

森林培育措施对人工林湿地松木材物理力学性质的影响

罗真付, 张雪峰, 陆步云, 潘彪, 严晓红

(南京林业大学木材工业学院, 南京 210037)

摘要: 对不同间伐强度和不同种植密度处理下的湿地松的物理力学性质进行研究。结果表明, 不同间伐处理的湿地松的胸高处年轮宽度、晚材率和基本密度的径向变异规律基本一致。不同的间伐强度对年轮宽度、力学性质影响显著, 对晚材率和干缩率影响不显著。其中 45% 间伐处理不仅可以显著加快湿地松的生长, 而且可以提高力学性能, 并且对密度和干缩性没有显著性影响。种植密度对湿地松单株材积、全干缩率和力学性质都有显著性影响, 而对气干密度没有显著性影响。其中 3.5 m × 3.5 m 处理的湿地松不仅生长迅速, 而且其力学性能有所提高。

关键词: 间伐强度; 种植密度; 湿地松; 木材性质

中图分类号: S781.3; S791.246

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2012)02-0228-06

Effects of silvicultural treatments on physical and mechanical properties of *Pinus elliottii*

LUO Zhen-fu, ZHANG Xue-feng, LU Bu-yun, PAN Biao, YAN Xiao-hong

(College of Wood Science and Technology, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037)

Abstract: In this paper, physical and mechanical properties of *Pinus elliottii* with different thinning intensities and planting densities were studied. The results show that the radial variances of annual ring width, percentage of late wood and basic density with different thinning intensities are almost the same. The effect of thinning intensity on annual ring width and mechanical properties is significant, while that on percentage of late wood and shrinkage is not significant. 45% thinning intensity can not only accelerate the growth of *Pinus elliottii* significantly, but also improve the mechanical properties, and have no significant effects on density and shrinkage. The effect of planting density on volume, total shrinkage and mechanical properties is significant, while that on air density is not significant. *Pinus elliottii* with 3.5 m × 3.5 m planting density not only grow rapid, but also have relatively high mechanical properties.

Key words: thinning intensity; planting density; *Pinus elliottii*; wood properties

湿地松 (*Pinus elliottii*) 原产美国东南部, 于解放后引种到我国。湿地松生长速度快, 材质较好, 比较适宜我国南方栽培。本试验以湖南省国外松试验林的湿地松为研究对象, 在研究湿地松的株内材性变异规律的基础上, 深入研究间伐处理和种植密度这两种培育措施对人工林湿地松物理、力学性能的影响规律, 为人工林湿地松的定向培育提供科学的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

湿地松间伐处理试材选自湖南省汨罗市白水苗

圃。试验林造于 1976 年春季, 初植密度为 2 m × 3 m。在树龄达 18 a 时, 对试验林进行间伐处理, 间伐强度分别为强度间伐 (45%)、中度间伐 (30%)、弱度间伐 (15%)、不间伐 (CK, 0%)。本试验的试材采自 1998 年 11 月, 试材采集方法按照国家标准 GB/T 1927-2009 《木材物理力学试材采集方法》进行, 每一处理采伐 5 株样木, 其中 3 株为平均木, 1 株为优势木, 1 株为应压木。样木伐倒后, 截取 0~1.3 m、1.3~3.3 m、3.3~5.3 m 3 段木段。若第一大活枝下高不足 5.3 m, 则最后一段只取至第一大活枝下高。湿地松间伐处理试材基本情况见表 1。

收稿日期: 2011-10-17

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划项目 (2006BAD03A1505-1) 和江苏省高校优势学科建设工程项目共同资助。

