

三種品系杉木心材經由不同 溶劑萃取後之耐腐性變異

王振瀾 林勝傑 謝堂州

摘要

本試驗將香杉，大點雨及杉木心材之天然耐腐性及經由不同極性溶劑萃取後之耐腐性加以測定，並探討其變異性。三種品系杉木均為來自蓮華池分所之人工栽培樹種，樹齡約13~14年。萃取溶劑順序為正己烷、乙醚、二氯甲烷、丙酮、甲醇及水。菌種則包括白腐菌 *Coriolus versicolor* 及褐腐菌 *Laetiporus sulphureus*。

結果顯示，白腐菌 *C. v.* 對於三種品系心材之腐朽性均較褐腐菌 *L. s.* 為強。比較各溶劑抽出量及抽取處理對試材腐朽率之影響，獲知抗菌成分主要存在於正己烷及丙酮抽出物中。另外，大點雨之乙醚抽出物，香杉之水萃取液中均可能含有抗菌成分，值得進一步分析研究。杉木試材經乙醚及二氯甲烷萃取後，腐朽率不升反降，其原因有待深入探討。

關鍵詞：香杉、大點雨、杉木、耐腐性、白腐、褐腐、溶劑。

王振瀾、林勝傑、謝堂州，1988，三種品系杉木心材經由不同溶劑萃取後之耐腐性變異，林業試驗所研究報告季刊，4(1)-15-22，

Variations in Decay-Resistance of Heartwoods from Three *Cunninghamia lanceolata* forms after Sequential Extractions with Different Solvents

Chen-lan Wang Shung-jai Lin Tang-chou Hsieh

[Summary]

The heartwood decay-resistances of three forms *Cunninghamia lanceolata* (var. *konishii*, forma *daiten-u*, and (Lamb.) Hook) were tested before and after sequential extractions with different solvents. All the *C. lanceolata* species were planted in Lien-hwa-chi, Nantou, of 13-14 years of age. The solvents used were n-Hexane, Ether, Dichloromethane, Acetone, Methanol and water. The fungi tested were *Coriolus versicolor* (white rot), and *Laetiporus sulphureus* (brown rot). It was shown that, for all three *C. lanceolata* forms, the white rot *C. v.* resulted in higher rot rate than the brown rot *L. s.* Considering the amount of extracts and the decay rate of extracted woods, the antifungus components should be mainly in the Hexane and Acetone extracts.

Besides, the ether extract of *C. l. forma daiten-u*, and the water extract of *C. l. var konishii* might also contain decay-resistant components.

The unusually low decay-rate of *C. l. (Lamb.) Hook* after being extracted by ether and dichloromethane deserves further investigation.

Key words: *Cunninghamia lanceolata* var. *konishii*, *C. lanceolata* forma *daiten-u*, *C. lanceolata* (Lamb.) Hook, Decay-resistance, *Coriolus versicolor* (white rot), *Laetiporus sulphureus* (brown rot), solvents.

1988年10月送審

1988年12月通過

主審委員：張上鎮
王益真

Wang, Chen-lan, Shung-jai Lin, Tang-chou Hsieh, 1988.

Variations in Decay-Resistance of Heartwoods from Three *C. lanceolata* forms after Sequential Extractions with Different Solvents. Bull, Taiwan For Res, Inst. New Series. 4(1): 15-22,

一、緒 言：

杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 為本省蓄積量最豐富的人工造林樹種，如何有效利用此項資源乃是當前林業重要課題。由於木材天然耐腐性能為利用過程中必要的一項參考因子 (王松永, 1981)，而杉木品系不同，此項性能是否有所差異？值得加以研究。本報告旨在提供有關香杉，大點雨及杉木三種主要造林品系天然耐腐性能之參考資料，除了比較素材間之差異，同時探討三種品系試材在經由不同極性溶劑順序萃取化學成分之後，其耐腐性之變異情形 (Deon, 1983)，奠定進一步尋求，分析和鑑定耐腐成分之基礎 (Hart and Hillis 1974, Highley, 1975, 1979; Scheffer and Cowling 1966)。

