

研究与开发

木材加速腐朽试验方法的研究

杨忠¹, 江泽慧^{1,2}, 任海青¹, 覃道春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. 国际竹藤网络中心, 北京 100102)

摘要: 采用纸板和聚乙烯袋作培养箱, 将土壤、试样和腐朽菌均放入聚乙烯袋内进行腐朽试验。SAS分析结果表明, 菌种和腐朽时间对木材失重率和力学强度变化的影响显著(0.05水平); 而且, 腐朽木材失重率与力学强度损失率之间的相关性也非常显著, 说明本研究中设计的木材加速腐朽试验方法具有可行性。

关键词: 木材腐朽; 加速腐朽试验; 失重率; 强度损失; SAS

中图分类号: S782.33 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2007)04-0012-03

An Accelerated Laboratory Test Method to Assess Wood Decay

YANG Zhong¹, JIANG Ze-hui^{1,2}, REN Hai-qing¹, QIN Dao-chun²

(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. International Center for Bamboo and Rattan, Beijing 100102, China)

Abstract: A carton with a polyethylene bag lining was used as a culture vessel for sweet gum veneer feeder strips. Soil, water, feeder strips, and specimens were sterilized and added to the culture bag for a decay test. Variance of analysis results by Statistical Analysis System(SAS) showed that the effect of fungi species and exposure periods on the weight loss and strength loss of wood decay was significant(at 0.05 level), and the relationship between weight loss and strength loss due to biological decay were also very significant. The results suggested that the experimental method designed by the authors was a feasible way to assess wood decay.

Key words: wood decay; accelerated test; weight loss; strength loss; Statistical Analysis System (SAS)

木材作为一种天然的生物质材料, 容易受到各种微生物的侵袭, 导致木材结构的破坏, 即使在腐朽早期, 也会使木材力学强度产生急剧降低。Winandy和Curling等^[1-4]研究表明, 生物腐朽木材的化学组成变化与力学强度损失和失重率密切相关, 而且, 腐朽木材的力学强度损失率明显大于木材质量的损失率。在美国, 每年由于真菌腐朽败坏木材造成的损失, 估计超过52亿美元^[5]。

目前, GB/T 13942.1-92《木材天然耐久性试验方法—木材天然耐腐性实验室试验方法》和美国标准ASTM D2017-94^[6], 一般是通过对木材的失重率等物理指标进行评估, 然而, 即使在木材腐朽还没有发生明显的重量损失时, 木材的力学强度已产生大幅度降低。前期的研究结果^[1-2,7]和实践表明, 在木材的腐朽过程中, 木材性质的变化首先较显著地反映在强度的降低, 然后才是木材质量和密度的降低。因此, 在实践中一般依据强度而不是失重率来评估木材受损的程度^[1]。由于现有标准中所采用的试样尺寸小, 且不适合于力学强度的测试。因此, 寻找适宜的检测和评价木材腐朽程度的方法具有重要意义。笔者在总结国内外研究的基础上, 设计出一套简易且低成本的

收稿日期: 2006-7-19; 修改稿: 2007-06-22

基金项目: 引进国际先进农业科技技术“948计划”(2003-4-27); 中国林科院重点预研课题专项补助项目(2005-M-01)。

作者简介: 杨忠(1976—), 男, 中国林科院木材工业研究所助理研究员, 博士。

通讯作者: 江泽慧, 女, 中国林科院首席科学家, 博士生导师。

实验室内木材力学试样加速腐朽的试验方法,旨在为木材的及时保护和合理利用提供依据。

1 材料与方法

1.1 木材试样

试材为人工林湿地松(*Pinus elliottii* Engelm)木材,采自江西省吉安市,选取样木 6 株,解锯后加工成 40 mm(R)×40 mm(T)×580 mm(L)毛坯木板,进行气干。参考国外的相关研究及 GB/T 15780-1995《竹材物理力学性质试验方法》中力学试样的取样方法,将试样加工成尺寸为 10 mm(R)×10 mm(T)×160 mm(L)木条,试样均取自边材。

1.2 培养箱

由于试样的尺寸较长,无法按照现有标准的要求选用玻璃瓶作为腐朽试验的容器,因此,试验采用 380 mm(长)×250 mm(宽)×200 mm(高)的纸板箱作培养箱,用聚乙烯袋作为纸板箱的内衬层,土壤、试样和腐朽菌均置入聚乙烯袋内进行腐朽试验。

1.3 土壤与试菌

土壤采用含有黏土、沙及有机物质的肥土,参照 ASTM D2017-94 的要求,测得土壤持水量(WHC)为 23%。饲木为 360 mm×50 mm×3 mm 的枫香(*Liquidambar styraciflua*)木板。

