

环保型防霉剂处理竹材的防霉效果

陈利芳, 何雪香, 马红霞, 谢桂军, 张燕君, 王剑菁

(广东省林业科学研究院, 广东 广州 510520)

摘要: 采用5种竹木防霉剂对水竹 *Phyllostachys heteroclada*, 毛竹 *Phyllostachys pubescens*, 茶秆竹 *Pseudosasa amabilis* 进行了防霉试验研究。结果表明: 随着时间的增加, 防霉剂对竹材的防霉效果逐渐减弱。防霉剂的质量分数增大, 处理材的载药量随着增大, 其对应试样的防霉效果随着增强。不同防霉剂, 对竹材表现出不同的防霉效果, 竹材处理试样的防霉效果从强到弱分别是茶秆竹、毛竹和水竹。在第8~12周时, SMR, UD和PCP-Na防霉效果好于其他2种。但从防霉剂在6个月的防治效力来看, 环保型防霉剂SMR处理竹材在6个月后的防霉效果与PCP-Na防霉剂的防治效力相当。表4参11

关键词: 林业工程; 竹材; 防霉剂; 防霉效果

中图分类号: S782.33 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0756(2012)01-0078-05

Performance of bamboo treated with environmentally sound anti-mould chemicals

CHEN Li-fang, HE Xue-xiang, MA Hong-xia, XIE Gui-jun, ZHANG Yan-jun, WANG Jian-jing

(Guangdong Forestry Research Institute, Guangzhou 510520, Guangdong, China)

Abstract: In order to develop a highly effective environmentally sound anti-mould agents for bamboo, four low-toxic anti-mould chemicals including UD (active ingredient: Didecyl dimethyl ammonium chloride), GM (active ingredient: 2-(Thiocyanatomethylthio) benzothiazole), DCM (active ingredient: 2-Methyl-4-Isothiazolin-3-one) and SMR (active ingredient: Isothiazolinones and 1,2-Benzisothiazolin-3-one etc.) were tested for their anti-mould efficacy on three bamboos *Bambusa eutuldoides*, *Phyllostachys pubescens*, and *Arundinaria amabilis* respectively, in comparison with conventional highly toxic anti-mould agent PCP-Na (sodium pentachlorophenate) which has been banned. The test results showed that the efficacy of anti-mould chemicals decreased with the lapse of exposure time, and treated bamboo with high retention of anti-mould chemicals performed better than that with lower retention. There were differences in mould prevention among anti-mould chemicals, and SMR, UD and PCP-Na performed better than GM and DCM after exposure for 8 - 12 weeks, and after exposure for 6 months, treated bamboo with environmentally sound anti-mould agent SMR was similar to that with highly toxic anti-mould agent PCP-Na, still kept very good performance in mould prevention, while treated bamboo with other three anti-mould chemicals were hardly mildewproof. Three species of bamboo performed also differently in mould resistance, among *A. amabilis* was the best, followed by *Ph. pubescens* and *B. eutuldoides* respectively. [Ch, 4 tab. 11 ref.]

Key words: forest engineering; bamboo; anti-mould chemical; mould prevention

竹材是天然合成的有机体, 因其内部含有一定量的淀粉、糖分和蛋白质等营养物质, 易受霉菌和变色菌的侵害。霉菌主要发生在竹材表面, 变色菌是寄生于边材的射线薄壁细胞和轴向薄壁细胞内的真菌类, 它们以这些细胞腔中的营养物质为养分而生存和繁殖。随着其菌丝向四周蔓延并向内部侵入而使木

收稿日期: 2011-03-15; 修回日期: 2011-05-18

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项(201004005); 广东省林业科技创新专项资金资助项目(2010KJCX010)

