

竹材霉变生物学的研究*

Ⅲ. 环境条件对毛竹材霉变的影响**

俞月霞 吴开云

(中国林业科学研究院亚热带林业研究所)

摘要 用自然接种后套皿异温异湿培养法和人工接种毛竹材致霉菌混合液后同温异湿培养法,对4~5度的毛竹冬竹材和秋竹材进行霉变测定,结果表明:在温热条件下(26~32℃),毛竹材在饱和湿度时霉变最严重,霉变程度与湿度成正相关。用分月暴露后套皿保湿法对毛竹4度(8年生)冬竹材进行霉变测定,结果表明:全年12个月中,七月、二月和一月暴露的毛竹块材,霉变程度极显著地低于其他9个月份,分析系因该三月气温气湿不利于致霉菌在毛竹材上定殖繁育之故。提出两种用于竹材抗霉性快速测定及防霉处理效果评估的实验室方法和供目前生产上暂用的竹材霉变程度分级标准,并根据研究结果,提出了适于生产上采用的几点竹材防霉建议。

关键词 毛竹材;环境条件;致霉菌

适宜的环境条件是竹材霉变的重要因子之一,以往国内外资料未见有关的实验报道^[1,3]。笔者在对毛竹材致霉菌和不同竹林基质抗霉性实验研究^[2,3]的同时,进行了不同温湿度、竹材剖开暴露于空气中的时节和贮藏位置对毛竹材霉变影响的实验研究,结果如下。

1 材料和方法

1.1 材料

1.1.1 温湿度对毛竹材霉变的影响 ①1987年1月于浙江省安吉县灵峰寺林场灵峰分场随机抽伐同一林分中1980年出笋(4度)的毛竹12株,自杆中点起向上下各取2m,称为中段,备用。②冬竹材为1989年1月于本所毛竹林随机抽伐的1980年出笋(5度)毛竹2株的中段;秋竹材为1988年9月于本所毛竹林随机抽伐之1982年出笋(7年生)毛竹4株的中段。

1.1.2 毛竹材分月暴露 同1.1.1节①中的毛竹材中段。

1.1.3 6种毛竹材致霉菌的菌丝生长及孢子产生温度范围初测 将下列菌种在毛竹杆煎汁琼脂培养基(毛竹主干的碎片200g,琼脂20g,自来水1000ml)上分离纯化,再于同种培养基上置25℃下培养8天。菌种如下:黄曲霉 *Aspergillus flavus* Link, 绳状青霉 *Penicillium funiculosum* Thom, 桔青霉 *P. citrinum* Thom, 新月弯孢霉 *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn state of *Cochliobolus lunatus* Nelson & Haasis, 半裸镰孢霉 *Fusarium pallido-*

本文于1990年4月20日收到。

*本文为加拿大国际发展研究中心(IDRC)资助项目“竹子·中国”第二期第三项内容的部分研究成果。

**毛竹采样得到本所马乃训副研究员、所苗圃叶相银和试验林场杨之经同志的协助;计算机室协助计算;森保室杨婉琴同志参加部分工作;英文摘要承英联邦农业局国际真菌学研究所生物劣化分部主任D. Allsopp博士修改,特此致谢。

roseum (Cooke) Sacc., 串珠镰孢霉胶孢变种 *F. moniliforme* J. Sheldon var. *subglutinans* Wollenw. & Reinking.

1.2 方法

1.2.1 温湿度对毛竹材霉变的影响

1.2.1.1 冬竹材异温异湿培养 锯开冬竹中段成 33 cm 长小段, 每段再纵剖成 4 片, 随机取出 24 片, 分成 8 组, 每组 3 片, 用 75 % 酒精表面消毒后, 置实验室清洁方盘内晾干, 放入特制的清洁塑料袋内, 扎口后置冰箱保存。于 1987 年 3 ~ 9 月每月初取出 1 组在竹棚暴露, 月底取回仍按上法在冰箱保存; 第 8 组全期暴露后, 于每片竹片中央锯取 2 cm × 3 cm (竹丝方向) 的竹块 4 块 (下称“小竹块”), 用 75 % 酒精表面消毒, 按 4 种处理、8 个区组, 3 块/小区置灭菌套皿中。100 % 湿度组用套皿内注入灭菌水保持湿度, 75 % 湿度组套皿不注水, 用调温调湿箱保持湿度, 分别在 29 °C 下 100 %、29 °C 下 75 %、26 °C 下 100 % 和 26 °C 下 75 % 4 种温湿度下培养, 4 周后记载每一竹块横断面、纵切面和内腔面的霉菌覆盖率^[2], 进行方差分析、4 种温湿度间的差异显著性 Student *q* 检验和多重比较。