试验用褐腐菌(*Gloeophyllum trabeum*)和白腐菌(*Trametes versicolor*),均由美国农业部林务局南方实验站提供。同时,考虑到湿热条件下木材可能发生水解及老化,并备有相同数量未接种的对照试样。

1.4 试验结果评估

1) 失重率 接种前将所有试样置于 70 °C 烘箱中烘干 48~72 h 至恒重,称取质量 W_0 ;高温高压灭菌、接种并放入恒温恒湿室,在受菌侵染 2、4、6、8、10、12 周后,分别取出试样并轻轻刮去试样表面菌丝和杂质,在 70 °C 烘箱中烘干至恒重,称取质量 W_1 。计算试样腐朽后的木材失重率 W_L :

$$W_L/\% = (W_0 - W_1)/W_0 \times 100$$

2) 力学强度 将测定失重率后的试样放入温度 22 °C、相对湿度 65% 的恒温恒湿箱中调节平衡含水率至 12%,然后参照 ASTM D143-94《洁净木材小样品试验》,检测试样的最大工作荷载、MOE 和 MOR。

2 结果与讨论

2.1 加速腐朽的试验设计

为了对腐朽木材性质之间的相关性进行研究,需

要在模拟木材腐朽的条件下,对木材的腐朽时间和腐朽程度进行控制。Curling 和 Winandy 等^[2,4]采用在沙盘接种腐朽的方法,对美国南方松木材力学试样,进行了实验室内的加速腐朽试验(如图 1 所示),结果表明,采用沙盘接种腐朽的方法对于研究腐朽木材失重率、力学强度与化学组成之间的相关关系是可行的。然而,在实际操作中发现,虽然该方法用土壤覆盖试样对水分保持具有一定作用,但同时也将土壤中的矿物质等成分引入到木材中;还需有较好的恒温恒湿条件,而且暴露于空气中的试样很容易被霉菌感染,从而影响到试验的结果。



图 1 木材试样的腐朽试验方法

Fig. 1 Method of wood decay test

为此,笔者设计了一套实验室内加速腐朽试验的方法(图 2)。采用纸板箱作培养箱,将聚乙烯袋展开在纸板箱中作内衬层,土壤、试样和腐朽菌均放入聚乙烯袋中进行腐朽试验。接种前将土壤、水、饲木和试样放入压力 0.12 MPa、温度 121 °C 的高压灭菌罐中,进行 30 min 的灭菌。聚乙烯袋已在 70 °C 干燥箱中,进行 72 h 以上的灭菌处理。

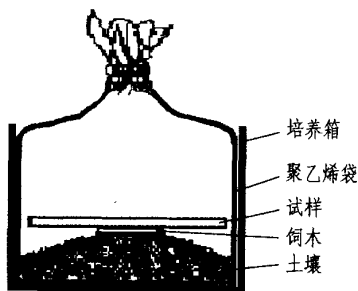


图 2 培养箱示意图

Fig. 2 Fungal exposure method

接种时,在无菌工作台上,依次将土壤、水、饲木、试样等装入袋内。参考 Curling 等^[4]的方法,将土壤沿着培养箱纵向堆成山脊状,然后,放上饲木、试样,并在饲木上接种,接种方法如图 3 所示。接种后将袋口用消毒纱布包扎紧,然后,放入温度为(26.7±1.1)°C,相对湿度(70±4)%的恒温恒湿室中开始受菌侵染。

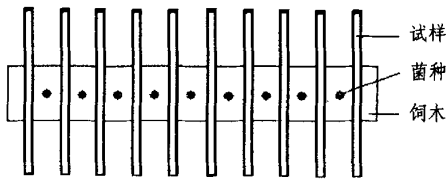


图3 接种示意图
Fig.3 Fungal inoculation on feeder

腐朽时间从接种后开始计时,每隔2周,分别在第2、4、6、8、10、12周,取1次试样,共取样6次。因此,3个接种条件,6个腐朽时间,10个重复试样,总共180个试样。

2.2 显著性分析

本研究考察了腐朽对木材失重率、最大工作荷载、MOE和MOR等指标的影响,并采用Statistical analysis system(SAS)软件对影响木材腐朽因子的显著性进行分析。在影响因子中,接种条件包括褐腐菌、白腐菌和未接种的对照试样3个水平。对照试样虽然没有发生生物降解,但在湿热条件下可能发生水解及老化等反应,对力学强度也存在着影响。因此,对照试样的处理条件和样本数与其他2个水平均相同。表1是采用2种菌种和不同腐朽处理时间,木材失重率和力学强度影响的显著性分析结果。

