

慈竹重组材防霉性能的研究

杜海慧¹, 孙芳利², 蒋身学¹

(1. 南京林业大学 竹材工程研究中心, 江苏 南京 210037; 2. 浙江农林大学 工程学院, 浙江 临安 311300)

摘要: 选用慈竹 *Neosinocalamus affinis* 原料压制慈竹重组材, 并以水基有机杀菌剂型防霉剂 ZJFC-I 为防霉剂。防霉剂选用 0.3%, 0.6%, 1.0%, 2.0% 和 3.0% 等 5 个质量分数, 采用表面涂刷、常压浸渍和真空浸渍的方式对慈竹重组材进行处理, 然后对处理过的试件进行室内防霉对比试验及抗流失性试验。结果表明: 防霉剂质量分数低于 1.0% 时, 常压处理和真空处理后的试样其防霉效果优于涂刷处理的试样, 但防霉剂质量分数高于 2.0% 时, 3 种处理方法的试样对霉菌的防治效果区别并不明显, 均能达到较好的防霉效果; 防霉剂质量分数为 0.6%~3.0% 时, 有效成分的固着率在均为 78.9%~88.8%, 抗流失效果较好。图 3 表 4 参 10

关键词: 木材学; 慈竹; 重组材; 防霉效果; 抗流失

中图分类号: S781

文献标志码: A

文章编号: 2095-0756(2013)01-0095-05

Anti-mold performance of strand woven syndipodial bamboo

DU Haihui¹, SUN Fangli², JIANG Shenxue¹

(1. Bamboo Engineering Research Center, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China; 2. School of Engineering, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: Different treatments on strand woven syndipodial bamboo made by *Neosinocalamus affinis* were studied in order to compare their anti-mold effects and leaching resistance. Strand woven syndipodial bamboo made by *Neosinocalamus affinis* was treated by brushing on the surface, non-pressure dipping, and vacuum dipping treated with ZJFC-I, an aqueous organic mold preventive. Five concentrations of 0.3%, 0.6%, 1.0%, 2.0%, and 3.0% with three replications were used to compare and evaluate anti-mold effects. Leaching resistance was also measured. Results showed that when the wood preservative concentration was lower than 1.0%, the anti-mold effects of samples treated by the non-pressure and the vacuum dipping treatments were better than by surface brush treatment. However, when the mold preservative concentration was higher than 2.0% all three replications had good anti-mold effects. In addition, when the mold preservative concentration was in the range of 0.6% and 3.0%, preservative fixation was between 78.9% and 88.8%. Thus, the leaching resistance of the preservative was adequate. [Ch, 3 fig. 4 tab. 10 ref.]

Key words: wood science; *Neosinocalamus affinis*; reconstituted lumber; anti-mold effects; leaching resistance

竹类植物是重要的森林资源, 而从生竹是中国竹林资源的重要组成部分。丛生竹类比散生竹类具有生长更快, 纤维更长, 产量更高等优点。目前, 国内外对丛生竹的利用主要集中在制浆造纸、园林绿化以及手编工艺品等^[1], 对大径型丛生竹板材的高效加工利用技术、竹材改性和防腐防虫技术、竹纤维和竹炭生产技术等的深入研究还比较少^[2-4]。竹重组材不仅可以保持竹材原有的优良力学性能, 加工性能好, 还可以提高竹材的利用率^[5-6], 其物理力学性能超过密度相近的木材^[7], 具有成为建筑结构用材的广

收稿日期: 2011-12-31; 修回日期: 2012-03-23

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30972304); 国家林业公益性行业科研专项(201004005)

作者简介: 杜海慧, 从事竹材人造板加工及竹材防霉研究。E-mail: duhaihui1986@163.com。通信作者: 蒋身学, 研究员, 从事竹材加工利用研究。E-mail: jiangshenxue@njfu.com.cn

阔应用前景。室外用竹重组材的加工工艺受到重视,尤其是竹重组材产品在室外环境,如光照、氧、温度的影响下,其耐腐、防霉性能尤为重要。对室外用竹重组材进行防霉处理,可以提高其抗霉变、腐朽及抗虫害性能,延长其使用年限^[8]。国内外对丛生竹重组材防霉性能的研究尚处于发展阶段。本研究重点对不同处理方法的慈竹 *Neosinocalamus affinis* 重组材进行室内防霉实验,比较其防霉效果,旨在为丛生竹重组材的室外应用及工艺改进提供依据,为丛生竹重组材室外应用寻找合理的防霉处理方法。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

