

不同造林密度对尾叶桉生长及产量的影响*

Effects of Different Planting Densities on the Growth and Volume of *Eucalyptus urophylla*

黄宝灵

Huang Baoling

蒙钰钗

Meng Yuchai

张连芬

Zhang Lianfen

(广西大学林学院

南宁市邕武路 16号 530001)

(Forestry Coll., Guangxi Univ.

16 Yongwulu, Nanning, Guangxi, 530001)

(象州县林业局

象州县东井路 33号 545800)

(Forestry Bureau of Xiangzhou, 33 Dongjinglu,

Xiangzhou County, Guangxi, 545800)

杨瑶青

Yang Yaoqing

(广西林科院 南宁市邕武路 23号 530001)

(Guangxi Academy of Forestry, 23 Yongwulu, Nanning, Guangxi, 530001)

摘要 在广西象州石龙镇,用随机区组试验设计探讨不同造林密度(833株/hm²、1111株/hm²、1250株/hm²、1429株/hm²、1666株/hm²、2000株/hm²、2500株/hm²)对4.5年生尾叶桉(*Eucalyptus urophylla*)生长及产量的影响。结果表明:在供试密度中,密度对胸径生长的影响达极显著水平,胸径生长量随密度的增大而减小;密度对树高生长的影响不显著;立木单株材积在1111株/hm²~2500株/hm²内随密度的增大而减小,但833株/hm²密度的林分的立木单株材积并非最大;蓄积量随密度的增大而增大。据此提出尾叶桉工业用材林造林密度为2000株/hm²~2500株/hm²,桂中新引种区主伐年龄为5年~7年。

关键词 尾叶桉 造林密度 生长 产量

Abstract The effects of different planting densities (833, 1111, 1250, 1429, 1666, 2000, 2500 individuals/hm²) on the growth and volume of 4.5 years *Eucalyptus urophylla* were studied by random blocks experiment at Shilong town, Xiangzhou county, middle of Guangxi. Within the densities in the trial, the effects of different densities on the increment of tree breast height diameter were significant different ($P < 0.01$). The increment of the breast height diameter decreased with the increase of density. The effect of density on the increment of the stand height was not significant

($P < 0.05$). The individual tree volume decreased successively from 1111 to 2500 individuals per hectare, but the individual tree volume of the standing forest at 833 trees per hectare was not the highest. The volume increased with increasing density. According to the results, the density for industrial forest of *Eucalyptus urophylla* was suggested to be between 2000 and 2500 individuals per hectare, and the final felling age for the new area in the middle part of Guangxi to be 5 to 7 years.

Key words *Eucalyptus urophylla*, planting density, growth, volume

中图法分类号 S725.6 S792.39.05

尾叶桉(*Eucalyptus urophylla*)原产印尼东部帝汶岛及其邻近岛屿的夏雨型地带,分布范围在南纬8°30'~10°0',东经7°30'~10°5',垂直分布于

海拔300m~3000m的山地,分布区年均降雨量为1400mm~2400mm^[1]。

由于尾叶桉速生丰产,制浆性能良好,是个理想的短轮伐期工业用材树种,因而在继中澳合作和东门项目实施之后,我国华南的广西、广东、海南等省区陆续大规模引种栽培。为了解在经营水平相同、单位面积造林株数不同对林木生长及产量的影响,以期为

1997-04-18收稿

* 国家、广西星火计划项目《良种桉短周期工业用材林综合技术开发》的部分研究内容。

桂中乃至全区尾叶桉新引种地区选择合理的造林密度提供依据, 我们于 1992年初开展了尾叶桉不同造林密度试验, 现将试验结果报道如下。

1 条件与方法

1.1 试验地立地条件

试验地位于广西象州县石龙镇, 年均气温 20.8°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 $6600^{\circ}\text{C} \sim 7000^{\circ}\text{C}$, 极端低温 -3.4°C 。年降雨量 1314 mm, 年蒸发量 1418 mm, 蒸发量大于降雨量, 季节性干旱较严重。土层深厚, 红壤, 酸性, 肥力中下。地形平缓, 有利于机耕作业。

1.2 试验设计

采用随机区组试验设计, 设每公顷 833株 (1)、1111株 (2)、1250株 (3)、1429株 (4)、1666株 (5, 为目前生产用的常规密度)、2000株 (6)、2500株 (7) 共 7个密度处理, 3次重复, 共 21个小区, 每小区面积为 $30\text{ m} \times 20\text{ m}$

