

文章编号: 1000-5692(2006)02-0135-05

不同浸提处理后竹材的防霉性能

孙芳利¹, 毛胜凤¹, 文桂峰¹, 段新芳², 陈其乐³

(1. 浙江林学院 工程学院, 浙江 临安 311300; 2. 中国林业科学研究院 木材工业研究所, 北京 100091; 3. 杭州百孚竹制品有限公司, 浙江 临安 311300)

摘要: 研究了冷水、热水、苯+醇、苯+乙醚、 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 盐酸(HCl)和 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 氢氧化钠溶液(NaOH)浸提处理后毛竹 *Phyllostachys pubescens* 的霉变性能。结果表明: ①经 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ HCl 浸提的竹片防木霉 *Trichoderma viride*, 橘青霉 *Penicillium citrinum* 和黑曲霉 *Aspergillus niger* 效果最佳, 接种 1 个月后试样平均被害值均为 0。②经 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ NaOH 浸提的竹片对木霉、橘青霉有较好的防霉效果。经 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ NaOH 浸提的竹片如不经过水洗, 接种 1 个月后试样平均被害值均为 0; 而经过水洗后防霉效果有不同程度下降, 对木霉和橘青霉而言, 处理后试样平均被害值分别为 1.58 和 0.35。经 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ NaOH 浸提的竹片对于黑曲霉的防治效果不佳, $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ NaOH 浸提后的竹片水洗前后对黑曲霉的试样平均被害值分别为 1.82 和 2.79。③经冷水、热水、苯+醇、苯+乙醚浸提竹片的防霉效果均不佳, 7 d 以后试样平均被害值均已达到 3.00 以上, 主要原因在于不同溶液浸提出的竹材内含物成分和数量不同。图 3 表 2 参 12

关键词: 林业工程; 毛竹; 竹材; 浸渍试验; 霉菌; 防霉性能

中图分类号: S782.33 **文献标识码:** A

世界森林面积减少, 森林资源危机日益加重, 寻找新的木材代用资源, 研究和推广新技术已成为当今木材生产和加工业的重要任务。生长快, 产量高的竹材资源已引起全世界重视, 特别是近年来, 竹材的开发利用有了很大的发展。但是竹材中含有丰富的糖类、脂肪和蛋白质等有机物质。这些有机物质是一些昆虫和微生物的营养物质, 所以竹材容易腐朽发霉, 遭虫蛀, 尤其是竹材的霉变给竹材的加工利用带来了极大的不利^[1-3]。近年来, 国内外专家学者对于竹材的防霉进行了大量研究, 出现了如防霉唑(TMO)、2, 5, 2-氯-3-溴酚(DP)、2-甲基-2-癸基氯化铵(DDAC)、百菌清和壳聚糖金属复合物等防霉剂^[4-10]。为了进一步研究竹材防霉处理方法, 开发新型高效低毒防霉剂, 有必要研究竹材化学成分变化对竹材霉变的影响, 以及不同霉菌对处理溶剂酸碱性的敏感程度。该项研究主要考虑以上 2 个因素, 采用冷水、热水、苯+醇、苯+乙醚、质量分数 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 盐酸(HCl)及 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 氢氧化钠溶液(NaOH)处理新鲜竹材 24 h 以上, 然后研究其防霉性能。

收稿日期: 2005-08-24; 修回日期: 2005-11-07

基金项目: This research was supported by the International Foundation for Science, Stockholm, Sweden, and the Organization for the Prohibition of Chemical Weapons, The Hague, The Netherlands Through a Grant to Fangli Sun. No. D/3284; 国家自然科学基金资助项目(30170750)

作者简介: 孙芳利, 讲师, 从事木竹材保护与改性研究。E-mail: Sun-fangli@163.com

1 材料与方 法

1.1 材 料

1.1.1 试 材 2003年12月采自浙江省临安市三口镇,5年生新伐毛竹 *Phyllostachys pubescens*,取地上2~4m处。

1.1.2 供试菌种 木霉 *Trichoderma viride*,橘青霉 *Penicillium citrinum* 和黑曲霉 *Aspergillus niger*。

1.1.3 浸提试剂 冷水、热水、醇:乙醚(1:1)、苯:醇(1:1)、 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{NaOH}$ 和 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{HCl}$ 。

