

台灣杉木材的

抗腐朽菌成分與活性

◎張上鑽／台灣大學森林學研究所
吳季瑛／台灣大學森林學研究所
王升蘭／中央研究院生物農業研究所籌備處

一、前言

當年，許多人造材料陸續被開發出來時，便有人預言這些經由工廠合成而大量生產之新材料，將會取代傳統的木質材料而成為建築、內裝、家具等之主流材料。但是上述預言並未成真，事實證明人類對木材的使用量有增無減。人類之所以喜愛使用木質材料，乃因木材給予人們自然舒適的感受是無可取代的，又誠如你我所熟知的，木材具有許多優異的性能，如紋理與色澤自然高雅、氣味芳香獨特、觸感溫涼適宜、可調節居住環境之溫溼度…等特性，特別是其所具備之生物機能如吸脫濕效能等，並不因其由林木被伐採製材而消失；另外，木材所呈現出之紋理色澤及吸收紫外光之特性，更給予我們最自然舒適的視覺感受，這也是人們樂於使用木材的重要理由之一。



照片1 台灣杉心材之正己烷(Hex)、氯仿(Chl)、乙酸乙酯(EA)及甲醇(MeOH) 4個可溶部抽出物的抗白腐菌之結果

無可諱言的，也由於木材是由纖維素、半纖維素及木質素所構成之生物性材料，因此有先天上的缺點，如：易受生物劣化而產生降解、受環境中水分的影響而產生尺寸不安定、吸收紫外光而產生光劣解、易燃等問題。就一個林產學家而言，如何延長木製品的使用年限是一項極為重要的研究課題。經驗告訴我們，在選擇建築、家具材料時，如能使

用某些特別的樹種，則可使製品之使用年限延長。木材的天然耐久性(Durability)或耐腐朽性(Decay resistance)依樹種不同而有很大的差別，在同一樹種中又以心材的耐腐朽性較佳。一般而言，木材主成分之組成及含量雖會因樹種的不同而有些許的差異，在正常的情況下主成分之差異並不明顯，但抽出成分則因樹種之不同，而有相當大的不同。台灣地處亞熱帶，在得天獨厚之氣候與多變化的地形條件下，蘊育了豐富且多樣化之樹種，其中，更不乏世界知名之珍貴樹種，如紅檜、台灣扁柏、台灣杉、樟木...等。台灣杉(*Taiwania cryptomerioides* Hayata)為臺灣原產重要經濟樹種之一，與銀杏(*Ginkgo biloba*)，世界爺(*Sequoiadendron giganteum*)及水杉(*Metasequoia glyptostroboides*)同屬中生代與新生代第三紀子遺植物，為世界珍貴之樹種。就木材性質而言，臺灣杉的木理通直，木肌細緻美麗，材質輕軟，加工性質極為良好，且其心材具有美麗的黃紅色紋理，頗具特色。此外，木材使用者所關心之耐候性、耐腐朽性及抗白蟻性等，臺灣杉均與檜木類相當，同屬性能優越之材種。又因其具有木理通直，木肌細緻美麗，材質輕軟易於鋸割等優點，加工性質極為良好，可作為建築、家具、防眩版、門板、合板及薄板等用材。不論是台灣杉心材所呈現出之黃紅色紋理，或是其所表現出之優異耐腐朽性，這都是台灣杉心材中含有種類

繁多且具有高生物活性(Bioactivity)成分所致。

二、台灣杉的抗腐朽菌活性

近些年來，本研究室(木材化學及塗料研究室)除積極分離台灣杉心材中之成分，利用光譜分析鑑定其結構外，亦針對台灣杉木材性質與抽出成分間之相關性進行研究。其中，為了解台灣杉之抽出成分與其耐腐朽性的相關性，我們乃以甲醇萃取27年生台灣杉心材，在最初的萃取過程中得到紅色的萃取液，整個萃取過程係經反覆置換6次新鮮甲醇溶劑後直到萃取液呈無色為止。經減壓蒸餾後所得之甲醇抽出物，再分別依溶劑極性大小順序：正己烷、氯仿、乙酸乙酯及甲醇等進行初步分離，將台灣杉心材甲醇抽出物初步分離成正己烷可溶部(Hex)、氯仿可溶部(Chl)、乙酸乙酯可溶部(EA)及甲醇可溶部(MeOH)，試驗結果得知台灣杉心材甲醇抽出物之含量6.6%，各個分離部中則以Hex的含量最高(2.4%)，MeOH的含量次之(2.0%)，接下來則是Chl的含量(1.3%)，而EA的含量(0.5%)最低。

至於抗腐朽菌試驗係參考CNS 6717-O2017的方法進行，將初步分離之4個可溶部添加於培養基中，並以CNS標準菌種：褐腐菌 *L. sulphureus* 與白腐菌 *C. versicolor* 進行抗腐朽菌活性試驗，試驗結果以抗菌指數(Antifungal index)和抑制

