

成都商业街船棺、独木棺遗址微生物研究

赵振镛 肖 璘 孙 杰

摘要: 成都商业街船棺、独木棺遗址出土的大型饱水木质文物,一直在遗址现场原址保存,由于木材易腐、易蛀和易燃的特点,加之现场常年潮湿,饱水的木材便成为微生物滋生的温床。本文通过大量的实验数据,对船棺遗址现场的微生物进行分离鉴定,并针对该遗址木质文物的种类和特点,选择合适的杀菌剂配方,对遗址现场的微生物进行抑制、杀灭试验,取得了一定的效果。

关键词: 木质文物 微生物 杀菌剂

一、引 言

菌害问题,一直以来都是困扰大型木构件文物保存的一项难题。

木材以其在自然界中大量存在、易加工等特点,在我国古代得到了广泛应用。但作为一种生物材料,木材存在着天然的弱点,主要是易腐、易蛀和易燃^[1]。尤其是考古发掘出土的木质文物,由于在长期的地下埋藏过程中,被地下水及土壤中的有害物质侵蚀,纤维降解、有机质流失、强度下降,其一经发掘出土,饱水的木材便成为微生物滋生的温床。大量的微生物在木材上的生长,加剧了木材的降解,给木质文物的保存带来极大不便。

成都商业街船棺、独木棺遗址现场的木质文物,与同类型遗址相比,有其自身的特点:

(1) 形体大、数量多,易地搬迁保护难度大。墓葬出土了葬具共 17 具,均为整木凿成,体量大。最大的一具长 18.8 米,直径 1.5 米,高 1.12 米;最小的长约 2.33~3 米,宽约 0.77~0.95 米,高约 0.3~0.6 米。

(2) 文物经多年水泡、侵蚀,已经腐软,尤其是表层 0~6 厘米范围。在文物表面取样时,取样器在表面 0~6 厘米深度范围内极易打进去,6 厘米以下木质坚硬,很难取样。

二、树种鉴定

在商业街船棺遗址现场分别采集 1 号、2 号、10 号、11 号、13 号棺木及一垫木样品,委托四川省技术监督局林产品及家具质量监督检验站,对样品进行树种鉴定,检验结果如表 1 所示:所有样品均为桢楠,拉丁学名 *Phoebe zhennan*, 樟科 Lauraceae。

随后,又在船棺遗址现场 8 号棺棺盖、3 号桩木以及地袱木上取样,委托南京林业大学木材科学研究所(中心),对这一部分样品进行树种鉴定。鉴定以宏观构造特征为基础,以包埋法处理的

显微切片显微构造特征为补充和验证。

观察结果, 3号桩木样木的木材构造特征与8号棺盖样木同为桢楠(图1), 楸木样木为梓木(图2), 紫葳科 Bignoniaceae 梓树属 *Catalpa* spp。

表1 商业街遗址树种鉴定结果

编号	名称	鉴定结果
1号	棺木	桢楠(拉丁学名 <i>Phoebe zhennan</i> , 樟科 Lauraceae)
2号	棺木	桢楠(拉丁学名 <i>Phoebe zhennan</i> , 樟科 Lauraceae)
10号	棺木	桢楠(拉丁学名 <i>Phoebe zhennan</i> , 樟科 Lauraceae)
11号	棺木	桢楠(拉丁学名 <i>Phoebe zhennan</i> , 樟科 Lauraceae)
13号	棺木	桢楠(拉丁学名 <i>Phoebe zhennan</i> , 樟科 Lauraceae)
	垫木	桢楠(拉丁学名 <i>Phoebe zhennan</i> , 樟科 Lauraceae)
	楸木	梓树(拉丁学名 <i>Catalpa</i> spp, 紫葳科 Bignoniaceae)

