

栽植密度对小黑杨边材、湿心材生长量的影响

刘杏娥, 王小青, 任海青*, 费本华

(中国林业科学研究院木材工业研究所, 北京 100091)

摘要: 以山西朔州地区的人工林小黑杨为研究材料, 研究不同栽植密度 ($2\text{ m} \times 5\text{ m}$ 、 $4\text{ m} \times 5\text{ m}$ 、 $4\text{ m} \times 10\text{ m}$) 对小黑杨边材、湿心材生长量的影响。结果表明: 不同栽植密度间边材年轮数差异不显著, 而湿心材年轮数差异显著; 栽植密度对边材宽度影响不大, 而对湿心材宽度影响达极显著水平; 对边材面积和湿心材面积影响均达极显著水平。随着栽植密度的减小, 小黑杨边材、湿心材宽度及面积均呈增加趋势, 但湿心材增加得更快。湿心材比例为 60% ~ 68%, 且随着栽植密度的减小而增大。总体而言, 栽植密度对小黑杨边材、湿心材生长量有不同程度的影响, 且对湿心材生长量影响较大。

关键词: 小黑杨; 栽植密度; 边材; 湿心材

中图分类号: S792.11

文献标识码: A

Effects of Planting Density on Increment of Sapwood and Wetwood in *Populus × xiaohai*

LIUXing-e, WANG Xiao-qing, REN Hai-qing*, FEI Ben-hua

(Research Institute of Wood Industry, CAF, Beijing 100091, China)

Abstract The effects of different planting densities ($2\text{ m} \times 5\text{ m}$, $4\text{ m} \times 5\text{ m}$, $4\text{ m} \times 10\text{ m}$) on increment of sapwood and wetwood of *Populus × xiaohai* were studied from Shuozhou County, Shanxi Province. The results indicated that there were insignificant differences in the number of sapwood growth rings at various planting densities, while significant differences existed in the number of wetwood growth rings. The planting density showed little impact on sapwood width, while it had highly significant effects on wetwood width. For both sapwood and wetwood basal area, there were highly significant differences at various planting densities. A tendency of increasing sapwood and wetwood width as well as basal area with decreasing planting densities was found, and it was also noticed that the width and basal area of wetwood increased more intensively than that of sapwood. The wetwood proportion ranged from 60% to 68%, showing a negative relationship with the planting density. In general, the planting density showed various degrees of impact on growth of both sapwood and wetwood of *Populus × xiaohai*, and it showed more obvious effects on wetwood growth comparatively.

Key words *Populus × xiaohai*; planting density; sapwood; wetwood

杨树 (*Populus* spp.) 是我国主要的速生造林树种, 分布范围广, 蓄积量大, 具有生长速度快, 容易成

活等优点, 但杨树中普遍存在着湿心材问题^[1]。与正常材相比, 杨树湿心材含水率高, 颜色深, 抽提物

收稿日期: 2006-09-08

基金项目: 国家自然科学基金重点项目“利用遥感技术预测人工林木材性质和利用价值的研究”(30230420)资助

作者简介: 刘杏娥 (1971—), 女, 安徽潜山人, 博士, 主要研究方向: 木材科学与技术。

* 通讯作者。

多以及 pH 偏碱性, 使木材物理、化学性质发生变化, 影响木材的干燥、制材和胶合板的质量, 增加了木材加工利用的难度, 降低了木材的使用价值。而边材因其颜色浅、渗透性较好常常作为木材加工业的一个选择标准。

