

## 肥料对 5 年生毛竹竹材物理力学性质的影响

周紫球, 陆媛媛, 范伟青, 叶慧群, 吴礼栋

(浙江省遂昌县林业局, 浙江 遂昌 323300)

**摘要:** 为了解肥料对毛竹 *Phyllostachys edulis* 竹材物理力学性质的影响, 选择施用尿素、黄腐酸钾型豆粕有机肥及不施肥的 5 年生毛竹进行竹材密度、顺纹抗剪强度、顺纹抗压强度、抗弯强度、抗弯弹性模量和顺纹抗拉强度测定。结果表明: 施肥与不施肥毛竹相比较, 其材性弦向抗弯弹性模量基部显著增大 ( $P < 0.05$ ), 中部和顶部则差异不显著 ( $P > 0.05$ ); 顺纹抗剪强度除基部外; 其余部分均差异显著 ( $P < 0.01$ ), 施化肥与有机肥比较, 尿素的差异变化率达  $\pm 8.0\%$  以上, 最大的  $-17.1\%$ , 而黄腐酸钾型豆粕有机肥为  $\pm 4.9\%$  以下, 最小的  $-0.85\%$ , 化肥比有机肥的增加了 1 倍。这说明施化肥的毛竹材性的变化较大, 不施肥的材性变化较小, 施用尿素的达到极显著 ( $P < 0.01$ ), 施黄腐酸钾型豆粕有机肥的虽有影响, 但不显著 ( $P > 0.05$ )。表 2 参 15

**关键词:** 木材学; 化肥; 有机肥; 毛竹; 物理力学性质

中图分类号: S781.29 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2013)05-0729-05

## Effects of fertilizer on physical and mechanical properties of 5 years old *Phyllostachys edulis*

ZHOU Ziqiu, LU Yuanyuan, FAN Weiqing, YE Huiqun, WU Lidong

(Forest Enterprise of Suichang County, Suichang 323300, Zhejiang, China)

**Abstract:** To determine the effects of fertilizer on physical and mechanical properties of *Phyllostachys edulis* (moso bamboo), a test of longitudinal shear strength, compressive strength, flexural strength, flexural modulus, and longitudinal tensile strength on three different bamboo stems was conducted by applying urea, branch-chain saturated fatty acids (BSFA) soybean meal organic fertilizer, and no fertilizer. Results showed that compared to bamboo without fertilization, the flexural modulus was significantly different ( $P < 0.05$ ) for the base of fertilized bamboo, but not significant for the middle and top of the stand; longitudinal shear strength was not significant for the base, but highly significant ( $P < 0.01$ ) for the middle and top. Comparing organic manure and chemical fertilizers, differences in rate of application for urea reached  $\pm 8\%$  with a maximum of up to  $-17.1\%$ ; difference in rate of application for BSFA soybean meal organic fertilizer was less than  $\pm 4.9\%$  with a minimum of  $-0.85\%$ . The numerical value of using chemical fertilizer was twice that of organic fertilizer. Thus, urea fertilization strongly affected wood properties; whereas, BSFA soybean meal organic fertilizer only had a slight effect. [Ch, 2 tab. 15 ref.]

**Key words:** wood science; chemical fertilizer; organic fertilizer; *Phyllostachys edulis*; physical and mechanical properties

毛竹 *Phyllostachys edulis* 秆形通直, 材性优良, 是利用范围广经济价值大的竹种<sup>[1]</sup>。人们为了在单位面积中获得更多的竹材和竹笋, 实现高产高效, 对竹林进行施肥培育, 取得了显著的经济效益和生态效益<sup>[2-3]</sup>。竹材是竹林培育最重要的目标产品, 其材性受到人们的广泛关注<sup>[4-5]</sup>, 但采用竹材来加工竹质

收稿日期: 2012-10-09; 修回日期: 2012-11-27

基金项目: 浙江省重大科技专项(优先课题)农业项目(2008C12067-1)

作者简介: 周紫球, 高级工程师, 从事林业技术推广。E-mail: srzzq@126.com。通信作者: 吴礼栋, 教授级高级工程师, 从事竹林栽培技术研究和推广。E-mail: scwld2010@126.com

产品的技术人员担心施肥后的竹材材性发生变化,会影响竹材的使用价值。2年生毛竹施肥与不施肥对毛竹物理力学性质的影响,随地区的不同而异,影响均不大<sup>[6]</sup>,对5年生毛竹(此年龄竹材已可采伐利用)施化肥和有机肥与不施肥的,目前还尚未有研究报道。为此,本研究对毛竹竹材主要的物理力学性质进行测试和分析,研究肥料对竹材的影响,为肥料在毛竹经营上的合理应用提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