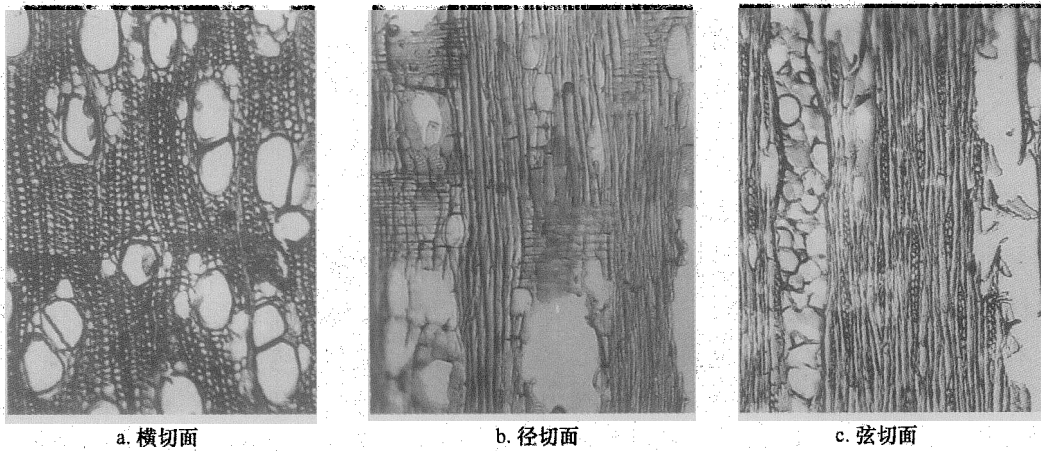


图1 8号棺盖样木显微照片

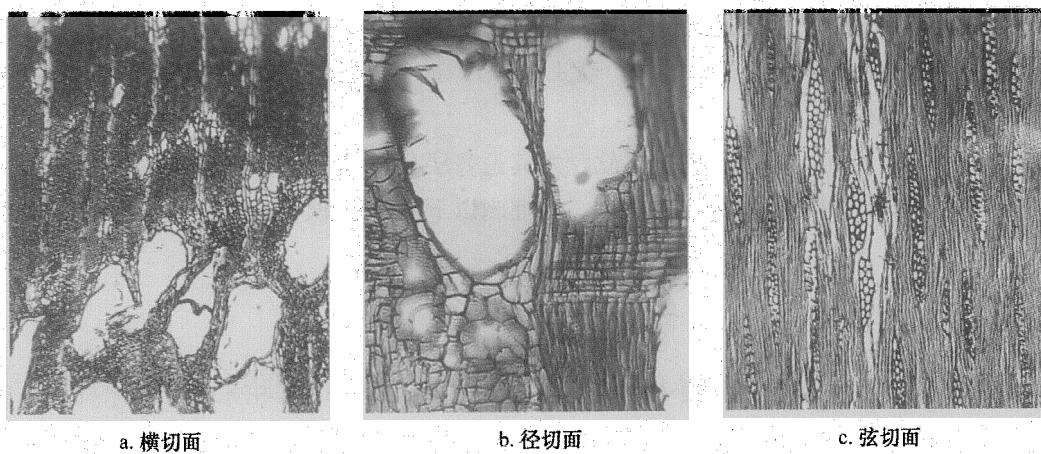


图2 楸木样木显微照片

三、微生物培养、分离、鉴定

在腐朽脆弱的木质文物上取样，不同于现代木材研究中在新鲜木材上取样。首先，就是要保证采样后文物的强度不受影响，因而不能采取破坏性取样的方法；其次，要确保文物的外观不受影响；再次，就是要确保取得的样品不会受到污染。基于以上几点的考虑，我们对取样的工具进行认真准备。最初使用锋利的刀片在文物的背面、边缘等不显眼的地方切取少量的样品，由于船棺体量大，切取的样品深度不够，后来改用小型打孔器取样，仍不能达到理想的深度，最后，经过反复研究摸索，我们自制了多种专用于在木质文物上取样的工具，既可以取到合乎标准的样品，又不会破坏文物的强度，也不会给文物的外观造成太大影响。

采样条件：采样分多次进行，持续时间从2003年5月到10月，这一时期，成都市的气候湿润，雨水多，气温高，适合微生物的繁殖生长。

样品特征：根据现场长期监测结果，选择曾经有微生物生长的棺木、枕木、垫木、遗址现场土壤进行多次取样。

样品处理方法：取样深度一般为6~10厘米，样品取回后，从外到内4毫米一层，分多层接种、培养，用PDA培养基（表2）。

表2 采样培养结果

采样点	木材种类	分 层	培 养 结 果	备 注
土壤			3种	
垫木	梓树	外 8 层 内	1层：2种，乳黄色、灰色菌落 2层：4种，白色、铁锈红色、乳黄色、洋红色菌落 3层：2种，乳黄色、灰色菌落，同1层 4层：4种，白色、铁锈红色、乳黄色、洋红色菌落，同2层 5层：5种，白色、铁锈红色、乳黄色、洋红色、灰绿色菌落 6层：4种，白色、铁锈红色、乳黄色、洋红色菌落，同2层 7层：2种，乳黄色、灰色菌落，同1层 8层：乳黄色、灰色、铁锈红色菌落	乳白、乳黄、洋红色菌表面光滑，有光泽；铁锈红色菌落溶解培养基，流淌；其余菌落有长短不一的绒毛状菌丝
枕木*		外 6 层 内	1层：1种，乳黄色菌落 2层：4种，灰白色、灰色、乳黄色、洋红色菌落 3层：3种，灰白色、乳黄色、洋红色菌落 4层：3种，灰白色、乳黄色、洋红色菌落 5层：3种，灰白色、乳黄色、洋红色菌落 6层：2种，灰绿色、乳黄色菌落	
1号棺木	桢楠	外 9 层 内	1层：4种，绿色、白色、乳黄色、洋红色菌落 2层：2种，绿色、乳黄色菌落 3层：2种，绿色、洋红色菌落 4层：2种，绿色、洋红色菌落 5层：2种，绿色、乳黄色菌落 6层：2种，乳黄色、洋红色菌落 7层：3种，绿色、乳黄色、洋红色菌落 8层：4种，灰色、绿色、乳黄色、洋红色菌落 9层：2种，绿色、乳黄色菌落	

