

## 载银二氧化钛纳米抗菌剂处理竹材和 马尾松的防霉和燃烧性能

杨优优, 卢凤珠, 鲍滨福, 沈哲红

(浙江农林大学 工程学院, 浙江 临安 311300)

**摘要:** 采用不同质量分数(10, 50, 100, 200 g·kg<sup>-1</sup>)的载银二氧化钛(TiO<sub>2</sub>)纳米抗菌剂分别对马尾松 *Pinus massoniana* 材和毛竹 *Phyllostachys edulis* 材进行浸渍处理, 并对处理后试件的防霉性能和阻燃性能进行研究。结果表明: 纳米抗菌剂处理的试件载药量随纳米抗菌剂质量分数提高而增加, 处理后毛竹材的霉变时间比未处理材推迟 3 周左右, 处理后马尾松材的霉变时间比未处理材推迟 4 周左右, 防霉效果良好。纳米抗菌剂对毛竹材的燃烧性能无明显影响, 处理材的点燃时间比未处理材延迟 3~4 s。纳米抗菌剂处理马尾松材的热释放速率和总热释放量降低, 有效燃烧热(EHC)、平均质量损失率、总发烟量无明显变化。图 8 表 4 参 11

**关键词:** 木材学; 毛竹; 马尾松; 载银二氧化钛; 防霉; 阻燃

**中图分类号:** S782.3      **文献标志码:** A      **文章编号:** 2095-0756(2012)06-0910-07

## Mould and fire resistance of *Phyllostachys edulis* and *Pinus massoniana* treated with a nano antibiotic agent, TiO<sub>2</sub> doped-Ag

YANG You-you, LU Feng-zhu, BAO Bin-fu, SHEN Zhe-hong

(School of Engineering, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

**Abstract:** This study focused on mould and fire resistance of *Phyllostachys edulis* and *Pinus massoniana* treated with a nano antibiotic agent, TiO<sub>2</sub> doped-Ag, at different concentrations (10, 50, 100, 200 g·kg<sup>-1</sup>). Results showed that agent loading improved as the concentration of the nano antibiotic agent increased. Treatments were positive for mould resistance with initial mildew for treated bamboo appearing about 3 weeks later than the untreated and for treated *Pinus massoniana* about 4 weeks later than the untreated. In fire resistance, treated *Phyllostachys edulis* was about the same as untreated except for time to ignition (TTI) of treated *Phyllostachys edulis* which was 3~4 s longer. Also, treated *Pinus massoniana* was about the same as the untreated in effective heat of combustion (EHC), mass loss rate (MLR), and total smoke release (TSR), but heat release rate (HRR) and total heat release (THR) of the treated *Pinus massoniana* were lower than the untreated. [Ch, 8 fig. 4 tab. 11 ref.]

**Key words:** wood science; *Phyllostachys edulis*; *Pinus massoniana*; TiO<sub>2</sub> doped-Ag; mould resistance; fire resistance

木材是绿色环境和人体健康的贡献者。随着天然林资源的紧缺, 人工林木材和竹材的利用成为解决木材供需矛盾的重要途径。对人工林木材和竹材实施科学保护、加工和利用, 既可以保存材料原有的绿色品质, 又可以提高材料的使用性能<sup>[1-2]</sup>。马尾松 *Pinus massoniana* 材和毛竹 *Phyllostachys edulis* 材在土建工程、装饰装修、家具制造、工业包装中大量使用, 但这 2 种材料在加工和使用过程中容易产生腐

收稿日期: 2011-12-10; 修回日期: 2012-03-14

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30700628)

作者简介: 杨优优, 从事木竹材加工利用与材性改良等研究。E-mail: yangyouyou0507@163.com。通信作者: 沈哲红, 副教授, 博士, 从事木竹材加工与改性等研究。E-mail: zhehong.shen@vip.163.com