二、材料與方法：

(一)試材採集：由林試所蓮華池分所採集香杉 (*Cunninghamia lanceolata* var, *konishii*)，大點雨 (*C. lanceolata* forma *daiten-u*) 及杉木 (*C. lanceolata* (Lamb.) Hook,)，三種品系造林木，各 2 株。樹齡約 13~14 年。

(二)試材處理：每一株樹截成 1.6 公尺長段木，取根部算起之第二段，共計 6 段。待試材氣乾後，取心材部分，製成 3^{cm} × 3^{cm} × 0.3^{cm} 之正方形試片，共得 6 組試材，分別編號為香-1，香-2，大-1，大-2，杉-1 及杉-2。

(三)溶劑萃取處理 (Deon, 1983; Browing, 1967)：每組試片各選 280 片，稱重後，以不同極性之有機溶劑萃取成分，溶劑依序為正己烷、乙醚、二氯甲烷、丙酮、甲醇及水。抽取時間 12 小時。

萃取流程如下 (Deon, G. 1983)：

280片 → 40片不抽取 32片供耐腐性試驗 (C. v. 菌及 L. s. 菌各 16片)
4片測含水率，4片對照試驗

↓
240片

正己烷抽取 → 40片 分配如前段
↓
200片
乙醚抽取 → 40片 分配如前段
↓
160片
二氯甲烷抽取 → 40片 分配如前段
↓
120片
丙酮抽取 → 40片 分配如前段
↓
80片
甲醇抽取 → 40片 分配如前段
↓
40片
水抽取 → 40片 分配如前段

經過萃取後之試材，置於 20°C，RH68% 之溫濕控制達到平衡重後稱量之。另測其含水率，並依其含水率推算絕乾重。

(四)耐腐性試驗：(參考 ASTM 標準步驟進行) (ASTM 1981)

1. 培養基調製

培養基之配法	馬鈴薯	200g
	洋菜	18~20g
	糖	20g
	水	1000ml

將馬鈴薯切片加蒸餾水煮呈液狀，並過濾之，另將洋菜溶於水中與馬鈴薯溶液混合後，加入水至 1ℓ，即刻分裝於三角瓶中，以高溫，高壓殺菌釜 1.2kg/cm² 壓力，120°C 下進行殺菌處理 1hr，後分別移入培養皿中。再將白腐菌 (*Coriolus versicolor*) 簡稱 C.v. 及褐腐菌 (*Laetiporus sulphureus*) 簡稱 L.s. 菌分別植入培養皿中，繁殖菌種絲，以 24±2°C，RH70~75% 之培養箱培養。(上述兩種菌，係採用本所原有菌種)。

2. 培養瓶之準備

(a) 採用廣口玻璃瓶，口徑 6 公分，腰徑 8 公分，於鐵蓋中心位置鑿約 0.5~0.6 公分之孔徑，並以棉花塞之，供通氣之需。

(b) 另取位於植物園邊之泥土為培養基材，PH 值為 6.75，保水率 24.2%，泥土均風乾，並測定其

含水率為2.06%。

(c)稱取泥土200g裝入廣口瓶中，輕敲幾下使土平整，並依下列公式計算，加入適當蒸餾水：

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

A：土壤之保水率

B：氣乾土壤之含水率

C：培養瓶內之土壤氣乾重

待加入之蒸餾水完全吸收水後，放入 TOYO NO 2 定性濾紙 (φ 7 公分) 一張，再於培養瓶中心放入接種木片 (6.5×6.5×0.1cm 核桃木)，蓋上鐵蓋再於其上覆一層鋁箔紙，以防止雜菌侵入，然後整瓶放入殺菌槽中殺菌，以高溫高壓 1.2kgf/cm² 壓力，120° C 溫度殺菌 1 hr，待冷卻後移入無菌室中，由培養基中，挖取直徑約 0.8cm 之菌塊接種於培養瓶內之木片正中央，蓋上瓶蓋與鋁箔紙後，移入 24±2° C，RH 約 70~75% 之培養箱內，培養 4 星期後，待菌絲佈滿後即表示菌種活力旺盛，即可進行耐腐性試驗。