作者简介: 陈利芳, 高级工程师, 从事木材保护技术研究。E-mail: chenlf2000@126.com

材表面或内部的颜色产生变化。如果将竹材用作表面装饰装修材料时,这种变色菌的侵害将会大大降低木竹材的品质和价格,严重影响到木竹材的销售和使用范围^[1-5]。为了减少竹木材受到霉菌侵害而产生变色和腐朽,中国学者研究了许多防霉剂,用于对竹木的防霉保护。在 20 世纪七八十年代常用的防霉剂主要有(一五氯酚类为代表的高毒高效防霉剂。如 1972 年四川乐山市外贸竹制品研究所配制“79-7”药剂用于慈竹 *Neosinocalamus affinis* 篾片的防霉较有效;1976 年江西省木材研究所用 10 g·kg⁻¹ PCP-Na 和 10 g·kg⁻¹ 氟化钠或硼砂混合液处理竹家具等有较好的防霉防蛀效果^[6]。1985 年,浙江农林大学杜复元和马灵飞配制的 BBP-841 防霉剂,对竹片有较好的防霉效果^[7]。有机氯杀虫剂禁止使用后,五氯酚类也已停止使用和生产。中国已加入世界贸易组织,污染环境的产品将被更严控制,高毒类药物从防霉防变色药物中消失已是必然,现今和今后竹木应用于家具和日用会越来越多,防霉药剂研究的趋势也将是环保型的竹木防霉剂^[8-11]。为开发新型环保型的竹木防霉剂,本研究采用了 3 种新型配方,并与现有在市场上销售的防霉剂和传统的五氯酚钠防霉剂进行对照,对 3 种竹进行了防霉试验研究。

1 材料与方 法

1.1 材 料

1.1.1 试验竹材 水竹 *Phyllostachys heteroclada*, 毛竹 *Phyllostachys pubescens* 和茶秆竹 *Pseudosasa amabilis* 试样均取自 3 年生竹材,从离地 1 m 的整竹节处向上截取 2 m 至 3 m 长的竹筒试样。水竹和毛竹的竹径较宽,锯取试样尺寸为 20 mm × 竹壁厚 × 200 mm 为试材。茶秆竹的竹径较小,试验时则一分为二,长度为 200 mm。

1.1.2 防霉剂 UD: 自配,主要成分为二癸基二甲基氯化铵;GM: 市销竹木防霉剂,主要成分是 2-(硫氰酸甲基巯基)苯并噻唑;PCP-Na: 五氯酚钠,传统剧毒防霉剂,目前已不推荐使用;DCM: 自配,主要成分为异噻唑啉酮;SMR: 为液体竹木防霉剂,由广东省林业科学研究院木材保护研究团队生产。

1.2 方 法

竹材防霉效果的试样准备和处理、接种、防霉试验等均参照 GB/T 18261-2000《防霉剂防治木材霉菌及蓝变菌的试验方法》标准的相关规定进行。

1.2.1 试样的处理 试样在处理前先称质量,根据每种防霉剂的性能,设计 3 个质量分数梯度进行防霉处理,每个质量分数设 20 个重复。试样采用冷浸法进行浸泡处理,浸泡时间为 24 h,取出后用滤纸轻轻擦掉表面药液,立即用电子天平称量,得处理后试样质量。吸药量按式(1)计算:

$$R_w = \frac{(m_2 - m_1) \times c}{m_1} \times 1000. \quad (1)$$

式(1)中: R_w 为质量载药量(%); m_1 和 m_2 分别为为浸渍前和浸渍后质量(g); c 为防霉剂质量分数(%)。

1.2.2 防霉效果评定 将处理好的试样置于 25~30 ℃,湿度为 65%~75%的环境中。第 4 周后,开始目测试处理试样的菌感染面积和霉菌生长情况,主要检查试样表面感菌程度。以后隔 4 周观察 1 次,并做记录。被害值(用 a 表示)按表 1 分级。按照试样被害值,评定各防霉剂的防霉效果及防治效力,防治效力按式(2)计算。

$$E = \left(1 - \frac{D_1}{D_2}\right) \times 100. \quad (2)$$

式(2)中: E 为防治效力(%); D_1 为药剂处理试样的平均被害值; D_2 为未处理对照试样的平均被害值。表 1 为试样被害值分级标准。

2 结果与分析

2.1 各防霉剂在试件中的载药量分析

根据各防霉剂的性能,分别设定了药剂的 3 个质量分数。由于 GM 防霉剂的产品说明书规定其最低使用时药剂的质量分数不得低于 30 g·kg⁻¹,所以除了它的质量分数设为 30, 50, 70 g·kg⁻¹ 外,其他防

表 1 试样被害值分级标准

Table 1 Infection values of sample

被害值定级 a	试样霉变面积
0	竹块霉变面积 < 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 1/4~1/2
3	竹块表面霉变面积 1/2~3/4
4	竹块表面霉变面积 > 3/4

