

造林密度对马尾松林分生长与效益的影响研究

湛红辉¹, 丁贵杰^{2*}, 温恒辉¹, 陆毅¹

(1. 中国林业科学研究院热带林业实验中心, 广西 凭祥 532600; 2. 贵州大学林学院, 贵州 贵阳 550025)

摘要:用 21 年生造林密度试验林的观测资料, 分析了造林密度对林分生长和经济效益的影响。结果表明:(1) 4 种不同造林密度(A 1 667、B 3 333、C 5 000、D 6 667 株·hm⁻²)对林分生长、林分结构均有显著影响, 其中, 林分胸径、单株材积、冠幅随密度增大而减小, 高径比随密度增大而增大, 但 16 年生后, 林分胸径、单株材积、冠幅、高径比随林龄增长均表现出差异逐步缩小的规律;(2) 林分蓄积与出材量在幼林期与密度呈正相关, 进入中龄期后差异变小。21 年生林分 A、B、C、D 各密度的出材量分别为 300.13、309.94、303.19、313.32 m³·hm⁻², 随着密度增大, 小径阶株数率及小径材出材量所占的比例增大;(3) 净现值随着林龄的增大与密度的相关性由正相关转化为负相关性。随着密度增大, 林分经济收获期提前。根据马尾松林分生长规律, 综合出材量与效益核算, 培育马尾松纸浆材与小径材宜采用造林密度 2 200~3 300 株·hm⁻², 培育大、中径材宜采用造林密度 1 667~2 200 株·hm⁻²。

关键词:马尾松; 造林密度; 密度效应; 经济分析; 出材量

中图分类号:S791.248

文献标识码:A

Effects of Planting Density on Growth and Economic Benefit of Masson Pine Plantation

CHEN Hong-hui¹, DING Gui-jie², WEN Heng-hui¹, LU Yi¹

(1. Experimental Centre of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Pingxiang 532600, Guangxi, China;

2. College of Forestry, Guizhou University, Guiyang 550025, Guizhou, China)

Abstract: The effects of planting density on growth and economic benefit of Masson pine (*Pinus massoniana*) plantation were analyzed with the data of 21-year-old planting density experiment stand (the planting densities were 1 667, 3 333, 5 000, and 6 667 trees·hm⁻² respectively), the results showed that the planting density had significant effect on stand growth and structure. With the increase of stand density, the diameter at breast height (DBH), the single tree volume and the crown diameter decreased, but the ratio of tree height/DBH increased. However, the difference of these factors decreased with stand age increasing at 16-year-old. The stand volume and the timber yield increased with stand density increasing at the juvenile stage, but the difference of these factors decreased when stand entered middle-aged stage. For 21-year-old stand, the timber yields of the four treatments of planting density were 300.13, 309.94, 303.19 and 313.32 m³·hm⁻² respectively. The percentages of small-diameter trees and the yield of small-diameter logs increased with the increase of stand density. With stand age increasing, the correlation between NPV and stand density transformed from positive to negative. With the increase of planting density, the economic mature age advanced. By a synthetic analysis of yield, economic evaluation and growth law of Masson pine plantation, the optimal planting density for producing pulpwood or small-diameter timber

收稿日期: 2010-09-25

基金项目: 国家“十一五”林业科技支撑计划“马尾松大径材与高产脂林培育关键技术研究及示范”专题广西子专题(2006BAD24B0301-3)与贵州特助人才基金课题“马尾松大径材材机理及林分稳定性研究”(TZDF-2007.20)的部分内容

作者简介: 湛红辉, 男, 森林培育学博士, 高级工程师. 主要从事人工林培育理论与技术研究.

* 通讯作者.

could be determined as 2 200~3300 trees · hm⁻², while that for producing large- or middle-diameter timber could be determined as 1 667~2 200 trees · hm⁻².

