长量/m	平均生 长量/m	H/m	连年生 长量/m	平均生 长量/m	H/m	连年生 长量/m	平均生 长量/m
1	1.82	1.82	1.82	1.61	1.61	1.61	1.61	1.61	1.61	1.46	1.46	1.46
2	3.61	1.79	1.81	3.49	1.88	1.75	3.33	1.72	1.67	3.36	1.90	1.68
3	5.52	1.91	1.84	5.27	1.78	1.76	5.57	2.24	1.86	5.69	2.33	1.90
4	7.00	1.48	1.75	6.57	1.30	1.64	7.02	1.45	1.76	6.86	1.17	1.72
5	8.22	1.22	1.64	8.30	1.73	1.65	8.25	1.23	1.65	8.56	1.70	1.71
6	9.33	1.11	1.56	9.70	1.28	1.62	9.36	1.11	1.56	9.56	1.00	1.59

3.2 密度与胸径生长的关系

不同密度西南桦幼林胸径生长过程与其高生长相似,也是3年生时达到生长高峰(连年生

长量 2.31—2.91 cm),4 年生后生长量开始逐渐下降,密度越大下降也愈快(见表 2)。这种变化趋势与桉树(*Eucalyptus* spp.)、相思(*Acacia* spp.)等其他速生树种类似^[8,9]。试验表明,在 2 年生以前,4 个处理间平均胸径差异较小,随着林龄增长差异逐渐增加,6 年生时差异达显著水平($F=7.419 0 > F_{0.05}=4.066 2$);胸径连年、平均生长量与密度随林龄增长的变化规律也是如此。1.5 m ×2 m 和 2 m ×2 m 两个密度林分的连年生长量在 6 年生时显著下降,年均胸径生长量下降至 1.0 cm 以下;而 2 m ×3 m 和 3 m ×3 m 两个处理的林分还能正常生长且生长较快,年均生长量仍在 1.2 cm 以上。

表 2 不同林龄胸径生长比较

林龄 /a	株行距/(m ×m)											
	1.5 ×2.0			2 ×2			2 ×3			3 ×3		
	<i>D</i> _{1.3} / cm	连年生 长量/cm	平均生 长量/cm	<i>D</i> _{1.3} / cm	连年生 长量/cm	平均生 长量/cm	<i>D</i> _{1.3} / cm	连年生 长量/cm	平均生 长量/cm	<i>D</i> _{1.3} / cm	连年生 长量/cm	平均生 长量/cm
2	3.39		1.70	3.21		1.61	3.34		1.67	3.44		1.72
3	5.70	2.31	1.90	5.36	2.15	1.79	5.99	2.65	2.00	6.35	2.91	2.12
4	7.06	1.36	1.77	6.79	1.43	1.70	7.69	1.70	1.92	8.55	2.20	2.13
5	8.18	1.12	1.64	8.12	1.33	1.62	9.12	1.43	1.82	10.38	1.83	2.08
6	8.78	0.60	1.46	9.05	0.93	1.51	10.41	1.29	1.74	11.62	1.24	1.94

注:1 年生时仅少数林木高生长超过 1.3 m,故未调查胸径生长。

对幼林胸径与密度进行了非线性回归分析,结果发现 3 年生以后林分密度与平均胸径间呈幂函数关系,而且相关显著,可以用 $D = ax^{-b}$ 关系式来表示(表 3)。5 年生时相关系数最大,6 年生时相关系数减少,但仍呈显著相关,可能因林分出现自然稀疏,高密度林分 25%左右的林木自然枯损,缓和了林木间竞争关系的缘故。从表 4 可以看出,6 年生时,1.5 m ×2 m 和 2 m ×2 m 两个处理的林木枯损率分别高达 24.8%和 26.7%;而 2 m ×3 m 和 3 m ×3 m 处理的林木枯损率分别仅为 16%和 13%。

表 3 密度与胸径间的相关关系

林龄/a	胸径与密度关系	R
1	$D = 1.737 8x^{-0.034 5}$	0.274 0
2	$D = 2.369 8x^{-0.222 6}$	0.132 8
3	$D = 16.935 1x^{-0.250 6}$	0.794 6
4	$D = 16.935 1x^{-0.252 6}$	0.794 6
5	$D = 33.039 5x^{-0.415 9}$	0.957 0
6	$D = 139.746 5x^{-0.654 4}$	0.788 8

表 4 林分初植密度、保存率和保存株数

林龄/ a	株行距/(m ×m)											
	1.5 ×2.0			2 ×2			2 ×3			3 ×3		
	初植密度/ (株 hm ⁻²)	保存率/ %	保存株数/ (株 hm ⁻²)	初植密度/ (株 hm ⁻²)	保存率/ %	保存株数/ (株 hm ⁻²)	初植密度/ (株 hm ⁻²)	保存率/ %	保存株数/ (株 hm ⁻²)	初植密度/ (株 hm ⁻²)	保存率/ %	保存株数/ (株 hm ⁻²)
4	3 333	80.5	2 683	2 500	78.7	1 968	1 667	89.6	1 494	1 111	91.2	1 013
5		77.8	2 594		75.2	1 880		87.4	1 457		89.7	997
6		75.2	2 506		73.3	1 833		84.2	1 404		87.3	970

