

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2019.02.018

毛竹防霉处理工艺及其对力学性能的影响

黄仲华¹, 杨凌云^{2*}, 颜金燕³, 庄国庆¹, 樊振国¹, 朱卉云¹

(1. 四川省林业科学研究院, 四川 成都 610081; 2. 四川城市职业学院, 四川 成都 610110;
3. 阿坝职业学院, 四川 茂县 624000)

摘要:以毛竹为试验材料, 采用有机硅系季铵盐防霉剂对其进行防腐防霉处理, 分析药剂浓度、浸渍处理时间、浸渍压力对防霉处理效果的影响, 比较各工艺条件载药量的差别, 并分析防霉处理工艺对竹材力学性能的影响。结果表明, 药剂浓度是影响毛竹防霉处理效果的主要因素; 毛竹最佳防霉处理工艺为药剂浓度 1.5%、加压时间 60 min、浸渍压力 0.1 MPa; 防霉处理使毛竹主要力学性能略微下降, 但处理前后差异不显著。

关键词:毛竹; 药剂浓度; 防霉处理; 力学性能

中图分类号: S795.7 文献标识码: A 文章编号: 1003-5508(2019)02-0084-04

Anti-mildew Preservation Processes and Their Influence on Mechanical Properties of *Phyllostachys edulis* Bamboo

HUANG Zhong-hua¹ YANG Ling-yun^{2*} YAN Jin-yan³ ZHUANG Guoqing¹
FAN Zhen-guo¹ ZHU Hui-yun¹

(1. Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, China; 2. Urban Vocational College of Sichuan, Chengdu 610110, China;
3. Aba Vocational College, Aba 624000, China)

Abstract: In this Study, *Phyllostachys edulis* bamboo was treated by silicone quaternary ammonium salt. The anti-mildew effects on bamboo were analyzed in several ways of reagent concentration, pressure and processing time, the drug loadings were determined in different treats. and the influence was analyzed on mechanical properties of treated bamboo. The results showed that the reagent concentration was the most significant affection factor in anti-mildew preservation process. The best anti-mildew preservation process included 1.5% reagent concentration, 60 minutes of press time, and 0.1 MPa of pressure. The main mechanical properties decreased slightly as compared to untreated ones, but there were no significant differences between treated and untreated samples.

Key words: *Phyllostachys edulis*, Reagent concentration, Anti-mildew process, Mechanical properties

毛竹 (*Phyllostachys edulis*), 别名江南竹、孟宗竹、楠竹, 隶属于禾本科竹亚科刚竹属, 主干高 13 m ~ 20 m, 节间一般长 27 cm ~ 32 cm, 最长达 40 cm,

直径 10 cm ~ 18 cm 或更粗, 秆壁厚 0.5 cm ~ 1.5 cm, 单轴散生, 主要分布在中国, 自秦岭、汉水流域至长江流域以南和台湾地区, 黄河流域也有多处栽

收稿日期: 2018-11-15

基金项目: 中央美术学院驻四川成都传统工艺工作站项目

作者简介: 黄仲华(1986-), 男, 工程师, 硕士, 研究方向: 木竹加工研究与质量检验, e-mail: huangeronly@163.com。

* 通讯作者: 杨凌云, e-mail: 396895327@qq.com。

培,四川省内盆地海拔 1 200 m 以下各地的酸性土壤常有栽培,毛竹是四川省内主要用材竹种资源,全省竹资源面积超过 120 万 hm^2 ,其中毛竹林面积占比接近 80%^[1~2]。毛竹生长快,产量高,四季可伐,病虫害少,且生命力顽强,栽种成活率高,广泛用于工农业生产和人们的日常生活,毛竹在四川地区是建筑模板、地板、笋用、大棚支架等重要原材料,是四川省面积较大、产量高、用途广、价值大的重要经济竹种之一^[3~5]。随着工农业生产技术的发展和社会生活水平的提高,毛竹的用途越来越广,尤其是四川特色传统竹编工艺品、户外竹制装置艺术品及日常生活用品的传承和发展,毛竹得到了高效及高附加值开发利用,毛竹呈现出日益明显的生态、社会及经济效益。