Key words: *Pinus massoniana*; Masson pine; planting density; density effects; economic analysis; timber yield

林分密度控制技术是人工用材林实现高产高效的关键技术之一,因此,许多学者开展了这方面的研究,其中包括杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook)^[1-3]、红松(*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.)^[4]、桉树(*Eucalyptus* ssp.)^[5-6]、西南桦(*Betula alnoides* Buch.-Ham. ex D. Don)^[7]、落叶松(*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.)^[8]及樟子松(*Pinus sylvestris* var. *mongolica* Litv.)^[9]等树种。马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)是我国南方主要工业用材树种之一,其造林密度研究工作开展较早^[10-13],但大部分相关试验林观测年限局限于幼林期,没能很好地反映造林密度对林分后期生长的影响。广西为马尾松南带高产种源区,为了解决该地区不同培育目标的造林密度,1989年在广西凭祥市中国林科院热带林业实验中心林区设置了造林密度试验,作者曾对该试验林11年生观测材料进行过总结^[14],但只反映出密度对幼林期生长的影响。现根据21年生的生长观测材料,系统地分析造林密度对不同林龄阶段的林分生长与经济效益的影响,为不同培育目标提供科学的造林密度。

1 试验材料与方法

马尾松造林密度试验林位于106°43'E, 22°06'N,为广西凭祥市中国林业科学研究院热带林业实验中心所属林区。海拔500 m,低山,年均气温19.9℃,年降水量1 400 mm,土壤为花岗岩发育成的红壤,土层厚100 cm,属亚热带季风气候区。马尾松立地指数18,前茬为杉木人工林。

1989年1月用1年生马尾松裸根苗定植。试验采用随机区组设计,设4个密度处理,即A、B、C、D(造林密度分别为1 667、3 333、5 000、6 667株·hm⁻²),试验小区面积为600 m²,4次重复。造林后不进行密度调控,连续观测到21 a。测定指标包括胸径、树高、冠幅、枝下高等,其中,胸径全测,其他测树因子每小区样本数不少于50株。分小区采用Richards曲线拟合胸径与树高曲线模型,求算林分平均高;用一元幂曲线函数拟合胸径与冠幅曲线模型,求算平均冠幅;按广西马尾松二元材积公式求算单株材积与蓄积,利用削度方程^[15]和原木材积公式^[16]计算材种出材量。采用更新重置成本法^[17],

按近年平均营林成本与不同规格木材的市场价格进行效益分析。

2 结果与分析

2.1 不同造林密度对林分生长的影响

为了比较不同造林密度对林分生长的影响差异,对13次的观测材料进行了方差分析(表1、2)。

2.1.1 造林密度对树高生长的影响 从表1树高生长资料与表2的方差分析可知:造林密度对马尾松林分各林龄阶段的平均高生长无显著影响。21年生时A、B、C、D 4种密度处理的平均树高分别为15.56、15.47、16.07、16.12 m。

2.1.2 造林密度对林分直径生长的影响 本试验研究表明:林分郁闭后,胸径生长量随密度增大而减小,且呈显著差异,但进入近熟林期(15年生)后,各处理间胸径生长差异逐步缩小。由表2可知:不同造林密度的林分平均胸径生长差异随林龄增大而增大,差异主要表现在A与B、C、D及B与D之间。5年生后,不同密度间胸径生长量一直表现出极显著差异。8年生时,*F*值开始迅速上升,在16年生左右达峰值,19年生后迅速下降,说明8~19年生胸径差异较大,19年生后胸径差异减小。

立木的高径比是与林分木材的质量与经济价值密切相关的重要形质指标。从表1可知:林龄相同时,高径比随密度增大而增大。方差分析结果(表2)表明:各处理间的高径比差异极显著,但16年生后,随着林龄增大,高径比差异逐步缩小。因此,培育大、中径材林应保持合适的密度,以降低树干的尖削度。