表1 影响因子的显著性分析
Tab.1 Summary of analysis of variances by SAS

因子	自由度	失重率/%		最大工作荷载/N		MOR /MPa		MOE/GPa	
		F	显著性	F	显著性	F	显著性	F	显著性
菌种(a)	2	73.95	**	68.01	**	47.57	**	19.48	**
腐朽时间(b)	5	15.53	**	8.88	**	7.12	**	5.13	**
a×b	10	9.64	**	1.27	—	0.83	—	0.67	—
误差	162								

从表1可看出,不同的菌种与腐朽处理时间对木材失重率、最大工作荷载、MOE和MOR的影响均在0.05水平显著;菌种与腐朽时间的交互作用对木材腐朽的质量损失影响在0.05水平显著,而对木材力学强度的影响不显著(0.05水平)。表明菌种处理和腐朽时间都对木材物理和力学性质产生了显著影响,与Curling等^[1-2,4]的研究结果一致。而且,根据试验观察可知,接种后腐朽菌能均匀的生长在木材试样上,通过比较发现,随着腐朽时间的增加,木材腐朽特征也呈规律性变化。

2.3 加速腐朽对失重率与力学强度的影响

表2是木材在经2种菌种处理后,木材失重率与

力学强度随着腐朽时间的不同而变化的结果。从表2中可以看出,随着腐朽时间的增加,木材的降解程度也在增加,即木材的失重率增加;同时,木材的力学性质也相应地降低。本试验中,未接种的对照试样随着处理时间的增加,木材的重量和力学强度均有所降低,但变化不显著,主要是由于长时间湿热条件下,木材发生水解及老化等反应引起。

表2 加速腐朽对木材失重率与力学强度的影响
Tab.2 Effect of biological decay on wood weight loss and mechanical strength

菌种	性质	腐朽时间/周					
		2	4	6	8	10	12
褐腐 (n=60)	失重率/%	0.32	2.17	5.13	8.17	10.96	13.62
	最大荷载/N	518.07	440.99	393.83	397.02	353.33	309.25
	MOR/MPa	110.45	95.08	87.16	86.88	78.51	72.48
	MOE/GPa	13.28	12.92	11.61	11.53	9.91	9.47
白腐 (n=60)	失重率/%	1.06	1.19	2.27	1.84	2.19	2.25
	最大荷载/N	569.02	569.61	554.04	542.73	499.51	487.84
	MOR/MPa	120.18	119.52	117.85	115.23	105.51	101.22
	MOE/GPa	13.90	14.17	14.33	13.61	12.64	11.84

本试验白腐菌与褐腐菌对人工林湿地松木材腐朽的影响均在0.05水平显著,其中,褐腐菌处理比白腐菌处理对湿地松材的失重率和力学强度影响更大,这与Winandy和Curling等^[1,4]的研究结果一致。从表2还可以看出,随着腐朽程度的增加(以失重率作为参考),对应的木材力学强度也呈相应降低。

3 结论

本研究设计的一套简易且低成本的实验室内木材加速腐朽的试验方法,不仅实现了力学试件木条试样的均匀腐朽,而且,还有效地避免了腐朽试验过程中的霉菌感染。

SAS分析结果表明,菌种和腐朽时间对木材失重率和力学强度变化的影响显著(0.05水平);随着腐朽时间的增加,木材失重率增加而木材力学强度相应降低,而且,随着木材失重率的增加木材力学强度呈规律性地降低,说明设计的木材加速腐朽试验方法是可行性的,可以在试验室内,进行生物腐朽对木材物理力学与化学性质影响的研究,从而为应用力学强度检测木材腐朽与评估木材腐朽程度等研究提供新方法,也可为制定相应的试验标准提供参考。

致谢:本研究的主要工作在美国农业部林业局南方实验站进行,得到了许忠先生和课题组成员的帮助,在此表示衷心感谢。

(下转第20页)

由图 2 和图 3 可知:喷嘴气压为 0.2 MPa 时 OSB 的性能最差,而喷嘴气压为 0.5 MPa 时,板材的 IB、MOE_∥、MOR_∥ 均较高,但对板材的 MOE_⊥、MOR_⊥ 影响不明显。从图 2、3 中还可看出喷嘴气压的变化对板材的 IB、MOE_∥、MOR_∥ 影响较为显著,在设定的喷嘴气压范围内,IB 增加了 55.6%;MOE_∥ 提高了 28.6%;MOR_∥ 增加了 60.7%。