栽植密度是人工林培育中一项重要的技术措施, 栽植密度影响树木对阳光、水分、营养物质的竞争, 直接影响了树木生长、林分郁闭、树冠大小等, 进而最终影响木材材质。针对栽植密度对树木生长和材性的影响, 国内外学者开展了大量的研究^[2-4]。但栽植密度对林木心、边材含量影响的相关报道尚不多见。Long 和 Snidh^[5]研究扭叶松 (*Pinus contorta* Loud.) 时发现, 树木边材面积与栽植密度间呈负相关关系, 即随着栽植密度的增大, 树木边材面积越小。一般而言, 心材宽度受树种、年龄等影响^[6]。Hillis^[7]认为树木的早期生长对心材形成有很重要的影响, 心材比例随着生长率的下降而增加。至于环境因子和营林措施对心材的影响还不是很清楚。本文以山西朔州地区的小黑杨 (*Populus × xiaohei* T. S. Hwang et Liang) 为试验材料, 重点研究栽植密度对树木湿心材、边材生长量的影响, 旨在为

“三北”地区小黑杨人工林培育和合理加工利用提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试材采集

试验地点位于山西省朔州市薛家庄国营林场, 所采小黑杨于 1977 年造林, 主为小黑杨, 间混有群众杨 (*P. × xiaozhuanica* W. Y. Hsu et Liang cv ‘Popularis’), 造林面积 21.6 hm²。根据各种密度的生长状况, 在林分中选取 3 种栽植密度 (2 m × 5 m (A)、4 m × 5 m (B)、4 m × 10 m (C)) 的 9 个试验小区。每种密度设置标准地 3 块, 做 3 个重复共设 9 块标准地, 标准地面积为 900 m² (30 m × 30 m)。试材采集按照国家标准^[8]进行。在标准地中, 根据每木检尺的结果, 按径阶大小及频率分布选取样木株数。3 种栽植密度下分别采集 14、13、9 株, 共采集 36 株样木, 并于伐倒木胸高处 (1.3 m) 截取约 10 cm 厚的圆盘用于木材生长量分析, 标出南北向及编号。试材野外记录情况见表 1。

表 1 试材野外采集记录

栽植密度 / (m × m)	郁闭度	株数	胸径范围 (带皮) / cm	平均胸径 (带皮) / cm	平均树高 / m	平均枝下高 / m	平均冠幅 / m	平均冠长 / m
2 × 5 (A)	0.7	14	14.1~24.2	19.53 (2.79, 14.31%)	18.07 (1.39, 7.71%)	11.27 (0.29, 2.57%)	3.19 (1.33, 41.68%)	6.80 (1.32, 19.47%)
4 × 5 (B)	0.7	13	18.6~26.2	22.60 (2.24, 9.92%)	17.75 (0.48, 2.70%)	10.87 (0.41, 3.74%)	3.63 (0.87, 23.88%)	6.88 (0.89, 12.86%)
4 × 10 (C)	0.7	9	24.0~28.6	26.87 (1.36, 5.03%)	17.74 (0.42, 2.36%)	9.47 (0.01, 0.14%)	5.14 (1.06, 20.53%)	8.28 (0.41, 4.96%)

注: 括号内数据分别为标准差和变异系数。

1.2 边材、湿心材宽度及面积的测量

根据杨树湿心材颜色较深的特点, 在刨光后的光洁圆盘上, 用颜色笔勾勒出湿心材的轮廓线。分别测量圆盘中边材、湿心材宽度, 并数出二者所占的年轮数。对于边材、湿心材面积的测量, 本研究采用 SigmaScan 图像分析软件。具体操作如下: 用固定在支座的数码相机垂直拍摄圆盘的照片, 在圆盘上放置一个 1 cm × 1 cm 的小纸片。将圆盘图像先用图形处理软件 Photoshop 进行增强、滤色处理, 然后用 Sigma Scan 软件对处理后的图像进行分类计算, 采用图像自动灰度值识别技术和人工手描划线, 计算机自动计算相结合的手段进行面积的测量。

1.3 数据处理

采用 SAS 统计软件的方差分析过程, 分析栽植密度对小黑杨边材、湿心材宽度及面积的影响, 分析

结果见表 2 和 3。具体分析指标有: 胸径、胸高断面积、边材、湿心材宽度 (半径) 及年轮数, 边材、湿心材面积。在此基础上, 进一步采用相关分析和回归分析过程, 分析结果见表 4 和 5。

