

林產工業

FOREST PRODUCTS INDUSTRIES 第 30 卷第 3 期 VOL. 30 NO. 3



中 華 林 產 事 業 協 會

中華民國 100 年 9 月號

Published by the Chinese Forest Products Association

September

2011

榮譽理事長：
吳順昭 王松永 廖坤福
黃耀富 陳載永 葉民權

理事長：宋洪丁

副理事長：孫國雄

常務理事：
何宏哲 李成宗 林翰謙
黃金城 盧崑宗

理事：
王亞男 王瀛生、李文昭
李鴻麟 杜明宏 卓志隆
林曉洪 邱志明 張上鎮
郭宗欽 黃國雄 蔡明哲
蕭英倫 蘇文清

常務監事：藍浩繁

監事：
林法勤 夏滄琪 孫國明
張惠婷 黃俊傑 饒玉珍

編審委員：
王松永 王怡仁 王瀛生
江吉龍 李文昭 李鴻麟
汪 淮 卓志隆 林正榮
林曉洪 林翰謙 林蘭東
張上鎮 張豐吉 陳載永
黃金城 黃耀富 葉民權
蔡明哲 盧崑宗 蕭英倫
藍浩繁 蘇文清 蘇裕昌

研究發展委員會
• 木材性質及材質改進小組
召集人：王 松 永
• 木器家具與設計小組
召集人：陳 啟 雄
• 木工機械小組
召集人：黃 彥 三
• 紙漿造紙小組
召集人：蘇 裕 昌
• 林產化學利用小組
召集人：張 上 鎮
• 木質複合板小組
召集人：黃 耀 富
• 木質綠建築小組
召集人：林 芳 銘
• 林產標準化小組
召集人：林 正 榮
• 林產營銷小組
召集人：蕭 仁 傑
• 生質能小組
召集人：李 鴻 麟
• 防火與規範小組
召集人：林 曉 洪
• 木文化小組
召集人：黃 俊 傑

會務人員
秘書長：蔡 佺 廷
總編輯：杜 明 宏
英文編輯：王 怡 仁
學術幹事：陳 周 宏
服務幹事：陳 柏 璋
財務幹事：張 義 雄
出納幹事：李 安 勝
聯絡幹事：吳 志 鴻

目 次

【研究論文】

清式櫃類家具構件之分析	邱祺敏、李鴻麟.....125
塑膠基質對木材塑膠複合材戶外耐候性質之影響	李家皇、吳東霖、洪克昌、吳志鴻.....135
酚液化柳杉以懸浮聚合法製作硬化圓球形 PF 樹脂顆粒	謝漢民、李文昭、尤昭云、張國峻.....149
澳洲柏木地板材之抗白蟻活性評估	夏滄琪、林建宗、黃崇睿、陳泳斌.....157
攜帶型氣相層析儀應用於食用油之分析	尹華文、呂勝由、陳正豐.....167
伐採季節對孟宗竹及刺竹抗蟲性之影響	張豐吉、黃信富、杜明宏.....179

【會務報告】.....197

封面說明：林務局嘉義林區管理處觸口工作站

林務局嘉義林區管理處觸口工作站位於台 18 線（阿里山公路）約 15 公里處五虎寮段，是進入大阿里山風景區旅遊必經之地。觸口工作站原為龍美工作站，原辦公廳因建築年代久遠房舍破舊，而且地處偏僻，為方便大埔、關仔嶺等山區林農洽公，嘉義林管處新建工作站辦公廳，除繼續推展林業業務外，也希望結合達娜伊谷鯪魚保育區、奮起湖中興苗圃及水社寮蝙蝠生態解說站成為中南部自然生態解說教育的中心。該園區共劃分為「觸口工作站辦公廳、南區樹木銀行及森林生態公園」三部分。

為呈現林業機關的特色，嘉義林管處耗資近千萬元，以木材及石材建立觸口工作站辦公廳，該建築主體佔地 150 坪，為 2 層樓建築，除了屋頂是陶石瓦外，主體結構以木材為主，外觀典雅樸實，除了做為辦公室外，也有生態解說教室，提供自然生態解說服務。

Published by the Chinese Forest Products Association

CONTENTS

[Research Paper]

Analysis of the members of the Qing-style Cabinet Furniture	Chi-Min Chiou, Hong-Lin Lee.....125
Effects of Plastic Matrix on Outdoor Weathering Properties of Wood-plastic Composites	Chia-Huang Lee, Tung-Lin Wu, Ke-Chang Hung, Jyh-Horng Wu.....135
Cured Spherical PF Resin Beads Prepared from Phenol-liquefied <i>Cryptomeria japonica</i> with Suspension Polymerization	Han-Min Hsieh, Wen-Jau Lee, Chao-Yun Yu, Kuo-Chun Chang.....149
Evaluation on the Anti-termites Activity of <i>Callitris glauca</i> Wood Floor	Tsang-Chyi Shiah, Chien-Tsong Lin, Chong-Ruei Huang, Yong-Bin Chen.....157
Analysis of Edible Oils Using Portable Gas Chromatography	Hwa Wen Yin, Sheng You Lu, Cheng-Fong Chen.....167
Effect of Felling Season on the Anti-pest Property of <i>Phyllostachys pubescens</i> and <i>Bambusa stenostachya</i>	Feng-Jyi Chang, Hsin-Fu Huang, Ming-Horng Duh.....179
[Industrial Information]	197

清式櫃類家具構件之分析

邱祺閔¹ 李鴻麟^{2,3}

【摘要】清式風格為家具史的轉捩點，其工法承襲了明式家具的形態風貌，並結合東西方文化的裝飾手法與精進雕琢技術，其發展更深深影響到台灣早期家具的形態，反映當時傳統中國社會的思想與潮流。尤其是明清家具的研究，經前人精心的收集與匯整，如今已成為世界各國所青睞的對象，更形成了東方風格的蒐集熱潮。本研究藉由文獻收集彙整清式櫃類家具案例，以形態分析將構件名稱確立與建立分析條件，並結合量化分析之數據以建構家具工法樹狀圖，再探索明清櫃類家具的差異性。本研究結果顯示：1. 建構工法樹狀圖得以明瞭清式家具之結構工法與構件特徵；2. 清式櫃類家具之各構件多以裝飾藝術的手法呈現；3. 清式櫃類家具較明式家具形態多變，且收納空間會隨物品大小而改變其結構；4. 清式櫃類家具之形體結構呈現較明式櫃類家具大。

【關鍵詞】清式櫃類家具、風格、量化分析、家具構件。

Analysis of the members of the Qing-style Cabinet Furniture

Chi-Min Chiou¹ Hong-Lin Lee^{2,3}

【Abstract】Qing-style is a turning point by history of furniture inherited crafting skills, forms and manufacturing philosophy from Ming dynasty, which fusion of Western and Eastern civilization, crafting skills and spirits, as well as, it has deeply affected on Taiwan's early form of furniture, reflect the thought of traditional Chinese society and trends. Especially, through scholars of the Ming and Qing furniture collection and collation of research, has become the object of popular countries in the world, forming a collection of the East style fashion. This study collects the cases of furniture and explores the components and definitions by formative analysis, generalizes the change of furniture components by quantitative analysis and constructs technique dendrogram of furniture in the style of Qing Dynasty, and constructed of dendrogram Qing and Ming style furniture. Results shows: 1) Construction of technique dendrogram demonstrates technique and process of tables in the style of Qing Dynasty; 2) The various parts members of Qing-style cabinet were shows in sculpture techniques; 3) Qing style cabinet furniture patterns varied more than Ming-style, and the storage space will change with the size of the structure items; 4) The form structure of Qing-style cabinet were more larger than Ming-style cabinet furniture.

【Keywords】Qing-style Cabinet furniture, Style, Quantification analysis, Furniture members.

¹ 國立屏東科技大學 木材科學與設計系 研究生

Graduate student, Department of Wood Science and Design, NPUST.

² 國立屏東科技大學 生物資源研究所 教授

Professor, [Graduate Institute of Bioresources, NPUST](http://www.bioresources.npu.edu.tw).

³ 通訊作者 Corresponding author: honglin@mail.npu.edu.tw

I、前言

中國家具博大精深歷經千年之久，宋代將其結構工法精進，明代風格發揚至國際間，清代更融合了東西方文化的思想與雕琢技術，其家具形態隨著社會文明而演變為當時文化潮流，同時也反應人們的需求與生活形態，從最初的席地而坐到高坐，隨生活改變其機能，開拓各種材質之美，使家具依不同的形式來滿足社會、文化、生活及禮儀，以符合當時經濟需求。然而，中國家具的生產製造與木材更是密不可分(王世襄，1985)，木材不僅是自然材質，更是在生產製造中最為節約能源耗費之材，亦是傳統榫卯接合不可取代的元素之一，促進了明清兩大家具之家具生產與形態表現，使當代工藝發展出精湛作品。

中國櫃類家具種類繁多且形態多款，其功能以存放、儲藏為特點，且於家具類中裝置以金屬構件最多。明式櫃類則以矮型為主，清式櫃類則不斷增高，櫃體下方多為抽屜與格板(李宗山，2003)。明清家具除了形態差異性之外，清代常以裝飾手法呈現，並結合鑲嵌工藝與使用昂貴木材，使家具更添增了不少光彩。

清式家具為東方裝飾工藝運動的產物，為文化交流之特點，承襲了明式家具之工法與知識，家具構件簡潔且合乎結構力學，形體從簡單至複雜，進而發展出清式家具的特有風格與結合西方文化的思想，並創造出獨特的風格。因此，本研究主要探討清式櫃類家具風格，以形態分析進行各部位構件之特徵分析與名稱確立，並以量化研究分析其數值，以探究明清兩大家具構件之變異性，藉此解釋明清家具風格之差異。本研究目的歸納為下列兩點：

1. 探究明清櫃類家具之形態工法與結構工法的差異性與脈絡性。
2. 運用形態分析與量化分析幫助國內研究學者了解清式櫃類家具之結構工法。

II、研究方法與步驟

明代至清代之時期，匠師使用了相同材料，

經師承制之方式於家具製作上，其形態與工法也具有一定的規律性。所謂的清式是指風格論，清代是指時期論，清式承襲了明式相同的工法，但從家具形態上可以清楚的判別兩者風格不同，而本研究以風格論探討清式櫃類家具之形態工法與結構工法。

(I) 研究對象





本研究針對清式家具之櫃類為研究對象，由文獻所匯集之資料與圖紋案例，以盛清家具形制流變研究(吳美鳳，2007)、明清家具(田曉等，2005)、明清家具-鑑賞與研究(田家清，2003)、中國古典家具價值匯考(施大光，2003)、明清家具(下)(朱家潛，2002)、清代廣式家具(蔡易安，1993)，並參考蔡有騏(2010)明式家具之工法研究-以櫃形式為例、樸安國(2001)對明清家具之構件名稱定義、王世襄(1985)明式家具研究、Craig clunas chinese furniture (Clunas, 1997)、Classical chinese furniture in the minneapolis institute of arts. Minneapolis minneapolis Institute of arts (Jacobsen and Grindley, 1999)、Chinese Classical Furniture-The Complete Illustrated Guide for Collectors (Hu and Song, 2009)等作為研究對象。綜合以上文獻分析，將櫃類分為方角櫃、圓角櫃、亮格櫃、格架等四類。標示出清代時期之櫃類與本文定義者，並排除圖紋不明、近似於明式風格、明末清初、清初時期與民國初年之家具案例。原始蒐集案例總樣本數為 147 件，排除案例有 22 件，實際樣本數為 125 案例，相關資料如表 1 所示：

(II) 研究方法

本研究以文獻分析法對清式家具之相關案例進行分析，將蒐集相關案例的圖片與資料加以彙整，並藉由形態分析法與量化分析法以建構家具各部位構件之數量，強化其結果論述。分述方法如下列三點：

表 1 櫃類樣本數統計

Table 1 The sample statistics of cabinets

樣本	方角櫃	圓角櫃	亮格櫃	格架	合計
樣本 式樣圖					4
原始數	57	21	44	25	147
排除數	7	3	5	4	22
樣本數	48	18	38	21	125
百分比	39%	14%	31%	16%	100%

1. 文獻分析法(Documentary analysis)是運用科學的方式，探索以往存在的事實與真相作為研究的依據，並以系統式的收集及客觀的角度評判過去發生事實，融合不同的觀點，合理解釋其意義，做為研究的脈絡性與理解文獻所傳達之意義(管倖生等，2006)。依序以蒐集、描述、分類與歸納等方式，以協助研究實驗進行。
2. 形態分析法(Morphological analysis)是將固有形態加以分類，探索各部位之構件變化，並分析該獨立完整的構件，並依建構其風格元素與形態化之系統原則(Norris, 1963)。本研究藉由此法將清式櫃類家具之各部位構件系統化，以探究其結構工法與形態工法。
3. 量化分析(Quantitative analysis)是以統計而成的數據呈現，並依統計分析計算其數值(楊政學，2006)。而量化研究在方法論上，以實證論為基礎，進而發現變異關係與建立通則，並藉由量化方式突顯研究結果。

III、結果與討論

(I) 清式櫃類構件建構與形態分析

形態分析是將其部位構件與特徵明確的標示出來，確認各部位構件的名稱與定義，將圖文資料以擷取與掃描之方法，依

方角櫃、圓角櫃、格架及亮格櫃之區分方式進行整合與歸納，以探討形體轉化與歸類清式櫃類家具之條件，進行各部位構件的細部探究，並設定量化分析之式樣條件，詳細內容如表 2 所示。

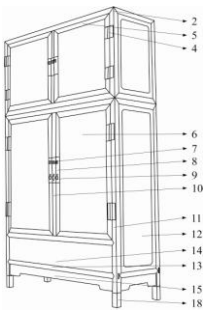
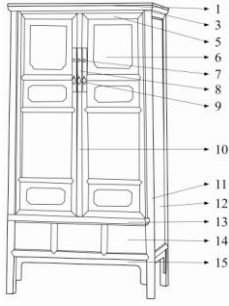
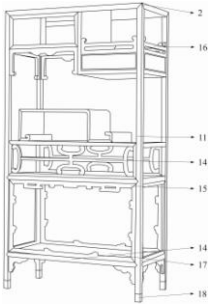
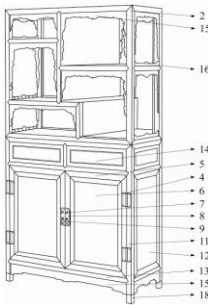
(II) 清式櫃類結構形態之量化分析

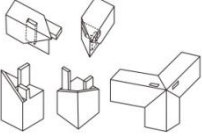


本研究將清式櫃類家具形態條件分為方角櫃、圓角櫃、亮格櫃及格架四種，依其形態分類為框架結構形式、面體構件、框架附加結構、足部附加結構等四項分組進行分析比對，統計各部位構件之形態工法與結構工法，量化各構件與形態之數據，並依出現次數及百分比來探究清式工法之規律性，強化其結果論述，如表 3。

根據構件分析結果顯示，清式櫃類家具之上部框架結構以棕角樑為主，佔樣本數 82%；櫃膛之構件則以無櫃膛及無抽屜為主 70%，腿足形態則以方直腿為主，佔了 80%；面體結構之抹門則以二抹門杆為主，數值高達 95%，抹門與框架構件之間構件則以合頁式 70%為主，抹門扣件則以無門杆為主，與有門杆之數值無太大差異，分別為 51%及 49%；框架附加結構則以無附加結構為主，佔總數值 29%；足部附加結構以素牙條為主，佔了 28%。

表 2 櫃類各部位構件名稱與式樣(資料來源: 王世襄, 1997; 田家清, 2003; 蔡有騏, 2010)

Table 2 The parts and appellation of the cabinets

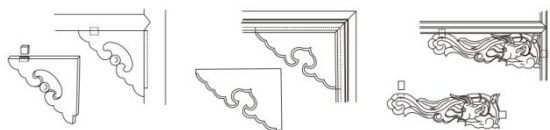
整體分析	形態線稿	解釋說明
方角櫃		方角櫃四框方正且平直;是櫃類中唯一增加頂櫃之家具,其頂櫃又稱頂箱櫃,大多成對,故又稱為四件櫃或六件櫃,其目的是增加收納空間,為方角櫃之最大特色。方角櫃與現代櫃類形態最為相似,以收納功能為考量目的,從明末清初開始盛行。
圓角櫃		圓角櫃之櫃頂端部呈圓角形而稱之,由於門框上的面葉多作為長條形,故又名為“面條櫃”。圓角櫃之形態呈梯形,腿足向內微傾,使櫃形呈上斂下舒的形態,兼具四衡八穩的特色。
格架		格架又稱書格或書架,並延伸出多寶格之形式,目的在于放置書籍及珍品為主,形態架構簡易且透櫃雕花,將橫格板作為櫃內空間之分格,中間常有抽屜夾層,以便於收納,背面若有鑲嵌格板則會以雕刻與彩繪呈現,以增加外觀裝飾。
亮格櫃		亮格櫃為架格與方角櫃結合的一種家具,此類功能兼具了收納、珍藏與擺設藝品,就以櫃類來說,此形態家具的雕花裝飾為最多,雕工也非常精細。

構件式樣	彙整分析	
1. 櫃帽	櫃頂向外延伸出的部分，為圓角櫃特有形式，以長短樺為主要工法。	
2. 粽角樺	三根方材接合於一角的樺接，形似粽子而得名，三個構件互相交扣，唯有一方向能拆解，其結構力較現代同形式樺卯強上數倍。	
3. 木軸	以木軸作為櫃門開闔之軸樞。	
4. 合頁	為現代鉸鏈的前身，其形式有圓形、六角形、方形，表面多以雕花修飾。	
5. 抹頭	框架短邊構件，常見於桌面框及櫃門框，櫃門多以抹頭使用數量作為形式的分類。	
6. 櫃門	櫃門形式有二抹門、三抹門、四抹門，依抹頭與面板數量而定，二抹門為一片門板，共用抹頭二根，其它形式有三抹或四抹門，若為三抹門，其形態為門扇分兩段裝板，共用抹頭三根，較大的櫃門所需之抹頭數越多，其結構力越強。	
7. 鈕頭	為穿帶鎖件之環扣，為金屬構件。	
8. 面葉	面葉形態主要為圓形與長條形，安裝於門杆與兩門扇之中間處，並配有鈕頭與吊牌，圓角櫃都以長條形式樣為主，而方角櫃與亮格櫃則較為多樣。	
9. 吊牌	吊掛在金屬飾件(面葉)上用做拉手的牌子，常在抽屜櫃及門上使用。	
10. 門杆	於櫃門間隔之部位，出現在圓角櫃與方角櫃，現代櫃類已無此形式的構件。	
11. 腿足	圓角櫃的腿足多為圓直腿，其橫剖面呈外圓內方與其它明式桌類、椅類的圓直腿一樣，其內側方直，功用在於方便做樺卯結合。其方角櫃、架格與亮格櫃多為方直腿。	
12. 櫃幫	櫃類兩側的立牆，如現代櫃類的箱體兩側板。	
13. 底樺	櫃類最下一根打槽裝底板的樺子，用於腿足之間的聯結構件，又稱為橫檔。	
14. 櫃膛	櫃門之下到櫃底之上的一段封閉的收納空間，與抽屜有相同功能但沒有抽屜可拉取之功用。	

- 15.牙條 框架下設置連接兩腿之間與構件之間的部位，有各種裝飾花樣，在結構上有承拖強固之作用。其形式大多可分為素面牙條、捲草牙、壺形牙條，素面牙條多以三個構件所組成有別於捲草紋牙條單一個構件，表面無修飾，形式較為同一。



- 16.角牙 安裝於腿足間之牙子構件，固有增加結構作用，久用而不易變形。



- 18.矮圍子 家具中用作裝飾和防止小物件掉落的欄杆，在櫃類家具中出現於亮格櫃與架格。

- 19.格板 嵌於櫃類家具中分隔上下空間的木薄板。

表 3 櫃類之描述性統計分析

Table 3 The descriptive statistical analysis of cabinets

部 位	形態式樣	方角櫃		圓角櫃		亮格櫃		格架		合計	
		次數	%	次數	%	次數	%	次數	%	次數	%
框 架 結 構	長短樺			18	100			3	14.3	21	16.8
	棕角樺	48	100			38	100	18	85.7	104	83.2
	有櫃膛	23	47.9	5	27.8	3	7.9			31	24.8
	有抽屜	3	6.3			30	78.9	2	9.5	35	28.0
	無櫃膛抽屜	22	45.8	13	72.2	5	13.2	19	90.5	59	47.2
腿 足 形 式	圓直腿			13	72.2	1	2.6	1	4.8	15	12.0
	方直腿	47	97.9	2	11.1	34	89.5	16	76.2	99	79.2
	三彎腿底座					1	2.6	3	14.3	4	3.2
	直腿底座			3	16.7	1	2.6			4	3.2
	無腿足	1	2.1			1	2.6	1	4.8	3	2.4
面 體 構 件	二抹門	45	93.7	17	94.4	38	100			100	80.0
	三抹門	2	4.2							2	1.6
	四抹門	1	2.1	1	5.6					2	1.6
	無門							21	100	21	16.8
	合頁	40	83.3			33	86.8			73	70.2

框 架 附 加 構 件	木軸	8	16.7	18	100	5	13.2		31	29.8
	有門杆	26	54.2	12	66.7	13	34.2		51	49.0
	無門杆	22	45.8	6	33.3	25	65.8		53	51.0
	矮圍子					3	7.9	2	9.5	5 8.5
	素牙條							1	4.8	1 1.7
	透櫥牙條					4	10.5	2	9.5	6 10.2
	卷口牙					6	15.8	2	9.5	8 13.6
	角牙					8	21.1	1	4.8	9 15.3
	牙條+矮圍子					4	10.5	3	14.3	7 11.9
	角牙+矮圍子					2	5.3	2	9.5	4 6.8
足 部 附 加 構 件	圈口							2	9.5	2 3.4
	無附加構件					11	28.9	6	28.6	17 28.8
	素牙條	10	20.8	13	72.2	7	18.4	5	23.8	35 28
	捲草牙條	12	25.0			9	23.7			21 16.8
	壺形牙條	1	2.1	1	5.6	1	2.6	2	9.5	5 4.0
	雲紋牙條	10	20.8	1	5.6	8	21.1	1	4.8	20 16.0
	螭紋牙條	8	16.7			5	13.2			13 10.4
	透櫥牙條	1	2.1	1	5.6					2 1.6
	角牙	1	2.1	1	5			6	28.6	8 6.4
	羅鍋棖	2	4.2	1	5.6	6	15.8	2	9.5	11 8.8
	無附加結構	3	6.3			2	5.3	5	23.8	10 8.0

附註：空白處皆無此形態式樣

(III) 清式櫃類家具工法樹狀圖

經由文獻分析探討其櫃類家具之各構件與結構工法，再比對各案例之構件分析，進而找出其家具演變結果與比對表 3 的量化分析，建構其工法樹狀圖，探討其櫃類家具的整體架構，藉此了解清式櫃類的形態工法與結構工法，如圖 1 所示。

(IV) 綜合分析

由表 3 形態分析中歸納清式櫃類家具

之各部位構件的形態工法與結構工法，並參照清式櫃類家具之工法樹狀圖(圖 2)，可清楚理解清式櫃類家具的形態工法與結構工法，最後再以清式櫃類家具比對蔡有騏(2010)明式櫃類家具工法之研究，其結果顯示如下：

1. 由形態工法中發現，格架類家具形態多變與多樣性，讓櫃類家具不只具有收納之功能，更兼具賞心悅目，使收藏品與家具造型添加不少光彩。

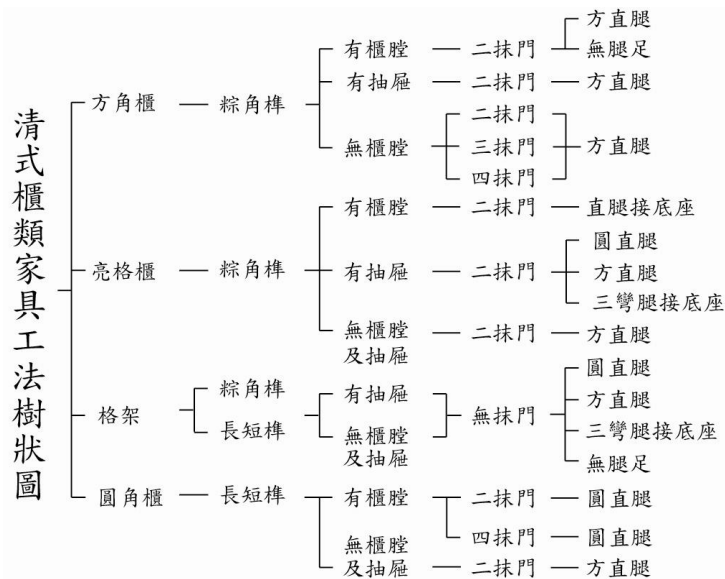


圖 1 清式櫃類家具工法樹狀圖

Fig. 1 Dendrogram of form analysis for Qing-style cabinets.

- 明式櫃類家具之格架類衍生出清式多寶格，目的在於擺設藝術收藏品，其造型也隨著大小而改變夾層的空間，且附有專屬空間以放置收藏藝品，使櫃類家具不只是放書物，而是專門為珍藏品設計夾層空間；在明式家具中，格架多為三面及四面式，其形態較為固定，但於清式家具中，格架會隨著珍藏品之尺寸大小改變放置空間，以利於觀賞作用。
- 清式櫃類家具多附有金屬扣件裝置，此構件裝置於磨損率較高之部位，且用於改善結構性能與開鎖構件，並延用明式櫃類家具所裝置手法。
- 由量化分析與形態分析中發現，清式櫃類家具之牙條具有防止中層格板因久放而導致凹陷之情形，具有支撐結構功能與美觀性之考量，是現代櫃類家具所沒有之處。
- 方角櫃為明式櫃類家具中體積最大，而清式家具則是格架之體積最大，可見當時人民的經濟狀況及生活文化較為豐裕，對藝術造詣較為高層，價值觀感有別於傳統社會。
- 比對明式櫃類家具之形態工法，亮格櫃在四種品類中樣式較為多變，相較於清式櫃類

中，格架於外形及表現較為豐富，且結構工法耗時。

- 在櫃類裝飾結構多含牙條及牙子連結，並附有大量雕刻之裝飾表現，且具有美觀及結構兼備。
- 清式櫃類家具之抹門裝置較為華麗，多以圖文雕刻、鑲嵌石紋及彩繪呈現，與以往明式家具簡練且素面之形式呈現差異化。

IV、結論與建議

明清兩大風格家具亦有不同之處，其結構工法模式卻相似，但兩者間風格架構亦截然不同。綜合以上結果分析，結論如下列四點與兩點建議：

(I) 結論

- 透過工法樹狀圖有利於研究學者對清式風格的了解

利用量化分析與形態分析以建構清式家具工法樹狀圖，讓櫃類家具之結構工法與形態工法得以確立，藉由量化數據以強化其論述，更能完整呈現家具的架構與脈絡性，

有助於研究學者對清式風格了解。

2. 清式櫃類家具之各構件多以裝飾藝術的手法呈現

清式櫃類家具善用各構件的有效面積以達裝飾效果，其部位如抹門、櫃膛、牙條及牙子等構件，不僅使家具添增不少的光彩，且兼具美觀性與機能性，以達到盡善盡美。

3. 清式櫃類家具較明式家具形態多變，且收納空間會隨物品大小而改變其結構

清式櫃類家具的功能多以收納、擺放及觀賞，且因其物品大小而改變其空間與隔層，以滿足擺放物品之數量，轉化其結構之部位，刻意限制尺寸，放至其貴重物品；而明式家具則以固定尺寸製作其家具，並無刻意將空間增多。

4. 清式櫃類家具之形體結構呈現較明式櫃類家具大

清式櫃類家具比明式櫃類家具體型大，且多設有頂櫃、加置抹門與間隔空間，不僅提升了收納的容量，也使家具外觀呈現雄偉與壯碩感；相較於明式家具則以固定規格及式樣，形態變化較為規律性。

(II) 建議

1. 清式家具的工法研究還有很大的議題是值得探討

本研究主要以清式櫃類家具工法進行探討，尚未進行他類家具分析，望後進學者可繼續研究清式家具。

2. 清式家具之裝飾圖文具有探討價值

清式風格以雕琢技術與裝飾技藝為特點，其紋飾融合西方文化與巧妙運用，亦是清代的創新之舉。本研究未對圖文雕刻進行研究，望日後有學者更能深入探究。

V、參考文獻

1. 王世襄、袁荃猷 (1997a) 明式家具研究(文字卷)。南天書局有限公司，台北，第 27-119 頁。
2. 田家清 (2003) 清代家具。三聯書局有限公司，香港，第 17-126 頁。
3. 田家清 (2003) 明清家具-鑑賞與研究。文物

出版社，北京，第 71-161 頁。

4. 北京文物鑑賞編輯委員會 (2005) 明清家具。北京出版社出版集團，北京，第 8-52 頁。
5. 朱家潛 (2002) 明清家具(下)。上海科學技術出版社，香港，第 38-73 頁。
6. 李宗山 (2003) 家具話史。國家出版社，台北，第 141-148 頁。
7. 吳美鳳 (2007) 盛清家具行制流變研究。紫禁城出版社，北京 第 180-285 頁。
8. 管倖生等編著 (2006) 設計研究方法。全華科技圖書股份有限公司，台北，第 37-51 頁。
9. 楊政學 (2006) 實務專題製作:企業研究方法的實踐。新文京開發，台北，第 216-220 頁。
10. 施大光 (2003) 中國古典家具價值匯考。寮海出版社，沈陽，第 2-147 頁。
11. 蔡易安 (1993) 清代廣式家具。南天書局有限公司，台灣，第 31-43 頁。
12. 蔡有騏 (2010) 明式櫃類家具工法之研究。林產工業，28(4):237-246。
13. 樸安國 (2001) 明清家具-裝飾藝術。浙江攝影出版社，杭州，第 3-81 頁。
14. Clunas, C. (1997) *Craig clunas chinese furniture*. Art media resources Ltd, Chicago. p33-97.
15. Hu, D. and Y. Song (2009) *Chinese Classical Furniture- The Complete Illustrated Guide for Collectors*. The Reader's Digest Association, Inc., New York. p 238-245.
16. Jacobsen, R. D. and N. Grindley (1999) *Classical chinese furniture in the minneapolis institute of arts*. Minneapolis minneapolis Institute of arts, Paragon publishing. p75-79.
17. Norri, K. W. (1963) *The morphological approach to engineering design*. Conference on design methods. J. C. Jones and D. G. Thornley (eds.) Elmsford, Pergamon press, Inc. p115-120.

