

立地条件对人工林毛竹材 物理力学性质的影响

林金春¹ 林金国^{1*} 余雁²

(1. 福建农林大学 材料工程学院 福建 福州 350002; 2. 国际竹藤网络中心 北京 100102)

摘要: 对不同立地条件毛竹材物理力学性质进行测定和分析,揭示不同立地条件毛竹材物理力学性质的变异规律。结果表明:Ⅲ级地毛竹材基本密度、顺纹抗压强度、抗弯强度和抗弯弹性模量均大于Ⅰ级地和Ⅱ级地;Ⅰ级地毛竹材径向干缩系数、弦向干缩系数、纵向干缩系数、体积干缩系数和差异干缩系数均小于Ⅱ级地和Ⅲ级地毛竹材。立地条件对人工林毛竹材基本密度、纵向干缩系数、体积干缩系数、顺纹抗压强度、抗弯强度和抗弯弹性模量影响显著或极显著。

关键词: 立地条件; 毛竹材; 物理力学性质

中图分类号: S795.701 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2010)04-0773-05

Effects of Sites on Physical and Mechanical Properties of *Phyllostachys heterocyclus cv. pubescens* from Plantation

LIN Jin-chun¹, LIN Jin-guo¹, YU Yan²

(1. College of Material Engineering, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China;
2. International Center for Bamboo and Rattan, Beijing 100102, China)

Abstract: The physical and mechanical properties of *Phyllostachys heterocyclus cv. pubescens* from different sites were determined and analyzed. The variation law of physical and mechanical properties of *P. heterocyclus cv. pubescens* from different sites were revealed. The result showed that the basic density, compression strength parallel to grain, static bending and elastic modulus of bending of *P. heterocyclus cv. pubescens* culm growing in site III were bigger than those in site I and site II. The shrinkage coefficient of radial direction, shrinkage coefficient of tangential direction, shrinkage coefficient parallel to grain, shrinkage coefficient of volume and ratio of tangential shrinkage to radial shrinkage of *P. heterocyclus cv. pubescens* culm growing in site I were smaller than those in site II and site III. The site had extremely significant or significant effects on basic density, shrinkage coefficient parallel to grain, shrinkage coefficient of volume, compression strength parallel to grain, static bending and elastic modulus of bending of *P. heterocyclus cv. pubescens* culm.

Key words: site; *Phyllostachys heterocyclus cv. pubescens*; physical and mechanical properties

毛竹(*Phyllostachys heterocyclus cv. pubescens*)是我国南方最主要的经济竹种之一,分布在秦岭汉水流域以南各地,具有分布广、用途多、生产潜力大、生态和经济价值高等特点。随着世界性天然林资源的枯竭和天然林资源保护工程的实施,木材供需矛盾更加尖锐,以竹代木可缓解木材供需矛盾,也是解决

收稿日期: 2010-03-23 修回日期: 2010-06-03

基金项目: 国家“十一五”科技支撑项目(2008BADA9B01)和福建省林业厅科学基金项目

作者简介: 林金春(1955-),男,实验师,主要从事生物质材料性能检测与研究; * 通讯作者: 林金国。

我国木材资源短缺的重要途径。毛竹生长过程受本身遗传特性的制约,又受到包括立地条件在内的生长环境的影响,生长环境通过影响毛竹的生长过程而影响毛竹材的材质,林型材质变异规律是培育优质木材的理论依据,具有重要的研究价值^[1]。竹材密度和力学强度是竹材重要的品质因子,它们直接关系到竹材的利用和价值。迄今为止,国内外对毛竹材纤维形态和理化性质的研究较多^[2-12],生长环境对毛竹材物理力学性质的影响有一些报道^[13-16],但对不同立地级毛竹材包括物理力学性质变异规律尚未见报道,而这方面的研究对正确选择立地条件定向培育优质毛竹材及其合理利用意义重大。本文通过对不同立地条件人工林毛竹材物理力学性质进行测定分析,为毛竹材的定向培育和合理利用提供科学的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料采集