2 结果与分析

2.1 栽植密度对胸径的影响

如表 2 所示, 不同栽植密度对小黑杨胸径生长影响不同。3 种栽植密度下小黑杨平均胸径为 16.8 cm ~ 23.7 cm, 且随着栽植密度的减小 (栽植间距的增大), 胸径呈明显增大趋势。方差分析 (表 3) 表明, 3 种栽植密度的小黑杨胸径差异极显著; Duncan 法检验进一步表明, 林木胸径在两两栽植密度间差异显著。这说明宽大的栽植空间因减少资源的竞争而促进林木胸径的生长。这与前人研究其它树种所

得结论基本一致^[23], 即: 随着栽植密度的减小, 林木平均直径相应增大。

2 2栽植密度对边材、湿心材年轮数的影响

由表 2 可知, 不同栽植密度的小黑杨边材年轮数为 16~17。表 3 的方差分析表明, 不同栽植密度间边材年轮数无显著差异, 这说明栽植密度对小黑杨边材年轮数影响不大。Yang^[9] 在研究黑云杉 (*Picea mariana* B. S. P.) 和白云杉 (*Picea glauca* (Moench) Voss) 时发现, 边材年轮数随栽植间距的增大呈减小趋势, 与本研究结果不同, 产生差异的原因可能是树种不同。

不同栽植密度的小黑杨湿心材年轮数为 9~10, 其中 B 栽植密度的湿心材年轮数最大。方差分析表明, 不同栽植密度间湿心材年轮数存在显著差异; Duncan 法检验进一步表明, A 与 B 栽植密度有差异, 而 A 与 C, B 与 C 差异不显著。

2 3 栽植密度对边材、湿心材宽度的影响

不同栽植密度的小黑杨边材宽度值及方差分析

结果见表 2 和表 3。由表 2 可知, 边材宽度随栽植密度的减小有增大趋势, 其中 B 栽植密度的边材宽度较大。方差分析 (表 3) 表明, 不同栽植密度间边材宽度差异不显著。Yang^[9] 在研究黑云杉时也发现, 随着栽植间距的增大, 边材宽度呈增大趋势。Paul^[10] 早在 1932 年就提出边材宽度与栽植间距呈正相关性的观点。一般而言, 栽植间距较大的林分, 树木获取光照、水分等营养物质越多, 树冠生长空间也较大, 有利于树冠的发育和生长, 从而获得较大的树冠, 对于小黑杨也是如此 (见表 1)。研究表明, 边材宽度与栽植间距的这种正相关性可能与树冠大小紧密相连^[11, 12]。由表 4 的相关分析可知, 小黑杨边材宽度与树冠冠幅和冠长相关性较好, 也就是树冠越大, 边材部分越宽。一般认为生长旺盛的树木, 具有较宽的边材部分, 因为树木的生理活动需要较大机构来维持, 而生长低下的树木边材部分较窄^[13]。

由图 1 可知, 小黑杨湿心材宽度随栽植密度的减小而明显增大。方差分析和 Duncan 法检验表明, 不

表 2 3 种栽植密度小黑杨边材、湿心材有关性质统计

栽植密度 (m × m)	去皮胸 径 / cm	边材					湿心材				
		年轮数	宽度 / mm	面积 / cm ²	面积比 例 %	生长速率 / (mm · 轮 ⁻¹)	年轮数	宽度 / mm	面积 / cm ²	面积比 例 %	生长速率 / (mm · 轮 ⁻¹)
2 × 5 (A)	16.8c	17.3a	22.0a	91.0b	40.0a	1.3a	9.0b	62.2c	140.8c	60.0b	7.0b
4 × 5 (B)	19.8b	16.4a	24.6a	131.6a	39.3a	1.5a	10.2a	74.4b	198.5b	60.7b	7.4b
4 × 10 (C)	23.7a	17.1a	23.5a	140.8a	31.9b	1.4a	9.5ab	94.7a	303.5a	68.1a	10.0a