1.2.1.2 冬、秋竹材同温异湿培养 ①自然接种后人工保湿法: 1989 年 6 月梅雨期内, 从 6 株毛竹各株中段, 锯取小竹块 4 块, 置搪瓷方盘中, 放竹棚内地面暴露 8 天后套皿, 同上法调节湿度, 在 30 ~ 32 °C 下的 100 %、90 %、80 % 和 70 % 湿度下培养。②人工接种法: 1989 年 7 月初从 1.2.1.2 节中 ①所用的 6 株毛竹中段锯取另一批小竹块, 6 块一组, 用 15 种毛竹材致霉菌的混合液接种^[3]后, 分置 4 个无菌套皿内, 同 ①处理培养。

4 周后, 按 1.2.1.1 节的方法记载统计竹块内腔面和纵切面的霉菌覆盖率。

1.2.2 毛竹冬竹材分月暴露 1987 年 3 月起将 1.2.1.1 节中 4 度冬竹中段纵剖开的剩余竹片, 按竹株编号, 同法置冰箱保存。自该月起每月初从冰箱取出分属 6 个竹株的竹片各一块, 内腔面向上, 置竹棚内木架上的曲盘内, 暴露一个月后用 75 % 酒精表面消毒, 实验室晾干, 重入特制的清洁塑料袋内再进冰箱继续保存, 直至次年三月初周年分月暴露完毕。测定时从分月暴露过的每一竹片中央锯取 1 块小竹块, 按单块小区、6 次重复, 分置 12 个底部注有无菌水的灭菌套皿中, 在 25 °C 下培养, 4 周后同上法记载统计。

1.2.3 6 种毛竹材致霉菌的菌丝生长和孢子产生温度范围初测 无菌操作, 将 6 种致霉菌的新鲜纯菌体用移植针点接于 6 cm 培养皿内的竹杆煎汁琼脂培养基中央, 每菌 6 皿, 分置 0、5、15、25、35、45 °C 下培养。在第 3、8 和 16 天分别量测菌落直径并记载孢子出现情况, 绘制各菌在不同温度下的生长曲线。

1.2.4 竹棚内温湿度记载 1989 年梅雨期与炎夏高温期, 在竹棚内砖地上和木架上离地约 1.3 m 处各放置 1 台自动温湿度周记仪, 监测记录每天 24 h 的气温气湿。取每天凌晨 2 时与下午 14 时的气温气湿值绘制两个时刻棚内地面和离地 1.3 m 高处气温气湿的点线对比图。

2 结果

2.1 不同温湿度对毛竹材霉变的影响

表 1 列出了 4 种温湿度下毛竹材各剖面的霉变情况。经竹棚贮存一个月的毛竹块材, 在温热 (26 ~ 29 °C)、湿度饱和的环境中 4 周, 各剖面均布满霉菌, 失去利用价值; 但如置 75 % 湿度下, 则几乎不发霉, 差异极其显著。虽然在同一湿度下霉变程度一般以温度高的一组为

表 1 4 种温湿度下毛竹冬竹材各剖面的霉变比较

温 湿 度	霉菌覆盖率 (%)			
	横切面	纵切面	内腔面	
100 %	29 °C	88 a	86 c	93
	26 °C	91 a	72 c	60
75 %	29 °C	7 b	11 d	0 e
	26 °C	0 b	0 d	0 e

注：表中同一栏内具有相同英文字母的示霉变程度无显著差异，字母不同则表示处理间有极显著差异 ($p < 0.01$)。

重，但两组间差异一般不显著。说明在以上温度范围内，温度和湿度两因子中，湿度对霉变的影响更大。

表 2 表明，毛竹块材在 30~32°C 下 4 周，其霉变程度与空气湿度呈正相关。毛竹材在 100% 的饱和湿度下，霉变程度极显著地高于在 70% 和 80% 湿度下；但 100% 与 90% 湿度下的霉变程度间，除自然暴露后人工保湿的内腔面差异极显著外，差异一般不显著。