试材采自福建省建瓯市迪口镇,种源为福建建瓯。建瓯市迪口镇地处建瓯市东南部,东经 118°18′~118°36′、北纬 26°38′~26°50′,属中亚热带海洋性季风气候。年平均气温 16.7℃,最低气温 5.9℃,最高气温 26.5℃,年平均降水量为 1 700~1 800 mm,日照 1 612 h,无霜期 270 d,气候适宜毛竹生长。试材采集地山场海拔 300 m,坡向为阴坡,坡度 25°,土壤为山地红壤,所有的毛竹试材均按国家标准 GB/T15780-1995《竹材物理力学性质试验方法》规定采集样竹,在 I 级、II 级、III 级 3 种不同立地条件竹林分布均匀的林分内分别伐取样竹,每种立地条件选择生长良好、无病虫害、无缺陷的 6 年生的一定胸径人工林毛竹 15 株(表 1),共 45 株,齐地伐倒后,每株从离竹竿基部 1.5 m 处向上截取 2 m 竹段作为基部(即下部),1/3 和 1/2 竿高处向上截取各 1 m 长的竹段分别作为中部和梢部(即上部)试材运回实验室后,供试验分析用。

表 1 试材采集地人工林毛竹林分 and 样竹基本情况

Tab.1 Survey on *P. heterocycla cv pubescens* plantation stand for test materials and themselves

立地条件 Sites	坡向 Slope direction	立竹度/(株·hm ⁻²) Stand density	海拔高度/m Altitude height	株数 Number	竹龄/a Age	平均胸径/cm Average of DBH	平均竹高/m Average of height
I 级 Degree I	阴坡	3 000	300	15	6	10.64	15.00
II 级 Degree II	阴坡	3 000	300	15	6	10.01	12.30
III 级 Degree III	阴坡	3 000	300	15	6	8.59	11.90

1.2 试验方法

1.2.1 毛竹材基本密度的测定 截取不同处理号样竹的下部、中部和上部竹环各 1 个(高约 5 cm),沿中心线锯 1~2 cm 宽的竹条,每根均在南北 2 个方向取材,沿竹高锯成长宽各 1~2 cm 的竹块 10 个以上,利用排水法测定基本密度^[17]。

1.2.2 毛竹材物理力学性质的测定 试材在室内气干后,加工供试验用的无疵小试样,其含水率、干缩性、顺纹抗压强度、抗弯强度、抗弯弹性模量的取样按国家标准 GB/T15780-1995《竹材物理力学性质试验方法》进行。其中,毛竹试材的顺纹抗压强度指标在欧姆斯诺(Amsler)4t 木材力学试验机上测定,抗弯强度和抗弯弹性模量力学强度测定在济南试验机生产的 4t 力学试验机上测定。顺纹抗压强度、抗弯强度和抗弯弹性模量的有效样本数分别为 25 个、26 个和 35 个。

1.2.3 数据处理与分析方法 应用数理统计方法采用 Excel 软件、SPSS10.0 等统计分析软件进行数据处理和统计分析^[18],研究各项材性指标的差异。

2 结果与分析

2.1 立地条件对人工林毛竹材基本密度的影响

从不同立地条件毛竹材基本密度数据(表 2)可以看出:III 级地毛竹材上部、中部和下部基本密度均大于 II 级地和 I 级地的,均值则表现为:III 级地 > II 级地 > I 级地。这是由于立地条件好的林木土壤养分和水分充足,竹材生长迅速,细胞腔大壁薄,细胞实质含量小,其基本密度也小。