注: 同一列中相同字母表示用 Duncan 法检验在 0.05 水平上差异不显著

表 3 3 种栽植密度小黑杨边材、湿心材各种性质方差分析

项目	变异来源	自由度	平方和	均方	F 值	Pr > F																																																																																																											
胸径 / cm	栽植密度间	2	254.83	127.41	35.46	< 0.0001																																																																																																											
	误差	33	118.58	3.59			边材	栽植密度间	2	5.45	2.72	1.75	0.1898	误差	33	51.43	1.56	边材年轮数	栽植密度间	2	44.27	22.13	0.85	0.4346	误差	33	854.47	25.89	边材宽度 / mm	栽植密度间	2	0.31	0.16	2.57	0.0921	误差	33	2.01	0.06	边材生长速率 / (mm · 轮 ⁻¹)	栽植密度间	2	17313.23	8656.62	8.61	0.0010	误差	33	33185.72	1005.63	边材面积 / cm ²	栽植密度间	2	373.05	186.53	3.39	0.046	误差	33	1758.56	53.29	边材比例 %	栽植密度间	2	8.87	4.43	4.10	0.0258	误差	33	35.72	1.08	湿心材	栽植密度间	2	5810.40	2905.20	49.30	< 0.0001	误差	33	1944.70	58.93	湿心材生长速率 / (mm · 轮 ⁻¹)	栽植密度间	2	55.44	27.72	31.79	< 0.0001	误差	33	28.78	0.87	湿心材面积 / cm ²	栽植密度间	2	145239.92	72619.96	36.08	< 0.0001	误差	33	66417.45	2012.65	湿心材比例 %	栽植密度间	2	415.29	207.65	3.30	0.0492	误差
边材	栽植密度间	2	5.45	2.72	1.75	0.1898																																																																																																											
	误差	33	51.43	1.56			边材年轮数	栽植密度间	2	44.27	22.13	0.85	0.4346	误差	33	854.47	25.89	边材宽度 / mm	栽植密度间	2	0.31	0.16	2.57	0.0921	误差	33	2.01	0.06	边材生长速率 / (mm · 轮 ⁻¹)	栽植密度间	2	17313.23	8656.62	8.61	0.0010	误差	33	33185.72	1005.63	边材面积 / cm ²	栽植密度间	2	373.05	186.53	3.39	0.046	误差	33	1758.56	53.29	边材比例 %	栽植密度间	2	8.87	4.43	4.10	0.0258	误差	33	35.72	1.08	湿心材	栽植密度间	2	5810.40	2905.20	49.30	< 0.0001	误差	33	1944.70	58.93	湿心材生长速率 / (mm · 轮 ⁻¹)	栽植密度间	2	55.44	27.72	31.79	< 0.0001	误差	33	28.78	0.87	湿心材面积 / cm ²	栽植密度间	2	145239.92	72619.96	36.08	< 0.0001	误差	33	66417.45	2012.65	湿心材比例 %	栽植密度间	2	415.29	207.65	3.30	0.0492	误差	33	2074.24	62.86								
边材年轮数	栽植密度间	2	44.27	22.13	0.85	0.4346																																																																																																											
	误差	33	854.47	25.89			边材宽度 / mm	栽植密度间	2	0.31	0.16	2.57	0.0921	误差	33	2.01	0.06	边材生长速率 / (mm · 轮 ⁻¹)	栽植密度间	2	17313.23	8656.62	8.61	0.0010	误差	33	33185.72	1005.63	边材面积 / cm ²	栽植密度间	2	373.05	186.53	3.39	0.046	误差	33	1758.56	53.29	边材比例 %	栽植密度间	2	8.87	4.43	4.10	0.0258	误差	33	35.72	1.08	湿心材	栽植密度间	2	5810.40	2905.20	49.30	< 0.0001	误差	33	1944.70	58.93	湿心材生长速率 / (mm · 轮 ⁻¹)	栽植密度间	2	55.44	27.72	31.79	< 0.0001	误差	33	28.78	0.87	湿心材面积 / cm ²	栽植密度间	2	145239.92	72619.96	36.08	< 0.0001	误差	33	66417.45	2012.65	湿心材比例 %	栽植密度间	2	415.29	207.65	3.30	0.0492	误差	33	2074.24	62.86																			
边材宽度 / mm	栽植密度间	2	0.31	0.16	2.57	0.0921																																																																																																											
	误差	33	2.01	0.06			边材生长速率 / (mm · 轮 ⁻¹)	栽植密度间	2	17313.23	8656.62	8.61	0.0010	误差	33	33185.72	1005.63	边材面积 / cm ²	栽植密度间	2	373.05	186.53	3.39	0.046	误差	33	1758.56	53.29	边材比例 %	栽植密度间	2	8.87	4.43	4.10	0.0258	误差	33	35.72	1.08	湿心材	栽植密度间	2	5810.40	2905.20	49.30	< 0.0001	误差	33	1944.70	58.93	湿心材生长速率 / (mm · 轮 ⁻¹)	栽植密度间	2	55.44	27.72	31.79	< 0.0001	误差	33	28.78	0.87	湿心材面积 / cm ²	栽植密度间	2	145239.92	72619.96	36.08	< 0.0001	误差	33	66417.45	2012.65	湿心材比例 %	栽植密度间	2	415.29	207.65	3.30	0.0492	误差	33	2074.24	62.86																														
