

## 七種台灣楠木類木材之天然耐腐力探討

王振瀾<sup>1,2)</sup> 李銘華<sup>1)</sup>

### 摘要

由林試所蓮華池分所及六龜分所採集大葉楠、瑞芳楠(香楠)、竹葉楠、紅楠、瓊楠、台灣雅楠及台灣賽楠(小西氏賽楠)等 7 種楠木試材。氣乾後，依照標準步驟測試木材天然耐腐力，並以楓木 (*Acer* sp.) 為對照材。試驗腐朽菌包括白腐菌 (*Coriulus versicolor*; TFRI, No. 31) 1 種及褐腐菌 (*Laetiporus sulphureus*; TFRI, No. 178) 1 種。木材耐腐性試驗在恆溫恆濕箱中進行，設定溫度  $26 \pm 2^\circ\text{C}$  及相對濕度  $70 \pm 5\%$ 。經過 22 週之觀測時間，比較不同菌種對各種試材之腐朽率情形，得知白腐菌所形成之腐朽情況均較褐腐菌為嚴重。不同樹種之木材耐腐性方面，台灣雅楠具有較良好之耐腐力，其次為台灣賽楠及竹葉楠，再次為瓊楠、紅楠及大葉楠，而瑞芳楠之耐腐力最差。將台灣雅楠、台灣賽楠和竹葉楠 3 種試材分別使用正己烷、丙酮及甲醇 3 種溶劑順序進行萃取處理。其中以丙酮溶劑所得萃取物最多；台灣雅楠 5.76%，台灣賽楠 2.96%，竹葉楠 4.27%。測試 3 種試材丙酮萃取物對於白腐菌之影響，得知三種楠木丙酮萃取物均具有明顯之抑菌效能。

關鍵詞：楠木木材、腐朽菌、天然耐腐力、萃取物、抑菌效能。

王振瀾、李銘華。1999。七種台灣楠木類木材之天然耐腐力探討。台灣林業科學 14(1): 53-62。

## Natural Decay Resistance of Seven Nanmu Wood Species Native to Taiwan

Chen - lan Wang<sup>1,2)</sup> and Ming - hwa Li<sup>1)</sup>

### [Summary]

The natural decay resistances of 7 nanmu wood species, collected from Lienhuachih and Liukuei Stations were tested in this experiment. The test fungi included 1 white-rot fungus, *Coriulus versicolor* (*C. v.*; TFRI, No. 31), and 1 brown-rot fungus, *Laetiporus sulphureus* (*L. s.*; TFRI, No. 178). Maple (*Acer* sp.) wood specimens were used as reference blocks. The soil-block test method was followed, according to ASTM and CNS standard procedures with some modifications. The incubator was set at a temperature of  $26 \pm 2^\circ\text{C}$  and relative humidity of  $70 \pm 5\%$ . After 22 wk of incubation, the wood samples were found to be decayed more heavily by white-rot fungus (*C. v.*) than by brown-rot fungus (*L. s.*). The wood of Taiwan phoebe showed the best decay resistance, and the next best wood species were Nantou litsea and Konishi nathaphoebe. The wood samples of Red bark slugwood, Red nanmu, and Large-leaved machilus were found to possess less decay-resistant properties, while the wood sample of Incense machilus was determined to have the least decay resistance. N-hexane, acetone, and methanol were sequentially applied to extract the wood powders of Taiwan phoebe, Nantou litsea and Konishi nathaphoebe. Acetone extractives were most abundant, and they revealed significant anti-fungal effects.

**Key words:** nanmu wood species, decay fungi, natural decay resistance, extractives, anti-fungal effect.

<sup>1)</sup> 台灣省林業試驗所森林化學系，台北市 100 南海路 53 號 Division of Forest Chemistry, Taiwan Forestry Research Institute, 53 Nanhai Rd., Taipei 100, Taiwan, ROC.

<sup>2)</sup> 通訊作者 Corresponding author

1997 年 12 月送審 1998 年 10 月通過 Received December 1997, Accepted October 1998.

Wang, C. L., and M. H. Li. 1999. The natural decay resistance of seven nanmu wood species native to Taiwan. *Taiwan J. For. Sci.* 14(1): 53-62.

## 緒言

木材係生物性材料，因此在使用過程中，極有可能遭受各種微生物及害蟲之分解和破壞，此現象亦稱爲“木材之生物降解”(biodegradation of wood)。其中，腐朽菌(decay fungi)乃是造成木材劣化最主要之一項因子。當腐朽菌著生於木材之後，將逐漸破壞其細胞結構，並分解木材組成份，而造成木材之重量減少、強度減弱以及結構成份變化等情況(Highley and Kink, 1979; Blanchette *et al.*, 1985; Rayner and Boddy, 1988; Zabel and Morell, 1992)。然則，樹木在生長過程中，往往會發展某種抗禦菌蟲侵害之性質；例如，形成緊密之組織結構，或者經由二次代謝產生具有抑制菌蟲活性之化學成份。此即所謂“木材之天然耐腐力”(natural decay resistance of wood)。通常木材天然耐腐性隨著樹種之不同而有所差異(Clark, 1969; Clark and Scheffer, 1983; Deon, 1983; Zabel and Morell, 1992)。