朽、霉变和虫蛀,影响使用。防腐防霉处理可以有效防止木质材料腐朽、虫蛀,提高材料的使用寿命和产品质量,增加使用功能<sup>[3]</sup>。目前,中国使用的防腐剂多数具有较高的毒性,对人们的身心健康和生活环境造成潜在危害。因此,开发低毒、高效的环保型防霉剂和防腐剂,降低对人畜和环境的危害,是竹木材防霉防腐研究的重点之一<sup>[4-5]</sup>。纳米二氧化钛(TiO<sub>2</sub>)自身具有无毒、无刺激性、热稳定性与耐热性好、不燃烧,且为白色等优点,具有良好的光催化特性,在紫外光的激发下,能彻底分解细菌,具有抗菌长效、杀菌彻底等优异的抗菌性能<sup>[6]</sup>。孙丰波等<sup>[7]</sup>对竹材的二氧化钛改性进行研究,发现二氧化钛处理有效提高了竹材的抗菌防霉能力。但普通的二氧化钛必须有光照才能激发电子,产生抗菌性能,使其应用受到很大限制。在二氧化钛中掺入少量银盐制得的载银二氧化钛纳米抗菌材料,由于纳米材料的特性能以及二氧化钛和银离子的双重抗菌功能,极大地提高了二氧化钛的抗菌性能,且在光照和无光照条件下均能产生抗菌效果,抗菌持久、化学稳定性好、安全性高<sup>[8]</sup>。近年来,人们对建筑和室内装饰装修材料的阻燃性能的要求不断提高,而竹木质材料及其制品容易燃烧<sup>[9]</sup>,因此,本试验重点研究了纳米载银二氧化钛处理毛竹材和马尾松材的室外防霉性能,同时测试了处理后毛竹材和马尾松材的燃烧性能,以期今后的研究提供参考。

## 1 实验

### 1.1 材料

1.1.1 试材 马尾松试材采用浙江省本地的马尾松(购于临安马溪木材市场),无虫蛀、霉斑、蓝变等缺陷,胸径为 20~30 cm,每株树在胸高部位向上取长 1.2 m 试材 1 段。毛竹试材采自浙江省临安市三口镇,4~5 年生新伐毛竹,无虫蛀、霉斑、蓝变等缺陷,取地上 2~4 m 处竹段。

1.1.2 试剂 纳米抗菌剂(主要成分为载银二氧化钛,粒径约为 30 nm,购自杭州万景新材料有限公司)、蒸馏水。

1.1.3 实验设备与仪器 锥形量热仪(英国燃烧测试技术 FTT 公司生产)、101-1 型电热鼓风干燥箱、高精度木工圆锯机等。

### 1.2 方法

参照 GB/T 18261-2000《防霉剂防治木材霉菌及蓝变菌的试验方法》进行防霉、防蓝变试验。阻燃试验按说明书用 CONE(锥形量热仪)法<sup>[10]</sup>进行,热辐射功率为 50 kW·m<sup>-2</sup>,温度为 732 ℃左右。

1.2.1 试样准备 毛竹去青、去黄、去竹节后,加工成 100 mm × 20 mm × 5 mm 的竹片,剪去表面毛刺。不添加胶黏剂以厚度方向直接相叠成 100 mm,20 根竹片做成一个试件,规格(长 × 宽 × 厚):100 mm × 100 mm × 20 mm,用于阻燃试验<sup>[11]</sup>。用于阻燃试验的马尾松试样从新鲜边材中选取,要求无节、无虫蛀、无蓝变、无霉斑,无明显树脂集中现象,不需干燥,试件做成规格(长 × 宽 × 厚):100 mm × 100 mm × 20 mm。试件的加热面均为弦切面。其中用于防霉试验的试件,加工成 50 mm × 20 mm × 5 mm(长 × 宽 × 厚)规格,20 个试样为 1 组(共 14 组),剪去表面毛刺,编号。用游标卡尺测量每个试件的长、宽、厚(精确至 0.1 mm),并称取每个试件的质量(精确至 0.01 g)。

1.2.2 试样浸渍处理 以蒸馏水为溶剂,以纳米抗菌剂为溶质,配置出质量分数分别为 10, 50, 100, 200 g·kg<sup>-1</sup> 的溶液。试样做好后不经干燥迅速药剂处理,采用冷浸法处理(组号、药剂处理和处埋时间见表 1 和表 2),将同一组的试样放在烧杯中井字形堆放,重物压顶,防止浮动,倒入药液,液面高出材堆顶面 2 cm。阻燃试验取经 10 和 100 g·kg<sup>-1</sup> 的纳米抗菌剂 1 h 处理的试样。