边材生长速率 / (mm · 轮 ⁻¹)	栽植密度间	2	17313.23	8656.62	8.61	0.0010																																																																																																											
	误差	33	33185.72	1005.63			边材面积 / cm ²	栽植密度间	2	373.05	186.53	3.39	0.046	误差	33	1758.56	53.29	边材比例 %	栽植密度间	2	8.87	4.43	4.10	0.0258	误差	33	35.72	1.08	湿心材	栽植密度间	2	5810.40	2905.20	49.30	< 0.0001	误差	33	1944.70	58.93	湿心材生长速率 / (mm · 轮 ⁻¹)	栽植密度间	2	55.44	27.72	31.79	< 0.0001	误差	33	28.78	0.87	湿心材面积 / cm ²	栽植密度间	2	145239.92	72619.96	36.08	< 0.0001	误差	33	66417.45	2012.65	湿心材比例 %	栽植密度间	2	415.29	207.65	3.30	0.0492	误差	33	2074.24	62.86																																									
边材面积 / cm ²	栽植密度间	2	373.05	186.53	3.39	0.046																																																																																																											
	误差	33	1758.56	53.29			边材比例 %	栽植密度间	2	8.87	4.43	4.10	0.0258	误差	33	35.72	1.08	湿心材	栽植密度间	2	5810.40	2905.20	49.30	< 0.0001	误差	33	1944.70	58.93	湿心材生长速率 / (mm · 轮 ⁻¹)	栽植密度间	2	55.44	27.72	31.79	< 0.0001	误差	33	28.78	0.87	湿心材面积 / cm ²	栽植密度间	2	145239.92	72619.96	36.08	< 0.0001	误差	33	66417.45	2012.65	湿心材比例 %	栽植密度间	2	415.29	207.65	3.30	0.0492	误差	33	2074.24	62.86																																																				
边材比例 %	栽植密度间	2	8.87	4.43	4.10	0.0258																																																																																																											
	误差	33	35.72	1.08			湿心材	栽植密度间	2	5810.40	2905.20	49.30	< 0.0001	误差	33	1944.70	58.93	湿心材生长速率 / (mm · 轮 ⁻¹)	栽植密度间	2	55.44	27.72	31.79	< 0.0001	误差	33	28.78	0.87	湿心材面积 / cm ²	栽植密度间	2	145239.92	72619.96	36.08	< 0.0001	误差	33	66417.45	2012.65	湿心材比例 %	栽植密度间	2	415.29	207.65	3.30	0.0492	误差	33	2074.24	62.86																																																															
湿心材	栽植密度间	2	5810.40	2905.20	49.30	< 0.0001																																																																																																											
	误差	33	1944.70	58.93			湿心材生长速率 / (mm · 轮 ⁻¹)	栽植密度间	2	55.44	27.72	31.79	< 0.0001	误差	33	28.78	0.87	湿心材面积 / cm ²	栽植密度间	2	145239.92	72619.96	36.08	< 0.0001	误差	33	66417.45	2012.65	湿心材比例 %	栽植密度间	2	415.29	207.65	3.30	0.0492	误差	33	2074.24	62.86																																																																										
湿心材生长速率 / (mm · 轮 ⁻¹)	栽植密度间	2	55.44	27.72	31.79	< 0.0001																																																																																																											
	误差	33	28.78	0.87			湿心材面积 / cm ²	栽植密度间	2	145239.92	72619.96	36.08	< 0.0001	误差	33	66417.45	2012.65	湿心材比例 %	栽植密度间	2	415.29	207.65	3.30	0.0492	误差	33	2074.24	62.86																																																																																					
湿心材面积 / cm ²	栽植密度间	2	145239.92	72619.96	36.08	< 0.0001																																																																																																											
	误差	33	66417.45	2012.65			湿心材比例 %	栽植密度间	2	415.29	207.65	3.30	0.0492	误差	33	2074.24	62.86																																																																																																
湿心材比例 %	栽植密度间	2	415.29	207.65	3.30	0.0492																																																																																																											
	误差	33	2074.24	62.86																																																																																																													