作者简介: 罗真付, 男, 博士, 讲师。E-mail: zfluo1@163.com

表 1 间伐处理试材的基本情况
Table 1 Basic stand information of thinning sample trees

间伐强度 Thinning intensity	编号 Number	生长情况 Growth condition	树高/m Height	胸径/cm DBH	枝下高/m Height under branches	冠幅/m Crown width	
						南北 NS	东西 EW
CK	75	平均木 AT	15.9	27.0	9.9	5.7	6.3
	76	平均木 AT	15.2	27.0	7.2	4.2	3.9
	78	平均木 AT	15.6	29.0	6.2	2.7	3.2
	77	优势木 DT	16.0	32.0	7.3	6.0	6.8
15%	60	平均木 AT	15.0	27.0	10.3	4.6	4.8
	62	平均木 AT	14.0	27.0	8.6	2.5	3.3
	63	平均木 AT	17.0	26.5	10.7	2.8	3.4
	61	优势木 DT	17.0	30.6	9.4	5.0	4.6
	64	应压木 CW	13.0	20.5	7.4	3.3	3.2
30%	66	平均木 AT	11.7	28.5	5.1	3.5	4.6
	68	平均木 AT	14.1	28.3	8.0	4.8	4.9
	69	平均木 AT	12.9	27.2	6.7	4.1	4.4
	65	优势木 DT	14.7	30.7	8.6	4.6	4.5
	67	应压木 CW	14.8	26.0	6.55	3.8	4.6
45%	70	平均木 AT	16.9	29.5	5.8	5.8	7.0
	71	平均木 AT	16.1	30.0	5.8	5.8	6.8
	73	平均木 AT	12.5	30.0	5.0	5.0	5.9
	72	优势木 DT	16.8	33.0	6.8	6.3	6.5
	74	应压木 CW	11.8	19.5	6.6	3.5	3.2

AT-average tree; DT-dominant tree; CW-compression wood.

表 2 不同种植密度试材基本情况
Table 2 Basic stand information of sample trees with different planting densities

种植密度 Planting density	编号 Number	生长情况 Growth condition	树高/m Height / m	胸径/cm DBH	枝下高/m Height under branches	冠幅/m Crown width	
						南北 NS	东西 EW
1.5 m×1.5 m	2	亚优势木 ST	7.5	11.7	2.7	2.6	3.0
	3	亚优势木 ST	7.6	12.9	3.6	3.2	2.8
	7	亚优势木 ST	7.3	11.0	3.2	1.8	2.7
	8	亚优势木 ST	8.2	11.7	4.55	3.0	2.6
	19	亚优势木 ST	6.9	10.0	3.4	2.1	2.9
2.0 m×2.0 m	11	亚优势木 ST	6.8	11.0	3.35	2.2	2.6
	12	亚优势木 ST	7.4	12.8	4.6	2.2	2.3
	13	亚优势木 ST	7.2	14.0	2.9	3.7	3.6
	22	亚优势木 ST	7.1	13.4	3.6	2.7	3.0
	23	亚优势木 ST	7.5	12.8	2.9	4.1	3.8
2.0 m×3.0 m	4	亚优势木 ST	7.2	14.0	2.7	3.7	3.0
	5	亚优势木 ST	6.2	13.6	2.1	3.5	3.3
	9	亚优势木 ST	7.2	13.7	2.3	4.3	4.0
	10	亚优势木 ST	7.1	13.1	3.5	2.7	3.0
	16	亚优势木 ST	6.8	13.2	2.45	3.5	3.4
2.5 m×3.0 m	1	亚优势木 ST	6.6	12.6	2.88	3.3	3.8
	14	亚优势木 ST	7.2	12.8	2.55	2.7	2.8
	15	亚优势木 ST	6.7	15.0	2.45	3.6	3.7
	20	亚优势木 ST	6.8	12.6	2.25	3.4	3.1
	21	亚优势木 ST	6.8	13.4	2.7	3.7	3.8
3.5 m×3.5 m	6	亚优势木 ST	8.3	18.0	2.75	4.2	4.1
	17	亚优势木 ST	6.9	13.5	2.30	3.5	3.8
	18	亚优势木 ST	7.4	14.6	3.0	3.6	3.1
	24	亚优势木 ST	7.5	16.2	2.85	4.1	4.0
	25	亚优势木 ST	7.35	14.0	3.05	3.3	4.1

ST - Subdominant tree.