1.2.3 吸药量计算 试样浸渍完后,擦掉表面流动水分后立即称量,准确至 0.01 g。吸药量按式  $R = (m_2 - m_1) \times c \times 10^6 / 2(HW + WL + HL)$  计算,其中,  $R$  为吸药量(g·m<sup>-2</sup>);  $m_1$  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(g·kg<sup>-1</sup>)。

1.2.4 试样干燥 称量后将用于阻燃试验的试样放于干燥箱中 50 ℃ 温度干燥至含水率为 9%~10%,用游标卡尺测量每个试件的长、宽、厚(精确至 0.1 mm),并称取每个试件的质量(精确至 0.01 g)。

1.2.5 试样放置 用于室外防霉实验的试样称量后无需干燥,立即分组放在室外的潮湿、阴凉的同一环境下,放置时间为南方潮湿多雨的梅雨时节 5~6 月,观察并记录试样的发霉情况。

1.2.6 防治效果检查 防治效果以合格试材数占试材总数的百分比表示。凡表面无明显霉斑、蓝变,面

积小于5%，且内部材色正常或只有轻微蓝变，面积小于5%，可认为防霉防蓝变合格。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同浸渍处理对毛竹吸药量的影响

由表1和表2可知：在相同浸渍时间条件下，毛竹试件和马尾松试件吸药量随纳米抗菌剂浸渍质量分数的增加而明显增加。相同纳米抗菌剂的质量分数(100 g·kg<sup>-1</sup>)条件下，当浸渍时间从20 min增加到40 min时，毛竹试件载药量增加，在40 min时，毛竹对纳米抗菌剂的吸收达到最大，因此，当浸渍时间从40 min增加至1 h时，毛竹试件的载药量未增加。相同纳米抗菌剂的质量分数(100 g·kg<sup>-1</sup>)条件下，浸渍时间为1 h的马尾松试件载药量比20 min和40 min的试件略高，但变化不明显。

表1 毛竹材的防霉试验结果

Table 1 Mould resistance experimental results of moso bamboo

试件组别	药剂质量分数/(g·kg <sup>-1</sup> )	浸渍时间/min	平均吸药量/(g·m <sup>-2</sup> )	试材块数	5		10		15		20		25		30 d	
					合格块数	合格率/%	合格块数	合格率/%	合格块数	合格率/%	合格块数	合格率/%	合格块数	合格率/%	合格块数	合格率/%
1	10	60	0.95	20	20	100	12	60	6	30	4	20	2	10	0	0
2	50	60	6.49	20	20	100	20	100	16	80	16	80	2	10	2	10
3	100	20	9.22	20	20	100	20	100	20	100	20	100	1	5	1	5
4	100	40	13.01	20	20	100	20	100	19	95	17	85	3	15	3	15
5	100	60	11.44	20	20	100	11	55	5	25	1	5	1	5	1	5
6	200	60	23.82	20	20	100	20	100	17	85	7	35	0	0	0	0
对照	0			20	14	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表2 马尾松材的防霉试验结果

Table 2 Mould resistance experimental results of masson pine

试件组别	药剂质量分数/(g·kg <sup>-1</sup> )	浸渍时间/min	平均吸药量/(g·m <sup>-2</sup> )	试材块数	2		3		4		5		6周	
					合格块数	合格率/%	合格块数	合格率/%	合格块数	合格率/%	合格块数	合格率/%	合格块数	合格率/%
7	10	60	1.44	20	20	100	18	90	18	90	2	10	2	10
8	50	60	6.84	20	20	100	20	100	20	100	3	15	2	10
9	100	20	16.15	20	20	100	19	95	18	90	2	10	2	10
10	100	40	14.71	20	20	100	20	100	18	90	3	15	2	10
11	100	60	18.57	20	20	100	20	100	20	100	10	50	9	45
12	200	60	35.70	20	20	100	20	100	18	90	10	50	10	50
对照	0			20	8	40	0	0	0	0	0	0	0	0