同栽植密度间湿心材宽度存在差异,且两两栽植密度间差异显著。虽然栽植间距较大的林分,有利于树木的生长发育,使得胸径生长较快,从而获得较大的蓄积量,但随之而来的是树木中湿心材含量也在增加,这势必对小黑杨的加工利用产生一定的影响。对于小黑杨边材、湿心材宽度而言,B栽植密度的湿心材宽度介于A、C栽植密度之间,且其边材宽度相对较大,故B栽植密度较为理想。

2.4 栽植密度对边材、湿心材面积的影响

如表 2 所示,虽然不同栽植密度的小黑杨边材宽度差异不大,但边材面积差异明显。方差分析也证实,不同栽植密度间边材面积差异极显著; Duncan 法检验表明,较小的两个栽植密度 B 与 C 间差异不大,且均与 A 栽植密度差异显著。总体而言,小黑杨边材面积随栽植密度的减小呈明显增大趋势(图 2)。Long 和 Smith^[5]在研究扭叶松时发现,胸高边材面积与林分栽植密度存在曲线关系,生长最密集的林分边材面积最小。Yang^[9]在研究黑云杉时也发现栽植密度越小,树木边材面积越大。边材面积与栽植密度的这种相关性最终与树冠密切相关。

众所周知,边材是树干外缘部分形成的木质部。树木的根部从土壤中吸收的水分和矿物质通过树木边材部分输送到树冠,供叶片进行光合作用,所以边材对树木的生长发育有重要的意义。1964 年,Shinozaki 等提出了说明植物形成的管道模型理论(pipe model)。管道模型将林木个体以及森林群落视为若干单位管道系的集合,认为树干内单位数量的管道支持树冠内单位数量的叶子,即树冠内叶量的多少取决于树干中具有输导水分能力的边材横断面积的

大小。在管道模型理论上,学者们进一步研究发现边材面积与叶面积或树冠间有密切的线性关系,即树冠越大,边材面积越大^[11,12,14]。对于小黑杨,边材面积与冠幅、冠长相关系数分别为 0.53 和 0.65(见表 4),相关程度较高,本研究再次证明边材面积与树冠大小呈密切正相关性的规律。Whitehead 等^[15]进一步发现,叶面积与边材面积的关系受边材渗透性影响较大。