种植密度处理试材选自湖南省鼎城(常德市)周家店林场陈家山工区。试验林造于1989年春季,本次试验所取的5种植植密度分别为1.5 m×1.5 m、2.0 m×2.0 m、2.0 m×3.0 m、2.5 m×3.0 m、3.5 m×3.5 m。本次试验的试材采自1998年10月,试材采集方法同间伐处理。湿地松种植密度试材基本情况见表2。

1.2 方法

试材气干后,取胸高处圆盘用于测定早材宽度和晚材宽度。干缩性、密度、抗弯强度、抗弯弹性模量、顺纹抗压强度、冲击韧性等按照GB/T 1928-40-2009《木材物理力学性质试验方法》进行测试。

2 结果与分析

2.1 不同间伐强度对湿地松木材性质的影响

间伐是加快林木生长,缩短轮伐期,提高林木质量的重要营林措施。大量的研究表明,不同的间伐强度对林木的生长和材质材性的影响有所不同^[1-3]。

2.1.1 不同间伐强度对年轮宽度、晚材率的影响 年轮宽度是表征树木生长量的重要指标,其大小受树种、树龄及生长环境、培育措施的影响;晚材率的多少则是衡量木材强度大小的一个重要标志,晚材率越高,密度越大,木材强度越大^[4-5]。从表3可

以看出,不同间伐强度对年轮宽度影响显著,对晚材率影响不显著。

表3 湿地松间伐处理对木材年轮宽度和晚材率的影响
Table 3 Effects of thinning on annual ring width and percentage of late wood for slash pine

间伐强度/% Thinning intensity	年轮宽度/mm Annual ring width	晚材率/% Percentage of late wood
CK	4.58	34.82
15%	4.00	38.88
30%	3.64	32.71
45%	5.22	39.67
Sig.	0.041*	0.272

注:*为在0.05水平上的显著性差异。

Note: * represents significance level of 0.05.

一般认为,年轮宽度的大小可以反映生长速度的快慢,因而,可以认为,间伐处理可以改变湿地松的生长速度。由图1可以看出,不同间伐强度林分树木的年轮宽度、晚材率径向变异规律基本一致,其中,年轮宽度由髓心向外呈逐渐减小趋势,晚材率由髓心向外呈逐渐增加趋势。45%强度间伐处理的林分的年轮宽度比其它3个间伐强度林分明显大得多,这说明45%强度间伐处理可以显著加快湿地松的生长。因此,可以通过适度间伐促进林木快速生长,达到速生的目的,这与郭明辉^[2-3]、童方平^[6]、陈广胜^[7]等人的研究结果一致。

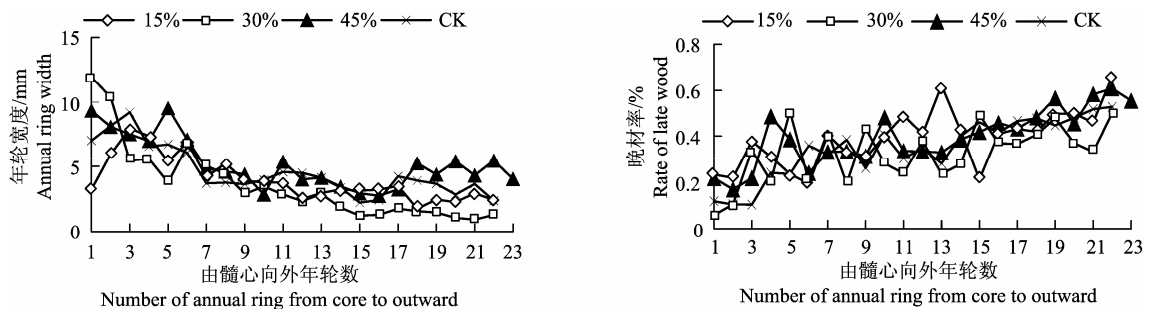


图1 不同间伐强度年轮宽度、晚材率的径向变异

Figure 1 Radial variances of annual ring width and percentage of late wood with different thinning intensities