续表

采样点	木材种类	分层	培养结果	备注
2号棺木	桢楠	外 7 内	1层: 2种, 乳黄色、铁锈红色菌落 2层: 2种, 乳黄色、洋红色菌落 3层: 2种, 乳黄色、洋红色菌落 4层: 2种, 乳黄色、洋红色菌落 5层: 2种, 乳黄色、洋红色菌落 6层: 3种, 乳黄色、洋红色、绿色菌落 7层: 4种, 乳黄色、洋红色、绿色、铁锈红色菌落	
8号棺木	桢楠	外 8 内	1层: 3种, 乳白色、洋红色、灰色菌落 2层: 3种, 乳白色、洋红色、灰色菌落 3层: 2种, 灰绿色、乳黄色菌落 4层: 2种, 乳白色、洋红色菌落 5层: 1种, 乳白色菌落 6层: 2种, 乳白色、灰色菌落 7层: 1种, 乳白色菌落 8层: 2种, 乳白色、洋红色菌落	

注: 带*表示试样未使用保护剂处理过。

结论: 在商业街船棺、独木棺遗址现场木质文物上滋生的微生物种类很多。从菌落特征初步判断有真菌^[2]、细菌^[3]、放线菌^[4]。其中对考古发掘出土的木质文物而言, 危害最大的为真菌, 细菌对木材的腐朽有促进作用。商业街船棺、独木棺遗址现场木质文物的微生物侵蚀主要集中在木材的表面浅层。从菌落特征初步判断木质文物表面滋生的微生物种类与遗址现场土壤中的微生物大致相同^[5]。

将初期培养的混合菌种, 进行分离、纯化, 待得到单一菌种后, 染色、鉴定, 鉴定结果见表3。

表3 商业街船棺遗址微生物鉴定结果^[6-8]

属名		染色	分离地点
真菌	镰刀菌属 Fusarium	串珠镰刀菌 F. moniliforme	苯胺蓝染色
		禾谷镰刀菌 F. gramineum	苯胺蓝染色
		丛梗孢属	苯胺蓝染色
	曲霉属 Aspergillus	棕曲霉 A. ochraceus	苯胺蓝染色
		黑曲霉 A. niger	苯胺蓝染色
	青霉属 Penicillium	桔青霉 P. Citrinum Thom	苯胺蓝染色
		常见青霉 P. Frequentans	苯胺蓝染色
		头孢霉属 Cephalosporium	苯胺蓝染色
		单端孢霉属 Trichothecium	苯胺蓝染色
		地霉属 Geotrichum	苯胺蓝染色

续表

属 名		染 色	分 离 地 点
真菌	根霉属 <i>Rhizopus</i>	苯胺蓝染色	
	木霉属 Trichoderma	绿色木霉 <i>T. viride</i>	土壤*、棺木、枕木
	毛霉属 <i>Mucor</i>	苯胺蓝染色	
	葡萄状穗霉属 <i>Stachybotrys</i>	苯胺蓝染色	
	交链孢属 <i>Alternaria</i>	苯胺蓝染色	
	球束孢属	苯胺蓝染色	土壤*
	鬼伞属 <i>Coprinus</i>	苯胺蓝染色	土壤
细菌	假单孢菌属 <i>Pseudomonas</i>	革兰氏阴性	
	黄杆菌属 <i>Flavobacterium</i>	革兰氏阴性	
	变形杆菌属 <i>Proteus</i>	革兰氏阴性	
	纤维单孢菌 <i>Cellulomonas</i>	革兰氏阴性	
放线菌	诺卡氏菌属 <i>Nocardia</i>		棺木、枕木、垫木
	小单孢菌属 <i>Micromonospora</i>		