对不同立地条件人工林毛竹材基本密度进行方差分析和多重比较(表2) 结果表明: 立地条件对人工林毛竹材基本密度影响极显著。3种立地条件毛竹材上部、中部、下部基本密度及其均值差异均极显著; Ⅲ级地和Ⅱ级地的毛竹材上部基本密度差异极显著, 中部、下部基本密度及其均值均差异不显著; Ⅱ级地和Ⅰ级地、Ⅲ级地和Ⅰ级地的毛竹材上部、中部、下部及其均值差异均极显著。

表2 不同立地条件毛竹材基本密度方差分析及 Duncan 法多重比较

Tab.2 Variance analysis and Duncan multiple comparisons of basic density of *P. heterocyclus cv. pubescens* culm growing in different sites

部位 Position	立地条件 Sites	均值 Average	5% 显著水平 Significant level in 5%	1% 显著水平 Significant level in 1%	F 值 & 显著性 F value & significance
上部 Upper	Ⅰ级	0.669	a	A	73.41**
	Ⅱ级	0.752	b	B	
	Ⅲ级	0.788	c	C	
中部 Middle	Ⅰ级	0.619	a	A	273.35**
	Ⅱ级	0.751	b	B	
	Ⅲ级	0.756	b	B	
下部 Lower	Ⅰ级	0.550	a	A	440.96**
	Ⅱ级	0.666	b	B	
	Ⅲ级	0.667	b	B	
平均值 Average	Ⅰ级	0.613	a	A	95.04**
	Ⅱ级	0.728	b	B	
	Ⅲ级	0.738	b	B	

“**”指在 0.01 水平上差异极显著。“**” indicates significance of very difference ($P < 0.01$).

表3 不同立地条件毛竹材干缩性方差分析和 Duncan 多重比较

Tab.3 Variance analysis and Duncan multiple comparisons of shrinkage properties of *P. heterocyclus cv. pubescens* culm growing in different sites

干缩性 Shrinkage	立地条件 Sites	均值 Average	5% 显著水平 Significant level at 5%	1% 显著水平 Significant level at 1%	F 值 & 显著性 F value & significance
径向干缩系数 / % Shrinkage coefficient of radial direction	Ⅰ级	0.218	a	A	0.73
	Ⅱ级	0.224	a	A	
	Ⅲ级	0.220	a	A	
弦向干缩系数 / % Shrinkage coefficient of tangential direction	Ⅰ级	0.251	a	A	2.48
	Ⅱ级	0.272	ab	A	
	Ⅲ级	0.283	b	A	
纵向干缩系数 / % Shrinkage coefficient parallel to grain	Ⅰ级	0.043	a	A	13.61**
	Ⅱ级	0.060	b	B	
	Ⅲ级	0.083	c	B	
体积干缩系数 / % Shrinkage coefficient of volume	Ⅰ级	0.517	a	A	5.58*
	Ⅱ级	0.538	ab	AB	
	Ⅲ级	0.532	b	B	
差异干缩 Ratio of tangential shrinkage to radial shrinkage	Ⅰ级	1.168	a	A	0.85
	Ⅱ级	1.326	a	A	
	Ⅲ级	1.292	a	A	

* 表示在 0.05 水平上差异显著, “**”表示在 0.01 水平上差异显著。

“*” indicates significant difference ($P < 0.05$); “**” indicates significance difference ($P < 0.01$).

2.2 立地条件对毛竹材干缩性的影响

从不同立地条件毛竹材的干缩性能数据(表 3)可以看出: I 级地毛竹材径向干缩系数、弦向干缩系数、纵向干缩系数、体积干缩系数和差异干缩系数均小于 II 级地和 III 级地毛竹材。对不同立地条件毛竹材干缩性能进行方差分析和多重比较(表 3) 结果表明: 立地条件对人工林毛竹材纵向干缩系数影响极显著,对体积干缩系数影响显著,对径向干缩系数、弦向干缩系数和差异干缩影响不显著。I 级地、II 级地和 III 级地毛竹材径向干缩系数、弦向干缩系数和差异干缩差异不显著,纵向干缩系数差异极显著,体积干缩系数差异显著; III 级地和 II 级地毛竹材除纵向干缩系数差异极显著外,其它干缩性指标均差异不显著; II 级地和 I 级地毛竹材除纵向干缩系数差异显著外,其它干缩性指标均差异不显著。

