

2018 森林資源保存與利用 研討會

論文集

日期：2018年9月13~14日(星期四~五)

地點：行政院農業委員會林業試驗所行政大樓4樓會議室
(臺北市中正區南海路53號)

主辦單位：行政院農業委員會林業試驗所



行政院農業委員會林業試驗所 編印

2018

森林資源保存與利用研討會

論文集



日期：2018年9月13~14日(星期四~五)

地點：行政院農業委員會林業試驗所行政大樓4樓會議室
(臺北市中正區南海路53號)

主辦單位：行政院農業委員會林業試驗所

行政院農業委員會林業試驗所 編印

「2018 森林資源保存與利用」研討會議程

日期：107 年 9 月 13 ~ 14 日(星期四~五)

地點：行政院農業委員會林業試驗所(臺北市中正區南海路 53 號)四樓會議室

107 年 9 月 13 日 (星期四)		
時 間	議 程	
08:30-09:00	報 到	
09:00-09:15	貴 賓 致 詞 (林試所 張彬所長)	
時 間	論文題目(主講人*)	主持人
09:15-09:35	相思樹授粉與胚胎發育過程 (鍾振德*、蔡佳彬、游漢明、張育維、李函憶、蔡仔涵)	李明仁 博士
09:35-09:55	珙桐在台灣之無性繁殖與栽培 (張淑華*、何政坤、蔡錦瑩、許原瑞、陳嬋)	
09:55-10:15	蓮華池森林不同坡位分布 45 樹種的葉部耐旱性比較 (郭耀綸*、林易養、余尚鈺、許展維、江嘉祥、張勵婉)	
10:15-10:35	山村特色經濟植物之永續發展 - 以台灣產月桃屬生物活性及產品開發為例 (王升陽*、曾彥學、K. J. Senthil Kumar、謝瑀心、邱清安、簡世昌、張華洲、曹乃文、吳佩臻、李蕙如、林俐吟)	
10:35-10:50	茶敘 / 資訊交流(15 分)	
10:50-11:10	雜交麻瘋樹栽植三年的生長表現 (馬復京*、蔡彥新、顧文君、游漢明、黃冬梨、謝勝國)	黃裕星 博士
11:10-11:30	阿里山十大功勞內生菌對寄主植物生長的影響 (林瑞進*、談胤伶、古國龍、吳志鴻)	
11:30-11:50	相思樹嫁接營養系種子園之開花結實 (蔡佳彬*、鍾振德、游漢明、孫銘源、蔡彥新、陳溢宏、張森、孫英玄)	
11:50-12:10	水筆仔與紅海欖經高鹽度處理後在兩種 CO ₂ 濃度下之光合作用速率及葉綠素螢光之特性 (王經文*、翁韶良、廖天賜、陳明男)	
12:10-13:30	午 餐	

「2018 森林資源保存與利用」研討會議程

時 間	論文題目(主講人*)	主持人
13:30-13:45	陽明山山仔后櫻花林木胸徑與種子特性之相關性研究 (林虔隆*、洪紹翔)	林世宗 博士
13:45-14:00	疏伐小徑木於中小型生活用品上之開發及推廣 (范貴珠*、黃俊傑、邱俊壬、張智強、彭采宸)	
14:00-14:15	山胡椒種子發芽再探討 (陳舜英*、簡慶德、吳濟琛)	
14:15-14:30	六龜地區臺灣山茶之管理策略暨植物組成結構 (陳永修、林文智、周富三、龔冠寧*)	
14:30-14:45	多納林道崩塌地的演替序列 (陳永修、林文智、周富三*)	
14:45-15:00	多納崩塌地耐陰樹種苗木組成數量與生長 (鍾安晴*、陳永修、林文智、郭耀綸)	
15:00-15:15	氮源比例及光度對森氏櫟苗木形質生長及生理之影響 (邱奕辰*、劉瓊霏)	
15:15-15:30	台灣山櫻花開花模式建構與應用之研究 (邱祈榮、劉恩妤*)	
15:30-15:45	茶敘 / 資訊交流(15 分)	
15:45-16:00	農民對林蔭咖啡之作為與長期策略 (王培蓉*、孫銘源、林仁瀚、張凱雯)	張上鎮 博士
16:00-16:15	毛柿花粉管觀察 (洪聖峰*)	
16:15-16:30	楓香葉老化基因 <i>Lfo-miR164b</i> 及 <i>LfNAC1</i> 功能鑑定 (文起祥*、曲芳華)	
16:30-16:45	以大腸桿菌與小圓葉菸草表現系統生產臺灣杉雙萜類化合物 (馬莉婷*、曲芳華)	
16:45-17:00	臺灣扁柏之簡單重複序列分子標誌開發暨族群遺傳分析 (黃群智*、曲芳華、洪瑜梅、陳啟聰、趙齊相)	
17:00-17:15	DNA extraction from forestry honey and its molecular detection by PCR (陳芬蕙*、吳家禎、許俊凱、汪澤宏、李佩真)	
17:15-17:30	著生杜鵑之微體繁殖 (何雅齡*、廖宇廣)	