表 2 30~32°C 4 种湿度下毛竹材两剖面的霉变比较

湿 度	霉菌覆盖率 (%)			
	自然暴露后人工保湿		人工接种致霉菌混合液	
	纵切面	内腔面	纵切面	内腔面
100%	48 a	40	40 f	24 h
90%	38 a b	23 d	28 f g	15 h i
80%	27 b c	14 d e	14 g	10 i
70%	24 c	11 e	18 g	8 i

注：表中字母意义见表 1。

2.2 不同月份暴露的毛竹冬竹材内腔面的霉菌覆盖率

6 种致霉菌的菌丝生长和孢子产生温度范围以及梅雨和炎夏高温期竹棚内地面和离地 1.3m 处的温湿度分别列于表 3、图 1 和图 2。

表 3 不同月份暴露的毛竹冬竹材的霉变比较

暴露月份	10月	5月	3月	8月	6月	11月	9月	4月	12月	1月	2月	7月	$F/F_{0.01}$
霉菌覆盖率 (%)	58	45	43	40	40	38	38	35	34	25	17	15	3.19**/2.59

注：表中同一横线所及数据与其他数据有显著差异，横线所及数据间无显著差异。○——示 $p < 0.01$ ，
-----示 $p < 0.05$ 。

表 3 表明，在一年中最冷的 1 月、2 月和最热的 7 月份暴露的冬竹块材霉变最轻。特别是 7 月份，在 0.01 水平上与除 2 月份之外的其他月份有显著差异。据测定，图 1 中的 6 种毛竹材致霉菌在 0 °C 与 45 °C 均不能生长繁殖，在 5 °C 下经 16 天仍不能产生孢子。杭州市 1951~1980 年共 30 年的月均温记录表明，1 月和 2 月的月均温接近 5 °C。可以认为，低气温下致霉

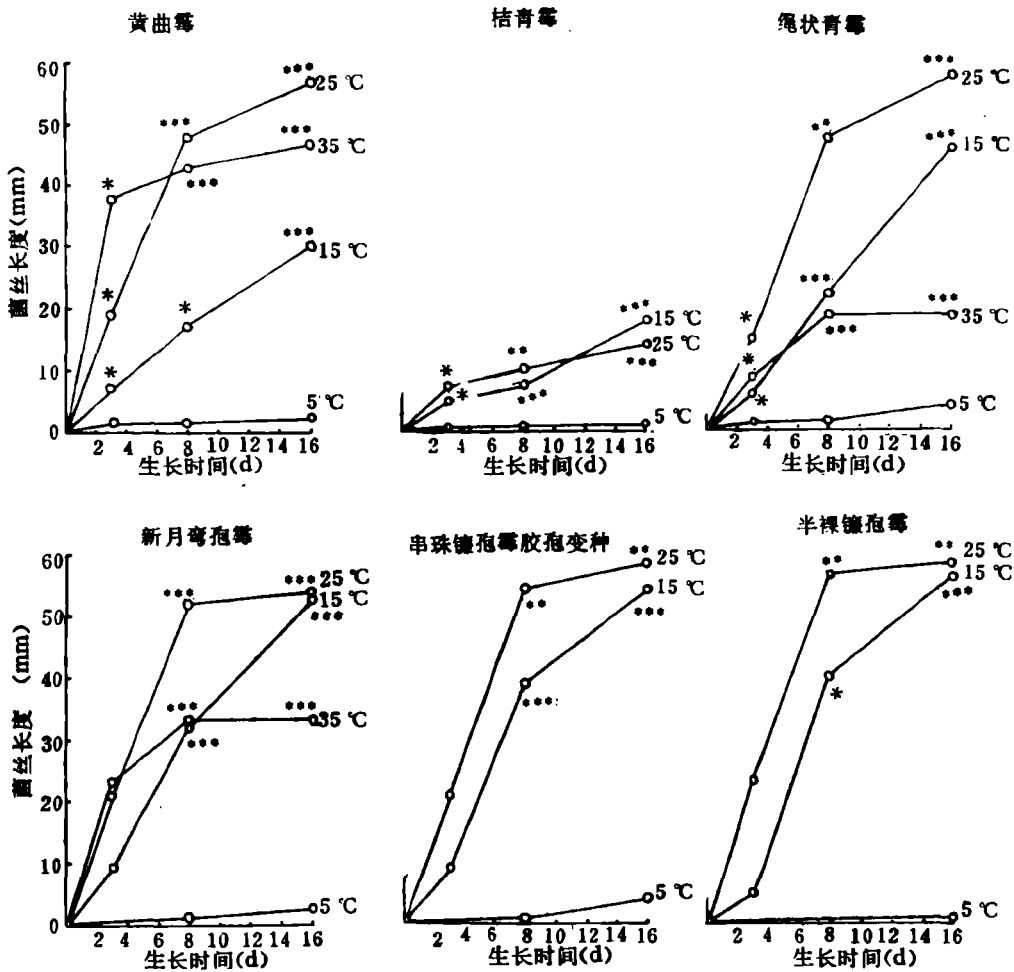


图1 6种致霉菌的生长曲线(1987年11~12月测定)