1.3 测定方法

在试验小区内, 指定中心固定行中 20株固定样木, 从造林当年起, 于每年 10月~ 12月, 测定每木胸径、树高、枝下高及树冠幅。造林第 3年后, 因林分充分郁闭, 树高测定改用 3株平均木测定法。

1.4 其他营林措施

1.4.1 苗木

采用东门种源的尾叶桉容器实生苗, 苗木平均高 20 cm~ 25 cm

表 1 不同造林密度 4.5年生林分胸径生长量

Table 1 Increment of the breast height diameter of 4.5 years standing forest in different planting densities

重复 Repeat	胸径生长量 Increment of the breast height diameter (cm)						
	密度 1 Density 1	密度 2 Density 2	密度 3 Density 3	密度 4 Density 4	密度 5 Density 5	密度 6 Density 6	密度 7 Density 7
I	12.64	13.28	12.78	11.60	11.42	11.50	9.90
II	13.66	12.17	12.31	11.18	11.92	10.36	10.06
III	12.58	12.81	12.58	12.51	11.30	9.79	10.04
平均 Average	12.96	12.75	12.56	11.76	11.56	10.55	10.00

表 2 胸径生长量 Q 检验

Table 2 Q inspection of the increment of the breast height diameter

密度 Density	\bar{x} (cm)	$\bar{x} - 10.00$ (cm)	$\bar{x} - 10.55$ (cm)	$\bar{x} - 11.56$ (cm)	$\bar{x} - 11.76$ (cm)	$\bar{x} - 12.56$ (cm)	$\bar{x} - 12.75$ (cm)
1	12.96	2.96 *	2.41 *	1.40	1.20	0.40	0.21
2	12.75	2.75 *	2.20 *	1.19	0.99	0.19	
3	12.56	2.56 *	2.01 *	1.00	0.80		
4	11.76	1.76	1.21	0.20			
5	11.56	1.56	1.01				
6	10.55	0.55					
7	10.00						

$D_{0.05} = 1.64, D_{0.01} = 2.10$

1.4.2 整地

机耕整地, 深 20 cm, 两犁一耙, 东西行向, 定植沟深 30 cm

1.4.3 施肥

每公顷施磷酸氢二铵 166.6 kg, 甘蔗滤泥 4998 kg 作基肥; 造林当年 8 月和第 2 年 4 月每公顷追施尿素 166.6 kg

1.4.4 管护

造林后 1 个月内检查 1 次成活率, 发现死苗用同一来源的树苗补植。试验小区用两行柠檬桉作区分界线, 其株行距按所属小区处理; 小区的东向西按原小区设计的株行距分别向外延伸 4 m 作保护行, 以保证设计的边缘效应; 试验区的四周设 10 m 以上的保护带, 以减少牲畜危害。

2 试验结果与分析

2.1 造林密度对胸径生长的影响

表 1 表明, 密度最小的林分, 胸径平均生长量最大; 而密度最大的林分, 胸径平均生长量最小, 两者相差 29.6%, 常规密度 (密度 5) 的胸径平均生长量仅为最小密度 (密度 1) 的 89.2%。方差分析结果表明, 4.5 年生的林分, 造林密度对胸径生长的影响达到极显著水平 ($F = 11.58^{**} > F_{0.01} = 4.82$) 由此说明林分平均胸径的生长, 明显地受密度的制约, 此结果与文献 [2] 相同。Q 检验结果见表 2

表 3 不同造林密度林分胸径连年生长量

Table 3 Increment in successive years of breast height diameter of standing forest in different planting densities

年度 Year	胸径连年生长量 Increment in successive years of the breast height diameter (cm)						
	密度 1 Density 1	密度 2 Density 2	密度 3 Density 3	密度 4 Density 4	密度 5 Density 5	密度 6 Density 6	密度 7 Density 7
1992	2.99	3.19	3.44	2.80	2.80	2.75	3.06
1993	1.78	1.91	2.04	1.98	1.85	1.87	1.71
1994	3.76	3.46	3.15	3.32	2.97	2.89	2.58
1995	2.98	3.17	2.60	3.00	2.48	2.32	1.98
1996	1.45	0.86	1.33	0.64	1.44	0.72	0.67
平均 Average	2.88	2.80	2.79	2.61	2.56	2.34	2.22

