



# 符合環保要求的 天然抗白蟻成分

◎張上績、鄭森松 /

國立台灣大學森林學研究所

### 一、前言

台灣位於亞熱帶地區，屬於高溫多雨的海島型氣候，此種環境極適合白蟻的生長與繁殖，因此，未經適當保護處理之木質材料很容易受到白蟻的啃食而破壞。事實上，台灣的住宅經常可發現地板、天花板、書櫃、屋樑等家具受到白蟻破壞，不但造成財物上的損失，也使人們的生命受到威脅。其實不僅僅台灣如此，世界上還有許多國家也深受其害，如日本神戶大地震造成慘重的傷害，災後檢討發現許多房屋之倒塌原因，主要是因木質材料早就受到白蟻的威脅。根據Edwards和Mill於1986年的估算，全世



界各國花費在防止白蟻危害木質構造用材的經費約20億美金，而單在美國，白蟻危害所造成屋主的損失大約為7.5億至15億美金。由此可見，白蟻危害所造成的損失相當嚴重。為了有效的防治白蟻危害，所以各國的學者專家也紛紛致力於尋找有效的防治方法。目前，國人在防治白蟻是採用真空加壓的方式將殺白蟻藥劑（如有機磷化合物、陶斯松、銻化磷酸酯...等）注入木材

中，或者對建築物四周的土壤進行消毒處理，這樣雖可獲得良好的效果，然而，大量使用殺白蟻藥劑，在處理過程及處理後往往造成環境污染、公害及對

人體健康產生不良影響等問題。

根據前人的經驗告訴我們，在選擇建築、家具材料時，若能採用某些特別的樹種如：紅檜、臺灣扁柏、檫木……等，除了具芳香的氣味，美麗的色澤外，另一重要的特點是這些製品的使用年限較長。事實上，上述的特性乃因這些木材中蘊存著一些特殊成分而造成，又由於這些特殊成分的存在，亦可能對白蟻產生忌食效應，或是白蟻因接觸或嗜食某些抽出成分而死亡。因此，若能從具有防止白蟻侵害或殺死白蟻的樹木中，積極地分離精製出具抗白蟻的天然成分，並予以利用，這樣不但可以抑制白蟻的災害，且能合乎自然環保之原則，同

時亦擴展木材特產物的利用。以下就以台灣貴重針葉五木中的台灣杉為例，簡單說明其抗白蟻活性及探討開發成符合環保要求的天然抗白蟻成分之潛能。

## 二、台灣杉的抗白蟻活性

近些年來，本研究室（木材化學及塗料研究室）除了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，亦從事台灣杉抽出成分與木材性質相關性的研究，獲得了一些具體成果。

不但分離鑑定出與心材顏色有關的抽出成分，並了解台灣杉心材容易變色的原因與部份變色機制，此外，也證實心材甲醇抽出物中的成分具有抗真菌（耐腐朽）、抗細菌、抗室塵、抗腫瘤等之生物活性。至於台灣杉成分的抗白蟻活性如何？到目前為止，國內林產界的學者專家只略知台灣杉木材具抗白蟻活性，但為何它具抗白蟻活性，其原因就不得而知，因此，為瞭解台灣杉木材

表 1 台灣杉心、邊材木塊抗台灣家白蟻的活性評估

試樣	白蟻死亡率 (%) <sup>a</sup>	重量損失率 (%) <sup>a</sup>	
邊材	未萃取	48.0 ± 2.0 <sup>b</sup>	1.3 ± 0.1 <sup>c</sup>
	萃取後	43.0 ± 1.2 <sup>c</sup>	7.8 ± 0.2 <sup>b</sup>
心材	未萃取	57.0 ± 2.3 <sup>a</sup>	1.1 ± 0.1 <sup>c</sup>
	萃取後	50.0 ± 1.6 <sup>b</sup>	8.2 ± 0.1 <sup>b</sup>
台灣二葉松 **	9.0 ± 2.1 <sup>d</sup>	29.1 ± 0.7 <sup>a</sup>	