1.1.4 试验设备与仪器 电热压力灭菌器、超净工作台、接种用具、恒温恒湿培养箱和感量为0.1mg的电子天平。

1.2 方 法¹⁾

1.2.1 试样准备 竹子剖开后去青去黄,加工成 $20\text{ mm}\times 20\text{ mm}\times 5\text{ mm}$ (长 \times 宽 \times 厚),每组6块,进行编号。试样编号及处理方式如下: I为冷水处理, II为热水处理; III为醇:乙醚=1:1处理, IV为醇:苯=1:1, V-1为 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{NaOH}$ 处理后再用水浸泡2h, V-2为 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{NaOH}$ 处理, VI-1为 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{HCl}$ 处理后再用水浸泡2h, VI-2为 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{HCl}$, C为对照(不经处理的新鲜竹材)。

1.2.2 试样浸提处理 按照1.2.1中的不同溶液浸提处理竹片24h,间隔12h换1次溶液。24h后,取出,除V-1和VI-1外,其余试样准备接种。V-1和VI-1试样再用水浸泡2h准备接种。

1.2.3 试样接种培养 试菌的制备:①菌悬液制备,在无菌条件下用接种环挑取菌丝体及孢子,放入用自来水配置的无菌水中,震荡摇匀,制成菌悬液供接种。②试菌制备,在无菌条件下将菌悬液用1mL的移液管移取0.2mL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 $26\text{ }^{\circ}\text{C}$,湿度92%的培养箱中培养7d,供试样接种用。

试样的接种与培养:将已灭菌的直径为3mm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,每个培养皿2个试样(试样不重叠,宽面朝上)。接菌后立即放入培养箱中(温度为 $28\text{ }^{\circ}\text{C}$,湿度85%~93%),培养28d。每天目测试样上霉菌生长情况,并做记录。

1.2.4 试验结果评定 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,按照表1判断试样被害值,评定各浸提处理方式的防霉效果。

防治效力的计算。防治效力与处理方式有关。防治效力越高,该浸提处理后的竹材防霉效果越好。防治效力按下式计算: $E = (1 - D_i / D_o) \times 100$ 。其中: E 为防治效力, D_i 为各浸提处理试样的平均被害值; D_o 为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值表示。

表1 试样霉变的分级标准

Table 1 Infection values of the test bamboo wood

被害值	试样霉变面积
0	竹块霉变面积小于5%,表面基本无菌丝
1	竹块表面霉变面积 $< 1/4$
2	竹块表面霉变面积 $1/4 \sim 1/2$
3	竹块表面霉变面积 $1/2 \sim 3/4$
4	竹块表面霉变面积 $> 3/4$

2 结果与分析

2.1 不同浸提处理方法对木霉的影响

图1及试验观察表明:①对照试样(C)在接种后第4天被害值已达到最大。②经过冷水(I)、热水(II)、醇:乙醚=1:1(III)及醇:苯=1:1(IV)等4种浸提处理后的竹材试样平均被害值与未经任何处理的对照试样C相差不大,只是被害值达到最大的时间推迟,说明这4种方法处理的竹材防木霉效果不佳。③经过 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{NaOH}$ 浸提,并经水浸泡2h(V-1)的竹材,7d后开始长霉,被害值22d后稳定在1.58,故对木霉也有一定的防治效果。④经过 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{NaOH}$ (V-2), $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{HCl}$ (VI-1和VI-2)浸提处理的竹材防木霉效果最好,试样平均被害值均为0。

2 2 不同浸提处理方法对橘青霉的影响

图 2 及试验观察表明: ①对照试样(C)在接种后第 6 天被害值已达到最大。②经过冷水(I)、热水(II)、醇:乙醚=1:1(III)及醇:苯=1:1(IV)等 4 种浸提处理的竹材试样与未经任何处理的对照试样 C 相比, 平均被害值达到最大的时间有所推迟, 但在第 3 天后也达到最大, 说明这 4 种方法处理的竹材防橘青霉效果也不佳。③经过 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{NaOH}$ 浸提, 并经水浸泡 2 h (V-1) 的竹材, 第 8 天后开始长霉, 第 12 天后被害值稳定在 0.35, 故对橘青霉防治效果远大于木霉。④经过 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{NaOH}$ (V-2), $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{HCl}$ (VI-1 和 VI-2) 浸提处理的毛竹竹材防橘青霉效果同木霉一样为最好, 试样平均被害值均为 0。