2.1.2 不同间伐强度对密度的影响 木材密度是最重要的材性指标之一,它和木材的物理、力学和加工性质紧密相联。木材密度越大,细胞壁实质率越大,孔隙率越小,因而其渗透性小,横向干缩大,木材各类强度也有不同程度增加^[5]。从图2中可以看出不同间伐强度林分树木的基本密度的径向变异规律基本一致,由髓心向外呈逐渐增大趋势。对间伐后各处理的基本密度进行单因素多重比较,结

果见表4,可以看出,强度间伐处理和对照处理林分树木的基本密度差异极小,而中度间伐处理和对照处理林分树木的基本密度差异极显著。结合上述年轮宽度的变异分析,可见人工林湿地松在18 a后间伐,采用强度间伐处理不但可以加速林木后期生长,而且对密度影响很小,可以达到速生、丰产的目的。

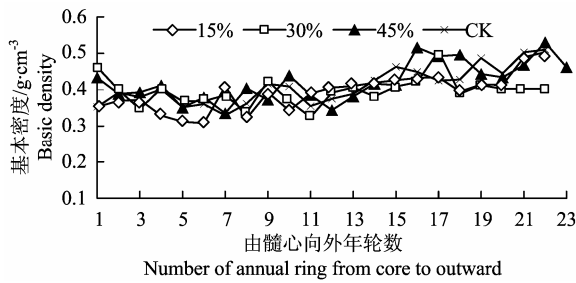


图 2 不同间伐强度基本密度径向变异

Figure 2 Radial variances of basic densities with different thinning intensities

表 4 湿地松间伐处理对木材基本密度的影响

Table 4 Effects of thinning on basic density of slash pine

基本密度多重比较 Q 值		Q(4,16)			
Q value of multiple comparison					
间伐强度	CK	15%	30%	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$
Thinning intensity					
15%	1.92			4.05	5.19
30%	4.44*	2.51		4.05	5.19
45%	0.02	1.90	4.42*	4.05	5.19

2.1.3 不同间伐强度对干缩性的影响 木材的干缩是木材加工利用上的一大问题，它不仅改变木材的尺寸和体积，还会因干缩不均及干缩各项异性而

表 5 湿地松间伐处理对木材全干干缩性能的影响

Table 5 Effects of thinning on oven-dried shrinkage of slash pine

间伐强度	弦向全干缩率/%	径向干缩率/%	体积干缩率 V /%	差异干缩值
Thinning intensity	Tangential total shrinkage	Radial total shrinkage	Volumetric total shrinkage	T/R
CK		5.79	3.62	9.21
15%		6.18	3.44	9.60
30%		5.80	3.37	9.14
45%		5.80	3.44	9.03
Sig.		0.05	0.50	0.31

表 6 湿地松间伐处理对木材力学性能的影响

Table 6 Effects of thinning on mechanical properties of slash pine

间伐强度	顺纹抗压强度	抗弯强度	抗弯弹性模量	冲击韧性
Thinning intensity	CP/MPa	MOR/MPa	MOE/MPa	Toughness/ $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$
CK	25.98	54.97	5972.11	52.31
15%	27.29	56.28	6799.45	46.16
30%	22.11	51.73	5786.00	42.09
45%	29.09	56.23	6401.31	50.94
Sig.	0.00**	0.11	0.01**	0.02*

注: *和**分别为在 0.05 和 0.01 水平上的显著性差异。下同。

Note: * and ** represent significant difference at 0.01 and 0.05 level, respectively. The same below.

