

淹水程度对长江滩地枫杨导管及微纤丝角的影响

汪佑宏 刘杏娥 徐斌

(安徽农业大学森林利用学院, 合肥 230036)

摘要 运用体视学方法,对枫杨导管、微纤丝角变异规律的探索,为“三滩”的综合治理和有限森林资源的合理利用提供理论基础。研究发现导管长宽比约为 3.2,两组间的导管平均直径在径、轴向上变化有一定差异。微纤丝角由髓心向外逐渐变小,与年轮显著相关,但两组间纤丝角在轴向上的变化趋势不一致。在 0.05 水平上,经 T-检验两组间的导管平均直径、形状因子、单位体积中导管所占面积及微纤丝角差异不显著。

关键词: 淹水程度 滩地枫杨 导管 微纤丝角

Effect of Flooding Degree Upon the Vessel and Microfibrillar Angle of *Pterocarya stenptera* C.DC.Grown in the Beaches of Changjiang River

WANG You-hong , LIU Xing-e , XU Bin

(College of Forest Utilization, Anhui Agricultural University, Hefei 230036)

Abstract: In order to give the theories for comprehensively putting the beaches in order and putting the limited forest resources to rational use, this study researches the variability of the vessel and microfibrillar angle(FA) of *Pterocarya stenptera* in stereology. The vessel length to vessel width ratio is 3.2, vessel diameter of the two groups vary differently in radial and longitudinal. The FA becomes smaller and smaller from the pith outward, the relationship between it and cambium age correlates remarkably, while the FA varies differently in longitudinal. The differences of vessel diameter, form factor of vessel, area of vessel per unite volume and FA between the two groups aren't notable at 0.05 level.

Key words: Flooding degree, *Pterocarya stenptera* grown in the beaches, Vessel, Microfibrillar angle

导管是输导组织,对于木材干燥、防腐等改性处理有很大影响。微纤丝角是指木材细胞壁 S_2 层中微纤丝方向与细胞主轴之间的夹角^[1],它不仅影响到木材的物理力学性质、介电常数,而且还是造成木材干缩的主要原因、影响到木浆纸张产品的撕裂程度。直到20世纪70年代我国学者才在这方面开展过研究工作,但作为长江中下游江、湖、洲滩重要的“抑螺防病林”树种之一的枫杨^[2],每年汛期都要遭到不同程度淹水,不同淹水程度对枫杨导管特征及微纤丝角有何影响,还未见有过报道。因此本文想就该方面内容进行研究,进一步探索导管、微纤丝角的变异规律,将有助于“三滩”的综合治理和有限森林资源的合理利用,对“三滩”的综合治理、扩大和合理利用森林资源、缓解日益紧张的木材供求矛盾,有着十分重要的意义。

本文为“九五”林业科技攻关专题的一部分。

第一作者简介:汪佑宏,1970年9月生,男,安徽农业大学森林利用学院,讲师,博士。主要从事木材科学,木材干燥及木材改性等方面的研究和教学工作。联系电话:0551-2823795-3518(o)、0551-5156082(h)、13866175836;电子邮件:wsyh520@hotmail.com 或 wsyh520@yahoo.com.cn

1 试 验

1.1 材料与方 法

本文所研究的滩地枫杨 (*Pterocarya stenoptera* C.DC.)，是按照国家标准《GB1927—91》规定采自安徽贵池。自然条件如下：位于东经117° 25′ 北纬30° 15′ 附近，属北亚热带季风气候，温和湿润，无霜期长。年平均气温16.1℃，年平均降水量 1400mm，最高气温可达40℃以上，最低气温-15.6℃，无霜期230天 左右。土壤为山地黄壤，微酸性。

根据每年水淹时间长 短即水淹程度不同分为两组：第一组年水淹一月左右，第二组年水淹二月左右。枫杨伐到后，分别在0.3、1.3、3.3、5.3和7.3米处截取圆盘，沿南北向各切取一根2cm×2cm的通心试条；自髓心向外隔年取样(为便于比较，只取前8个年轮)。

1.2 实验方 法

试块用冷热交替法软化，下沉后将其投入甘油—酒精各半之混合溶液中继续软化^[3]。然后在横切面上切取并制成永久切片，切片透明度要高，运用体视显微技术，在100倍的光电投影仪的投影屏幕上10cm×10cm的正方形内设5×5=25个点，测试枫杨的导管形态因子^[4、5、6]。切取弦向切片，放入10%的硝酸和10%的铬酸混合液中，浸渍1~2天，直到离析成单根半壁 的纤维为止；用流水洗净酸液，在400倍透射式偏光显微镜下测定纤丝角^[7]。