由于竹材细胞中含有大量淀粉、还原糖、蛋白质、脂肪等营养物质,在加工、运输和使用过程中易发生腐朽、霉变和虫蛀,造成硬度、强度、可使用性和观赏性的降低和消失,大大缩短了竹材的使用寿命^[6~8]。因此,竹材的防霉处理研究至关重要,传统木竹材防腐剂包括油类防腐剂(oil-type preservative)、油载防腐剂(oil-borne preservative)和水载防腐剂(water-borne preservative)3类。其中油类防腐剂使用时可能有渗出现象,且毒性较大,这些缺点导致油类防腐剂使用范围极度缩小;油载防腐剂一般毒性较大,如今在木竹材行业已基本淘汰;水载防腐剂性能价格优越,如今已逐步取代油载防腐剂。本文选用无毒的水载型有机硅季铵盐防霉剂,调配成不同浓度,以不同处理工艺对毛竹材进行防霉处理,对比分析其处理工艺的载药量,筛选出适宜毛竹的防霉处理工艺,并分析此防霉工艺对毛竹主要力学性能的影响,为毛竹的利用及产品生产提供理论及技术支持。

1 材料和方法

1.1 试验材料

1.1.1 毛竹 取自四川省崇州市道明镇天然毛竹林,竹材原料为 3a 生毛竹,竹子从基部伐倒后以胸高 1.3m 处往上截取 1m 长作为试材备用。

1.1.2 防霉剂 选择佳尼斯公司生产的无毒水性竹木防腐防霉剂,型号为 AEM5700-L2,主要性状见表 1。

表 1 AEM5700-L2 防腐防霉剂主要性状

参数	特征
主要成分	有机硅季铵盐
外观	浅黄色透明液体
气味	略有气味
密度	1.12 g/mL
pH 值	4~6
保质期	12 个月

1.2 仪器设备

蒸煮灭菌锅,型号 XFS-280;电热鼓风干燥箱,型号 CS101-3EB;推台锯;带锯;电子天平,品牌梅特勒-托利多;微机控制万能力学试验机,MTS MWD-W50。

1.3 试验方法

1.3.1 试件制备 根据 GB/T 18261-2013《防霉剂对木材霉菌及变色菌防治效力的试验方法》中对试件尺寸要求,将毛竹锯切成试件,防霉试验试件尺寸为 $20 \times 20 \times 10$ (mm),每种处理工艺 10 个试件。防霉处理之前,将锯制完成的试件放入恒温恒湿箱中在温度 25°C 、相对湿度 65% 条件下平衡处理。

1.3.2 防霉处理 配置一定浓度防霉剂待用,采用 $L_9(3^3)$ 正交试验方案进行防霉处理,选择防霉剂浓度、加压时间、浸渍压力为试验因素,制定正交试验方案,各处理因素及水平见表 2。

表 2 防霉处理工艺正交试验 $L_9(3^3)$ 设计方案

编号	药剂浓度(%)	加压时间(min)	浸渍压力(MPa)
1	1.5	30	0.05
2	1.5	60	0.10
3	1.5	90	0.15
4	2.5	30	0.10
5	2.5	60	0.15
6	2.5	90	0.05
7	3.5	30	0.15
8	3.5	60	0.05
9	3.5	90	0.10

1.4 测试指标和方法

1.4.1 载药量测试 将载药量试件防霉处理前分别称重后,放入浸渍罐,加入防霉剂溶液按照各处理工艺参数浸渍处理,浸渍处理结束后取出试样,擦去表面余液,称重记录。试样防霉剂的载药量 L 为试件防霉处理前后重量增加与试件表面积的比值,取平均值,单位为 g/m^2 ,按下式计算:

$$L = \frac{(M_2 - M_1) \times C \times 10^4}{S}$$

式中, M_2 为试件处理后重量, M_1 为试件处理前重量,单位 g; C 为防霉剂浓度,单位%; S 为试件 6 个

表面积之和,单位 mm²。

1.4.2 力学性能测试 参考国家标准 GB/T 15780-1995《竹材物理力学性质试验方法》^[9]测定毛竹条防霉处理前后的抗弯强度、顺纹抗压强度和抗拉强度,以此评价防霉处理对毛竹材力学性能的影响。

2 结果分析

2.1 不同防霉处理工艺竹材载药量

表3显示了毛竹载药量的极差分析情况,由表中数据可知,药剂浓度所对应的极差值最大,为2.23,因此,药剂浓度是主要影响因子,而加压时间和浸渍压力对应极差值分别为1.18和0.54,为次要因子。在防霉处理工艺中,影响载药量的因素主次关系为:药剂浓度 > 加压时间 > 浸渍压力,即防腐剂浓度对载药量影响最大,加压时间次之,最后是浸渍压力。此结论与张禄晟^[10]对竹集成材防腐性能研究及秦韶山^[11]等人利用铜基防腐剂进行竹材防腐的研究结果一致。