在浙江省遂昌县三仁乡十三都村经过改建,隔年留养新竹,大小年明显的笋竹两用林基地内,选择立地条件基本一致,同一海拔、坡向、坡位中施化肥(尿素,氮质量分数为46%,衢州化工厂生产)和有机肥(黄腐酸钾型豆粕有机肥,氮-五氧化二磷-氧化钾质量分数 $\geq 4\%$ ,有机质 $\geq 50\%$ ,黄腐酸钾 $\geq 18\%$ 及有许多微量元素,山东宏信肥料有限公司生产)及不施肥的5年生、生长健康、胸径9.5 cm(林分平均胸径)的毛竹作为供试对象。

### 1.2 试材采集

从马金德等<sup>[7]</sup>项目12块20 m $\times$ 20 m的方形样地上,连续6 a施尿素750 kg $\cdot$ hm<sup>-2</sup> $\cdot$ a<sup>-1</sup> $\cdot$ 度<sup>-1</sup>(A)和施黄腐酸钾型豆粕有机肥1 000 $\cdot$ hm<sup>-2</sup> $\cdot$ a<sup>-1</sup> $\cdot$ 度<sup>-1</sup>(B)及不施肥(ck)等3种处理的样地中心各选取毛竹试材3株 $\cdot$ 样地<sup>-1</sup>,共36株。齐地伐倒后,每株分别从基部、中部和顶部各截取100 cm的竹秆段,并做标记。取回制作竹材物理力学性质的测定试件。

### 1.3 试件制作<sup>[8]</sup>、检测和数 据计算

将圆筒剖开,对称取材,保留试材2个弦面竹青与竹黄的原状。每一段试材自基部至上部依次按下列顺序截取试件:密度、顺纹抗压强度、顺纹抗剪强度、顺纹抗拉强度和弦向抗弯强度及弹性模量。各个测试项目做12个试件。试件加工按照国家标准GB/T 15780-1995《竹材物理力学性质试验方法》进行。试件做好后直接送国家林业局林产品质量检验检测中心(杭州)测定。

试验检测参照国家标准GB/T 15780-1995《竹材物理力学性质试验方法》检测,并根据测定结果计算出施用不同类型肥料的毛竹不同部位物理力学性能指标均值的变化率,化肥=[(施尿素-不施肥)/不施肥 $\times 100\%$ ],有机肥=[(施黄腐酸钾型豆粕有机肥-不施肥)/不施肥 $\times 100\%$ ],并对不同部位物理力学性能指标应用Excel 2003进行数据统计分析。

## 2 结果与分 析

### 2.1 肥料对毛竹竹材密度的影响

密度是毛竹竹材重要的物理性质。竹材的密度是指单位体积竹材的质量,也是竹材硬度的一个指标。竹秆部位、年龄、立地条件等因素对竹材密度都有影响。表1是施用不同类型肥料毛竹竹秆不同部位竹材基本密度指标的检测结果以及每种竹秆不同部位之间的均值变化率和单因素方差分析结果。

表1 毛竹竹材基本密度比较

Table 1 Comparison of physical properties of *Phyllostachys edulis*

部位	处理	密度均值/(g $\cdot$ cm <sup>-3</sup> )	变化率/%	F 值	P
基部	施化肥	0.762	-12.2	5.853	0.007
	施有机肥	0.838	-3.5		
	不施肥	0.868			
中部	施化肥	0.831	-8.0	7.301	0.002
	施有机肥	0.869	-3.7		
	不施肥	0.903			
顶部	施化肥	0.838	-11.3	8.330	0.001
	施有机肥	0.899	-4.9		
	不施肥	0.945			