2 结果与分析

2.1 导管

枫杨木材导管平均弦向直径约为 171 微米，属于“稍大”级别；导管平均长度约为 554 微米，属于“中等”级别；长宽比约为 3.2，呈圆柱形，符合导管分子长宽比一般小于 10 的观点。

导管直径(指导管弦向和径向直径的平均值)的变异分别见图 1 和图 2。从图 1 中可以看出导管直径的径向变化趋势在这两组间是不同的：第一组导管直径先是急剧增加后又平缓下降；而第二组导管直径在经过波动后也趋于平缓下降。这可能是随着淹水时间的增长，对导管组织生长的抑制作用增强，导管因分生较慢而至使导管直径相对较小的缘故。导管直径的轴向变异参见图 2，从图中可以发现第二组导管直径随着树高的增加变化较大；而第一组水淹时间较短的却在一定范围内波动，这也就不难理解，树干基部因受水淹程度较上端重，对导管生长的抑制作用也就较树干上端严重，故而会产生上述结果。但在对导管平均直径(\bar{D})、形状因子(VSF)和单位体积中导管平均边界面积(即被导管细胞所占据的面积， \bar{S}_V)进行差异分析，结果发现差异均不显著，见表 1(因导管平均弦长 \bar{l}_{MCI} 、平均周边长度和导管分子平均面积与导管平均直径有着直接的关系，故而也就没有必要再作差异分析)。

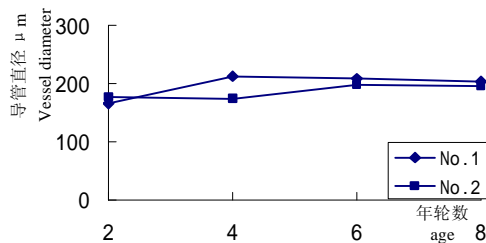


图 1 导管直径的径向变异

Fig.1 Radical variation of vessel diameter

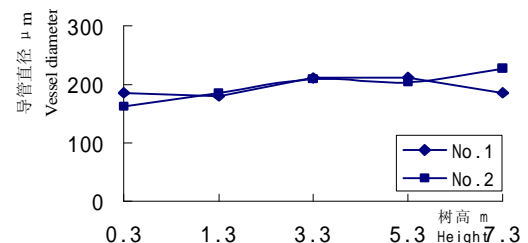


图 2 导管直径的轴向变异

Fig.2 Axial variation of vessel diameter

表 1 枫杨木材导管直径、形状因子和单位体积中导管所占面积的变异统计及差异分析

Table1 The T-test and test results of vessel diameter, form factor and average board area of vessel per unite volume of Pterocarya stenptera

项 目 Item	样本数 Number of sample	\bar{X}	S	V%	P%	T _统	T _{0.1}	T _{0.05}
导管直径	120	199.125	25.742	12.93	5.28	1.235	1.645	1.960
vessel diameter	80	186.063	14.625	7.86	3.93			
形状因子	120	0.837	0.136	16.27	6.64	1.601	1.645	1.960
form factor	80	0.750	0.064	8.47	4.24			
单位体积中导管平均边界面积	120	3.921	0.524	13.36	5.46	0.633	1.645	1.960
average board area of vessel per unite volume	80	4.059	0.319	7.86	3.93			

注：每个项目中的第一、二行分别为第一、二组；直径单位为微米；面积单位为平方毫米

Note: The first/second row of every item delegating No.1/No.2 group respectively, the unite of diameter being um, the unite of area being mm²

导管的其它形态因子及相关值参见表 2 和表 3，从这两幅表中可以发现，不论是在径向或是轴向，通过导管分子弦、径向平均直径(\bar{D}_T)和(\bar{D}_R)计算出来的形状因子 VSF_1 和通过弦、径向平均弦长 $\bar{\lambda}_{MCI(T)}$ 和 $\bar{\lambda}_{MCI(R)}$ 求算出来的形状