霉剂的质量分数则设为 10, 20, 30 g·kg⁻¹。试样对各药剂的载药量见表 2。

从表 2 可知, 随着防霉剂处理时质量分数的增大, 处理材的载药量随着增大。但是不同的竹材表现出不同的吸药性能, 这一点与竹材自身的构造存在关系。在同样的处理条件下, 3 种竹材的载药量从小到大的分别是水竹、茶秆竹和毛竹。

2.2 各防霉剂的防霉效果

2.2.1 各种质量分数防霉剂处理竹材的防霉效果 本试验采用 5 种防霉剂对竹材处理后, 经过 3 个月的观测, 各防霉剂对每种竹材表现出不同的防霉效果(表 3)。从表 3 可知: 随着防霉剂的质量分数增大, 竹材中的载药量随之增大, 对应竹材的防治效力多数提高。

2.2.2 同一浓度防霉剂处理材的防霉效果比较 由于未进行防霉处理的竹材对照样品在第 4 周检查时均

表 2 防霉剂处理竹材的吸药量情况

Table 2 Retention of anti-mould chemical in sample

防霉剂名称	药剂质量分数/(g·kg ⁻¹)	水竹载药量/‰	毛竹载药量/‰	茶秆竹载药量/‰
UD	10	3.2	1.1	2.4
	20	6.4	2.3	4.0
	30	9.9	2.6	6.7
GM	30	9.2	3.0	6.0
	50	15.1	5.1	9.5
	70	21.0	8.6	14.0
PCP-Na	10	3.1	1.3	2.2
	20	6.3	2.8	4.1
	30	8.1	4.1	6.5
DCM	10	2.7	1.3	2.4
	20	5.8	2.5	4.2
	30	8.1	2.6	5.8
SMR	10	3.2	0.7	2.8
	20	6.4	2.7	5.3
	30	10.9	4.1	10.7

表 3 3 个月内不同防霉剂对竹材的防霉效果

Table 3 Prevention efficiency of anti-mould chemical treated bamboo after 3 months exposure

防霉剂名称	药剂质量分数/(g·kg ⁻¹)	水竹处理材防治效力/%			毛竹处理材防治效力/%			茶秆竹处理材防治效力/%		
		4 周	8 周	12 周	4 周	8 周	12 周	4 周	8 周	12 周
UD	10	100.0	100.0	70.0	100.0	83.8	52.5	100.0	100.0	71.3
	20	100.0	100.0	75.0	100.0	97.5	70.0	100.0	100.0	100.0
	30	100.0	100.0	56.3	100.0	98.8	53.8	100.0	100.0	100.0
GM	30	87.5	47.5	27.5	100.0	56.3	21.3	100.0	76.3	68.8
	50	100.0	33.8	30.0	100.0	82.5	51.3	100.0	87.5	68.8
	70	100.0	51.3	38.8	100.0	95.0	73.8	100.0	71.3	70.0
PCP-Na	10	83.8	58.8	65.0	100.0	85.0	73.8	86.3	47.5	35.0
	20	92.5	68.8	50.0	100.0	100.0	83.8	100.0	82.5	85.0
	30	95.0	77.5	70.0	100.0	97.5	80.0	100.0	93.8	92.5
DCM	10	46.3	40.0	0.0	77.5	15.0	0.0	77.5	50.0	0.0
	20	82.5	62.5	55.0	100.0	78.8	55.0	100.0	85.0	60.0
	30	91.3	82.5	46.3	100.0	78.8	70.0	100.0	56.3	31.3
SMR	10	65.0	46.3	45.0	88.8	93.8	80.0	100.0	100.0	70.0
	20	75.0	62.5	65.0	97.5	93.8	90.0	100.0	100.0	75.0
	30	81.3	66.3	75.0	100.0	97.5	98.8	100.0	100.0	76.3