注：表中有*的未使用木材保护处理剂。

四、微生物的杀灭

(一) 抑菌剂筛选

依据我国文物保护工作惯例，对文物本体施加的任何措施都必须是无害或最小伤害，经资料筛选，选用市场销售常用杀菌、抑菌剂做对比实验（表4）。

表4 备选抑菌剂

药品名	来 源	主要成分	推荐使用浓度 ^[9]	实际使用浓度
农用链霉素	石家庄通泰生物总厂	链霉素	30ppm	水溶液 0.125%
BIR	浙江省博物馆	不详	1%	水溶液 0.5%
BRO	浙江省博物馆	不详	1%	水溶液 0.5%
特普唑	沈阳丰收农药有限公司	(E)-(RS)-1-(2, 4 二氯苯基)-4, 4-2(1-H-1, 2, 4 三唑式) 烯-3 醇	400 ~ 600ppm	水溶液 0.5%
百菌清	利氏化工有限公司	四氯间二腈	1500ppm	水溶液 0.5%
RNL	浙江省博物馆	不详	1%	水溶液 0.5%
腈菌唑	美国陶氏益农公司	2-(4-氯苯基)-2-(1-H-1, 2, 4 三唑-1-氯甲基) 乙腈	400 ~ 500ppm	水溶液 0.5%
普德金	保加利亚农业贸易公司	乙撑双硫化氨基甲酸锌	800 ~ 1000ppm	水溶液 0.5%
WP-1	中国林业科学研究院	不详	4%	水溶液 0.5%
WP-2	中国林业科学研究院	不详	4%	水溶液 0.5%
霉敌	西北大学	不详	0.02% ~ 0.02%	水溶液 0.5%

续表

药品名	来源	主要成分	推荐使用浓度 ^[9]	实际使用浓度
LAg 002 ^[10]	西安杨森供秦俑使用	三唑类杀菌剂 A + 杂环类杀菌剂 B + 少量表面活性剂		水溶液 0.5%
LAg 003 ^[10]	西安杨森供秦俑使用	三唑类杀菌剂 A + 杂环类杀菌剂 B + 咪唑类杀菌剂 C + 少量表面活性剂		乙醇溶液 0.5%
多效唑	江苏盐城市开普化工有限公司	(2RS, 3RS)-1-(4-氯苯基)-4, 4-二甲基-2-(1H-1, 2, 4-三唑-1-基)-戊醇-3		
烯效唑	江苏盐城市开普化工有限公司	(E)-1-对氯苯基-2-(1, 2, 4-三唑-1-基)-4, 4-二甲基-1-戊烯-3-醇		
烯唑醇	江苏盐城市开普化工有限公司	(E)-1-(2, 4, -二氯苯基)-4, 4-二甲基-2-(1, 2, 4-三唑-1-基)-1-戊烯-3-醇		
戊唑醇	江苏盐城市开普化工有限公司	1-(4-氯苯基)-3-(1-H-1, 2, 4-三唑)-1-苯甲基-4, 4-二甲基-3-醇		

实验供试菌种为成都商业街船棺、独木棺遗址现场分离培养出的菌种，少量为成都金沙汉桥遗址分离培养出的菌种，共 25 种，在以下的所有抑菌实验中使用到的菌种，均在这 25 种范围之内（表 5）。

表 5 实验供试菌种

编号	原编号	来源	初步定名
No. 1	M12b	商业街船棺土壤	
No. 2	B8a	商业街船棺	毛霉
No. 3	M9b	商业街船棺	镰刀菌
No. 4	B8a	商业街船棺	毛霉
No. 5	M4b	商业街船棺	头孢霉
No. 6	M2-b-2	商业街船棺	镰刀菌
No. 7	B7(b)	商业街船棺	
No. 8	M9a	商业街船棺	葡萄穗霉
No. 9	M8(b)-2	商业街船棺	
No. 10	y-I-I-1	商业街船棺	棕曲霉
No. 11	M6(b)	商业街船棺	
No. 12	I-2-1	汉桥	交链孢霉
No. 13	M11a-1	商业街船棺	
No. 14	g-III-2-2	汉桥	曲霉
No. 15	9-y III-2-3	汉桥	曲霉
No. 16	M8(b)-1	商业街船棺	毛霉
No. 17	M4-b-1	商业街船棺	地霉
No. 18	B2-b-3	商业街船棺	木霉
No. 19		商业街船棺	培养过程中出现果蝇，最终未选取该样品
No. 20	M8-b	商业街船棺	
No. 21	9-y III-2-1	汉桥	
No. 22	M5a-2-1	商业街船棺	
No. 23	M1b-3	商业街船棺	木霉
No. 24	M2-b	商业街船棺	木霉
No. 25		一号棺 PEG 浸泡液	杆菌

采用抑菌圈法,反复多次试验观察各种抑菌剂的抑菌效果。

结论:经过多次试验,特普唑、百菌清对真菌有效,混有链霉素的混合配方,可杀死细菌。供试药品中,比利时杨森公司提供秦俑博物馆试验的 LAg002、LAg003、烯唑醇、戊唑醇抑菌效果最佳,其中 LAg002、LAg003 抑菌剂主剂都是三唑类与杂环类的混合试剂,这也证明了三唑类抑菌剂有着良好的抑菌效果,但 LAg002、LAg003 为试验品,因此,选用与之类似的戊唑醇作为商业街船棺、独木棺遗址现场木质文物杀菌、抑菌剂。