3. 試材耐腐性之觀測

將試材經調濕並測定重量後，放入高壓蒸汽殺菌釜中，以壓力 1.2kgf/cm²，溫度 120° C，時間 30min，冷卻後於無菌室內，將此等試材以橫切面平放於覆滿菌絲之培養瓶內的接種木片上，並經歷使木片與菌絲充分接觸。每一瓶放二片萃取方法相同而不同株之試材，以利腐朽處理後辨認不同株之差異。

試材置入後之培養瓶仍放回溫度 24±2° C，RH 70~75% 之培養箱培養，經過 22 週後，即停止試驗，進行殺菌工作，將試材由瓶內輕輕挑起，再放入溫控室調濕至重量不變時為試材培養腐朽後之重量。

4. 試驗數據之計算及統計分析

比較耐腐試驗前後之試片重量，計算其減少重量百分率即代表腐朽率。並以統計分析將 16 片試材，取有效樣本試材 12 片探討品系間，菌種間及各抽取處理方法所導致耐腐性改變之顯着性。(統計結果附於文後)

三、結果與討論：

(一)各組試材：(香-1, 香-2, 大-1, 大-2, 杉-1及杉-2) 經由不同極性溶劑(正己烷、乙醚、二氯甲烷、丙酮、甲醇及水) 順序抽取後，所得之抽出物百分比列於表一。重量百分比為每一溶劑抽出物之重量除以試材絕乾重所得之比值。

由試驗結果，大致上可以了解各試材均以正己烷和丙酮所萃取之抽出物量較多(1.20%以上)。再次為甲醇和水(大約在0.7%~1.7%)，乙醚和二氯甲烷抽出量最少(0.3%~0.7%)。

正己烷之抽出成分，主要係非極性及低極性之油脂，長鏈烷及萜類化合物，此類成分在木材中含量極豐，可由其抽出量得以證實。隨着溶劑極性之增高，各類極性化合物逐漸被抽出。丙酮和甲醇萃取物中；可能含有酚類化合物(如黃酮類、萜類、

表一 試材經由不同溶劑順序萃取之抽出物百分比

重量百分比(%) (W/W)	正己烷	乙 醚	二氯甲烷	丙 酮	甲 醇	水	總抽出物百分比
香 杉 第 一 株	1.23	0.40	0.60	1.21	1.03	1.20	5.67
香 杉 第 二 株	1.24	0.53	0.50	1.20	1.91	1.84	7.22
大 點 雨 第 一 株	1.24	0.84	0.54	1.36	1.62	1.62	7.22
大 點 雨 第 二 株	1.31	0.70	0.41	1.17	1.04	0.95	5.58
杉 木 第 一 株	1.33	0.50	0.49	1.17	1.04	1.67	6.20
杉 木 第 二 株	1.36	0.59	0.35	1.40	0.74	1.09	5.53

表二 各項試材對白腐菌 (C. v.) 之耐腐性比較

平均腐朽率* (%)	未處理	正己烷	乙 醚	二氯甲烷	丙 酮	甲 醇	水
香 杉 第 一 株	13.57 (5.04)**	28.47 (3.79)	29.23 (4.22)	27.28 (2.93)	31.28 (3.87)	26.22 (9.15)	37.81 (5.19)
香 杉 第 二 株	22.76 (6.17)	26.56 (6.00)	30.74 (4.59)	34.67 (6.34)	36.46 (7.75)	32.14 (14.18)	46.23 (11.11)
平 均 值	18.17 (7.27)	27.52 (5.11)	29.99 (4.47)	30.98 (6.17)	33.87 (6.65)	29.18 (12.30)	42.02 (9.64)
大點雨 第 一 株	17.08 (5.83)	26.91 (7.32)	30.08 (9.00)	27.12 (8.47)	26.12 (12.61)	25.16 (9.84)	24.87 (10.53)
大點雨 第 二 株	19.21 (9.60)	26.67 (8.76)	25.52 (10.79)	25.59 (9.37)	28.17 (14.39)	23.52 (9.81)	17.68 (9.10)
平 均 值	18.15 (8.01)	26.79 (8.07)	27.80 (10.19)	26.36 (8.96)	27.15 (13.57)	24.34 (9.86)	21.28 (10.48)
杉 木 第 一 株	25.71 (6.98)	30.55 (5.56)	26.95 (6.74)	18.68 (8.52)	33.74 (3.12)	30.12 (8.97)	31.76 (7.91)
杉 木 第 二 株	8.06 (7.25)	15.39 (7.15)	13.15 (7.05)	11.48 (6.92)	23.08 (2.62)	24.72 (7.06)	23.46 (7.99)
平 均 值	16.89 (11.34)	22.97 (9.92)	20.05 (9.76)	15.08 (8.56)	28.41 (6.06)	27.42 (8.51)	27.61 (8.97)