塑膠基質對木材塑膠複合材戶外耐候性質之影響

李家皇¹ 吳東霖¹ 洪克昌¹ 吳志鴻²

【摘要】本研究除利用高密度聚乙烯（High density polyethylene, HDPE）、回收型高密度聚乙烯（Recycled high density polyethylene, rHDPE）、低密度聚乙烯（Low density polyethylene, LDPE）、聚丙烯（Polypropylene, PP）及聚苯乙烯（Polystyrene, PS）5 種不同塑膠基質與山黃麻木粒片製備木材塑膠複合材（Wood-plastic composites, WPC）之外，並比較此 5 種複合材經 48 週戶外耐候試驗後之各項性質差異性。試驗結果顯示，各複合材之抗彎強度及抗彎彈性模數均隨著耐候時間增加而下降，其中 HDPE、rHDPE 及 PP 所製備之木材塑膠複合材具有較高之抗彎強度及抗彎彈性模數保留率；相對的，LDPE 及 PS 所製備者則較低。另一方面，由傅立葉轉換紅外線光譜儀分析結果發現，以 PP 所製備之 WPC，其表面羰基指數增加之幅度最大，而利用 HDPE、rHDPE 及 LDPE 所製備之 WPC，羰基指數變化量則呈現先上升後下降之現象。此外，比較 HDPE 與 rHDPE 所製備之 WPC，兩者具有相似之抗彎及耐候性質，顯示回收型高密度聚乙烯實具有應用於木材塑膠複合材之潛能。

【關鍵詞】木材塑膠複合材、塑膠基質、戶外耐候、強度保留率、羰基指數。

Effects of Plastic Matrix on Outdoor Weathering Properties of Wood-plastic Composites

Chia-Huang Lee¹ Tung-Lin Wu¹ Ke-Chang Hung¹ Jyh-Horng Wu²

【Abstract】The purpose of this work is to compare the mechanical behavior and weathering properties of different types of wood-plastic composites (WPC), including virgin high density polyethylene (HDPE), recycled high density polyethylene (rHDPE), virgin low density polyethylene (LDPE), virgin polypropylene (PP) and virgin polystyrene (PS) based WPCs, during 48 weeks of outdoor weathering. Results revealed that the modulus of rupture (MOR) and modulus of elasticity (MOE) of all WPCs decreased with increasing exposure time. Of these, the HDPE, rHDPE and PP based composites showed the higher MOR and MOE retention ratios after 48 weeks of outdoor weathering, while the LDPE and PS based WPCs had the lower values. On the other hand, Fourier transform infrared (FTIR) spectra demonstrated that the PP based WPC exhibited the highest carbonyl index difference (CID) value during outdoor weathering, while the value of HDPE, rHDPE and LDPE based WPCs was increased at first and then decreased gradually. Furthermore, as compared to the virgin HDPE composite, the rHDPE one exhibited the similar flexural and weathering properties. Accordingly, the recycled plastic has the potential to be used in the manufacture of WPCs.

【Keywords】Wood-plastic composite, Plastic matrix, Outdoor weathering, Strength retention ratio, Carbonyl index.

¹ 國立中興大學森林學系研究生，40227 台中市南區國光路 250 號。

Graduate Students, Department of Forestry, National Chung Hsing University. 250, Kuo-Kuang Road, Taichung 40227, Taiwan.

² 國立中興大學森林學系副教授，通訊作者，40227 台中市南區國光路 250 號。

Associate Professor, Department of Forestry, National Chung Hsing University. Corresponding author. 250, Kuo-Kuang Road, Taichung 40227, Taiwan. E-mail: eric@nchu.edu.tw.

I、前言

以木材粒片製備高分子生物複合材之歷史悠久，早在 1900 年時，利用酚甲醛樹脂與木材所製備之木材熱硬化型塑膠複合材 (Wood-thermosetting plastic composite) 即被應用於電木 (Bakelite) 上。此外，1916 年時，英國勞斯萊斯 (Rolls-Royce) 汽車公司進一步將此類複合材應用於汽車排檔桿，因而開啟了木材塑膠複合材 (Wood-plastic composite, WPC) 之商業市場 (Clemons, 2002)。然而，此類複合材料在使用過程中會有甲醛釋出等問題，對於人體與環境均有相當程度之危害。因此，為解決此一問題，美國於 80 年代時，即發展出以熱可塑性塑膠取代原甲醛系熱硬化型之 WPC (Clemons, 2002; Jiang and Kamdem, 2004)。

近年來，以木材粒片製備塑膠複合材之研究，越來越受到世界各國重視。此乃因為這類複合材除了結合塑膠和木材兩種材料之特性外，亦可相互改善兩種材料各自之缺點。許多研究指出，木質纖維材料具有可再生 (Renewable)、低密度、低成本、高韌性、高比強度及生物可分解性 (Biodegradability) 等優點，添加於塑膠材料中，可以明顯的提升塑膠材料之抗彎強度 (Modulus of rupture, MOR) 及彈性模數 (Modulus of elasticity, MOE)，並增加塑膠材料的挺性 (Stiffness) (吳東霖等, 2008; 張懋如等, 2009; 吳東霖等, 2011; Ochi, 2006)，同時具改善木材的尺寸安定性、耐腐性及降低生產成本等優點 (陳合進等, 2003; 陳載永等, 2000; Chen *et al.*, 2006; Hung and Wu, 2010)。因此，目前木材塑膠複合材已廣泛應用於地板、壁板、天花板、籬笆、戶外用鋪板、戶外用椅及路標等產品，且其用量有逐年上升之趨勢 (陳載永等, 2002; 陳合進等, 2003; Ashori, 2008)。

一般而言，製備 WPC 所用的熱可塑性之塑膠種類相當繁多，常見者有高密度聚乙烯 (High density polyethylene, HDPE)、低密度聚乙烯 (Low density polyethylene, LDPE)、聚丙烯 (Polypropylene, PP)、聚苯乙烯 (Polystyrene, PS) 及聚氯乙烯 (Polyvinyl chloride, PVC) 等 5 大類；其中，又以聚乙烯所佔之比例最大 (García *et al.*, 2009)。然而，現今雖有許多學者針對 WPC 進行

研究，但通常僅針對單一或兩種塑膠基質進行探討，而對於各種塑膠基質所製備之複合材其性質之比較，目前仍缺乏相關之研究。另一方面，WPC 具有較木材為佳的尺寸安定性 (Dimensional stability) 及抗病蟲之能力，因此無須特別維護，其使用年限即可達 25–30 年之久 (García *et al.*, 2009)。此外，由於 WPC 之耐候性質普遍不佳，應用於戶外建築時，易受外在環境之溫度、污染物、陽光、溼氣、風及降雨的影響，產生降解與風化等現象，進而導致各項性質的降低，影響其在戶外之使用性。因此，研究 WPC 之耐候性質，已成為 WPC 在發展上極為重要的課題之一。目前，多數的研究仍僅著重於耐候試驗後，WPC 表面顏色的變化及機械性質的損失；相對的，對於各類 WPC 表面化學性質之比較，則缺乏系統性的研究。因此，本研究除利用戶外耐候試驗評估各種不同塑膠基質 WPC 之耐候與劣化性質之外，並進一步利用傅立葉轉換紅外線光譜儀 (Fourier transform infrared spectroscopy, FTIR) 等分析儀器，探討各複合材經耐候試驗後其表面化學性質之變化。

II、材料與方法

(I) 試驗材料

1. 木粒片

本試驗所使用之木材，取自中興大學惠蓀實驗林場第二林班之速生樹種山黃麻 (*Trema orientalis* (L.))。所得試材 (密度：382 kg/m³；pH 值：5.2) 以搗切機及磨切機處理成理想尺寸之粒片後，以篩分機篩分尺寸為 -6+16 mesh 之粒片。所得粒片置入 75°C 烘箱中乾燥至含水率 3% 以下，並以塑膠袋密封供後續複合材製備之用。

2. 塑膠材料

本試驗所使用之塑膠分別為高密度聚乙烯 (HDPE)、回收型高密度聚乙烯 (rHDPE)、低密度聚乙烯 (LDPE)、聚丙烯 (PP) 及聚苯乙烯 (PS) 共 5 種。其中，HDPE 購自台灣聚合化學股份有限公司，型號為聯塑烯 LH901；rHDPE (LH901 之回收塑膠) 由台灣冠復股份有

限公司所提供；LDPE 購自台灣聚合化學股份有限公司，型號為百塑烯 NA248；PP 購自李長榮化學股份有限公司，型號為福聚烯 PT100；PS 購自奇美實業股份有限公司，型號為 POLYREX® PG-80。所得之原料先以圓盤式磨粉機 (Attrition mill) 進行磨粉處理，並利用篩分機篩選粒徑尺寸通過 20 mesh 之塑膠粉末，以供後續複合材製備之用。

(II) 木材粒片塑膠複合材之製備

WPC 板材預設密度為 $850 \pm 50 \text{ kg/m}^3$ ，成板尺寸為 300 mm (長) × 200 mm (寬) × 12 mm (厚)。抄製時，秤取適量的木材粒片 (-6+16 mesh) 及塑膠粉末 (重量比為 60:40) 於 Lödige (FM 300D, Germany) 犁頭式混合機中攪拌，經 5 min 均勻攪拌後取出，並使其均勻灑入成型模具以抄製成板坯。另外，於板坯中心層置入 K type 熱電耦線後，將板坯置入熱壓機中，熱壓溫度依塑膠基質的不同，分別為 200°C (PP)、180°C (HDPE、rHDPE 及 PS) 或 170°C (LDPE)，並於壓力 2.5 MPa 下進行熱壓。當板坯中心溫度達 180°C (PP)、160°C (HDPE、rHDPE 及 PS) 或 150°C (LDPE) 時，隨即將板坯移置冷壓機中冷卻至常溫以完成板材之製備。之後，將 WPC 置於 20°C、65% RH 之恆溫恆濕室中調濕 7 天，以供後續性質分析。

(III) 戶外耐候試驗

本試驗參考 Hung 等人 (2012) 之試驗方法，將試材放置於中興大學森林系二館頂樓面向正南方且與水平面夾角為 45° 之耐候試驗架上直接曝曬，總試驗期為 48 週。試驗期間除定期 (4、8、16、24 及 48 週) 利用色差計 (Color difference meter) 評估試材表面之顏色變化外，並檢測試材之強度保留率。此外，以全反射式傅立葉轉換紅外線光譜 (Attenuated total reflection-Fourier transform infrared spectroscopy, ATR-FTIR) 評估試驗期間試材表面官能基之變化。

(IV) 性質分析

1. 試材表面顏色之測定

以 Minolta (CM-3600d, Japan) 之分光式色差計，進行試材表面顏色測量，光源為 D₆₅，測試窗直徑為 8 mm，視角為 10°。將試材直接置於測試窗量測，獲得 L*、a*、b* 數據，並參照國際照明協會所制定之 CIE LAB 色彩體系，依下列式子計算 ΔL^* 、 Δa^* 、 Δb^* 及 ΔE^* 等數值。

$$\Delta L^* = L^*_t - L^*_o$$

$$\Delta a^* = a^*_t - a^*_o$$

$$\Delta b^* = b^*_t - b^*_o$$

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

式中， L^*_t 為不同耐候時間所測得之明度值， L^*_o 則為耐候試驗前試材之明度值，而 ΔL^* 為明度差值。 a^*_t 為不同耐候時間所測得之紅綠參數值， a^*_o 則為耐候試驗前試材之紅綠參數值，而 Δa^* 為紅綠參數之變化值。 b^*_t 為不同耐候時間所測得之黃藍參數值， b^*_o 則為耐候試驗前試材之黃藍參數值，而 Δb^* 為黃藍參數之變化值。 ΔE^* 則為色差值，數值愈大表示顏色變化愈大。

2. 電子顯微鏡分析

本試驗使用 Hitachi (TM-1000, Japan) 桌上型電子顯微鏡，以加速電壓 15 kV 之條件進行試驗，除藉此觀測木材與塑膠間之界面情形外，並觀察 WPC 於耐候試驗期間表面結構之變化。

3. 強度保留率

耐候試驗期間，定期檢測試材之 MOR 及 MOE，並依下列式子計算耐候試驗過程中其 MOR 及 MOE 保留率。

$$\text{MOR retention ratio (\%)} = (\text{MOR}_x / \text{MOR}_o) \times 100$$

$$\text{MOE retention ratio (\%)} = (\text{MOE}_x / \text{MOE}_o) \times 100$$

式中， MOR_x 及 MOE_x 為不同耐候時間所測得之 MOR 及 MOE； MOR_o 及 MOE_o 則為耐候試驗前試材之 MOR 及 MOE。

4. 複合材表面官能基及羰基指數之評估

耐候試驗期間，定期利用 PerkinElmer (Spectrum 100, UK) ATR-FTIR 對 WPC 試材表面進行檢測，藉此瞭解 WPC 經耐候試驗後，表面化學組成及其主要光降解產物

羰基含量之變化。分析時，所使用之掃描解析度為 4 cm^{-1} ，掃描次數為 32 次，波數 (Wavenumber) 範圍為 $4000\text{--}650\text{ cm}^{-1}$ 。取得 ATR-FTIR 光譜圖後，依下列式子分別計算試材羰基指數 (Carbonyl index, CI) (Stark *et al.*, 2004) 及羰基指數差值 (Carbonyl index difference, CID)。

$$\text{Carbonyl index (CI)} = (I_{1714}/I_p) \times 100$$

$$\text{Carbonyl index difference (CID)} = \text{CI}_w - \text{CI}_0$$

式中， I_p 及 I_{1714} 分別代表塑膠特定吸收峰 (HDPE、LDPE、PP: 2916 cm^{-1} ; PS: 696 cm^{-1}) 及羰基吸收峰 (1714 cm^{-1}) 之強度，而 CI_0 及 CI_w 則分別代表複合材耐候前及耐候後之羰基指數。

(V) 統計分析

本試驗利用 SAS 統計系統進行變異數分析 (Analysis of variance, ANOVA)，並透過 Scheffe 檢定 (Scheffe's test) 評估各組間之差異性 (信賴區間為 95%)。

III、結果與討論

(I) 塑膠基質對 WPC 經戶外耐候試驗後顏色參數之影響

圖 1 為 5 種塑膠所製備之複合材於 48 週 (336 天) 戶外耐候試驗期間，其明度差值 (ΔL^*)、紅綠參數差值 (Δa^*)、黃藍參數差值 (Δb^*) 及色差值 (ΔE^*) 之變化。其中，由圖 1 (a) 中可以得知，各類 WPC 之明度值於前 28 天耐候試驗期間有下降情形產生，而當試驗達 42 天時，明度值則會大幅增高，並於第 56 天時， ΔL^* 達到最大正值 (此時期 HDPE、rHDPE、LDPE、PP 及 PS 所製備者之 L^* 值分別為 66、68、66、64 及 70)，之後則隨耐候時間的增加而下降，且在第 224 天後趨於平緩。然而，經 336 天耐候試驗後，5 種 WPC 中以 PP 製備者其明度差值最小 (ΔL^* 約為 -4)，其餘 4 者之 ΔL^* 則約為 -7~10 之間，顯示板材經戶外耐候試驗後其明度下降。而在紅綠參數方面，如圖 1 (b) 所示，各 WPC

之 Δa^* 在前 28 天耐候試驗中均無顯著變化。然而，當耐候試驗達 42 天時則有顯著的下降，此與 ΔL^* 之變化情形相異，但之後則與 ΔL^* 之變化情形相似，各 WPC 之 Δa^* 值均隨著耐候時間增加而下降。以 PP 及 PS 所製備之 WPC 為例，於耐候 336 天後， a^* 值均由 8 降至 1。此外，由圖 1 (c) 中可以得知，WPC 之 Δb^* 與 ΔL^* 之變化呈現相反的情形，在前 42 天的耐候試驗中，其 Δb^* 值呈先上升而後下降之情形。另外，由圖中亦可得知，以 PS 製備之 WPC 其 Δb^* 值下降幅度遠低於其他 4 種 WPC，經 48 週的耐候試驗後，其 Δb^* 僅為 -8，而其他塑膠基質之 WPC 其 Δb^* 則高達 -13。至於 ΔE^* 之變化，則可以由圖 1 (d) 中得知，各塑膠基質 WPC 之變化趨勢相似，其色差值變化主要可分為兩階段：耐候試驗前 56 天，色差值呈先上升而後下降之趨勢；而在 56 天耐候試驗後，色差值則隨著耐候試驗時間的增加而上升，並於 224 天後漸趨平緩。

至於本試驗於前 28 天耐候期間，造成各 WPC 之 Δb^* 上升與 ΔL^* 下降之原因，推測主要係因為木材中的木質素受到陽光照射後，產生光氧化作用而形成醌類 (Quinones) 等發色團 (Ndiaye *et al.*, 2008)，因此導致 WPC 表面顏色產生黃化現象，進而使 Δb^* 上升及 ΔL^* 下降。同樣的，Kiguchi 等人 (2007) 亦指出，WPC 初期之表面顏色變化主要係來自於木材中成分的改變。另外，當耐候時間達 42 天時，無論 ΔL^* 、 Δa^* 或 Δb^* 均有顯著變化。而造成此現象之原因，主要與戶外耐候試驗期間之降雨情形有關。由圖 1 (e) 試驗地區的降雨量可以發現，於耐候時間第 30 天時，有明顯之降雨情形，其降雨量約 20 mm。因此，木材中之抽出成分及因光降解所產生之醌類物質，因雨水淋洗作用而導致 WPC 其 ΔL^* 值上升以及 Δa^* 與 Δb^* 值下降。此外，Kiguchi 等人 (2007) 亦指出，

WPC 的褪色現象主要係木材中的木質素與半纖維素受到光降解，以及水的淋洗作用所導致。再者，Stark (2006) 於 WPC 的耐候試驗中發現，抽出成分亦為影響木材顏色的主要因子，當試材受到雨水的淋洗作用後，會導致 WPC 的褪色。另一方面，經過 48 週耐候試驗後，除 PS 製備之 WPC 呈現黃化現象外，其餘各 WPC 表面之顏色均呈灰白色。同樣的，Li (2000) 及 Fabiyi 等人 (2008) 的研究指出，HDPE 與木材所製備之 WPC 經戶外耐候試驗後，除表面之木材會失去原有木材顏色而轉變成灰色之外，於塑膠基質方面，亦會減低其透明度 (Transparency)。至於以 PS 所製備之 WPC，其表面呈現黃化之原因，推測可能係因為 PS 基質中苯環結構吸收 UV 光後，因光氧化作用而形成醌類等有色物質所致。

(II) 塑膠基質對 WPC 經戶外耐候試驗後表面結構性質之影響

WPC 經耐候試驗後，除了會造成顏色變化外，亦會造成表面結構產生改變。目前已有許多學者指出，WPC 無論是經戶外或加速耐候試驗，其表面均會產生開裂之情形 (Li, 2000; Stark and Matuana, 2004; Kiguchi *et al.*, 2007; Seldén *et al.*, 2004)。因此，本研究利用 SEM 觀察 WPC 於戶外耐候試驗前後，其表面之結構性質。由圖 2 可以發現，各 WPC 之表面於耐候試驗前均相當平整，且木材與塑膠間具有完整之膠合界面，顯示 WPC 表面結構不會受到塑膠基質的不同而有所改變。然而，經 48 週耐候試驗後，WPC 表面之塑膠與木材粒片受光降解及雨水淋洗作用，而導致塑膠開裂及木材膨脹等現象，且其 WPC 表面結構之變化會因塑膠基質不同而有所差異。其中，以 HDPE 及 rHDPE 所製備之 WPC (如圖 2 所示)，經 48 週耐候試驗後，於試材表面可以清楚發現木材與塑膠界面產生剝離之現象。再者，塑膠基

質亦有開裂之情形，且越接近木材與塑膠界面，其開裂情形越嚴重。而以 LDPE 製備者亦具有相似之情形，但其開裂情形更為劇烈，其主要原因係 LDPE 所製備之 WPC 具有較高之吸水膨脹性所致 (Lee *et al.*, 2010)。此外，利用 PP 所製備之 WPC，其塑膠開裂之情形較 PE 類塑膠所製備者嚴重，甚至有塑膠剝落之情形，此現象與 Seldén 等人 (2004) 的研究結果相似。而以 PS 製備之 WPC，則為 5 種複合材中，表面劣化情況最為嚴重者，其表面之木材與塑膠界面存有許多大裂縫；且由於木材過度膨脹，以及 PS 塑膠與木材之界面遭受嚴重破壞，因此經雨水淋洗後，大部分包覆在木材外部之塑膠均被雨水淋洗掉。至於造成 PS 製備之 WPC 其表面結構破壞較為嚴重之原因，推測除了該塑膠基質易受光降解之影響外，PS 所製備之 WPC 具高吸水性及吸水膨脹率之特性 (Lee *et al.*, 2010)，亦是導致其表面嚴重劣化的主要因素之一。

(III) 塑膠基質對 WPC 經戶外耐候試驗後抗彎性質之影響

不同塑膠基質所製備之 WPC，其 MOR 及 MOE 性質如表 1 所示。由表中結果可以得知，5 種 WPC 中，以 LDPE 製備者其 MOR 最低，強度僅 8.5 MPa。然而，以 PP 所製備之 WPC 則具有最佳之抗彎強度，其 MOR 高達 25.4 MPa。而 HDPE、rHDPE 及 PS 製備之 WPC，其 MOR 則分別為 21.0、20.3 及 20.0 MPa。另外，於表 1 中亦可發現，MOE 具有與 MOR 相似之趨勢，同樣以 LDPE 製備者最低，其 MOE 僅 1.1 GPa。而以 HDPE、rHDPE、PP 及 PS 塑膠所製備者，其 MOE 則介於 1.7–2.0 GPa，且彼此間無顯著差異。然而，此 5 種 WPC 中木材與塑膠的混合比均相同，僅塑膠基質有所差異，因此造成 WPC 機械性質的差異，主要係來自於塑膠本身的性質。一般而言，塑膠之強度性質為 PP > PS >

表 1 不同塑膠基質 WPC 經戶外耐候試驗後之 MOR 及 MOE 保留率

Table 1 The MOR and MOE retention ratios of various WPCs after outdoor weathering for different time

WPC	MOR (MPa)	MOR retention ratio (%)					MOE (GPa)	MOE retention ratio (%)				
		at different weathering time (week)						at different weathering time (week)				
		4	8	16	24	48		4	8	16	24	48
HDPE	21.0 ± 1.9 ^B	90 ± 7 ^a	88 ± 3 ^a	89 ± 4 ^a	89 ± 4 ^a	72 ± 5 ^b	1.7 ± 0.1 ^A	73 ± 4 ^a	75 ± 8 ^a	77 ± 4 ^a	70 ± 4 ^{ab}	59 ± 6 ^b
rHDPE	20.3 ± 0.9 ^B	87 ± 3 ^a	85 ± 6 ^a	84 ± 4 ^a	75 ± 3 ^{ab}	72 ± 3 ^b	1.7 ± 0.2 ^A	74 ± 6 ^a	74 ± 6 ^a	74 ± 2 ^a	74 ± 2 ^a	61 ± 4 ^b
LDPE	8.5 ± 0.7 ^C	87 ± 5 ^a	89 ± 7 ^a	85 ± 7 ^a	81 ± 9 ^a	63 ± 7 ^b	1.1 ± 0.1 ^B	77 ± 4 ^a	72 ± 5 ^a	68 ± 5 ^a	68 ± 7 ^a	39 ± 2 ^b
PP	25.4 ± 1.4 ^A	86 ± 9 ^{ab}	87 ± 9 ^{ab}	90 ± 2 ^a	77 ± 9 ^{ab}	69 ± 5 ^b	2.0 ± 0.2 ^A	77 ± 14 ^{ab}	77 ± 12 ^{ab}	82 ± 1 ^a	70 ± 8 ^{ab}	59 ± 4 ^b
PS	20.0 ± 3.2 ^B	90 ± 4 ^a	94 ± 1 ^a	80 ± 10 ^{ab}	66 ± 22 ^{ab}	53 ± 10 ^b	2.0 ± 0.2 ^A	86 ± 7 ^a	84 ± 1 ^a	72 ± 8 ^{ab}	57 ± 13 ^{bc}	44 ± 8 ^c

Values are the mean ± SD (n = 5). Different capital and lowercase letters indicate significant differences ($P < 0.05$) within a column and a row, respectively.

HDPE > LDPE，而此趨勢與本試驗中 WPC 所得的結果相符合。此外，利用原生及回收 HDPE 所製備之 WPC 具有相似的抗彎性質，由此可知 HDPE 經回收再製後，並不影響其製備成 WPC 之性質表現。

另一方面，不同塑膠基質之 WPC 經戶外耐候試驗後對 MOR 及 MOE 保留率之影響如表 1 所示。由表中可以得知，WPC 之 MOR 保留率均隨耐候時間的增加而降低。經 48 週耐候試驗後，各 WPC 之 MOR 強度保留率由大至小則依序為

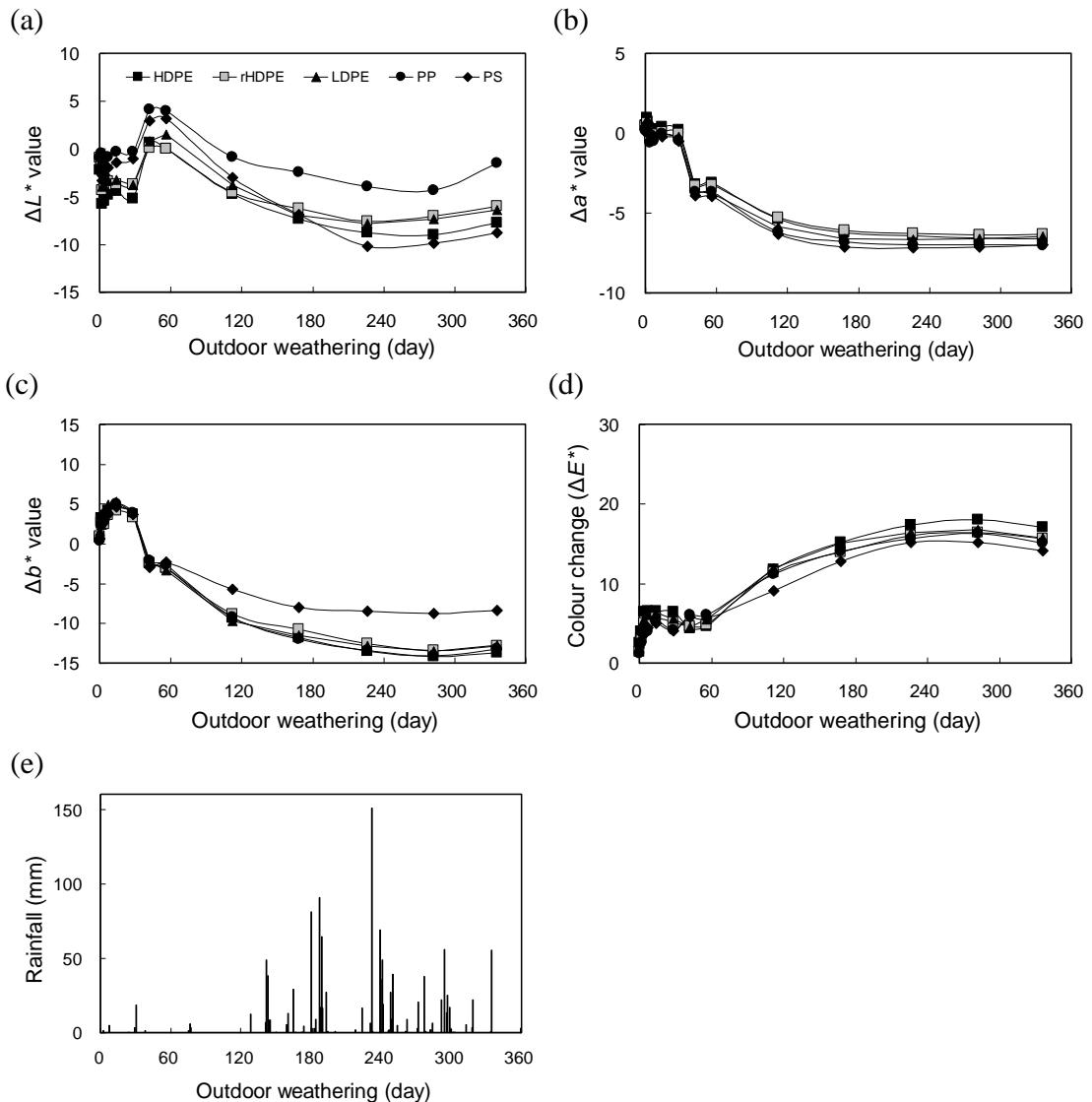


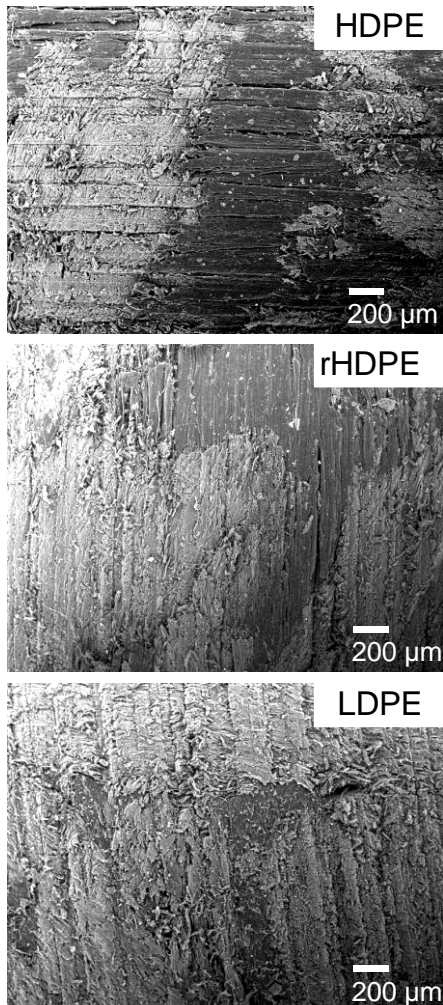
圖 1 不同塑膠基質 WPC 於 336 天戶外耐候試驗期間顏色參數變化及降雨量

Fig. 1 Changes in color parameters of various WPCs (n = 7) and rainfall during outdoor weathering for 336 days. (a): ΔL^* , (b): Δa^* , (c): Δb^* , (d): ΔE^* , (e): rainfall.