### 2.2 不同浸渍处理对毛竹防霉效果的影响

由表1和图1可知：纳米抗菌剂处理毛竹比未处理毛竹霉变时间普遍延迟3周左右，防霉效果良好。第15天时，未经处理的所有毛竹试件表面、端面均出现明显霉斑，试件内部已经有较为严重的霉变，如图1A和图1F。经过纳米抗菌剂处理的毛竹试件，只有部分试件表面出现少数霉斑或未出现霉变情况，如图1B，图1C，图1D和图1E。第30天时观察到多数毛竹试件都出现霉变，但未经处理的毛竹试件均已严重霉变，经过纳米抗菌剂处理的毛竹试件多数仅表面或端面出现不同程度霉变，内部基本未出现霉变，如图1G。试验初期(1~15 d)，防霉效果基本随纳米抗菌剂吸药量增加而提高，但随着试验时间的延长，200 g·kg<sup>-1</sup>纳米抗菌剂处理的毛竹试件吸药量虽然明显高于其他质量分数处理的毛竹试件，但防霉效果并未提高，反而比其他试件差。因为当纳米抗菌剂的质量分数过高时，大量药剂难以进入毛竹试件内部，仅处于试件表面，在防霉试验初期，效果良好，但随着时间的延长，受外界条件影

响,毛竹试件表面的药剂部分流失,因而在试验后期(15~30 d)防霉效果不佳。当采用  $100 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  纳米抗菌剂对毛竹试件分别进行 20 min, 40 min 和 1 h 的浸渍处理, 经过 40 min 处理的毛竹试件, 防霉持久性最高, 效果最佳。

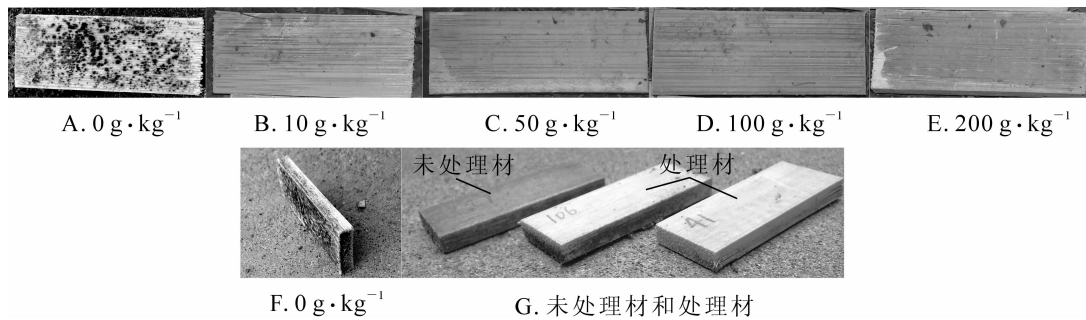


图 1 不同质量分数的纳米抗菌剂处理的毛竹材的霉变情况

Figure 1 Mould resistances of moso bamboo treated by nano antibiotic agent

由表 2 和图 2 可知, 纳米抗菌剂处理马尾松材比未处理材霉变时间普遍延迟 4 周左右, 防霉效果良好。第 3 周时, 未经处理的所有马尾松试件表面、端面均出现明显霉斑, 霉变情况较为严重, 如图 2A。经过纳米抗菌剂处理马尾松试件, 只有个别试件表面出现少量霉斑, 其余均未霉变, 如图 2B, 图 2C, 图 2D 和图 2E。第 6 周时观察到多数马尾松试件都出现霉变情况, 但未经处理马尾松试件均已严重霉变, 经过纳米抗菌剂处理马尾松试件多数仅表面或端面出现不同程度霉变, 内部基本未出现霉变情况, 如图 2F 和图 2G。试件防霉效果随试件载药量的增加而提高,  $100$  和  $200 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  纳米抗菌剂处理 1 h 的马尾松材防霉效果明显高于  $10$  和  $50 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  处理材。在相同质量分数  $100 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  处理的情况下, 1 h 处理马尾松试件防霉效果比 20 min 和 40 min 处理的试件好。可见, 随着药剂处理时间的增加, 马尾松试件载药量虽然无明显变化, 但是药剂更好地进入了试件内部, 有助于提高试件的防霉效果和防霉持久性。