2.2 不同种植密度对湿地松木材性质的影响

2.2.1 不同种植密度对湿地松材积生长量的影响 利用澳大利亚 CSIRO 提供的幼树单株材积的计算

引起木材开裂、翘曲变形等缺陷。因而，了解木材的干缩性及干缩规律，在木材加工利用上具有非常重要的意义^[8]。表 5 为不同间伐强度林分树木的 4 个全干干缩性状的测定及方差分析结果，可以看出不同间伐强度林分树木之间的全干干缩性状均没有显著性差异，说明间伐处理不显著影响木材的干缩性，不显著影响木材的尺寸稳定性。

2.1.4 不同间伐强度对力学性质的影响 顺纹抗压强度、抗弯强度、抗弯弹性模量以及冲击韧性是重要的木材性质，这些指标是建筑结构用材最为重要的力学性能指标^[9]。表 6 中不同间伐强度林分树木的力学性质除了抗弯强度之外都有显著性差异，说明间伐处理对湿地松木材力学性质有显著影响。

对照处理林分树木的顺纹抗压强度、抗弯强度、抗弯弹性模量及冲击韧性分别为 25.98、54.97、5972.11 MPa 及 52.31 $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ 。弱度间伐、强度间伐与对照相比，顺纹抗压强度增加 5%~12%，抗弯强度增加 2%，抗弯弹性模量增加 7%~14%，而冲击韧性降低了 3%~12%。中度间伐与对照相比，4 项力学性能都降低了，这表明采用中度间伐处理会降低湿地松木材的力学性能。

公式 $V=0.3333 \times H \times D \times D$ (其中 H 为树高/m, D 为带皮直径/m)^[10] 计算出单株材积。从表 7 中可以看出，湿地松不同的种植密度之间的单株材积差异

极显著,其中种植密度为 3.5 m×3.5 m 的湿地松单株材积明显高于其它处理。

2.2.2 不同种植密度对湿地松木材气干密度的影响通常,木材的密度越大,木材的力学强度越高,作为纸浆材时的制浆得率也越高。从表 7 中可以看出湿地松不同种植密度之间的木材气干密度差异

不显著,这说明生长速度的差异没有造成湿地松材质上的明显差异。其中 2.0 m×3.0 m 处理和 3.5 m×3.5 m 处理的密度较大,和单株材积的变化规律近似一致。这说明快速生长不但没有降低材质,还使材质具有一定幅度的提高。

表 7 不同种植密度湿地松材积生长量和气干密度

Table 7 The growth of volume and air density of slash pine with different planting densities

种植密度 Planting density	材积/m Volume	气干密度/g·cm ⁻³ Air density
1.5 m×1.5 m	0.033	0.443
2.0 m×2.0 m	0.040	0.442
2.0 m×3.0 m	0.042	0.518
2.5 m×3.0 m	0.040	0.443
3.5 m×3.5 m	0.060	0.534
Sig.	0.008**	0.614

表 8 不同种植密度湿地松木材全干缩率

Table 8 Total shrinkage of slash pine with different planting densities

种植密度 Planting Density	纵向全干缩率/% Longitudinal total shrinkage	弦向全干缩率/% Tangential total shrinkage	径向全干缩率/% Radial total shrinkage	体积全干缩率/% Volumetric total shrinkage
1.5 m×1.5 m	0.36	5.21	3.07	8.39
2.0 m×2.0 m	0.49	5.25	3.06	8.60
2.0 m×3.0 m	0.66	4.82	2.74	7.97
2.5 m×3.0 m	0.72	4.70	3.01	8.11
3.5 m×3.5 m	0.48	5.11	3.30	8.44
Sig.	0.005**	0.013*	0.003**	0.046*