与胸径平均生长量的情况一致，密度最小的林分，其胸径的平均连年生长量最大，反之，则连年生长量最小，最大和最小的平均连年生长量相差亦在 29.7%。另外，从生长进程看，林分从幼年起生长较快，多数林分至造林第 3 年连年生长量达最大值，之后开始下降，而密度 7 在造林当年即出现最大值，虽然在造林第 3 年有所上升，但距最大值甚远。至造林第 5 年，所有林分连年生长量已显著降低，生长势明显趋缓（表 3）。由此说明，在一定的密度范围内，林木胸径保持较长的速生期，而超过此密度范围，最大值提早出现，速生期较短。

分别对各年度测定的胸径生长量作方差分析得知，不同密度林分胸径生长量在造林的当年和次年，

表 4 不同造林密度 4.5 年生林分树高生长量

Table 4 Increment of the stand height of 4.5 years standing forest in different planting densities

重复 Repeat	树高生长量 Increment of the stand height (m)						
	密度 1 Density 1	密度 2 Density 2	密度 3 Density 3	密度 4 Density 4	密度 5 Density 5	密度 6 Density 6	密度 7 Density 7
I	14.33	14.70	16.43	14.50	13.23	17.80	12.90
II	14.03	14.90	14.70	14.20	15.20	14.70	14.33
III	13.57	14.90	14.60	15.40	14.53	14.77	16.03
平均 Average	13.98	14.83	15.24	14.70	14.32	15.76	14.42

表 5 不同造林密度林分树高连年生长量

Table 5 Increment in successive years of the stand height of standing forest in different planting densities

年度 Year	树高连年生长量 Increment in successive years of the stand height (m)						
	密度 1 Density 1	密度 2 Density 2	密度 3 Density 3	密度 4 Density 4	密度 5 Density 5	密度 6 Density 6	密度 7 Density 7
1992	1.81	1.88	2.00	1.72	1.72	1.71	1.92
1993	3.67	3.99	4.60	4.17	3.99	4.54	4.77
1994	4.05	3.92	4.19	4.24	4.12	4.03	4.06
1995	3.12	3.99	3.25	3.69	3.58	3.84	3.26
1996	1.33	1.05	1.20	0.88	0.91	1.64	0.41
平均 Average	3.11	3.30	3.39	3.27	3.18	3.50	3.20

各处理间的差异不显著，当年 $F = 2.05$ ，次年 $F = 1.44$ ，均小于 $F_{0.05} = 3.00$ 而进入第 3 年后，开始表现了显著性差异， $F = 3.24^*$ ；进入第 4 5 年后，这种差异达到了极显著水平，第 4 年 $F = 5.84^*$ ，第 5 年 $F = 11.58^* > F_{0.01} = 4.82$ 从而进一步说明了不同造林密度对胸径生长的影响在林分发育的各个阶段是有变化的，并随着林分年龄的增长而日趋悬殊。

2.2 造林密度对树高生长的影响

表 4 表明，密度最小的林分，树高的平均生长量最小，但密度最大的林分，其树高的平均生长量并非最大，而是居倒数第二，以密度 6 和密度 3 的生长量最大。方差分析表明，4.5 年生的林分树高平均生长量的这种差异不显著， $F = 0.77 < F_{0.05} = 3.00$ 但

是通过分别对各年度测定的树高生长量作方差分析得知,不同密度造林,林分树高生长量在造林的次年各处理间的差异达显著水平, $F = 3.53$ 。我们注意到,此时正值林分进入郁闭的时期,而在造林的当年和第3年之后,即林分郁闭前和郁闭后,树高生长量的方差分析均无差异显著的结果,说明密度对树高的影响在林分发育的各个阶段也是有变化的(造林当年 $F = 2.00$,第3年 $F = 1.01$,第4年 $F = 0.70$,均小于 $F_{0.05} = 3.00$)。

表5反映在供试密度中,密度最小的林分,林分树高平均连年生长量最小,而密度最大的林分其生长量也很小,密度6的生长量最大,分别是最小密度和最大密度的1.125和1.094倍,是密度5(常规密度)的1.101倍。此外,各密度的连年生长量,在造林当年的生长均较为缓慢,第2年进入速生期,并持续3年,至造林第5年其长势迅速降低,最大密度的林分生长量降幅较大,而密度最小的林分降幅最小。说明密度对树高生长进程的影响与胸径不同,在造林初期,大密度有利于林木的高生长,但随着林木个体的增大,这种促进作用的持续受到破坏,生长量迅速下降,最终表现为大密度限制了树高生长。