表3 毛竹载药量极差分析表

编号	A 药剂浓度 (%)	B 加压时间 (min)	C 浸渍压力 (MPa)	载药量 (g/m ²)
1	1.5	30	0.05	3.68
2	1.5	60	0.1	6.40
3	1.5	90	0.15	4.57
4	2.5	30	0.1	3.17
5	2.5	60	0.15	4.19
6	2.5	90	0.05	4.28
7	3.5	30	0.15	2.78
8	3.5	60	0.05	2.59
9	3.5	90	0.1	2.60
K1	4.88	3.21	3.52	
K2	3.88	4.39	4.06	
K3	2.67	3.82	3.85	
R 极差	2.23	1.18	0.54	
优水平	A1B2C2 即:药剂浓度 1.5%、加压时间 60 min,浸渍压力 0.1 MPa			
因素主次	A > B > C			

为了分析药剂浓度、加压时间及浸渍压力对载药量的影响显著性,继续对正交试验结果进行方差分析,结果见表4。

表4 毛竹载药量正交试验方差分析

差异来源	自由度	均方	F 值	显著性
药剂浓度	2	3.731	10.580	0.038 *
加压时间	2	1.050	1.008	0.498
浸渍压力	2	0.222	0.213	0.824
误差	2	1.042		

注: * 为0.05 水平下显著水平

正交试验方差分析结果表明,药剂浓度对毛竹载药量具有显著影响,加压时间和浸渍压力对毛竹载药量的影响不显著。药剂浓度为1.5%时,载药量达到最大值,随着药剂浓度的逐渐增加,毛竹的载药量不增反降,结合上文正交试验极差分析结果,表明药剂浓度是影响载药量的最重要因素,且药剂浓度适合为佳,不宜过高,过高浓度不仅会造成载药量的下降,也会造成防霉药剂的浪费。

图1中A图表示加压时间对毛竹载药量的影响。随着处理时间的增加,载药量出现了先增后降的变化趋势,增速和降速较缓,因此,在防霉处理时,应选择合适的加压时间,仅通过延长处理时间反而会造成载药量的下降,进而影响防腐效果。

图1中B图显示了浸渍压力与载药量的关系。随着浸渍压力的增加,载药量也随之增加,当浸渍压力达到0.10 MPa时,载药量达到最大,之后随着浸渍压力的继续增大,载药量也开始降低。分析其中原因,压力的提高有助于防腐剂更多更快地注入竹材内部,但在瞬间卸压过程中,过高的压力会使竹材内部部分防腐剂冲出流失,导致载药量的下降。所以在竹材防霉处理时应选择适宜浸渍压力,不仅能提高载药量,提高防霉处理效率,还能减少防霉工艺能耗,降低成本。

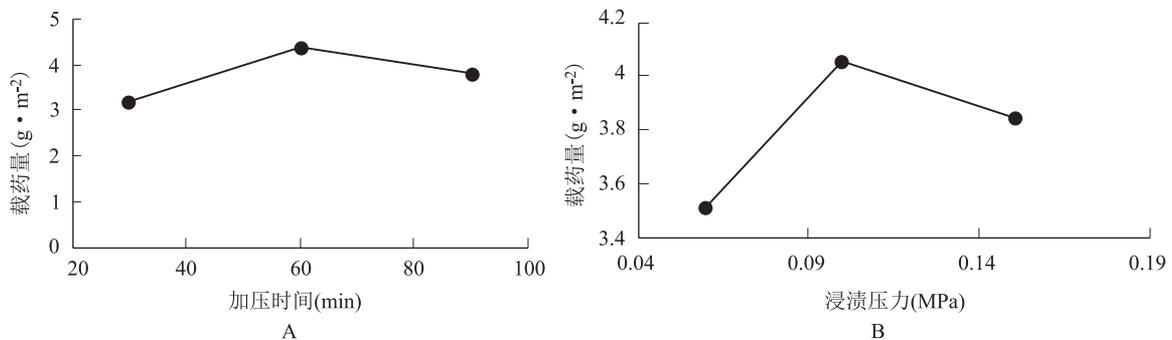


图1 加压时间和浸渍压力对毛竹材载药量的影响

综上所述,确定毛竹的防霉处理工艺为:药剂浓度 1.5%、加压时间 60 min、浸渍压力 0.1 MPa。

2.2 防霉处理工艺对毛竹力学性能的影响

以本研究确定的最佳防霉工艺参数处理毛竹力学性能试件,并设置对照组试件,测试处理后试件的抗弯强度、顺纹抗压强度、抗拉强度,与对照组对比分析,确定防霉处理工艺对毛竹力学性能的影响,利用 SPSS 软件对测试结果进行单因素方差分析,结果见表 5 与表 6。