试材:慈竹重组材,实验室自制。竹篾(厚2~4 mm,宽15~20 mm)取自四川林合益竹业有限公司,酚醛树脂胶黏剂取自浙江诸暨光裕竹业有限公司(固体质量分数为45%)。先将慈竹竹篾浸胶,浸胶量为10%左右,烘至含水率为10%~15%后,在单位压力6 MPa,温度140℃,时间1.2 min·mm⁻¹下压制慈竹重组材。压制好的慈竹重组材陈放2 d后锯解制成50 mm×20 mm×5 mm(长×宽×厚)的试样。剪去表面毛刺,用游标卡尺测量每块试样的长、宽、厚(精确到0.1 mm)并编号。

试菌:试验菌种为木霉 *Trichoderma viride* Pers. ex Fr.,青霉 *Penicillium citrinum* 和黑曲霉 *Aspergillus niger* V. Tiegh。所有试验菌种均取自浙江农林大学微生物室,是从自然霉变的竹材上直接分离,经纯化培养,并经回复接种试验和显微镜检测鉴定所得。

防霉剂:浙江农林大学实验室自制,是1种以丙环唑和戊唑醇为主剂的水性无色防霉剂(记作ZJFC-I,丙环唑和戊唑醇质量比为4:3)。

1.2 试验方法

1.2.1 试样的处理方法 所有竹材防霉性能测试试样的准备、处理、接种和防霉试验等均按照国家标准 GB/T 18261-2000《防霉剂治木材霉菌及蓝变菌的试验方法》进行^[9]。将ZJFC-I防霉剂设5个质量分数梯度,分别为0.3%,0.6%,1.0%,2.0%,3.0%,每个质量分数每种试菌处理6块竹重组材试样。涂刷处理:用刷子将不同质量分数的防霉剂均匀涂刷到试样上。常压处理:各组试样均采用冷浸法处理30 min,然后取出。真空处理:分别将每组试样放入真空干燥器中,抽真空至0.1 kPa以下,保持30 min,然后吸入防霉剂,当防霉剂溶液浸没试样后取出。将处理好的试样用滤纸轻轻擦掉表面药液,立即用电子天平称量(精确到0.01 g)。载药量按式(1)计算:

$$R = \frac{(M_2 - M_1) \times C}{2(H \times W + W \times L + H \times L)} \times 10^6 \quad (1)$$

式(1)中: R 为载药量, g·m⁻²; M_1 为浸渍前质量, g; M_2 为浸渍后质量, g; H 为试样厚度, mm; L 为试样长度, mm; W 为试样宽度, mm; C 为药液质量分数, %。

1.2.2 试样的接种与培养 ①试菌的制备。菌悬液制备:在无菌条件下,用接种环挑取菌丝体及孢子,放入用自来水配制的无菌水中,震荡摇匀,使菌与无菌水混合均匀,制成菌悬液,供接种使用;试菌制备:无菌条件下,用1 mL的移液管移取0.2 mL的菌悬液注入已有培养基的培养皿内,用玻璃刮棒将菌液涂布均匀,放入温度为26℃、湿度为92%的气候培养箱中培养1周,供试样接菌用。②试样的接种与培养。将已灭菌的直径为3 mm的U型管放在已长满菌丝的培养基上面,再在U型管上放入已灭菌的试样,2个试样·培养皿⁻¹(试样不重叠,宽面朝上)。接菌后立即放入培养箱中(温度为28℃,湿度85%~93%),培养28 d。每天目测试样上霉菌生长情况,并做记录。

1.2.3 试验结果评定 ①试样被害值:试样接菌培养第2天起,开始目测试菌感染面积,主要检查试样表面感菌程度。被害值按表1分级,被害值越低,防霉效果越高。接种某种试验菌,培养1个月后,按照表1判断试样被害值,评定各浸提处理方法的防霉效果。②防治效力的计算 防治效力与药剂的药效有关。药剂的药效越高,防治效力越高。防治效力按下式计算:

$$E = \left(1 - \frac{D_t}{D_0}\right) \times 100 \quad (2)$$

式(2)中: E 为防治效力, %; D_t 为药剂处理试样的平均被害值; D_0 为未处理对照试样的平均被害值。对霉菌的防治效力,以对3种霉菌防治效力的算术平均数表示。