说明: 未进行防霉处理的竹材对照样品在第 4 周检查时均已全部变黑, 试样竹黄竹青的表面均长满了霉菌。被害等级定为 4, 没有防霉效果。

已将竹材的霉菌被害等级定为 4，所以未处理竹材没有防霉效力。为了方便比较各防霉剂的防霉性能，以质量分数为 $30 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的防霉剂处理材来比较各防霉剂的防治效力。对各防霉剂的防治效力以在 4 周、8 周和 12 周防霉观测结果来表示。在 4 周后，各防霉剂都表现出良好的防霉效果，防霉剂之间的差别不是特别明显，UD 防霉剂的防霉效力与 PCP-Na 的相当，SMR，GM 与 DCM 的防霉效力次之，3 种防霉剂效果差异不明显。3 种竹材中，水竹的防霉效力稍差，毛竹和茶秆竹的相差不大。但是随着时间的推移，在第 8 周，GM 和 DCM 的防霉效果就明显差于 SMR，UD 和 PCP-Na。到了第 12 周，试件已经过 3 个月的搁置，随着时间的增加，各防霉剂处理竹材的防治效力已明显降低，UD 防霉剂对茶秆竹的防霉效果较好外，对水竹和毛竹均表现不佳，防治效力一般。从这几种防霉剂来看，SMR 与 PCP-Na 等 2 种防霉剂的防霉效果较相近，两者比其他类型的防霉剂表现出较好的防霉效果。

2.3 各防霉剂长效性研究

为研究各防霉剂的长效性，本试验在延续到 6 个月时，观测了竹材的霉变情况。经过了 6 个月，能防霉的试剂处理的试样基本上不长霉菌，那些不能防霉菌的试件则在表面长满霉菌或者产生严重的蓝变。所以本节用分类等级的被害值 $a \leq 2$ (表 1) 描述处理材的霉变情况，结果见表 4。从 6 个月后的观测结果可知，PCP-Na 的防霉效果与 SMR 的防霉效果最好，而且对于用 PCP-Na 处理的竹材，发生霉变的试样均是竹青部分长霉，很重要的原因是因为竹青表面光滑，致密，吸药困难，所以表面基本上没有药剂停留。其他防霉剂处理的试样如 UD 处理材、GM 处理材和 DCM 处理材，均是竹青竹黄表面全部布满黑色、绿色、白色等各种霉菌，有些试样甚至还有许多虫眼，霉变虫蛀都非常严重。

表 4 6 个月后各防霉剂处理竹材试样的霉变情况

Table 4 Mould degree of samples after 6 months exposure

防霉剂名称	药剂质量分数/ ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	被害值 $a \leq 2$ 的试样数及比例					
		水竹		毛竹		茶秆竹	
		试样数	比例/%	试样数	比例/%	试样数	比例/%
UD	1	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0
GM	3	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0
PCP-Na	1	6	30	10	50	2	10
	2	8	40	15	75	15	75
	3	15	75	20	100	19	95
DCM	1	0	0	0	0	6	30
	2	0	0	4	20	10	50
	3	0	0	10	50	15	75
SMR	1	5	25	8	40	12	60
	2	4	20	12	60	15	75
	3	0	0	20	100	17	85

要说明的是，UD 防霉剂在前 8 周防霉效果较好，但是到了 12 周，防霉剂的防治效力开始减弱，特别是到了后期的 6 个月时，则表现出基本上没有防霉效果。

3 结论与讨论

随着时间的推移，防霉剂的防治效力逐渐降低。第 4 周时，在本试验条件下，未处理材已全部霉

变,未处理竹材的霉变程度与竹材本身的构造性能有关。但经各防霉剂处理的竹材,相对于未处理材而言,都呈现出良好的防霉效果;第8周时,SMR,UD和PCP-Na防霉效果好于GM和DCM;前面4周,各药剂对所处理的3种竹材的防霉效果相差不是特别明显,但到了第8周时,防霉剂对不同的竹材试样的防治效力有不同表征。UD防霉剂对3种竹材的防治效力相差不大;GM和SMR处理竹材中防治效力较好的是茶秆竹,其次是毛竹和水竹;SMR处理的3种竹材中对水竹的防霉效果稍差。但到了第12周,SMR处理毛竹的防霉效果稍好,PCP-Na处理茶秆竹的防霉效果好于其他2种竹材,但竹材之间的差异不是特别明显。从防霉剂的长效性来看,环保型防霉剂SMR处理竹材6个月后的防霉效果与PCP-Na防霉剂的防治效力相当。