*开始产生孢子 **孢子量增加 ***产生大量孢子

菌接种体少、菌丝生长缓慢是1月份和2月份暴露的毛竹材霉菌覆盖率低的主要原因。亦据图1,该6种菌在35℃以上有3种不能生长,2种生长缓慢,加之高温干热导致竹材表面迅速失水干燥,抑制了霉菌孢子在竹材表面的萌发与定殖,是炎夏高温季节(图2中1989年为7月10日至8月7日)暴露的毛竹材霉菌覆盖率低的原因。6种致霉菌中的大多数在15~25℃间生长繁殖最好,其中的青霉和曲霉在第3天即开始产生孢子。接种体多,气温气湿适宜,是其他月份暴露的竹材霉菌覆盖率高的原因。

1989年的梅雨期始于6月15日,终于7月10日,之后即进入炎夏高温期。图2表明,竹棚内离地面1.3m处(以下简称中层)的温湿度变幅明显大于地面处。在梅雨期两者还比较接近(湿度:中层83%~100%,地面83%~100%;温度:中层20~29℃,地面21~26℃),均有利于霉菌繁殖和生长;竹材在该两处仅暴露3天即出现霉点,其后的两周内霉变发展迅速。但在炎夏高温季节,晴天白昼14:00时竹棚中层湿度常在34%~65%左右,比地面湿度(55%~75%)低约15~20个百分点,温度高达30~39℃,比地面温度(23~36℃)高约3~7℃,霉变停止发展,而置地面处的竹材继续生霉。

