

讨论与建议

木质包装检疫除害处理技术的研究进展

伍艳梅¹, 黄荣凤¹, 吕建雄¹, 赵有科¹, 时玉龙²

(1. 中国林科院木材工业研究所; 国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091;

2. 满洲里进出境检验检疫局, 满洲里 012400, 内蒙古)

摘要: 介绍了国内外对木质包装材料的熏蒸处理、化学加压浸渍处理、热处理, 以及高频、微波、辐照除害处理技术的研究现状, 分析了当前除害处理方法存在的问题, 为今后我国在木质包装材料的检疫、除害熏蒸处理和热处理技术的发展和运用提出建议。

关键词: 木质包装; 检疫; 热处理; 熏蒸处理

中图分类号: S763 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2009)01-0034-03

Introduction to Phytosanitary Treatment Technology for Wood Packaging Materials

WU Yan-mei¹, HUANG Rong-feng¹, LU Jian-xiong¹, ZHAO You-ke¹, SHI Yu-long²

(1. Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry;

Key Lab of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China;

2. Manzhouli Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Manzhouli 012400, Inner Mongolia, China)

Abstract: Research on phytosanitary treatments for wood packaging materials, both in China and abroad, were reviewed. The commonly-used treating methods that were introduced and discussed in this paper included fumigation, chemical pressure impregnation, heat treatment, high frequency microwave treatment, and radiation treatment. The advantages and disadvantages of these different phytosanitary treatments were analyzed. Finally, suggestions for future research to improve fumigation and heat treatments were presented.

Key words: wood packaging; phytosanitary; heat treatment; fumigation treatment

随着国际贸易量的增加, 有效防止有害生物随包装材料的传播受到各国的重视。国际植物保护公约(International plant protection convention, IPPC), 2002 年 3 月公布了 ISPM 15《国际贸易中木质包装材料管理准则》, 使木质包装检疫在全世界范围内有了一个统一的标准, 对推进检疫处理措施的实施, 有效防止有害生物通过木质包装材料在各国间的蔓延, 起到了重要作用。美国、加拿大、欧盟以及南美等国家, 都明确提出进境木质包装的检疫处理要求, 并规

定了除害处理管理机制^[1]。为此, 世界各国从除害处理的有效性, 及减小除害处理对环境的影响等方面, 开展了检疫除害处理技术和方法的研究。

我国参照 ISPM 15 的规定, 于 2005 年出台了《出境货物木包装检疫处理管理办法》(简称《办法》)。随后针对具体实施过程中出现的问题, 在《办法》的基础上, 相继出台了《木包装容器检测规程》、《松材线虫病发生区松木包装材料处理和管理》等一系列检疫处理标准和措施, 并采用了微波检疫处理等新型检疫方法, 而且现行的检疫除害标准也远远高于 ISPM 15 中的规定^[1]。笔者对目前木质包装材料检疫除害处理方法的现状进行分析和总结, 以期今后的研究和企事业部门提供参考。

收稿日期: 2008-04-16; 修改日期: 2008-12-15

基金项目: 引进国际先进林业科学技术“948 计划”(2005-4-72)。

作者简介: 伍艳梅(1983—), 女, 中国林科院木材工业研究所硕士研究生。

通讯作者: 黄荣凤, 女, 中国林科院木材工业研究所副研究员, 博士。

1 除害处理的原理与方法

1.1 杀虫原理

除害处理可分为化学方法和物理方法。化学处理方法中,使用最普遍的是熏蒸处理,常用的熏蒸剂是溴甲烷、磷化氢和硫酰氟。溴甲烷能使巯基类(—SH)化合物烷基化,对细胞中的正常生化反应造成破坏;磷化氢是通过虫的呼吸或表皮进入虫体,对其呼吸系统、神经系统造成影响,使虫类窒息死亡;硫酰氟能破坏生物体内磷酸平衡,抑制其氧气吸收。另外,还可用加压浸渍处理方法,将毒性防腐剂注入木材中,对木质包装材料中的有害生物杀灭。