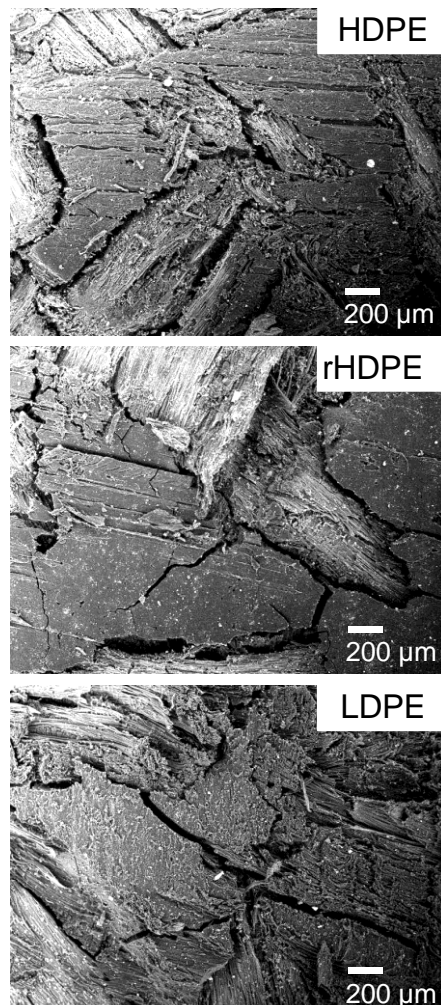
HDPE(72%)、rHDPE(72%)、PP(69%)、LDPE(63%)及PS(53%)。此結果顯示，戶外耐候試驗會造成 WPC 強度降低 25~50%；其中，又以 PS 製備者影響最大。而此結果與 WPC 表面結構變化(圖 2)相似，同樣是以 PS 製備者之耐候性質較其他類型 WPC 低。而在 MOE 保留率方面，由表中亦可以發現，不同塑膠基質所製備之 WPC，其 MOE 保留率與 MOR 具有相似的情形，均隨著耐候時間增加而降低。經 48 週耐候試驗後，以 HDPE、rHDPE 及 PP 製備者具有較高的

保留率，其 MOE 保留率約為 60%。而利用 LDPE 及 PS 製備之 WPC，其 MOE 保留率較低，僅分別為 39 及 44%。一般而言，於戶外耐候試驗時，WPC 除受到戶外日照、溫度及降雨等影響而發生劣化之外，試驗期間木材收縮、膨脹及塑膠開裂等亦為造成 WPC 性質降低的主要因子(Li, 2000)。而利用 LDPE 及 PS 所製備之 WPC，因具有較高吸水膨脹率(Lee *et al.*, 2010)，且表面開裂情形亦十分嚴重，故導致複合材呈現較低的 MOR 及 MOE 保留率。

(a) Before weathering



(b) After 48 weeks weathering



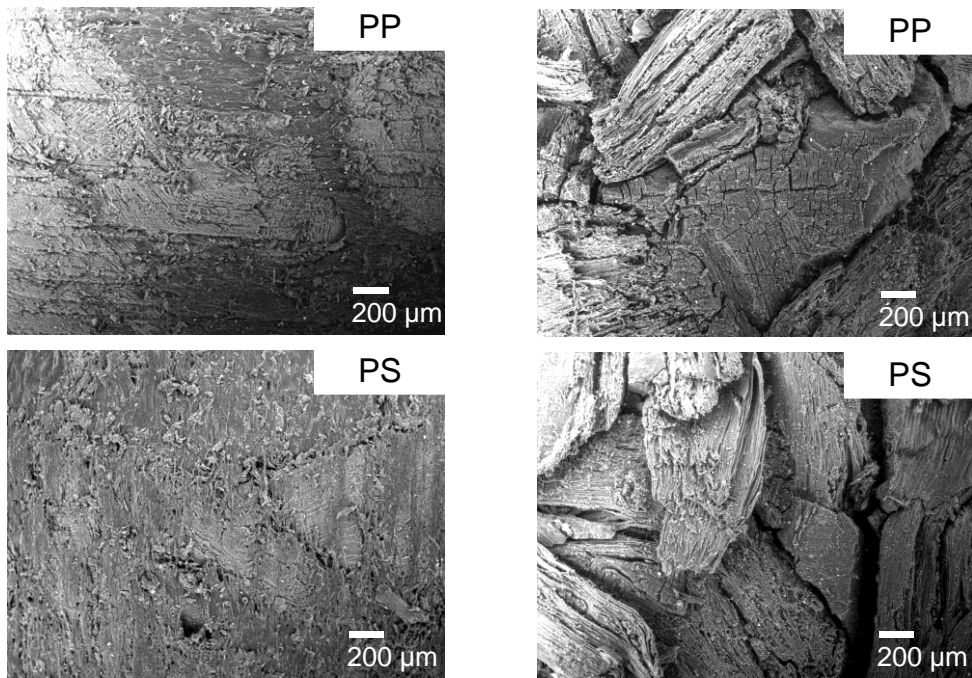


圖 2 不同塑膠基質 WPC 經戶外耐候試驗前後表面之電子顯微照片

Fig. 2 SEM micrographs of various WPCs before (a) and after (b) outdoor weathering for 48 weeks.

(IV) 塑膠基質對 WPC 經戶外耐候試驗後表面官能基之影響

圖 3 為 5 種塑膠基質之 WPC 於戶外 48 週耐候試驗期間之 ATR-FTIR 光譜。由圖中可以發現，WPC 於 1600 及 1510 cm^{-1} 之木質素特定吸收峰強度，均隨著耐候時間增加而下降，且在第 4 週耐候試驗後此吸收峰即消失。另外，代表木質素芳香環上 C-O stretching 的 1240 cm^{-1} 吸收峰，其強度亦隨著耐候時間增加而減低；相對的， 1640 cm^{-1} 之乙烯基 (Vinyl group) 吸收峰於耐候初期則有上升之情形。此現象主要係 WPC 中塑膠基質於耐候試驗期間，透過 Norrish II 的降解機制形成乙烯基所致。此外，於 1735 cm^{-1} 非共軛酯基之吸收峰，經耐候試驗後則轉變成羧酸基 (1714 cm^{-1})，此亦顯示 WPC 中有光氧化的作用產生。由此得知，WPC 於耐候試驗初期，複合材表層即開始產生劣解，並導致其表面顏色產

生變化。另外，由圖 3 中亦可發現，無論利用那一種塑膠基質所製備之 WPC，於耐候試驗後期 (8-48 週)，乙烯基的特定吸收峰均隨著耐候時間增加而有消失的現象，此主要係因為 WPC 中塑膠基質的降解產物於戶外耐候試驗期間受到雨水的淋洗作用所致。

另一方面，Fabiya 等人 (2008) 的研究報告指出，利用 HDPE 與木材所製備之 WPC 經耐候試驗後，羰基的吸收可分為四種型態，其分別為共軛酮基 ($1700-1685\text{ cm}^{-1}$)、羧酸基 ($1725-1715\text{ cm}^{-1}$)、酯基 ($1745-1730\text{ cm}^{-1}$) 及 γ -內酯基 ($1800-1765\text{ cm}^{-1}$)。而 Ndiaye 等人 (2008) 的研究亦發現，PP 製備之 WPC 經加速耐候試驗後，其表面羰基主要是由 1713 、 1735 及 1780 cm^{-1} 之吸收峰所組成，其中，又以羧酸基 (1713 cm^{-1}) 之吸收最為明顯。至於 PS 塑膠經光氧化後所形成之羰基的吸收峰，則可分為

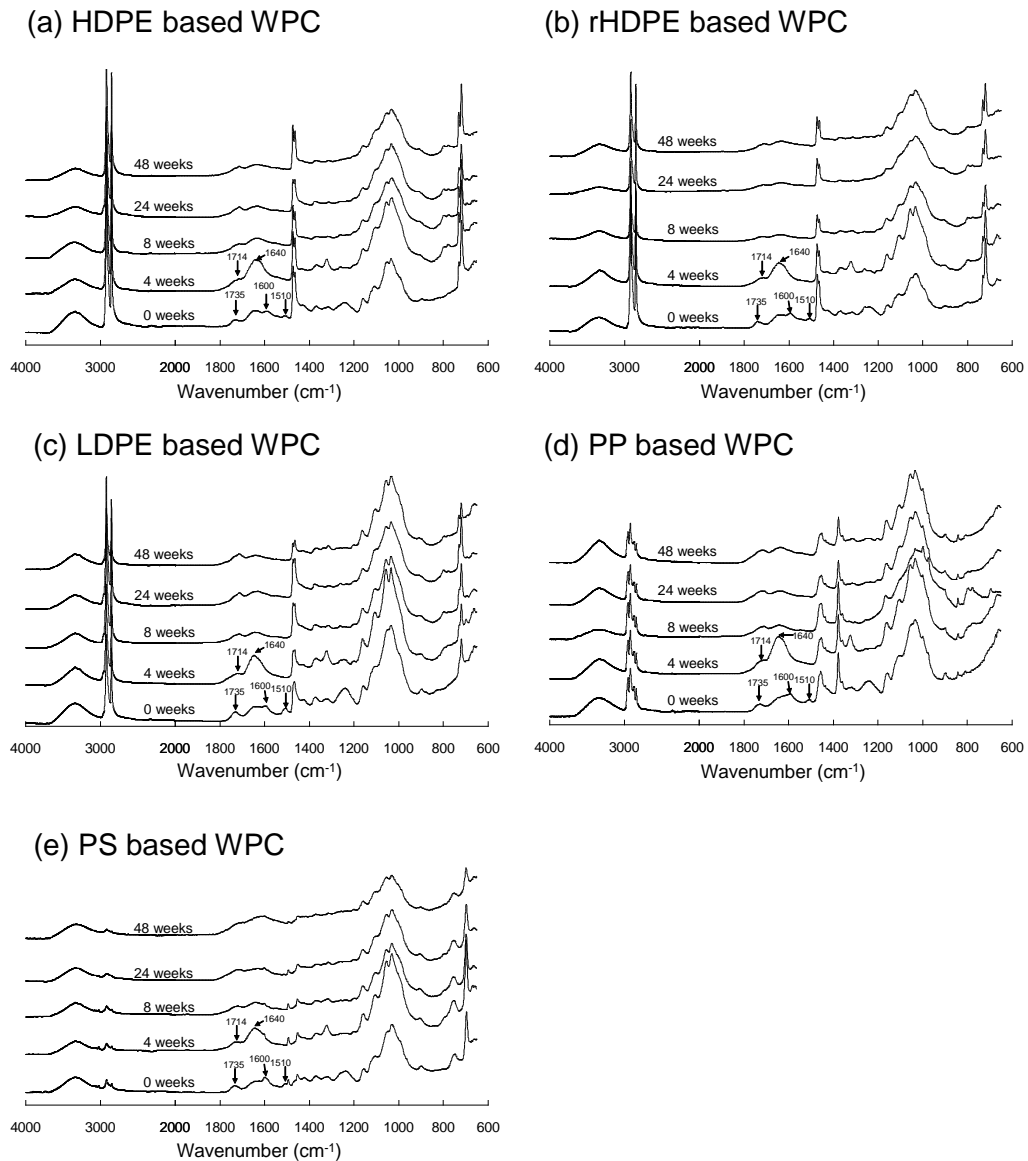


圖 3 不同塑膠基質 WPC 經 48 週戶外耐候試驗後之 ATR-FTIR 光譜

Fig. 3 ATR-FTIR spectra of various WPCs after outdoor weathering for 48 weeks.

1775、1740、1720、1690 及 1670 cm^{-1} (Lucki and Rånby, 1979)。由此可知，透過 FTIR 分析可以得知 WPC 經耐候試驗後表面化學組成之變化；換言之，透過官能基之吸收強度的消長，則可得知 WPC 表層物質之劣化情形。而由圖 4 中

WPC 表面羰基指數之變化可以發現，利用 HDPE 及 LDPE 所製備之 WPC，羰基指數變化量呈現先上升後下降之現象，其分別在耐候試驗第 14 及第 7 天時達到最高，之後則隨耐候時間增加而降低，且經 112 天之耐候試驗後，變化均趨於

平緩，而此現象與 Fabiyi 等人 (2008) 之試驗結果相似。另外，利用 rHDPE 所製備之 WPC 則具有與 HDPE 製備者相似之結果。至於 WPC 表面羰基含量下降之原因，推測係因為降解產物受到雨水淋洗作用所致。此外，以 PP 製備者其羰基指數增加之幅度較高，且在耐候試驗達 28 天時即達到最高，之後則趨於平緩；而造成此現象之原因，推測主要係此時羰基的生成速率與雨水淋洗作用達

到平衡所致。相對的，以 PS 製備者其羰基指數於耐候試驗初期僅些微增加，而當耐候試驗達 112 天時，羰基指數才有較大幅度的上升，且在試驗第 224 天時，羰基指數達到最高。綜合上述之試驗結果可以得知，塑膠種類會影響 WPC 表面之羰基指數，而導致此情形之原因，除不同塑膠基質具有不同之劣化型態外，雨水的淋洗作用亦可能是主要原因之一。

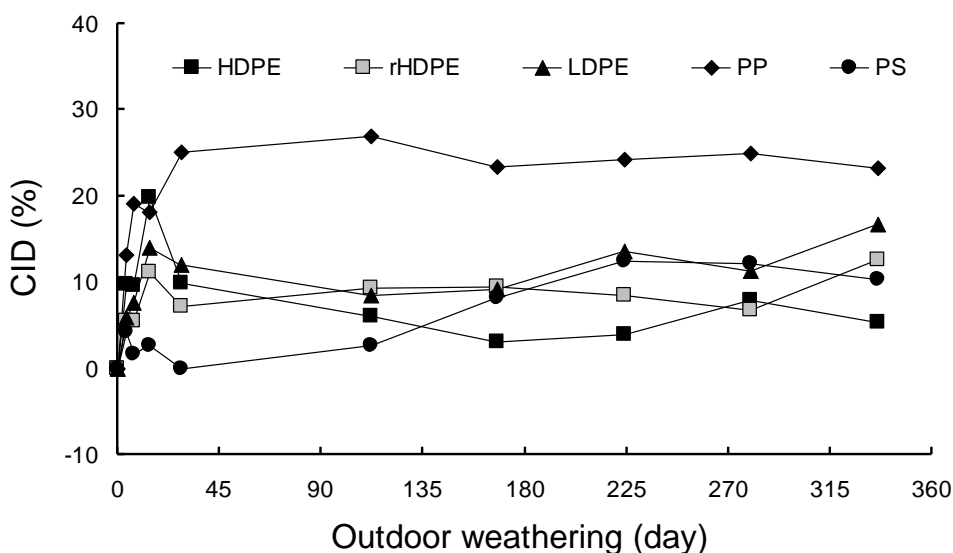


圖 4 不同塑膠基質 WPC 於 48 週戶外耐候試驗過程中羰基指數之變化

Fig. 4 Carbonyl index difference (CID) of various WPCs during 48 weeks of outdoor weathering.

IV、結論

近年來隨著科技及文明的進步，人們對於自然資源的需求量也隨之增加。相對的，也導致自然資源的過度開發，進而衍生出許多生態破壞及廢棄物等問題。而木材塑膠複合材 (WPC) 之開發與應用，即為有效利用自然資源及解決廢棄物問題之方法。然而，因 WPC 之耐候性質普遍不佳，影響其應用於戶外之使用性。因此，耐候性質已成為 WPC 相當重要的研究課題之一。而為了瞭解不同塑膠基質所製備之 WPC 其戶外耐候性質表現，本研究以 5 種塑膠基質為材料製備複

合材，且利用戶外耐候試驗方式評估 WPC 之耐候性。試驗結果得知，木材塑膠複合材經戶外耐候試驗後，除 PS 製備者表面呈現黃化外，其餘木材塑膠複合材均呈現灰白色。至於抗彎強度方面，以 HDPE、rHDPE 及 PP 所製備之木材塑膠複合材具有較佳之強度保留率；相對的，LDPE 及 PS 所製備者則較差。此外，因 WPC 中塑膠基質的降解產物於戶外耐候試驗期間受到雨水淋洗作用，導致 WPC 於戶外耐候試驗後， 1640 cm^{-1} 之乙烯基吸收峰會隨耐候時間增加而逐漸消失。另一方面，由 WPC 表面羰基指數之變化

則可以發現，以 PP 製備者，其羰基指數增加幅度最大，而利用 HDPE、rHDPE 及 LDPE 所製備之 WPC，羰基指數變化量則呈現先上升後下降之現象。

V、致謝

本研究感謝行政院農業委員會林務局予以經費補助（100 農科-5.4.2-務-el），使本試驗得以順利完成，特此致謝。

VI、參考文獻

1. 吳東霖、王贊鈞、李家皇、陳合進、陳載永、吳志鴻（2008）製程條件對木質粒片-塑膠複合材機械性質之影響。林產工業 27:13-24。
2. 吳東霖、陳載永、吳志鴻（2011）竹材加工廢料應用在生物可分解型塑膠複合材製備之研究。中華林學季刊 44:613-626。
3. 張懋如、吳東霖、洪克昌、陳載永、吳志鴻（2009）台灣二葉松木材-塑膠複合材之理學機械性質。林業研究季刊 31:65-74。
4. 陳合進、陳載永、徐俊雄、黃偉銘（2003）模壓式製造木材-HDPE 塑膠複合材戶外利用之接受性調查(I)：新安裝之設施的接受性。國立中興大學農林學報 52(4):11-20。
5. 陳載永、陳合進、F. A. Kamke（2002）平壓式製造木材粒片-塑膠複合材之探討。木工家具 216:108-112。
6. 陳載永、陳合進、徐俊雄（2000）簡介木質纖維與塑膠混鍊製造生態複合材之方法介紹。木工家具 187:89-93。
7. Ashori, A. (2008) Wood-plastic composites as promising green-composites for automotive industries. *Bioresour. Technol.* 99:4661-4667.
8. Chen, H.-C., T.-Y. Chen and C.-H. Hsu (2006) Effects of wood particle size and mixing ratios of HDPE on the properties of the composites. *Holz Roh Werkst.* 64:172-177.
9. Clemons, C. (2002) Wood-plastic composites in the United States: The interfacing of two industries. *Forest Prod. J.* 52(6):10-18.
10. Fabiyi, J. S., A. G. McDonald, M. P. Wolcott and P. R. Griffiths (2008) Wood plastic composites weathering: Visual appearance and chemical changes. *Polym. Degrad. Stabil.* 93:1405-1414.
11. García, M., J. Hidalgo, I. Garmendia and J. García-Jaca (2009) Wood-plastics composites with better fire retardancy and durability performance. *Composites A* 40:1772-1776.
12. Hung, K.-C. and J.-H. Wu (2010) Mechanical and interfacial properties of plastic composite panels made from esterified bamboo particles. *J. Wood Sci.* 56:216-221.
13. Hung, K.-C., Y.-L. Chen and J.-H. Wu (2012) Natural weathering properties of acetylated bamboo plastic composites. *Polym. Degrad. Stabil.* Accepted and in Press (DOI: 10.1016/j.polymdegradstab.2012.06.016).
14. Jiang, H. and P. Kamdem (2004) Development of poly(vinyl chloride)/wood composites. A literature review. *J. Vinyl Addit. Technol.* 10:59-69.
15. Kiguchi, M., Y. Kataoka, H. Matsunaga, K. Yamamoto and P. D. Evans (2007) Surface deterioration of wood-flour polypropylene composites by weathering trials. *J. Wood Sci.* 53:234-238.
16. Lee, C.-H., T.-L. Wu, Y.-L. Chen and J.-H. Wu (2010) Characteristics and discrimination of five types of wood-plastic composites by FTIR spectroscopy combined with principal component analysis. *Holzforschung* 64:699-704.
17. Li, R. (2000) Environmental degradation of wood-HDPE composite. *Polym. Degrad. Stabil.* 70:135-145.
18. Lucki, J. and B. Rånby (1979) Photo-oxidation of polystyrene-Part 2: Formation of carbonyl groups in photo-oxidation polystyrene. *Polym. Degrad. Stabil.* 1:1-16.
19. Ndiaye, D., E. Fanton, S. Morlat-Therias, L. Vidal, A. Tidjani and J. L. Gardette (2008) Durability of wood polymr composites: Part 1.

- Influence of wood on the photochemical properties. *Compos. Sci. Technol.* 68:2779–2784.
20. Ochi, S. (2006) Development of high strength biodegradable composites using Manila hemp fiber and starch-based biodegradable resin. *Composites A* 37:1879–1883.
21. Seldén, R., B. Nyström and R. Långström (2004) UV aging of poly(propylene)/wood-fiber composites. *Polym. Compos.* 25:543–533.
22. Stark, N. M. (2006) Effect of weathering cycle and manufacturing method on performance of wood flour and high density polyethylene composites. *J. Appl. Polym. Sci.* 100:3131–3140.
23. Stark, N. M. and L. M. Matuana (2004) Surface chemistry and mechanical property changes of wood-flour/high-density-polyethylene composites after accelerated weathering. *J. Appl. Polym. Sci.* 94:2263–2273.
24. Stark, N. M., L. M. Matuana and C. M. Clemons (2004) Effect of processing method on surface and weathering characteristics of wood-flour/HDPE composites. *J. Appl. Polym. Sci.* 93:1021–1030.

酚液化柳杉以懸浮聚合法製作硬化圓球形 PF 樹脂顆粒

謝漢民¹ 李文昭^{2,3} 尤昭云¹ 張國峻¹

【摘要】本研究將柳杉木材以酚為溶劑，硫酸為催化劑進行液化處理，並將此酚液化柳杉與福馬林在安定劑聚乙烯醇(Polyvinyl alcohol; PVA)存在條件下，以懸浮聚合法製作圓球形硬化酚醛樹脂(Phenol-formaldehyde resin; PF)顆粒；由試驗結果得知，酚液化柳杉可在弱鹼性環境與甲醛藉由二階段懸浮聚合法形成圓球形硬化 PF 樹脂顆粒，然其樹脂顆粒之粒徑大小及分佈則受安定劑種類及添加量所影響，採用分子量較低之安定劑者，其樹脂顆粒之粒徑分佈範圍較廣，分子量較大者則粒徑較集中，而減少 PVA 添加量則可形成較大粒徑之樹脂顆粒。TGA 熱分析顯示其熱裂解發生溫度約在 170℃，較明顯之重量損失則在 400-570℃，加熱至 800℃之焦炭率在 58.2-60.4%。

【關鍵詞】柳杉、液化木材、酚醛樹脂、圓球形樹脂顆粒、懸浮聚合法。

Cured Spherical PF Resin Beads Prepared from Phenol-liquefied *Cryptomeria japonica* with Suspension Polymerization

Han-Min Hsieh¹ Wen-Jau Lee^{2,3} Chao-Yun Yu¹ Kuo-Chun Chang¹

【Abstract】 In this study, wood of *Cryptomeria japonica* was liquefied in phenol with sulfuric acid as a catalyst. The cured spherical phenol-formaldehyde (PF) resin beads were prepared from phenol-liquefied *C. japonica* and formalin in the presence of a stabilizer, polyvinyl alcohol (PVA), with a suspension polymerization. The results show that spherical cured PF resin beads could be prepared by reacting phenol-liquefied *C. japonica* and formaldehyde with a two-step suspension polymerization under weak alkaline condition. However, the diameter and dimensional distribution of resin beads were influenced by the kind and the dosage of stabilizer. Using the PVA stabilizer with a lower molecular weight had a broad dimensional distribution of the resin beads but it had a more uniform diameter for that with larger molecular weight PVA. In the meantime, decreasing the dosage of PVA could lead the resin beads to form a larger diameter. TGA shows that the thermo-degradation of resin beads occurred at 170℃ and had more obvious weight loss at temperature between 400℃ and 570℃. The char yield at 800℃ was between 58.2% and 60.4%.

【Keywords】 *Cryptomeria japonica*, Liquefied wood, Phenol-formaldehyde resin, Spherical resin beads, Suspension polymerization.

¹ 國立中興大學森林學系碩士

Master, Department of Forestry, National Chung-Hsing University.

² 國立中興大學森林學系教授

Professor, Department of Forestry, National Chung-Hsing University.

³ 通訊作者 Corresponding author, email: wjlee@dragon.nchu.edu.tw

I、前言

酚醛樹脂(Phenol-formaldehyde resin; PF)為最早被開發之合成樹脂，而透過合成條件之變化可獲得不同性質 PF 樹脂，若在酸性環境下採用甲醛/酚之莫耳比(F/P)小於 1 之合成條件可製備熱塑性 Novolak 型 PF 樹脂，此類型 PF 樹脂多應用於成型材製作，而在 F/P 莫耳比大於 1 之鹼性環境下則可獲得熱硬化性 Resol 型 PF 樹脂，此類型 PF 樹脂並可依合成時 pH 設定之不同而形成水溶性或醇溶性樹脂，前者主要被應用為木材膠合劑，後者則可做為含浸用樹脂。硬化後之 PF 樹脂具備耐水性、熱熱性、耐候性、耐磨耗性與機械強度佳等優點，而藉由高溫碳化處理後則可獲得高收率之多孔性碳材料(Lausevic and Marinkovic, 1986; Roman-Martinez *et al.*, 1996; Ko *et al.*, 2001; Lenghaus *et al.*, 2001; Lin *et al.*, 2005)。

懸浮聚合(Suspension polymerization)可應用於非水溶性樹脂之聚合反應，在醇溶性 Resol 型 PF 樹脂之懸浮聚合過程中添加造粒安定劑，則其分散之樹脂分子可凝聚而形成圓球狀，並藉由架橋硬化劑而形成硬化 PF 樹脂 (Singh and Lal, 2006; Singh *et al.*, 2009)，經碳化處理後此具備規則型態之圓球狀碳材料可做為特殊之吸附材(Yenisoy-Karakaş *et al.*, 2004)或做為鋰電池之電極材料(Chang *et al.*, 1999; Endo *et al.*, 2000)。

將固態之木質材料透過溶劑液化處理轉換成液態可有效拓展其應用領域，而酚液化木材可與甲醛反應而應用於 PF 樹脂製備，Alma *et al.* (1996)指出酚化木材(Phenolated wood)混合六甲基四胺後可藉由熱壓製作成型板；Lee *et al.* (2008; 2009)則指出酚液化木材與福馬林(37% 甲醛水溶液)混合後，藉由其自發之放熱反應可形成 Novolak 型 PF 樹脂，其所製作之成型板具良好的尺寸安定性與機械性質；而在強鹼性環境下此液化木材則可與福馬林反應製備 Resol 型 PF 樹脂(Santana *et al.*, 1995)，此樹脂可做為合板及粒片板製造用膠(Lee and Liu, 2003; Alma and Basturk, 2006; Hassan *et al.*, 2009)；陳奕君等人(2007)則指出在弱鹼性環境下酚液化孟宗竹可與

福馬林反應製備 Resol 型醇溶性 PF 樹脂；本研究則將探討酚液化柳杉與福馬林藉由懸浮聚合法製作圓球形硬化 PF 樹脂顆粒之可行性。

II、材料與方法

(I) 試驗材料

1. 木質材料：柳杉(*Cryptomeria japonica* D. Don; Japanese cedar)。
2. 化學藥品：酚(Phenol; C_6H_5OH)、硫酸(Sulfuric acid; H_2SO_4)、福馬林(Formalin; 37% $HCHO_{(aq)}$)、氫氧化鈉(Sodium hydroxide; NaOH)、三乙胺(Triethylamine; $(C_2H_5)_3N$)、六甲基四胺(Hexamethylenetetramine; $(CH_2)_6N_4$)、丙酮(Acetone; $(CH_3)_2CO$)、聚乙烯醇(Polyvinyl alcohol; PVA; 皂化度 98.0~98.8 mol%；BF-17 聚合度 1700；BF-26 聚合度 2600)。

(II) 試驗方法

1. 柳杉木材之液化處理：將柳杉研磨成粉，取粒徑通過 20 mesh 者為液化用試料，以 $103 \pm 2^\circ C$ 乾燥去水；液化處理時以酚為溶劑，以酚重量 5% 之 H_2SO_4 為催化劑，酚與木粉重量比 3/1，並以 $130^\circ C$ 加熱 60 min。液化後產物測定其殘渣率、粘度、不揮發分含量、結合酚含量、自由酚含量 (李文昭等, 2006)。
2. 液化柳杉為基質圓球形 PF 樹脂顆粒製作：以液化柳杉為酚原料，福馬林為甲醛原料，並以液化木材之自由酚含量為設定甲醛/酚(F/P)莫耳比之計量基準，合成時以水為懸浮相，PVA 為安定劑，三乙胺或氫氧化鈉為催化劑，六甲基四胺為架橋硬化劑；合成時採二階段法，各合成條件如表 1 所示，將反應物置於 500 mL 四口圓底反應瓶，以電動攪拌機(Eyela NI-1000S)配合鐵氟龍半圓形扇葉在 300 rpm 轉速下進行攪拌；第一階段反應時先將 PVA 與水(300 mL)混合，並加熱使完全溶解，隨後加入計算量之液化柳杉，並以三乙胺或氫氧化鈉調整 pH 至設定值，將混合液加熱至迴流溫度後以分液漏斗將福馬林逐漸滴入反應瓶中進行預聚合反應；

表 1 液化柳杉為基質圓球形 PF 樹脂顆粒之合成條件

Table 1 Synthesis conditions of liquefied Japanese cedar-based spherical PF resin beads

合成 樹脂 代號	第一階段 (預聚合反應)					第二階段 (硬化反應)			
	F/P (莫耳比)	PVA ¹		反應 時間 (min)	反應 溫度 (°C)	反應 時間 (h)	結果 說明		
		種類	添加量 ¹ (%)						
W-1	0.8/1	BF-17	4	1.0	30	-	-	-	第一階段膠化
W-2	0.6/1	BF-17	4	1.0	30	-	-	-	第一階段膠化
W-3	0.4/1	BF-17	6	1.0	30	-	-	-	第一階段膠化
W-4	1.0/1	BF-17	4	10.0	30	2.0/1	90	3	第二階段膠化
W-5	1.0/1	BF-17	6	10.0	30	4.3/1	90	3	第二階段膠化
W-6	1.0/1	BF-17	6	7~8	60	2.0/1	90	3	樹脂顆粒丙酮淋洗時膨潤
W-7	1.0/1	BF-17	6	7~8	30	4.3/1	90	3	樹脂顆粒丙酮淋洗時膨潤
W-8	1.0/1	BF-17	6	7~8	60	2.5/1	100	3	硬化樹脂顆粒
W-9	1.0/1	BF-26	6	7~8	60	2.5/1	100	3	硬化樹脂顆粒
W-10	1.0/1	BF-26	4	7~8	60	2.5/1	100	3	硬化樹脂顆粒

¹ 對甲醛及液化木材合計重

隨後加入六甲基四胺為架橋硬化劑，並於迴流溫度下再加熱 3 hr 使進行第二階之硬化反應。將反應物冷卻、靜置，所得圓球形樹脂以 200 mesh 篩網過濾，將留存篩網之樹脂顆粒以蒸餾水充分淋洗，續以丙酮淋洗，並以 60°C 烘箱加熱去除丙酮，再以 100°C 加熱 1 天。

- 圓球形 PF 樹脂顆粒之粒徑分布：將所得圓球形酚樹脂以 14 mesh (1410 μm)、20 mesh (840 μm)、40 mesh (420 μm) 及 60 mesh (250 μm) 之篩網進行篩分，並計算各網目孔徑粒子所佔重量百分率。隨後由各網目孔徑粒子中隨機選取 20 顆粒子，以 60 倍金相顯微鏡 (Motic DM143) 量測其粒徑，計算其平均直徑，並依下式計算其總平均粒徑 ($D_w = \sum(D_i \times W_i) / 100$; D_i 及 W_i 分別為各網目孔徑粒子之平均粒徑及重量百分率)。
- 圓球形 PF 樹脂顆粒之型態觀測：利用高倍數電子顯微鏡 (Hitachi; TM-1000) 觀測所得圓

球形樹脂顆粒之結構型態。

- 圓球形 PF 樹脂顆粒之熱重分析：採用儀器 Perkin-Elmer Pyris 1 熱重分析儀，取粒徑 40-60 mesh 之圓球形樹脂約 5 mg 於 TGA 分析用白金樣品盤中，測試環境氣體為氮氣，氮氣流速 20 mL/min，升溫速率 10 °C/min，測定溫度範圍 50~800°C，紀錄測試過程中之熱重損失曲線 (TG) 及其導數熱重曲線 (DTG)。

III、結果與討論

(I) 柳杉液化之性質

本研究將柳杉木粉以酚為溶劑， H_2SO_4 為催化劑，經 130°C 加熱 60 min 進行液化處理，所得液化產物中木質殘渣率 1.6%，粘度 56000 cps，不揮發分 57.8%，進一步以不揮發分計算之結合酚含量 33.7%，自由酚含量 38.6%。

(II) 酚液化柳杉為基質與甲醛反應製造圓球形 PF 樹脂之造粒條件

一般將酚與甲醛藉由懸浮聚合製造圓球形 PF 樹脂顆粒乃採三階段合成法, 首先將酚與甲醛行預聚合反應, 使形成水不溶之分散相樹脂分子, 隨後加入大量水及安定劑(保護膠體)進行造粒反應使形成樹脂顆粒, 最後再加入六甲基四胺為架橋劑形成硬化樹脂顆粒。