<sup>a</sup>、<sup>b</sup>、<sup>c</sup>、<sup>d</sup> 為鄧肯氏多變成分析結果，不同字母表示差異顯著， $p < 0.05$

\*\*：對照組

抗白蟻特性及評估台灣杉抽出成分對其抗白蟻性的影響，我們首先利用索格利特萃取器將台灣杉心、邊材木塊經由醇-甲苯 (1:2) 萃取，萃取後的木塊和未萃取木塊一起進行抗白蟻活性試驗，其抗白蟻活性試驗是根據美國木材保存協會 1997 年所規定之木塊抗白蟻的方法，而以台灣常見且危害最劇烈的台灣家白蟻進行試驗。由表 1 中的結果發現未萃取心、邊材木塊的抗白蟻活性均比萃取過的木塊還要好，而且重量損失率也比萃

取過的木塊還要少，由此可知台灣杉木材中的抽出成分具有抗白蟻的活性。

因此，我們進一步利用水蒸餾法，將台灣杉心材及邊材鉋屑進行蒸餾，收集其精油進行抗白蟻活性試驗；另外，也利用甲醇萃取27年生台灣杉心材鉋屑，在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，直到萃取液無色為止。這些萃取液經減壓蒸餾後得到甲醇抽出物，計算後得知其含量為6.6%。再將甲醇抽出物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，得到正己烷可溶部(n-C<sub>6</sub>H<sub>14</sub> soluble fraction)、氯仿可溶部(CHCl<sub>3</sub> soluble fraction)、乙酸乙酯可溶部(EtOAc soluble fraction)及甲醇可溶部(MeOH soluble fraction)。其中，以正己烷可溶部的含量最高(2.4%)，其次是甲醇可溶部的含量(2.0%)，接下則

是氯仿可溶部的含量(1.3%)，而乙酸乙酯可溶部的含量(0.5%)最低。

我們將台灣杉心、邊材精油和正己烷可溶部三種進行抗白蟻活性評估。抗白蟻活性試驗係參考Kang等人於1990年所使用的方法，以台灣家白蟻進行，首先，利用600  $\mu$ l的丙酮溶劑溶解台灣杉心、邊材精油及正己烷可溶部三種，溶解後滴入Whatman No. 3濾紙(約1g)中，待風乾後(2-3 hr)，添加適量蒸餾水調濕，每組試驗重覆三次。至於對照組濾紙，則只滴入等量的丙酮，不加入任何的精油或抽出物。再將兵蟻5隻和工蟻45隻放入培養皿(直徑9cm；高度1.5cm)中，然後，將培養皿移至恆溫恆濕箱中(溫度26.5  $\pm$  2 $^{\circ}$ C，相對濕度80  $\pm$  5%)進行14天的試驗，每天調查白蟻死亡數並計算白蟻死亡率。

由表2的試驗結果得知，心、邊材精油和正己烷可溶部在10 mg/g的餵食量

表2 台灣杉精油和正己烷可溶部的抗白蟻活性

試樣	餵食量 (mg/g)	白蟻死亡率(%) <sup>*</sup>	
		7天	14天
心材精油	10	28.0 $\pm$ 3.0 <sup>*</sup>	56.0 $\pm$ 5.3 <sup>*</sup>
邊材精油	10	16.0 $\pm$ 1.1 <sup>*</sup>	32.0 $\pm$ 4.2 <sup>*</sup>
正己烷可溶部	10	14.0 $\pm$ 1.1 <sup>*</sup>	22.0 $\pm$ 2.0 <sup>*</sup>
	50	42.0 $\pm$ 5.9 <sup>*</sup>	72.0 $\pm$ 4.0 <sup>*</sup>
對照組	0	2.0 $\pm$ 1.1	4.0 $\pm$ 2.0