(二) 戊唑醇防治木材霉菌毒性试验

选择适当的木材防霉剂的目的是防治船棺上霉菌的生长,从而抑制微生物对船棺的破坏。所选的防霉剂是否能达到此目的,尚需实验证实。依照中华人民共和国国家标准,GB/T18261-2000《防霉剂防治木材霉菌及蓝变菌试验方法》进行试验。

本实验用桢楠 *Phoebe nanmu* (Rh. Zhennan S. lee&F. N. Wei) 实验样品采自四川大学校园。

本实验所用梓树 *C. ovata* 实验样品采自成都市文物考古研究所院内。

按国家标准 GB/T18261-2000《防霉剂防治木材霉菌及蓝变菌试验方法》,试验所用菌种为桔青霉、绿色木霉、黑曲霉三个属种,本试验选用自成都商业街船棺、独木棺遗址及成都金沙汉桥分离出的桔青霉、绿色木霉、黑曲霉。

按照中华人民共和国国家标准 GB/T18261-2000《防霉剂防治木材霉菌及蓝变菌的试验方法》之规定,验证抑菌剂筛选试验筛选出的几种抑菌剂的抑菌效果。

供试木材包括已经鉴定出的桢楠(表6)、梓树(表7)及遗址现场未鉴定的隔木木材样品(表8)。

将试验木材按照国标规定的方法切片、测量、称重,浸入6%PEG+0.2%戊唑醇,浸泡不同时间称重,计算吸药量^[11]。

表6 桢楠接种试验吸药量

编号	长/cm	宽/cm	厚/cm	质量/g	体积/cm ³	密度/(g/cm ³)	脱水后重/g	吸水量/%	吸药量/(g/m ²)
1	4.5	2	0.8	3.75	7.2	0.52	4	0.25	0.176
2	3.8	1.5	0.8	2.32	4.60	0.50	2.32	0	0
3	5.2	1.7	0.8	3.85	7.1	0.54	5.4	1.55	1.171
4	4.9	1.5	0.7	3.45	5.2	0.66	4.9	1.45	1.226
5	4.7	1.5	0.7	2.65	5.0	0.53	3.9	1.25	1.097
6	4.5	1.5	0.7	2.9	4.7	0.62	4.3	1.4	1.279
7	4.0	1.5	0.8	2.75	4.8	0.57	3.7	0.95	0.913
8	3.7	1.6	0.7	2.65	4.1	0.65	3.6	0.95	0.987
9	3.8	1.5	0.7	2.65	4.0	0.66	4.2	1.55	1.647
10	4.3	1.5	0.7	2.75	4.5	0.61	4.6	1.85	1.760
11	4.1	1.4	0.7	2.45	4.0	0.54	3.7	1.25	1.303
12	4.7	1.6	0.8	3.25	6.0	0.54	5.1	1.85	1.473

表7 梓树接种试验吸药量

编号	长/cm	宽/cm	厚/cm	质量/g	体积/cm ³	密度/(g/cm ³)	脱水后重/g	吸水量/%	吸药量/(g/m ²)
1	5.6	1.4	0.7	4.45	5.49	0.81	5.4	0.95	0.746
2	5.9	1.6	0.7	4.82	6.60	0.73	6.6	1.78	1.212
3	5.7	1.6	0.7	4.18	6.38	0.66	5.3	1.12	0.787
4	6.2	1.5	0.6	4.50	5.58	0.81	5.8	1.3	0.934
5	5.9	1.5	0.7	5.1	6.20	0.82	6.2	1.1	0.784
6	5.5	1.5	0.9	4.58	7.43	0.62	5.8	1.22	0.838
7	6.2	1.4	0.7	4.97	6.08	0.82	5.45	0.48	0.343
8	6.3	1.4	0.7	3.26	6.14	0.51	5.0	1.74	1.224
9	6.2	1.2	0.8	5.03	5.95	0.85	5.7	0.67	0.501
10	5.6	1.6	0.8	4.45	7.17	0.62	5.7	1.25	0.849
11	5.1	1.3	0.8	2.38	5.30	0.44	Ck		
12	5.2	1.5	0.75	3.85	5.85	0.66	Ck		

表8 隔木接种试验吸药量

编号	长/cm	宽/cm	厚/cm	质量/g	体积/cm ³	密度/(g/cm ³)	烘干恒重/g	吸水后重/g	吸水量/%	吸药量/(g/m ²)
1	5.7	1.2	1.1	5.6	7.52	0.74	1.3	2.9	1.6	1.109
2	5.7	1.5	1.0	6.9	8.85	0.78	1.6	2.9	1.3	0.825
3	5.7	1.1	1.2	5.5	7.52	0.73	1.8	4.1	2.3	1.594
4	5.7	1.4	1.2	7.5	9.58	0.78	2.1	3.7	1.6	0.970
5	5.7	1.5	1.0	6.7	8.55	0.78	2.4	4.7	2.3	1.460
6	5.6	1.5	1.1	6.2	9.24	0.67	2.1	4.3	2.2	1.357
7	5.9	1.3	1.1	6.1	8.44	0.72	2.5	5.0	2.5	1.604
8	5.5	1.3	1.1	5.9	7.87	0.75	1.3	2.6	1.3	0.889
9	5.9	1.5	0.9	6.3	7.97	0.79	1.6	3.0	1.4	0.903
10	5.5	1.5	1.0	4.5	8.52	0.54	1.3	3.4	2.1	1.377