与未用防霉剂处理的对照竹材样品相比,本研究所用防霉剂对竹材均有明显的防霉效果。采用的4种新型防霉剂中,SMR的长效性和防霉性最好,与PCP-Na防霉剂的功效相差不大。在处理材搁置6个月后,仍有很好的防霉效果,所以作为环保型的防霉剂,具有广泛的应用前景。从PCP-Na防霉剂的表现来看,竹材的防霉处理工艺非常关键,因竹青表面光滑,药剂不易渗透进去,所以改善防腐防霉剂的渗透性能是今后的一项研究工作。

参考文献:

- [1] 罗建举. 木材蓝变色的防治处理技术[J]. 木材工业, 1996, **10** (5): 15 - 17.
LUO Jianju. Technique to protect wood from-staining and to remove blue-stains from fungi attacked tim [J]. *China Wood Ind*, 1996, **10** (5): 15 - 17.
- [2] 刘秀英. 橡胶木菌害及其防治技术研究概况[J]. 木材工业, 1998, **12** (6): 21 - 24.
LIU Xiuying. Study on rubberwood-attacking fungi and relevant controlling technology [J]. *China Wood Ind*, 1998, **12** (6): 21 - 24.
- [3] 吴光金, 林雪坚. 竹材霉菌的鉴定及防霉剂的筛选[J]. 经济林研究, 1994, **12** (2): 50 - 55.
WU Guangjin, LIN Xuejian. Identification of moulds infecting bamboo wood and formulation of fungicidal compounds [J]. *Econ For Res*, 1994, **12** (2): 50 - 55.
- [4] 傅深渊, 刘志坤, 王学利, 等. 马尾松材的防霉研究[J]. 林产工业, 2000, **27** (5): 13 - 15.
FU Shenyuan, LIU Zhikun, WANG Xueli, et al. Study on mould preventing of *Pinus massoniana* wood [J]. *China For Prod Ind*, 2000, **27** (5): 13 - 15.
- [5] 骆土寿. 水溶性多菌灵防霉防变色试验[J]. 广东林业科技, 1993 (4): 42 - 47.
LUO Tushou. A test of water-soluble carbendazim used in moulds and staining fungi control [J]. *J Guangdong For Sci Technol*, 1993 (4): 42 - 47.
- [6] 施振华. 大力发展木材防腐节约木材[J]. 木材工业, 2001, **15** (4): 6 - 8.
SHI Zhenhua. Developing wood preservation with great strength for the economical use of wood [J]. *China Wood Ind*, 2001, **15** (4): 6 - 8.
- [7] 杜复元, 马灵飞. BBP-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.
DU Fuyuan, MA Lingfei. BBP-841 an anti-mould chemical for bamboo timber preservation [J]. *J Zhejiang For Coll*, 1985, **2** (2): 53 - 56.
- [8] 骆土寿, 欧景琳, 施振华. 用TMO处理竹地板材的防霉效果研究[J]. 林业科技通讯, 1998 (1): 18 - 19, 22.
LUO Tushou, OU Jinglin, SHI Zhenhua. Study on anti-mould effectiveness of treated bamboo flooring block with TMO fungicide [J]. *J For Sci Technol*, 1998 (1): 18 - 19, 22.
- [9] 付惠, 陈玉惠, 王文久, 等. 云南5种用材竹的致霉菌及其致霉特性研究[J]. 竹子研究汇刊, 1999, **18** (1): 16 - 22.
FU Hui, CHEN Yuhui, WANG Wenjiu, et al. Studies on mouldy fungi and their characteristics of five kinds of bamboo timber in Yunnan [J]. *J Bamboo Res*, 1999, **18** (1): 16 - 22.
- [10] 赵鹤, 张建, 李琴. 竹材防霉防腐研究现状及发展趋势[J]. 山西建筑, 2010, **36** (29): 137 - 139.
ZHAO He, ZHANG Jian, LI Qin. Research status and development trend of bamboo anti-mould and anti-decay [J]. *Shanxi Archit*, 2010, **36** (29): 137 - 139.
- [11] 孙芳利, 段新芳. 竹材防霉研究概况及其展望[J]. 世界竹藤通讯, 2004, **2** (4) 1 - 4.
SUN Fangli, DUAN Xinfang. Situation and overview of bamboo mold-preservation [J]. *J World Bamboo Rattan*, 2004, **2** (4): 1 - 4.