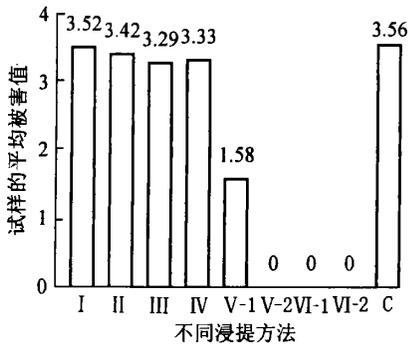


图 1 用不同浸提方法处理的竹片在 30 d 后防木霉效果

Figure 1 Resisting effect of the treated bamboo blocks to *Trichoderma viride* after 30 days

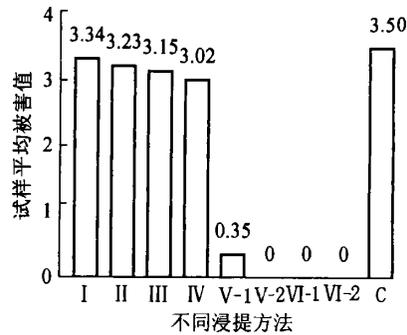


图 2 用不同浸提方法处理的竹片在 30 d 后防橘青霉效果

Figure 2 Resisting effect of the treated bamboo blocks to *Penicillium citrinum* after 30 days

2 3 不同浸提处理方法对黑曲霉的影响

试验观察及图 3 表明: ①经过冷水(I)浸提的试样比对照试样(C)更容易遭到黑曲霉菌危害。热水(II)、醇:乙醚=1:1(III)及醇:苯=1:1(IV)等 3 种浸提处理后的竹材试样平均被害值与未经任何处理的对照试样(C)相差不大, 说明这 3 种方法处理的竹材防黑曲霉效果不佳。②经过 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{NaOH}$ 浸提的竹材试样经水浸泡与否对黑曲霉的抵抗能力不同, 浸水的处理材(V-1)平均被害值为 2.79, 不再浸水的处理材(V-2)平均被害值为 1.82, $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{NaOH}$ 浸提后经水浸泡比处理后不经水浸泡的竹材易遭黑曲霉危害, 可能是由于浸水过程改变了竹材的 pH 值。③ $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{HCl}$ 浸提处理的竹材经水浸泡与否(VI-1 和 VI-2) 防霉效果没有变化, 试样平均被害值为 0。

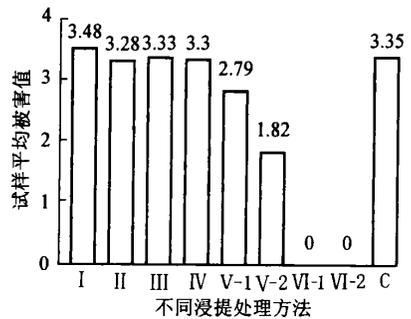


图 3 用不同浸提方法处理竹片在 30 d 后对黑曲霉防治效果

Figure 3 Resisting effect of the treated bamboo blocks to *Aspergillus niger* after 30 days

2 4 防治效力

根据防治效力公式, 计算出不同浸提方法处理的竹材对 3 种霉菌防治效力的算术平均值。结果如表 2 所示。

表 2 不同浸提方法处理的竹材对 3 种霉菌的防治效力

Table 2 Anti-mold efficiency of bamboo wood treated with different methods

不同浸提方法的防治效力/%							
I	II	III	IV	V-1	V-2	VI-1	VI-2
0.58	4.53	6.09	7.26	54.66	82.49	100	100

表2表明, $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{HCl}$ (V-1 和 V-2) 浸提处理对木霉、橘青霉及黑曲霉的综合防治效力为 100; $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{NaOH}$ 浸提后不经水浸泡 (V-2) 比处理后经水浸泡的竹材 (V-1) 对 3 种霉菌综合防治效力好, 前者为 82.49%, 而后者为 54.66%。经过冷水 (I)、热水 (II)、醇:乙醚=1:1 (III) 及醇:苯=1:1 (IV) 等 4 种浸提处理后的竹材试样对 3 种霉菌的防治效力较低。