表1结果表明:施肥与不施肥的毛竹竹材基本密度均与马灵飞等<sup>[11]</sup>的研究结果相一致,竹秆顶部

的密度最大，竹秆中部的密度次之，竹秆基部的密度较小。这其中，3 种毛竹(尿素、黄腐酸钾型豆粕有机肥、不施肥)中部竹材基本密度值较基部分别增加 9.1%，1.0% 和 4.0%，顶部较基部分别增加 18.2%，7.6% 和 8.9%；竹材基本密度指标均值的单因素方差分析表明：无论是哪个部位，3 种处理的竹材基本密度值之间均存在极显著差异( $P < 0.01$ )。施化肥与不施肥基部、中部、顶部竹材的基本密度分别下降 12.2%，8.0% 和 4.7%；施有机肥与不施肥基部、中部、顶部竹材的基本密度分别下降 3.5%，6.3% 和 4.6%。从均值变化率上看：不施肥与施有机肥的为 -3.5%~-4.9%；而不施肥与施化肥的为 -8.0%~-12.2%，两者之间相差 1 倍以上，说明施尿素对毛竹各部位竹材的基本密度指标存在极显著差异( $P < 0.01$ )；且施尿素与施黄腐酸钾型豆粕有机肥之间也有显著差异( $P < 0.05$ )。

## 2.2 肥料对毛竹竹材力学性质的影响

毛竹竹材力学性质与含水率、竹秆部位、竹龄、立地条件等有关，且差异较大<sup>[10]</sup>。表 2 是施用不同类型肥料毛竹竹秆不同部位竹材的力学性质指标的检测结果，以及每种竹秆不同部位之间的均值变化率和单因素方差分析结果。

表 2 结果表明：首先，施用尿素的毛竹竹材顺纹抗压强度、弦向抗弯强度、弦向抗弯弹性模量其均值 > 施黄腐酸钾型豆粕有机肥 > 不施肥的，而且从基部到顶部其竹材指标值都逐渐减小。竹材力学性能指标均值的单因素方差分析表明：顺纹抗压强度、弦向抗弯强度其  $P < 0.01$ ，而弦向抗弯弹性模量基部的  $P < 0.05$ ，中部和顶部的  $P > 0.05$ 。说明施用尿素与施黄腐酸钾型豆粕有机肥及不施肥之间的毛竹中部和顶部竹材弦向抗弯弹性模量指标并无显著差异，基部竹材弦向抗弯弹性模量指标之间存在显著差异；

表 2 肥料对毛竹不同部位的竹材力学性质作用比较

Table 2 Comparison of the effects of fertilizer on mechanical properties of different parts of *Phyllostachys edulis*

项目内容	部位	处理	均值/MPa	均值变化率/%	F 值	P
顺纹抗压强度	基部	施化肥	74.400	11.7	8.299	0.001 0
		施有机肥	68.250	2.5		
		不施肥	66.590			
	中部	施化肥	67.440	11.0	6.831	0.002 9
		施有机肥	63.230	4.0		
		不施肥	60.770			
	顶部	施化肥	61.310	10.6	9.277	0.000 6
		施有机肥	57.230	3.2		
		不施肥	55.440			
顺纹抗剪强度	基部	施化肥	10.644	-10.7	2.389	0.106 5
		施有机肥	11.103	-4.1		
		不施肥	11.575			
	中部	施化肥	9.365	-12.7	7.558	0.002 3
		施有机肥	10.628	-0.9		
		不施肥	10.733			
	顶部	施化肥	9.808	-17.1	11.778	0.000 1
		施有机肥	8.839	-2.8		
		不施肥	8.128			
顺纹抗拉强度	基部	施化肥	214.183	-15.9	6.732	0.003 8
		施有机肥	189.908	-3.9		
		不施肥	180.185			
	中部	施化肥	168.200	-12.1	5.946	0.005 7
		施有机肥	177.900	-2.4		
		不施肥	182.300			
	顶部	施化肥	136.200	-12.2	6.969	0.003 3
		施有机肥	146.000	-3.7		
		不施肥	155.100			

表2 (续)

项目内容	部位	处理	均值/MPa	均值变化率/%	F值	P
弦向抗弯强度	基部	施化肥	152.000	9.7	8.331	0.000 9
		施有机肥	144.117	3.2		
		不施肥	140.450			
	中部	施化肥	165.830	8.2	7.083	0.002 7
		施有机肥	156.120	2.6		
		不施肥	151.230			
	顶部	施化肥	134.880	9.7	6.551	0.003 6
		施有机肥	143.280	4.2		
		不施肥	147.940			
弦向抗弯弹性模量	基部	施化肥	5 623.800	9.7	4.586	0.016 9
		施有机肥	5 170.667	0.9		
		不施肥	5 124.917			
	中部	施化肥	5 617.113	15.7	1.294	0.287 6
		施有机肥	4 894.333	0.9		
		不施肥	4 853.000			
	顶部	施化肥	4 170.417	8.7	1.441	0.250 5
		施有机肥	4 001.500	4.3		
		不施肥	3 837.583			