不同密度间林木生长发育的差异主要是由于其营养生长空间的差异造成(表 5),密度大,林木间相互挤压抑制了树冠生长,造成树冠枯损和窄小,林木营养面积小,林木生长不良。反之,密度小时树冠大且长,冠体积大,林木的营养面积大,制造的营养物质多,因而林木生长快。可见要使幼林速生长,必需为其生长创造良好的生长空间,密度控制和调整非常重要。对于高密度林分如 1.5 m ×2 m 和 2 m ×2 m 两个处理,5 年生以后林木的营养空间已不能满足其生长需要,必需适当调整林分密度,才能促进林木生长发育,达到速生丰产的效果^[1,5]。

表5 不同密度林分树冠生长比较

项目	株行距/ (m ×m)							
	1.5 ×2.0		2 ×2		2 ×3		3 ×3	
	5 a	6 a	5 a	6 a	5 a	6 a	5 a	6 a
冠幅/ m	2.85	3.41	3.06	3.52	3.23	3.77	3.96	4.53
枝下高/ m	3.69	4.61	3.56	4.50	2.60	3.67	2.61	3.54
树冠高/ m	4.53	4.78	4.90	5.20	4.82	5.48	5.95	6.02
冠体积/ m ³	38.53	58.21	48.05	67.47	52.66	81.56	97.71	129.31

3.3 密度与径阶分布

由于密度与径生长成反比关系,密度越大林木径阶越小,反之则径阶越大。因此,必需根据经营目的和方向来确定经营密度。目前西南桦是作为单板和高档家具等优质用材而培育的,需要中径级以上木材,最好是大径材,才能发挥这个树种的优势和作用。表6看出,密度大的林分,林木径阶小,小径木所占比例大,反之则大径木多。表中以9 cm为分界线,密度大的林分如1.5 m ×2.0 m和2 m ×2 m林分,9 cm以上林木分别仅占48.9%和51.1%;而密度小的林分如2 m ×3 m和3 m ×3 m,9 cm以上林木分别占81.2%和91.4%,说明密度小对林木径生长有利。因此,西南桦作为大径材培育时初植密度宜小。

表6 6年生时不同密度西南桦林分的径阶分布

株行距/ (m ×m)	D/ cm													%
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	9	
1.5 ×2.0	2.22	7.78	16.67	24.44	21.11	14.45	7.78	4.44	1.11	—	—	—	—	48.89
2 ×2	7.95	4.54	17.05	19.32	21.59	13.64	9.10	5.68	1.13	—	—	—	—	51.14
2 ×3	0.99	3.96	5.94	8.91	23.76	18.82	15.84	12.87	5.94	1.98	0.99	—	—	81.19
3 ×3	—	1.92	3.85	2.88	12.50	15.38	20.19	14.43	15.38	9.63	2.88	0.96	—	91.35

3.4 密度与材积生长的关系

单株材积与林分密度间呈负相关,高密度林分单株材积小,而低密度林分单株材积大。它们之间呈现幂函数关系,可以用关系式 $V = a x^{-b}$ 来表示(表7)。随着林龄增长,单株材积与林分密度间的这种关系越来越显著,其相关系数从4年生时的

0.745 3 逐渐增大至6年生时的0.992 6。这是因为随着林龄增长,林木对营养空间的需求越来越大,林木间的竞争也越来越激烈,所以林分密度效应越来越明显。6年生时1.5 m ×2 m处理比2 m ×2 m、2 m ×3 m和3 m ×3 m三个处理的单株材积分别低11.18%、40.12%和78.63%。

林分蓄积是林分生产力的集中表现,它与林分初植密度以及保存率密切相关。对不同密度林分观测结果(表8)表明:林分蓄积与密度呈正相关关系,密度越大蓄积量越高。高密度林分虽然林木径级小,单株材积也小,但林木株数多,因而其蓄积量高;而低密度林分的林木径级虽大但株数少,因而其蓄积量少。这与其他许多同类研究相似^[5-7]。随林龄增长,林分逐渐出现自然稀疏,高密度林分自然稀疏快且强,低密度林分则相反。自然稀疏后,不同密度间单株材积差异逐渐减小,由初始的3 m ×3 m 2 m ×3 m 2 m ×2 m 1.5 m ×2 m = 1 1.50 2.25 3.00 变为1 1.45 1.89 2.58(见表4)。2 m ×2 m和1.5 m ×2 m两个处理林分后期因自然稀疏导致密度下降,从而促进了后期林木的生长。6年生时1.5 m ×2 m处理比2 m ×2 m、2 m ×3