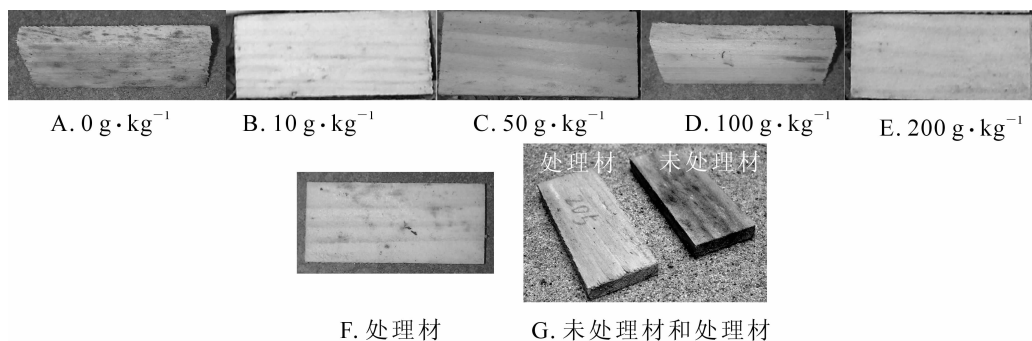


图 2 不同质量分数的纳米抗菌剂处理马尾松材的霉变情况

Figure 2 Mould resistances of masson pine treated by nano antibiotic agent

### 2.3 纳米抗菌剂对木竹材燃烧性能的影响

**2.3.1 有效燃烧热、点燃时间和质量损失率** 从表 3 可见: 纳米抗菌剂处理毛竹材的有效燃烧热与未处理材相差不大, 药剂质量分数提高时略有减少。在入射热流强度  $50 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$  的条件下, 经过纳米抗菌剂处理的毛竹材的点燃时间延迟 3~4 s。纳米抗菌剂处理毛竹材平均质量损失速率分别为  $0.107 \text{ g}\cdot\text{s}^{-1}$  和  $0.110 \text{ g}\cdot\text{s}^{-1}$ , 与未处理毛竹  $0.109 \text{ g}\cdot\text{s}^{-1}$  相近, 不随处理药剂质量分数改变而变化, 但质量损失率峰值随药剂处理质量分数提高略有提高, 峰值出现时间随药剂处理质量分数提高而提前。从表 4 可见: 纳米抗菌剂处理马尾松材的有效燃烧热和平均质量损失率比未处理材低, 但相差不大。在入射热流强度  $50 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$  的条件下,  $100 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  处理材的点燃时间延迟 3 s, 质量损失率峰值出现时间明显延迟。

**2.3.2 热释放速率和总热释放量** 由图 3 可见: 纳米抗菌剂处理的毛竹材与未处理材的热释放速率曲线基本一致, 数值上无明显差异。由图 4 可见: 纳米抗菌剂处理马尾松材与未处理材的热释放速率曲线基本一致,  $10 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  纳米抗菌剂处理材的热释放速率明显比未处理材低,  $100 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  纳米抗菌剂处理材

表3 毛竹材的燃烧性能

Table 3 Flame retardant of moso bamboo

药剂质量分 数/(g·kg <sup>-1</sup> )	有效燃烧热/(MJ·kg <sup>-1</sup> )	质量损失率/(g·s <sup>-1</sup> )		峰值出现时间/s	点燃时间/s
		平均值	峰值		
0(对照)	9.32	0.109	0.595	790	19
10	9.42	0.107	0.645	737	21
100	9.12	0.110	0.662	412	22

表4 马尾松材的燃烧性能

Table 4 Flame retardant of the masson pine

药剂质量分 数/(g·kg <sup>-1</sup> )	有效燃烧热/(MJ·kg <sup>-1</sup> )	质量损失率/(g·s <sup>-1</sup> )		峰值出现时间/s	点燃时间/s
		平均值	峰值		
0(对照)	11.49	0.088	0.431	55	18
10	10.75	0.082	0.419	43	16
100	11.35	0.086	0.609	758	21