*經由22週耐腐性觀察後測定

**括號內數值為標準誤差

表三 各項試材對褐腐菌 (L. s.) 之耐腐性比較

平均腐朽率* (%)	未處理	正己烷	乙 醚	二氯甲烷	丙 酮	甲 醇	水
香 杉 第 一 株	4.78 (2.62)**	11.41 (2.65)	10.39 (5.02)	11.10 (3.45)	14.81 (3.25)	13.34 (4.23)	9.94 (1.78)
香 杉 第 二 株	7.80 (3.98)	8.69 (2.95)	6.42 (5.31)	9.06 (3.71)	11.68 (3.12)	11.72 (3.40)	5.94 (3.52)
平 均 值	5.93 (3.56)	10.05 (3.12)	8.41 (5.54)	10.08 (3.72)	13.25 (3.55)	12.53 (3.92)	7.94 (3.43)
大點雨 第 一 株	3.73 (1.98)	16.14 (4.51)	17.43 (5.63)	16.75 (7.50)	16.48 (3.97)	18.63 (3.49)	17.32 (5.09)
大點雨 第 二 株	8.79 (4.65)	11.12 (2.88)	10.49 (3.83)	10.56 (4.98)	14.98 (5.47)	14.61 (3.24)	13.30 (3.77)
平 均 值	6.26 (4.38)	13.63 (4.54)	13.96 (5.93)	13.66 (7.08)	15.73 (4.84)	15.38 (3.92)	15.31 (4.91)
杉 木 第 一 株	17.17 (6.78)	22.51 (6.23)	12.36 (6.12)	15.46 (6.50)	20.71 (3.78)	18.46 (6.47)	18.03 (5.54)
杉 木 第 二 株	3.11 (1.63)	4.22 (1.86)	5.79 (2.22)	8.19 (2.93)	10.81 (3.80)	9.81 (6.13)	4.91 (3.50)
平 均 值	10.14 (8.59)	13.37 (10.24)	9.08 (5.66)	11.83 (6.22)	15.76 (6.23)	14.14 (7.64)	11.47 (8.03)

*經由22週耐腐性觀察後測定

**括號內數值為標準誤差

草酚類等)，脂肪酸，固醇及部份單寧化合物。

最後以水為溶劑，則將單寧，醣類、澱粉、半纖維素等成分萃取出來 (Browning, 1967)。

(二)各項經溶劑萃取處理之試材及未抽取之素材，參考 ASTM 標準耐腐性試驗步驟探討其耐腐性變異，所得有關白腐菌 (*Coriolus versicolor*) 及褐腐菌 (*Laetiporus sulphureus*) 之試驗結果分別列示於表二及表三。經由統計分析，了解各品系間，各溶劑間，及各菌種間之差異均為顯着 (P > F 值為 0.0001)。

另將香杉，大點雨及杉木三品系試材之耐腐性變化分別顯示於圖 1 至圖 3。

(三)比較白腐菌 *C. v.* 與褐腐菌 *L. s.* 對杉木試材腐朽性能之不同，很明顯地，前者之危害較嚴重，並且對三種品系試材均有類似影響。素材 (未處理材) 在 *C. v.* 菌中平均腐朽率為：香杉 18.2%，大點雨 18.1%，杉木 16.9%；在 *L. s.* 菌中為：香杉 6.3%，大點雨 6.3%，杉木 10.1%。由此，可知三種品系杉木素材之天然耐腐性並無明顯差異。