楠木類屬樟科(Lauraceae)，爲本省中低海拔常見之闊葉樹種(Liu *et al.*, 1994)，目前林試所正進行系統化之調查和培育工作(Chien *et al.*, 1995; Lin and Chien, 1995)。由於木材之天然耐腐力是各項利用上重要之參考項目(Scheffer and Cowling, 1966; Behr, 1974; Clark and Scheffer, 1983)，本研究乃選取台灣本地生長之楠木類木材進行天然耐腐力之探討，瞭解各品種之差異，並測定耐腐性優良試材萃取成份之抑菌效能，建立一套基礎資料，提供培育及應用之參考(Hart, 1981; Deon, 1983; Laks, 1987; Wang *et al.*, 1989)。試驗工作所使用之材料包括大葉楠、瑞芳楠、竹葉楠、紅楠、瓊楠、台灣雅楠及台灣賽楠等 7 種楠木材，所使用之菌種則有白腐菌和褐腐菌各 1 種。

## 材料與方法

### 一、試驗材料

由蓮華池分所及六龜分所共採集 7 種楠木試材。各楠木樹種之一般名稱和學名列於 Table 1 中(Liu *et al.*, 1994)。各項楠木之胸高直徑(DBH)、比重(specific gravity)及樹齡(tree ages)等基本資料如 Table 2 所示。試驗木材係取自距離根部 1-3 m 高度之樹幹部位。

耐腐試驗所使用之腐朽菌包括白腐菌 1 種，*Coriolus versicolor* (C. v.; TFRI, No. 31)，及褐腐菌 1 種，*Laetiporus sulphureus* (L. s.; TFRI, No. 178) (CNS 6717; Rayner and Boddy, 1988)。以楓木(Maple; *Acer* sp.) 做爲對照材。木材之鹼萃取物試驗係應用 1% NaOH 水溶液萃取試材。另外，萃取木材抗菌成份所使用之 3 種有機溶劑爲正己烷、丙酮及甲醇。

### 二、試驗方法

(一)將氣乾後之 7 種楠木試材及楓木對照材分別切成 2.5 (R) × 2.5 (T) × 0.9 (L) cm<sup>3</sup> 之試片，並選取 20 片完整無缺者，供試驗之用。在試材製作過程中，儘量設法將邊材和心材兩部份區分開，並分別收集篩選 20 片試材。在每組 20 片試材中，白腐菌和褐腐菌之測試各 8 片重複，另外 4 片則用於不接菌之補正試驗。若補正試材之重量減少率在 2% 以下，即可略去不需補正。

(二)木材天然耐腐性之觀測試驗步驟，係參照中國國家標準和美國國家標準，並配合本研究之探討目標而稍做修正(CNS 6717; ASTM D2017)。試驗步驟如下：

#### 1. 培養基之配製

稱取 39 g 之 PDA 培養基原料(Merck 產品)，溶入 1 L 蒸餾水中，均勻攪拌，並分裝於培養皿中。以高壓殺菌鍋(120℃ 及 1.2 kgf/cm<sup>2</sup>)進行殺菌處理 30 min。待冷卻後，將白腐菌 *C. v.* 和褐腐菌 *L. s.* 分別接種到培養基上。

**Table 1. Common and scientific names of 7 nanmu wood species native to Taiwan**

Common name	Scientific name
Large - leaved machilus (大葉楠)	<i>Machilus kusanoi</i> Hay.
Incense machilus (瑞芳楠, 香楠)	<i>Machilus zuihoensis</i> Hay. <i>Persea zuihoensis</i> (Hay.) Li
Red nanmu, Common machilus (紅楠, 豬腳楠)	<i>Machilus thunbergii</i> Sieb. et Zucc. <i>Persea thunbergii</i> (Sieb. et Zucc.) Kost.
Red bark slugwood (瓊楠)	<i>Beilschimidia erythrophloia</i> Hay.
Nantou litsea (竹葉楠, 長葉木薑子, 南投黃肉楠)	<i>Litsea acuminata</i> (Bl.) <i>Litsea nantoensis</i> Hay.
Konishi nathaphoebe (台灣賽楠, 小西氏賽楠)	<i>Notaphoebe konishii</i> Hay. <i>Persea konishii</i> (Hay.) Kosterm.
Taiwan phoebe (台灣雅楠)	<i>Phoebe formosana</i> Hay.