表1. H1-H7及E1-E13分離部 (100 μ g/ml)之抗腐
朽菌指數

試樣	抗腐朽菌指數	
	<i>C. versicolor</i>	<i>L. sulphureus</i>
H1	17.6	15.3
H2	18.0	16.1
H3	32.5	38.0
H4	19.6	25.9
H5	53.7	60.8
H6	23.5	29.0
H7	13.7	22.7
E1	3.5	0
E2	28.2	47.1
E3	62.9	100
E4	23.5	38.2
E5	35.3	52.4
E6	17.1	24.7
E7	13.5	44.7
E8	8.2	17.6
E9	15.9	11.2
E10	14.1	0
E11	0	0
E12	0	0
E13	2.9	0

50 %生長的濃度值 (Inhibition concentration, IC_{50})表示之。抗菌指數愈大表示抗菌活性愈強(即抗菌效果愈好)；而抗菌活性愈強，則抑制50 %生長的濃度值會愈小。

由試驗結果(圖1)得知4個可溶部在100 μ g/ml的濃度下，對*L. sulphureus*之抗菌指數大小順序分別為：Hex (64.1) > EA (58.8) > Chl (56.8) > MeOH (43.5)；而對*C. versicolor*則為：EA (51.5) > Hex (27.1) > Chl (20.4) > MeOH (11.5)。此結果顯示，正己烷可溶部(Hex)及乙酸乙酯可溶部(EA)所含的成分均具有較強之抗腐朽菌活性(照片1)，所以我們再將正己

烷可溶部和乙酸乙酯可溶部進行成分的分離。正己烷可溶部在濃縮過程中，當萃取液體積濃縮至50 %左右，濃縮瓶底部會析出橘黃色的結晶，此結晶收集後經乙酸乙酯及丙酮反覆再結晶得一純化合物，此化合物經由光譜分析鑑定為Taiwanin A，其結構並重新確定如圖2所示。

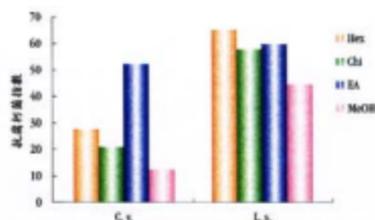


圖1 台灣杉心材甲醇抽出物4個可溶部 (100 μ g/ml)之抗腐朽菌指數

此外，正己烷可溶部和乙酸乙酯可溶部之進一步分離係利用矽膠管柱層析，分離成H1-H7及E1-E13等20個分離部。該等20個分離部之抗菌活性如表1所示，H5分離部在濃度100 μ g/ml時對褐腐菌*L. sulphureus*及白腐菌*C. versicolor*之抗菌指數分別為60.8和53.7，E3分離部對*L. sulphureus*之抗菌指數為100.0，E5分離部對*L. sulphureus*之抗菌指數為52.4，均較其他分離部為高，因此，筆者續利用HPLC進一步分離H5、E3及E5分離部中之成分。由這些具抗腐朽菌活性之正己烷可溶部、正己烷可溶部之H5分離部、與乙酸乙酯可溶部之E3及E5分離部，共

分離獲得4種木酚素- Taiwanin A, Savinin, Taiwanin C, Helioxanthin, 2種倍半 類- 萜 α -Cadinol和 α -Cedrol, 及3種二類- Ferruginol, Hinokiol和Sugiol (圖2)。

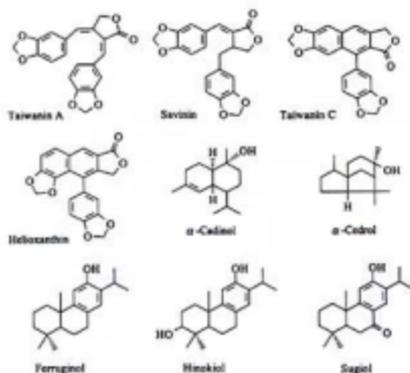


圖2 台灣杉心材甲醇抽出物所分離出9種成分的結構式

為進一步瞭解這些成分之抗菌效果，便將收集之9種成分進行抗白腐菌與褐腐菌試驗。圖3為9種成分對 *C. versicolor* 白腐菌及 *L. sulphureus* 褐腐菌之抗菌效果比較。9種成分在 $100 \mu\text{g/ml}$ 的濃度下，對 *C. versicolor* 之抗菌指數大小順序分別為： α -Cadinol (100.0) > Ferruginol (50.1) > Taiwanin C (48.6) > Savinin (38.8) > α -Cedrol (32.1) > Helioxanthin (29.8) > Hinokiol (26.2) > Sugiol (20.8) > Taiwanin A (19.0)；對 *L. sulphureus* 則為： α -Cadinol (100.0) > Taiwanin C (66.3) > Savinin (56.0) > Ferruginol (51.3) > Helioxanthin (34.5) >