将用不同抑菌剂浸泡过的木材样品进行接种,培养4周后观察,并计算试样被害值。试样被害值按照试样表面菌丝生长情况可分为5级,表9是试样被害值分级标准。

表9 试样被害值分级标准

被害值	试菌感染面积及蓝变程度
0	试样表面无菌丝,内部及外部颜色均正常
1	试样表面感染面积 < 1/4,内部颜色正常
2	试样表面感染面积 1/4 ~ 1/2,内部颜色正常
3	试样表面感染面积 1/2 ~ 3/4,或内部蓝变面积 < 1/10
4	试样表面感染面积 > 3/4,或内部蓝变面积 > 1/10

按照被害值分级,培养4周后试样平均被害值在0~1之间的药液浓度为抑菌剂对相应试验菌的极限浓度。对不同树种的样品的被害值计算结果如下(表10、表11)。

表 10 桢楠试样被害值

编 号	菌 种	吸药量/ (g/m ²)	抑菌效果	是否有效
1	绿色木霉	0.176	>1/4	有效
2	绿色木霉	1.171	1/2 ~3/4	无效
3	绿色木霉	1.226	<1/4	有效
4	绿色木霉	1.097	0	有效
5	绿色木霉	1.297	0	有效
6	棕曲霉	0.95	<1/4	有效
7	桔青霉	0.95	<1/4	有效
8	串珠镰刀菌	1.55	<1/4	有效
9	绿色木霉	1.85	1/4 ~3/4	无效
10	棕曲霉	1.25	<1/4	有效
11	黄曲霉	1.85	<1/4	有效
12	Ck	0	>3/4	无效

表 11 梓树试样被害值

编 号	菌 种	吸药量/ (g/m ²)	抑菌效果	是否有效
1	串珠镰刀菌	0.746	0	有效
2	黄曲霉	1.212	0	有效
3	棕曲霉	0.787	<1/4	有效
4	橘青霉	0.934	<1/4	有效
5	绿色木霉	0.784	<1/4	有效
6	绿色木霉	0.838	<1/4	有效
7	绿色木霉	0.343	<1/4	有效
8	绿色木霉	1.224	<1/4	有效
9	绿色木霉	0.501	<1/4	无效
10	绿色木霉	0.849	<1/4	有效
11	桔青霉	0	1	无效
12	桔青霉	0	1	无效

根据以上试验数据, 可以计算戊唑醇对多种木材有害菌的防治效力 (表 12)。

表 12 戊唑醇对多种木材有害菌的防治效力

菌 种	树 种	药液浓度/%	被害值 <i>D</i>						防治效力/%
			1	2	3	4	5	6	
绿色木霉	桢楠	0.2	1/4	1/2 ~3/4	<1/4	0	0	1/4 ~3/4	66.7
	梓树	0.2	<1/4	<1/4	<1/4	<1/4	<1/4	<1/4	100
曲霉	桢楠	0.2	<1/4	<1/4	<1/4				100
	梓树	0.2	0	<1/4					100
桔青霉	桢楠	0.2	<1/4						100
	梓树	0.2	<1/4	1	1				33.3
串珠镰刀菌	桢楠	0.2	<1/4						100
	梓树	0.2	0						100

结论：戊唑醇有明显之杀灭真菌的作用，显微观察表明，经处理之后，真菌细胞内的原生质体结构发生明显变化，内容物可至消失。桢楠接种绿色木霉，使用戊唑醇 $1.2\text{g}/\text{m}^2$ 以上有效，棕曲霉使用戊唑醇 $0.95\text{g}/\text{m}^2$ 有效，黄曲霉使用戊唑醇 $1.85\text{g}/\text{m}^2$ 有效，桔青霉 $0.95\text{g}/\text{m}^2$ 有效，串珠镰刀菌 $1.55\text{g}/\text{m}^2$ 有效。梓树使用戊唑醇 $0.746 \sim 1.224\text{g}/\text{m}^2$ ，对接种的所有菌种有效。

(三) 戊唑醇抗流失试验

参考中华人民共和国林业行业标准 LY/T 1283—1998《木材防腐剂对腐朽菌毒性实验室试验方法》，探索水溶性防腐剂在水中的流失量，为制定现场使用方案提供依据。