**Table 2. Basic properties of 7 nanmu wood species**

Wood sample	DBH(cm)	Sp. gr. (air dried)	Age(yr)
Large - leaved machilus	28.6	0.536	40
Incense machilus	33.9	0.469	30
Red nanmu	38.8	0.646	55
Red bark slugwood	42.9	0.633	42
Nantou litsea	32.1	0.564	45
Konishi nathaphoebe	32.8	0.674	23
Taiwan phoebe	29.1	0.634	25

再將培養皿置入恆溫恆濕培養箱中，設定溫度 26 ± 2℃，相對濕度 70 ± 5%，繁殖菌種菌絲，提供接菌於木片之用。

2. 培養瓶之準備

- (1) 採用廣口玻璃瓶，口徑 6 cm，腰徑 8 cm，於鐵蓋中心位置鑿約 0.5-0.6 cm 之孔徑，並以棉花塞之，供通氣之需。
- (2) 另取適當之泥土為培養基材，pH 值 6.20，保水率 33.2%，泥土經過風乾後，測定其含水率為 4.21%。
- (3) 稱取泥土 200 g，裝入廣口瓶中，輕敲幾下使泥土平整，並依下列公式加入適當蒸餾水：

$$\text{需水量 (g)} = (1.30A - B) [C / (100 + B)]$$

A: 土壤之保水率

B: 氣乾土壤之含水率

C: 培養瓶中之土壤氣乾重

待加入之蒸餾水完全被吸收後，放入 Toyo No. 2 定性濾紙(7 cm)一張，再於瓶中心放入接種木片(0.3 (L) × 2.9 (R) × 3.5 (T) cm<sup>3</sup>)橫切面楓香(Sweet gum)木片。蓋上鐵蓋，再於上層覆上一鋁箔紙，防止雜菌侵入，然後整瓶放入殺菌鍋中殺菌，以高溫(120℃)、高壓(1.2 kgf/cm<sup>2</sup>)殺菌 1 h。待冷卻後移入無菌室中，由培養基中挖取直徑約 0.8 cm 之菌塊接種於培養瓶內之木片正中央上面。蓋上瓶蓋和鋁箔

紙後，移入  $26 \pm 2^\circ\text{C}$ ，RH  $70 \pm 5\%$  之培養箱內。培養 3 wk 後，菌絲已佈滿接種木片上，即表示菌種活力旺盛，可進行耐腐性試驗。

### 3. 木材耐腐性試驗

將木材試片置於  $60 \pm 2^\circ\text{C}$  烘箱中乾燥至恆重 ( $W_1$ )，稱取重量至 0.01 g。將試材平放於覆滿菌絲之培養瓶內接種木片上，每一瓶放置 2 片試材，並輕輕使木片與菌絲充分接觸。將置入試材之培養瓶放回溫度  $26 \pm 2^\circ\text{C}$ ，相對濕度  $70 \pm 5\%$  之培養箱內。經過 22 wk 後，停止試驗，將試材由瓶內輕輕挑起，刷除表面菌絲，風乾約 24 h，又再置於  $60 \pm 2^\circ\text{C}$  之烘箱內乾燥至恆重 ( $W_2$ )。

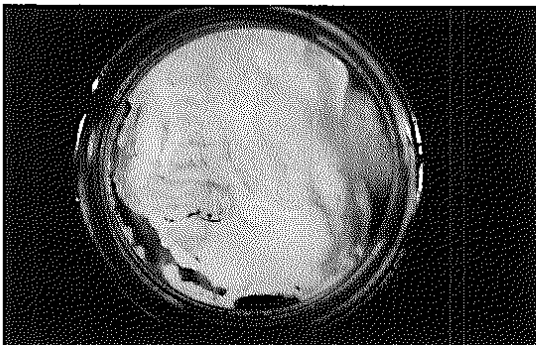
依下式計算試材重量減少率：

$$\text{重量減少率}(\%) = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

由於試材重量減少係由腐朽作用所形成，在此即引用木材重量減少率為腐朽程度之主要指標，亦即腐朽率。

將切取自大葉楠腐朽木(包括白腐及褐腐)之橫面及徑面薄片，以酒精及丙酮進行脫水處理。再經過臨界點乾燥機(critical point dryer)乾燥後，於離子覆膜器(ion sputter, Eiko Engineering Model IB-2)內覆上金箔(Chen, 1992)。應用掃描式電子顯微鏡(Hitachi Model S-2400)觀察腐朽木內菌絲之分佈及型態。

(a)



另外，將未經腐朽之素材及經過白腐菌及褐腐菌 2 種腐朽試驗後之試材，分別應用 1% NaOH 水溶液加以萃取處理，並測定其萃取物含量百分比。此項結果，可提供木材腐朽情況之另一參考指標。

### (三) 木材萃取物之收集及抑菌性試驗

1. 選取經耐腐性觀測得知具良好耐腐性能之 3 種楠木。將試材分別磨成木粉，篩取 40-60 mesh 部份，稱量 300 g，再應用正己烷、丙酮及甲醇 3 種溶劑順序萃取木粉。

2. 稱取 10.0 g 之 PDA 培養基原料，加入 250 mL 蒸餾水溶解之(置於 Pyrex 玻璃三角燒瓶中)，並均勻攪拌。再以高壓殺菌鍋( $120^\circ\text{C}$  及  $1.2 \text{ kgf/cm}^2$ )進行殺菌處理 30 min。另稱量 0.10 g 之萃取物，添加入尚未冷卻之 PDA 溶液中(移至無菌操作台內處理)，並以經過滅菌處理之玻璃攪棒加以均勻攪拌。接著將溶液倒入玻璃培養皿(已經過滅菌處理)中。待冷卻後即供作觀測抑制腐朽菌效應之用。另外，配製純 PDA 培養基做為試驗之對照組。