1.3 室内水流失试验

试验参照中国林业行业标准 LY/T 1283-1998《木材防腐剂对腐朽菌毒性实验室试验方法》中关于水溶性防腐剂的流失试验进行^[10]。同一药剂相同浓度药剂处理干燥至恒重的试样4块，试样采用真空吸药处理。处理后常温室内放置3 d，然后40℃烘至恒量。将每批处理的4块试样放置在400 mL的烧杯中，上压玻璃片，将烧杯置于真空干燥器内，抽真空至真空度到90 kPa以下，保持30 min，然后按照50 mL·块⁻¹加入蒸馏水。取出后在常压下保持24 h，移去烧杯中的水，用等量的新鲜蒸馏水取代。以后隔24 h换水1次，持续试验14 d。

收集每次试验流失液，采用高效液相色谱(HPLC)测定ZJFC-I中有机杀菌剂的流失率，以此评定该保护剂的抗流失性能（液相色谱测定条件为：分离柱1.2 nm，淋洗液为乙腈:甲醇:水=50:10:40，波长200 nm，流速1 mL·min⁻¹。根据下式计算其固着率：

$$P_L = \frac{100 \times V \times M}{C(T_2 - T_1)}; \quad (3)$$

$$P_F = 100 \times (100 - P_L)。 \quad (4)$$

式(3)和式(4)中： P_L 为流失率，%； P_F 为固着率，%； V 为流失水总体积，mL； M 为流失水中有效成分质量浓度，kg·L⁻¹； C 为处理药液质量分数，%； T_1 为吸药前试块质量，g； T_2 为吸药后试块质量，g。固着率以慈竹重组材中丙环唑和戊唑醇的总量来计算。

2 结果与分析

2.1 不同处理方法的试样对防腐剂的载药量分析

表2表明：试样的载药量随防腐剂质量分数的增加而增加。同一质量分数下，经真空处理的试样载药量最高，其次是常压条件下处理的试样，涂刷处理的试样的载药量最低。

2.2 防腐剂的防霉效果

2.2.1 防腐剂对青霉的防治效果 由图1可以看出：在本次试验中，未经过防霉处理的试样，在经过1个月的防霉试验后，试样平均被害值为3.0。经防腐剂处理后，试样的平均被害值均在

2.5以下，说明防腐剂对青霉的总体防治效果较好。随着防腐剂浓度的增大，试样的平均被害值总体趋势为减小。因防腐剂质量分数越大，单位面积内防腐剂的有效成分在试样上的附着越多，对霉菌的防治效果较好。在不同防腐剂质量分数下，经过常压处理和真空处理过的试样的平均被害值均小于或等于经涂刷处理过的试样的平均被害值。其中，防腐剂质量分数为3.0%时，经涂刷处理、常压处理和真空处理的试样的平均被害值分别为0.3，0.3，0，对青霉的防治效果最好。

2.2.2 防腐剂对木霉的防治效果 由图2可以看出：在本次试验中，未经过防霉处理的试样，在经过1个月的防霉试验后，试样平均被害值为3.3。经防腐剂处理后，试样的平均被害值均在2.0以下，说明防腐剂对木霉的防治效果比对青霉的防治效果好。当防腐剂质量分数低于0.6%时，经常压处理和真空处理的试样的防霉效果优于经涂刷处理的，而当防腐剂质量分数高于1.0%时，这一差别并不明显。但总的来看，随防腐剂质量分数的增加，试样的防霉效果增强。当防腐剂质量分数超过1.0%时，试样的平均被害值均在1.0以下，说明防霉效果较强。其中，当防腐剂质量分数为3.0%时，经过涂刷处理、常压处理和真空处理的试样的平均被害值分别为0.3，0和0，对木霉的防治效果最好。

2.2.3 防腐剂对黑曲霉的防治效果 由图3可以看出：在本次试验中，未经过防霉处理的试样，在经过

表1 试样霉变的分级等级

Table 1 Classes of the infection value of the tested bamboo block

被害值	试样霉变面积
0	试样表面无菌丝
1	试样表面感染面积<1/4
2	试样表面感染面积1/4~1/2
3	试样表面感染面积1/2~3/4
4	试样表面感染面积>3/4

表2 不同处理方法试样的载药量

Table 2 Amount of chemicals absorbed in blocks

防腐剂质量分数/%	载药量/(g·m ⁻²)		
	涂布处理	常压处理	真空处理
0.3	3.62	24.68	50.94
0.6	14.92	50.63	92.60
1.0	22.24	77.88	181.09
2.0	35.16	131.20	358.31
3.0	40.00	183.18	442.46