33 种栽植密度的小黑杨湿心材比例和面积如表 2 所示。由表 2 可知,小黑杨的湿心材比例为 60% ~ 68%,明显要高于其它杨树树种。如,王桂岩等^[16]研究山东省 10 种黑杨和 3 种白杨时得出:湿心材率为 14.6% ~ 34.1%;姜笑梅等^[17]发现湖北嘉鱼地区的鲁克斯杨(*P. deltoides* Bartr cv 'Lux')和-72 杨(*P. × euramericana* (Dode) Guinier cv 'San Martino')的湿心材所占比率分别为 53.3%、55.6%;张冬梅^[18]研究不同毛白杨(*P. tomentosa* Carr)无性系的湿心材比例平均值为 16.9%。小黑杨湿心材比例高于其它杨树无性系的原因可能是树种不同以及湿心材比例测量方法的差异。

由图 2 可知,小黑杨湿心材面积随栽植密度的减小而明显增大,其中 C 栽植密度的湿心材面积是 A 的 2 倍多。虽然边材面积也随栽植密度的减小而增大,但湿心材面积增加的幅度要明显大于边材面积,这一点可以从图 2 中边材、湿心材面积的变化看出。湿心材面积比例从 A 的 60% 增加到 C 的 68%,随着栽植密度的减小,湿心材含量在增加,这与 Yang^[9]研究黑云杉和白云杉的结果一致。由表 4 可知,湿心材面积与冠幅、冠长相关性较高,即树冠越大,湿心材面积越大。

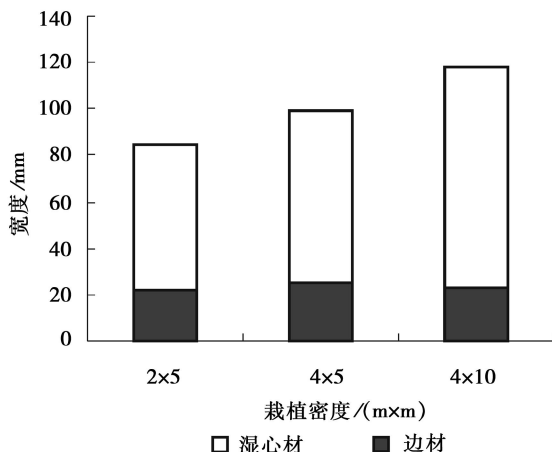


图 1 不同栽植密度小黑杨边材、湿心材宽度

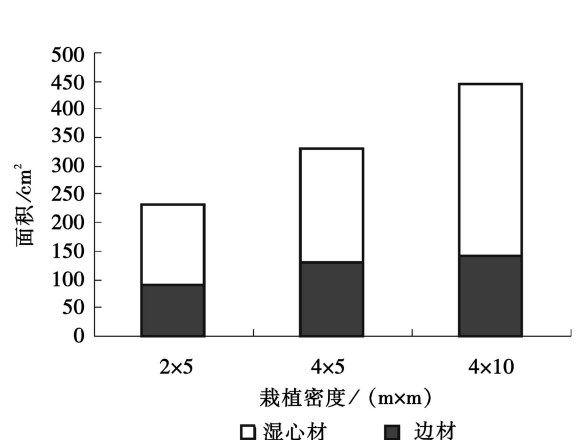


图 2 不同栽植密度小黑杨边材、湿心材面积

表 4 小黑杨边材、湿心材生长量与树冠大小相关系数

项目	边材宽度	边材面积	湿心材宽度	湿心材面积
冠幅	0.382 [*]	0.532 ^{**}	0.728 ^{***}	0.757 ^{**}
冠长	0.490 [*]	0.653 ^{**}	0.782 ^{***}	0.756 ^{**}

注：“***”表明在 0.001 水平显著；“**”表明在 0.01 水平显著；“*”在 0.05 水平显著。

3 结 论

栽植密度对小黑杨边材、湿心材生长量影响程度不同,总的来说,栽植密度对湿心材影响较大。栽植密度对胸径生长有极显著影响;不同栽植密度间边材年轮数差异不显著,而湿心材年轮数差异显著;栽植密度对边材宽度影响不大,而对湿心材宽度影响极显著;对边材面积和湿心材面积影响均达极显著水平。随着栽植密度的减小,栽植间距的增大,小黑杨边材面积、湿心材宽度及面积均呈增加趋势,但湿心材增加的更快,湿心材含量在增加。