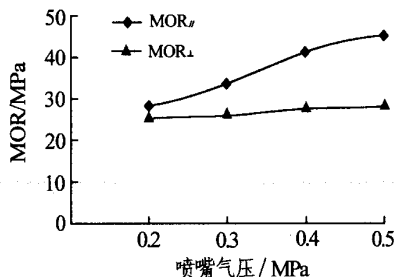


图 3 喷嘴气压变化与 OSB 的 MOR 的关系

Fig. 3 Relation between spray nozzle pressure and MOR of OSB

出现这种现象的原因可能是:刨花的自身强度在板材的物理力学性能中起一定作用,因此, MOR 和 MOE 不仅取决于胶合质量,而且与刨花本身的强度也有关系。在 OSB 的定向方向,刨花本身的顺纤维抗拉(压)强度大于刨花之间的胶合(剪切)强度,试件断裂多为胶层剪切破坏引起,所以施胶质量对 MOR_∥ 和 MOE_∥ 必然有显著影响。在垂直定向方向,刨花本身横向抗拉(压)强度小于刨花之间的胶合(剪切)强度,试件断裂多为刨花本身破坏引起。因此 MOR_⊥ 和 MOE_⊥ 受施胶质量影响较小^[2]。

另外,当喷嘴气压过小时,胶液未得到充分雾化,以大直径胶滴形式分布于刨花表面,大部分刨花表面未被胶黏剂均匀覆盖,胶点“点焊”效果差,导致板材的物理力学性能降低。而喷嘴的气压增大,胶液通过喷嘴被雾化成直径很小,且数量很多的胶滴,能均匀地分布在刨花表面,使单位质量胶液的覆盖面积增大。着胶刨花多,拌胶均匀,刨花与刨花之间的胶合效果好,提高了板材的物理力学性能。

3 结论

通过改变滚筒式拌胶机气流式喷嘴的气压值,得到不同直径和数量的胶滴,即不同雾化程度的胶液。刨花表面上胶滴的平均直径和数量对 OSB 的 IB、MOE_∥、MOR_∥ 均有显著影响。在本试验设定的喷嘴气压范围内,IB 增加了 55.6%,MOE_∥ 增加了 28.6%,MOR_∥ 增加了 60.7%;但对 MOE_⊥、MOR_⊥ 影响不明显。

参考文献:

- [1] 华毓坤. 国外结构人造板研究现状与发展趋势[J]. 木材工业, 2004, 18(5): 1-4.
- [2] 殷苏州. 胶液在刨花表面上的分布及其对定向刨花板性能的影响[J]. 南京林业大学学报, 1992, 16(4): 64-67.
- [3] 林铭, 谢拥群, 曾钦志, 等. 定向刨花板拌胶机的现状与技术改进[J]. 林业机械与木工设备, 2004(7): 10-12.
- [4] 魏起华, 谢拥群, 林铭, 等. 新型定向结构板拌胶机的发展[J]. 林业机械与木工设备, 2005(8): 4-6.
- [5] 谢敏芳, 谢拥群, 林铭, 等. 新型定向结构刨花板拌胶机的系统分析[J]. 林业机械与木工设备, 2005(9): 17-20.
- [6] 林铭. 新型定向结构板拌胶机的研制[D]. 福州: 福建农林大学硕士论文, 2005.

(责任编辑 鲍加芬)

(上接第 14 页)

参考文献:

- [1] Winandy J E, Morrell J J. Relationship between incipient decay, strength, and chemical composition of Douglas-fir heartwood[J]. Wood and Fiber Science, 1993, 25(3): 278-288.
- [2] Curling S F, Clausen C A, Winandy J E. Relationships between mechanical properties, weight loss, and chemical compositions of wood during incipient brown-rot decay [J]. Forest Products Journal, 2002, 52(7/8): 34-39.
- [3] 杨忠. 近红外光谱预测人工林湿地松木材性质与腐朽特性的研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2005.
- [4] Curling S F, Winandy J E, Clausen C A. An experimental method to simulate incipient decay of wood basidiomycete fungi[C]. The International Research Group on Wood Preservation. Section 2,

Test Methodology and Assessment; 31st annual meeting, Kona, Hawaii, USA, Sweden, Stockholm, IRG Secretariat, May 14-19, 2000.

- [5] Lee H L, Chen G C, Rowell R M. Fungal decay resistance of wood reacted with phosphorus pentoxide-amine system [J]. Holzforschung, 2004(58): 311-315.
- [6] American Society for Testing and Materials (ASTM). Standard method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods[S]. 1981, ASTM D 2017-81 (Re-approved 1994).
- [7] Wilcox W W. Review of literature on the effects of early stages of decay on wood strength[J]. Wood and Fiber, 1978, 9(4): 252-257.

(责任编辑 鲍加芬)