\* : T-test 測驗下顯著水準為5%時的檢定結果。

下，試驗 14 天後的白蟻死亡率依序為：心材精油 (56%) > 邊材精油 (32%) > 正己烷可溶部 (22%) > 對照組 (4%)。此結果顯示，台灣杉心材精油具有較強的抗白蟻活性。本研究室以前曾分別分析台灣杉心、邊材精油和正己烷可溶部中主要成分Cadinane類化合物(T-Cadinol，T-Muurolol， $\alpha$ -Cadinol)的含量，結果發現心材精油Cadinane類化合物的含量為 66.7%，其次是邊材精油，Cadinane類化合物的含量為 37.1%，而正己烷可溶部Cadinane類化合物的含量為最低 (27.4%)。根據以上的結果可以發現，台灣杉抗白蟻的活性可能與精油或正己烷可溶部中Cadinane類化合物含量的多寡有關。另外，將正己烷可溶部的餵食量從 10 mg/g 提升到 50 mg/g 時，白蟻試驗 14 天之後的死亡率會從 22% 提升到 72% (表 2)。由此可知，正己烷可溶部中具有抗白蟻活性的成分。

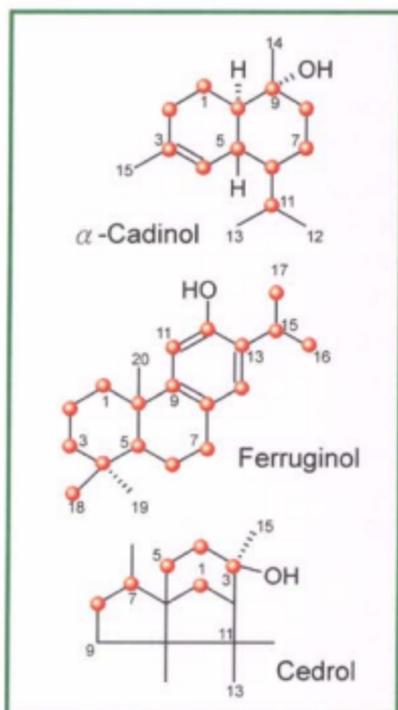


圖1 台灣杉心材正己烷可溶部所分離出三種成分的結構式

表 3 台灣杉心材正己烷可溶部中所分離出三種成分之抗白蟻活性

試樣	餵食量 (mg/g)	白蟻死亡率 (%) *	
		7 天	14 天
$\alpha$ -Cadinol	5	14.0 $\pm$ 2.2*	30.0 $\pm$ 3.2*
	10	22.0 $\pm$ 1.8*	70.0 $\pm$ 3.5*
Ferruginol	5	4.0 $\pm$ 1.2	12.0 $\pm$ 2.3
	10	8.0 $\pm$ 0.7*	12.0 $\pm$ 3.1*
Cedrol	5	36.0 $\pm$ 2.3*	50.0 $\pm$ 4.5*
	10	98.0 $\pm$ 3.3*	100.0 $\pm$ 0.0*
對照組	0	2.0 $\pm$ 1.1	4.0 $\pm$ 2.0

\* : T-test 測驗下顯著水準為 5% 時的檢定結果。

爲了進一步瞭解正己烷可溶部中具抗白蟻活性的成分，因此，我們乃將正己烷可溶部利用矽膠管柱層析進行分離，所使用的沖提溶劑依序爲正己烷、乙酸乙酯、甲醇及其混合液，層析後分離出41個分離部(H1-H41)。之後，筆者續利用液相層析(HPLC)進一步分離41個分離部，其中，在H16-H22分離部中分離純化得到白色針狀化合物 $\alpha$ -Cadinol，而在H2-H8分離部中分離純化得到黃色油狀化合物Ferruginol，另外，也在H10分離部中純化得到白色針狀結晶化合物Cedrol，此三種化合物的結構式如圖1所示。