总体而言,栽植密度越小,栽植间距越大,小黑杨树木生长越快,林分蓄积量越大,但湿心材含量也越高,这势必对小黑杨的加工利用产生一定的影响。故在小黑杨林木培育时,应该采取一定的营林措施,如选择合适的栽植密度,使树木生长速度保持在合理的水平,尽量减少和控制树木中湿心材的含量。对于本研究,综合比较认为栽植密度为 4 m × 5 m 的林分较好,其树干边材含量较大,而湿心材含量较低。

参 考 文 献:

- [1] 诸葛强,黄敏仁,潘惠新,等. 杨树湿心材的化学特性及形成机理研究[J]. 林业科学, 1997, 33 (3): 259~266
- [2] 谌红辉,丁贵杰. 马尾松造林密度效应研究[J]. 林业科学, 2004, 40 (1): 92~98
- [3] 黄宝灵,吕成群,蒙钰钊,等. 不同造林密度对尾叶桉生长、产量及材性影响的研究[J]. 林业科学, 2000, 36 (1): 81~90
- [4] Yang K C. Impact of spacing on width and basal area of juvenile and mature wood in *Picea mariana* and *Picea glauca* [J]. Wood and Fiber Science 1994, 26 (4): 479~488
- [5] Long J N, Smith F W. Leaf area sapwood area relations of lodgepole pine as influenced by stand density and site index [J]. Canadian Journal of Forest Research 1987, 18: 247~250
- [6] Yang K C, Hazenberg G. Relationship between tree age and sapwood and heartwood width in *Populus tremuloides* Michx [J]. Wood and Fiber Science, 1991, 23: 247~252
- [7] Hillis W E. Heartwood and Tree Exudates [M]. New York: Springer-Verlag, 1972, 268
- [8] 国家技术监督局发布. 中华人民共和国国家标准 GB1927-43-91, 木材物理力学性质试验方法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1991
- [9] Yang K C, Hazenberg G. Impact of spacing on sapwood and heartwood thickness in *Picea mariana* and *P. glauca* [J]. Wood and Fiber Science, 1992, 24 (3): 330~336
- [10] Paul B H. The relation of certain forest condition to the quality and value of second-growth loblolly pine lumber [J]. Journal of Forestry, 1932, 30: 4~21
- [11] Grier C C, Waring R H. Conifer foliage mass related to sapwood area [J]. Forest Science, 1974, 20: 205~206
- [12] Marchand P J. Sapwood area as an estimator of foliage biomass and projected leaf area for *Abies balsamea* and *Picea rubens* [J]. Canadian Journal of Forest Research 1984, 14: 85~87
- [13] 李坚,栾树杰,李耀芬,等. 生物木材学 [M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1993
- [14] Albrektson A. Sapwood basal area and needle mass of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) tree in Central Sweden [J]. Forestry, 1984, 57: 35~43
- [15] Whitehead D, Edwards W R N, Jarvis P G. Conducting sapwood area, foliage area and permeability in mature trees of *Picea sitchensis* and *Pinus contorta* [J]. Canadian Journal of Forest Research 1984, 14: 940~947
- [16] 王桂岩,王彦,李善文,等. 13 种杨树木材物理力学性质的研究 [J]. 山东林业科技, 2001(2): 1~11
- [17] 姜笑梅,张立非,徐邦兴,等. F69 杨湿心材发生、分布及材性的研究 [J]. 林业科学研究, 1993, 6 (5): 480~485
- [18] 张冬梅,鲍甫成,张志毅,等. 毛白杨无性系湿心材比例的遗传分析 [J]. 林业科学, 2005, 41 (4): 140~144