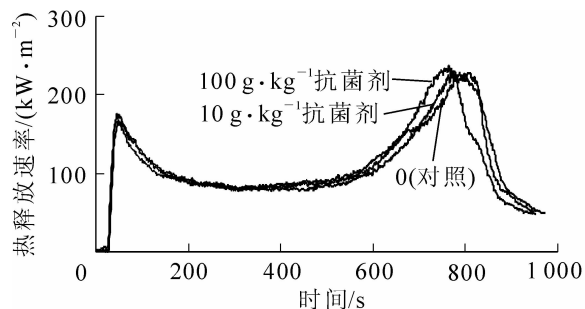


图3 毛竹材燃烧热释放速率

Figure 3 Rate of heat release of moso bamboo

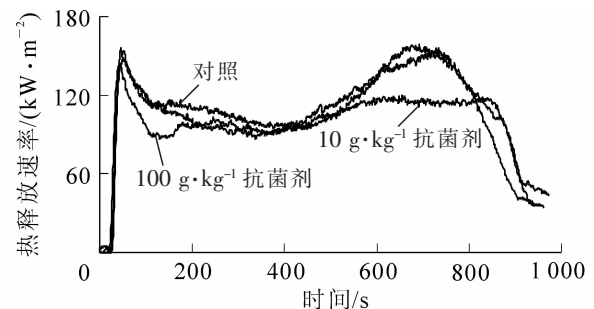


图4 马尾松材燃烧热释放速率

Figure 4 Rate of heat release of masson pine

的热释放速率总体比未处理材略低。纳米抗菌剂质量分数的增加不利于药剂进入马尾松试件内部，因此在燃烧后期无法有效降低热释放速率，降低了对马尾松材的阻燃效果。

由图5可见：在燃烧全过程中，经纳米抗菌剂处理的毛竹燃烧的热释放总量曲线与未处理材基本一致，纳米抗菌剂对毛竹热释放速率和热释放总量无明显影响。由图6可见：在燃烧全过程中，经纳米抗菌剂处理的马尾松燃烧的热释放总量比未处理材低，纳米抗菌剂处理可以降低马尾松材的热释放速率和总热释放量，但是药剂中含有一定的有机分散助剂，这些助剂有助燃作用，因而，处理材的阻燃效果并不一定随药剂处理质量分数提高而提高。寻找合适的药剂处理质量分数以达到最佳的阻燃效果，有待进一步研究。

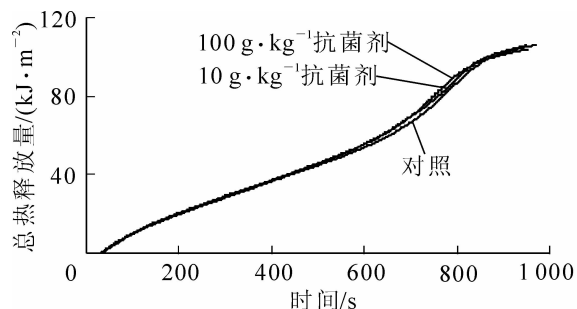


图5 毛竹材热总释放量

Figure 5 Total heat release of moso bamboo

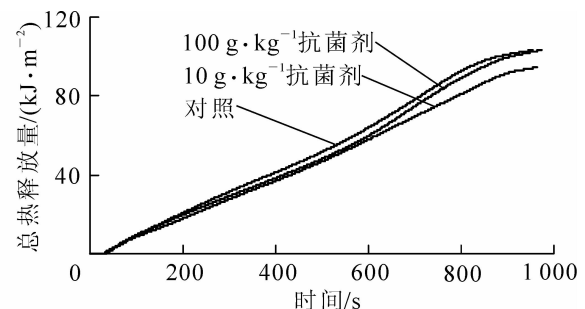


图6 马尾松材热总释放量

Figure 6 Total heat release of masson pine

2.3.3 总发烟量 经过纳米抗菌剂处理的毛竹材的总发烟量与未处理材接近，100 g·kg<sup>-1</sup> 纳米抗菌剂处

理的毛竹发烟总量比未处理毛竹略高，但相差不大(图 7~8)。经  $100 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  纳米抗菌剂处理的马尾松材的总发烟量与未处理材接近， $10 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  纳米抗菌剂处理材的总发烟量比未处理材高。