表 2 导管因子的径向变化

Table2 Radical variation of vessel factors

	\bar{D}	$\bar{\lambda}_{MCI}$	\bar{L}	$\bar{A} \times .001$	VSF_1	VSF_2	\bar{S}_v
I 2	165.2	99.9	519.0	16.505	.7908	.7913	4.284
4	212.0	114.0	665.9	24.156	.9043	.9042	4.317
6	208.0	129.6	653.4	26.951	.8048	.8045	3.550
8	203.3	118.3	638.7	24.046	.8039	.8041	3.517
II 2	177.0	106.3	556.0	18.822	.7361	.7360	4.363
4	173.5	107.7	545.0	18.678	.7042	.7041	3.938
6	197.4	119.5	620.1	23.579	.7649	.7649	3.750
8	195.7	110.8	614.8	21.682	.7450	.7450	4.188

表 3 导管因子的轴向变化

Table3 Axial variation of vessel factors

	\bar{D}	$\bar{\lambda}_{MCI}$	\bar{L}	$\bar{A} \times .001$	VSF_1	VSF_2	\bar{S}_v
I 7.3	185.6	101.7	582.9	18.871	.6968	.6965	5.034
5.3	212.1	116.9	666.5	24.797	.7580	.7579	4.483
3.3	211.3	105.2	663.6	22.214	.7451	.7451	4.450
1.3	180.3	107.8	566.2	19.430	.7944	.7946	3.896
0.3	185.5	119.5	582.6	22.153	.7203	.7197	3.583
II 7.3	227.5	118.8	714.6	27.027	.7118	.7117	5.050
5.3	203.8	108.3	640.1	22.064	.7348	.7348	5.725
3.3	209.2	109.9	656.9	22.991	.7378	.7375	4.475
1.3	185.7	108.5	583.3	20.153	.7407	.7412	4.275
0.3	162.1	96.4	509.3	15.625	.7658	.7660	4.150

注：I 2、I 7.3 分别表示第一组离髓心年轮数为 2、树高 7.3 米处，以下同； \bar{L} 、 \bar{A} 的单位是平方毫米，其余的单位均是微米。

Note: I 2 and I 7.3 delegating number of age and height of No.1 group respectively, the unite of \bar{L} , \bar{A} being mm², the unite of other being um.

因子 VSF_2 非常接近，最大只相差 0.08%，完全在合理的范围内，而这两种值是分别单独地从不同的体视学参数计算出来的，所以校核结果可以认为体视学数据是真实可靠的^[7]。

对导管的平均直径、平均弦长、平均周边长度、平均面积、形状因子和单位体积中导管平均

边界面积进行逐步回归分析，从相关矩阵中可以发现，导管平均面积与导管平均直径、平均弦长和平均周边长度间，以及平均周边长度与平均直径间在 0.001 水平下相关显著，这也恰好验证了前述的观点；平均弦长与单位体积中导管平均边界面积间在 0.001 水平下显性负相关。另外导管平均直径与平均弦长间、平均弦长与平均周边长度间以及单位体积中导管平均边界面积与导管平均面积间也具有较高的相关性。

相 关 矩 阵								
X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	Y	X ₁ —导管平均直径	X ₂ —导管平均弦长	X ₃ —导管平均周边长度
1.00	0.65	1.00	0.90	0.06	-0.39	X ₄ —导管平均面积	X ₅ —导管形状指数	Y—单位体积中导管平均边界面积
	1.00	0.65	0.91	0.20	-0.69	第一次逐步回归，X 入选 F 值=1 与第二次逐步回归，X 入选 F=3.03 结果相同		
		1.00	0.90	0.06	-0.39	回 归 方 程		
			1.00	0.13	-0.60	因变量 Y	偏相关系数	
				1.00	-0.14	B ₂ =-0.02207	-0.688	
					1.00	B ₀ = 6.49047	0.688 (复相关系数)	
						第二次逐步回归的结果为：Y = 6.49047 - 0.02207 X ₂		

2.2 微纤丝角

2.2.1 微纤丝角的径向变异

从图3中可以看出，由髓心向外，微纤丝角渐渐减小，但减小的幅度逐渐降低，呈相对平稳的递减趋势，这种变化规律与人工林红松^[8]、油松^[9]等树木的微纤丝角变化规律一致；与 I -69杨、I -72杨、I -63杨^[10]及三角枫^[11]微纤丝角的变化趋势一致。同时还可以看出，第一组枫杨木材微纤丝角比第二组微纤丝角变化范围大，但它们间差异并不显著，参见表4。这也说明了淹水时间在一定期限范围内对枫杨微纤丝角影响不大。从微纤丝角的变化趋势来看，微纤丝角是随着树龄的增大而减小，对微纤丝角与树龄间分别用二、三次回归，回归方程分别是：

$$Y=23.3251-0.6755X+0.0263X^2 \quad R=0.9510 \quad \text{和} \quad Y=21.2606+0.9662X-0.3424X^2+0.0246X^3 \quad R=0.9605$$