「2018 森林資源保存與利用」研討會議程

107 年 9 月 14 日 (星期五)		
時 間	議 程	
08:30-09:00	報 到	
時 間	論文題目(主講人*)	主持人
09:00-09:15	伽羅木醇型土肉桂舒壓實驗 (何政坤*、張淑華、許原瑞、洪達華)	郭幸榮 博士
09:15-09:30	更新作業對綠竹林生長及產筍量探討 (陳財輝*、李宗宜)	
09:30-09:45	荊竹生物炭添加對肖楠及牛樟苗木生長及土壤之影響 (陳財輝*、成允聖)	
09:45-10:00	不同地區平地重要造林樹種生長趨勢 (彭炳勳、鍾智昕、唐盛林、邱志明*)	
10:00-10:15	南洋紅豆杉與青脆枝利用轉基因腫瘤細胞與毛狀根生產二次代謝物 (張淑華*、何政坤、蔡錦瑩、陳媁)	
10:15-10:30	茶敘 / 資訊交流(15 分)	
10:30-10:45	新店林下生態茶園野生動物之季節變化—以蝙蝠活動及蛾相為例 (陳芬蕙、胡正恆*、何可蕙、吳茹安)	王亞男 博士
10:45-11:00	墾丁海岸林植被復育情形及火災對其造成之初期影響 (陳芬蕙*)	
11:00-11:15	臺灣原生草本植物應用於崩場地植生復育—發芽檢測複查研究 (何郁庭、蔡彥新、胡元璋*、馬復京、陳國章、林元祥、游漢明)	
11:15-11:30	三種木本植物果殼萃取物之光譜特性 (顧文君*、林柏亨、林振榮、傅春旭)	
11:30-11:45	綠梗山葵在六龜鳳崗山地區果莢發育之生長表現 (黃怡菁*、蔡佳彬、蔡政亨、傅春旭、陳怡蓓、何政坤、黃裕星)	
11:45-12:00	綜合討論	
		何政坤 組長