2.3 造林密度对立木单株材积的影响

表6表明,造林密度最大的林分,平均立木单株材积最小,而造林密度较小的林分,平均立木单株材积最大。表6 不同造林密度4.5年生林分立木单株材积

Table 6 Individual tree volume of 4.5 years standing forest in different planting densities

重复 Repeat	立木单株材积 Individual tree volume (m ³)						
	密度 1 Density 1	密度 2 Density 2	密度 3 Density 3	密度 4 Density 4	密度 5 Density 5	密度 6 Density 6	密度 7 Density 7
I	0.0899	0.1018	0.1054	0.0766	0.0678	0.0924	0.0497
II	0.1028	0.0867	0.0875	0.0697	0.0854	0.0620	0.0570
III	0.0843	0.0960	0.0907	0.0946	0.0729	0.0556	0.0645
平均 Average	0.0923	0.0948	0.0945	0.0803	0.0754	0.0700	0.0571

表7 立木单株材积 Q 检验

Table 7 Q inspection of the individual tree volume

密度 Density	\bar{x} (m ³)	$\bar{x} - 0.0571$ (m ³)	$\bar{x} - 0.0700$ (m ³)	$\bar{x} - 0.0754$ (m ³)	$\bar{x} - 0.0803$ (m ³)	$\bar{x} - 0.0923$ (m ³)	$\bar{x} - 0.0945$ (m ³)
2	0.0948	0.0377	0.0248	0.0194	0.0145	0.0025	0.0003
3	0.0945	0.0374	0.0245	0.0191	0.0142	0.0023	
1	0.0923	0.0352	0.0223	0.0169	0.0120		
4	0.0803	0.0232	0.0103	0.0049			
5	0.0754	0.0183	0.0054				
6	0.0700	0.0129					
7	0.0571						

$D_{0.05} = 0.0347$

积较大,其中以密度2最大,为最大密度的1.66倍,而最小密度的生长量并非最大。方差分析表明,立木单株材积的这种差异达显著水平 ($F = 4.15 > F_{0.05} = 3.00$);而在此之前,对各年度立木单株材积方差分析表明,各密度林分之间的差异均未达显著水平(造林次年 $F = 2.69$,第3年 $F = 1.40$,第4年 $F = 2.19$,均小于 $F_{0.05} = 3.00$)。Q检验表明,4.5年生林分的显著差异表现在密度1、2、3与密度7之间,而其余密度之间的差异不显著(表7)。

表8表明林分立木单株材积平均连年生长量由密度2开始随密度的递增而减少,最小密度位居第三。各密度的连年生长量,造林的前4年呈急剧上升趋势,至第4年达最大值,第5年开始下降;从中我们还得知,密度最大的林分从第3年开始;长势已明显不如密度小的林分,其最大值也明显低于后者,至第5年,密度7的生长量仅为密度1的35.1%。说明在林分郁闭之后,密度对立木单株材积生长的调控作用是非常明显的。

2.4 造林密度对单位面积蓄积量的影响

表9表明,密度最小的林分,平均蓄积量最小,密度最大的林分,平均蓄积量最大,而目前生产中采用的密度5蓄积量居中。方差分析结果表明,密度对蓄积量的影响达显著水平, $F = 4.72^* > F_{0.05} = 3.00$ 。Q检验判明,这种差异产生于密度7、密度6与

表 8 不同造林密度林分立木单株材积连年生长量

Table 8 Increment of the individual tree volume in successive years of standing forest in different planting densities

年度 Year	立木单株材积连年生长量 Increment of the individual tree volume in successive years (m ³)						
	密度 1 Density 1	密度 2 Density 2	密度 3 Density 3	密度 4 Density 4	密度 5 Density 5	密度 6 Density 6	密度 7 Density 7
1992	0.0006	0.0008	0.0010	0.0005	0.0006	0.0004	0.0007
1993	0.0042	0.0053	0.0069	0.0049	0.0041	0.0049	0.0053
1994	0.0224	0.0225	0.0239	0.0208	0.0180	0.0178	0.0169
1995	0.0389	0.0464	0.0380	0.0411	0.0314	0.0314	0.0250
1996	0.0262	0.0198	0.0247	0.0130	0.0213	0.0155	0.0092
平均 Average	0.0205	0.0211	0.0210	0.0178	0.0168	0.0156	0.0127