又爲了進一步瞭解這三種成分之抗白蟻活性，因此將這三種成分分別滴入在Whatman No. 3濾紙中進行抗白蟻活性評估。表3爲三種成分對台灣家白蟻的活性評估。三種成分在5 mg/g的餵食量下，試驗14天後的白蟻死亡率大小依序爲：Cedrol(50%) $\gt$  $\alpha$ -Cadinol(30%) $\gt$ Ferruginol(12%)。由此可知Cedrol抗白蟻活性較其它二種成分強。假如將白蟻的餵食量從5 mg/g提升至10 mg/g時，試驗14天後，Cedrol和 $\alpha$ -Cadinol的白蟻死亡率增大，其死亡率分別爲100%和70%，其中，Cedrol在試驗8天後就將白蟻全部殺死，但Ferruginol所產生的死亡率並沒有太大的變化，其死亡率只有12%。由上述的結果可知，

Cedrol和 $\alpha$ -Cadinol二種化合物具較佳的抗白蟻活性，其中，Cedrol的抗白蟻活性極強。

### 三、結論

白蟻對木材的危害，一直爲使用木材製品消費者的困擾。雖然現在已有許多之合成藥劑，可有效地抑制白蟻對木材的危害。但近年來由於環保意識的抬頭，在使用殺白蟻藥劑時，便須認真的來思考可能對環境所造成的衝擊。

因此，開發無公害的殺白蟻藥劑，實爲一項頗值得吾人重視之研究課題，如能以天然的抗白蟻成分來抑止白蟻的危害，則正符合環保的要求。誠如文中所提到的，台灣杉木材精油及成分具有極佳的抗白蟻活性，其中，10 mg/g Cedrol的餵食量可使白蟻全部死亡，顯示出極強之抗白蟻活性，頗具繼續研究與應用的價值。另外，如能對天然環保的抗白蟻活性成分加以分離、收集，並瞭解其作用及機制，不但可延長木材的使用年限，更可開發林木之利用潛能，提升森林林產物之經濟價值，亦可使林產化學利用符合森林永續經營與資源保育的原則。

### 四、參考文獻

張上鎮、吳季玲、王升陽、蘇裕昌、郭悅雄(1998)臺灣杉木材抗菌成分之研究(1) 正己烷可溶部之分離與鑑定。林產工業17(2):287-304。

張上鎮、陳品方、張上淳 (2000) 台灣杉精油及抽出成分之抗細菌活性。中華林學季刊 33(1): 119-125。

AWPA. (1997) Standard method for laboratory evaluation to determine resistance to subterranean termites. Standard E1-97. American Wood-Pre-servers' Association. pp. 279-282.

Chang, S.-T., S.-Y. Wang, Y.-C. Su and Y.-H. Kuo. (1999) 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.

Chang, S.-T., S.-Y. Wang, C.-L. Wu, P.-F. Chen and Y.-H. Kuo. (2000) Comparison of the antifungal activity of cadinane skeletal sesquiterpenoids from *Taiwania* (*Taiwania cryptomerioides* Hayata) heartwood. *Holzforchung* 54(3): 241-

245.

Chang, S.-T., S.-Y. Wang, C.-L. Wu, S.-H. Shiah, Y.-H. Kuo and C.-J. Chang. (2000) Cytotoxicity extractives from *Taiwania cryptomerioides*. *Phytochemistry* 55(3): 227-232.

Chang, S.-T., S.-S. Cheng, and S.-Y. Wang. (2001) Antitermitic activity of essential oils and constituents from *taiwania* (*Taiwania cryptomerioides* Hayata). *J. Chem. Ecol.* 27(4): 717-724.

Chang, S.-T., P.-F. Chen, S.-Y. Wang and H.-H. Wu. (2001) Antitermitic activity of essential oils and their constituents from *Taiwania cryptomerioides*. *J. Med. Entomol* 38 (3): 455-457.

Edwards, R. and A. E. Mill (1986) *Termites in buildings - their biology and control*. The Rentokil Library. East Grinstead, UK. 261 pp.

Kang, H. Y., Matsushima, N., Sameshima, K., and N. Takamura. (1990) Termite resistance tests of hardwoods of Kochi growth I. The strong termiticidal activity of kagonoki (*Litsea coreana* Leveille). *Mokuzai Gakkaishi* 36(1): 78-84. 