### 結果與討論

一、白腐菌 *C. v.* 及褐腐菌 *L. s.* 兩種腐朽菌在木材上經過 22 週後之生長情形顯示於 Fig. 1 中。由圖中得知 *C. v.* 生長力十分旺盛，不但形成強力之木材腐朽作用，菌絲並且將整個試片覆蓋。根據相關文獻之研究結果(Rayner and

(b)

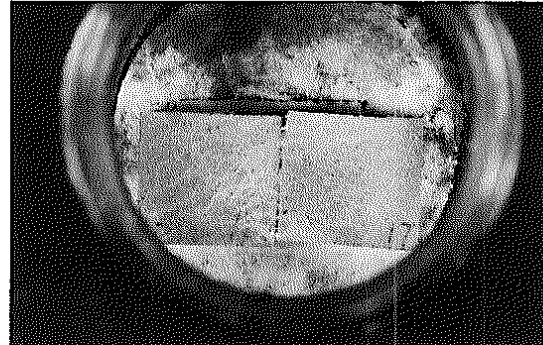


Fig. 1. Growth of white rot fungus *Coriolus versicolor* (a) and brown rot fungus *Laetiporus sulphureus* (b) on test wood samples (Large-leaved machilus).

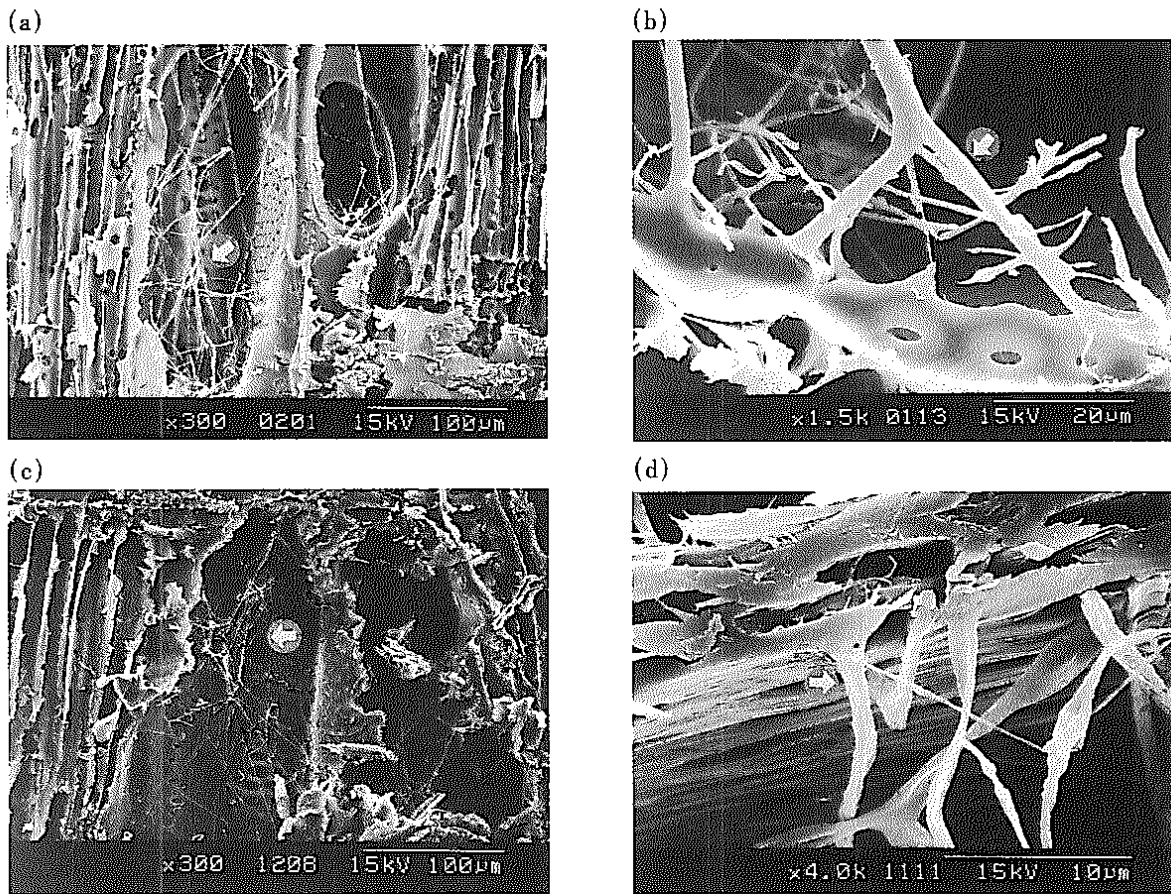


Fig. 2. SEM analyses of Large - leaved machilus wood decayed by white - rot and brown - rot fungi. (a) Radial section of wood decayed by white - rot fungus *Coriolus versicolor*, (✓: hyphae); (b) *Coriolus versicolor*'s hyphae sticking to the surface of vessel's cell wall, (✓: hyphae); (c) Radial section of wood decayed by brown - rot fungus *Laetiporus sulphureus*, (←: hyphae); (d) *Laetiporus sulphureus*' hyphae growing on and destroying the cell wall of wood, (→: hyphae).