然本研究所採用之酚液化柳杉粘度高, 直接將酚液化柳杉與福馬林混合進行預聚合反應時, 在反應過程即快速發生膠化現象而形成團塊狀硬化樹脂; 因此本研究將合成條件修正為二階段法, 亦即將做為安定劑之 PVA 溶於大量水中, 並與酚液化柳杉與福馬林混合進行第一階段反應, 此法可有效降低反應物粘度, 然在預聚合階段仍會發生膠化現象, 即使降低 F/P 莫耳比亦無法避免此膠化現象之發生(W-1、W-2、W-3), 推測其原因可能為酸性之液化柳杉使反應系統之 pH 值過低, 在此酸性環境下其縮合反應之速度過快, 致使部分反應物因快速高分子化而產生膠化現象。W-4 及 W-5 則將反應液之 pH 調整至 10.0 再進行反應, 此法在第一階段預聚合反應時可形成分離相之懸浮樹脂粒子, 然添加六甲基四胺進行第二階段之硬化反應時, 此樹脂粒子凝聚並形成膠化現象, 推測在較高鹼性環境下有助於羥甲基形成, 此高羥甲基化樹脂在第二階段反應時易發生粒子間之縮合反應而形成團塊樹脂。

將反應液 pH 調整至 7~8 則可順利完成造粒反應而得圓球形 PF 樹脂顆粒, 其中 W-6 及 W-7 在第二階段硬化反應時採用之反應溫度為 90°C, 然 W-6 所得樹脂顆粒以丙酮淋洗時快速產生膨潤現象, W-7 將反應物之 F/P 總莫耳比提高至 4.3/1, 其樹脂顆粒在丙酮淋洗時亦發生膨潤現象, 而 W-8、W-9 及 W-10 將硬化階段之反應溫度提高至 100°C, 則所獲得球形樹脂均具備良好之耐丙酮淋洗之能力, 顯示較高反應

溫度可使其樹脂分子間之架橋程度較高, 樹脂顆粒之硬化反應較完全。

(III) 圓球形 PF 樹脂之粒徑分布

在懸浮聚合反應系統中, 反應物藉由安定劑之界面張力(Interfacial tension)之效應聚集成圓球狀粒子, 並於粒子內進行聚縮合反應(Polycondensation), 其機制乃先形成晶核(Nuclei), 並逐漸延展粒子之核晶過程(Nucleation)而增大粒子尺寸, 其過程中預聚物鏈長、安定劑種類、添加量、攪拌速度等均將影響所形成粒子之粒徑及尺寸分布(Singh and Lal 2006; Singh *et al.*, 2009); 表 2 為前述三種圓球形 PF 樹脂之粒徑分布, 其中 W-8 以 BF-17 為安定劑者, 其所得樹脂顆粒之粒徑分布範圍較大, 且含有較高比例之小尺寸樹脂顆粒(<250 μm), 此可能因其 PVA 之分子量較小, 界面張力較低, 不易形成較大晶核所致; 而 W-9 及 W-10 以分子量較大之 BF-26 為安定劑者, 其樹脂顆粒之粒徑較大, 且粒徑分布範圍較集中; 兩種 PVA 添加量比較, 添加量 6% 者其樹脂顆粒之粒徑以 840-420 μm 為主, 占全部顆粒重 51.2%, 其次為 1410-840 μm ; 而添加量 4% 者則有較多大粒徑樹脂顆粒, 其中粒徑大於 1410 μm 者佔 50.1%, 並有 40.6% 為粒徑 1410-840 μm 者; 此結果顯示安定劑添加量較低時可得較大粒徑之樹脂顆粒, 此乃由於反應系統中同時存在較多安定劑時, 其對預樹脂分子之吸附速度較快, 可同時形成較多安定晶核之數量, 並降低晶核之成長所致。表 3 為分布於各孔徑篩網之樹脂顆粒平均粒徑及所有樹脂顆粒之總平均粒徑, 其中 W-10 樹脂顆粒之總平均粒徑較大, 可達 1386.5 μm , 而以 BF-17 為安定劑之 W-8 則較小, 其平均粒徑 664.9 μm 。

(IV) 圓球形 PF 樹脂顆粒之外觀圖

圖 1 所得 PF 樹脂顆粒之外觀圖, 由光學顯微鏡顯示其樹脂顆粒呈現圓球狀(A 圖), 而電子顯微鏡則顯示其樹脂顆粒具有光滑之表面結構(B 圖)。

表 2 不同合成條件圓球形 PF 樹脂粒徑之重量分布

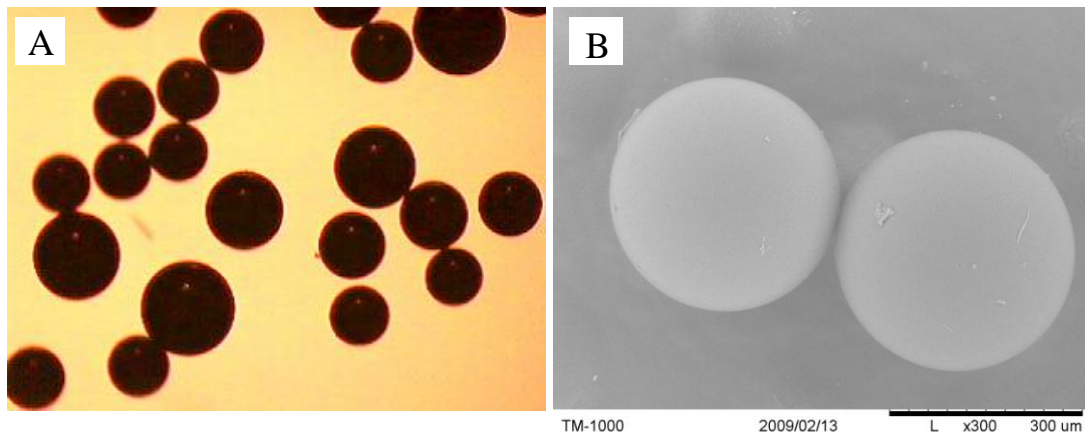
Table 2 Weight percentage distributions of spherical PF resin beads prepared from various synthesis conditions

樹脂 代號	PVA		重量百分率 (%)				
	種類	添加量 (%)	> 1410	1410-840	840-420	420-250	< 250
			μm	μm	μm	μm	μm
W-8	BF-17	6	18.6	13.0	15.8	12.7	39.9
W-9	BF-26	6	1.1	38.9	51.2	6.5	2.3
W-10	BF-26	4	50.1	40.6	7.2	1.1	1.0

表 3 不同合成條件圓球形樹脂顆粒之平均粒徑

Table 3 Average diameters of spherical PF resin beads prepared from various synthesis conditions

樹脂 代號	PVA		平均粒徑 (μm)					總平均 粒徑 (μm)
	種類	添加量 (%)	> 1410	1410-840	840-420	420-250	< 250	
			μm	μm	μm	μm	μm	
W-8	BF-17	6	1729 \pm 218	1163 \pm 118	598 \pm 98	313 \pm 54	145 \pm 56	664.9
W-9	BF-26	6	1495 \pm 63	1179 \pm 106	641 \pm 99	353 \pm 48	225 \pm 25	831.4
W-10	BF-26	4	1642 \pm 259	1270 \pm 129	589 \pm 117	349 \pm 51	204 \pm 31	1386.5

圖 1 圓球形 PF 樹脂顆粒之外觀圖；A：光學顯微鏡放大圖 ($\times 60$)；B：電子顯微鏡放大圖 ($\times 300$)Fig. 1 Appearance of spherical PF resin beads, A: optical microscopy ($\times 60$); B: electron microscopy ($\times 300$).

(V) 圓球形 PF 樹脂顆粒之 TGA 熱分析

圖 2 為圓球形 PF 樹脂顆粒之 TGA 及 DTG 圖，由 TGA (A 圖) 顯示三種製備條件所得 PF 樹脂顆粒有相似之熱重損失曲線，顯示其具備相同之熱裂解行為，在加熱至約 170°C 時開始出現第一階段之重量損失，由 DTG (B 圖) 顯示此階段之熱裂解較複雜，推測除發生木質材料組成分之熱裂解外，亦包含 PF 樹脂中羥甲基斷裂及縮合反應、亞甲基斷裂等，此反應將釋出甲醛、水、酚、甲基酚等而造成重量損失；而加熱溫度達約 400°C 後重量損失速率加劇，此階段酚結構上之 OH 基可能發生相

互間之縮合反應，或與亞甲基間發生縮合反應而釋出水，而亞甲基亦可能與碳氫結構反應而釋出氫氣，此水分子及氫氣並可進一步與亞甲基作用而釋出二氧化碳及甲烷等氣體；至約 570°C 後其重量損失再趨於緩和，此階段主要為炭化後樹脂持續之脫氫所造成之重量損失(Trick and Saliba, 1995; Lenghaus *et al.*, 2001)。表 4 則為三種 PF 樹脂顆粒 TGA 熱分析之相關參數，其中第一階段熱裂解之重量損失在 6.9-9.2%，第二階段熱裂解之重量損失在 22.3-25.8%，加熱至 800°C 之焦炭率在 58.2-60.4%。

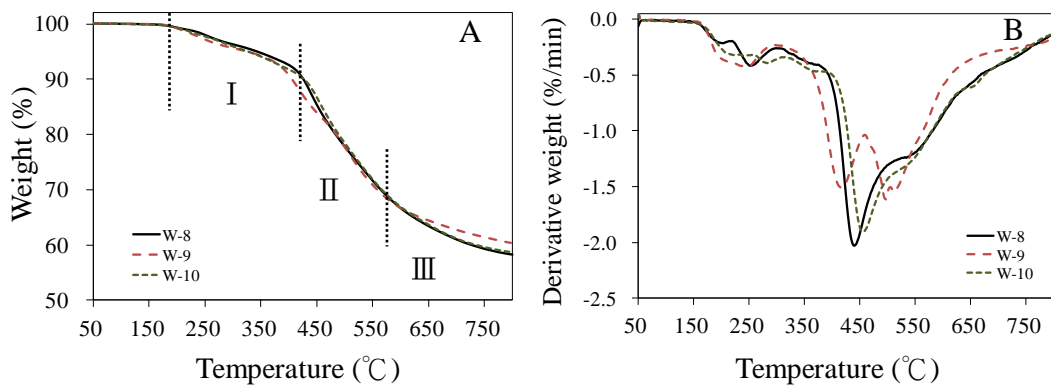


圖 2 圓球形 PF 樹脂顆粒之 TGA 圖；A: TGA；B: DTG

Fig. 2 TGA curves of spherical PF resin beads; A: TGA; B: DTG.

表 4 圓球形 PF 樹脂顆粒之 TGA 熱分析參數

Table 4 TGA thermo-analysis parameters of spherical PF resin beads

樹脂 代號	PVA		第一階段		第二階段			第三階段		焦炭率 (800℃)
	種類	添加量 (%)	Weight		Weight			Weight		
			Onset (℃)	loss (%)	Onset (℃)	Peak (℃)	loss (%)	Onset (℃)	loss (%)	
W-8	BF-17	6	187	7.7	415	440	22.5	565	11.1	58.2
W-9 ¹	BF-26	6	170	6.9	380	417	25.8	575	6.9	60.4
					(476)	(498)				
W-10	BF-26	4	166	9.2	427	457	22.3	578	9.6	58.7

¹ 第二階段熱裂解包含兩個重量損失速率波峰，()內為第二波峰相關溫度。

IV、結論

本研究將酚液化柳杉與福馬林藉由懸浮聚合法製作圓球形硬化 PF 樹脂顆粒，由試驗結果得知，在弱鹼性環境下以二階段合成法可獲得表面光滑之圓球形樹脂顆粒，而其樹脂顆粒之粒徑分佈則受安定劑 PVA 之種類及添加量所影響，其中 PVA 分子量較低者所得樹脂顆粒之粒徑分佈範圍較廣，而採用分子量較大者則粒徑分佈較集中，而 PVA 添加量較少者則可形成較大粒徑之樹脂顆粒；TGA 熱分析顯示其熱裂解發生溫度約在 170℃，較明顯之重量損失則在 400-570℃，加熱至 800℃之焦炭率在 58.2-60.4%。

V、致謝

本研究承蒙行政院農委會林務局經費補助(100 農科-8.3.3-務-e2(1))，特此申謝。

VI、參考文獻

1. 李文昭、張國峻、宋憶青、陳奕君 (2006) 柳杉之酚液化處理及其在 Resol 型 PF 樹脂製備之應用。中華林學季刊 39(4)：517-530。
2. 陳奕君、李文昭、劉正宇 (2007) 酚液化孟宗竹製備 Resol 型醇溶性酚樹脂及其性質。林業研究季刊 29(2)：55-66。
3. Alma, M.H. and M.A. Basturk (2006) Liquefaction of grapevine cane (*Vitis vinisera* L.) waste and its application to phenol-formaldehyde type adhesive. Ind. Crop. Prod. 24:171-176.
4. Alma, M.H., M. Yoshioka, Y. Yao and N. Shiraishi (1996) The preparation and flow properties of HCl catalyzed phenolated wood and its blends with commercial novolak resin. Holzforschung 50:85-90.
5. Chang, Y.C., H.J. Sohn, C.H. Ku, Y.G. Wang, Y. Korai and I. Mochida (1999) Anodic performances of mesocarbon microbeads (MCMB) prepared from synthetic naphthalene isotropic pitch. Carbon 37:1285-1297.
6. Endo, M., C. Kim, K. Nishimura, T. Fujino and K. Miyashita (2000) Recent development of carbon materials for Li ion batteries. Carbon 38:183-197.
7. Hassan, E.B., M. Kim and H. Wan (2009) Phenol-formaldehyde-type resins made from phenol-liquefied wood for the bonding of particleboard. J. Appl. Polym. Sci. 112:1436-1443.
8. Ko, T.H., W.S. Kuo and Y.H. Chang (2001) Microstructural changes of phenolic resin during pyrolysis. J. Appl. Polym. Sci. 81:1084-1089.
9. Lausevic, Z. and S. Marinkovic (1986) Mechanical properties and chemistry of carbonization of phenol formaldehyde resin. Carbon 24:575-580.
10. Lee, W.J. and Y.C. Chen (2008) Novolak PF resins prepared from phenol liquefied *Cryptomeria japonica* and used in manufacturing moldings. Bioresource Technol. 99: 7247-7254.
11. Lee, W.J., Y.C. Chen, C.C. Wu and Y.M. Juan (2009) Physicomechanical and thermal properties of moldings made from liquefied wood-based novolak PF resins under various hot-pressing conditions. J. Appl. Polym. Sci. 113:1257-1263.
12. Lee, W.J. and C.T. Liu (2003) Preparation of liquefied bark-based resol resin and its application to particleboard. J. Appl. Polym. Sci. 87:1837-1841.
13. Lenghaus, K., G.G. Qiao, and D.H. Solomon (2001) The effect of formaldehyde to phenol ratio on the curing and carbonization behaviour of resole resins. Polymer 42:3355-3362.
14. Lin, Y.P., H.P. Lin, D.W. Chen, H.Y. Liu, H. Teng and C.Y. Tang (2005) Using phenol-formaldehyde resin as carbon source to synthesize mesoporous carbons of different pore structure. Mater. Chem. Phys. 90:339-343.

15. Roman-Martinez, M.C., D. Cazorla-Amoros, A. Linares-Solano, C. Salinas-Martinez De Lecea and F. Atamny. (1996) Structural study of a phenol formaldehyde char. *Carbon* 34:719-727.
16. Santana, M.A.E., M.G.D. Baumann and A.H. Conner (1995) Resol resins prepared with tannin liquefied in phenol. *Holzforschung* 49:146-156.
17. Singh, A. and D. Lal (2006) Effect of reaction parameters on the particle sizes of crosslinked spherical phenolic beads by suspension polymerization of phenol and formaldehyde. *J. Appl. Polym. Sci.* 100:2323-2330.
18. Singh, A., R.K. Yadav and A. Srivastava (2009) Synthesis of resole-type phenolic beads from phenol and formaldehyde by suspension polymerization technique. *J. Appl. Polym. Sci.* 112:1005-1011.
19. Trick, K.A. and T.E. Saliba (1995) Mechanisms of the pyrolysis of phenolic resin in a carbon/phenolic composite. *Carbon* 33:1509-1515.
20. Yenisoy-Karakaş, S., A. Aygün, M. Güneş and E. Tahtasakal (2004) Physical and chemical characteristics of polymer-based spherical activated carbon and its ability to adsorb organics. *Carbon* 42:477-484.

澳洲柏木地板材之抗白蟻活性評估

夏滄琪¹ 林建宗^{2*} 黃崇睿¹ 陳泳斌³

【摘要】澳洲柏木 (*Callitris glauca*) 因其紋理特殊以及具有濃烈芳香味道，為近來台灣市面上常用之居家裝潢材料之一。為評估此材種對台灣家白蟻的抑制效果，本研究以水蒸餾法萃取澳洲柏木精油，進行抗白蟻試驗，以印證具天然抗白蟻之優良居家建材，期能減少或改善白蟻對居家之危害。經實驗證實，澳洲柏木之材部精油對家白蟻之致死效果極佳，精油濃度為 0.75 mg/mL (2.59 mg/g) 時，在一天內對家白蟻之致死率可高達 97.3%。其抗家白蟻能力之成分經氣相層析-質譜儀 (GC-MS) 鑑定主要為氧化型單萜類之香茅酸 (citronellic acid)。由本研究之結果得知，澳洲柏木可提供為日後抗白蟻居家裝潢材料之選擇，且其精油確實具有開發為符合居家環保防蟲產品之潛力。

【關鍵詞】澳洲柏木、精油、白蟻、香茅酸。

Evaluation on the Anti-termites Activity of *Callitris glauca* Wood Floor

Tsang-Chyi Shiah¹ Chien-Tsong Lin^{2*} Chong-Ruei Huang¹ Yong-Bin Chen³

【Abstract】Because the special texture and strong fragrant flavor of Australian cypress (*Callitris glauca*), it becoming one of the commonly used home decoration materials in Taiwan. In this study, the essential oil of *C. glauca* were prepared by using water distillation, simultaneously carries on the anti-termite experiment, appraised various volatile oil opposite party termite lethal or the death anniversary evades the efficiency. According to the results obtained in the bioassay, Australian cypress wood essential oil opposite party termite lethal effect is remarkable. The mortality was 97.3% at a concentration of 0.75 mg/mL (2.59 mg/g) essential oil from woods within one day. The extracted essential oil was analyzed by GC/MS. Citronellic acid, one of the oxygenated mono-terpene, was identified to be the main termiticidal component. Based on the results of this study, Australian cypress might provide to choice for the home decoration materials at anti-termite. The essential oils provide a great potential for developing an environmental-friendly chemicals to prevent termites.

【Keywords】*Callitris glauca*, Essential oil, Termites, Citronellic acid.

¹ 國立嘉義大學林產科學暨家具工程學系副教授、大學部學生。

Associate Professor and Undergraduate Student, Department of Forest Products Science and Furniture Engineering, National Chiayi University.

² 國立虎尾科技大學通識教育中心兼任助理教授。

Adjunct Assistant Professor, Center for General Education, National Formosa University.

³ 誌懋股份有限公司課長。

Section Manager, Ua Wood Floors, Inc.

* 通訊作者，600 嘉義市學府路 300 號。

Corresponding author, 300 Hseuh-Fu Road, Chiayi 600, Taiwan

E-mail : mite402@yahoo.com.tw

I、前言

隨著高科技建材之開發，人類在生活環境與居住品質上愈來愈講究。大自然的素材亦成為繁忙現代人所追求的理想環境。因此，木質建材在居家的居住環境上之應用也成為重要的考量。樹木對人體健康的正面影響日益受到重視，森林浴、芬多精成為大眾共同的健康企求，木質建材亦普遍利用於居家房室的裝修上，成為謀求健康生活的圖騰。木材是一種生物有機體，能調節溫、濕度，吸收紫外線，隔熱、防震、吸音，紋理自然，色澤柔和，美觀實用外，尤其木材所含精油可抑制菌蟲蟻類等過敏原(林建宗，1998；林建宗等，2003；王松永，1986, 1989, 1993, 1996；張上鎮、陳品方，1998)。木質建材與人類生活息息相關，融入了健康的追求，更能滿足自然居家生活。利用木材作為居家建材除了特殊的芬芳有益健康外，其他的優點特別是對居家的衛生品質的助益，乃成為做為環保健康木質建材所必需探討的方向。

白蟻之蹤跡遍佈全球為世界性之昆蟲，而珍貴的書籍、織品、骨董藏品等文物以及木造房屋、居家地板等木結構，極容易遭受到白蟻的啃食，是木材製品之主要害蟲之一。根據美國林務署估計，每年約有價值10億美元之木材製品因腐朽及白蟻為害而劣化，其耗損量相當於30萬畝林地之木材年生產量(Koch, 1972)。白蟻種類多且分佈廣泛，以熱帶與亞熱帶地區尤為嚴重，而台灣地處於高溫多濕之環境，相當適合白蟻的生長與繁殖，因此其危害性更是不容小覷。如何能有有效的防治或清除白蟻，提供一個健康的居家環境將是刻不容緩的工作。因此，各國專家學者紛紛致力於尋找有效的防治方法，目前大多採用真空加壓的方式將藥劑(如鉻化砷酸銅或有機磷等)注入木材中，或者於建築物四周土壤進行藥劑處理來做防治。雖然藥劑防治效果不錯，但是因大量使用化學藥劑容易造成環境上的污染與公害，對生態及人體健康會產生極大的危害。基此，以具天然抗白蟻成分精油或萃取物進行白蟻防治，乃至於直接用於居家裝潢上，除了可以抑制白蟻的危害外，更可在自然環保的原則下提升森林副產物的利用及其經濟價值，故世界各國均極為重視

並積極進行研究。以日本為例曾以日本扁柏(*Chamaecyparis obtusa*)及棟樹(*Melia azedarach* L.)之精油與萃取物進行白蟻防治試驗(鮫島，1991；Yaga, 1986)。國內亦有專家學者進行相關研究(王振瀾等，1995；林天書、張東柱，1999；張家豪等，2011；Cheng *et al.*, 2007；Chang *et al.*, 2001；Chang and Cheng, 2002)，惟大部分仍僅著重在具抗白蟻性之樹種之評估。

白蟻危害廣泛，尤以居家蛀食對人類安全及財產之損失最大，而有關於居家常用建築用材之抗白蟻性之探討仍十分欠缺。因此，本研究選取目前市場常用具芳香氣味之木地板材—澳洲柏木(*Callitris glauca*)進行抗白蟻試驗，期能藉由對人體無害之天然化學成分，經以自然性的毒殺或忌避之效果來達到白蟻之防治效果，進而降低對具毒性強的化學殺蟲劑使用量，採取友善對待環境之方式改善居家環境品質。藉由本研究結果，以提供有利於抗白蟻試驗研究之參考資料，並推薦性質優良之居家抗白蟻木質地板建材，進而提高產品之經濟價值及實用性。

II、材料與方法

(I) 試驗材料

本試驗選取澳洲柏木地板材原料為試材，樹齡約為65年，胸高直徑約為60公分，係由誌懋股份有限公司提供。香茅酸(citronellal)標準品則購自於Alfa Aesar (Ward Hill, MA, USA)。

(II) 精油之萃取

取澳洲柏木地板材以水蒸餾法進行精油之萃取。首先將試材裝入1 L圓底燒瓶中，並加入蒸餾水至八分滿，隨後進行水蒸氣蒸餾萃取木材精油，蒸餾6 hr以收集精油。

(III) 抗白蟻活性試驗

1. 試驗用之白蟻

本研究選用台灣分佈最廣且危害情形最為嚴重的台灣家白蟻(*Coptotermes formosanus* Shiraki)。試驗採用實驗室自行飼養之台灣家白蟻，係將野外所採集之整巢家白蟻巢飼養於大型塑膠容器(175×80×50 cm³)中並放置陰暗處，其飼養環境控制在

最適合白蟻之生長之溫度 $25 \pm 3^\circ\text{C}$ 及相對濕度 90%。

2. 白蟻致死試驗

將萃取所得之精油以乙醇稀釋至濃度 1, 0.75, 0.5, 0.1 mg/mL，之後在直徑 6.5 cm 培養皿內置入直徑 5.5 cm 的圓形濾紙，滴上 1 mL 之上述稀釋溶液，並使其完全散佈於整張濾紙圓盤上，放置 5 min 使溶劑揮發後，秤重並記錄濾紙重量，之後在放有濾紙之培養皿中置入試驗用白蟻，其數量為 30 隻，工蟻：兵蟻=9：1（如圖 1 所示），將培養皿置於恆溫恆濕機中（溫度 25°C ，相對濕度

85%），每組試驗進行 3 重複，每 24 hr 觀察記錄每組白蟻死亡數，並滴入 200 μL 的蒸餾水以保持濾紙的濕度。以滴入乙醇之處理者為對照組，未做任何處理之濾紙作為空白組，經記錄 7 天後將其結果以下列公式計算其死亡率。

$$\text{死亡率}(\%) = (\text{白蟻總數} - \text{白蟻死亡數}) / \text{白蟻總數} \times 100$$

$$\text{濾紙重量損失率}(\%) = (\text{啃食前濾紙重} - \text{啃食後濾紙重}) / \text{啃食前濾紙重} \times 100$$

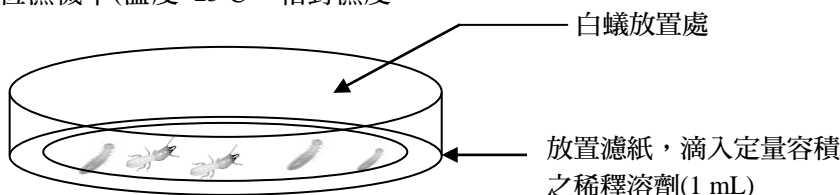


圖 1 白蟻致死試驗生物檢定法

Fig. 1 Bioassay test for anti-termite activities

(IV) 精油之成分分析

將水蒸餾法萃取之澳洲柏木精油以氣相層析-質譜儀(GC-MS)分析鑑定其主要成分，分析條件如下：氣相層析質譜儀(gas chromatography-mass spectrometer)為 6890 GC 配合 5974N MS。分離管柱(column)為 capillary column, HP-5 (crosslinked 5% Ph Me Silicone)：30 m \times 0.25 mm (i.d.) \times 0.25 μm film thickness。溫度階段 (temperature program)為起始溫度 40°C 持溫 1 min，以 $4^\circ\text{C}/\text{min}$ 升溫至 280°C ，最後持溫 4 min。注射量 1 μL ，注射口溫度為 250°C ，離子化電壓為 70 eV，載送氮氣之流速為 1.0 mL/min，各成分之鑑定乃利用所建立標準品之質譜以及經由搜尋 Wiley 8.0 /NBS 2.0或 NIST 2.0 (Nation Institute of Standard and Technology) 資料庫加以比對分析。

澳洲柏木材部萃取精油對白蟻致死試驗之結果如圖2所示。澳洲柏木材部精油呈現出對於家白蟻具致死活性，於濃度 0.75 mg/mL (2.59 mg/g)時，經 1 日後家白蟻之致死率達 97.3%，2 日後達死亡率 100%，空白組則無致死效果，兩者之間的差異極為顯著。澳洲柏木材部精油之抗白蟻效果經確定後，再進一步進行不同濃度精油之抗白蟻活性，以確定臺灣家白蟻之半致死劑量，結果顯示如圖3。白蟻致死率隨著劑量增加而提高，當濃度在 0.25 mg/mL (0.86 mg/g)下處理一天時，對台灣家白蟻尚未有任何作用，當提高一倍劑量至 0.50 mg/mL (1.72 mg/g)時，試驗第一天之致死率提高至 21.3%，而當濃度提升至 0.75 及 1 mg/mL (2.59 及 3.45 mg/g)時，其致死效果則高達 90-100%，其 LC_{50} 為 0.59 mg/mL (2.03 mg/g)。由上述結果可知，台灣家白蟻致死率隨著劑量之提高而增加。一般於昆蟲試驗中，要抑制或殺死昆蟲族群中 10-90% 個體所需藥劑的量，差異不會很大，所以其

III、結果與討論

(I) 澳洲柏木材部精油抗白蟻活性評估

迴歸直線斜率大；昆蟲於藥劑試驗的劑量-死亡曲線通常呈S曲線，在低於致死量的殺蟲劑處理，對昆蟲並無明顯的變化，當達

於致死量時其致死率亦急速上升，以至最大的程度(貢穀紳, 1996)，於本研究發現，台灣家白蟻亦具有此現象。

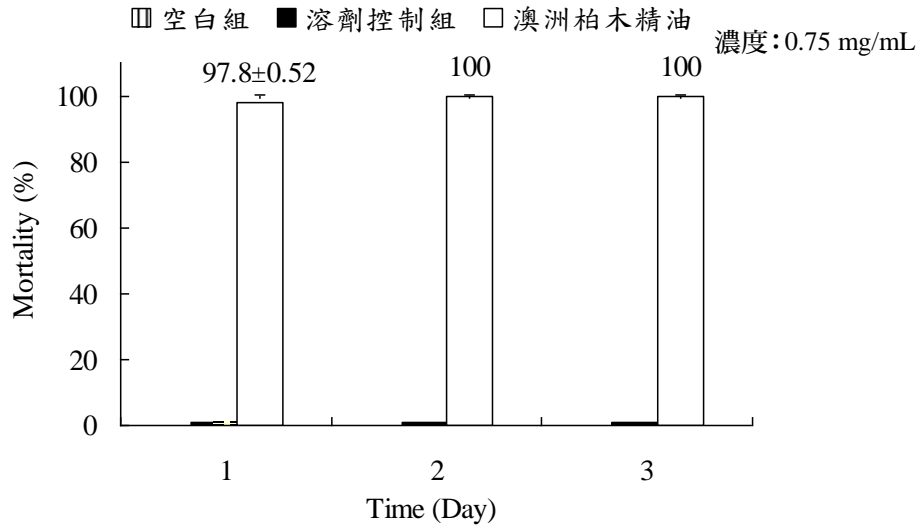


圖 2 澳洲柏木精油對台灣家白蟻之致死率

Fig. 2 Effects of essential oil extracted from wood floor of *Callitris glauca* on the mortality of *Coptotermes formosanus*

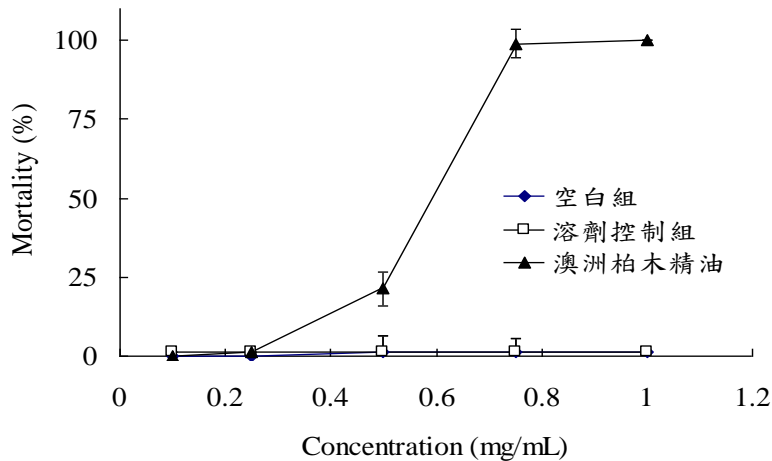


圖 3 不同濃度澳洲柏木精油處理一日後對台灣家白蟻之致死率

Fig. 3 Anti-termitic activity of essential oil extracted from wood floor of *Callitris glauca* (treated with various concentrations of essential oil for one day)