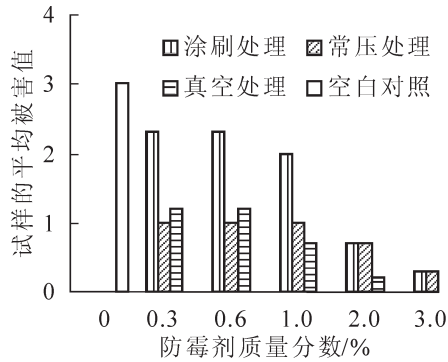


图1 防霉剂对青霉的防治效果

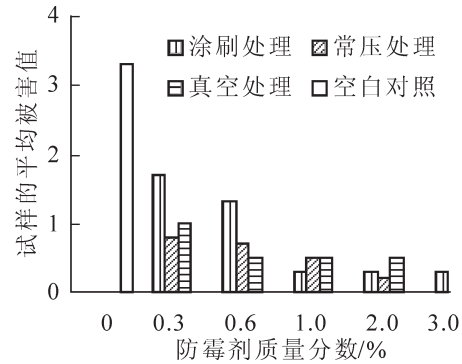
Figure 1 Mold resistance of preservative against *Trichoderma viride*

图2 防霉剂对木霉的防治效果

Figure 2 Mold resistance of preservative against *Penicillium citrinum*

1个月的防霉试验后, 试样平均被害值为4, 即失去对黑曲霉的防治效果。防霉剂对黑曲霉的防治效果不如对青霉和木霉的防治效果。但随着防霉剂质量分数的增加, 试样的防霉效果也呈现增强的趋势。当防霉剂质量分数为0.3%时, 经过1个月的防霉试验, 试样的平均被害值均为4, 失去对黑曲霉的防治效果, 而当防霉剂质量分数为0.6%和1.0%时, 经过真空处理、常压处理和涂刷处理的试样的防霉效果依次增强。当防霉剂质量分数为3.0%时, 经过涂刷处理、常压处理和真空处理的试样的平均被害值分别为0.3, 0.5和0.3, 防霉剂对黑曲霉的防治效果最好。

2.3 防霉剂对霉菌的防治效力

从表3可以看出: 防霉剂质量分数低于1.0%时, 经过涂刷处理的试样, 其防治效力要低于常压处理和真空处理的试样。而质量分数高于2.0%时, 不同处理方法的试样对霉菌的防治效力的差别并不大。但是, 不同的处理方法下, 随着防霉剂质量分数的增加, 防治效力呈增加趋势。当防霉剂质量分数为3.0%时, 3种处理方法对霉菌的防治效力最好, 均达到90%以上。未经过防霉处理的试样, 对霉菌的防治效力较差。在本试验条件下, 1个月后防霉剂的防霉效果几乎丧失。

竹重组材经过常压和真空处理后, 能吸收更多的防霉剂且防霉剂在试样表面的附着更均匀, 对霉菌的防治效果更好。此外, 在后期防霉试验中涂刷处理的试验可能流失率较高, 因此, 常压处理和真空处理优于涂刷处理, 而真空处理的成本较高, 因此, 综合以上各因素, 在本试验条件下, 对慈竹重组材选用防霉剂质量分数为3.0%, 常压处理的方法最佳。

2.4 不同方法处理试样的抗流失试验结果

从表4中可以看出: 在本试验条件下, 试样吸药量随着防霉剂质量分数的升高而增加。除了防霉剂质量分数为0.3%时, 固着率为37.4%之外, 防霉剂质量分数为0.6%~3.0%时, 防霉剂中有效成分的固着率在均为78.9%~88.8%。而且中高质量分数的防霉剂在慈竹重组材中的固着率较好, 可能是因为当试样中药剂的溶剂挥发后, 防霉剂有效成分在材料组织中沉积而形成固体颗粒, 与低质量分数相比, 高质量分数条件下形成的颗粒的体积较大而比表面积较小, 因此, 在单位时间内的溶解量也较小, 所以固着率较高。防霉剂质量分数为2.0%和3.0%时, 防霉剂中有效成分在试样中的固着率分别为89.7%和88.8%, 因此在本试验条件下, 防霉剂质量分数为2.0%以上时, 试样抗流失效果较佳。质量分数为0.3%时, 固着率仅为37.4%, 造成这一现象的原因可能是由于流失水中含有其他杂质导致有效成分太低, 也可能是测量误差, 具体原因有待于进一步分析。

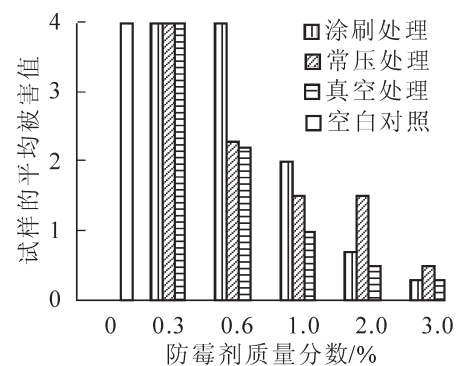


图3 防霉剂对黑曲霉的防治效果

Figure 3 Mold resistance of preservative against *Aspergillus niger*

表3 防霉剂对3种霉菌的平均防治效力

Table 3 Average preserving effects of the tested preservative on the three moulds