Boddy, 1988), 得知白腐菌對木材之腐朽機制乃是附著於細胞內壁, 再伸入細胞腔內生長, 在菌絲附近造成腐蝕現象並形成溝槽。當菌絲繼續分支生長, 即不斷形成新溝槽, 擴大腐朽範圍。最後, 由細胞腔內壁逐漸穿透進入次細胞壁之 S<sub>3</sub> 層及 S<sub>2</sub> 層, 造成木材腐朽現象。大多數白腐菌會同時分解木質素與纖維素, 如本試驗之 *C. v.* 菌即為一例。至於褐腐菌之腐朽機制, 則是菌絲附著木材細胞壁(S<sub>3</sub> 層), 所分泌之酵素逐漸進入木材內部, 主要將細胞壁(特別是 S<sub>2</sub> 層)中之纖維素分解, 而形成腐朽現象。應用掃描式電子顯微鏡(SEM)觀測腐朽後之大葉楠試材(如 Fig. 2 所示), 可以看到菌

絲在木材細胞壁著生之情形以及細胞壁損壞、剝裂之狀況。

二、測定 7 種楠木試材和楓木對照材之腐朽率結果列於 Table 3 及 Table 4 中。試驗數據之 SAS 統計分析則列示於 Table 5 中。依照測定之腐朽率試驗結果, 就整體比較而言, 得知白腐菌 *C. v.* 對各種試材所造成之重量減少率情形, 均較褐腐菌 *L. s.* 為嚴重。例如大葉楠在白腐菌中之平均腐朽率為 63.9%, 而在褐腐菌中之平均腐朽率僅 20.0%。對照材楓木之白腐菌腐朽率為 79.9%, 而褐腐菌則為 38.4%。其他木材之白腐菌腐朽率也都比褐腐菌腐朽率分別

**Table 3. Decay rate of 7 nanmu wood species and maple wood by white - rot fungus *Coriulus versicolor***

Wood sample	Large - leaved machi	Incense machi	Red machi	Red bark slugwood	Nantou litsea	Konishi natha - phoebe	Taiwan phoebe	Maple wood
Decay rate (%) <sup>1)</sup>								
Heartwood	c, d 62.6 (±7.0) <sup>2)</sup>	a, b 74.3 (±6.9)	d 58.9 (±8.1)	b, c 68.8 (±2.7)	f 36.3 (±8.4)	f 38.6 (±5.9)	g 16.1 (±5.1)	a 79.3 (±6.9)
Sapwood	c, d 65.1 (±9.3)	a, b 73.1 (±8.0)	d 57.1 (±7.8)	e 46.4 (±4.6)	d 57.3 (±9.3)	d 58.7 (±4.3)	g 14.7 (±4.5)	a 80.5 (±8.1)
Average	36.9	73.7	58.0	57.6	46.8	48.7	15.4	79.9

<sup>1)</sup> Values labeled by the same letter are not significantly different at the 5% level, according to Duncan's multiple range analysis.

<sup>2)</sup> Standard deviation.

**Table 4. Decay rate of 7 nanmu wood species and maple wood by brown - rot fungus *Laetiporus sulphureus***

Wood sample	Large - leaved machi	Incense machi	Red machi	Red bark slugwood	Nantou litsea	Konishi natha - phoebe	Taiwan phoebe	Maple wood
Decay rate (%) <sup>1)</sup>								
Heartwood	d, e 19.8 (±5.2) <sup>2)</sup>	a 55.3 (±6.0)	e 17.5 (±5.9)	b 43.9 (±7.4)	f 4.3 (±1.5)	f 8.5 (±3.2)	f 3.2 (±0.9)	b, c 40.3 (±6.8)
Sapwood	d, e 20.1 (±3.9)	a 51.6 (±7.9)	d 24.7 (±7.6)	b 43.1 (±8.7)	d, e 21.4 (±7.4)	d 25.0 (±5.7)	f 3.5 (±1.4)	c 36.5 (±5.9)
Average	20.0	53.5	21.1	43.5	12.9	16.8	3.4	38.4

<sup>1)</sup> Values labeled by the same letter are not significantly different at the 5% level, according to Duncan's multiple range analysis.

<sup>2)</sup> Standard deviation.

高出 10-40%。

三、比較各種楠木材對於 2 種腐朽菌之耐腐性，得知耐白腐菌性能最優良者為臺灣雅楠，平均腐朽率為 15.4%，耐腐性最差者為瑞芳楠，平均腐朽率為 73.7%。其他樹種中，平均腐朽率低於 50% 者有竹葉楠(46.8%)和臺灣賽楠(48.7%)，耐腐性較瓊楠等 4 種楠木材為優。再看各種木材之耐褐腐菌性能，最良好樹種也是臺灣雅楠，平均腐朽率為 3.4%；而最差者也是瑞芳楠，平均腐朽率為 53.5%。

至於其他耐褐腐菌性能較良好之樹種為竹葉楠(12.9%)和臺灣賽楠(16.8%)。此項結果與前述白腐菌情況頗為一致。此外，7 種楠木材之耐白腐菌性質均優於對照楓木材。然而，在耐褐腐菌性質方面，瓊楠和瑞芳楠 2 種楠木則較楓木材為差。