但顺纹抗压强度、弦向抗弯强度指标之间存在极显著差异。其次,施用尿素的毛竹竹材顺纹抗剪强度、顺纹抗拉强度指标其均值<施黄腐酸钾型豆粕有机肥<不施肥的,而且从基部到顶部其竹材指标值都逐渐减小,竹材力学性能指标均值的单因素方差分析表明:仅顺纹抗剪强度其基部竹材指标的 $P>0.05$ ,其余部分的 $P<0.01$ ,说明施用尿素与施黄腐酸钾型豆粕有机肥及不施肥之间的毛竹竹材顺纹抗剪强度、顺纹抗拉强度指标,除顺纹抗剪强度中部竹材指标无显著差异( $P>0.05$ )外,其余的均存在极显著差异。最后,施用尿素(化肥)与施黄腐酸钾型豆粕有机肥(有机肥)的毛竹竹材各种力学性质指标有差异,这与洪顺山等<sup>[11]</sup>的研究结果相一致。其中,施用尿素的差异变化率高达 $\pm 8.2\%$ 以上,最大的为 $-17.1\%$ ,而施黄腐酸钾型豆粕有机肥的差异变化率在 $\pm 4.3\%$ 以下,最小的为 $-0.85\%$ ,施用尿素的比施黄腐酸钾型豆粕有机肥的变化率增加1倍。这说明施用尿素对毛竹竹材的各种力学性质有极显著( $P<0.01$ )的影响,施黄腐酸钾型豆粕有机肥的虽有影响,但不显著( $P>0.05$ )。

### 3 结论与讨论

本研究测定了施用尿素与施黄腐酸钾型豆粕有机肥及不施肥的5年生毛竹基部、中部、顶部竹材的密度、顺纹抗压强度、顺纹抗剪强度、顺纹抗拉强度和弦向抗弯强度及其弹性模量等物理力学性质指标。单因素方差分析结果表明:除毛竹中部和顶部竹材弦向抗弯弹性模量指标和顺纹抗剪强度竹材基部的指标无显著差异外,其余的均存在极显著差异,且施用尿素对毛竹材性有极显著的影响,施黄腐酸钾型豆粕有机肥的虽有影响,但不显著。

同时,根据桂仁意等<sup>[12]</sup>对钩梢竹和吴礼栋等<sup>[13]</sup>对竹腔注射治虫竹材物理力学性质研究与对照之间没有显著影响,而黄金水等<sup>[14]</sup>对笋期断梢竹材及本次对施化肥竹材物理力学性质分析与对照之间有显著影响的现象分析,发现在笋生长成竹的阶段内,其生长受影响后,竹材物理力学性质才会有显著的改变。

因此,虽然施氮肥和有机肥可极显著地增加毛竹竹笋、竹材产量<sup>[15]</sup>,但同时也对竹材材性造成影响,所以,为了既提高产量,又不影响竹材的使用价值,建议多用像黄腐酸钾型豆粕类的有机肥,少用尿素类的化肥;在用肥的时间上,有机肥可年年施。化肥则在春笋大年施(大小年明显的竹林)小年不施。施用化肥和有机肥之间对竹材材性影响有差异的原因尚有待进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] 刘亚迪,桂仁意,俞友明,等.毛竹不同种源竹材物理力学性质初步研究[J].竹子研究汇刊,2008,27(1):



51 - 54.

LIU Yadi, GUI Renyi, YU Youming, *et al.* A preliminary study on the physical and mechanical properties of different provenances of moso bamboo [J]. *J Bamboo Res*, 2008, **27**(1): 51 - 54.