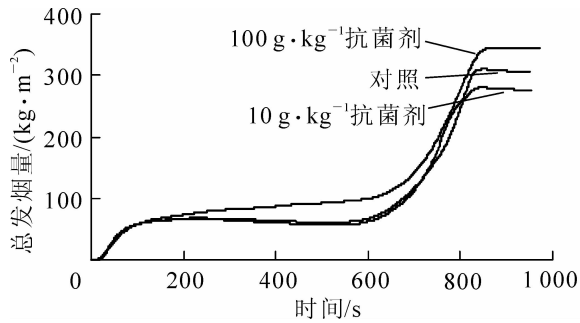


图 7 毛竹材总发烟量

Figure 7 Total smoke release of moso bamboo

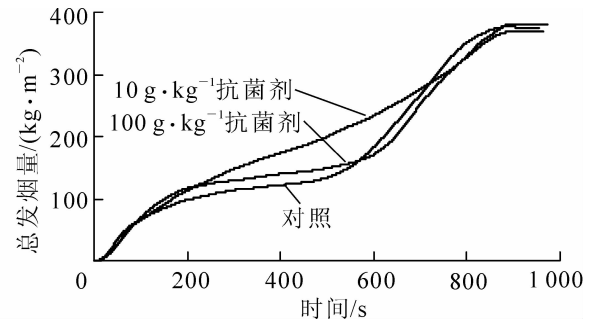


图 8 马尾松材总发烟量

Figure 8 Total smoke release of masson pine

### 3 结论

纳米抗菌剂处理的毛竹材比未处理材霉变时间普遍推迟 3 周左右，防霉效果良好。毛竹试件的载药量随纳米抗菌剂处理质量分数的增加而提高。当药剂质量分数从  $10 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  提高到  $100 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  时，毛竹试件的防霉效果随试件载药量的增加而提高；当药剂质量分数从  $100 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  提高到  $200 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  时，试件防霉效果不随载药量增加而提高。同样采用  $100 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  纳米抗菌剂分别对毛竹试件处理 20 min，40 min 和 1 h 情况下，防霉效果相差不大。药剂处理时间对防霉效果影响不大，药剂质量分数对试件防霉效果的影响比较显著。 $100 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  处理 40 min 的毛竹试件防霉效果最佳。纳米抗菌剂处理的马尾松材比未处理材霉变时间普遍推迟 4 周左右，防霉效果良好。马尾松试件的载药量随纳米抗菌剂处理质量分数的增加而提高。防霉效果随试件载药量的增加和处理时间的延长而提高。可见，纳米抗菌剂对木材和竹材具有良好的防霉效果。

经过纳米抗菌剂处理的毛竹材的点燃时间比未处理材延迟 3~4 s，质量损失率峰值随药剂处理质量分数提高略有提高，峰值出现时间随药剂处理质量分数提高而提前。处理材与未处理材的有效燃烧热、平均质量损失率、热释放速率、总热释放量和总发烟量无明显变化。可见纳米抗菌剂对毛竹材的燃烧性能无明显不良影响。经过纳米抗菌剂处理的马尾松材的热释放速率和总热释放量降低， $100 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  纳米抗菌剂处理材点燃时间和质量损失率峰值出现时间延迟。处理材与未处理材的有效燃烧热、平均质量损失率、总发烟量无明显变化。可见纳米抗菌剂处理马尾松材具有一定的阻燃效果。

### 参考文献：

- [1] 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 Arch*, 2010, **36** (29): 137 - 139.
- [2] 李坚. 木材的生态学属性——木材是绿色环境人体健康的贡献者[J]. 东北林业大学学报, 2010, **38** (5): 1 - 8.  
LI Jian. Ecological properties of wood: wood as the contributor to the green environment and human health [J]. *J North-east For Univ*, 2010, **38** (5): 1 - 8.
- [3] 李玉栋. 我国木材防腐工业的状况、问题与对策[J]. 木材工业, 2004, **18** (1): 20 - 23.  
LI Yudong. The Chinese wood preservation industry: a review of the current situation, problems and their solutions [J]. *China Wood Ind*, 2004, **18** (1): 20 - 23.
- [4] 曹金珍. 国外木材防腐技术和研究现状[J]. 林业科学, 2006, **42** (7): 121 - 126.  
CAO Jinzhen. A review on wood preservation technologies and research [J]. *Sci Silv Sin*, 2006, **42** (7): 121 - 126.
- [5] 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 mould-preservation [J]. *World Bamboo Rattan*, 2004, **2** (4): 1 - 4.
- [6] 刘献杰, 闫军, 杜仕国, 等. 纳米  $\text{TiO}_2$  抗菌涂料研究进展[J]. 河北化工, 2005 (6): 20 - 22.