目 錄

相思樹授粉與胚胎發育過程.....	1
(鍾振德、蔡佳彬、游漢明、張育維、李函嫻、蔡仔涵)	
珙桐在台灣之無性繁殖與栽培.....	7
(張淑華、何政坤、蔡錦瑩、許原瑞、陳媁)	
蓮華池森林不同坡位分布 45 樹種的葉部耐旱性比較.....	13
(郭耀綸、林易養、余尚鈺、許展維、江嘉祥、張勵婉)	
山村特色經濟植物之永續發展 - 以台灣產月桃屬生物活性及產品開發為例.....	19
(王升陽、曾彥學、K. J. Senthil Kumar、謝瑀心、邱清安、簡世昌、張華洲、 曹乃文、吳佩臻、李蕙如、林俐吟)	
雜交麻瘋樹栽植三年的生長表現.....	25
(馬復京、蔡彥新、顧文君、游漢明、黃冬梨、謝勝國)	
阿里山十大功勞內生菌對寄主植物生長的影響.....	31
(林瑞進、談胤伶、古國龍、吳志鴻)	
相思樹嫁接營養系種子園之開花結實.....	37
(蔡佳彬、鍾振德、游漢明、孫銘源、蔡彥新、陳溢宏、張森、孫英玄)	
水筆仔與紅海欖經高鹽度處理後在兩種 CO ₂ 濃度下之光合作用速率及葉綠素螢光 之特性.....	43
(王經文、翁韶良、廖天賜、陳明男)	
陽明山山仔后櫻花林木胸徑與種子特性之相關性研究.....	49
(林虔隆、洪紹翔)	
疏伐小徑木於中小型生活用品上之開發及推廣.....	55
(范貴珠、黃俊傑、邱俊壬、張智強、彭采宸)	
山胡椒種子發芽再探討.....	61
(陳舜英、簡慶德、吳濟琛)	
六龜地區臺灣山茶之管理策略暨植物組成結構.....	67
(陳永修、林文智、周富三、龔冠寧)	
多納林道崩塌地的演替序列.....	73
(陳永修、林文智、周富三)	

多納崩場地耐陰樹種苗木組成數量與生長	79
(鍾安晴、陳永修、林文智、郭耀綸)	
氮源比例及光度對森氏櫟苗木形質生長及生理之影響	85
(邱奕辰、劉瓊霖)	
台灣山櫻花開花模式建構與應用之研究	91
(邱祈榮、劉恩妤)	
農民對林蔭咖啡之作為與長期策略	97
(王培蓉、孫銘源、林仁瀚、張凱雯)	
毛柿花粉管觀察	103
(洪聖峰)	
楓香葉老化基因 <i>Lfo-miR164b</i> 及 <i>LfNAC1</i> 功能鑑定	109
(文起祥、曲芳華)	
以大腸桿菌與小圓葉菸草表現系統生產臺灣杉雙萜類化合物	113
(馬莉婷、曲芳華)	
臺灣扁柏之簡單重複序列分子標誌開發暨族群遺傳分析	119
(黃群智、曲芳華、洪瑜梅、陳啟聰、趙齊相)	
DNA extraction from forestry honey and its molecular detection by PCR	125
(陳芬蕙、吳家禎、許俊凱、汪澤宏、李佩真)	
著生杜鵑之微體繁殖	129
(何雅齡、廖宇賡)	
伽羅木醇型土肉桂舒壓實驗	135
(何政坤、張淑華、許原瑞、洪達華)	
更新作業對綠竹林生長及產筍量探討	139
(陳財輝、李宗宜)	
荊竹生物炭添加對肖楠及牛樟苗木生長及土壤之影響	145
(陳財輝、成允聖)	
不同地區平地重要造林樹種生長趨勢	151
(彭炳勳、鍾智昕、唐盛林、邱志明)	

南洋紅豆杉與青脆枝利用轉基因腫瘤細胞與毛狀根生產二次代謝物	157
(張淑華、何政坤、蔡錦瑩、陳媁)	
新店林下生態茶園野生動物之季節變化—以蝙蝠活動及蛾相為例.....	163
(陳芬蕙、胡正恆、何可蕙、吳茹安)	
墾丁海岸林植被復育情形及火災對其造成之初期影響	171
(陳芬蕙)	
臺灣原生草本植物應用於崩場地植生復育—發芽檢測複查研究	177
(何郁庭、蔡彥新、胡元璋、馬復京、陳國章、林元祥、游漢明)	
三種木本植物果殼萃取物之光譜特性	183
(顧文君、林柏亨、林振榮、傅春旭)	
綠梗山葵在六龜鳳崗山地區果莢發育之生長表現.....	187
(黃怡菁、蔡佳彬、蔡政亨、傅春旭、陳怡蓀、何政坤、黃裕星)	