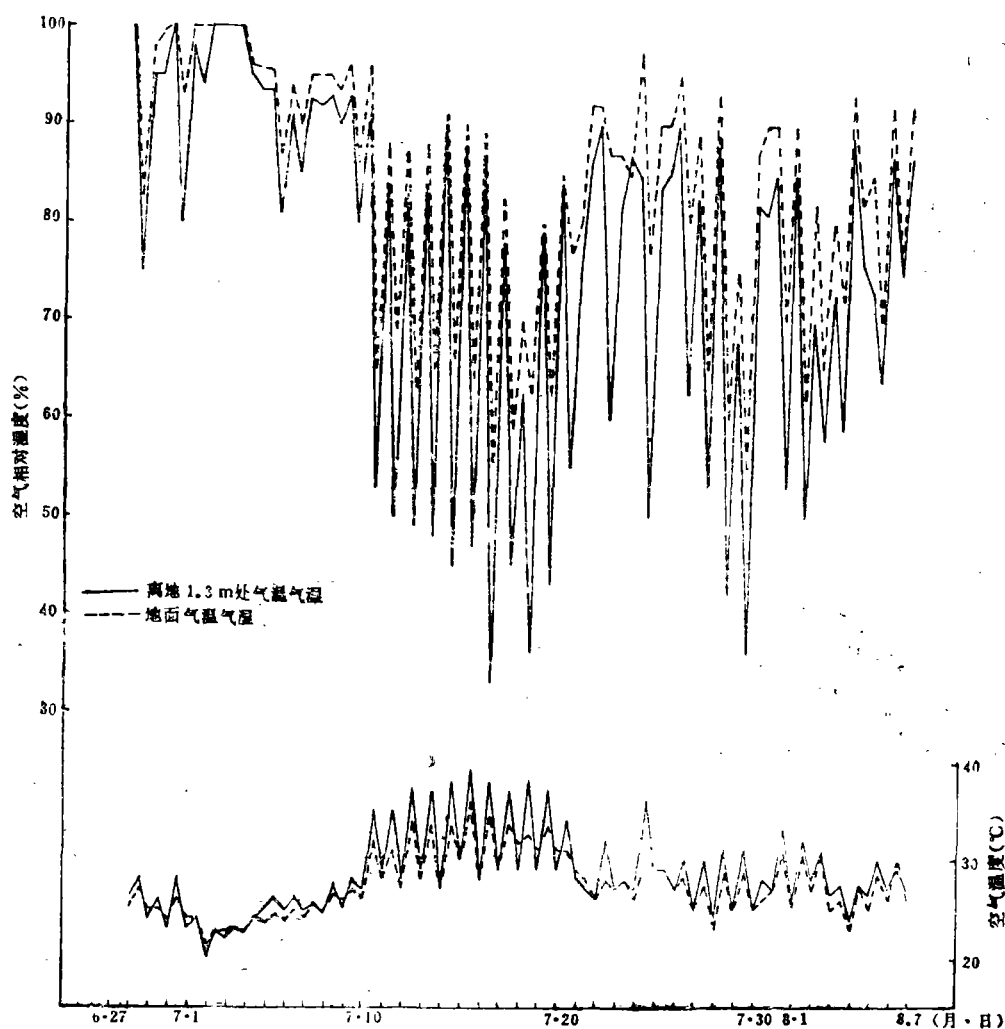


图2 梅雨、炎夏高温期竹棚内地面与1.3 m高处的气温气湿(1989年, 浙江富阳)

3 讨论与建议

3.1 竹材贮存处的温湿度对已剖开的毛竹材的霉变影响重大

在我国亚热带地区一年中的大部分时间, 因温度已满足大部分毛竹材致霉菌的要求, 湿度对毛竹材霉变的影响显得更为突出。温热条件下(26~32 °C)的饱和湿度最利于竹材霉变, 其次为90 %湿度; 而在70 %湿度下, 存放4周的毛竹材, 其内腔面霉菌覆盖率仅为10 %左右。已剖开的毛竹材在空气中暴露的时期和放置位置不同所表现的霉变程度的差别, 实质上是气温气湿在不同时间、地的差别作用于毛竹材和毛竹材致霉菌及其相互关系所致。调查中发现密集大堆着地存放的竹材导致堆内高温高湿, 霉菌与次生腐生菌大量滋生, 竹材迅速劣化。故建议贮存竹半加工材和竹制品的仓库应建于干燥处, 不用泥地为底; 结构设计上应异于高墙窄窗的一般仓库, 应采用类似傣族竹楼的高架离地通风结构。有条件处为适应天气变化, 可考虑采用多扇大窗户, 并在库内对半加工材与成品均行交叉堆放, 以创造最好的空气流通

条件,最大限度地降低贮藏物及空气的湿度。

霉菌首先在竹材的伤剖面定殖滋生,顺序一般为横断面→纵切面→内腔面→外皮。原竹耐贮藏,半加工材应尽量随割随用,并以内腔面向下在架上存放,尤其要避免在梅雨季节前大量入库未经有效防霉处理的半加工材与成品。竹材如因工艺需要,在加工前采用短期流水预存时,自水中取出后应避免放置于高湿处。竹材加工和竹编竹器厂可在生产季节上进行调整,避开高湿季节。

3.2 关于测定方法

国内外尚无用于竹材本身抗霉性和防霉处理效果评估的规范化测定方法^[1]。本研究曾就测定方法进行试验,认为本系列研究三文中所用的方法可归为两大类:(1)自然存放过梅雨期后调查统计法;(2)人工强化致霉条件的实验室测定法。第一类方法完全依赖于自然,存放条件近似于大部分生产单位的条件,调查统计的结果反映自然界中的霉菌孢子在自然的温湿度下对竹材基质的腐生情况。优点是能满足国内生产上使用的一般要求,直接地反映竹材的抗霉性和防霉处理效果;缺点是需时长,用材料多,并且如果当年梅雨期不典型(如1990年),就不能充分反映该竹材的抗霉性或防霉处理的效果。第二类方法又可分为:①自然接种套皿保湿法;②人工接种致霉菌混合液套皿保湿法。前者简便,只需有一个温箱、一只手提高压灭菌锅、一瓶酒精、十余套培养皿和适当的能使竹材大量接触空气中霉菌的场所,即可进行对整批样品的抗霉防霉比较测定,并于1个月内得出结果;适于基层竹木场、竹器厂用于抗霉剂、抗霉竹种、竹材和竹材处理方法的筛选。缺点是因一年中不同时期和地点,空气中悬浮而降落于贮存竹材和竹制品表面的致霉微生物种类和数量及其生长繁殖条件的不同,非在同地同条件下自然接种的样品,测定结果间难以比较。后者可以不受时间、地点的限制,可在任何时间、任何地点进行测定,非同批样品间可以进行比较,适用于不同砍伐季节竹材、竹种的抗霉性比较、防霉剂和防霉处理方法的精选。但人工接种法需许多纯菌种和尚未被霉菌定殖的新鲜剖开的竹块,处理和接种技术要求严,工序多,难度较大,适宜于研究所和试验站使用,而且有待于收集更多的致霉菌种以进一步发展完善。适用的培养温度,根据大多数霉菌的生长繁殖温度范围和我国南方梅雨期的气温记录,一般宜控制在25~29℃,也可根据各地竹材加工和竹制品贮运、使用和出口的不同要求予以相应变动;测定材料的取样亦然。