防霉剂质量分 数/%	防治效力/%		
	涂刷处理	常压处理	真空处理
0.3	13.8	47.5	43.2
0.6	28.0	62.7	63.3
1.0	58.1	71.3	78.8
2.0	83.4	79.4	88.6
3.0	91.1	92.5	97.5

表4 不同浓度处理的试样抗流失试验结果

Table 4 Leaching resistance of the preservatives from different treated specimens

防霉剂质量分 数/%	吸药量/ ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	有效成分流失 量/($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	固着率/%
0.3	1.85	1.156	37.4
0.6	3.05	0.643	78.9
1.0	5.65	1.146	79.7
2.0	9.19	0.947	89.7
3.0	15.93	1.775	88.8

3 结论

结论: ①试样的载药量随防霉剂的质量分数增加而增加, 同一质量分数下, 经真空处理的试样载药量最高, 其次是常压条件下处理的试样, 涂刷处理的试样的载药量最低。②防霉剂 ZJFC-I 对木霉和青霉的防治效果优于对黑曲霉, 其中以对木霉的防治效果为最佳。随着防霉剂质量分数的增加, 试样的被害值呈减小趋势, 说明防霉效果增强。③防霉剂质量分数较低(低于 1.0%)时, 常压处理和真空处理后的试样其防治效果优于涂刷处理的试样, 但质量分数较高(高于 2.0%)时, 3 种处理方法对霉菌的防治效果区别并不明显, 均能达到较好的防霉效果。④随着防霉剂质量分数的增加, 防霉效果增强, 但当防霉剂质量分数太大时, 也不利于防霉剂在竹重组材内的渗透。综合考虑各因素, 当防霉剂质量分数为 3.0% 时, 采用常压处理的方法对试样进行处理效果最佳。⑤防霉剂质量分数为 0.6%~3.0% 时, 其中有效成分的固着率均为 78.9%~88.8%, 防霉剂质量分数为 2.0% 和 3.0% 时, 有效成分的固着率分别为 89.7% 和 88.8%, 因此在本试验条件下, 防霉剂质量分数为 2.0% 以上时, 试样抗流失效果较佳。

参考文献:

- [1] 包英爽, 李智勇. 国内外竹产业的发展现状及趋势[J]. 世界竹藤通讯, 2005, 3(4): 40-42.
BAO Yingshuang, LI Zhiyong. Status and trend of foreign bamboo industry [J]. *World Bamboo Rattan*, 2005, 3(4): 40-42.
- [2] 金川. 中国丛生竹[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2001: 186-188.
- [3] 金川, 王月英. 我国丛生竹资源价值评估及其生产力拓展[J]. 广东林业科技, 1995, 11(3): 6-10.
JIN Chuan, WANG Yueying. Value evaluation and productivity development of sympodial bamboo resources in our country [J]. *J Guangdong For Sci Technol*, 1995, 11(3): 6-10.
- [4] 马乃训, 张文燕, 陈光才. 关于加快发展我国竹材制浆造纸的一些看法[J]. 林业科技开发, 2004, 18(1): 9-11.
MA Naixun, ZHANG Wenyan, CHEN Guangcai. Views on speeding up the development of bamboo pulping in our country [J]. *China For Sci Technol*, 2004, 18(1): 9-11.
- [5] 赵仁杰, 喻云水. 竹材人造板工艺学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2002: 159-160.
- [6] 程亮. 重组竹材制造技术的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2009.
CHENG Liang. *Manufacturing Technology of Reconstituted Bamboo Lumber* [D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2009.
- [7] QIN Li, YU Wenji. Research on surface color, properties of thermo-treated reconstituted bamboo lumber after artificial weathering test [J]. *Adv Mater Res*, 2009, 79-82: 1395-1398.
- [8] LEE H L, CHEN G C, ROWELL R M. Fungal decay resistance of wood reacted with phosphorus pentoxide-amidne system [J]. *Holzforchung*, 2004, 58: 311-315.
- [9] 中国木材标准化技术委员会. GB/T 18261-2000 防霉剂防治木材霉菌霉菌及蓝变菌的试验方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [10] 中国木材标准化技术委员会. LY/T 1283-1998 木材防腐剂对腐朽菌毒性试验方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.