物理方法有热水处理、热空气处理、蒸汽处理等外部加热处理,及高频、微波等电磁波的内部加热处理和辐照处理等。加热处理主要使包装材料中的害虫快速脱水,造成虫的细胞壁损坏、蛋白质凝固而窒息至死。而高频、微波处理与外部加热处理不同,前者是利用交变电磁场,使木材中的水分子或有害虫体液分子高速频繁的转动,分子之间摩擦生热,使木材或有害生物体从内到外同时加热;辐照处理则是利用离子化能照射有害生物,使之不能完成正常的生活史或不育,以阻止有害生物的传播和繁衍。

1.2 处理方法及效果分析

1.2.1 熏蒸处理

熏蒸处理的除害效果易受环境条件(包括环境温度、湿度、压力及密闭状况)、熏蒸方式、熏蒸剂本身的理化性能、有害生物的种类以及货物类别和堆放情况等诸因素的影响。

2006 年 4 月,国际植物保护公约对 ISPM 15 中溴甲烷熏蒸处理技术要求进行了修订,将最低熏蒸温度改为不低于 10℃,时间不少于 24 h。贺水山^[2]等按照修订的标准要求,在集装箱中对当年感染松材线虫的黑松木材进行溴甲烷熏蒸试验,结果显示松木中的松材线虫的成虫、幼虫和卵 100%被杀死。也有学者研究通过减压熏蒸方式来提高熏蒸剂的渗透性,以提高处理效果。在相同温度下,压力降低为原来的 30%后进行熏蒸处理,当用药量较国际标准增加 50%时,熏蒸时间就可以缩短至原来的 1/6^[3]。

磷化氢熏蒸除害效果,除熏蒸药剂的扩散受温度的直接影响外,还与熏蒸剂的理化性能及有害生物的生理特征密切相关;硫酰氟熏蒸则由于在低温条件下杀灭虫卵效果差,因而在木质包装检疫熏蒸处理中的应用受到限制。2002 年 4 月始,美国已停止使用硫酰氟熏蒸^[4]。

1.2.2 化学加压浸渍处理

对木质包装材料的化学加压浸渍处理,使用最多的是水溶性防腐剂,主要包括铜铬砷(CCA)、铜铬硼(CCB)、酸性铬酸铜(ACC)、砷酸铜铵(ACA)、季铵铜(ACQ)等。欧盟、日本已禁用对环境造成污染的 CCA,美国、加拿大也限制 CCA 防腐材的使用。

为了防止环境污染,世界各国学者已积极投入到环保型防腐剂除害效果的研究中。王跃进^[5]等用 Koppers-Arch 环保公司生产的以铜为基础的无铬、砷低毒新型水溶性铜唑基防腐剂(TANALITH CuAz 和 TAN-ALITH CY)处理松材线虫寄生松材,放置 21 d,2.86%CuAz、2.22%CY 对松材线虫具有明显的杀灭作用,并随着处理后放置时间的延长而增强,但二者均没有达到 100%杀灭松材线虫的效果。

1.2.3 热处理

由于溴甲烷熏蒸处理存在熏蒸操作危险大、对大气臭氧层破坏大,且受天气变化影响,有残毒等诸多弊端,因此国际上更广泛接受经热处理的木质包装。

热处理方法杀灭主要有有害生物的条件见表 1。

表 1 杀灭有害生物的热处理条件

Tab. 1 Guidelines of heat treatment for different pest species

菌虫类别	热处理条件
真菌	边材或心材,当 2.5 cm×2.5 cm×4 cm 的木段中心温度达到 65.6℃后处理 75 min,均能有效杀死木腐菌 ^[7]
砂白蚁属	木材中心温度达到 54.4℃后,处理 1 h 作为商业化处理麻头砂白蚁的热处理条件 ^[8]
鞘翅目昆虫	规格为 10 cm×10 cm×32 cm 的木段,木材中心温度达到 55℃后,保持 35 min,能杀死木材中黄斑星天牛、芳香木蠹蛾东方亚种和杨干透翅蛾虫害的幼虫和蛹 ^[9] 成虫在 40℃,处理 30 min 或 45℃,处理 15 min;蛹在 45℃,处理 30 min;幼虫在 50℃中,处理 30 min 或 55℃,处理 15 min 时,均能达到 100%的致死率 ^[10]
线虫动物门	4 cm×8 cm×100 cm 的木卡板中心温度达到 56℃后,保持 30 min,能有效地杀灭木卡板中的各类线虫 ^[11]