2.3 立地条件对毛竹材主要力学性质的影响

从不同立地条件毛竹材顺纹抗压强度数据(表 4)可知: 3 种立地条件毛竹材顺纹抗压强度从下部至上部均呈增大趋势,其中 III 级地毛竹材各部位顺纹抗压强度均大于 II 级地和 I 级地的。顺纹抗压强度均值表现为: III 级地 > II 级地 > I 级地。这与毛竹材基本密度随立地条件的变化规律相同。由此可见: 作为结构用材, III 级地的毛竹材优于 II 级地和 I 级地的毛竹材。

表 4 不同立地条件毛竹材顺纹抗压强度

Tab. 4 Compression strength parallel to grain of *P. heterocycla* cv. *pubescens* culm growing in different sites /MPa

立地条件 Sites	上部 Upper	中部 Middle	下部 Lower	平均值 Average
I 级 Degree I	61.4	56.5	51.4	56.4
II 级 Degree II	67.8	65.9	63.4	65.7
III 级 Degree III	69.9	66.3	63.7	66.6

对不同立地条件人工林毛竹材力学强度进行方差分析和多重比较(表 5) 结果表明: 立地条件对人工林毛竹材顺纹抗压强度、抗弯强度和抗弯弹性模量影响均极显著。I 级地和 II 级地毛竹材顺纹抗压强度、抗弯强度和抗弯弹性模量均存在极显著差异; II 级地和 III 级地毛竹材顺纹抗压强度和抗弯弹性模量差异均不显著、抗弯强度差异极显著; I 级地和 III 级地毛竹材顺纹抗压强度、抗弯强度和抗弯弹性模量均差异极显著。根据立地条件对人工林毛竹材顺纹抗压强度、抗弯强度和抗弯弹性模量的影响规律,笔者认为,培育毛竹结构材用材宜选择 III 级地。

表 5 不同立地条件毛竹材主要力学强度方差分析及 Duncan 多重比较

Tab. 5 Variance analysis and Duncan multiple comparisons of main mechanical properties of *P. heterocycla* cv. *pubescens* culm growing in different sites

力学强度 Mechanical strength	立地条件 Sites	均值 Average	5% 显著水平 Significant level at 5%	1% 显著水平 Significant level at 1%	F 值 & 显著性 F value & significance
顺纹抗压强度 /MPa Compression strength parallel to grain	I 级	56.4	a	A	86.80 **
	II 级	65.7	b	B	
	III 级	66.6	b	B	
抗弯强度 /MPa Static bending	I 级	132.8	a	A	35.89 **
	II 级	146.7	b	B	
	III 级	158.9	c	C	
抗弯弹性模量 /MPa Modulus of elasticity of bending	I 级	8 878	a	A	11.77 **
	II 级	9 949	b	B	
	III 级	10 488	b	B	

“**”指在 0.01 水平上差异极显著。“**” indicates significance of very difference ($P < 0.01$).