以上结果表明, $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{HCl}$ 浸提处理对木霉、橘青霉及黑曲霉防治效果最好, $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{HCl}$ 浸提处理竹材后用水浸泡与否对其防腐效果影响不大。 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{NaOH}$ 浸提处理防腐效果不如 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{HCl}$ 浸提处理, 而且 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{NaOH}$ 浸提处理竹材后经水浸泡与否, 结果差异较大。具体原因有待于进一步研究。经冷水、热水、醇+乙醚、醇+苯浸提处理的竹材, 对所选 3 种霉菌防治效果均较差。主要原因从两方面考虑: 一方面可能是由于不同溶剂浸提出的化学成分种类及数量不同, 另一方面可能由于处理后竹材 pH 值的不同引起霉变程度不同。冷水、热水、醇+乙醚、醇+苯只能浸出毛竹中少量化学成分。冷水抽提物占竹材干质量的 6.07%, 主要成分是单糖、低聚糖和少量单宁、氨基酸及水溶性色素、无机盐等; 热水抽提物占竹材干质量的 8.48%, 主要成分除包含冷水抽提物 (且量更多) 外, 还含有淀粉、树胶等多糖类; 醇+苯抽提物占竹材干质量 7.35%, 主要成分只有少量的脂肪、蜡、树脂、精油、甾醇、单宁、色素、脂肪酸等。醇+乙醚抽提的主要成分只有少量的脂肪、蜡、树脂、精油和甾醇等。而 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{NaOH}$ 和 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{HCl}$ 浸提物种类和数量多, $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{NaOH}$ 浸提物占竹材干质量的 27.62%, 主要成分是单宁、色素、生物碱、可溶性矿物成分及某些糖类、淀粉和果胶质、蛋白质、氨基酸、部分半纤维素和木质素以及少量油脂和香精油等^[12]; $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{HCl}$ 浸提物的主要成分除蜡、脂肪和树脂外, 与 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{NaOH}$ 浸提物的成分相差不多, 但两者防腐效果差异较大 (尤其对黑曲霉), 可能是由于霉菌对竹材 pH 值的适应不同, 或着 2 种试剂对竹材中霉菌赖以生存的营养成分改变不同, 有待于进一步研究。

3 结论

$10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{HCl}$ 浸提处理对木霉、橘青霉及黑曲霉防治效果最好, $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{HCl}$ 浸提处理竹材后用水浸泡与否对其防腐效果影响不大, 处理材在接种木霉、橘青霉和黑曲霉后 1 个月平被害值均为 0。

用 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{NaOH}$ 浸提处理防腐效果不如 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{HCl}$ 浸提处理, 而且 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{NaOH}$ 浸提处理竹材后经水浸泡与否, 结果差异较大。经 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{NaOH}$ 浸提的竹片如不经过水洗, 接种 1 个月后对木霉和橘青霉有较好的防腐效果, 试样平均被害值均为 0, 而经过水浸后防腐效果有不同程度下降, 对木霉而言, 试样平均被害值达 1.58, 对橘青霉影响较小, 试样平均被害值为 0.35。经 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{NaOH}$ 浸提的竹片对于黑曲霉的防治效果不佳, $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{NaOH}$ 浸提后的竹片水洗前后对黑曲霉的试样平均被害值分别为 1.82 和 2.79。

经过冷水、热水、醇+乙醚及醇+苯等 4 种方法浸提处理后的竹材试样对 3 种霉菌的防治效力均较低, 与未经过任何处理的对照竹材相当, 只是达到最大被害值时间延长。

竹材防腐是一项复杂的工程, 涉及竹材学、植物学、微生物学和化学等学科, 要研究开发出新型防腐处理方法及药剂, 必须重视竹材霉菌和竹材以及外界环境之间的关系, 以及不同霉菌在竹材中的寄生条件以及防腐剂对霉菌生长繁殖的抑制机理等基础研究。

参考文献:

- [1] 翁月霞, 吴开云. 环境条件对竹材霉变的影响[J]. 林业科学研究, 1991, 4(5): 505-511.
- [2] 冉隆贤, 吴光金, 林雪贤. 竹材霉菌生理特性及防腐研究[J]. 中南林学院学报, 1997, 17(2): 14-19.
- [3] 孙芳利, 段新芳. 竹材防腐研究概况与发展趋势[J]. 世界竹藤通讯, 2004, 2(4): 1-4.
- [4] 宋植, 尤纪雪, 何文龙. ACB 防腐剂用于竹材防腐的试验[J]. 林业科技开发, 1994(3): 29-30.
- [5] 骆士寿, 施振华, 温秋莲, 等. 用 TMO 处理竹地板材的防腐效果研究[J]. 林业科技通讯, 1998(1): 18-22.
- [6] 孙芳利, 段新芳, 毛胜凤, 等. CMC 系列防腐剂抑菌效果研究[J]. 林产工业, 2004, 31(4): 14-16.
- [7] 段新芳, 孙芳利, 朱玮, 等. 壳聚糖金属配合物的防腐性能[J]. 林业科学, 2004, 40(6): 138-143.
- [8] 马灵飞, 杜复元, 肖建木, 等. DP 防腐剂对竹材防腐效果的研究[J]. 竹子研究汇刊, 1999, 9(2): 30-36.

- [9] 杜复元, 马灵飞. B. B. P-841 药剂对竹材防霉试验研究[J]. 浙江林学院学报, 1985, 2(2): 53-56.
- [10] 毛胜凤, 孙芳利, 段新芳, 等. 壳聚糖金属盐抑菌效果研究[J]. 浙江林学院学报, 2006, 23(1): 89-93.
- [11] 国家质量技术监督局. GB/T 18261-2000 防霉剂防治木材霉菌及蓝变菌的试验方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2000.
- [12] 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: 2-3.

Anti-mold effects of bamboo timber treated with different solutions

SUN Fang-li¹, MAO Sheng-feng¹, WEN Gui-feng¹, DUAN Xin-fang², CHEN Qi-le³

(1. School of Engineering, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. Research Institute of Wood Industry, The Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China; 3. Hangzhou Baifu Bamboo Products Co., Ltd., Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: The anti-mold effects of *Phyllostachys pubescens* extracted with solutions such as cold water, hot water, benzene+alcohol, benzene+ether, $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ HCl and $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ NaOH were studied. The results were as follows: (1) Bamboo specimens extracted with $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ HCl could successfully resist the testing molds including *Trichoderma viride*, *Penicillium citrinum* and *Aspergillus niger*. The average infection values of the treated specimens after a month were all zero. (2) Bamboo specimens extracted with $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ NaOH resisted *Trichoderma viride* and *Penicillium citrinum* better than *Aspergillus niger*. When the specimens were extracted only with $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ NaOH, the infection values were all zero. But when they were extracted with $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ NaOH and washed with water, the resistances to *Trichoderma viride* and *Penicillium citrinum* decreased dramatically, and the infection values being 1.58 and 0.35 respectively. Bamboo timbers treated with $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ NaOH had poor resistance to *Aspergillus niger*, and the infection values of the treated specimens before and after being washed with water were 1.82 and 2.79 respectively. (3) Bamboo timbers extracted with cold water, hot water, benzene+alcohol, benzene+ether were hardly effective to the testing mold. The infection values of the treated specimens were all over 3.00. The different anti-mold effects were caused by different types and amounts of extractives. [Ch, 3 fig, 2 tab, 12 ref.]

Key words: forest engineering; *Phyllostachys pubescens*; bamboo timber; immersion tests; mold; anti-mold properties

《森林鸟兽学》出版

浙江林学院朱曦教授著的《森林鸟兽学》已于 2006 年 1 月由浙江科学技术出版社出版。全书共分 14 章, 48 万字, 16 开本, 310 页, 定价 35.00 元。第 1 章为绪论, 介绍森林鸟兽学研究的目的是、任务和发展简史。第 2~5 章为鸟兽生物学和分类, 介绍了国内有代表性的森林鸟兽种类。第 6~8 章介绍研究方法。第 9~12 章从生态学、地理学和保护生物学等角度阐述森林鸟兽与环境的关系、生态地理分布规律、鸟兽的益害、益鸟的利用、鸟兽害的防治及鸟兽资源的保护。最后 2 章简略介绍狩猎和鸟兽标本制作的知识。在分类部分选编了部分检索表, 可供学习参考。书后附有中国濒危和受保护鸟类名录等。

该书可供高等院校林学和森保专业使用, 也可供生物、旅游和环境保护等专业师生参考, 还可作为林业干部培训教材。