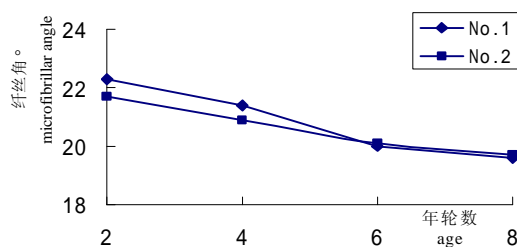


图3 微纤丝角的径向变异

Fig.3 Radical variation of the microfibrillar angle

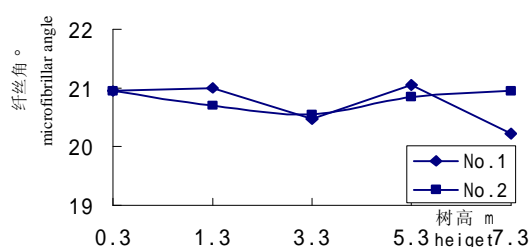


图4 微纤丝角的轴向变异

Fig.4 Axial variation of the microfibrillar angle

表4 滩地枫杨木材微纤丝角的变异统计及差异分析

Table4 The T-test and test results of the microfibrillar angle of *Pterocarya stenptera*

项目 Item	样本数 Number of sample	\bar{X}	S	V%	P%	T _统	T _{0.05}	差异显著性 Difference significance
微纤丝角 the microfibrillar angle	360	20.8	2.503	12.01	1.27	1.211	1.960	不显著

在 $\alpha=0.001$ 的水平下, R值均大于 $r=0.6787$, 相关系数检验表明相关显著; 在 $\alpha=0.01$ 的水平下, 回归显著性检验也表明, 不论是二次还是三次回归, F值分别是 85.0574 和 67.4837 , 均远远大于相应的 $F_{0.01}$ 值, 其值分别是 6.01 和 5.18 , 回归系数均达到极显著, 说明了生长轮年龄对微纤丝角是高度相关的。

通过对微纤丝角与纤维形态特征间的逐步回归分析, 从第一次逐步回归可以发觉, 微纤丝角与纤维长度和双壁厚呈负相关, 相关系数分别是 -0.676 和 -0.339 , 即纤维越长, 微纤丝角越小; 双壁厚越厚, 微纤丝角也越小, 同刘莉的观点是一致的^[12]。从第二次逐步回归中可以看出微纤丝角与纤维长度呈高度负相关, 相关系数达 -0.76 , 比辽东栎 ($r=-0.604$) 和刺楸 ($r=-0.521$) 微纤丝角与纤维长度间相关性更高。从分析的结果来看, 微纤丝角与纤维宽度、长宽比间也呈现出较高的负相关性; 微纤丝角与双壁厚、胞腔径间负相关性也较高; 而与壁腔比、柔性系数间几乎没什么相关性。从中也可以看出胞腔径与纤维宽度间具有很高的相关性, 相关系数为 0.95 , 这也说明了胞腔径占纤维宽度的主要部分, 对宽度影响较大, 而双壁厚对宽度的影响作用相对较小 (相关系数只有 0.43); 长宽比与纤维长度间相关性也较高 (相关系数达到 0.88) 这也恰好印证了前节论述的结果, 即长宽比主要受长度的影响的观点; 另外柔性系数, 即腔径比与壁腔比之间是高度负相关的 (相关系数为 -0.97)。

相 关 矩 阵								第一次逐步回归	
X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	Y	X 入选 F 值=1	
1.00	0.68	0.49	0.59	0.88	0.04	0.12	-0.76	回 归 方 程	
	1.00	0.43	0.95	0.26	-0.37	0.45	-0.64	因变量 Y	偏相关系数
		1.00	0.13	0.38	0.67	-0.60	-0.56	$B_1=-0.00360$	-0.676
			1.00	0.16	-0.63	0.69	-0.51	$B_2=-0.43483$	-0.339
				1.00	0.21	-0.14	-0.61	$B_3=27.57848$	0.793 (复相关系数)
					1.00	-0.97	-0.10	第二次逐步回归	
						1.00	0.01	X 入选 F 值=3.03	
							1.00	回 归 方 程	
								因变量 Y	偏相关系数
								$B_1=-0.00429$	-0.762
								$B_0=25.58561$	0.762 (复相关系数)