- [2] 湖州市笋用林高产技术推广协作组. 毛竹笋用林培育技术模式探讨[J]. 浙江林学院学报, 1989, **6**(3): 266 - 269.
- WANG Maozhi, ZHU Zhijian, CHEN Xianming, *et al.* A study on the culture technique model of moso bamboo-shoot grove [J]. *J Zhejiang For Coll*, 1989, **6**(3): 266 - 269.
- [3] 胡冬南, 陈立新, 李发凯. 配方施肥对毛竹笋材的影响[J]. 江西农业大学学报, 2004, **26**(2): 196 - 199.
- HU Dongnan, CHEN Lixin, LI Fakai. effect of optimum amount and proportion of fertilizer on bamboo shoots and timbers [J]. *Acta Agric Univ Jiangxi*, 2004, **26**(2): 196 - 199.
- [4] KAMRUZZAMAN M, SAHA S K, BOSE A K, *et al.* Effects of age and height on physical and mechanical properties of bamboo [J]. *J Trop For Sci*, 2008, **20**(3): 211 - 217.
- [5] YU H Q, JIANG Z H, HSE C Y, *et al.* Selected physical and mechanical properties of moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*) [J]. *J Trop For Sci*, 2008, **20**(4): 258 - 263.
- [6] 张寿槐, 臧丽华, 刘红. 不同施肥方法对2年生毛竹物理力学性质的影响[J]. 木材工业, 1990, **4**(3): 28 - 32.
- ZHANG Shouhuai, ZANG Lihua, LIU Hong. Effects of different manuring methods on physico-mechanical properties of biennial *Phyllostachys pubescens* [J]. *China Wood Ind*, 1990, **4**(3): 28 - 32.
- [7] 马金德, 陆媛媛, 朱文强, 等. 黄腐酸钾型豆粕有机肥对毛竹林增产效应研究 [J]. 世界竹藤通讯, 2012, **10**(1): 23-25.
- MA Jinde, LU Yuanyuan, ZHU Wenqiang, *et al.* A study of applications effect of BSFA soybean meal organic fertilizer of *Phyllostachys pubescens* forest [J]. *World Bamboo Rarran*, 2012, **10**(1): 23 - 25.
- [8] 周芳纯. 竹材物理力学性质的研究[J]. 南京林产工业学院学报, 1981(2): 1 - 3.
- ZHOU Fangchun. Studies on physical and mechanical properties of bamboo woods [J]. *J Nanjing Technol Coll For Prod*, 1981(2): 1 - 3.
- [9] 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.
- MA Linfei, MA Naixun. Study on variation in bamboo wood properties of *Phyllostachys heterocykla* var. *pubescens* [J]. *Sci Silv Sin*, 1997, **33**(4): 356 - 364.
- [10] 鲁顺保, 丁贵杰, 彭九生. 不同立地条件对毛竹力学性质的影响[J]. 贵州林业科技, 2005, **33**(4): 11 - 16.
- LU Shunbao, DING Guijin, PENG Jiusheng. Influences of different site conditions on the mechanical properties of *Phyllostachys pubescens* Mazel ex H. delehaie [J]. *J Guizhou For Sci Technol*, 2005, **33**(4): 11 - 16.
- [11] 洪顺山, 胡炳堂, 江业根. 毛竹林施肥效应研究[J]. 林业科学研究, 1992, **5**(4): 371 - 378.
- HONG Shunshan, HU Bingtang, JIANG Yegen. The responses of fertilization on the plantations of *Phyllostachys pubescens* [J]. *For Res*, 1992, **5**(4): 371 - 378.
- [12] 桂仁意, 邵继锋, 俞友明, 等. 钩梢对5年生毛竹竹材物理力学性质的影响[J]. 林业科学, 2011, **47**(6): 194 - 198.
- GUI Renyi, SHAO Jifeng, YU Youming, *et al.* Influence of obruncation on physical and mechanical properties of 5 years old clums of *Phyllostachys edulis* [J]. *Sci Silv Sin*, 2011, **47**(6): 194 - 198.
- [13] 吴礼栋, 华文礼, 林陈涛, 等. 竹腔注射治虫对竹材物理力学性质的影响 [J]. 浙江林学院学报, 2000, **17**(1): 56 - 58.
- WU Lidong, HUA Wenli, LINChentao, *et al.* Effects of injecting pesticide into bamboo cavity on physico mechanical properties of bamboo wood *Phyllostachys pubescens* [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2000, **17**(1): 56 - 58.
- [14] 黄金水, 朱建华, 叶剑雄, 等. 竹笋象危害对竹材物理力学性质的影响[J]. 竹子研究汇刊, 2005, **24**(4): 14 - 17.
- HUANG Jinshui, ZHU Jianhua, YE Jianxiong, *et al.* Harm of bamboo shoot beetle on the physical and mechanical properties of bamboo wood of *Phyllostachys heterocykla* var. *pubescens* [J]. *J Bamboo Res*, 2005, **24**(4): 14 - 17.
- [15] 汪奎宏, 裘福庚, 蔡勿秋. 毛竹主要营林措施技术经济效果分析[J]. 林业科学研究, 1991, **4**(1): 30 - 37.
- WANG Kuihong, QIU Fugeng, CAI Renqiu. Analysis of technical and economics effect of main forestry measures adopted in *Phyllostachys pubescens* grove [J]. *For Res*, 1991, **4**(1): 30 - 37.