2.1.3 造林密度对林分材积生长的影响 由表1、2可知:林龄相同时,林分的单株材积与林分密度呈负相关,但随着林龄的增大,单株材积的差异逐渐缩小;10年生时,A、B、C处理的单株材积分别为高密度D处理的206.9%、140.4%、122.0%;21年生时A、B、C处理的单株材积分别为高密度D处理的155.7%、116.2%、103.7%,单株材积差异明显减小。在16年生左右*F*值达峰值,然后逐渐变小,其差异主要表现在A与B、C、D之间。这种现象是由于林分从5年生开始郁闭后(从重叠度变化可知),一定时期内不同密度间的平均胸径生长差异显著,而树高差异不显著。由此可知,单株材积生长差异

显著主要由胸径差异所致,但由于高密度林分逐年自然稀疏一部分被压个体,各处理的密度差异逐年

变小导致胸径差异变小,从而在16年生后单株材积差异有所减小。

表1 不同造林密度林分生长指标

项目	处理	林龄/a					
		5	8	10	16	19	21
树高/m	A	4.65	7.42	9.15	13.66	14.98	15.56
	B	4.40	7.43	9.21	13.57	14.74	15.47
	C	4.67	7.61	9.52	13.70	15.26	16.07
	D	4.71	7.72	9.43	13.78	15.11	16.12
胸径/cm	A	7.41	12.62	14.78	18.99	21.27	22.17
	B	6.06	10.18	11.97	16.01	18.33	19.00
	C	6.00	9.30	10.92	14.20	16.70	17.52
	D	5.63	8.49	9.88	13.35	16.08	17.16
单株材积/m ³	A	0.012 3	0.050 1	0.080 9	0.184 2	0.247 7	0.276 4
	B	0.007 9	0.033 4	0.054 9	0.132 9	0.184 4	0.206 3
	C	0.008 3	0.029 0	0.047 7	0.107 6	0.160 7	0.184 1
	D	0.007 3	0.024 7	0.039 1	0.096 6	0.148 4	0.177 5
蓄积/(m ³ ·hm ⁻²)	A	20.67	82.50	131.17	252.50	297.00	318.67
	B	26.17	101.83	156.33	280.17	318.17	331.17
	C	41.50	125.83	182.50	290.67	314.83	319.17
	D	47.83	138.33	191.67	293.00	315.67	330.00
冠幅/m	A	3.17	3.09	3.08	2.86	2.71	2.86
	B	2.69	2.66	2.68	2.30	2.47	2.59
	C	2.66	2.04	2.49	2.39	2.08	2.31
	D	2.48	1.93	2.26	2.11	2.19	2.44
密度/(株·hm ⁻²)	A	1 667	1 667	1 600	1 366	1 200	1 150
	B	3 300	3 135	2 866	2 100	1 733	1 616
	C	4 900	4 400	3 850	2 733	2 000	1 783
	D	6 467	5 863	4 950	3 150	2 183	1 916
重叠度	A	0.56	1.19	1.19	0.88	0.69	0.74
	B	0.76	1.72	1.66	0.88	0.84	0.85
	C	1.18	1.54	1.99	1.21	0.69	0.75
	D	1.35	1.77	2.25	1.10	0.80	0.88
高径比	A	62.8	58.8	62.4	74.23	72.09	71.09
	B	72.6	74.1	78.3	90.98	83.71	83.15
	C	77.8	84.5	88.7	103.32	97.26	94.17
	D	83.7	93.4	97.6	114.65	101.31	96.78

生长前期林分蓄积与密度呈正相关,与单株材积生长正好相反,但19年生后,各密度间蓄积趋于相近。由表2可知:在8年生时,蓄积生长差异达最大,B、C、D密度的蓄积生长量分别是A密度的123.4%、152.5%、167.7%,差异主要表现在A与C、D及B与D之间。16年生后,各密度处理间的蓄积已无显著差异,至21年生时,B、C、D密度的蓄积生长量分别是A密度的103.9%、100.2%、103.6%,单位面积蓄积量几乎相等。这说明在营林生产中加大造林密度只能提高中、幼林期的蓄积,但不能提高近熟林与成熟林的蓄积量。