(四)觀察每一試材經由溶劑萃取處理後之耐腐力變化，得知經由正己烷及丙酮萃取後之腐朽率均呈現增加，其中，唯丙酮處理之大-1 試材例外。由於抽出物量亦以正己烷及丙酮兩溶劑最多，可知耐腐性成分主要存在於此兩抽出部份，應當進一步分析鑑定 (Deon, 1983; Schefer and Cowling 1966)。

在正己烷之後，以乙醚及二氯甲烷兩溶劑抽取，試材腐朽率大致為水平變化，所例外者，有大-1

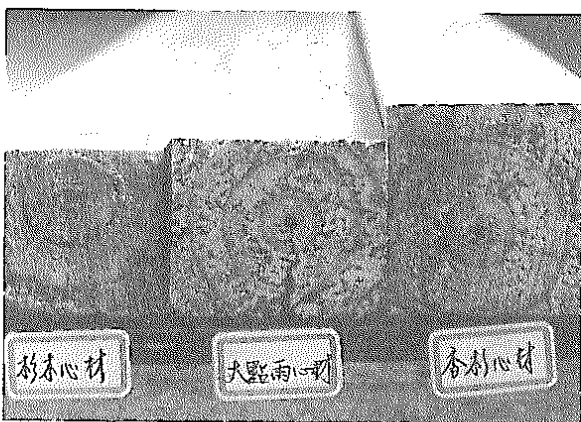
試材及杉-1 試材。前者乙醚抽取後腐朽率驟增，對 *C. v.* 菌之變化特別顯明。後者經乙醚及二氯甲烷抽取後，腐朽率 (包括 *C. v.* 菌及 *L. s.* 菌) 再反降。因此，大-1 試材之乙醚抽出物可能含有耐腐成分，值得再進一步分析。至於杉-1 試材經乙醚及二氯甲烷萃取而導致腐朽率明顯下降，則可能有三種原因：第 1，菌種本身生長不良，活性較差。第 2，乙醚及二氯甲烷將有利於菌種生長之成分抽出。第 3，此兩項溶劑存留於杉木組織中，與某些部位結合性良好，甚而發生固着反應，呈現耐腐效應。以上三種假設有待更深入之研究來證實。

(五)觀察以甲醇及水抽取各類試材成分之結果，發現香杉因菌種之不同而變化有異；在白腐菌 *C. v.* 中，甲醇抽取試材腐朽率稍降，而水抽取後則腐朽率陡然增大。反之，在褐腐菌 *L. s.* 中，則經甲醇及水抽取後，腐朽率均呈下降趨勢。

大點雨試材經甲醇及水萃取處理後，在 *C. v.* 菌中之腐朽率呈下降或無明顯改變之情況，而在 *L. s.* 菌之腐朽率則無明顯改變。

觀察杉木試材，得知甲醇及水萃取處理，對於試材腐朽率之影響均不大，僅杉-2 材經水萃取後，*L. s.* 菌腐朽率顯着下降。

由以上之結果，得知香杉之水抽取液中可能含有抗 *C. v.* 菌成分，是否為單寧類化合物，仍有待進一步探討。另一方面，由於水能將木材中醣類，澱粉、半纖維素等具營養價值之成分萃取出來，不利於菌類生長，故而導致木材腐朽率降低。



↑三種品系杉木大點雨香杉心材截面圖



↑三種品系杉木大點雨香杉心材側面圖

SAS

ANALYSIS OF VARIANCE PROCEDURE
CLASS LEVEL INFORMATION

CLASS LEVELS VALUES

SP 3 FORM1 FORM3 FORM2
TREAT 7 NOTREAT ACETONE DCM ETHER HEXANE METHYL WATER
FUNG 2 C. V. L.S.