表 9 不同种植密度湿地松木材力学性质

Table 9 Mechanical properties of slash pine with different planting densities

种植密度 Planting density	顺纹抗压强度/MPa Longitudinal compression strength	抗弯强度/MPa MOR	抗弯弹性模量/MPa MOE	冲击韧性/kJ·m ⁻² Toughness
1.5 m×1.5 m	22.50	44.46	3 540.01	55.09
2.0 m×2.0 m	20.40	40.99	3 129.88	57.42
2.0 m×3.0 m	20.75	44.01	2 912.88	68.37
2.5 m×3.0 m	20.19	39.77	2 864.34	72.61
3.5 m×3.5 m	20.97	49.74	3 630.76	45.59
Sig.	0.002**	0.000**	0.020*	0.062

2.2.3 不同种植密度对湿地松木材全干缩率的影响从表 8 中可以看出不同种植密度对 10 a 生湿地松的全干缩率影响显著,其中 2.0 m×3.0 m 处理和 2.5 m×3.0 m 处理的纵向全干缩率较大,而径向、弦向、体积全干缩率较小。这说明 2.0 m×3.0 m 处理和 2.5 m×3.0 m 处理木材的尺寸稳定性要优于其它处理。

2.2.4 不同种植密度对湿地松木材力学性质的影响从表 9 中可以看出不同种植密度对 10 a 生湿地松的顺纹抗压强度、抗弯强度、抗弯弹性模量均有

显著影响,而对冲击韧性没有显著影响。除顺纹抗压强度仅比 1.5 m×1.5 m 处理小外,3.5 m×3.5 m 处理的顺纹抗压强度、抗弯强度、抗弯弹性模量均比其它处理大。因而可经认为,3.5 m×3.5 m 处理快速生长的湿地松其力学性能非但没有降低,反而有所提高。

3 结论

不同间伐处理的湿地松的胸高处年轮宽度、晚

材率和基本密度的径向变异规律基本一致。不同的间伐强度对年轮宽度、力学性质影响显著,对晚材率和干缩率影响不显著。其中 45% 间伐处理不仅可以显著加快湿地松的生长,而且可以提高力学性能,并且对密度和干缩性没有显著性影响。种植密度对湿地松单株材积、全干缩率和力学性质都有显著性影响,而对气干密度没有显著性影响。其中 3.5 m×3.5 m 处理的湿地松不仅生长迅速,而且其力学性能有所提高。

参考文献:

- [1] 童雀菊, 张述垠. 抚育间伐对北美短叶松的生长及材质的影响[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2005, 29(6): 73-76.
- [2] 郭明辉, 郭丽. 抚育间伐对紫椴木材材质的影响[J]. 东北林业大学学报, 2001, 29(5): 26-27.
- [3] 郭明辉. 间伐强度对水曲柳木材材质的影响[J]. 东北林业大学学报, 2001, 29(6): 36-37.
- [4] 刘一星, 赵广杰. 木质资源材料学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2004.
- [5] 徐永吉. 木材学[R]. 南京: 南京林业大学木材学教研室, 2000.
- [6] 童方平, 吴际友, 龙应忠, 等. 间伐对火炬松木材性质的影响[J]. 中南林学院学报, 2004, 24(2): 23-27.
- [7] 陈广胜, 郭明辉, 黄冶. 间伐强度对人工落叶松木材物理力学性质的影响[J]. 东北林业大学学报, 2001, 29(3): 13-16.
- [8] 陈瑞英, 吴纯初. 福建杉木间伐材的物理力学性质[J]. 东北林业大学学报, 2000, 28(4): 41-43.
- [9] 徐有明, 林汉, 李贻铨, 等. 施肥对湿地松幼林生长和木材物理力学性质的影响[J]. 林业科学, 2002, 38(4): 126-133.
- [10] 罗真付, 徐永吉, 潘彪, 等. 施肥处理对尾叶桉生长量和木材密度的影响[J]. 南京林业大学学报, 1999, 23(5): 31-34.