四、有關各種試材之邊材及心材耐腐性能比較，白腐菌之試驗結果顯示：竹葉楠及臺灣賽楠之邊材腐朽率(57.3%；58.7%)比心材腐朽率(36.3%；38.6%)明顯較高，亦即心材耐腐

**Table 5. Statistical analyses of experimental data by SAS system**

The SAS System						
General linear models procedure						
Class <sup>1)</sup>	Level	Values				
SAM	8	1	2	3	4	5 6 7 8
FUN	2	BW <sup>2)</sup>				
HSW	2	HS				
Number of observations in data set = 256						
Dependent variable: RATE						
Source	DF	Sum of squares	Mean square	F value	Pr > F	
Model	31	135562.572	4372.986	37.88	0.0001	
Error	224	25399.197	115.451			
Corrected total	255	160961.770				
	R - square	C. V.	Root MSE	RATE mean		
	0.842204	26.18632	10.7448	41.0321		
Source	DF	Type I SS	Mean square	F value	Pr > F	
SAM	7	65501.4161	9357.3452	81.05	0.0001	
FUN	1	54155.7818	54155.7818	469.08	0.0001	
HSW	1	369.3889	369.3889	3.20	0.0750	
SAM * FUN	7	8019.4230	1145.6319	9.92	0.0001	
SAM * HSW	7	6519.6902	931.3843	8.07	0.0001	
FUN * HSW	1	1.2764	1.2764	0.01	0.9164	
SAM * FUN * HSW	7	995.5958	142.2280	1.23	0.2863	

<sup>1)</sup>SAM – wood samples; FUN – fungus; HSW – heart wood and sap wood.

<sup>2)</sup>B – brown rot fungus; W – white rot fungus.

性較邊材為優。由於此 2 種楠木之心材色澤明顯較邊材為深，因此，心材中含有較多量之抗腐朽菌成份應當是其耐腐性較好之主要原因。至於台灣雅楠之邊、心材耐腐性均比其它試材為優良，且邊、心材之間並無顯著差異。大葉楠、瑞芳楠及紅楠之邊、心材腐朽率亦無明顯差別。至於瓊楠，則心材腐朽率(68.8%)反而高於邊材(46.4%)，屬於性質較特別者。究其原因，主要是瓊楠心、邊材之外觀顏色並無明顯區別，且分佈亦不均勻。以致於在分別收集 2 部位木材時，邊材反而包含了抗白腐菌性質比較強之木材部份。再看褐腐菌之試驗結果，亦顯示竹葉楠及台灣賽楠之邊材腐朽率(21.4% ; 25.0%)比心材腐朽率(4.3% ; 8.5%)明顯為高。台灣雅楠之心、邊材腐朽率均極低，且腐朽率相近。大葉楠、瑞芳楠及紅楠之邊、心材腐朽率亦無顯著差異。瓊楠之心材腐朽率略高於邊材，但並無顯著差異。綜合而論，除了竹葉楠及台灣賽楠之心材耐腐性明

顯高於邊材外，其它試材之邊、心材間耐腐性差異並不明顯。此項結果與竹葉楠和台灣賽楠之心、邊材間具有顯著顏色差異之外觀情況正相符合。

五、應用 1% NaOH 水溶液萃取各種楠木材及 2 種腐朽材所得萃取物含量百分比列於 Table 6 中。由表中結果，獲知腐朽材之鹼萃取物含量均有增加趨勢。將試材之腐朽率分別與相對應之鹼萃取物增加百分比進行直線迴歸分析，如 Fig. 3 所示。白腐菌之  $r^2 = 0.450$ ，而褐腐菌  $r^2 = 0.883$ 。因此，可知褐腐菌 *L. s.* 分解木材所形成之鹼萃取成份(以小分子醣類為主)與腐朽程度具有密切相關性，也進一步證實褐腐菌乃是以分解纖維素為主要之木材劣解機制。另一方面，白腐菌 *C. v.* 因為同時分解木質素和纖維素，所以鹼萃取成份與腐朽率之相關性即不如褐腐菌。