此外，於先前研究(Cheng *et al.*, 2007)中指出臺灣扁柏葉部、柳杉與臺灣肖楠之心邊材各部位精油對白蟻具有致死性，在 10 mg/g 濃度劑量下處理 5 天後皆可達 100%，其中又以臺灣肖楠之心材精油效果最好，在處理 1 天後可達 100% 致死，僅 2.6mg/g 即可達臺灣家白蟻之半致死劑量。然而相較於此結果，澳洲柏木材部精油抗臺灣家白蟻效果顯然優於上述三種樹種。

另一方面，經由上述試驗結果再進一步比對各濃度之浸漬濾紙受家白蟻的啃食情況，其中亦發現加入澳洲柏木材部精油

(0.75mg/mL (2.59 mg/g))之濾紙與未經處理之濾紙於放入台灣家白蟻三天後，被台灣家白蟻啃蝕情形及重量損失率有明顯差異，浸漬劑量越高則台灣家白蟻之啃食率越低，當精油濃度為 0.75 mg/mL 時，於三天後其濾紙重量得損失率非常低，僅損失 1.5% 左右，然而空白組與溶劑對照組之濾紙重量損失率高達僅 37% 左右，差異非常明顯，此結果與上述結果相吻合，顯然在加入澳洲柏木材部精油 (0.75 mg/mL (2.59 mg/g)) 後處理 1 天時，就已造成台灣家白蟻大量死亡，以致於使濾紙重量損失率降低。

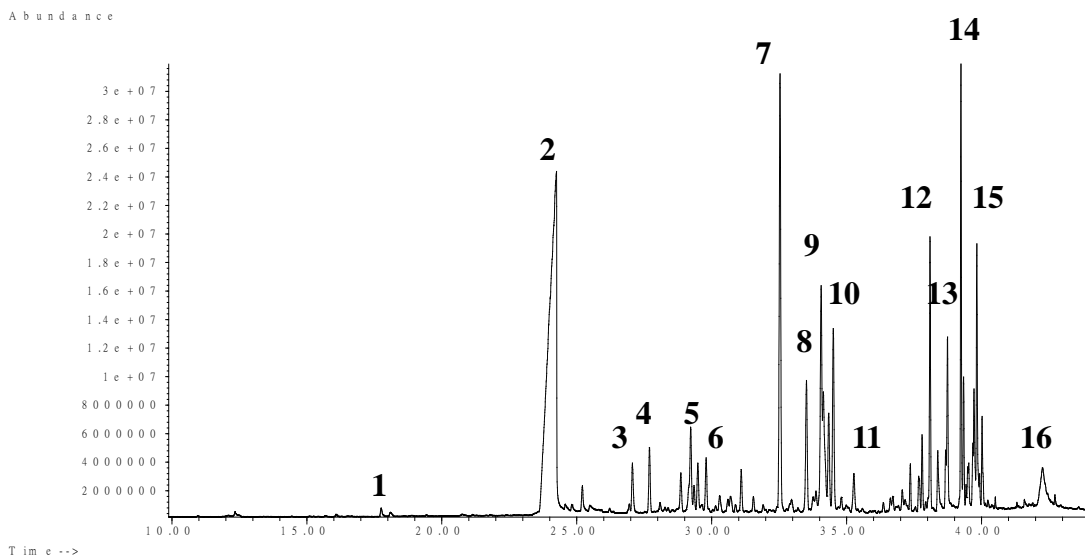


圖 4 澳洲柏木材部精油之氣相層析圖

Fig. 4 Gas chromatography of essential oil extracted from wood floor of *Callitris glauca*

表 1 澳洲柏木材部精油成分及含量分析

Table 1 Composition of essential oil from wood floor materials of *Callitris glauca*

No.	Compounds	RT (min) ^a	Relative contents (%)	KI ^b	Identification ^c
1	(-)-isopulegol	17.76	0.26	1158	MS, KI, ST
2	citronellic acid	24.25	42.20	1303	MS, KI, ST
3	α -guaiene	27.70	1.52	1439	MS, KI, ST
4	γ -selinene	28.86	0.93	1455	MS, KI
5	β -selinene	29.22	2.91	1490	MS, KI, ST

6	trans- β -guaiene	29.80	1.22	1503	MS, KI
7	guaiol	32.53	10.90	1601	MS, KI
8	γ -eudesmol	33.51	3.54	1637	MS, KI, ST
9	β -eudesmol	34.06	6.28	1651	MS, KI, ST
10	α -eudesmol	34.14	4.11	1654	MS, KI, ST
11	bulnesol	34.51	4.86	1672	MS, KI
12	callitrin	38.09	5.01	1823	MS, KI
13	callitrisin	38.74	3.25	1863	MS, KI
14	dihydrocolumellarin	39.24	6.83	1831	MS, KI
15	columellarin	39.83	4.77	1871	MS, KI
16	dihydrocallitrisin	40.02	1.43	1918	MS, KI
Identified components (%)			100		

^a Retention time.

^b Kovats index on a DB-5MS column in reference to n-alkanes.

^c MS, NIST and Wiley libraries and the literature ; KI, Kovats index ; ST, authentic standard compounds.

(II) 澳洲柏木材部精油成分之分析

澳洲柏木材部經水蒸餾之精油收率為 4.8 ± 0.32 mL/kg (0.31%, v/v)。圖4與表1為澳洲柏木材部精油成分之GC/MS分析結果，結果顯示澳洲柏木材部精油主要成分經裂斷形式質譜圖與各別標準品質譜比較 (Masada, 1976)，判斷為 citronellic acid (42.2%)，guaiol (10.9%)，dihydrocolumellarin (6.83%)， β -eudesmol (6.28%)，callitrin (5.01%)。其中 citronellic acid 佔重量百分比 42.2% 為主要成分 (圖5)，其次為 guaiol 之 10.9%，上述成分使得其木材具有天然抗蟲性。其中如 citronellic acid、guaiol 及 β -eudesmol 皆已被證實具有顯著的抗白蟻、塵蟎、蒼蠅等活性 (Yatagai and Nakatani, 1994 ; Sogabe *et al.*, 2000 ; Lee *et al.*, 1997)。Watanabe 等指出 (Watanabe *et al.*, 2005)，由白柏 (*Callitris glaucophylla*) 心材中所分離出之倍半萜類

化合物具有白蟻忌避效果，主要抗白蟻成分為 guaiol， α -eudesmol， β -eudesmol，geranic acid 和 citronellic acid，此外 Verma 等 (Verma *et al.*, 2009) 之報告中亦針對絲柏類植物 (*Callitris* species) 進行分離及抗白蟻試驗，同樣發現具有顯著的白蟻忌避及致死效果，其中仍以 citronellic acid 為主要成分，綜合上述試驗及分析結果可確認澳洲柏木材部具有顯著抗白蟻效果，而造成臺灣家白蟻死亡之主要成分推斷應為 citronellic acid。因此再以純化所得之天然 citronellic acid 標準品進行生物試驗，結果發現 citronellic acid 於濃度 0.50 mg/mL (1.72 mg/g) 時，即顯現出具有顯著之致死效果。如圖中所示 (圖6)，濃度 0.50 mg/mL (1.72 mg/g) 時，一天後之致死率即高達 100%，因此可知澳洲柏木造成台灣家白蟻死亡之主要成分為 citronellic acid。

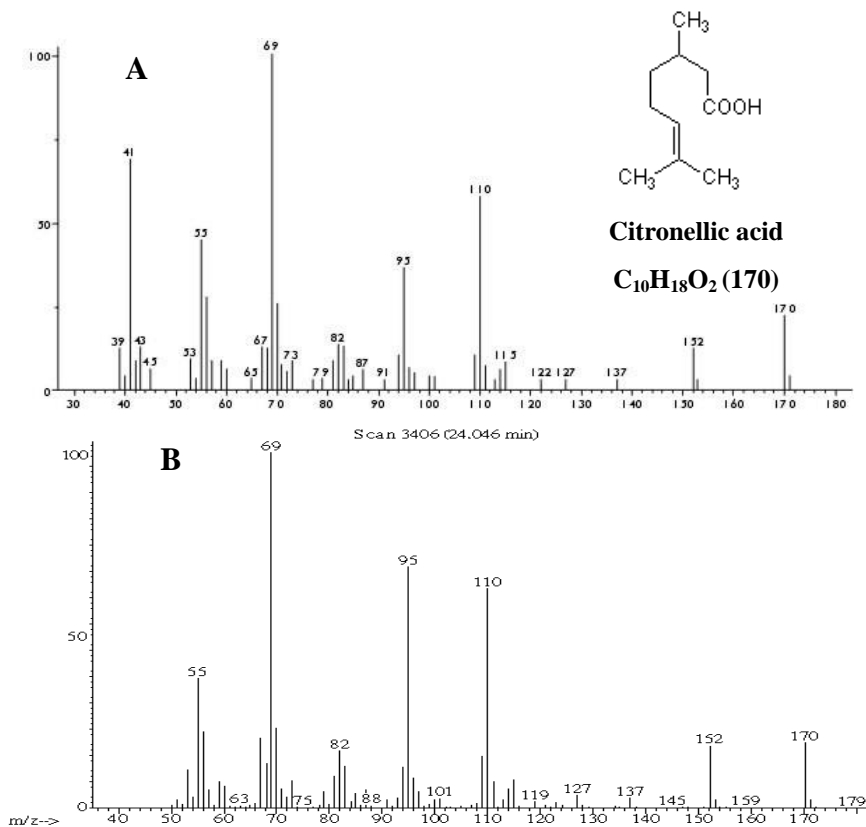


圖 5 Citronellic acid 成分之質譜圖 (A：標準品、B：澳洲柏木材部精油)

Fig. 5 Mass spectrum of citronellic acid (A: Standard, B: Australian cypress wood floor extracts)

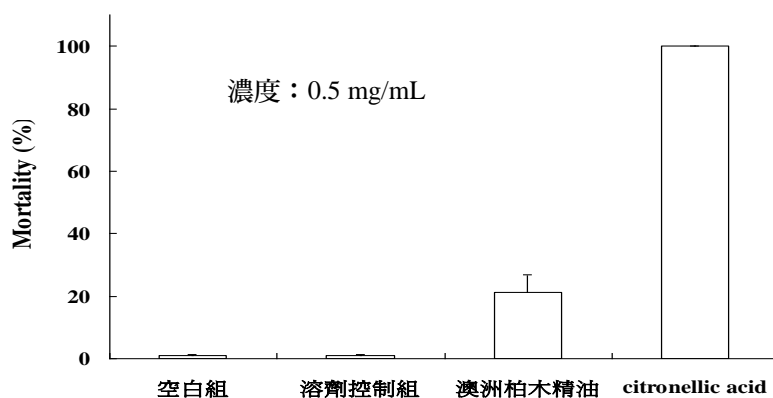


圖6 澳洲柏木材部精油及Citronellic acid生物檢定之致死率(0.5 mg/mL處理一天)

Fig. 6 Effects of essential oil extracted from wood floor of *Callitris glauca* and citronellic acid on the mortality of *C. formosanus* in an activity test (treated with 0.5 mg/mL for one day)

IV、結論

環境健康為目前全球最被重視的議題，因此開發環境友善之防蟲材料或藥劑實為一項值得重視的研究課題。本研究以水蒸餾法萃取具芳香味的商業地板材—澳洲柏木之精油，進行其抗白蟻活性評估，同時分析這些精油之主要成分。由抗白蟻試驗結果知，經 0.75 mg/mL (2.59 mg/g) 濃度之澳洲柏木材部精油處理一日後，台灣家白蟻即可全部滅殺，顯示澳洲柏木材部精油具極強的抗白蟻效能。由 GC/MS 分析結果得知，澳洲柏木主要成分為 citronellic acid, guaiol, dihydrocolumellarin 及 β -eudesmol 等，其中以 citronellic acid 含量最高，亦具強烈的抗白蟻性。因此，澳洲柏木具有抗家白蟻活性，適合於居家建材之應用，故如能將各主成分加以分離及收集，將可在合乎自然健康之原則下提高澳洲柏木之商業利用價值。

V、致謝

本研究感謝福田樹木保護基金會之研究經費補助，及誌懋股份有限公司提供試驗材料及相關設備。

VI、參考文獻

1. 王松永 (1986) 健康的室內裝潢材料—木材、木質材料。林產工業 5(2):1-10。
2. 王松永 (1989) 木質材料應用在建築內裝之居住性。林產工業第 10 號叢書。65 頁。
3. 王松永 (1993) 自然舒適的居住空間-原木屋。國立臺灣大學森林系印行，台北。63 頁。
4. 王松永 (1996) 木質環境與蟻類。木質建築 1:29-30。
5. 王振瀾、林天書、尹華文 (1995) 主要進口材之抗白蟻性評估。林業試驗所研究報告季刊 10(3):277-282。
6. 林天書、張東柱 (1999) 兩種加拿大進口及三種國內木材之抗白蟻性及耐腐性。台灣林業科學 14:235-239。
7. 林建宗 (1998) 杉木及柳杉抽出物對室塵蟻之影響。國立中興大學森林學研究所碩士論文。
8. 林建宗、吳金村、吳懷慧、何琦琛 (2003) 杉木精油抽出物之抑塵活性。中華林學季刊 36:81-90。
9. 貢穀紳 (1996) 昆蟲學 (下冊)。國立中興大學農學院叢書 250~311 頁。
10. 張上鎮、陳品方 (1998) 木材之抗蟻抽出成分及其活性。林產工業 17(4):819-828。
11. 張家豪、黃崇睿、夏滄琪 (2011) 以食茱萸幹材及無患子果實抽出物防治台灣家白蟻 (*Coptotermes formosanus*) 之危害。林產工業 29(3):203-209 (3)。
12. 鄭森松、張上鎮 (2002) 柳杉精油之抗白蟻活性。中華林學季刊 35(2):193-209。
13. 鮫島一彦 (1991) ヒノキ科木材の耐久性成分をめぐり諸問題。pp.3-15。
14. Lee, S., R. Tsao, C. Peterson and J. R. Coats (1997) Insecticidal activity of monoterpenoids to western corn root worm (*Coleoptera: Chrysomelidae*), two spotted spidermite (Acari: Tetranychidae) and Housefly (*Diptera: Muscidae*). J. Econ. Entomol. 90, 883-892.
15. Masada, Y. (1976) Analysis of essential oils by gas chromatography and mass spectrometry. Hirokawa Publishing company, Inc. Japan. p. 286-288.
16. Chang, S. T., S. S. Cheng and S. Y. Wang (2001) Antitermitic activity of essential oils and components from Taiwan (*Taiwania cryptomerioides*). J. Chem. Ecol. 27, 717-724.
17. Chang, S. T. and S. S. Cheng (2002) Antitermitic activity of leaf essential oils and components from *Cinnamomum osmophloeum*. J. Agric. Food Chem. 50, 1389-1392.
18. Cheng, S. S., H. T. Chang, C. L. Wu and S. T. Chang (2007) Anti-termite activities of essential oils from coniferous trees against *Coptotermes formosanus*. Bioresource Technol. 98, 456-459.
19. Sogabe, A., K. Kinjo, F. Abe, T. Yamauchi and S. Yaga (2000) Termiticidal substances from the heartwood of *Cryptomeria japonica* D. Don.

- Mokuzai Gakkaishi. 46(2): 124-131.
20. Verma, M., S. Sharma and R. Prasad (2009) Biological alternatives for termite control: A review. Int Biodeterior Biodegrad. 63(8): 959-972.
21. Watanabe, Y., R. Mihara, T. Mitsunaga and T. Yoshimura (2005) Termite repellent sesquiterpenoids from *Callitris glaucophylla* heartwood. The Japan Wood Research Society. 51:514-519.
22. Yaga, S. and K. Kinjo (1986) Termiticidal substances from *Scidopitys verticillata*. Mokuzai Gakkaishi. 32(9): 720-723.
23. Yatagai, M. and N. Nakatani (1994) Antimite, antifly, antioxidative and antibacterial activities of pisinic acid and its congeners. Mokuzai Gakkaishi. 40(12): 1355-1362.

攜帶型氣相層析儀應用於食用油之分析

尹華文¹ 呂勝由² 陳正豐^{3,4}

【摘要】傳統上，植物油之種類與優劣是以感官評價，就其特有的顏色及香氣判斷之，但對油品的純度或摻雜其他植物油時，則缺乏客觀的評估指標。目前，係先進行酯化反應，再行分析，則有時間長、產率低等缺點。為克服此問題，本試驗利用攜帶型氣相層析儀，就市售的苦茶油等各種油品，不經酯化處理，即直接分析其揮發性成份，而行鑑別。試驗結果顯示：苦茶油及各種油品都有其獨特的指紋圖譜，故可依各揮發成份之滯留時間差異，作為鑑別的依據；當油中摻雜其他植物油時，則可將各圖譜以疊圖處理，由所呈現相同的滯留時間，而得以確認所摻入油品的種類。本研究首次利用攜帶型氣相層析儀應用於檢測苦茶油、各種食用油脂及其摻偽，證實較傳統酯化分析簡易、快速、便捷。

【關鍵詞】苦茶油、橄欖油、食用油、摻偽、攜帶型氣相層析儀。

Analysis of Edible Oils Using Portable Gas Chromatography

Hwa Wen Yin¹ Sheng You Lu² Cheng-Fong Chen^{3,4}

【Abstract】Traditionally, the types and qualities of vegetable oils are judged by sensory evaluation based on their specific color and aroma. When dealing with adulterated vegetable oils, however, the method often produces uncertain results. At present, instrumental determination often entails a conventional heated esterification pretreatment, followed by an analysis which is time-consuming and has low yield. To ameliorate the problems, we applied a portable gas chromatography (GC) to directly analyze commercial camellia seed oils and other vegetable oils without the pretreatment. The experimental results showed that every vegetable oil has a unique fingerprint, which can be used to identify the oil constituents according to the retention time of its volatile components. If an oil sample was adulterated, then from its overlapped fingerprints, the constituent oils could be identified based on the chromatograph of the hybrid fingerprint patterns. Also, if optimal consumption time of a vegetable oil has expired by comparing the fingerprint with a

¹ 農業委員會林業試驗所森林化學組 副研究員。

Associate Researcher, Division of Forest Chemistry, Taiwan Forestry Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

² 農業委員會林業試驗所植物園組 副研究員。

Associate Scientist, Division of Botanical Garden, Taiwan Forestry Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

³ 農業委員會林業試驗所恆春研究中心 副研究員。

Associate Scientist, Hengchun Research Center, Taiwan Forestry Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

⁴ 通訊作者 Corresponding author, ccf@tfri.gov.tw

standard graph. This study was the first report of applying a portable GC in situ, to compare with the traditional esterification analysis, and the application has been proven to be simple, rapid and convenient for detecting camellia seed oil, vegetable oils and other edible oils.

【Keywords】Camellia seed oil, Olive oil, Edible oil, Adulteration, Portable gas chromatography.

I、前言

脂肪、糖、蛋白質為人體所必須的三大營養物質。而食用植物油所提供的脂肪，由於材料種類、貯藏及製程不同，其組成及含量均有所異，油品的價格當然也就有高低之差。就有益健康的苦茶油而言，其售價差異甚大，而販售價格與油質優劣之相關性究竟為何？常造成選購時的困擾。傳統上植物油之種類與優劣是以感官評價，就其特有的顏色及香氣判斷之，但對油品的純度或摻雜其他植物油時，則缺乏客觀的評估指標。

食用植物油與健康關係密切，因此，油脂組成之鑑別其摻偽為各界所矚目。Rezanka and Rezankova (1999)曾使用氣相層析儀檢測玉米、棉花、葡萄、橄欖、大豆油、棕櫚油、葵花籽油及花生油，並以脂肪酸和三酸甘油酯鑑別是否有摻假油品。近年來，Peña等人(2005)曾以頂空及質譜技術分析摻入土耳其榛子油的橄欖油，該方法可應用於檢測摻假等商業橄欖油和初榨橄欖油。Hai and Wang(2006)曾利用電子鼻(electronic noses, E-noses)檢測山茶籽油及香油，結果顯示無法預測在山茶籽油摻假的百分比，但可定量摻假的香油。Berna(2010)亦曾將電子鼻以各類氣體感測器，應用於檢測肉類，魚類，穀物，酒精飲料，非酒精飲料，水果，牛奶和乳製品，橄欖油，堅果，新鮮蔬菜和雞蛋。Alonso-Salces(2010)等人曾利用核磁共振圖譜分析來自西班牙、義大利、希臘等地之初榨橄欖油。Guimet(2005)等人曾使用激發發射螢光光譜(excitation-emission fluorescence spectroscopy, EEFS)和三個分析方法準確的測出摻假的初榨橄欖油。Gurdeniz and Ozen (2009)曾使用中紅外光譜數據，以主成份分析法(principal component analysis, PCA)測定純橄欖油，混入玉米、向日葵、棉籽和油菜籽油，其檢測限制為5 %。

油品之分析常以脂肪酸組成及含量，並依據

獨特的指紋圖譜，鑑別其種類及純度。然而脂肪酸之分析，就最常使用的氣相層析法而言，由於脂肪酸的沸點很高，在高溫時，不穩定且易裂解。李敏雄等人(1990)曾以氫氧化四甲基銨鹽(tetramethylammonium, TMAH)法，將脂肪酸轉變為甲基酯，然後再以氣相層析儀分析；Dauqan等人(2011)將植物油先行酯化，再以氣相層析儀分析其脂肪酸，顯示棕櫚油主成分是油酸(49.482 %)和棕櫚酸(36.768 %)、椰子油含豐富的月桂酸(46.458 %)。

在傳統加熱條件下，進行反應，有時間長、產率低等缺點，Zu等人(2009)以微波輔助酯交換法(microwave-assisted transesterification, MAT)將油脂轉換成脂肪酸甲酯(fatty acid methyl esters, FAMES)，顯示可縮短樣品製備的時間。惟仍須先行處理，才可進行分析；而魏明等人(2003)則應用脂肪酸甲酯之氣相層析譜判別摻偽之食用植物油；李娟等人(2010)以紅外光(IR)、近紅外光(NIR)譜鑑別各種植物調和油，且IR識別靈敏度高於MR。何小青等人(2005)先以微波輔助成衍生物，再以氣相層析-質譜法測定脂肪酸，鑑別出油品中，摻入了菜籽油和棉籽油。

為建立簡易、快速及靈敏的檢測技術，應用於各種食用油之鑑別，本試驗使用配置三氧化鎢(WO_3)金屬氧化物檢測器(metallic oxide sensor, MOS)的攜帶型氣相層析儀，可偵測至ppb級揮發性有機化合物(volatile organic compounds, VOCs)，其靈敏度是桌上型氣相層析儀所配置的氫焰檢測器(flame ionization detector, FID)和熱導檢測器(thermal conductivity detector, TCD)百萬倍以上，並以過濾的空氣供為攜行氣體(carrier gas)，不需準備氣體鋼瓶。試驗之進行，就市售的苦茶油及橄欖油等各種油品，抽取其揮發性有機物，逕行分析，由所建立之指紋圖譜、滯留時間(retention time)，以及疊圖處理，據以鑑別。

II、材料與方法

(I) 試驗材料

- 市售油脂：(1)苦茶油(camellia seed oil) - (冷壓—南投、苗栗、嘉義)；(2)茶籽油、(3)葵花油；(4)芥花油；(5)大豆沙拉油；(6)花生油；(7)調和花生油；(8)橄欖油(義大利及西班牙)；(9)葡萄子油(義大利)；(10)玄米油(義大利)。
- 標準品：油酸(oleic acid)；亞油酸(linoleic acid) 昭和化學株式會社。

(II) 試驗方法

- 將30mL油品放入頂空瓶。
- 以注射針抽取頂空瓶中，10mL的揮發性有機化合物。
- 將取樣的氣體，注入之攜帶型氣相層析儀(COSMOS XG-100V)，配置有高靈敏度及低功耗的三氧化鎢金屬氧化物檢測器(metallic

oxide sensor, MOS)，膜厚為35 μm (Kanda and Kuse, 2004)。其工作流程，首先將周界的空氣泵入儀器，並控制其流量，經過濾及除濕後，供為攜行氣體，當待測物注入，流經固定溫度的層析管柱，再以三氧化鎢半導體偵測器，就各種已分離的化合物逐一偵測，最後以數據處理軟體，繪出圖譜，其流程結構如圖1所示。

- 使用90cm(L) x 6mm(OD)不銹鋼分離管柱，填充物為5A分子篩(molecular sieve)；50℃恆溫；攜行氣體為過濾的空氣；流速為20 mL/min。
- 建立各油品之指紋圖譜。
- 進行相關油品之疊圖處理。
- 以各油品之指紋圖譜、滯留時間，以及疊圖進行鑑別。

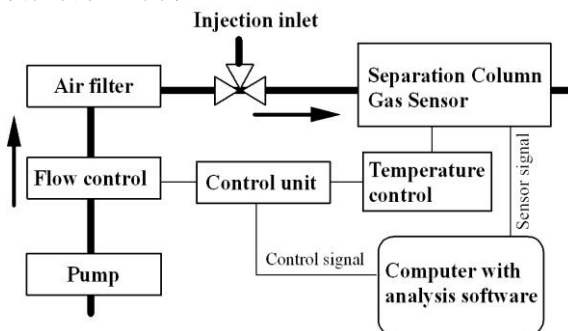


圖 1 攜帶型氣相層析儀(XG-100V)之結構略圖 (Kanda and Kuse, 2004)

Fig. 1 Schematic structure of the portable gas chromatography (XG-100V)

III、結果與討論

(I) 確認再現性並建立各油品之指紋圖譜

由於本試驗係首次使用攜帶型氣相層析儀檢測油品，故需先行確認儀器之再現性、穩定性、可行性。基於在預備試驗時，顯示大豆沙拉油在滯留時間2149 sec時，有明顯波峰(peak)，故以大豆沙拉油之VOCs注入，結果顯示：以2、4、6、10 mL不同量注入，其波峰之滯留時間均相同，且波峰面積依注入量之差異而增減(圖2)；彭樺等人(2009)利用微波作用加速大豆油等甲

酯化反應，再以氣相層析法分析，顯示其主要成份為亞油酸 (55.97 %)，故以其標準品之VOCs注入，其滯留時間相同，故確認大豆沙拉油之主成份為亞油酸。由於此法具有再現性及準確性，顯示具有可行性。故再就市售的各類油品建立其指紋圖譜，包括：1.苦茶油(苗栗)、2.橄欖油(義大利)、3.葡萄子油(義大利)、4.玄米油(義大利)、5.芥花油、6.花生油，顯示各種油品有其指紋圖譜，可供為鑑別之用。

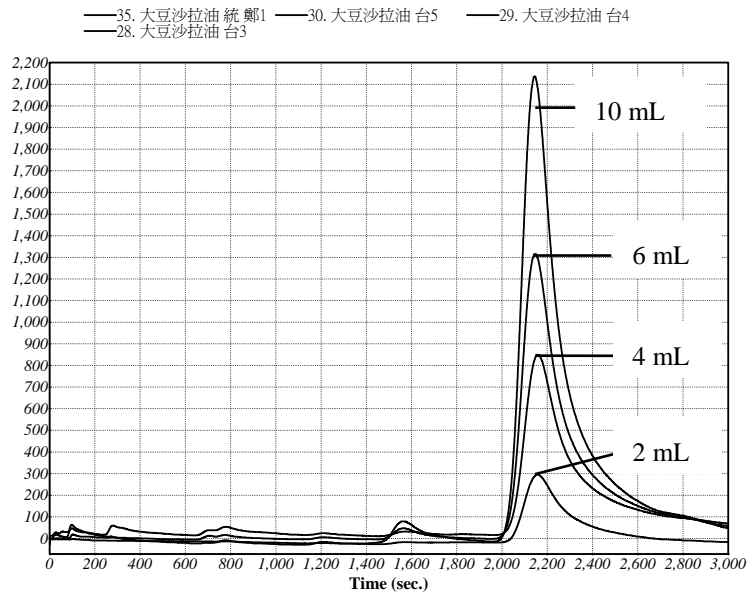


圖 2 攜帶型氣相層析儀檢測 4 種變化量的大豆沙拉油之圖譜

Fig. 2 Chromatograms of soybean oil by portable GC using four different variations.

(II) 苦茶油與橄欖油之驗證

南投、苗栗、嘉義三個產地之冷壓苦茶油之檢測結果如圖3顯示，雖然三種冷壓苦茶油來自不同產地，惟其圖譜一致，且

與預備試驗時，自製苦茶油及油酸標準品之滯留時間(698 sec)相同，可知三個產地之冷壓苦茶油之主成份都是油酸，故判定三者均為純品。

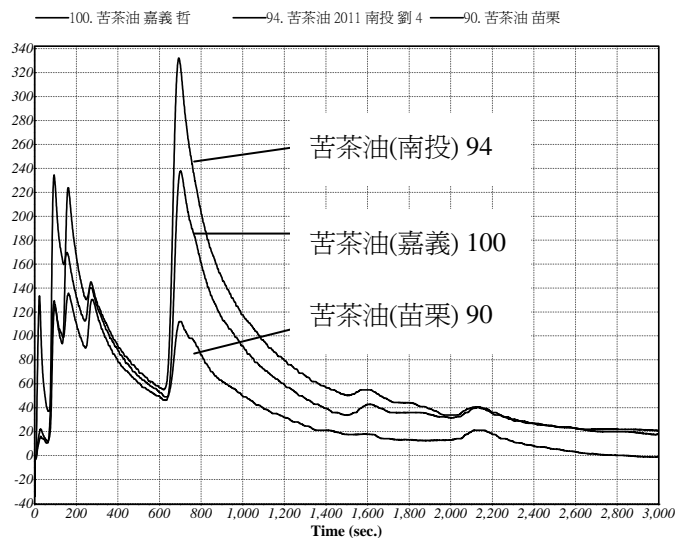


圖3 南投、苗栗、嘉義三個產地冷壓苦茶油之圖譜

Fig. 3 Chromatograms of camellia seed oil from Nantou, Miaoli and Chiayi.

橄欖油由於富含不飽和脂肪酸，能預防並降低心血管疾病，而有益健康，Visioli 及 Galli(1998)指出飲食與關聯的冠狀動脈心臟疾病等有關，而橄欖油在地中海地區是首選，其油酸之含量為56~84 %。經檢測

由義大利及西班牙進口的橄欖油，其結果如圖4所示，可知源自二個不同國家的油品，其主成份皆為油酸，義大利橄欖油為16.7 ppb，而西班牙進口為17.9 ppb；其次為亞油酸，故可判定二者均為純品。

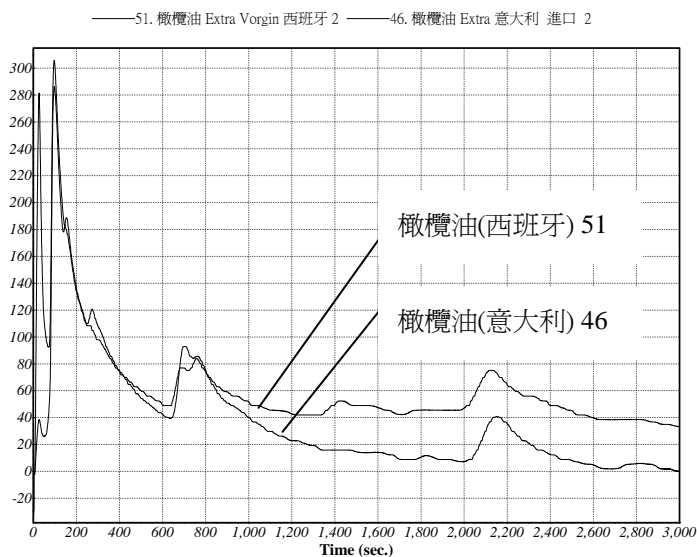


圖 4 義大利及西班牙橄欖油之圖譜

Fig. 4 Chromatograms of olive oil from Italy and Spain.