疫木热处理过程中,木材温度对杀虫起着至关重要的作用。一般而言,大多数真菌生长的温度界限在 0~45℃,致死温度≥46℃。而昆虫和蛾类在 15℃以上环境即开始活动,在 38~45℃时呈夏眠状态,致死温度≥48℃。在大多数情况下,林木有害生物幼虫的抗热性都高于成虫和蛹。因此,ISPM 15 要求,处理材中心的最低温度应达到 56℃,且至少保持 30 min,以保证有效灭除各种真菌、昆虫和线虫。

除温度外,热处理除害效果还与木材热传导速率和木材尺寸有关^[6]。木材含水率也是影响木材内部温度变化的重要因素,含水率高的木材在热处理过程

中需要吸收更多的热量。

1.2.4 高频、微波加热处理

高频、微波等电磁波加热处理效果与高频电场的电压、频率和介质材料的损耗因子有关。由于微波和高频的电磁波在木材内的损耗因子明显低于有害生物,因而,在不影响木材性能的前提下,可科学合理的杀死木材内的害虫。

国外已采用高频、微波灭除木材中的白蚁、甲虫和木蛀幼虫,以及活立木中的天牛幼虫。如:用平行电极板频率为 13.56 MHz 的高频/真空(RF/V)干燥器,加热至材心温度达到 56℃以上,就能根除松材线虫。高频加热的速率与木材含水率有一定的关系,木材含水率过低时加热速度较慢^[12]。用频率为 2 450 MHz 微波设备,对规格为 100 mm×100 mm×25 mm 和 100 mm×100 mm×100 mm,含水率为 73.5%杨木生材进行处理,分别加热 30 s 和 3 min 后,试材中的光肩星天牛幼虫和蛹 100%死亡;对规格为 100 mm×100 mm×25 mm 的杨木窑干板材,处理 5 s 就可使幼虫死亡^[13]。但木材含水率越高,加热木材中的水分也需要更多能量,因此,为了确保木材中害虫的死亡率,所需的微波能量也应越多^[13]。

用电磁波检疫除害处理,我国还处于探索阶段,也仅限微波处理疫木,未见高频处理疫木的技术报道。木材的规格、含水率、在微波处理炉内的堆放,以及环境温度、微波功率,都是影响除害效果的因素。吾中良^[14]曾采用隧道式微波处理设备,处理松材线虫病疫木,排除了以上因素后,当被处理木材的表面温度>68℃,持续 30 min,就能有效地杀死松木中的松褐天牛和松材线虫。用微波处理木材时,只要保证木材中心或表面达到所需的温度,并保持一定时间,就能得到与热处理相同的快速检疫除害效果。该方法既节约能源又提高生产效率。

1.2.5 辐照处理

应用于辐照杀虫的主要为 γ 射线。生产实际中常用⁶⁰Co 作为射线源,可对大型集装箱进行不开箱检测。辐照剂量是辐照检疫处理技术的关键性因素,以最耐辐照的光肩星天牛 5 龄老熟幼虫为例,采用高能 X 射线辐照只需用 55~60 Gy,或 γ 射线 60 Gy 辐照,即可 100%阻止光肩星天牛幼虫化蛹^[15]。ISPM 18《辐射用作植物检疫措施的准则》中规定,为阻止某一虫态在包装材料中继续发育或繁殖,均可作为检疫除害处理的辐照剂量标准。因此,推荐 60 Gy 作为光肩星天牛幼虫检疫 γ 射线辐照处理的有效剂量,用

于木质包装材料的检疫除害处理。

2 问题分析与展望

木质包装检疫除害处理是国际贸易过程的关键环节,处理效果将直接影响贸易的成败。为此,世界各国对除害处理技术的开发及处理方法的改进非常重视,并取得了大量研究成果。对成熟的技术和处理方法,均制定了符合国际标准和适合于各国情况的国家标准,对规范木质包装除害处理起到了重要的作用。但由于木质包装材料的种类、处理环境及有害生物的种类等因素复杂多变,即使完全按现行的除害处理标准操作,有时也不能彻底灭除有害生物。同时,化学药剂熏蒸等,可造成环境污染或危害作业人员的健康,因此,木质包装检疫除害处理技术的进一步完善和新型处理技术的开发,是当前亟需开展的研究内容。