α -Cedrol (32.1) > Hinokiol (27.5) > Taiwanin A (19.0) > Sugiol (8.8)。由此可知， α -Cadinol具有極強之抗腐菌活性，於 $100 \mu\text{g/ml}$ 的濃度下可完全抑制 *C. versicolor* 及 *L. sulphureus* 的生長(照片2)。此外，Ferruginol對 *C. versicolor* 和 *L. sulphureus* 的 IC_{50} 值均為 $100 \mu\text{g/ml}$ ；而 Savinin及 Taiwanin C對 *L. sulphureus* 的 IC_{50} 值為 $100 \mu\text{g/ml}$ 。

三、結語

臺灣杉為台灣原產之經濟樹種，亦是重要的造林樹種，具有極佳的耐腐朽性及抗白蟻性。為了解台灣杉心材的抽出物與其耐腐朽性之相關性，我們將27年生台灣杉心材以甲醇萃取，經減壓蒸餾後所得之甲醇抽出物，再分別依溶劑極性大小順序：正己烷、氯仿、乙酸乙酯及甲醇等進行初步分離，而將台灣杉心材甲醇抽出物初步分離成正己烷可溶部(Hex)、氯仿可溶部(Chl)、乙酸乙酯可溶部(EA)及甲醇可溶部(MeOH)。續將具有較強抗腐朽菌活性之正己烷可溶部和乙酸乙酯可溶部進行成分的分離，並將分離所得4種木酚素- Taiwanin A, Savinin, Taiwanin C, Helioxanthin, 2種倍半-類 α -Cadinol和 α -Cedrol, 及3種二類- Ferruginol, Hinokiol和Sugiol進行抗腐朽菌活性試驗，得知此9種成分中 α -Cadinol, Ferruginol, Savinin及 Taiwanin C 有極強之抗腐朽菌活性。其中， $100 \mu\text{g/ml}$ 濃度 α -Cadinol可完全抑制白腐菌(*C.*

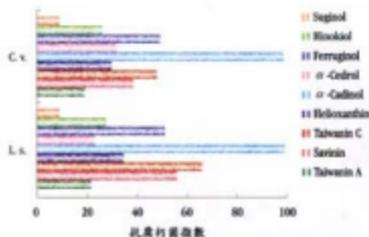
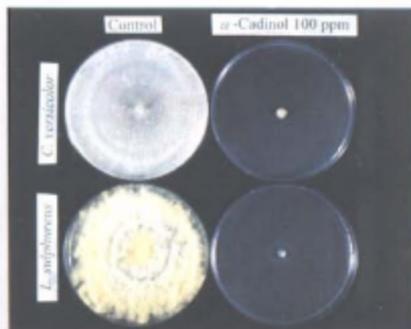


圖3 臺灣杉心材中9種抽出成分的抗腐朽菌指數

versicolor)及褐腐菌(*L. sulphureus*)之生長，顯示出極強之抗腐朽菌活性，頗具繼續研究與應用的價值。此外，台灣杉(甚至本土樹種包括台灣扁柏、台灣肖楠等)抽出成分之抗細菌、抗蟲、抗白蟻、抗腫瘤等生物活性的研究值得我們重視，並加強研究，如能將具生物活性的成分分離、收集，瞭解其作用及機制，不但可延長木材的使用年限，符合森林永續經營利用之原則，更可開拓林木保健、醫療等功效，賦予森林新的價值與利用方向。

四、參考文獻

- ◆ 王升陽、張上鎮、蘇裕昌、郭悅雄 (1997) 臺灣杉抽出成分之研究。國立臺灣大學農學院實驗林研究報告。11(4): 1-15。
- ◆ 張上鎮、吳季玲、王升陽、蘇裕昌、郭悅雄 (1998a) 臺灣杉心材抗菌性成分之研究(I) 正己烷可溶部抗菌成分之分離與鑑定。林產工業17(2): 287-304。



照片2 台灣杉心材中 α -Cadinol 的抗白腐菌(*C. versicolor*)及抗褐腐菌(*L. sulphureus*)之結果

- ◆ 張上鎮、吳季玲、王升陽 (1998b) 抗腐朽木材之抽出成分。國立臺灣大學農學院實驗林研究報告12(4): 317-329。
- ◆ Chang, S.-T., S.-Y. Wang, Y.-C. Su, and Y.-H. Kuo (1998) Chemical constituents and mechanisms of discoloration of Taiwania (*Taiwania cryptomerioides* Hayata) heartwood-(I) The structure reconfirmation and conversion mechanism of Taiwanin A. *Holzforchung* 53 (2): 142-146.
- ◆ Chang, S. -T., S. -Y. Wang, C. -L. Wu, Y. -C. Su, and Y. -H. Kuo. (1999) Antifungal compounds in the ethyl acetate soluble fraction of the extractives of Taiwania (*Taiwania cryptomerioides* Hayata) heartwood. *Holzforchung* 53 (5): 487-490. ◆