(III) 各類油品之比較

1. 苦茶油與橄欖油

橄欖油由於富含不飽和脂肪酸，能預防並降低心血管疾病，而有益健康，故為地中海飲食 (mediterranean diet) 所使用。馬力 (2007) 及柏雲愛等人 (2008) 指出：茶油和橄欖油是以營養、保健、天然聞名於世界的兩種植物油脂，其理化特性指標相似，脂肪酸組成也極為相近，橄欖油之油酸含量為55.0~83.0 %，而茶油為75.03~86.91 %。本研究以冷壓苦茶油與橄欖油就其 VOCs 直接測定，並將二者之圖譜，以疊圖處理 (圖5) 顯示苦茶油與橄欖油二種油脂之圖譜相

近，其主成份皆為油酸；冷壓苦茶油含量為66.84 ppb，而橄欖油為34.51 ppb，驗證了苦茶油之組成份與橄欖油相似。

2. 苦茶油與茶籽油

檢測產自苗栗的苦茶油與茶籽油，其結果如圖6所示，顯示苦茶油與茶籽油的組成份有所差異，苦茶油中的油酸含量高達73.3 ppb，而茶籽油則只含12.9 ppb。吳小娟等人 (2006) 曾就山茶屬 (*Camellia* Linn.) 的山茶 (*C. japonica* L) 和油茶 (*C. oleifera* Abel.) 種子之油脂，先行酯化，再以氣相層析法分析，顯示山茶之油酸含量為79.92%，而油茶則為81.62%。

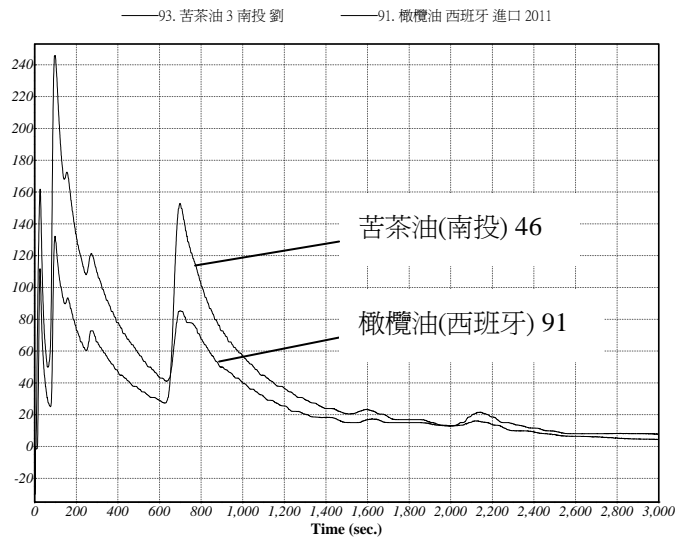


圖 5 苦茶油及橄欖油之圖譜

Fig. 5 Chromatograms camellia seed oil and olive oil.

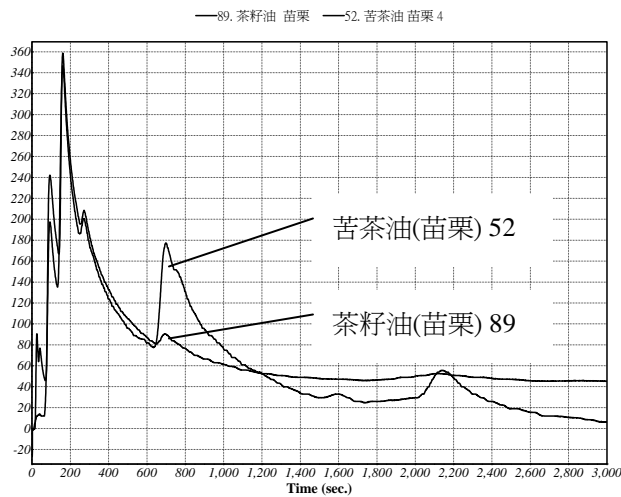


圖 6 產自苗栗的的苦茶油及茶籽油圖譜

Fig. 6 Chromatograms of camellia seed oil and tea seeds oil from Miaoli.

3. 葡萄子油(義大利)、玄米油(義大利)與芥花油之差異

徐聃(2005)以氣相層析儀分析經酯化的葡萄子油，顯示含有棕櫚酸(8.42%)、硬脂酸(4.22%)、油酸(15.83%)和亞油酸(70.86%)等脂肪酸；Dupont(1989)指出：芥花油含有油酸(55%)和亞油酸(25%)；本研究檢測葡萄子油

(義大利)、玄米油(義大利)與芥花油，再以疊圖處理(圖7)，結果顯示三者圖譜之趨勢，與酯化法分析結果近似，以亞油酸含量而言，其中芥花油最高(13.35 ppb)、其次為葡萄子油(6.9 ppb)、最低為玄米油(2.8 ppb)，故3種油脂得以其亞油酸含量之差異而鑑別。

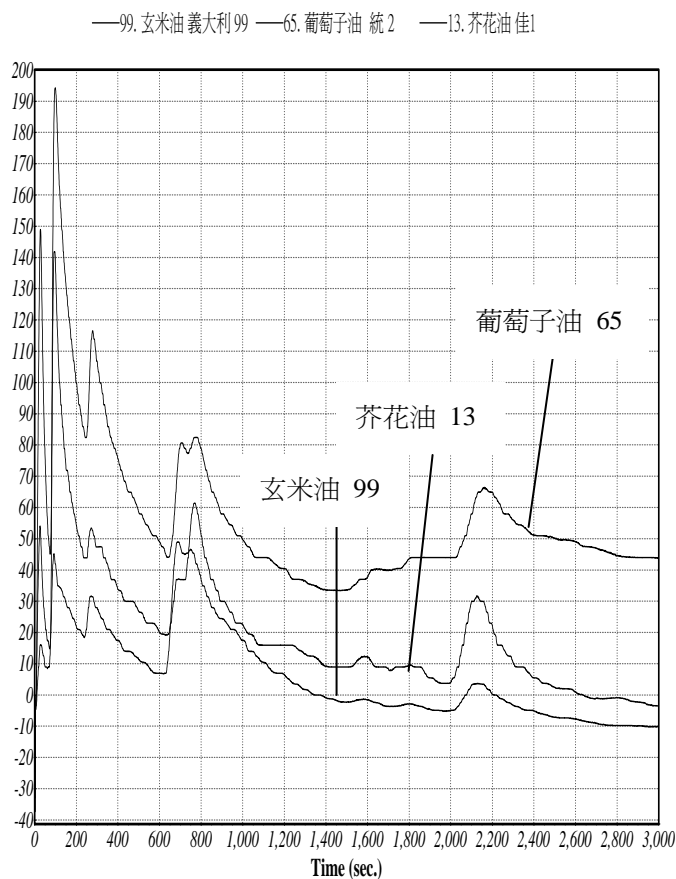


圖7 葡萄子油、玄米油及芥花油三種植物油之圖譜
Fig. 7 Chromatograms of grape seed oil, rice bran oil and canola oil.

4. 花生油與調和花生油

顧黎(2007)將酯化的花生油，以氣相層析質譜儀分析，結果顯示：油酸的含量高達42.2%。本研究檢測花生油與調和花生油，再以疊圖處理(圖8)，結果顯示：二者之主成份都是油酸，惟調和花生油之圖譜，在滯留時間1840 sec的波峰與純正花生油者不同。

(IV) 油品之摻偽

冷壓苦茶油和初榨橄欖油這些高價之油品，常被不肖的業者，以價格較低的油品混

摻，以增加利潤，然而，此舉除造成消費者損失外，倘摻雜劣質油品，則會妨礙健康，並引發食品衛生安全問題。

1. 苦茶油及其摻偽

圖9為某市售的冷壓苦茶油與大豆沙拉油之疊圖，顯示與與前述產自苗栗、南投、嘉義的純正苦茶油(圖3)，有明顯的差異；且滯留時間2149 sec為亞油酸，係大豆沙拉油之主成份(圖2)，且其含量高達2225 ppb，顯示該市售的冷壓苦茶油混摻大豆沙拉油。

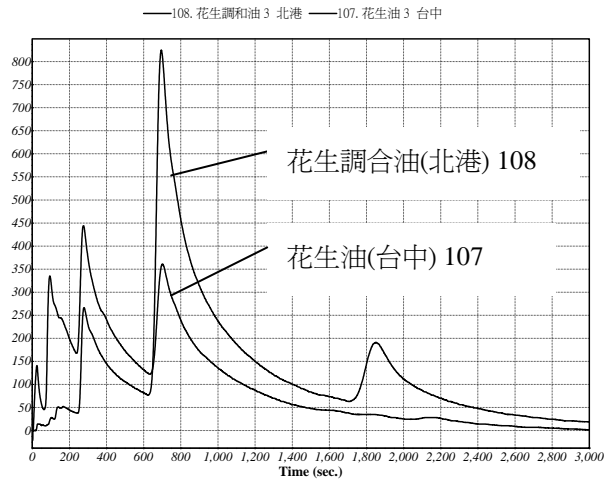


圖8 花生油與調和花生油之圖譜

Fig. 8 Chromatograms of peanut oil and peanut blend oil.

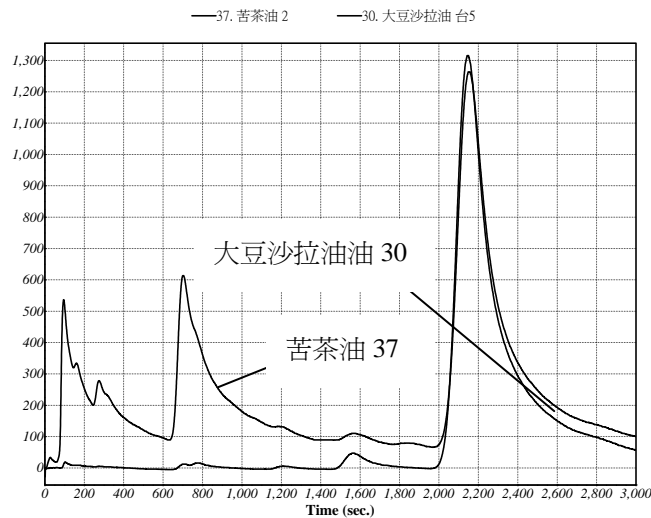


圖 9 市售苦茶油與大豆油之圖譜

Fig. 9 Chromatograms of marketed camellia seed oil and soybean oil

2. 橄欖油及其摻偽

圖10係先檢測市售某廠之橄欖油，再將源自義大利的橄欖油，以及大豆沙拉油共3種油品之圖譜，以疊圖處理之結果。顯示該廠

橄欖油與由義大利進口者之圖譜明顯不同，且滯留時間2149 sec為亞油酸，係大豆沙拉油之主成份(圖2)，且其含量高達397 ppb，顯示該油品摻偽。

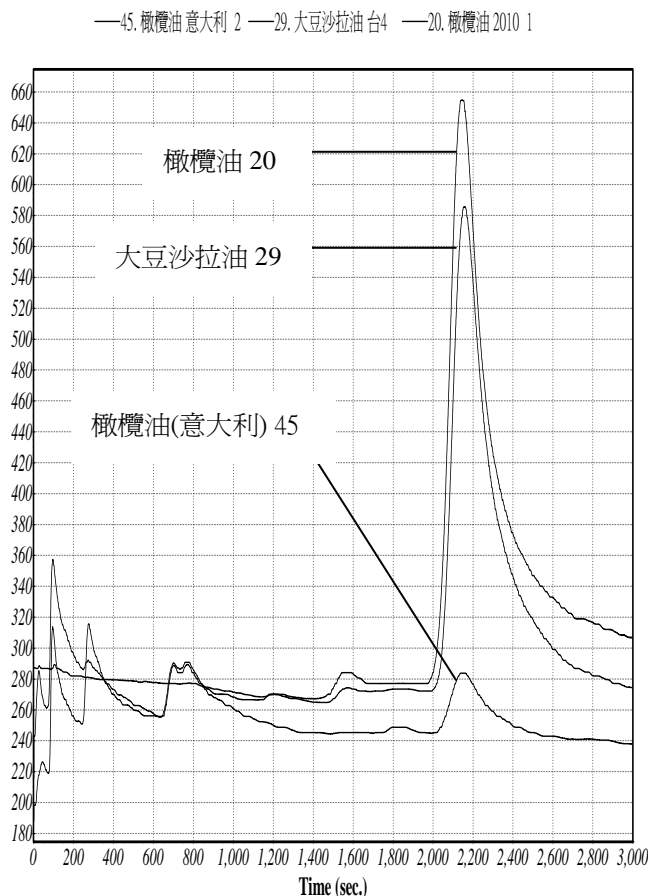


圖 10 橄欖油與其摻入大豆油之圖譜

Fig. 10 Chromatograms of pure olive oil and aduteration with soybean oil.

IV、結論

本研究應用攜帶型氣相層析儀，檢測各類油品，試驗結果綜述於下：

1. 使用配置高感度三氧化鎢檢測器的攜帶型氣相層析儀在分析油品時，並不需要先行酯化處理，即可直接將揮發性有機化合物 (VOCs)，注入攜帶型氣相層析儀進行分析，且以空氣作為攜行氣體，故具簡易、便捷、效率的特性，為可行的方法，且尚可供開發其他多元化的應用。
2. 苦茶油、橄欖油、葡萄子油、葵花油、玄米油、花生油、大豆油等各類油品均具有獨特

的指紋圖譜，及其組成份含量，將可據以鑑別油品為純品或摻偽。

3. 藉由直接測定食用油品之 VOCs，顯示冷壓苦茶油呈現原來的氣味，並保留了完整的成份；同時亦顯示冷壓苦茶油與橄欖油組成份相近，驗證苦茶油有東方橄欖油之稱的美譽。
4. 應用攜帶型氣相層析儀不需要氣體鋼瓶，並能使用外接電源，故可機動攜至製油場所或賣場逕行檢測，生產者不僅可用以控制品質；消費者的權益亦獲得保障，且摻假可能引起的健康和安全的問題，將可提早發現。

V、致謝

本研究承農業委員會林業試驗所補助經費，謹此致謝。

VI、參考文獻

1. 李敏雄、王美苓、丙宇 (1990) 甲基酯化方法對脂肪酸分析結果之影響。食品科學 17(1): 1-10。
2. 李娟、範璐、畢豔蘭、屈凌波、周展明、吳存榮 (2010) 紅外、近紅外光譜-簇類的獨立軟模式方法識別植物調和油脂。分析化學 38(4): 475-482。
3. 何小青、許德英、羅美中、藍勇波 (2005) 微波輔助衍生GC- MS測定脂肪酸及校正變換矩陣法用於食用植物油鑒別的研究。分析測試學報 24(1): 25-28。
4. 彭樺、劉潤哲、張路莉、張華 (2009) 微波催化酯化反應在脂肪酸分析中的應用研究。糧油加工12: 89-91。
5. 吳小娟、李紅冰、逢越、唐玲、馮寶民、王永奇 (2006) 山茶和油茶種子中脂肪酸的分析。大連大學學報 27(4): 56-58。
6. 柏雲愛、宋大海、張富強、肖學軍、王群學 (2008) 油茶籽油與橄欖油營養價值的比較。中國油脂33(3): 39-41。
7. 馬力 (2007) 茶油與橄欖油營養價值的比較。油脂工程 14(6): 19-21。
8. 謝藍華、周春靈、李偉雲、夏延斌 (2010) 熱榨法和冷榨法制取茶油的品質差異及其在護膚美容上的應用研究。農產品加工 214: 58-65。
9. 魏明、魏新志、廖成華 (2003) 常見植物油鑑別及摻偽的氣相色譜新檢測法。食物科學 24(12): 103-106。
10. 顧黎 (2007) 花生油中脂肪酸組成的氣相色譜—質譜分析。林區教學 117: 124-125。
11. Alonso-Salces, R. M., K. Hêberger, M. V. Holland, J. M. Moreno-Rojas, C. Mariani, G. Bellan, F. Reniero and C. Guillou (2010) Multivariate analysis of NMR fingerprint of the unsaponifiable fraction of virgin olive oils for authentication purposes. Food Chemistry 118(4):956-965.
12. Berna, A. (2010) Metal oxide sensors for electronic noses and their application to food analysis. Sensors 10:3882-3910.
13. Dauqan, E. M. A., H. A. Sani, A. Abdullah and Z. M. Kasim (2011) Fatty acids composition of four different vegetable oils (red palm olein, palm olein, corn oil and coconut oil) by gas chromatography. 2011 2nd International Conference on Chemistry and Chemical Engineering. IACSIT Press, Singapore. IPCBEE 14:31-34.
14. Dupont, J., P. J. White, K. M. Johnston, H. A. Heggtveit, B. E. McDonald, S. M. Grundy and A. Bonanome (1989) Food safety and health effects of canola oil. J. Am. Coll. Nutr. 8(5):360-375.
15. Guimet, F., J. Ferre and R. Boquê (2005) Rapid detection of olive-pomace oil adulteration in extra virgin olive oils from the protected denomination of origin "Siurana" using excitation-emission fluorescence spectroscopy and three-way methods of analysis. Analytica Chimica Acta 544(1-2):143-152.
16. Gurdeniz G. and B. Ozen (2009) Detection of adulteration of extra-virgin olive oil by chemometric analysis of mid-infrared spectral data. Food Chemistry 116(2):519-525.
17. Hai, Z. and J. Wang (2006) Detection of adulteration in camellia seed oil and sesame oil using an electronic nose. Eur. J. Lipid Sci. Technol 108:116-124.
18. Kanda, K. and T. Kuse (2004) Development of VOC Analyzer a WO3 thick film based gas sensor. IEEE 1187-1190

19. Peña, F., S. Cárdenas, M. Gallego and M. Valcárcel (2005) Direct olive oil authentication: Detection of adulteration of olive oil with hazelnut oil by direct coupling of headspace and mass spectrometry, and multivariate regression techniques. *Journal of Chromatography A*. 1074(1-2):215-221.
20. Rezanka, T. and H. Rezankova (1999) Characterization of fatty acids and triacylglycerols in vegetable oils by gas chromatography and statistical analysis. *Analytica Chimica Acta* 398:253-261.
21. Visioli, F. and C. Galli (1998) Olive oil phenols and their potential effects on human health. *J. Agric. Food Chem.* 46(10):4292–4296.
22. Zu, Y., S. Zhang, Y. Fu, W. Liu, Z. Liu and M. Luo (2009) Rapid microwave-assisted transesterification for the preparation of fatty acid methyl esters from the oil of yellow horn (*Xanthoceras sorbifolia* Bunge.). *European Food Research and Technology* 229(1):43-49.

伐採季節對孟宗竹及刺竹抗蟲性之影響

張豐吉¹ 黃信富² 杜明宏³

【摘要】本研究以不同伐採季節、不同竹齡、不同部位之孟宗竹與刺竹的化學組成變化，探討竹材化學組成變化對感染蛀蟲的相關性，期望能提高竹材抗蛀蟲能力，以提高竹材使用壽命。試驗結果顯示：孟宗竹與刺竹之抽出物及澱粉含量均呈現季節性變化，竹齡高的竹材澱粉含量較竹齡低者為高。由養蟲試驗結果得知：孟宗竹在 10 月至 3 月易受蟲害，刺竹在 2 至 4 月與 7、8 月伐採者易受蟲害，其受蟲害情形與竹材中所含抽出物及澱粉含量有密切關係，尤其澱粉含量高低與蛀蟲為害情形相關性更為顯著。因此砍伐竹材利用時，應慎選季節以減少蟲害。

【關鍵詞】孟宗竹、刺竹、澱粉含量、蠹蟲。

Effect of Felling Season on the Anti-pest Property of *Phyllostachys pubescens* and *Bambusa stenostachya*

Feng-Jyi Chang¹ Hsin-Fu Huang² Ming-Horng Duh³

【Abstract】The objectives of this study were to investigate the effect of felling season, age and position on the chemical compositions of Moso bamboo and Thorny bamboo, in order to explore the relationship between the chemical compositions and pest damage, with the hope to improve the bamboo anti-pest ability, in order to improve the service life of bamboo products. The experimental results are summarized as follows: The extractives and starch content of Moso bamboo and Thorny bamboo showed seasonal variations, starch content of higher age bamboo are higher than those of bamboo with lower age. The pest test showed that Moso bamboo felled from Oct. to Mar., Thorny bamboo felled from Feb. to Apr. and from Jul. to Aug. were susceptible to powderpost beetle. It seemed that the pest damages were directly related with the extractives and starch contents of bamboos, high starch content will lead to the bamboo susceptible to pests especially. To control the pest injury, it is important to fell bamboo in the right seasons.

【Keywords】*Phyllostachys pubescens*, *Bambusa stenostachya*, Starch content, Powderpost beetle.

¹ 國立中興大學森林學系名譽教授

Honorary Professor, Department of Forestry, National Chung-Hsing University.

² 國立中興大學森林學系碩士

Master, Department of Forestry, National Chung-Hsing University.

³ 國立嘉義大學林產科學暨家具工程學系教授，通訊作者，600 嘉義市學府路 300 號。

Professor, Department of Forest Products Science and Furniture Engineering, National Chiayi University, Corresponding author, 300 Hseuh-Fu Road, Chiayi 600, Taiwan

I、前言

竹是東亞特產，早年先民在食、衣、住、行、育、樂上均有多方之利用，竹不僅與先民生活習習相關，蘇東坡曾謂：「無竹令人俗」，更顯示竹在中國人心目中的特殊地位。

臺灣竹林資源豐富，長久以來，自然發展成一套以竹材利用為主的竹文化。由於竹藝人才輩出，使竹材加工業曾於 1970 至 1980 年間創造出十餘年的黃金時期，竹材加工廠家數最高曾達 2000 家。竹藝品的生產亦達到一高峰。

然而竹材的最大缺點為其抗蟲、防腐能力普遍不佳，尤其非常容易發生蟲害，情況較木材更為嚴重（洪國榮等，1985；廖坤福等，1986）。Liese（1987）亦認為相較於木材，竹材對生物劣化因子更為敏感（Susceptible）。因此大大降低了竹製品的使用壽命及保存期限，更進而影響其產品價值。

雖然人工的藥劑防治方法，可以有效的防治竹材蟲害，但相對的也帶來許多衍生問題；例如對環境的衝擊、產品外觀及對人畜所造成的危害等。而竹塑材的應用，雖有良好的抗蟲效果，但卻不利於編織類竹藝品的製作。因此，欲求得竹材之優良抗蟲性，似乎應深入探討竹材對蟲害的天然抗性。

Plank(1950)指出：竹子對蛀蟲的感染性，取決於竹種及其澱粉含量、竹桿年齡、伐採季節及結構特性。廖坤福等人（1986）指出，竹材為一種有機體，化學成分中富含澱粉及醣類，為蟲類或菌類寄生之優良營養物質。謝堂州（1976）認為，此種侵害乃由於竹材內部之澱粉與還原醣所致，澱粉含量愈高則受害愈大。上述研究都指出，竹材受蛀蟲損害情形與其化學成分和澱粉含量息息相關。

然洪國榮等人（1985）和廖坤福等（1986）亦同時提到，本省春夏季節降雨量大，竹材之生理活動極為旺盛，生長亦相當迅速，竹桿內澱粉、蛋白質、水分含量均高，故於此期間內砍伐之竹材，易生蟲害及霉害，迨秋冬二季，生產減緩後伐採為佳，尤以 9~11 月最佳，12~2 月次之。陳載永等人（1994、1999）以竹長蠹為蟲害來源，研究麻竹、巨竹、長枝竹、刺竹、孟宗竹、

桂竹之受害情形，指出一年中 4 月為竹長蠹之猖獗季節，到 8 月後漸減，10 月就未發現此蟲之為害。張憲平（1998）依竹藝創作之實務經驗指出，在一年當中適宜的季節伐採竹子，可得良好的材質，並有利於竹材的保存，防止蟲害和生霉。同時提及，依過往的經驗，晚秋為最適宜伐採的季節。Sulthoni（1985）研究數種印尼竹子的澱粉含量，指出竹材中的澱粉含量與伐採季節有關，而這種澱粉含量的變化將影響其天然耐久性。綜合上述研究可知，竹材的生理活動影響了竹桿中化學成分之組成；而化學成分，尤其是澱粉含量會影響竹材受蟲蛀的損害程度；竹子的生理活動具有季節性，似乎也影響了蟲害的猖獗與否。

故本研究選擇孟宗竹與刺竹兩種省產竹材，前者在冬末至翌年春初發筍，為單桿散生竹，後者於 5~9 月間發筍，為叢生竹，進行研究。逐月伐採，測定各竹材之基本化學組成以及澱粉含量，並進行養蟲試驗，以了解伐採季節、化學組成與蟲害感染之間的相互關係。

II、材料與方法

(I) 試驗材料

一、試驗用竹材

(一) 孟宗竹：

採自國立中興大學農學院惠蓀實驗林場次生林之孟宗竹(*Phyllostachys pubescens* Mazel, Moso bamboo)及鹿谷地區孟宗竹。每月初均砍取一株約三年生孟宗竹，另取一株低年生的孟宗竹作比較。

(二) 刺竹：

採自彰化縣芬園鄉農舍旁之叢生刺竹(*Bambusa stenostachya* Hack., Thorny bamboo)。每月初均砍取一株約三年生刺竹，另取一株低年生的刺竹作比較。

二、試驗用蛀蟲

自彰化縣芬園鄉農舍旁之叢生刺竹林、南投市綠竹藝坊、竹山鎮禮山竹坊儲存之廢材中，收集受蟲害之竹材。將受蟲害之竹材剖開收集蛀蟲，利用顯微鏡觀察，根據 Zycherman *et al.*（1988）與呂昌仁等人（1993）之木材害蟲圖鑑，作鑑別與分類。本試驗採用之蛀蟲以竹長蠹（*Dinoderus*

minutus (Fabricius)) 與竹粉蠹 (*Lyctus brunneus* (Stephens)) 作為害蟲來源。將收集之蛀蟲與受蟲害之竹材, 置於新鮮的刺竹與孟宗竹堆中, 保持環境之陰暗、通風、乾燥, 使其大量繁殖。

(II) 試驗方法

一、竹材取樣

於離地一公尺處取一段 30cm 含節竹材, 同時在竹程長度 1/3、2/3 處各取一段 30cm 含節的竹材試樣各代表竹程之基部、中段、梢部等三部分。將三段竹材試樣切片後, 分別或混合磨粉篩選出 40~60 mesh 大小的木粉, 各代表竹程基部、中段、梢部及全株, 供化學組成分析用。另取基部節間的竹片, 剖分其內側竹黃與外側竹青部分, 分別切片、磨粉、篩選, 供化學組成分析。

二、竹材化學組成分析

依據 CNS 標準試驗法分析竹材之熱水抽出物、1% NaOH 抽出物、醇苯抽出物、酸不溶及酸可溶木質素。聚戊醣採用 TAPPI T223ts-43 試驗法, 全纖維素採用 Wise 法。澱粉含量測定則採用 Rose *et al.* 在 1991 年依據 Viles and Silverman (1949) 及 McGready *et al.* (1950) 提出的方法改良的過氯酸處理之蒽酮比色法施行之。

三、竹材澱粉粒分佈觀察

取欲觀察澱粉粒之竹材, 先以利刀切削出光滑切面後, 進行下列試驗。

(一) 碘液染色試驗:

將試樣放入 $85\pm 3^{\circ}\text{C}$ 之水浴中, 浸漬約 20 sec., 取出後以水彩筆沾取 0.4 % 碘液塗於試材表面, 若有澱粉粒分佈, 則會呈現藍色反應。靜置待竹片恢復乾燥, 依藍色深淺判斷澱粉粒在竹材中之分佈情形。

(二) 掃描式電子顯微鏡觀察:

竹片經抽真空與乾燥劑進一步乾燥, 鍍膜後進行掃描式電子顯微鏡之觀察。鍍膜儀採用 ION Coater IB-2, 掃描式電子顯微鏡採用 HITACHI S-2400。

四、蟲害試驗

取含節正常竹程, 橫切成長約 25 cm 的

竹片, 以 20°C R.H. 65 % 的條件, 調濕 3 日以上。將上述竹片置於塑膠整理箱中作為試驗箱, 並收集培養的蛀蟲 200 隻置於箱中, 上覆一層塑膠紗網後再蓋上箱蓋, 但不可封死, 如此可使蟲類不得自由進出, 卻又不致於窒息。

將試驗箱置於陰暗、通風之處。監控環境條件下, 勿使其處於劇烈的溫度變化, 或相對濕度大於 70 % 之環境。

每隔 15 日觀察竹材蛀食情形, 並計算竹片表面的蛀孔數, 予以加總代表該竹片之蟲害程度。

III、結果與討論

(I) 不同月份伐採孟宗竹之化學組成

不同月份伐採之孟宗竹, 其熱水、1% NaOH 及醇苯抽出物含量之變化如表 1 所示。一年中, 熱水抽出物的含量以 6 月份為最低 (5.75%), 隨後漸漸增加, 至翌年 2 月達最高峰 (8.10%), 隨後又逐漸降低。全年可大致劃分為 10 月份起至翌年 3 月份止的高峰期 (7.85~8.10%), 及 5 月至 9 月的相對較低期 (5.75~7.53%)。

1%NaOH 抽出物中, 除含有熱水抽出物外, 尚含有果膠質及少量脂肪、蠟、樹脂及低分子碳水化合物等物質。孟宗竹之 1%NaOH 抽出物在一年中以 10 月份為最高 (28.5%), 6 月份最低 (25.5%); 10 月份至翌年 3 月為高峰期 (28.2~28.5%), 4 月至 9 月間為相對低峰期 (25.5~27.1%)。

醇苯抽出物含量之最大值出現在 11 月 (7.76%), 最低值出現在 6 月 (5.19%)。高峰期自 10 月開始至翌年 2 月 (7.02~7.76%), 3 月至 9 月含量相對較低。

以上三種抽出物之變化趨勢大致相符; 即進入秋季 (10 月份) 後, 含量逐漸上升, 至翌年初春 (即 3 月份), 達一高峰。在 4 月後, 為供應竹筍成程過程的大量發育需求, 養分儲存量漸降低, 至 6 月份達最低。而 7 月份由於盛夏日光、雨水充足,

光合作用旺盛，積存較多之非結構性碳水化合物(Non-structure carbohydrate)，故抽出物迅速攀升後，8、9 兩月又稍下降，可能是為供應新葉抽發的需求。10 月至 3 月則是抽出物的高量期。

表 1 不同伐採季節孟宗竹(三年生)材之抽出物含量

Table 1 The extractives contents of Moso bamboo (3- year old) felled in different seasons.