- LIU Xianjie, YAN Jun, DU Shiguo, *et al.* Progress of the research on antibacterial coating filled with nano-TiO<sub>2</sub> [J]. *Hebei Chem Eng Ind*, 2005 (6): 20 – 22.
- [7] 孙丰波, 余雁, 江泽慧, 等. 竹材的纳米 TiO<sub>2</sub> 改性及抗菌防霉性能研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2010, **30** (4): 1056 – 1060.
- SUN Fengbo, YU Yan, JIANG Zehui, *et al.* Nano TiO<sub>2</sub> modification of bamboo and its antibacterial and mildew resistance performance [J]. *Spectro Spectral Anal*, 2010, **30** (4): 1056 – 1060.
- [8] 柳清菊, 张瑾, 朱忠其, 等. 载银 TiO<sub>2</sub> 无机抗菌剂的制备及性能研究[J]. 功能材料, 2005, **3** (3): 474 – 476.
- LIU Qingju, ZHANG Jin, ZHU Zhongqi, *et al.* Study on preparing and antibiotic property of TiO<sub>2</sub> doped-Ag [J]. *J Funct Mater*, 2005, **3** (3): 474 – 476.
- [9] 朱敏. 建筑中的竹材及其阻燃[J]. 木材加工机械, 2008 (6): 43 – 45.
- ZHU Min. Bamboo in the construction and its fire-retardant [J]. *Wood Process Mach*, 2008 (6): 43 – 45.
- [10] 李坚, 王清文, 李淑君, 等. 用 CONE 法研究木材阻燃剂 FRW 的阻燃性能[J]. 林业科学, 2002, **38** (5): 108 – 114.
- LI Jian, WANG Qingwen, LI Shujun, *et al.* A study on the fire retardancy of FRW fire retardant for wood by CONE calorimeter [J]. *Sci Silv Sin*, 2002, **38** (5): 108 – 114.
- [11] 卢凤珠, 俞友明, 黄必恒, 等. 用 CONE 法研究竹材的阻燃性能[J]. 竹子研究汇刊, 2005, **24** (1): 45 – 49.
- LU Fengzhu, YU Youming, HUANG Biheng, *et al.* A study on the burning behavior of bamboo timber by cone calorimeter [J]. *J Bamboo Res*, 2005, **24** (1): 45 – 49.

\*\*\*\*\*

## “竹子碳汇造林方法学国外试点”项目在非洲启动

2012年6-7月,由浙江农林大学、中国绿色碳汇基金会、国际竹藤组织等3家单位共同组成的“竹子碳汇造林方法学国外试点”项目实施团队,赴肯尼亚和埃塞俄比亚分别举行项目启动会,并开展了项目选点、基线调查等工作。这也是积极响应和落实国家发展与改革委员会2011年在南非德班气候大会上作出的“中国还将在适应、能力建设、节能和提高能效等方面继续加强南南合作,向其他发展中国家,特别是最不发达国家、小岛屿国家和非洲国家提供力所能及的帮助”承诺的具体行动。

竹子碳汇造林方法学是全面指导开发竹子碳汇造林项目的方法体系,其作用是从科学方法上保证造林项目产出真实可靠的碳信用指标和实现项目预期的多重目标。它是依托浙江农林大学数十年的竹子研究成果,由浙江农林大学与国际竹藤组织、中国标准化研究院、中国绿色碳汇基金会在2011年共同研究起草的中国首个用于全面指导开发竹子碳汇造林项目的标准。2012年4月,该方法学通过了专家评审委员会的评审,填补了国际竹子碳汇造林方法学标准的空白。