*—表示在 0.001 水平下相关显著

X_1 —纤维长度 X_2 —纤维宽度 X_3 —双壁厚 X_4 —胞腔径
 X_5 —长宽比 X_6 —壁腔比 X_7 —腔径比 Y—纤丝角

第二次逐步回归的结果为: $Y=25.58561-0.00429X_1$

2.2.2 微纤丝角的轴向变化

从图 4 中不难发现, 微纤丝角在轴向上主要是在 $20\sim 21$ 度间波动, 其中第一组微纤丝角大体上是随着高度的增加而减小, 与三角枫^[11]、铜钱树^[13]等微纤丝角的变化规律近似; 而第二组纤丝角由树干基部向上先减小后增大, 与刺楸^[14]的微纤丝角变化模式相似。造成枫杨与其它树木间以及这两组间微纤丝角变化上的差异, 可能是因为生长在滩地上的枫杨由于长期受到水淹以及水淹时间长短不同造成的结果。

3 结 论

1. 枫杨木材导管平均弦向直径约为 171 微米, 属于“稍大”级别; 导管平均长度约为 554 微米, 属于“中等”级别; 长宽比约为 3.2 , 呈圆柱形。淹水程度对滩地枫杨木材导管因子即导管平均直径、形状因子和单位体积中导管分子所占面积等影响不大; 在 0.05 水平上, 经 T—检验差异不显著。

2. 微纤维角在径向上均是由髓心向外逐渐变小, 微纤丝角与年轮数 (树龄) 间二次和三次多项式回归显著, 相关系数均在 0.95 以上; 纤丝角在轴向上的变化趋势不一致。在 0.05 水平上, 两组间微纤丝角经 T—检验差异不显著。对微纤丝角与纤维形态特征间作逐步回归分析, 第一次逐步回归结果表明纤丝角与纤维长度和双壁厚呈负相关关系; 第二次逐步回归结果发现纤丝角只与纤维长度间高度负相关, 相关系数为 -0.76 。

参考文献

1. Meylan B. A. and M. C. Probine. Microfiber Angle as a Parameter in Timber Quality Assessment[J]. Forest Products Journal, 1969, 19(6): 30~33
2. 彭镇华、江泽慧. 中国新林种—抑螺防病林研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995, 9
3. 丁水汀. 木材切片材料处理方法[J]. 林业科学, 1983, 19(1): 109~111
4. 李坚、陆文达、刘一星等. 体视显微术在木材组织学中的应用[J]. 东北林业大学学报, 1986, 14(3): 92~97
5. 汪佑宏、肖成宝、刘杏娥等. 水淹程度对长江滩地枫杨木射线的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2002, 29(3): 293~296
6. Geza Ifju Quantitative wood anatomy certain geometrical-statistical relationships[J]. Wood and Fiber Sci., 1983, 15(4): 326~337
7. 尹思慈、阮锡根、孙成志等. 应用偏光显微镜测定木材纤维胞壁的纤丝角[J]. 林业科学, 1986, 22(2): 209~212
8. 郭德荣、杨彩民、林彦. 人工林红松纤丝角变异与管胞长度和拉伸强度关系[J]. 东北林学院学报, 1982, 10(2): 20~48
9. 徐有明. 油松木材解剖、物理力学性质及其变异的研究[D]. 硕士学位论文, 1988
10. 江泽慧. 长江滩地不同品系杨树木材纤维形态、纤丝角和结晶度变异研究[J]. 安徽农学院学报, 1992, 19(4): 255~262
11. 任海青. 三角枫材性变异研究[D]. 安徽农学院, 硕士论文, 1993
12. 刘莉. 六种地板材定量的相关分析[J]. 中国木材, 1992, 6: 18~22
13. 费本华. 铜钱树木材纤维形态特征和组织比量变异的研究[J]. 东北林业大学学报, 1994, 22(4): 61~67
14. 刘盛权. 刺楸纤维形态特征及其变异的研究[J]. 安徽农业大学学报, 1996, 23(1): 68~72

致谢：本文是在江泽慧教授指导下完成的；试验过程中得到卫广扬先生、柯曙华老师和王传贵副教授的热情帮助，在此表示感谢！