2.1.4 造林密度对冠幅生长的影响 从本研究长期生长资料可知:林龄相同时,冠幅随密度增大而减小,但后期各密度的冠幅差异开始变小。从6年生开始,因林分充分郁闭,出现自然整枝,使冠幅大小出现一定的波动,但11年生后,各密度处理的平均冠幅均有趋于稳定的趋势。方差分析结果(表2)表明:11年生前冠幅差异主要表现在A与B、C、D及B与D之间,而11年生后主要表现在A与C、D之间,16年生后冠幅差异逐渐缩小。其主要原因是因自然稀疏使林分密度差异缩小,从而使冠幅差异变小。

表2 不同造林密度试验方差分析结果

林龄/a	树高 F 值	胸径		单株材积		蓄积		冠幅		高径比	
		F 值	Q 检验 ^②	F 值	Q 检验 ^②	F 值	Q 检验 ^②	F 值	Q 检验 ^②	F 值	Q 检验 ^②
2	1.50										
3	1.57	1.38									
4	1.38	2.70		2.31		8.55**	AC AD BD	21.74**	AB AC AD	7.46**	AC AD
5	0.71	5.07*	AD	3.23		9.12**	AC AD BD	5.79*	AD	34.04**	AB AC AD BD
6	0.61	12.79**	AB AC AD	6.19**	AB AC AD	8.87**	AC AD BD	10.86**	AC AD	131.92**	AB AC AD BC BD CD
7	0.78	22.45**	AB AC AD BD	8.99**	AB AC AD	9.39**	AC AD BD	16.16**	AB AC AD	146.55**	AB AC AD BC BD CD
8	0.34	41.95**	AB AC AD BD	12.11**	AB AC AD	10.60**	AC AD BD	13.67**	AC AD BD	122.39**	AB AC AD BC BD CD
9	0.35	56.88**	AB AC AD BD	14.37**	AB AC AD	7.74**	AC AD	4.40*	AD	142.55**	AB AC AD BC BD CD
10	0.32	55.42**	AB AC AD BD	17.08**	AB AC AD	7.61**	AC AD	5.20*	AD	126.61**	AB AC AD BC BD CD
11	0.29	68.13**	AB AC AD BC BD	20.28**	AB AC AD	6.79**	AC AD	34.12**	AB AC AD BD	126.37**	AB AC AD BC BD CD
16	0.07	98.37**	AB CD	22.49**	AB AC AD BD	3.24		5.98**	AB AD	86.14**	AB CD
19	0.19	46.84**	AB AC AD BC BD	13.26**	AB AC AD	3.23		6.91**	AC AD	43.05**	AB AC AD BC BD
21	0.98	23.96**	AB AC AD BD	12.38**	AB AC AD	0.53		3.96*	AC	32.36**	AB AC AD BC BD

注: * 表示差异显著, ** 表示差异极显著; 表中 A、B、C、D 代表不同密度处理, AB 表示处理 A 与 B 间差异显著, AC、AD、BC、BD、CD 同理。

2.2 造林密度对林分结构与材种出材量的影响

2.2.1 造林密度对径级株数分布的影响 探讨造林密度对林分株数按直径分布的影响,对马尾松人工林的定向培育有重要指导意义。从图 1 可知:21 年生时, A、B、C、D 4 种密度处理大于 18 径阶的株数率分别为 66.4%、41.0%、29.3%、27.0%, 14~18 径阶的株数率分别为 28.6%、46.0%、48.2%、45.4%, 小于 12 径阶的株数率分别为 5.0%、13.0%、22.5%、23.6%, A、B、C、D 4 种密度处理最大株数率径阶分别为 22、18、16、16 cm。4 种密度林分径级结构差异主要表现在 A 与 B、C、D 之间, 而且高密度林分林木直径集中分布在较少的径级范围内, 可见造林密度对林分径级结构影响较大, 从而影响林分材种出材量。因此, 营林工作中, 应根据培育目标选择相应的造林密度, 以便减小材种规格的差异。