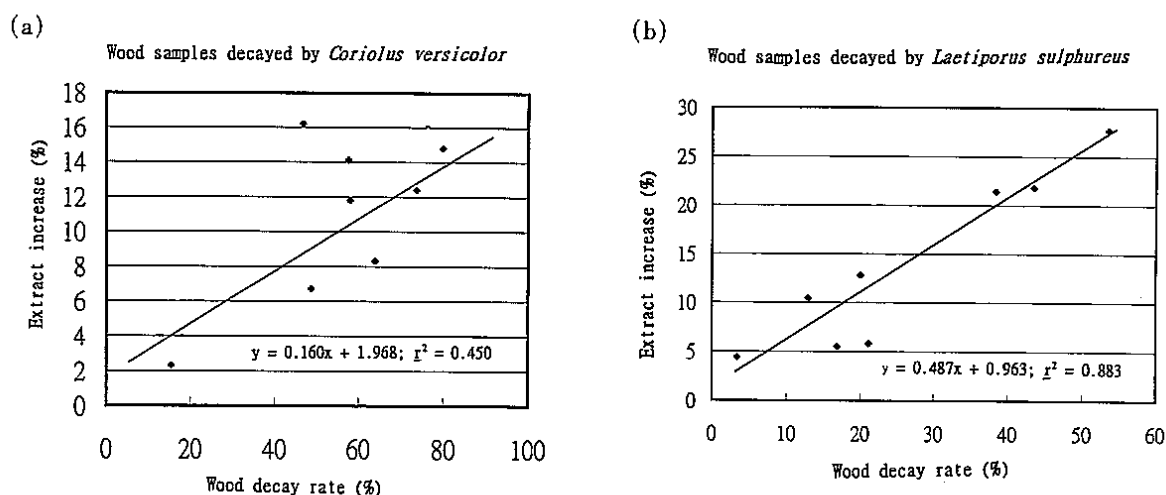


Fig. 3. Correlation between decay rates and alkaline-extract increases of wood samples decayed by white-rot and brown-rot fungi. (a) *Coriolus versicolor* - white-rot fungus; (b) *Laetiporus sulphureus* - brown-rot fungus.

Table 6. Percentages of alkaline extractive from un-decayed and decayed woods

Wood sample	Large-leaved machi	Incense machi	Red machi	Red bark slugwood	Nantou litsea	Konishi nathaphoebe	Taiwan phoebe	Maple wood
Percentage of alkaline extractives (%) <sup>1)</sup>								
Undecayed (A)	18.6	20.8	25.3	17.3	14.1	19.6	20.5	17.5
Decayed by fungus <i>C. v.</i> (B)	26.9	33.2	37.1	31.4	30.3	26.3	22.8	32.3
Percentage increase (B) - (A)	8.3	12.4	11.8	14.1	16.2	6.7	2.3	14.8
Decayed by fungus <i>L. s.</i> (C)	31.4	48.5	31.1	39.1	24.5	25.1	24.9	38.9
Percentage increase (C) - (A)	12.8	27.7	8.8	21.8	10.4	5.5	4.4	21.4

<sup>1)</sup>Alkaline solution is 1% NaOH.

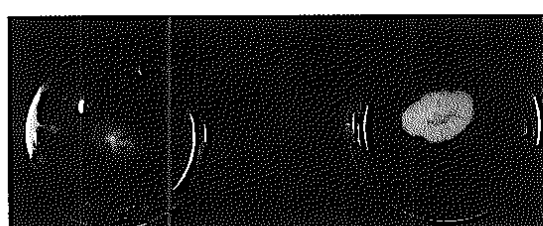
六、將台灣雅楠、台灣賽楠及竹葉楠 3 種木材製作成木粉，分別以正己烷、丙酮及甲醇 3 種溶劑順序萃取 300 g 木粉，所得之各部份萃取物重量百分率，如 Table 7 所示。由表中數據，得知萃取物總量以台灣雅楠最多 (9.09%)，其次為竹葉楠 (7.39%)，再次為台

灣賽楠 (6.10%)。將 3 種木材之總萃取物百分率與白腐菌及褐腐菌腐朽率做一對照，顯示萃取成份含量越高者，其耐腐性也相對比較優良。各項木材萃取物中，以丙酮萃取成份含量最高，所含百分率為台灣雅楠 5.76%，竹葉楠 4.27%，台灣賽楠 3.96%。將 3 種試材之丙酮



**Table 7. Solvent - extract percentages of 3 chosen woods**

Solvents	Taiwan phoebe	Nantou litsea	Konishi nathaphoebe
	Percent (% , w/w)		
N - hexane	0.32	0.20	0.33
Acetone	5.76	4.27	2.96
Methanol	3.01	2.92	2.81
Total	9.09	7.39	6.10



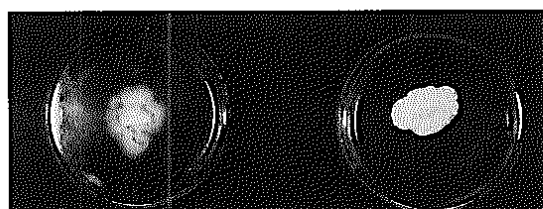
Taiwan Phoebe

Control



Nantou Litsea

Control



Konishi nathaphoebe

Control

**Fig. 4. Fungus - inhibition tests of acetone extracts (0.04%) from 3 woods, after 5 - d growth of *Coriolus versicolor* fungus in culture.**

萃取成份，以 0.04% (400 µg/mL) 濃度加入 PDA 培養基中，觀測白腐菌 *C. v.* 之生長情形，並以未添加萃取成份之培養基做為對照。經過 5 天後之生長狀況如 Fig. 4 所示。由圖中顯示之結果，獲知添加成份均會造成 *C. v.* 菌生長之明顯趨緩，證實此 3 種試材之丙酮萃取物具有抑菌效能。同時，從菌絲生長之情況，可看出台灣雅楠萃取成份之抑菌效果最強，其