试材：选用商业街船棺、独木棺遗址现场出土的桩木，树种鉴定为桢楠。

将试样用不同浓度药物浸泡，称重；再将经过防腐剂处理过的试样，充分气干，然后用等量 (150ml) 清水浸泡，24h 重复一次，总共连续试验 14 天后，取出木块，称湿重，计算重量差，即为药物流失量 (表 13、表 14)。

表 13 流失实验编号

试验浓度	25000ppm	2500ppm	250ppm	25ppm	2.5ppm	清水
试验编号	1~6	7~12	13~18	19~24	25~30	31~36

结论：根据资料报告，戊唑醇常温下在水中溶解度为 $32\text{mg}/\text{L}$ ，此次试验供试木材为已腐朽的棺木，其空白样品在水中平均流失量为 $0.04743\text{g}/\text{cm}^3$ ，考虑到这一因素，试验结果表明，戊唑醇水浸泡流失不十分明显。

(四) 船棺发掘现场抑菌试验

利用戊唑醇粉剂加 6% PEG1500 制备的杀菌剂能有效抑制或杀灭丝状真菌生长。但在实验中发现，上述液体杀菌剂存放时间稍长 (约一周) 戊唑醇会形成絮状沉淀，杀菌剂有效浓度可能降低，并且使用 6% PEG 作为悬浮剂配制过程较长。因而从 2004 年 3 月，购得戊唑醇乳油，有效含量 25%。分别配制成 200ppm (0.2%)、100ppm (0.1%)、20ppm、5ppm 浓度用作杀菌试验。

实验目的探讨在现场高湿条件下，喷施杀菌剂，用于大型棺木的处理的抑菌剂和施工方法。

实验选择在成都市商业街船棺、独木棺发掘现场的隔木上进行，这些隔木在以前一直未进行过任何杀菌处理。

因遗址中的棺木及垫木已用 PEG 处理过，取样困难，因而选择遗址现场的未经任何处理的三根隔木，分别用 1% 苯甲酸钠、200ppm 戊唑醇、1% 山梨酸钾，8 周后分别观察记录，现场继续喷药处理。

喷施抑菌剂一周后取样在 PDA 培养基培养，观察有无菌丝生长。取样分层，每层约 5mm (表 15)。

表 14 流失实验结果

编号	长/mm	宽/mm	厚/mm	质量/g	体积/mm ³	密度/(g/cm ³)	烘干后恒重/g	吸药后重/g	吸药量/(g/cm ³)	第二次清水浸泡后重/g	药物流失量/(g/cm ³)
1	27.1	19.8	9.9	4.441	5312.142	0.836	0.941	1.767	3887.321	1.610	0.02955
2	30.6	23.3	11.6	7.029	8270.568	0.850	1.656	2.954	3923.552	2.473	0.05816
3	28.4	21.3	9.6	5.417	5807.232	0.933	0.872	2.604	7456.220	2.403	0.03461
4	26.1	22.3	12.1	5.817	7042.563	0.826	1.250	2.458	4288.212	2.100	0.05083
5	23.2	19.8	14.3	5.936	6568.848	0.904	1.404	2.615	4608.875	2.230	0.05861
6	24.5	21.6	12.5	5.745	6615.000	0.868	1.323	2.117	3000.756	1.808	0.04671
7	25.6	21.7	12.4	5.494	6888.448	0.798	1.200	2.339	413.373	1.895	0.06446
8	32.1	23.9	12.2	9.361	9359.718	1.000	2.526	4.722	586.556	4.371	0.03750
9	22.3	22.0	13.3	5.439	6524.980	0.834	1.507	3.065	596.937	2.520	0.08353
10	27.1	20.0	11.8	6.751	6395.600	1.056	1.454	2.681	479.627	2.252	0.06746
11	25.6	23.6	11.5	5.587	6947.840	0.804	1.226	2.281	379.614	1.917	0.05239
12	27.9	25.4	16.5	7.956	11692.890	0.680	1.718	3.950	477.213	3.694	0.02190
13	24.7	20.8	18.8	5.963	9658.688	0.617	1.278	2.460	30.594	1.941	0.05373
14	25.3	24.1	14.5	6.679	8841.085	0.755	1.481	2.846	38.598	2.177	0.07805
15	29.4	20.6	10.2	4.126	6177.528	0.668	0.906	1.706	32.375	1.285	0.06815
16	25.1	21.6	10.4	4.597	5638.464	0.815	0.970	1.757	34.894	1.466	0.05161
17	28.8	21.7	18.8	5.911	11749.248	0.503	1.625	2.674	22.321	2.106	0.04834
18	28.9	25.3	12.7	6.642	9285.859	0.715	1.715	2.988	34.273	2.506	0.05191
19	23.7	19.0	12.0	4.325	5403.600	0.800	1.114	1.992	4.062	1.644	0.06440
20	22.1	20.9	11.8	5.492	5450.302	1.008	1.389	2.269	4.036	2.119	0.02752
21	22.6	19.7	9.9	3.451	4407.678	0.783	0.734	1.500	4.345	1.256	0.05536
22	27.9	23.5	14.3	8.944	9375.795	0.954	2.774	3.725	2.536	3.074	0.06943