表 5 毛竹防霉处理材力学性能

	抗弯强度(MPa)	顺纹抗压强度(MPa)	抗拉强度(MPa)
处理材	65.61	44.86	129.02
对照组	66.03	45.49	130.39

表 6 毛竹防霉处理与对照组力学性能方差分析

指标	差异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
抗弯强度	组间	3.364	1	3.364	3.009	0.091
	组内	42.48	38	1.118		
	总数	45.844	39			
顺纹抗压强度	组间	3.969	1	3.969	1.433	0.239
	组内	105.266	38	2.770		
	总数	109.235	39			
抗拉强度	组间	18.360	1	18.360	3.640	0.065
	组内	191.650	38	5.043		
	总数	210.010	39			

由表 5 可知,防霉处理后毛竹材抗弯强度、顺纹抗压强度及抗拉强度均有所下降,下降幅度均在 1% 左右,进一步对防霉处理材及对照组的力学强度数据进行方差分析,由表 6 可知,防霉处理及对照组的抗弯强度、顺纹抗压强度及抗拉强度在 0.05 水平下均无显著差异。王雅梅等^[12]利用 ACQ 和 CuAz 防腐剂对竹材力学性能影响时也发现,防腐处理后试样的抗弯强度略有下降约 3%,但防腐处理对抗弯强度的影响不显著。本研究所得结论也与 Shukla S R 等对南方松的防腐防霉研究^[13]及王朝晖等^[14]利用铜基防腐剂对木材进行防腐处理的研究结论一致。

3 结论

1) 在毛竹防霉处理工艺中,影响载药量的工艺

参数主次关系为:药剂浓度 > 加压时间 > 浸渍压力,即防腐剂浓度对载药量影响最大,加压时间次之,最后是浸渍压力。在后续的竹材防霉处理中,应首先选择调整防腐剂浓度使之达到目标载药量。

2) 毛竹的防霉最佳处理工艺为:药剂浓度 1.5%、加压时间 60 min、浸渍压力 0.1 MPa。

3) 防霉处理使毛竹主要力学性能略微下降,处理材与对照组的抗弯强度、顺纹抗压强度及抗拉强度在 0.05 水平下均无显著差异。本实验中防霉处理工艺参数 - 防腐剂浓度、加压时间、浸渍压力对防霉处理竹条的力学性能影响不显著,没有导致毛竹力学性能的显著恶化,说明防霉处理不会导致毛竹材力学性能劣化。

参考文献:

- [1] 易同培. 四川竹类植物志[M]. 北京:中国林业出版社,1997.
- [2] 宁忠政,严学锋,欧阳发豹,等. 不同坡位白夹竹生长和发笋的调查分析[J]. 四川林业科技,2017,38(3):102~104.
- [3] 孙鹏,刘屈原,李艳,等. 四川竹产业转型升级基础与潜力[J]. 四川林业科技,2017,38(5):13~17.
- [4] 宋会兴,江明艳,陈其兵. 华西雨屏区白夹竹分株种群的点格局分析[J]. 应用生态学报,2011,22(5):1135~1140.
- [5] 王亿成. 浅析四川省白夹竹低产原因及改造措施[J]. 四川林业科技,2008,29(1):68~70.
- [6] 王文久,辉朝茂,陈玉惠,等. 竹材的霉腐与霉腐真菌[J]. 竹子研究汇刊,2000,12(2):40~43.
- [7] W Liese. Report to the Government of India on Bamboo Preservation and Soft Rot[M]. [S. l.]:Fao,1959.
- [8] 覃道春. 铜唑类防腐剂在竹材防腐中的应用基础研究[D]. 北京,中国林业科学研究院,2004.
- [9] GB/T 15780-1995. 竹材物理力学性质试验方法[S]. 1995.
- [10] 张禄晟. 户外用防腐竹集成材的制造与性能研究[D]. 北京,中国林业科学研究院,2014.
- [11] 秦韶山,刘君良,赵荣军,等. 竹材铜唑防腐剂处理工艺及力学性能研究[J]. 热带农业科学,2012(11):104~108,113.
- [12] 王雅梅,刘君良,王喜明,等. ACQ 和 CuAz 防腐剂处理对竹材力学性能的影响[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版),2007(1):87~89.
- [13] SR Shukla, DP Kamdem. Effect of Copper Based Preservatives Treatment of the Properties of Southern Pine LVL[J]. Construction and Building Materials,2012,34:593~601.
- [14] 王朝晖,吴玉章,费本华,等. ACQ 和 CuAz 防腐处理对木材力学性能的影响[J]. 木材工业,2004(3):17~19,22.