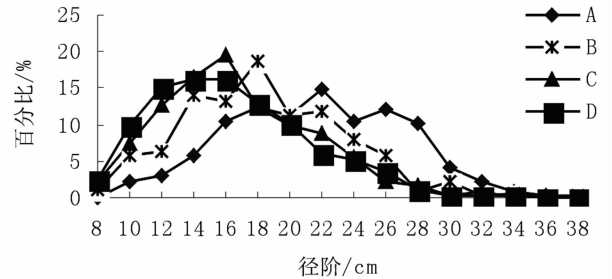


图1 不同造林密度径级株数分布率曲线(21年生)

2.2.2 造林密度对林分材种出材量的影响 以 2 m 原木检尺长为造材标准, 利用马尾松削度方程^[15] 求算林分材种出材量与林分总出材量(表 3)。由表 3 可知: 马尾松人工林的中、幼林期总出材量随密度增大而增大, 但随着林龄的增大出材量逐渐接近; 11 年生时, 高密度的 C 与 D 处理相差不大, 比低密度的

表3 不同造林密度林分的材种出材量

林龄/a	处理	材种出材量/(m ³ ·hm ⁻²)				
		薪炭材	小径材	中径材	大径材	合计
11	A	3.31	126.89	2.25	0.00	132.45
	B	5.30	146.57	0.65	0.00	152.52
	C	13.66	163.35	0.32	0.00	177.33
	D	18.85	171.76	0.00	0.00	190.61
16	A	3.29	172.76	52.52	2.59	231.16
	B	5.32	222.85	27.36	2.06	257.59
	C	9.33	244.86	14.77	0.51	269.47
	D	8.24	250.48	11.31	0.95	270.98
21	A	1.61	166.06	112.87	19.59	300.13
	B	3.07	227.45	68.56	10.86	309.94
	C	5.57	241.83	49.65	6.14	303.19
	D	6.94	258.60	42.71	5.07	313.32

注: 材种规格按原木小头检尺径分类, 其中原木小头检尺径薪炭材 < 6 cm, 小径材 6~18 cm, 中径材 20~24 cm, 大径材 ≥ 26 cm。

A 处理出材量分别高 33.9%、43.9%，因此，从造林投入考虑可以否定 D 密度；16 年生时，4 种密度出材量已无显著差异；21 年生时，A、B、C、D 各密度的出材量分别为 300.13、309.94、303.19、313.32 $\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 。除 A 密度外，B、C、D 密度材种仍以小径材为主。

综上所述，从马尾松林分生长规律来看，培养短周期工业用材（如纸浆材、纤维原料林）造林密度可

选取接近 B 处理的密度，即 2 200 ~ 3 300 株 $\cdot \text{hm}^{-2}$ ，有利于缩短轮伐期，培育大、中径材造林密度宜选择 A 密度为参照，即 1 667 ~ 2 200 株 $\cdot \text{hm}^{-2}$ 。

2.3 不同造林密度的效益评价

采用更新重置成本法^[17]，结合广西具体生产实践进行效益评价（表 4）。产值计算以现行市场价格为准，折现率定为 10%，将不同密度不同规格材种乘以相应的价格即得出产值。