续表

编号	长/mm	宽/mm	厚/mm	质量/g	体积/mm ³	密度/(g/cm ³)	烘干后恒重/g	吸药后重/g	吸药量/(g/m ³)	第二次清水浸泡后重/g	药物流失量/(g/cm ³)
23	22.7	18.7	12.0	4.025	5093.880	0.790	1.230	2.252	5.016	1.762	0.09619
24	25.3	23.3	13.4	5.978	7899.166	0.757	1.271	2.401	3.576	2.045	0.04507
25	23.3	20.5	12.9	5.004	6161.685	0.812	1.334	2.296	0.390	1.757	0.08748
26	23.0	19.2	11.5	4.107	5078.400	0.809	1.136	1.945	0.398	1.725	0.04332
27	31.4	23.4	12.9	6.638	9478.404	0.700	1.457	2.639	0.312	2.302	0.03556
28	28.3	23.0	13.2	7.068	8591.880	0.823	1.708	3.024	0.383	2.512	0.03959
29	29.2	24.8	11.7	5.879	8472.672	0.694	1.607	2.732	0.332	2.291	0.03205
30	30.0	22.9	11.1	5.199	7625.700	0.682	1.102	1.962	0.282	1.736	0.02964
31	23.5	21.5	9.9	3.726	5001.975	0.745	0.887	1.651	0	1.333	0.06358
32	23.8	21.3	11.3	4.742	5728.422	0.828	1.054	2.060	0	1.765	0.05150
33	26.6	22.0	11.2	5.355	6554.240	0.817	1.157	2.086	0	1.773	0.04776
34	24.6	22.9	11.2	4.909	6309.408	0.778	1.260	2.414	0	2.078	0.03325
35	25.3	21.9	17.2	5.084	9530.004	0.533	1.134	2.139	0	1.902	0.02487
36	24.6	22.8	11.4	5.134	6394.032	0.803	1.115	2.035	0	1.756	0.04363

表 15 现场试验结果

取样时间	苯甲酸钠处理结果			戊唑醇处理结果			山梨酸钾处理结果		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
2004. 3. 4	+			+				+	
2004. 3. 9	-	-	+	-	-	+	+	+	+
2004. 5. 12	-		-	-		-		+	-
2004. 6. 4	-	-	-	-	-	-	+	+	-

注：表中“+”表示有微生物生长，“-”表示没有微生物生长。

结论：根据实验初步确认，戊唑醇与山梨酸钾均有较好的杀菌效果，但山梨酸钾是一种有效的霉菌抑制剂，且用量仅为苯甲酸钠的 1/3。食品工业多用于食品防霉。山梨酸钾的作用机理明确，抑制霉菌脱氧酶系的活动，而达到抑制霉菌生长的目的。但当霉菌污染严重或生长旺盛时，却能利用山梨酸作为能源而使山梨酸失去抑制霉菌的作用，因此发掘现场不宜使用山梨酸钾作为杀真菌剂。

参 考 文 献

- [1] 陈允适, 李武. 古建筑与木质文物维护指南——木结构防腐及化学加固. 北京: 中国林业出版社, 1995.
- [2] 周与良, 刑来君. 真菌学. 北京: 高等教育出版社, 1986.
- [3] 阮继生. 放线菌分类基础. 北京: 科学出版社, 1977.
- [4] 王大粗. 西菌分类基础. 北京: 科学出版社, 1977.
- [5] (美) M·亚历山大. 土壤微生物学导论. 广西农学院农业微生物教研组, 译. 北京: 高等教育出版社, 1983.
- [6] 裘维蕃. 菌物学大全. 北京: 科学出版社, 1998.
- [7] 王家珍. 环境微生物学. 北京: 高等教育出版社, 1988.
- [8] 俞大维, 李季伦. 微生物学. 北京: 科学出版社, 1985.
- [9] 农业部农药检定所主编. 新编农药手册. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [10] 严淑梅, 李华. 秦俑三号坑地衣的初步治理与探讨//第七届考古与文物保护化学学术会议论文集. 成都, 2002.
- [11] 中华人民共和国国家标准 GB/T 18261-2000: 防霉剂防治木材霉菌及蓝变菌的试验方法.

作者单位: 赵振镛, 四川大学生命科学院

肖 璘、孙 杰, 成都博物院

联系方式: 四川省成都市望江路 29 号, 邮编 610064

四川省成都市蜀都大道十二桥街 18 号, 邮编 610072