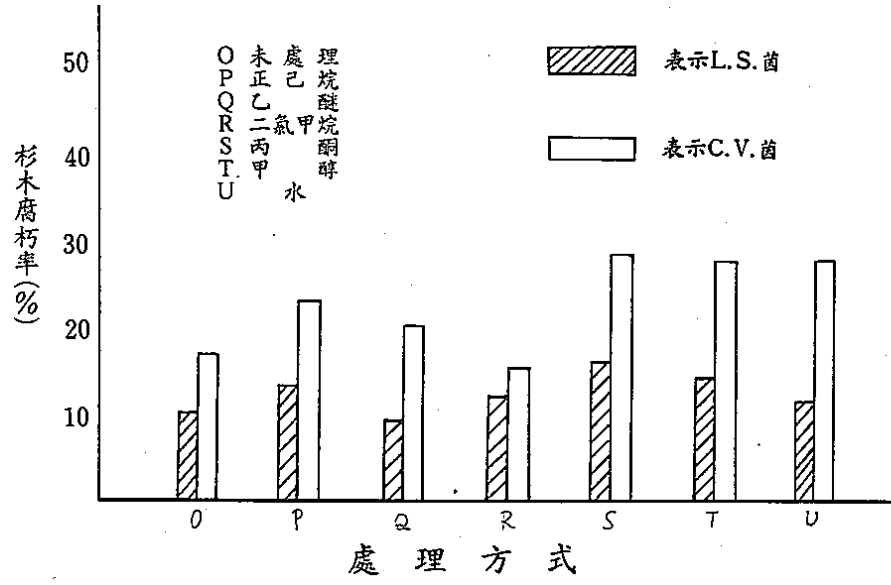
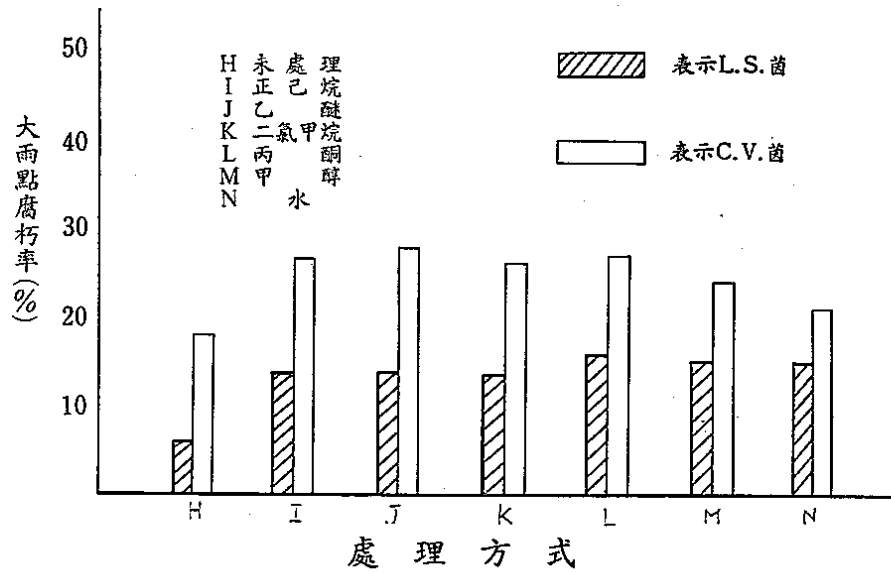
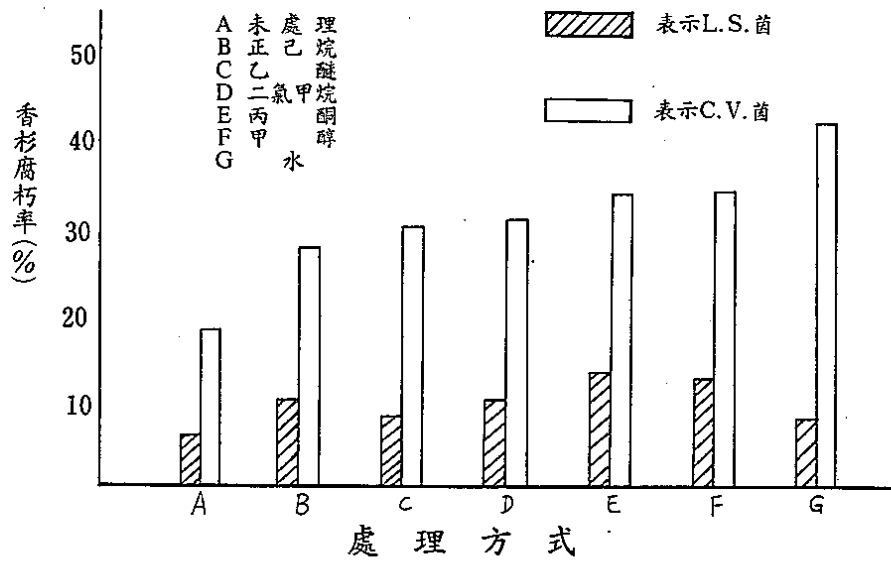
NUMBER OF OBSERVATIONS IN DATA SET = 1008