表 4 不同造林密度的效益评价

林龄/a	处理	基本建设投资/ (元 $\cdot \text{hm}^{-2}$)	经营成本/ (元 $\cdot \text{hm}^{-2}$)	木材产量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$)	木材生产投资/ (元 $\cdot \text{hm}^{-2}$)	总投资/ (元 $\cdot \text{hm}^{-2}$)	产值/ (元 $\cdot \text{hm}^{-2}$)	净现值/ (元 $\cdot \text{hm}^{-2}$)	内部收益率/ %
9	A	5 250.80	675.00	89.26	5 801.90	11 727.70	35 356.00	7 328.44	21.4
	B	6 754.50	675.00	107.76	7 004.40	14 433.90	42 350.00	8 417.60	21.4
	C	8 251.80	675.00	131.02	8 516.30	17 443.10	51 078.00	10 116.75	21.5
	D	9 750.60	675.00	140.80	9 152.70	19 578.30	55 039.00	10 164.16	21.6
11	A	5 250.80	825.00	132.45	8 789.50	14 865.30	68 788.70	15 768.77	20.5
	B	6 754.50	825.00	152.52	10 102.30	17 681.80	73 627.30	15 637.54	19.6
	C	8 251.80	825.00	177.33	11 751.35	20 828.15	82 327.80	16 747.85	19.1
	D	9 750.60	825.00	190.61	12 566.45	23 142.05	84 867.80	15 989.87	18.6
16	A	5 250.80	1 200.00	231.16	15 025.40	21 476.20	127 909.00	19 206.53	14.1
	B	6 754.50	1 200.00	257.59	16 744.00	24 698.50	132 510.50	18 466.93	13.5
	C	8 251.80	1 200.00	269.47	17 515.55	26 967.35	131 967.60	16 819.69	13.1
	D	9 750.60	1 200.00	270.98	17 614.35	28 564.95	131 364.80	15 304.45	13.0
19	A	5 250.80	1 425.00	276.83	17 993.30	24 669.10	161 143.00	18 005.30	12.0
	B	6 754.50	1 425.00	295.88	19 231.55	27 411.05	162 996.00	16 738.81	11.6
	C	8 251.80	1 425.00	296.39	19 264.70	28 941.50	157 110.80	14 409.93	11.3
	D	9 750.60	1 425.00	296.48	19 271.20	30 446.80	155 691.10	12 814.19	11.3
21	A	5 250.80	1 575.00	300.13	19 508.45	26 334.25	177 412.10	15 915.50	10.8
	B	6 754.50	1 575.00	309.94	20 146.10	28 475.60	173 316.30	13 908.87	10.5
	C	8 251.80	1 575.00	303.19	19 707.35	29 534.15	163 627.60	11 297.74	10.2
	D	9 750.60	1 575.00	313.32	20 364.50	31 690.10	167 151.70	10 322.60	10.2

注：折现率 10%。

根据不同造林密度产值、净现值随林龄变化统计可知：各处理的产值、净现值随林龄的增大而增大，但达到相应的林龄阶段后，密度与产值、净现值的相关性均由正相关转化为负相关性。

根据表 4 可知：11 年生时，C、D 高密度处理的产值比 A、B 低密度处理的高；11 年生后，各处理的产值开始接近；16 年生时，各密度处理的产值差异小于 3.6%，且 A、B 低密度处理的产值开始比 C、D 高密度处理的高；21 年生时，产值差异扩大至 8.4%，A、B、C、D 处理的产值分别为 177 412.10、173 316.30、163 627.60、167 151.70 元 $\cdot \text{hm}^{-2}$ 。

11 年生时，C、D 高密度处理的净现值比 A、B 低密度处理的高，16 年生后，造林密度与净现值呈规律性的负相关性，出现 A、B 低密度处理的净现值比

C、D 高密度处理的高，16 年生时，A、B、C、D 处理的净现值分别为 19 206.53、18 466.93、16 819.69、15 304.45 元 $\cdot \text{hm}^{-2}$ 。

净现值峰值出现的时间随着密度的增大而提前。高密度 C、D 处理的净现值峰值出现在 16 年生时，而低密度 A、B 处理的净现值峰值出现在 16 年生后，根据净现值峰值时间可合理确定经济成熟龄。

根据表 4 与不同造林密度内部收益率随林龄变化可知：随着林龄的增大各密度处理的内部收益率均呈下降趋势，并且各密度处理的内部收益率趋向接近。11 ~ 16 年生下降较快，平均每年下降 1.1% ~ 1.3%，16 年生后内部收益率下降减缓，各密度处理的内部收益率趋向接近，21 年生时为 10.2% ~ 10.8%，高密度造林处理在后期无明显收益优势。