3 小 结

通过对不同立地条件毛竹材物理力学性质进行测定和分析,结果表明: III 级地毛竹材基本密度大于

I级地和II级地;立地条件对毛竹材基本密度影响极显著。I级地毛竹材径向干缩系数、弦向干缩系数、纵向干缩系数、体积干缩系数和差异干缩系数均小于II级地和III级地毛竹材。立地条件对人工林毛竹材纵向干缩系数影响极显著,对体积干缩系数影响显著,对径向干缩系数、弦向干缩系数和差异干缩系数影响不显著。I级地、II级地和III级地毛竹材径向系数、弦向干缩系数和差异干缩系数差异不显著,III级地和II级地毛竹材除纵向干缩系数差异极显著外,其它干缩性指标均差异不显著;II级地和I级地毛竹材除纵向干缩系数差异显著外,其它干缩性指标均差异不显著。III级地毛竹材顺纹抗压强度、抗弯强度和抗弯弹性模量均大于I级地和II级地;立地条件对毛竹材顺纹抗压强度、抗弯强度和抗弯弹性模量影响极显著。I级地和II级地毛竹材顺纹抗压强度、抗弯强度和抗弯弹性模量均存在极显著差异;II级地和III级地毛竹材顺纹抗压强度和抗弯弹性模量差异均不显著、抗弯强度差异极显著;I级地和III级地毛竹材顺纹抗压强度、抗弯强度和抗弯弹性模量均差异极显著。培育毛竹结构材用材宜选择III级地。

参考文献:

- [1]李坚,栾树杰.生物木材学[M].哈尔滨:东北林业大学出版社,1993:140-149.
- [2]黄艳辉,费本华,余雁,等.毛竹单根纤维的力学性质研究[J].中国造纸,2009,28(8):10-12.
- [3]方楷,杨清培,施建敏,等.亚热带毛竹木材化学特性变异初探[J].江西农业大学学报,2009,31(4):679-684.
- [4]虞华强,费本华,任海青,等.毛竹顺纹抗拉性质的变异及与气干密度的关系[J].林业科学,2006,42(3):72-76.
- [5]Yoko Okahisa, Tsuyoshi Yoshimura, Yuji Imamura. Seasonal and height - dependent fluctuation of starch and free glucose contents in moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*) and its relation to attack by termites and decay Fungi[J]. Journal of Wood Science, 2006, 52(5): 445-451.
- [6]杜瑛,齐卫艳,苗霞,等.毛竹的主要化学成分分析及热解[J].化工学报,2004,55(12):2099-2102.
- [7]王朝晖,江泽慧,阮锡根. X射线直接扫描法研究毛竹材密度的径向变异规律[J].林业科学,2004,40(3):111-116.
- [8]许斌,蒋身学,张齐生.毛竹生长过程中纤维壁厚的变化[J].南京林业大学学报,2003,27(4):75-77.
- [9]张齐生,关明杰,纪文兰.毛竹材质生成过程中化学成分的变化[J].南京林业大学学报,2002,26(2):7-10.
- [10]郭起荣,杨光耀,陈伏生,等.厚皮毛竹纤维形态研究[J].江西农业大学学报,1999,21(2):223-225.
- [11]Chang Shang Tzen, Wang Sheng Yang, Wu Jyh Horng. Rapid extractive of epidermis chlorophyll of moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*) culm using ultrasonics[J]. Journal of Wood Science, 1998, 44(1): 78-80.
- [12]马灵飞,马乃训.毛竹材材性变异的研究[J].林业科学,1997,33(4):356-364.
- [13]张令峰,许海峰,汪佑宏,等.不同海拔高度及坡向对毛竹解剖特征影响及其与物理力学性质关系[J].安徽农业大学学报,2009,36(1):77-80.
- [14]汪佑宏,王善,王传贵.不同海拔高度及坡向毛竹主要物理力学性质的差异[J].东北林业大学学报,2008,36(1):20-22.
- [15]汪佑宏,田根林,刘杏娥,等.不同海拔高度对毛竹主要物理力学性质的影响[J].安徽农业大学学报,2007,34(2):222-225.
- [16]汪佑宏,卞正明,刘杏娥,等.坡向对毛竹主要物理力学性质的影响[J].西北林学院学报,2008,23(3):179-181.
- [17]尹思慈.木材学[M].北京:中国林业出版社,1996:116.
- [18]陈华豪,丁恩统,洪伟,等.林业应用数理统计[M].大连:大连海运学院出版社,1988:60-82,105-110.