1) 针对溴甲烷熏蒸处理存在的破坏臭氧层,和硫酰氟熏蒸处理存在低温杀灭虫卵效果差等问题,应尽快开展新型无害熏蒸剂的开发研究。同时,通过改进和探索新的熏蒸处理工艺方式,如采用减压熏蒸、环流熏蒸和混合气体熏蒸等方法,以增强药剂气体的渗透力,提高检疫除害的处理效果。

2) 就环境友好性以及持久耐用性而言,化学加压浸渍处理优于熏蒸处理。但随着含砷防腐剂 CCA 逐渐被世界各国禁用,并且经浸渍处理的木材,需干燥后才能投入使用,处理成本高,因此仅限于特殊包装材料上使用,很难推广应用。

3) 热窑处理是目前热处理中最常用的方法,操作简单、安全,对环境影响较小。但由于热窑加热处理是靠外部加热木材,通过热传导将木材周围的空气或水蒸气热量传递到木材心部。因此,当处理尺寸较大、含水率较高的木材,加热时间过长,有时甚至达不到处理要求的温度。但可以利用空气的导热系数比水蒸气低的特点,通过提高木材周围空气的湿度,减少加热所需时间,对木材进行高温热处理,将寄生在木材内部的有害虫卵杀死。

4) 与常规热处理相比,高频、微波等电磁波加热具有处理均匀、时间短、变形小、杀虫效果好等优点,是值得深入研究的灭虫新手段。但由于高频或微波加热的均匀性与木材的密度、含水率、以及木材缺陷有关^[13],因此,还需进一步研究电磁波加热过程中温度分布的规律和特点,以达到彻底杀灭有害生物的目的。目前研制出的隧道式微波除害处理设备,在节省

(下转第 40 页)

2) 在较长一段时间内将以化学改性方法为主, 辅以物理和机械的方法, 进一步提高改性药剂的利用率和降低处理成本。

3) 随着人们需求的多样化, 多功能性也是木材改性发展的主要方向之一, 不仅是提高木材的材性, 而且要赋予木材防腐和阻燃等多种性能。

4) 随着对木材基本理化性能研究的逐步深入, 木材的导电及远红外放射性和吸收性, 逐渐成为木材改性新的发展方向。

5) 改性木模仿天然高档木, 提高装饰性和产品附加值, 也将成为木材改性主要的发展方向之一。

参考文献:

- [1] 陆文达. 木材改性工艺学[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1993.
- [2] Schneider M H, Witt A E. History of wood polymer composite commercialization[J]. Forest Products Journal, 2004, 54(4): 19-24.
- [3] 方桂珍, 李淑君, 金钟铃. 木材浸渍用低分子量低色度酚醛树脂[J]. 木材工业, 1997, 13(4): 14-16.
- [4] 吴玉章, 井宏昭, 片冈厚. 酚醛树脂对人工杉木木材的浸注性及

(上接第 36 页)

处理时间和减少劳动力投入的同时, 还解决了加热不均的问题。

利用高频进行加热处理, 从理论上还可以放宽被处理木材的厚度范围。但目前国内研制的高频设备中, 阴、阳两极板温差大的问题还有待解决。另外, 高频加热方法目前还没有国家标准和国际标准, 使高频加热检疫处理技术的应用受到限制。因此, 在进行高频加热检疫处理技术开发的同时, 还应积极制定相应的国家标准, 同时提交 IPPC 审议, 争取列入国际标准, 可对这项新型处理技术的普及应用, 起到重要的推动作用。

参考文献:

- [1] 伍艳梅, 黄荣凤, 吕建雄, 等. 世界贸易中木包装材料检疫处理研究进展[J]. 世界林业研究, 2008, 21(2): 26-31.
- [2] 贺水山, 徐瑛, 陈先峰, 等. 木质包装松材线虫溴甲烷熏蒸处理[J]. 植物保护学报, 2005, 32(3): 314-318.
- [3] 徐朝哲, 袁平, 王桂江, 等. 减压条件下溴甲烷对松材线虫熏蒸效果的研究[J]. 植物检疫, 2005, 19(5): 261-264.
- [4] 质检总局(2002)42号. 关于对输美木质包装停止使用硫酰氟熏蒸处理的通知[D]. 2002.
- [5] 王跃进, Lim Szeheo, 刘波, 等. 新型防腐剂处理木质包装防治松材线虫的初步研究[J]. 植物检疫, 2004, 18(5): 258-261.
- [6] Woodrow R J, Grace J K. Laboratory evaluation of high

其改善的研究[J]. 林业科学, 2003, 9(6): 36-140.

- [5] 林海, 刘君良, 王岩, 等. PF 预聚物改性杨木的研究[J]. 林业科技, 2006, 31(4): 41-42.
- [6] 陈瑞英, 邓邵平. 福建杉木间伐材改性做地板木[J]. 东北林业大学学报, 2000, 28(4): 44-46.
- [7] 朱家琪. 木材乙酰化的研究及进展[J]. 林业科学, 1994, 30(3): 272-278.
- [8] 龙超, 郝丙业, 刘文斌, 等. 热处理木材的工艺及应用[J]. 木材工业, 2007, 21(6): 44-46.
- [9] 井上雅文. 压缩木研究现状与今后展望[J]. 人造板通讯, 2002(9): 3-5.
- [10] 李丹丹. 实木压缩弯曲技术及其在家具中的应用[J]. 林业科技, 2004, 29(3): 51-52.
- [11] 彭万喜, 李凯夫, 范智才, 等. 木材染色工艺研究的现状与发展[J]. 木材工业, 2005, 19(6): 1-7.
- [12] 彭万喜, 朱同林, 李凯夫, 等. 木材漂白的研究现状与趋势[J]. 世界林业研究, 2005, 18(1): 43-48.
- [13] 王喜明, 薛振华, 石丽慧. 微波改性木材的初步研究[J]. 木材工业, 2002, 16(6): 16-19.
- [14] 何江, 吴书泓. 木材的液化及其在高分子材料中的应用[J]. 木材工业, 2002, 6(3): 9-11.

(责任编辑 向琴)

temperatures to control *Cryptotermes brevis* (Isoptera: Kalotermitidae) [J]. Journal of Economic Entomology, 1998, 91(4): 905-909.

- [7] Mark A N, Jeffrey J M. Effect of elevated temperatures on survival of Basidiomycetes that colonize untreated Douglas-fir poles[J]. Forest Products Journal, 1991, 41(6): 31-33, 35.
- [8] Ebeling W. Thermal pest eradication[J]. Pest Control, 1997, 65(2): 58.
- [9] 王跃进, 詹国平, 王新, 等. 黄斑星天牛热空气处理技术研究初报[J]. 植物检疫, 2003, 17(6): 326-329.
- [10] Lisa Mushrow, Andrew Morriso, Jon Sweeney, et al. Heat as a phytosanitary treatment for the brown spruce longhorn beetle [J]. Forestry Chronicle, 2004, 80(2): 224-228.
- [11] 李一农, 李芳荣, 郑文华, 等. 国外木包装热处理除害失效原因分析[J]. 植物检疫, 2005(5): 283-286.
- [12] Dwinell L D, Avramidis S, Clark J E. Evaluation of a radio-frequency/vacuum dryer for eradicating the pinewood nematode in green sawn wood[J]. Forest Products Journal, 1994, 44(4): 19-24.
- [13] Mary R F, Kelli H, John J J, et al. Microwave irradiation of wood packing material to destroy the Asian longhorned beetle [J]. Forest Products Journal, 2003, 53(1): 46-52.
- [14] 吾中良, 严晓素, 夏小华, 等. 微波处理松材线虫病疫木技术研究[J]. 中国森林病虫, 2006, 25(5): 8-11.
- [15] 王跃进, 王新, 詹国平, 等. 辐照对光肩星天牛幼虫发育的影响[J]. 核农学报, 2006, 20(6): 527-530.

(责任编辑 鲍加芬)