表 9 不同造林密度 4.5 年生林分单位面积蓄积量

Table 9 Volume per hectare of 4.5 years standing forest in different planting densities

重复 Repeat	单位面积蓄积量 Volume per hectare (m ³ /hm ²)						
	密度 1 Density 1	密度 2 Density 2	密度 3 Density 3	密度 4 Density 4	密度 5 Density 5	密度 6 Density 6	密度 7 Density 7
I	68.8958	90.4798	132.6986	91.9476	99.4002	147.8400	114.3100
II	78.7818	80.9119	101.3495	99.6013	125.2032	109.1200	131.1000
III	67.4130	93.8573	105.0560	124.3687	102.0192	111.2000	154.8000
平均 Average	71.6969	88.4163	113.0347	105.3059	108.8742	122.7200	133.4033

密度 1 之间,其余密度之间的差异不显著(表 10)。此外,分别对各年度林蓄积量作方差分析,其结果为:从造林当年至第 4 年,密度对林分蓄积量的影响均达极显著水平,造林当年 $F = 6.8086^*$,第 2 年 $F = 9.3986^*$,第 3 年 $F = 7.5129^*$,第 4 年 $F = 4.88^*$ 均大于 $F_{0.01} = 4.82$ 这表明,就短周期工业用材林而言,在立地条件相同的情况下,无论是在林分干材生长初期,还是在其速生期,密度本身起主要作用,林分蓄积产量随密度的增大而增大。

从林分蓄积连年生长量情况看,首先,其平均连年生长量随着密度的增大而增大;其次,在造林的前 4 年,连年生长量的递增幅度亦随密度的增大而增大,并至造林第 4 年达最大值;第三,至造林第 5 年,

表 10 单位面积蓄积量 Q 检验

Table 10 Q inspection of the volume per hectare

密度 Density	\bar{x} (m ³ /hm ²)	$\bar{x} - 0.0571$ (m ³ /hm ²)	$\bar{x} - 0.0700$ (m ³ /hm ²)	$\bar{x} - 0.0754$ (m ³ /hm ²)	$\bar{x} - 0.0803$ (m ³ /hm ²)	$\bar{x} - 0.0923$ (m ³ /hm ²)	$\bar{x} - 0.0945$ (m ³ /hm ²)
7	133.4033	61.7064 [*]	44.9870	28.0974	24.5291	20.3686	10.6833
6	122.7200	51.0231 [*]	34.3037	17.4141	13.8458	9.6853	
3	113.0347	41.3378	24.6184	7.7288	4.1605		
5	108.8742	37.1773	20.4579	3.5683			
4	105.3059	33.6090	16.8896				
2	88.4163	16.7194					
1	71.6969						

$D_{0.05} = 48.3203, D_{0.01} = 61.6939$

生长量开始下降,此时最大密度的林分其生长量降幅达最大,说明此时密度不仅限制了单株立木的生长,而且密度株数的作用也受到了限制;第四,密度最小的林分其第 5 年生长量降幅最小,表明单株立木尚有一定的生长潜力,但由于桉树短周期工业用材林的主伐年龄为 5 年至 7 年,故其与最大密度生长量的这种消长趋于接近的趋势,在主伐前不可能达到平衡;第五,密度 7 4 2 的林分在进入第 5 年时生长量已低于其平均生长量,而其余密度林分的生长量与其平均生长量亦很接近,这预示着,尾叶桉在本试验所设置的密度范围内,将在造林的第 5 至第 6 年开始进入数量工艺成熟阶段(表 11)。

表 11 不同造林密度林分单位面积蓄积连年生长量

Table 11 Increment of the volume per hectare in successive years of standing forest in different planting densities

年度 Year	蓄积连年生长量 Increment of the volume in successive years (m^3/hm^2)						
	密度 1 Density 1	密度 2 Density 2	密度 3 Density 3	密度 4 Density 4	密度 5 Density 5	密度 6 Density 6	密度 7 Density 7
1992	0.4998	0.8888	1.2083	0.7621	0.9441	0.8667	1.7500
1993	3.4708	5.8513	8.7084	6.9545	6.8306	9.6663	13.1667
1994	17.1890	21.2794	29.1666	27.1510	26.8642	31.2667	40.3333
1995	30.1657	45.6838	46.8006	49.9860	46.9065	54.1733	58.6250
1996	20.3716	14.7130	27.1508	20.4523	27.3288	26.7467	19.5283
平均 Average	15.9326	19.6481	25.1188	23.4013	24.1943	27.2710	29.6452