3 结论与讨论

对21年生马尾松造林密度生长资料分析表明:造林密度对林分的生长有显著影响。林龄相同时,胸径、单株材积及冠幅表现出与造林密度间的负相关,高径比随密度的增大而增大,但16年生后这些生长因子均有随林龄的增大差异缩小的规律。在本试验研究的造林密度范围内,造林密度对树高生长无显著影响。

不同造林密度对林分蓄积与出材量的影响在前期呈正相关,但随着林龄的增大趋于相近。密度对林分结构与材种出材量影响显著。林龄相同时,高密度林分的小径阶株数率与小径材量增加,而大径阶株数率与大径材出材量减少。

综合林分生长状况与效益评价,按10%的折现率分析,以15年生为纤维材工艺成熟基准年龄^[11],高密度C、D处理的经济收获期宜在16年生左右,低密度的A、B处理的经济收获期宜在19年生左右,具体收获期应根据木材市场变化调整。按10%的内部收益率标准评价,21年生后采伐经济效益有所下降。高密度造林在后期很难提高出材量与经济效益。因此,在营林生产中应根据培育目标选择科学的造林密度。培养短周期小径材与纤维材造林密度可选取2 200~3 300株·hm⁻²,培育大、中径材造林密度宜选择1 667~2 200株·hm⁻²。

参考文献:

[1] 童书振,盛炜彤,张建国.杉木林分密度效应研究[J].林业科学

研究,2002,15(1):69-78

- [2] 张水松,陈长发,吴克选,等.杉木林间伐强度试验20年生生长效应的研究[J].林业科学,2005,41(5):56-65
- [3] 丁贵杰,周政贤,严仁发,等.造林密度对杉木生长进程及经济效益影响的研究[J].林业科学,1997,33(专刊):67-75
- [4] 张春锋,殷鸣放,孔祥文,等.不同间伐强度对人工阔叶红松林生长的影响[J].辽宁林业科技,2007,33(1):15-18
- [5] 李光,徐建民,陆钊华.尾叶桉纸浆林造林密度控制技术的研究[J].林业科学研究,2002,15(2):175-181
- [6] 张金文.巨尾桉大径材间伐试验研究[J].林业科学研究,2008,21(4):464-468
- [7] 郑海水,黎明,汪炳根.西南桦造林密度与林木生长的关系[J].林业科学研究,2003,16(1):81-84
- [8] 王树力,刘大兴,促崇祺.长白落叶松工业人工林密度控制技术的研究[J].林业科学,1997,33(10):322-329
- [9] 曾德慧,姜凤岐.沙地樟子松人工林自然稀疏规律[J].生态学报,2000,20(2):235-242
- [10] 温佐吾,谢双喜,周运超,等.造林密度对马尾松林分生长、木材特性及经济效益的影响[J].林业科学,2000,36(专刊):36-43
- [11] 丁贵杰,周政贤.马尾松不同造林密度和不同利用方式经济效益分析[J].南京林业大学学报,1996,20(2):24-29
- [12] 庄金顺,刘玉明.不同造林密度对培育马尾松造纸工艺林生长的影响[J].福建林业科技,1992,19(4):39-42
- [13] 秦国峰,周志春,金国庆,等.马尾松速生丰产林不同培育目标的适宜造林密度[J].林业科学研究,1999,12(6):620-627
- [14] 湛红辉,丁贵杰.马尾松造林密度效应研究[J].林业科学,2004,40(1):92-98
- [15] 丁贵杰.马尾松人工林生长收获模型系统的研究[J].林业科学,1997,33(专刊):57-66
- [16] 木材编写组.中华人民共和国国家标准—木材[M].北京:国家标准局,1984:64-67
- [17] 汪海粟.资产评估[M].北京:高等教育出版社,2003:4-8