伐採 月份	抽出物(%)		
	熱水	1%氫氧化鈉	醇苯
1	8.03	28.4	7.11
2	8.10	28.4	7.02
3	7.95	28.2	6.73
4	7.63	27.8	6.96
5	7.39	27.8	6.51
6	5.75	25.5	5.19
7	7.53	27.8	6.91
8	7.23	27.1	6.87
9	6.86	26.7	6.36
10	8.03	28.5	7.63
11	7.90	28.5	7.76
12	7.85	28.2	7.42

表 2 為孟宗竹在不同月份伐採之化學組成。由表中可看出，孟宗竹的木質素以 6 月份為最高 (26.4%)；這可能與該月份抽出物含量最低，使其比例相對提高有關。最低值出現在 2 月份 (24.23%)，平均為 25.2%。各月份間雖有差異，但未見明顯的季節性趨勢。

其它全纖維素及聚戊醣含量亦不見季節性變化。孟宗竹各月份竹材之 pH 值在 4.90~5.68 間，季節性變化不明顯。

整體而言，孟宗竹材之化學組成中，抽出物含量會因季節而變化，但主成分則較不受季節影響。而抽出物含量之變化可能與其生理活動有關，其它主成分則少受生理影響。

表 2 不同伐採季節三年生孟宗竹材之化學組成
Table 2 The chemical compositions of Moso

bamboo (3- year old) felled in different seasons.				
伐採 月份	木質素 (%)	全纖維素 (%)	聚戊醣 (%)	pH 值
1	24.37	64.30	22.88	5.68
2	24.23	64.52	21.92	5.18
3	24.85	64.45	21.72	5.33
4	24.50	64.12	22.45	5.34
5	25.75	68.19	20.49	4.90
6	26.42	66.10	21.42	5.23
7	25.65	66.33	20.82	5.38
8	24.75	63.91	22.79	5.26
9	24.78	67.79	20.13	5.21
10	25.03	65.26	21.57	5.53
11	25.43	65.63	22.32	5.13
12	26.08	64.41	21.42	5.29

(II) 不同月份伐採刺竹之化學組成

不同月份伐採的刺竹化學組成如表 3 所示。熱水抽出物全年在 6.31~11.78 之間，全年以 3 月份為最高 (11.78%)，而後漸漸降低，在 7 月份又呈現一高峰值 (10.42%)，8 月份以後又逐漸降低，直至 1 月份為止。每年熱水抽出物含量呈現兩個高峰期，其真正原因有待更進一步探討。

1%NaOH抽出物中，以 3 月份的 30.88% 最高，9 月份的 25.08% 為最低。全年的高峰期為 2 至 4 月份 (28.25~30.88%)，及 7 月份的 27.32%，其餘月份則為全年相對較低值 (25.08~26.48%)。此現象與熱水抽出物含量相似。

醇苯抽出物含量以 3 月份為最高 (7.08%)，8 月份最低 (4.20%)。高峰期在 2~4 月份 (5.57~7.08%)，其餘時期中除 7 月份 (6.02%) 以外均相對較低，在 4.20~5.74% 之間。

綜合上述，不同月份伐採的刺竹材之抽出物含量，自年初起逐漸升高，在 2 至 4 月份間呈現第一高峰，而後量漸降低，至 7 月份又呈現另一高峰；8 月至 11 月份，抽出物的量普遍維持在平 的低量。此種兩階段之高峰期與孟宗竹頗類似。不過兩者間之含量高含量期有所不同，此可能是因兩者發筍期不同所致。從刺竹的生長繁殖活動觀點來看這些變化，每年 5 至 9 月為刺竹的竹筍發育期，發筍前刺竹養分的聚積，使得刺竹材抽出物的含量在 2 至 4 月份形成一個高峰；隨著發筍期間養分的消耗，使得除 7 月份以外的各月份之抽出物相形較少。可以說這些變化趨勢與刺竹的生長繁殖季節有相當密切的關係。

表 3 不同伐採季節三年生刺竹材之抽出物含量
Table 3 The extractives contents of Thorny bamboo
(3- year old) felled in different seasons.

伐採 月份	抽出物(%)		
	熱水	1%氫氧化鈉	醇苯
1	7.24	26.2	4.68
2	8.68	29.4	6.37
3	11.78	30.9	7.08
4	8.09	28.3	5.57
5	6.89	26.5	5.23
6	7.53	25.9	4.72
7	10.42	27.3	6.02
8	7.65	26.3	4.20
9	7.07	25.1	4.73
10	7.23	26.5	5.30
11	6.31	25.8	4.63
12	7.50	26.1	5.74

刺竹材之非抽出物組成如表 4 所示。木質素平均為 25.4%，全纖維素平均為 69.4%，聚戊醣平均為 19.7%，pH 值介於 5.43～5.91 間，各月份之差異並不大。

綜合上述試驗結果可知，不論是孟宗竹或是刺竹，其抽出物的含量均與伐採季節有關，而變化的趨勢則深受其生長繁殖等生理

活動的影響。而正因為孟宗竹與刺竹在發筍季節上有不同，故其抽出物含量的起伏變化時間亦不一致。至於木質素、全纖維素與聚戊醣等主成分，或許因與生理代謝較不相關，故變化起伏並未呈現與發筍季節有密切相關的情形。

有鑑於生理活動對竹材抽出物含量之影響，本試驗乃進一步探究與竹材生理活動有關之澱粉含量的變化。

表 4 不同伐採季節三年生刺竹材之化學組成
Table 4 The chemical compositions of Thorny
bamboo (3- year old) felled in different
seasons.

伐採 月份	木質素 (%)	全纖維素 (%)	聚戊醣 (%)	pH 值
1	25.2	68.3	19.9	5.43
2	25.1	67.6	20.0	5.67
3	25.2	67.8	20.1	5.84
4	25.6	68.8	20.0	5.70
5	25.6	69.7	20.3	5.64
6	24.8	68.5	19.9	5.66
7	27.9	69.2	19.6	5.91
8	24.8	69.9	19.3	5.87
9	24.8	70.3	19.7	5.77
10	24.8	71.7	19.4	5.70
11	25.6	71.2	19.8	5.84
12	25.7	70.0	19.1	5.64

(III) 孟宗竹與刺竹材的澱粉含量

一、不同月份伐採竹材之澱粉含量

表 5 為不同伐採季節孟宗竹與刺竹之澱粉含量，由表中可看出：孟宗竹材之澱粉含量以 10 月最高，6 月最低。高峰期出現在 10 月至翌年 3 月，含量達 4.36 (3 月)～4.98 (10 月) mg/g；而 4 至 6 月含量為全年較少之時期，僅 2.66 (6 月)～3.12 (4 月) mg/g。

此結果與抽出物含量各月變化趨勢相近，大致都是年底與年初較高，而年中較低。由於澱粉是抽出物中的一種成分，可見

表 5 不同伐採季節三年生孟宗竹與刺竹之澱粉含量

Table 5 The starch contents of Moso bamboo and Thorny bamboo (3- year old) felled in different seasons.

澱粉含量	伐 採 月 份											
(mg/g)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
孟 宗 竹	4.57	4.38	4.36	3.12	3.09	2.66	3.62	3.52	3.56	4.98	4.70	4.65
刺 竹	3.93	7.07	7.28	6.95	5.33	5.42	28.73	18.18	4.35	4.98	4.70	4.65

澱粉含量隨季節的變化亦會影響抽出物含量的增減。且澱粉含量之變化比抽出物變化幅度更為顯著，最高者（10 月，4.98 mg/g）約為最低者（6 月，2.66 mg/g）之 2 倍。

不同月份伐採的刺竹澱粉含量，可發現在夏季有二個極高值，分別是 7 月份的 28.73 mg/g 與 8 月份的 18.18 mg/g。其餘月份，在 2 至 4 月間呈現另一高峰（6.95~7.07 mg/g），9 月至翌年 1 月為全年的低量期，僅 3.93 至 4.98 mg/g。

比較刺竹澱粉含量與抽出物的季節變化，刺竹澱粉含量在 2 至 4 月份有一高峰，此與抽出物的含量相符；另外在 6~8 月抽出物出現另一高峰，7、8 月的澱粉含量也有突然竄高的趨勢。9 月以後的澱粉含量也和抽出物含量一樣在低水平。可見抽出物含量與澱粉含量隨季節而變化的趨勢相符，不過澱粉含量之變化較抽出物之變化明顯。

對於這種季節性變化的趨勢，可從發筍期對竹材成份影響的角度來看；本省孟宗竹的發筍期由年底至翌年 3 月前結束。新筍生長快速，冒出後約 2 個月內就可成桿至完整高度，為其快速生長期。此期間內，孟宗竹原母稈上老葉有衰老凋落之情形（林維治，1958），這導致支持新筍生長的葉面積大量減少，因而快速伸長中的筍，勢必會消耗儲藏的澱粉等養分。

因而吾人可以解釋圖 1 澱粉含量的變化曲線，與發筍行為的緊密關係。為因應年底的發筍，秋末的孟宗竹稈內，開始蓄積如澱粉般的儲藏性碳水化合物，10 月初伐採的竹稈的高澱粉含量，意味著自 9 月起孟宗竹即在竹稈內進行養分積蓄導致的結果。其後至翌年初筍的發育，不斷消耗養分，使澱粉含量漸漸下滑。至 3 月出筍以後的快速生長期，幼竹成桿過程中所需的大量生物量，

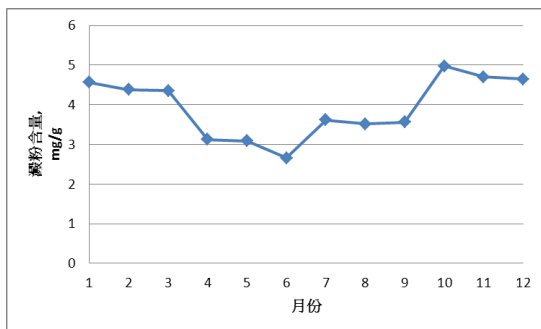


圖 1 不同伐採季節孟宗竹之澱粉含量

Fig. 1 The starch contents of Moso bamboo felled in different seasons.

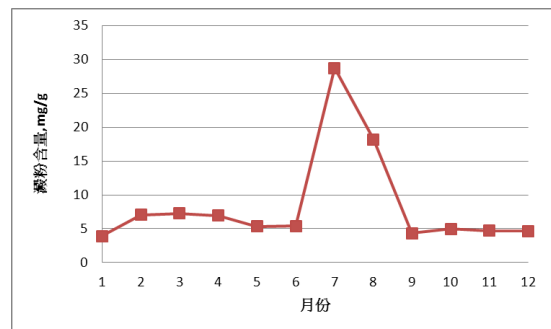


圖 2 不同伐採季節刺竹之澱粉含量

Fig. 2 The starch contents of Thorny bamboo felled in different seasons.

對母竹來說成為一個強大的需求源，因而竹稈的澱粉含量急遽下降；復因母稈原有之老葉衰落，造成光合產物只出不進，因而 3~5 月間之消耗比諸前年底至該年初之消耗形顯劇烈。又據林維治（1958）之研究得知，孟宗竹成稈過程中，高生長的生長率曲線，早期甚高而後急遽減緩，故 4 月份以後澱粉含量的降幅就不若 3 月份內那麼大。

刺竹的澱粉含量變化季節與孟宗竹有很大的不同，如圖 2 所示。然而，若由生理活動週期的角度來看，其發生變化的關聯，兩者卻有很高的一致性。刺竹發筍期為 5~9 月，通常在 6~8 月間為最盛。據筆者實地觀察，本試驗所伐採的刺竹林，在 3 月底開始有老葉脫落的現象。為因應發筍時養分的強大需求，梢部及葉部必將養分先行送回稈部堆積，因而造成 2 至 4 月份的澱粉含量的蓄積。隨後因竹筍的生長，會大量消耗原本儲藏之澱粉，而使含量降低。

這個現象與橋本和渡邊（1963）對篷萊竹（*Bambusa multiplex*，俗名亦作“觀音竹”，與刺竹同屬）稈部儲存澱粉量季節性變動之研究結果一致。他們的研究指出：篷萊竹於 3 月份春季開始時，光合作用轉趨旺盛，稈部澱粉量增加至發筍前之 6、7 月份。當地下莖上之芽目開始萌發成筍且漸成稈之際，上部竹稈之澱粉含量遂急遽減少，直至筍期結束。其後母竹復因旺盛光合作用，於 9 月中、下旬，澱粉含量達到最高值。自此以後，由於自身之同化作用消耗之結果，部分漸移轉至地下莖，故稈部所含澱粉量逐漸降低，而於發筍期再度降至最低。

本試驗中，刺竹 7 月份的抽出物與前後月份相比，有突然增高的趨勢；同樣在澱粉含量方面，7 月份亦是突然的升高，但與抽出物變化不同的是，7 月份澱粉含量為全年最高（28.73 mg/g），幾達其他月份的 5、6 倍，亦是春季高峰的 4 倍餘，增加的幅度非常高。這種突然的增高，依據之前橋本等的論述，應由旺盛的光合作用而來。旺盛的光合作用之成因，可能緣由 3 月底落葉後，4

月初開始冒出大量的新葉，以及強烈日照的關係。根據 Huang et al. (1989)對竹類植物光合作用的研究指出，新葉的光合作用能力可達老葉的 3 倍，故 4 月後的刺竹葉之光合作用能力較強，可生產較多的碳水化合物。唯當時日照不若夏日強烈，且適逢 5 月開始的發筍期，故累積的澱粉量不若 7、8 月初伐採之竹稈高。

洪國榮等人（1985）、陳載永等人（1994）和廖坤福等人（1986）曾論述，本省春夏季節降雨量大，竹材之生理活動極為旺盛，生長亦相當迅速，竹稈內澱粉、蛋白質、水分含量均高；冬季為竹之休眠期，此時竹材內之澱粉、水及五碳糖含量較低。他們的結論與過往一般通識相符，唯自本試驗結果看來，刺竹的澱粉及抽出物含量變化雖與這些論述差異不大，但孟宗竹之抽出物與澱粉含量的變化季節卻與刺竹迥異。此可能係孟宗竹之生理活動週期，有別於其它竹類植物為其主要原因。

綜上所述，無論高澱粉含量的成為為何，如果以利用的觀點來看，為了避免日後可能的蟲害問題，應避免採用具高抽出成分與高澱粉含量的月份所伐採的竹材。

二、不同竹齡竹材的抽出物及澱粉含量

（一）不同竹齡孟宗竹之抽出物及澱粉含量

由表 6 可知，1 月份於鹿谷伐採的孟宗竹，三種抽出物含量皆為三年生者高於一年生者，澱粉含量則為三年生者遠高於一年生者。而 7 月份於惠蓀林場伐採者，則高年生與低年生之間的澱粉含量差距較小，抽出物含量間的差異也隨之減少，至於 1% 氫氧化鈉抽出物含較高的原因尚有待更進一步的探討。

內村悅三（1973）指出：光合作用產生之物質及先前儲存之物質，會在新筍萌發及成稈過程完全消耗。剛成稈的低年生竹材，所含的澱粉量比高年生低是可預期的。由這一觀點來看，1 月份伐採與 7 月份伐採的孟宗竹情況都符合。

至於 1 月份鹿谷伐採的孟宗竹，何以有

表 6 不同年生孟宗竹之抽出物及澱粉含量

Table 6 The extractives and starch contents of Moso bamboo of different ages.

伐採月份/ 立地	竹齡	抽出物(%)			澱粉 (%)
		熱水	1% NaOH	醇苯	
1 月份/ 鹿谷	三年	10.16	30.86	6.51	2.32
	一年	7.84	28.25	6.46	0.32
7 月份/ 惠蓀林場	三年	7.53	27.82	6.91	0.36
	六月	7.65	29.62	5.97	0.21

如此高的澱粉含量，一方面是 1 月份本來就是孟宗竹高澱粉含量的月份之外，應與其生育地鹿谷和在惠蓀林場伐採者不同有相當關係。

(二) 不同竹齡刺竹之抽出物及澱粉含量

由表 7 可知，不論是 2 月或 9 月伐採的刺竹，低年生的竹材抽出物含量皆高於高年生者，此現象與孟宗竹不盡相同。至於澱粉含量，則是相反，都是高年生的竹材高於低年生者。

而據先前之試驗，2 月份的刺竹澱粉含量本來就比 9 月份為高，因而 2 月份伐採的三年生刺竹，澱粉含量高於低年生刺竹之幅度，大於 9 月份伐採者，其原因不難理解。而且這兩個月份伐採之竹材生育地皆相同，故不像孟宗竹般，三年生的竹材會突然出現一個很高的量。以 2 月份為例，三年生者僅以 0.71% 的澱粉含量高於七個月生的 0.34%。這種差距幅度差距較小，不足以影響該月份低年生者之抽出物含量高於高年生者之成因。故同樣都是高澱粉含量的月份，本試驗中伐採的刺竹並不像孟宗竹般，高年生者的澱粉含量與抽出物一樣都高於低年生者。

表 7 不同年生刺竹之抽出物及澱粉含量

Table 7 The extractives and starch contents of Thorny bamboo of different ages.

伐採 月份	竹齡	抽出物(%)			澱粉 (%)
		熱水	1% NaOH	醇苯	
2 月份	三年	8.68	29.4	6.37	0.71
	七月	9.07	31.8	6.35	0.34
9 月份	三年	7.07	25.1	4.73	0.44
	二月	8.85	29.7	5.97	0.35

三、不同部位竹材的澱粉含量

(一) 孟宗竹各部位的抽出物及澱粉含量

由表 8 可知，一年生的竹材，其各種抽出物含量的分佈，呈現沿著竹桿方向，由基部向梢部漸減的情形。根據陳照鈞（1999）之研究指出：竹桿纖維率沿竹桿由基部向梢部漸增。而抽出物在竹材的儲存部位，主要儲存在薄壁細胞中。故抽出物含量呈現基部多梢部少的現象，而三年生孟宗竹亦呈現相同的情形。

至於澱粉的含量，三年生的竹材，以中部為最高（2.39%），但和基部（2.25%）相差不遠，梢部的 2.02% 則相對顯得較低。這可能與 1 月份的孟宗竹面臨發筴的需求，養分由葉、梢部向下輸送有關。而基部的竹桿一方面可能因為較靠近地下莖，成為較容易消耗的部位；一方面可能由於基部竹桿肉厚，造成的稀釋效應（Dilution effect）所致（高毓斌，1985）。

然而一年生的孟宗竹基部與中部的澱粉含量相當，梢部則略高些。此可能因為一年生的澱粉含量本來就較低，竹桿各部位不易產生較大差異；而梢部較多新葉可行光合作用，有較多的光合產物留存；復因中、基部竹桿受前述稀釋效應影響，故含量較梢部低。

表 8 孟宗竹不同部位的抽出物及澱粉含量(1 月份, 鹿谷伐採)

Table 8 The extractives and starch contents at different positions of Moso bamboo (felled in Luku, Jan.).

竹齡	竹材部位	抽出物(%)			澱粉 (%)
		熱水	1%NaOH	醇苯	
一年生	梢部	7.57	27.9	6.3	0.34
	中部	7.74	27.9	6.45	0.31
	基部	8.31	28.4	6.53	0.31
三年生	梢部	9.56	29.6	6.47	2.02
	中部	9.98	29.7	6.39	2.39
	基部	10.68	30.9	6.72	2.25

表 9 為惠蓀林場伐採之三年生孟宗竹材的抽出物與澱粉含量。不論是 2 月份或 6 月份伐採, 各種抽出物含量分佈大抵為基部高於中部, 中部高於梢部。此特性與鹿谷伐採之三年生者同。尤其 1 月份三年生鹿谷與 2 月份三年生惠蓀伐採者, 澱粉含量都是基部與中部較接近, 比起梢部明顯高了些。可知澱粉含量高的月份的孟宗竹材, 其竹桿澱粉分佈以基部、中部較多, 梢部相較則明顯較少。這可能是因應發筍所需, 養分下送的結果, 或該部位薄壁細胞含量較高所致。

至於 6 月份, 原本就是孟宗竹抽出物與澱粉含量較低的季節, 故抽出物雖仍是基部高於中部高於梢部, 但差異不大; 澱粉含量則是各部位都偏低, 且含量相當。

由表 9 又可知, 竹節與節間的抽出物與澱粉含量, 在 6 月份來說, 竹節與節間非常接近; 而在含量較多的季節 (2 月份), 節間抽出物的含量則略高於竹節。至於澱粉含量則相仿。

(二) 刺竹各部位的抽出物及澱粉含量

由表 10 可知, 2 月份伐採的刺竹, 不

論是三年生或 7 個月生, 抽出物含量都以中部為最高, 但與基部相差不大。梢部與其相比則略低一些。澱粉含量也有類似的趨勢, 呈中部高於基部高於梢部。

表 11 為三年生刺竹不同部位抽出物及澱粉含量之差異, 選取 7 月份伐採。由表中可看出: 竹桿中部的抽出物與澱粉含量仍是最高, 並與基部相差不多, 而高出梢部一截。

表 9 孟宗竹不同部位的抽出物及澱粉含量(三年生, 惠蓀林場伐採)

Table 9 The extractives and starch contents at different positions of Moso bamboo (3-year old, felled in Huisun forest).

伐採月份	竹材部位	抽出物(%)			澱粉 (%)
		熱水	1%NaOH	醇苯	
2	梢部	7.88	28	6.87	0.3
2	中部	7.94	28.1	7.06	0.44
2	基部	8.91	28.5	7.05	0.44
2	基部竹節	8.39	28.2	6.96	0.44
2	基部節間	9.31	28.9	7.1	0.43
6	梢部	5.22	24.4	4.95	0.25
6	中部	5.76	25.8	5.23	0.27
6	基部	5.85	25.8	5.31	0.26
6	基部竹節	5.78	25.7	5.28	0.27
6	基部節間	5.93	25.8	5.32	0.26

同樣是基部作比較, 節間的抽出物含量僅略高於竹節; 但澱粉含量節間則比竹節多得多。而同樣是節間部位, 節間的外側 (靠近竹青部分) 抽出物含量明顯小於節間的內側 (靠近竹黃部分); 若為澱粉含量, 則差距更大。此應為竹桿內側的薄壁細胞較多, 而外側的纖維率較高, 儲存澱粉的容積不若內側所致。與抽出物的分佈情形相比, 澱粉含量的高低趨勢與之相似, 但差距更大,

可達數倍。由於澱粉含量被視為影響竹材對蟲害天然抗性的重要因子，故預期這種澱粉含量差異，將會對蟲害的侵襲情形形成一定程度的難易差異。

表 10 刺竹不同部位的抽出物及澱粉含量(2 月份伐採)

Table 10 The extractives and starch contents at different positions of Thorny bamboo (felled in Feb.).

竹齡	竹材部位	抽出物(%)			澱粉 (%)
		熱水	1%NaOH	醇苯	
三年生	梢部	7.98	28.9	5.93	0.69
	中部	8.75	29.4	7.24	0.72
	基部	8.53	29.4	7.19	0.7
七個月	梢部	8.94	30.8	6.22	0.33
	中部	9.16	31.8	6.37	0.37
	基部	9.05	31.7	6.26	0.34

表 11 三年生刺竹各部位的抽出物及澱粉含量(7 月份伐採)

Table 11 The extractives and starch contents at different positions of 3-year-old Thorny bamboo (felled in July).

竹材部位	竹材部位	抽出物(%)			澱粉 (%)
		熱水	1%NaOH	醇苯	
竹稈	梢部	9.02	27	5.91	1.19
	中部	11.48	28.8	6.13	3.25
	基部	11.39	28.1	6.08	2.84
竹稈基部	竹節	11.31	28	6.01	2.14
	節間	11.47	28.2	6.1	2.92
竹稈基部節間	外側	7.75	24.6	6.05	1.33
	內側	13.54	34.3	6.18	5.05

四、澱粉粒在竹材中之分佈

(一) 碘液染色試驗

澱粉染著碘液後會形成藍紫色。由圖 3 可知，刺竹的澱粉粒分佈皆存在薄壁細胞中，而導管或纖維組織皆無澱粉粒存在。維管束間與維管束內的薄壁細胞都存有澱粉粒，且會沿著次生導管作較密集的分佈。維管束內的澱粉粒有較密集存在的趨勢，推測與該範圍內的薄壁細胞較鄰近輸導組織有關。

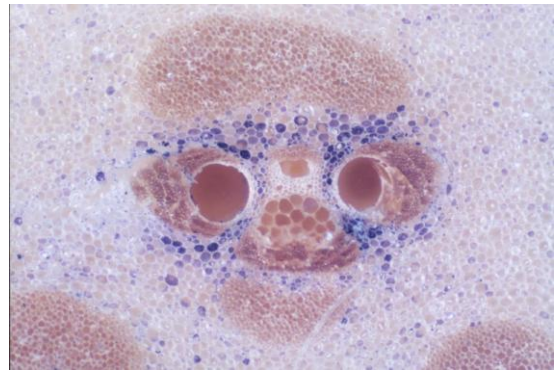


圖 3 刺竹維管束橫切面之碘液染色

Fig. 3 Iodine test of the vascular bundle of Thorny bamboo on the cross section.

觀察竹材的徑切面碘液染色情形（圖 4、5）可知，無論是孟宗竹或刺竹，竹稈任何部位澱粉粒的分佈，都是靠近竹肉內側的澱粉粒較多，而愈往竹青就愈少。這和之前定量澱粉的結果一致。而梢部的澱粉含量則比基部和中部都要來得少些。



圖 4 孟宗竹縱切面之碘液染色試驗。(左圖為處理前，右圖為處理後)

Fig. 4 Iodine test of Moso bamboo on the longitudinal section. (left: before; right: after)



圖 5 刺竹縱切面之碘液染色試驗。(左圖為處理前，右圖為處理後)

Fig. 5 Iodine test of Thorny bamboo on the longitudinal section. (left: before; right: after)

(二) 掃描式電子顯微鏡觀察

由圖 6 可知，澱粉含量在多年生的孟宗竹中各部位皆很豐富，基部與中部比梢部略多些。一年生各部位含量皆很少，全株以梢部略多。澱粉粒僅見於薄壁細胞內，而不含

澱粉粒的薄壁細胞可於細胞壁上見到紋孔。三年生的孟宗竹之澱粉粒含量明顯多於一年生者，尤其是基部和中部。

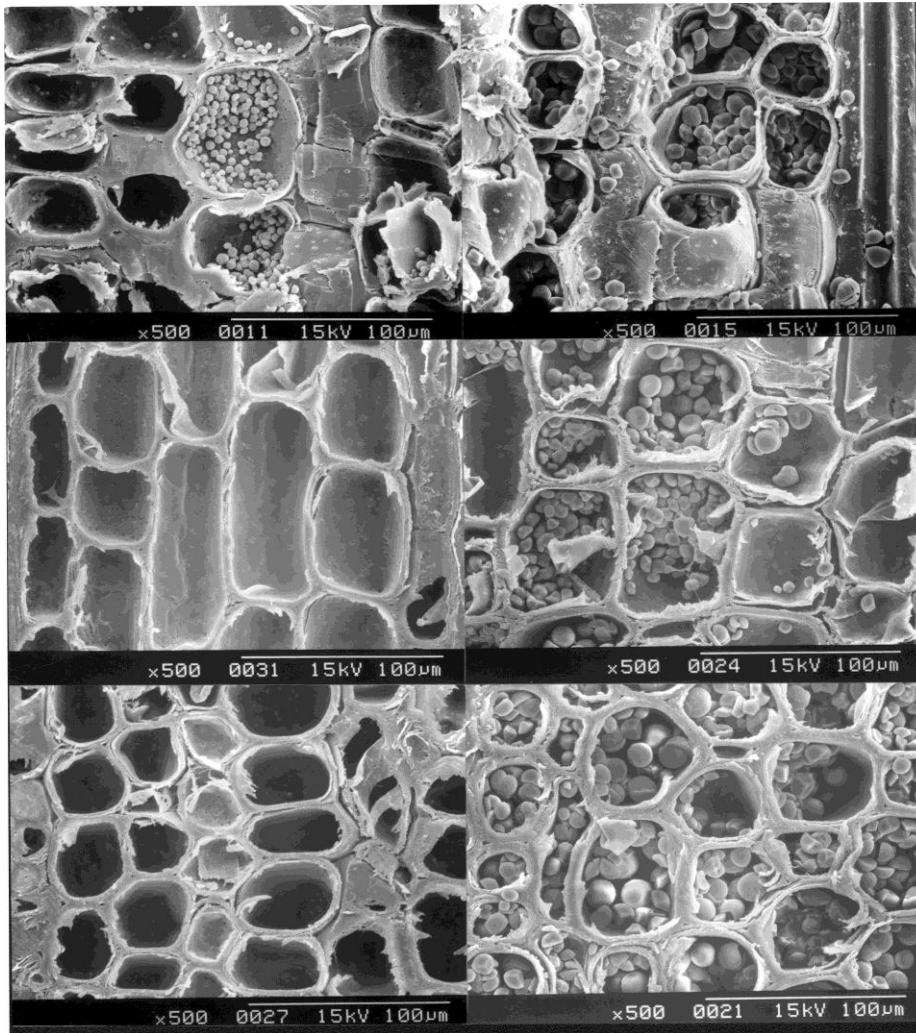


圖 6 不同竹齡孟宗竹(1 月份，鹿谷伐採)各部位澱粉粒分佈之 SEM 照片。

Fig. 6 The SEM micrograph of starch granule distribution at different position of Moso bamboo of different ages. (Felled in Luku, Jan.)