3.3 关于霉变程度分级标准

国内外亦尚无报道^[1]。本研究文Ⅱ^[3]和本文中采用竹材表面的霉菌覆盖率来评定竹材的抗霉性,是一种简便的初步方法。现按本研究中对11个竹种的竹材和毛竹不同竹材自然存放和实验室诱霉的测定结果,提出供目前使用的竹材霉变程度分级初步标准如下。

竹材内腔面霉菌覆盖率	霉变程度	等级
0	无霉变	0
<10%	轻微	I
10%~25%	中等	II
26%~50%	严重	III
>50%	极严重	IV

较完善的霉变分级标准,有待综合霉菌覆盖率、覆盖厚度、损害竹材基质的深度与对竹

材理化性质和加工品质影响的相关测定后予以评定, 本研究文 I 中用于比较各致霉菌致霉能力的菌体相对覆盖量法^[2]即是改进这一分级标准的尝试之一。

参 考 文 献

- [1] 中国林科院亚林所、木材所竹材防霉、蛀、腐联合调查组委托中国科技情报所国际联机检索: 竹材、生物劣化、防霉、霉变资料, "Dialog" Search: CAB 1972~1983年, 1984~1986年, Agricola 1979~1986年, Biosis Reviews 1986年。
- [2] 吴开云等, 1990, 竹材霉变生物学的研究 I. 毛竹材致霉菌与致霉特征, 林业科学研究, 3(4):303~309。
- [3] 翁月霞等, 1991, 竹材霉变生物学的研究 II. 不同竹材基质的抗霉性, 林业科学研究, 4(1):15~21。
- [4] Liese, W., 1981(花锁龙译, 1981), 竹材防腐, 国际竹子讨论会资料第一辑, 亚林科技, 1981年增刊, 49~54。
- [5] Allsopp, D. et al., 1980, Introduction to biodeterioration, Edward Arnold (Publishers) Ltd, London, 95~112。
- [6] CMI, 1985, Teaching materials of UNESCO/CMI international Course "biodeterioration and fungal interaction", London。
- [7] IUFRO, Suggested standard method for field tests with wooden stakes。
- [8] Shield, J. K., 1974, Ammoniacal zinc oxide treatment as an inhibitor for fungi in pine lumber, 24(2)。
- [9] Liese, W., 1989, Progress in Bamboo Research, 竹子研究汇刊, 8(2):1~16。

Studies on Biology of Bamboo Timber Moulding

Ⅲ. Roles of Environmental Factors in Moulding

Weng Yuexia Wu Kaiyun

(The Research Institute of Subtropical Forestry CAF)

Abstract Small rectangular *Mao* bamboo pieces were incubated after natural inoculation and artificial inoculation separately under different temperatures and relative humidities (RH) to test the effects of main environmental factors on bamboo timber moulding. The results from the multiple contrasts of the tests showed that under temperatures of 26°C to 32°C, most serious moulding of *Mao* bamboo timber occurred at 100% RH; the extent of moulding was positively correlated to RH; the moulding extent of *Mao* bamboo ripped timber exposed in July, February and January was significantly lower than that exposed in other months of the year.

The two laboratory inoculation methods are recommended for the first time for rapid testing of the natural resistance of bamboo timber to moulds and evaluation of mould control treatments of bamboos. Also a primary standard for grading the extent of bamboo timber moulding was put forward for current use.

Suggestions were made to store bamboo timber in a warehouse of special structure, with high base pillars under the floor and large windows; to put the bamboo timber and handcrafts in cross-ways in order to maximize air circulation and decrease the humidity at the surface of bamboo goods and choose suitable processing season to reduce mould damage.

Key words *Mao* bamboo timber; environmental factors; moulding fungi