3 讨论

本试验结果表明,在供试密度中,造林密度最小的林分,其蓄积量最小;造林密度最大的林分,其蓄积量最大;而目前生产上采用的常规密度的林分,其蓄积量居中下水平。由于林分的蓄积量是其平均单株材积和株数密度的乘积,这两个正好是互为消长的因素,其乘积值取决于哪个因素居于支配地位^[3]。本试验中,在林分生长的前4年,密度起主要作用,林分蓄积产量随密度的增大而增大,并且差异极显著。但进入第5年后,最大密度(密度7)的林分其蓄积连年生长量的生长速度大幅度下降,此时密度的竞争效益增强,并限制了密度株数的作用,从其发展趋势看,趋向于遵从“最终产量恒定法则”,但由于尾叶桉短轮伐期工业用材林的生产周期短,在林分主伐前不可能达到各种密度林分的蓄积量保持在同一水平的状况。而且本试验也预示了林分将在5年~6年生开始进入数量工艺成熟阶段。因此在实际生产中,应根据造林目的,选取适当的造林密度,如以生产纸浆材为目的,造林密度可在目前常规水平上再进一步提高,尤其是经营超短轮伐期工业用材林,建议其造林密度选取2000株/hm²~2500株/hm²,以提高单位面积产量和经济收益。

本试验中,密度最大的林分,胸径平均生长量最小,密度最小的林分,胸径平均生长量最大,而且胸径平均生长量有随着密度的增大而减少的规律,这与许多树种的密度效应是一致的^[3]。

与胸径的情况不同,密度最小的林分,树高平均生长量最小,但密度最大的林分,其树高平均生长量也较小,在中间密度范围内,密度对高生长的影响无规律性的变化,说明密度对树高的影响不显著,与文献[4]的结果相同。

立木单株材积决定于树高、胸高断面积和树干形数3个因子^[3]。由于尾叶桉树干通直,生产周期又短,密度对形数的影响值不大;而前面已述,密度对树高

的影响差异不显著,因此,与断面积成正比关系的胸径的平方值成了立木单株材积的决定性因子,密度对单株材积生长的作用规律因而与胸径生长的作用规律大体一致,即林分密度越大,其平均单株材积越小,但密度最小的林分,其立木单株材积并非最大,说明树高等因子仍有一定的作用。在这里,密度对单株材积的效应似乎还提出了一个造林密度上下限的问题,即在一定的造林密度范围内,林木的生长量方有最大值,反之,则林木的生长量将受到影响。

4.5年生的林分,其胸径、树高、单株材积、蓄积量四个生长因子的连年生长量在林分不同的发育阶段具有不同的变化。胸径连年生长量的速生期来得较早,个别林分在造林当年即出现最大值,多数林分最大值一般出现在第3年,之后开始下降;而树高连年生长量的速生期出现于第2年,持续至造林的第4年仍有较大的生长量,整个生长过程呈明显的S曲线,但其最大值也出现在第3年;单株材积的连年生长量则与胸径、树高不同,前4年为直线上升趋势,第5年开始下降,其最大值的出现较胸径、树高晚1年;林分蓄积量的生长趋势与单株材积基本一致,第5年时,林分连年生长量与平均连年生长量开始相交或接近,表明林分开始进入数量工艺成熟阶段。

综上所述,尾叶桉在桂中象州县的引种是成功的。尾叶桉在桂中新引种区的生长与桂南基本一致,其主伐年龄可与桂南相同,可确定在5年~7年。

参考文献

- 1 Jacobs M R. 桉树栽培. 罗马: 联合国粮农组织, 1981. 622~626
- 2 杉木造林密度试验协作组. 杉木造林密度试验阶段报告, 林业科学, 1994, 31(5): 419~428.
- 3 孙时轩主编. 造林学. 第二版. 北京: 中国林业出版社, 1993. 248~258
- 4 吴中伦主编. 杉木. 北京: 中国林业出版社, 1984. 179~188.

(责任编辑: 蒋汉明)