註：左排為一年生，右排為三年生，由上而下依次為梢部、中部及基部。試樣為竹材伐採後，不經軟化立即切片，氣乾後抽真空乾燥，再加以鍍膜後觀察。

Note: Left: 1-year-old, Right: 3-year-old

Top: tip position, Middle: central position, Bottom: base position

而澱粉顆粒之大小，似乎也受竹稈部位及竹齡之影響。以三年生孟宗竹為例，由圖 7 可看出，在同樣 3000 倍的觀察中，基部

和中部的澱粉粒大致相當，卻比梢部的要大一些。而同樣是梢部的澱粉粒，三年生的粒徑又比一年生的要大得多。

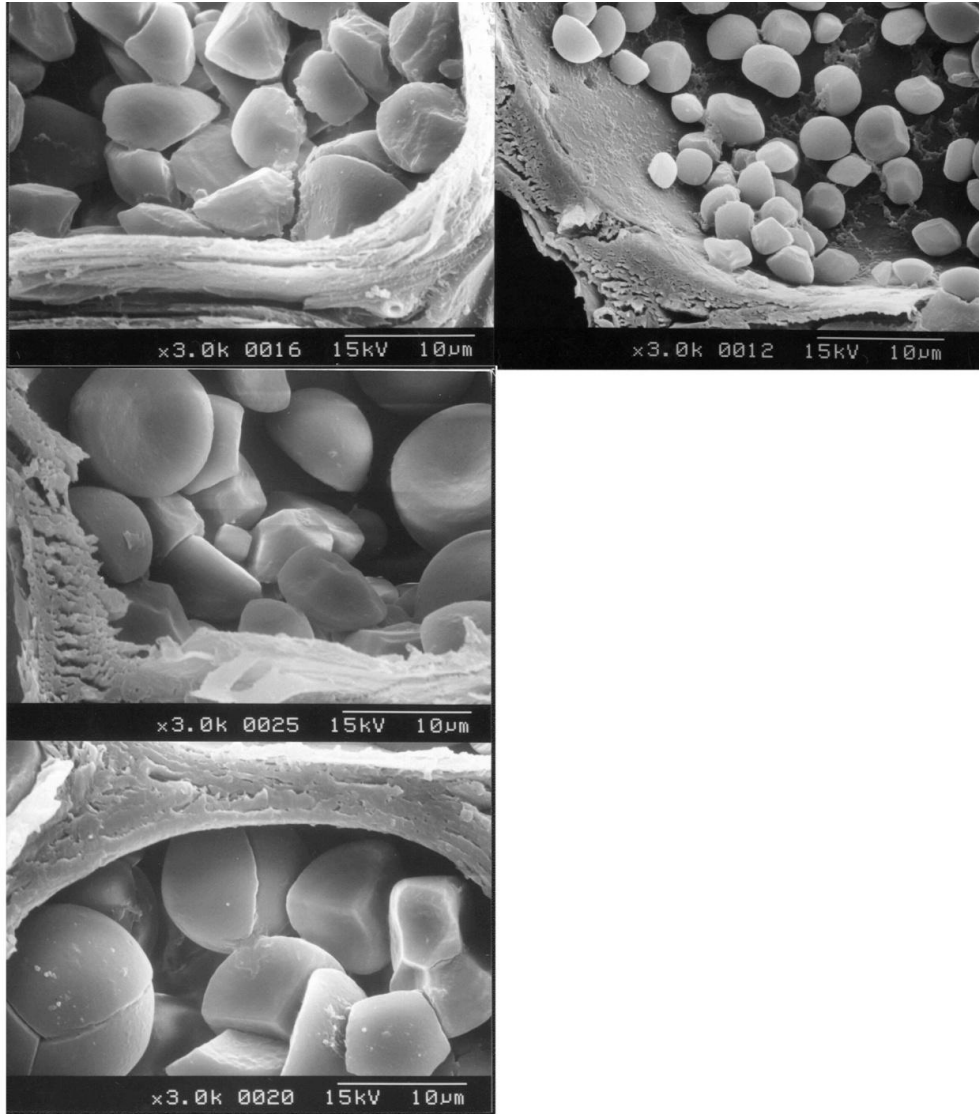


圖 7 不同竹齡孟宗竹的各部位澱粉粒 SEM 照片。(1 月份，鹿谷伐採)

Fig. 7 The SEM micrograph of starch granule at different position of Moso bamboo of different ages. (Felled in Luku, Jan.)

註：左排由下而上依次為三年生孟宗竹竹稈基部、中部、梢部之澱粉顆粒；右排上則為一年生孟宗竹竹稈之梢部澱粉顆粒。試樣製備流程同圖 6 之試樣。

Note: Left: 3-year-old, Top: base position, Middle: central position, Bottom: tip position

Right: 1-year-old

(IV) 竹材受蟲害之探討

一、不同伐採季節對竹材受蟲害之影響

經過 90 天的試驗後，三年生的孟宗竹竹片蛀孔數最多的伐採月份為 10 月份，達 165 個。最少的月份為 6 月，蛀孔數僅 1 個。顯示蟲害程度高低的落差相當明顯。由表 12 可知，孟宗竹材受蟲害侵襲較烈的季節，由 10 月入冬後至翌年初春 3 月為止，在這

段期間伐採的竹材，受蟲蛀孔數皆達 133 個以上。全年另有一受蟲害較深的季節，為 7 月至 8 月，產生 69 至 77 個蛀孔。其它時期，4、5、6 及 9 月份，所伐採的孟宗竹材，蛀孔數皆不超過 20 個。可見同樣為三年生的孟宗竹，各月份受蟲害程度不一，具有明顯的季節性變化。

表 12 不同月份伐採之三年生孟宗竹蟲害試驗蛀孔數

Table 12 The amount of borer holes on 3-year-old Moso bamboo felled in different seasons.

伐採月份	試驗天數(d)						
	0	15	30	45	60	75	90
1	0	13	28	45	92	131	143
2	0	13	23	38	84	127	133
3	0	12	25	37	77	127	138
4	0	0	2	3	7	9	11
5	0	0	2	2	5	7	7
6	0	0	0	1	1	1	1
7	0	6	15	28	61	75	77
8	0	5	14	24	52	67	69
9	0	2	5	7	15	19	20
10	0	11	23	56	121	147	165
11	0	11	23	42	118	135	143
12	0	9	20	39	84	139	145

三年生刺竹受蟲害之情形如表 13 所示，經過 90 天的試驗後，刺竹片蛀孔數最多的伐採月份為 7 月份，達 276 個。最少的月份為 11 月，僅 2 個。顯示蟲害程度高低的落差亦相當明顯。

刺竹全年受蟲害侵襲較烈的季節有兩個時期；一為由 2 月入春後至 4 月份為止，在這期間伐採的竹材，受蟲蛀孔數在 84 至 110 個之間。另在 7、8 月間，分別有 276、109 個蛀孔，是全年受蟲害最嚴重的時期。其它時期伐採的竹材，蟲害較不嚴重。故可確立同樣為三年生的刺竹，各月份受蟲害程度不一，同樣具明顯的季節性變化。

由上述之實驗結果可知，三年生孟宗竹與刺竹材，其抽出物含量、澱粉含量與蟲害情形都呈現季節性的變化。若將三種特性作一比較，可發現：蟲害的嚴重性與抽出物含量和澱粉含量的季節性變化有相當高的一致性；亦即蟲害較嚴重的季節，也是抽出物含量、澱粉含量較高的季節。而進一步探討抽出物含量與澱粉含量對蟲害的影響時，可以發現，澱粉含量對於蟲害的影響遠比抽出物含量更為明顯。以三年生刺竹材為例，其在 2 至 4 月份與 7、8 月份都具有高抽出物含量，且 2 至 4 月的含量還稍高於 7、8 月份的含量，但澱粉含量則是 7、8 月份遠高

表 13 不同月份伐採之三年生刺竹蟲害試驗蛀孔數

Table 13 The amount of borer holes on 3-year-old Thorny bamboo felled in different seasons.

伐採 月份	試驗天數(d)						
	0	15	30	45	60	75	90
1	0	3	5	7	14	18	19
2	0	10	24	50	76	80	84
3	0	9	27	69	93	121	122
4	0	15	31	65	92	103	110
5	0	1	2	3	6	9	10
6	0	5	12	17	40	45	50
7	0	34	79	158	213	249	276
8	0	22	34	65	95	100	109
9	0	3	5	9	14	15	17
10	0	0	1	1	2	3	4
11	0	0	1	1	1	2	2
12	0	0	1	1	1	2	3

於 2 至 4 月份。對照蟲害試驗的結果，三年生刺竹在 2 至 4 月與 7、8 月份都受到嚴重蟲害，但 7、8 月份的蛀孔數則明顯多於 2 至 4 月份。故可推論：抽出物的含量高低固然與蟲害的發生有關，但澱粉含量才是直接影響蟲害的關鍵因素。如圖 8 所示。

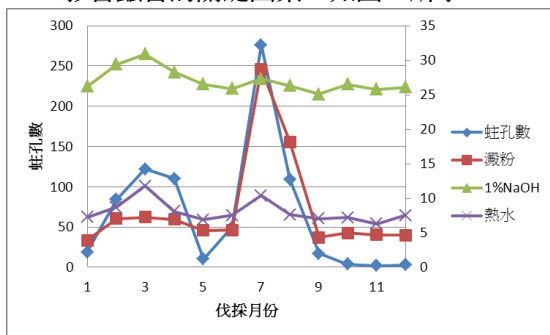


圖 8 不同月份伐採刺竹之蛀孔數、澱粉含量及抽出物含量

Fig. 8 The number of borer holes, starch and extractive contents of Thorny bamboo felled in different seasons.

一、不同竹齡伐採竹材之各部位抗蟲害試驗

由表 14 可知，三年生竹桿受蟲害的情形，比一年生竹桿要來得嚴重許多。和三年生竹桿並排時，一年生的竹桿幾乎不受蟲害。

然而是否多年生的竹材就一定比低年生者容易受蟲害呢？據廖坤福等人（1986）與張憲平（1998）之論述，四年生和五年生的竹材要比三年生者較不易受蟲害。推測可能逾三年生的竹材，其生理機能逐漸衰弱所致，但實際原因則有待進一步研究。

在本試驗中，三年生的竹桿以平均蛀孔數而論，經 45 天的蟲害試驗後，以基部 114 個為最高，中部 93 個次之，梢部 32 個最少。然而竹桿各部位桿徑粗細不一，經對剖後，雖然是相同長度的竹片，但不具有同樣的表面積。故若以蛀孔總數論斷基部受蟲害最嚴重、梢部最輕，恐不客觀。於是考慮將各試驗竹片 45 天後的蛀孔數，除以各竹片之端面、徑切面、竹肉內側面的總表面積，得到

竹桿各部位的平均單位面積蛀孔數。依此則中部的單位面積蛀孔數最多，基部次之，梢

部最低。此結果與前面試驗中，該竹桿各部位的澱粉含量之高低情形吻合。

表 14 不同竹齡伐採之孟宗竹各部位蟲害試驗蛀孔數(1 月份，鹿谷)

Table 14 The amount of borer holes at different positions of Moso bamboo of different ages (Felled in Kuku, Jan.).

竹齡	部位	試驗天數(%)				單位面積 蛀孔數(個 /cm ²)
		0	15	30	45	
一年生	梢部	0	0	0	1	0
	中部	0	0	0	0	0
	基部	0	0	0	0	0
三年生	梢部	0	10	22	32	0.39
	中部	0	22	51	93	0.54
	基部	0	39	76	114	0.48

二、蠹蟲蛀食竹材之形態與位置

蠹蟲蛀食竹材之情形，如圖 9、10 所示，竹材端面為竹蠹蟲為害最嚴重的部位之一。對照兩圖的左半側（未受蟲害）和右半側（受蟲害），可發現多數的蠹蟲由端面，尤其是靠近竹肉內側處啃食進入竹材。這種竹肉內側受蠹蟲侵害的情形，若由竹桿的徑切面來觀察，則更為明顯（如圖 11、12）。這種情形與 Hickin (1976) 指出：蠹蟲鑽孔進入竹莖中產卵，主要由砍切端部、擦傷處、縱裂處為主，少有從節間表面光滑處侵入的情形相符。

蠹蟲偏愛侵食竹肉內側的原因，可由兩

方面來理解；一方面竹桿靠竹青之外側部份的纖維率較高，質地較內側堅硬（陳照鈞，1999），蠹蟲啃食不易；而從食物供給的角度來看，竹桿靠近竹肉內側部分，薄壁細胞較多，澱粉含量甚高，非常適合成蟲產卵與幼蟲的發育，故蛀孔數自然較多。

圖 11 與 12 中，最上方為正常竹片以碘液染色處理者，最下方為未處理之正常竹片，中間則為受蟲害的竹片。由圖中可發現受蟲害的範圍與澱粉分佈範圍相當一致。圖 12 的受蟲害竹片為蠹蟲侵入後，在竹片表面形成的蛀孔樣式。圖 11 中間受蟲害的竹片，則為將受害竹片剖開後，呈現出來的內

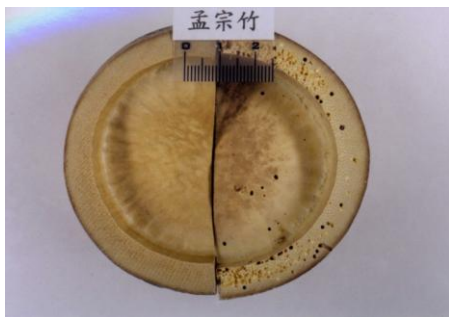


圖 9 孟宗竹端面受蟲害情形

Fig. 9 Pest attacks on the cross section of Moso bamboo.

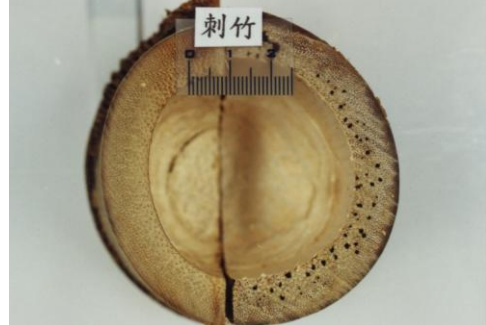


圖 10 刺竹端面受蟲害情形

Fig. 10 Pest attacks on the cross section of Thorny bamboo.

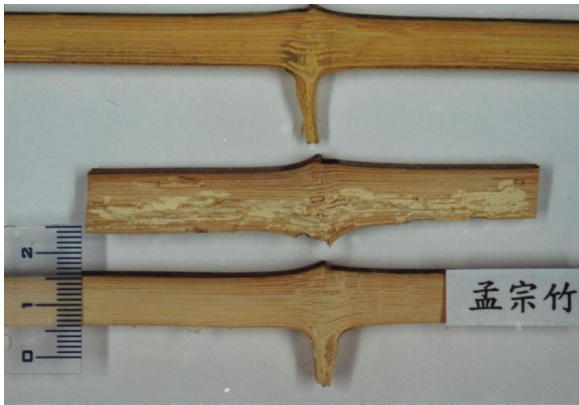


圖 11 孟宗竹片蟲害位置

Fig. 11 The positions of pest attacks on Moso bamboo.



圖 12 刺竹片蟲害位置

Fig. 12 The positions of pest attacks on Thorny bamboo.

部損害情形，可發現蠹蟲多以沿竹稈生長方向，啃食薄壁細胞。圖 13 則為孟宗竹節膜受蟲害的照片，可見在竹材組織中，蠹蟲亦有橫向啃食的情形。

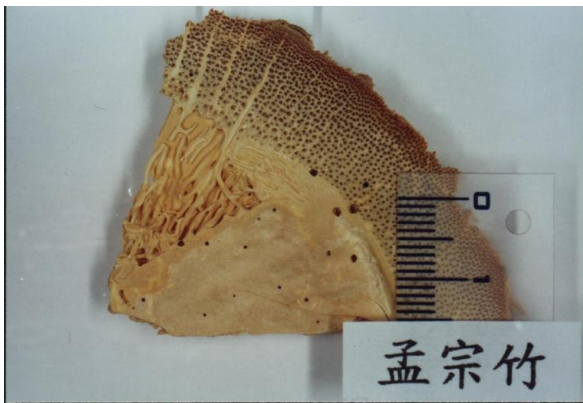


圖 13 孟宗竹節受蟲害情形

Fig. 13 Pest attacks on the node of Moso bamboo.

IV、結論

1. 孟宗竹與刺竹的澱粉含量具有季節性的變化，且變化之起伏情形與抽出物含量的季節變化有相當的關聯性。此種季節性變化與發筍期有密切的相關，孟宗竹與刺竹之季節性變化並不相同。

2. 竹稈各部位的抽出物與澱粉含量分佈，一般呈現基部與中部的含量高於梢部。竹節的澱粉含量較節間高。
3. 孟宗竹與刺竹的蟲害情形具明顯的伐採季節變化；孟宗竹在 10 月至 3 月伐採者易受蟲害，刺竹在 2 至 4 月與 7、8 月伐採者易受蟲害。兩種竹材易受蟲害的季節並不一致，與其澱粉含量的季節性變化關係十分密切。
4. 三年生的孟宗竹竹稈比一年生者要易受蟲；同樣的三年生竹稈，位於中部和基部者均比梢部易受蟲害。
5. 綜合以上所述，為減少竹製品之蠹蟲為害，應慎選竹材砍伐季節，即孟宗竹不宜在 10 月至 3 月份伐採，而刺竹則不宜在 2 月至 8 月份伐採，尤其 6 月至 8 月間砍伐之刺竹最易受蟲害。

V、參考文獻

1. 王子定、高毓斌 (1986) 竹類之生長與發育。現代育林 2(1):27-66。
2. 呂昌仁、詹仲才、張起華、李玉學 (1993) 木材害蟲及其防治。1-46 頁。
3. 林維治 (1958) 臺灣竹類生長之研究。林業試驗所報告第 54 號。
4. 洪國榮、廖坤福、彭秀鳳 (1985) 竹塑材抗

- 蟲性之研究。興大實驗林研究報告第六號。201-214 頁。
5. 高毓斌 (1985) 臺灣孟宗竹林之生產力與生物性養分循環。國立臺灣大學森林學研究所博士論文。1-24 頁。
 6. 陳照鈞 (1999) 不同竹齡對製漿性質之影響。國立中興大學森林學研究所碩士論文。11-42 頁。
 7. 陳載永、范振德、彭武康 (1994) 竹長蠹 (*Dinoderus minutus* (Fabricius)) 感染竹材之研究。台大農學院研究報告 34(2):198-207。
 8. 陳載永、范振德、彭武康 (1999) 竹材 WP-NM 防腐劑、亞麻仁油及浸水處理對竹長蠹 (*Dinoderus minutus* (Fabricius)) 之防治效果。中華林學季刊 32(3): 393- 400。
 9. 張憲平 (1998) 竹工藝：第一輯。20-29 頁。
 16. Hickin, N. E. (1976) The insect factor in wood decay: An account of wood-boring insects with particular reference to timber indoors. Better World Books. Mishawaka, U.S.A. PP. 133-161.
 17. Huang, L. C., B. L. Huang and W. L. Chen (1989) Tissue culture investigations of bamboo 4. Organogenesis leading to adventitious shoots and plants in excised shoot apices. Inviromental and experimental botany 29:307-315
 18. Li, R., M. J. A. Werger, H. J. During and Z. C. Zhong (1998) Carbon and nutrient dynamics in relation to growth rhythm in the giant bamboo *Phyllostachys pubescens*. Plant and Soil 201: 113-123.
 19. Liese, W. (1987) Research on bamboo. Wood Science and Technology 21: 189-209.
 20. Plank, H. K. (1950) Studies of factors influencing attack and control of the bamboo powder post beetle. Fed. Exp. Sta. Mayaguez. Puerto Rico. Bull. 48: 39.
 21. Rose, R., C. L. Rose, S. K. Omi, K. R. Forry, D. M. Durall and W. L. Bigg (1991) Starch determination by perchloric acid vs. enzymes: evaluating the accuracy and precision of six colorimetric methods. Journal of Agricultural and Food Chemistry 39(1): 2-11.
 10. 廖坤福、彭秀鳳、洪國榮 (1986) 竹材防蟲之研究。興大實驗林研究報告第七號：39-50。
 11. 劉瓊霏 (1990) 根系干擾與施肥對台灣杉苗木生長及生理本質之效應。國立台灣大學森林學研究所造林組碩士論文。3-34 頁。
 12. 謝堂州 (1976) 竹材之防腐、防蟲、防霉。林業叢刊第 10 號。
 13. 內村悅三 (1973) マダケ竹の育成とその開花林の保育に關する研究。熊本縣林研指研報：98。
 14. 橋本英二、渡邊政俊 (1963) ホウラチクの含水率と貯藏澱粉の季節的なうりかわり。富士植物園報告 No. 8: 345-359。
 15. Glerum, C. (1980) Food sinks and food reserves in temperate climates. N. Z. J. For. Sec. 10: 176-185.
 22. Sulthoni, A. (1985) Traditional preservation of bamboo in Java, Indonesia. Recent Research on Bamboos: Proceedings of the International Bamboo Workshop, October 6-14, 1985, Hangzhou, People's Republic of China. PP. 349-357.
 23. Zycherman, L. A. and J. R. Schrock (1988) A guide to museum pest control. PP. 54-80.

中華林產事業協會第 12 屆第七次理監事聯席會議紀錄

一、時間：中華民國一〇〇年九月十六日（星期五）15：30 至 16：30

二、地點：台中市國光路 250 號 國立中興大學森林學系 201 會議室

三、主席：宋理事長 洪丁

四、出席人員：如簽到

五、主席報告：

六、上次會議決議案執行情形

序列	上 次 會 議 提 案	決 議	執 行 情 形
1	請審查之學生會員余鎮仰等 6 人新入會案。	提請理事會審議後加入會員。	已照案執行完成
2	請推薦第三十屆孫海文化基金會及第十五屆陳天信文教基金會林產事業獎暨第二十九屆林產學術獎入選。	提請理監事會同意。	已照案執行完成
3	請審查 2011 中華林產事業協會學術論文研究成果研討會發表人得獎名單。	提請理監事會同意。	已照案執行完成

七、工作報告：

(一)已將 2011 中華林產事業協會學術論文研究成果研討會發表人得獎者公佈並已發放獎狀。

(二)林產工業雜誌已出版至第 29 卷第 3 期，第 4 期刊印中，另外第 30 卷第 1 期審稿中。

八、討論提案：

提 案 一

提案人：宋理事長 洪丁

案 由：請審查個人會員會員之新入會案。。

說 明：(一)新入會員之資料已初審完畢，其相關資料如附件一。

(二)依章程第三章第 6 條之個人會員入會規定辦理。

辦 法：提請理事會審議後通過成為本會之會員。

決 議：照案通過。

提 案 二

提案人：蔡秘書長 佺廷

案 由：請審查 100 年中華林產事業協會事業獎與學術獎推薦名單得獎人選。

說 明：(一)推薦表已於 8 月 31 日前截止收件，推薦人選已於褒獎委員會審理。

(二)林產學術獎得獎名單－化學類：柯淳涵；物理類：蔡明哲。

(三)林產事業獎得獎名單－造林生產類：林添源、李明益；木材加工類：陳義龍、梁兆清；家具類：黃立宏。

(四)詳細資料請參照附件二。

辦 法：提報理事會。

決 議：無異議通過。

九、臨時動議

提 案 一

提案人：黃榮譽理事長 耀富

案 由：討論 100 年度會員大會開會地點、時間與中心議題。。

決 議：無異議通過。①會員大會時間:100 年 12 月下旬②地點:台大森林館③中心議題:MIT 標章、正宗標記、綠建築等相關事宜。

十、散會

【附件一】新入會個人會員名冊

個人會員						
姓 名	性別	出 生 年月日	學 歷	通訊地址	電 話	e-mail
林添源	男	40.12.26	環球科技大學 生物技術系	南投縣鹿谷鄉廣興村 興產路 97-8 號	0937748497	
陳義龍	男	40.07.25	國民中學	南投縣水里鄉永豐村 水信路一段 547 號	049-2770138	
吳文才	男	55.01.02	專科	雲林縣斗南鎮莒光街 106 號	0910-545010	

【附件二】

第 29 屆 中華林產事業協會 林產學術獎

第 30 屆 孫 海 文化基金 林產事業獎

第 15 屆 陳天信 文教基金

褒獎推薦名冊									
推薦類別		褒獎人			推薦人				備註
		姓名	服務單位	現職	姓名	服務單位	現職	會員或理監事	
林 產 學術獎	木材物理 加工類	蔡明哲	國立台灣大學	教授	王松永 卓志隆	國立台灣大學 國立宜蘭大學	教授 教授	榮譽理事長 理事	名 額 各乙名
	木材化學 加工類	柯淳涵	國立台灣大學	教授	林曉洪 藍浩繁	國立屏東科技大學 國立屏東科技大學	教授 教授	理事 常務監事	
林 產 事業獎	家具類	莊閔傑	台大實驗林木材利 用實習工廠	研究助理	蔡明哲 王亞男	國立台灣大學 國立台灣大學	教授 教授	理事 理事	名 額 3 至 5 名
	木 材 加工類	陳義龍	台大實驗林木材利 用實習工廠	技士	蔡明哲 王亞男	國立台灣大學 國立台灣大學	教授 教授	理事 理事	
		梁兆清	正昌製材有限公司		王松永 蔡明哲	國立台灣大學 國立台灣大學	教授 教授	榮譽理事長 理事	
	造 林 事業類	林添源	台大實驗林	簡任技正兼 秘書	蔡明哲 王亞男	國立台灣大學 國立台灣大學	教授 教授	理事 理事	

林產工業雜誌徵稿簡約

- 一、本刊為宣揚林產工業學術性兼技術性刊物，供本會會員發表著作，並歡迎國內外專家學人投稿。
- 二、本刊內容包括：1.報導國內外有關林產工業之新知識、新技術。2.研究報告。3.研究簡報。4.國內外林產工業動態。5.林產學書刊介紹。6.論文摘要。7.會務報導等。
- 三、文稿書寫及注意事項：
 - 1.書寫順序：題目及作者姓名、摘要、關鍵詞、英文題目及作者姓名、Abstract(如為研究論文、摘要之字數限500字以內；若為其他論述，摘要字數限100字以內)、Keywords；本文(如屬研究論文，其順序為前言、材料及方法、結果與討論、結論及參考文獻)。首頁下端以中英文並列作者服務機關或公司行號名稱及職稱，或註明通訊作者。
 - 2.本刊稿件以一次刊完為原則，來稿請勿超過8,000字或10頁，超出費用由作者負擔；超出三頁以內者，每頁自付200元，第四頁起，每頁500元，超出五頁以上者，不予受理。另彩色頁依實際費用由作者自付。
 - 3.文字敘述之編號：I(1)、I(1)、A(A)、a(a)。文字敘述中之數字，用阿拉伯數字表示。
 - 4.單位用公制、習見之符號：kg、kgf、mg、m、ml、m³、pH、ppm等，不必用中文。
 - 5.中文關鍵詞之間以頓號隔開，最後為句號，英文關鍵詞以逗號隔開，每詞第一字母均大寫，最後為英文式句點。
 - 6.文稿內容為單欄，自左至右橫寫，稿件請以電腦列印，修正後請附磁片。
 - 7.插圖以黑墨水精繪，或雷射印表機列印，照片請用原版，如需彩色印刷，請於投稿時事先聲明，費用由作者自付。插圖尺寸請考慮印刷時之欄位大小，圖示說明請放大，圖寬以7cm或14cm為原則。
 - 8.插圖標題在下，表標題在上，順序以圖1，表1，圖2，表2...Fig.1, Table1, Fig.2, Table2...等表示，中文說明句尾不加句點，英文說明句尾請加英文式句點。
 - 9.參考文獻以確經引用者為限，並須在文內引用之處予以標示，先列中文、日文、後列西文，以作者姓名氏筆劃或姓名之字母，先後排列，依序編號，若相同作者不同著作則以發表年份先後排列。若第一作者為同一人，順序依第二作者姓名筆畫排列，再依年份排列。
 - 10.參考文獻書寫方式：作者、年分、題目、發表刊物名稱、卷期及頁數。引用書籍者，應註明編著者、頁數。如引用會議論文、會議專集等，需增列會議名稱、召開機構、會議地點及日期。如引用博碩士論文者，應註明學校名稱及論文頁數。政府出版品則註明政府機關名稱。

範 例

(1).期刊：

- 1.吳順昭、鍾達雄 (1995) 日本柳杉集材作業形態。林產工業 14(2)：138-141。
- 2.Wu, J. and M. Milota (1999) Effect of temperature and humidity on total hydrocarbon emissions from Douglas-fir lumber. For. Prod. J. 49(6): 52-60.

(2).書籍：

- 1.王松永 (1986) 木材物理學。國立編譯館第56-80頁。
- 2.Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. (1980) Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach. 2nd ed. McGraw-Hill Book Co., New York. pp.195-238.

- 3.Torgovnikov, G. I. (1993) Dielectric Properties of Wood and Wood-Based Materials. Springer-Verlag, New York. 196 pp.

(3).研討會：

- 1.鄧哲宗、李鴻麟、夏滄琪 (1994) 水泥粒片板之紫外光硬化塗裝之研究。改進林產物加工利用技術研討會論文發表及技術轉移研討會論文集。中華林產事業協會，台北 第175-182頁。
- 2.Ingram, L. L., F. W. Taylor and M. C. Templeton (1996) Volatile organic compound emissions from southern pine kilns. In: Proc. Drying Pacific Northwest Species for Quality Markets. Prod. No. 7292. For. Prod. Soc., Madison, Wis., USA. pp.41-45.

(4).學位論文：

- 1.賴政彥 (2001) 不同樑腹材料對木質複合工字樑靜曲性質之影響。國立屏東科技大學碩士論文 71頁。
- 2.Chen, G. H. (1988) Effect of Environmental Conditions on the Mechanical Behavior of Wood Composite I-beams. Ph. D. Dissertation. Auburn University, AL., USA. pp.63-114.

(5).專刊：

- 1.許建發、吳金村 (1990) 高溫乾燥對桂竹物理化學性質影響。竹材綜合利用與加工專刊。國立中興大學，台中 第65-74頁。
- 2.Lin, C. J., M. C. Yeh, W. T. Peng, C. H. Chen and H. J. Suen. (2000) Technical Mission on Wood Processing Industry in Panama (I) Furniture Manufacturing. The International Cooperation and Development Fund. R.O.C. 294pp.

(6).網路資料：

- 1.Saffell, B. Dec. 4, 1997. A resource renter for rearing beneficial insect. <http://www.mayhillprece.com/insects.html>
- 11.稿本文中引用之文獻，可於文中直接引用或於句尾註明出處，中文者於句尾以括弧列出作者全名及發表年份，日、英文作者則僅列作者姓及發表年份。同一作者同一年代有一篇以上之引用文獻，以a, b, c.....編排。

例：

- (1).經研究證實，該化合物具有抑菌之生物活性 (張上鎮等, 2000; 劉正字、李文昭, 1999; Cheng et al., 1999; 市川, 1932; Rudman, 1965)。
- (2).劉正字及李文昭 (1996a, 1996b) 以五種省產材樹皮萃取物及稻殼萃取物為原料合成出耐沸水之膠合劑。
- (3).闊葉樹未成熟材之微纖維角較 Shuler 和 Adams (1989) 所測得者為低。

- 四、來稿請送一式三分由編審委員會送請兩位審查人簽注意見，本會有修改權或送請作者自行補充修正。稿件排版後請作者自行校對一次。

- 五、本刊發表之稿件，如在他處轉載引用發表，應註明本刊卷期；已在其他刊物發表之稿件，請勿再投寄本刊。

- 六、本刊訂於每年三、六、九、十二月份以季刊發行。

- 七、來稿不計稿酬，研究論文經刊出後，免費提供通訊作者排版後可攜式文件規格電子檔(pdf)光碟一片。

- 八、若著作人投稿於本刊經收錄後，同意授權本刊得再授權國家圖書館『遠距圖書服務系統』或其他資料庫業者，進行重製、透過網路提供服務、授權用戶下載、列印、瀏覽等行為。並得為符合『遠距圖書服務系統』或其他資料庫之需求，酌作格式之修改。

- 九、來稿請以掛號寄「嘉義市學府路300號，國立嘉義大學林產科學暨家具工程學系杜明宏總編輯收」，並註明「林產工業投稿稿件」。

FOREST PRODUCTS INDUSTRIES

Published by

The Chinese Forest Products Association

September 2011 Vol. 30 No. 3

Publisher • Hong-Ding Soong

Editor-in Chief • Ming-Horng Duh

• Editorial Office •

Department of Forest Products Science

and Furniture Engineering

National Chiayi University

Chiayi, Taiwan, R.O.C.

Price per copy: US\$20.00

Subscription rates: US\$70.00 for one year

(Surface mail postage included)

林 產 工 業

中華民國一百年九月發行第三十卷第三期

出 版 者 • 中華林產事業協會

嘉義市(600)學府路 300 號

國立嘉義大學林產科學暨家具工程學系

TEL：(05)2717491

FAX：(05)2717497

新聞局局版臺誌第 3321 號

發 行 人 • 宋洪丁

總 編 輯 • 杜明宏

印 刷 者 • 永全廣告企業社

嘉義市(600)林森東路 367 之 56 號

定 價 • 新台幣 300 元(一年 1000 元)

郵政劃撥 • 31586560 號帳號