次為竹葉楠，再次為台灣賽楠。此項觀測與 3 種試材之丙酮萃取物含量百分率順序一致，也與木材耐腐性試驗之結果頗為符合。

**結論**

一、對於本試驗中 7 種楠木試材，白腐菌 *C. v.* 所形成之腐朽情況均較褐腐菌 *L. s.* 為嚴重。

二、在 7 種楠木中，台灣雅楠抗白腐菌及褐腐菌腐朽之性質均為最優良者，而瑞芳楠對於此 2 種腐朽菌之抗力均為最差。其它耐腐性較優者為竹葉楠和台灣賽楠。

三、除了竹葉楠和台灣賽楠之心材耐腐力較邊材明顯為高外，整體而言，楠木木材之邊、心材耐腐性並無顯著差異。

四、木材腐朽率與腐朽材鹼萃取物增加量百分比之相關性分析結果，均符合白腐菌和褐腐菌對木材形成劣解之不同機制特性。

五、台灣雅楠、台灣賽楠及竹葉楠等 3 種楠木材之丙酮抽出成份均顯示抑白腐菌效能。

**謝誌**

本研究承蒙林試所蓮華池及六龜兩分所同仁協助試材之採集工作；保護系主任張東柱博士提供本試驗所使用之腐朽菌；陳玉秀及黃倩容兩位女士協助電子顯微鏡之觀測工作；謹在此一併誌謝。

## 引用文獻

- ASTM.** 1986. Standard method for accelerated laboratory test of natural decay resistance of wood. Standard D2017. Philadelphia, PA.
- Behr, E.** 1974. Decay resistance of Northern white cedar from a wet site in lower Michigan. Res. Rep. 229, Michigan State Univ. Agricultural Experimental Station, East Lansing, MI.
- Blanchette, R. A., L. Otjen, M. J. Efland, and W. E. Eslyn.** 1985. Changes in structural and chemical components of wood delignified by fungi. *Wood Sci. Technol.* 19: 35 - 46.
- Chen, Y. S.** 1992. The study on the inorganic cell inclusions and druse-like silica grains in the mature stems of *Calamus longisetus* Griff. *Bull. Taiwan For. Res. Inst. New Series* 7(2): 149 - 160. [in Chinese with English summary].
- Chien, C. T., Y. P. Kao, and T. P. Lin.** 1995. Effect of dry and wet storage on the seed viability of *Machilus konishii* Hay. *Bull. Taiwan For. Res. Inst. New Series* 10(3): 337 - 340. [in Chinese with English summary].
- Clark, K. W.** 1969. Natural decay resistance of fifteen exotic woods imported for exterior use. U. S. D. A. Forest Products Laboratory, Research Paper FPL103. Madison, WI.
- Clark, J. W., and T. C. Scheffer.** 1983. Natural decay resistance of the heartwood of coast redwood *Sequoia sempervirens* (D. Don). *Engl. For. Products J.* 33(5): 15 - 20.
- CNS.** 1981. Method of testing for decay of wood. 6717. National Bureau of Standards, Dept of Economics, ROC. [in Chinese].
- Deon, G.** 1983. About the relations between the natural durability of some tropical species and their extractives content. International Research Group on Wood Preservation, Document no.: IRG/WP/1208; Stockholm, Sweden 11 pp.
- Hart, J. H.** 1981. Role of phytoalexins in decay and disease resistance. *Annu. Rev. Phytopathol.* 19: 437 - 458.
- Highley, T. L., and T. K. Kink.** 1979. Mechanism of wood decay and the unique features of heartrots. *Phytopathology* 69(10): 1151 - 1153.
- Laks, P. E.** 1987. Flavonoid biocides: phytoalexin analogues from condensed tannins. *Phytochemistry* 26(6): 1617 - 1621.
- Lin, T. P., and C. T. Chien.** 1995. Desiccation intolerance in seeds of six species of *Machilus*. *Bull. Taiwan For. Inst. New Series* 10(3): 337 - 340. [in Chinese with English summary].
- Liu, Y. C., F. Y. Lu, and C. H. Ou.** 1994. Trees of Taiwan. Monographic Publication No. 7. College of Agriculture, National Chung-hsing Univ., Taichung, Taiwan, R. O. C. pp. 105 - 131. [in Chinese].
- Rayner, A. D. M., and L. Boddy.** 1988. Fungal decomposition of wood - its biology and ecology. Published by John Wiley and Sons, pp. 14 - 40; 122 - 130; 258 - 265; 411 - 436.
- Scheffer, T. C., and E. B. Cowling.** 1966. Natural resistance of wood to microbial deterioration. *Annu. Rev. Phytopathol.* 4: 147 - 170.
- Wang, C. L., S. J. Lin, and T. C. Hsien.** 1988. Variations in decay-resistance of heartwood from three *C. lanceolata* forms after sequential extractions with different solvents. *Bull. Taiwan For. Res. Inst. New Series* 4(1): 15 - 22. [in Chinese with English summary].
- Zabel, R. A., and J. J. Morrell.** 1992. Natural decay resistance (wood durability). Pages 399 - 411 in *Microbiology, decay and its prevention*. Academic Press, San Diego, Ca., USA.