表7 密度与单株材积间的相关关系

林龄/a	密度与单株材积相关关系式	R
4	$V = 0.342 1x^{-0.397 3}$	0.745 3
5	$V = 1.158 1x^{-0.487 6}$	0.910 6
6	$V = 2.364 7x^{-0.536 3}$	0.992 6

m 和 3 m × 3 m 3 个处理的林分材积分别高 18.68 %、21.50 % 和 30.85 %。

表 8 不同密度林分材积(蓄积)生长差异

林龄/ a	株行距/(m × m)							
	1.5 × 2		2 × 2		2 × 3		3 × 2	
	单株材积/ m ³	林分材积/ (m ³ hm ⁻²)	单株材积/ m ³	林分材积/ (m ³ hm ⁻²)	单株材积/ m ³	林分材积/ (m ³ hm ⁻²)	单株材积/ m ³	林分材积/ (m ³ hm ⁻²)
4	0.015 24	40.896 7	0.013 12	25.826 2	0.179 8	26.861 0	0.021 92	22.201 5
5	0.023 88	61.933 0	0.023 64	44.442 7	0.029 6	43.187 3	0.039 84	39.720 6
6	0.031 21	78.213 3	0.034 70	63.601 8	0.043 7	61.399 1	0.055 75	54.087 2

4 结 论

(1) 林分密度对高生长影响不显著,而与胸径生长相关显著,呈幂函数关系,即 $D = ax^{-b}$, 密度越大胸径越小。树高和胸径生长在 3 年生时均达生长高峰,4 年生以后连年生长量逐年下降。5 年生以后,2 m × 3 m 和 3 m × 3 m 两个处理的林分年均胸径生长量仍在 1.2 cm 以上,而 1.5 m × 2 m 和 2 m × 2 m 两个高密度林分生长明显放缓,必需适当调整林分密度,才能促进林木生长发育,达到速生丰产的效果。

(2) 林分密度对材积生长影响显著。它与林分蓄积呈正相关,而与单株材积呈负相关,为幂函数关系,即 $V = ax^{-b}$ 。5 年生到 6 年生时材积生长尚未达到高峰期,何时达生长高峰尚待进一步研究。

(3) 西南桦适合培育中、大径材,无论从林木生长还是从成本效益角度分析,其初植密度都不宜过大。立地条件好或造林措施高时以 3 m × 3 m 为宜,而立地条件差或造林措施低时用 2 m × 3 m 株行距造林比较好。

参考文献:

- [1] 孙时轩. 造林学 [M]. 北京:中国林业出版社, 1992
- [2] 弓明钦,王凤珍,陈羽,等. 西南桦对菌根的依赖性及其接种效应研究[J]. 林业科学研究, 2000, 13(1): 8-14
- [3] 曾杰,翁启杰,郑海水. 西南桦种子贮藏试验[J]. 林业科学研究, 2001, 14(4): 430-434
- [4] 郑海水,曾杰,翁启杰,等. 西南桦的栽培技术[J]. 林业科学研究, 2001, 14(6): 668-673
- [5] 翁启杰,郑海水,黄世能,等. 马占相思短轮伐期人工林生长规律研究[J]. 海南林业科技, 1992 (3): 5-9
- [6] 郑海水,李克雄,黄世能,等. 短轮伐期人工林树种选择[J]. 海南林业科技, 1994 (2): 12-18
- [7] 郑海水,黄世能. 热带优良速生新材树种尾叶桉的研究[J]. 林业科技通讯, 1992 (6): 4-7
- [8] 郑海水,何克军,黄世能,等. 短轮伐期新材林用材林培育技术[M]. 北京:中国林业出版社, 1990
- [9] 翁启杰,黄世能,郑海水. 尾叶桉造林密度试验[J]. 广东林业科技, 1993, 9(1): 32-36

Effect of Initial Planting Spacing on the Growth of *Betula alnoides*

ZHENG Hai-shui¹, LI Ming², WANG Bing-gen², FENG Yi-qian²

(1. Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou 510520, Guangdong, China;

2. Experimental Centre of Tropical Forestry, CAF, Pingxiang 532600, Guangxi, China)

Abstract: A spacing trial for *Betula alnoides* was established in Daqingshan, Guangxi. The results showed that spacing has no considerable impact on height growth while remarkably negative impact on diameter growth. The difference of mean D_{BH} between 3 m \times 3 m and 1.5 m \times 2.0 m is 2.88 cm. The growth increment of tree with spacing 3 m \times 3 m is 32.3 % higher than that with the spacing 1.5 m \times 2.0 m, 28.4 % of 2 m \times 2 m, and 11.6 % of 2 m \times 3 m. The volume increment of single tree was negatively correlated to the planting spacing which followed the formula of $V = ax^{-b}$. The stock volume was positively correlated to planting spacing. The stock volume of these four planting spacing tend to be of less difference with time going.

Key words: *Betula alnoides*; planting spacing; growth increment