SAS

ANALYSIS OF VARIANCE PROCEDURE

DEPENDENT VARIABLE: RATE

SOURCE	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F VALUE	HR>F	R-SQUARE	C.V.
MODEL	41	73320.47650557	1788.30430501	29.75	0.0001	0.558016	41.0672
ERROR	966	58074.36441666	60.11838967			ROOT MSE	RATE MEAN
CORRECTED TOTAL	1007	131394.84092223				7.75360495	18.88027778
SOURCE	DF	ANOVA SS	F VALUE	PR>F			
SP	2	1161.23009973	9.66	0.0001			
TREAT	6	8513.18465973	23.60	0.0001			
FUNGI	1	49391.16000357	821.56	0.0001			
SP*TREAT	12	3262.02134027	4.52	0.0001			
SP*FUNGI	2	5283.14263274	43.94	0.0001			
TREAT*FUNGI	6	1725.58748393	4.78	0.0001			
SP*TREAT*FUNGI	12	3984.15037559	5.52	0.0001			



四、結論及建議：

(一)對於三種品系之杉木樹材(心材)，白腐菌(*Coriolus versicolor*)均較褐腐菌(*Laetiporus sulphureus*)之腐朽性強。而三品系素材間之天然耐腐性則無顯着差異。

(二)比較各溶劑抽出物量及抽取處理對於試材腐朽率之影響，獲知抗菌成分主要存在於正己烷及丙酮抽出物中。

大點雨試材之乙醚抽出成分顯示有抗菌(包括C. v.及L. s.兩種菌)效力。

香杉之水萃取液中可能含有抗C. v.白腐菌成分，亦值得研究，探討。以上各抽取成分均值得進一步分析，研究。

(三)杉木試材經乙醚及二氯甲烷萃取後，腐朽率不升反降。產生此項變化之原因則有待深入探討後，當可獲得明確之答案。

參政文獻

- 王松永 1981 談防止木材劣化之重要性 台灣林業，7(7)：1~3。
American Society for Testing and Materials. 1981.

Standard Method for accelerated laboratory test of natural decay resistance of wood. Standard D. 2017-63, ASTM. Philadelphia, PA.

Browning, B. L. 1967. Methods of Wood Chemistry. Vol. I, Interscience, New York, 384 pp.

Deon, Gerard. 1983. About the relations between the natural durability of some tropical species and their extractives content. The International Research Group on Wood Preservation.

Hart, J. H. and W. E. Hillis. 1974. Inhibition of Wood-Rotting Fungi by Stilbenes and other polyphenols in Eucalyptus sideroxylon. Phytopathology, 64, pp. 939-948.

Highley, T.L. 1975. Can Wood-Rot Fungi Degrade Cellulose Without other Wood Constituents? Forest Product Journal. 25(7), pp. 38-39.

Highley, T. L. and T. Kent Kink. 1979. Mechanism of Wood Decay and the unique Features of Heartrots. Phytopathology, 69(10), pp. 1151-1153.

Scheffer, T. C. and E. B. Cowling. 1966. Natural Resistance of Wood to Microbial Deterioration. Annual Review of Phytopathology, Vol. 4, pp. 147-170.