相思樹授粉與胚胎發育過程

鍾振德^{1)*} 蔡佳彬²⁾ 游漢明³⁾ 張育維¹⁾ 李函嫻¹⁾ 蔡仔涵¹⁾

緒言

相思樹(*Acacia confusa* Merr.)豆科(Leguminosae)相思樹屬，原生於菲律賓北部與臺灣恆春半島。相思樹屬約有 981 種，其中澳洲原生就超過 900 種，臺灣原生有相思樹與藤相思樹(*Acacia caesia* (L.) Willd.)兩種，前者為大喬木，後者則為藤本。日治時期大量造相思樹林，以其對環境的適應範圍極大，因此目前全島一千公尺以下遍佈，根據林務局第四次全國森林調查，相思樹人工林面積達 10,748 公頃(邱立文等 2015)。相思樹為目前種植菇類最主要的木材，年需求約 30 萬噸，因其大徑木材質堅硬，適合製造高級傢具，因此徑級 30 cm 以上原木，每公噸超過 8,000 元，本樹種因不同的用途需求，適合做短中長期經營。

相思樹花期南部始於四月下旬，北部則五月中才開始，南部在五月中開花已進入尾聲，北部則在六月上旬結束。上述週期為最盛期，有少部分會有第二期開花，北部可在十至十一月看到開花。相思樹的花粉形態，係複粒花粉(compound grain)，以中心四小粒排成十字狀，外緣再沿著八個小粒而成者，呈圓狀或橢圓狀扁平體形(oblete) (章樂民 1969)。相思樹屬的複粒花粉稱為 polyads，一般為 4，8，12，16，32 或 64 個花粉粒所組成，最普遍為 16 個(Sedgley 1986)，相思樹的複粒花粉為 12 個花粉粒所組成。

相思樹從北到南輕易可見，分叉多叢生狀是許多人的印象，相思樹英挺高大曾經是許多上了年紀耆老的記憶。目前所見的狀況，源自於對於選種與育種漠視所致，政府採種育苗外包給業者，業者採集分叉多樹矮小種子多母樹，培育的苗木栽植成林，又再結實向外拓展，就成為目前所見到的景象。1968 年開始選種，2011 與 2014 年不同研究人員再執行選種計畫，想要解決目前的問題。2014 年林務局補助進行相思樹選育，採嫁接營養系方法建立採種園。闊葉樹的育種計畫有別於針葉樹，由於針葉樹生長緩慢，育種大都採用嫁接營養系種子園，但闊葉樹的生長速度快，育種則需配合其生長快速的變化，

¹⁾ 行政院農業委員會林業試驗所育林組，10066 臺北市南海路 53 號。

* 通訊作者，E-mail: chung@tfri.gov.tw。

²⁾ 行政院農業委員會林業試驗所六龜研究中心，84443 高雄市六龜區中興里中庄 198 號。

³⁾ 行政院農業委員會林業試驗所集水區經營組，10066 臺北市南海路 53 號。

育種需跟著改變。

相思樹選種基礎已經慢慢的建立，但要執行後續的育種，建立相關的基礎資料是必要的，包括開花誘導與控制授粉方法，以及授精、胚胎發育到種子成熟過程。研究從開花誘導試驗開始，進行組織切片解剖觀察，瞭解相思樹從營養芽轉變到生殖芽，雌雄花之分化，授粉、授精至種子成熟的胚胎發育過程。

材料方法

一、試驗材料

試驗材料為栽植於六龜與楠西苗圃相思樹種子園，其為嫁接優良母樹成活之植株，母樹選自包括尖石、秀巒、大溪、大安溪、丹大、大埔等地，共計有 57 個優良母樹，進行誘導開花試驗。授粉、授精與胚胎發育之解剖觀察，則取自四月下旬開花之母樹，由於相思樹有部分母樹有兩個花期，因此解剖觀察一年可以進行兩次。

二、開花誘導試驗

採用枝條環狀剝皮方法誘導開花，試驗材料取位於六龜與楠西 2 年生相思樹嫁接苗，六龜嫁接苗栽植於盆鉢，而楠西則栽植於苗圃成為種子園，由於各母樹嫁接苗數量不等，因此逢機選取嫁接苗，六龜處理兩個時間分別在 8 月與 9 月下旬，楠西則僅處理 9 月下旬，處理方法為枝條環狀剝皮，環狀剝皮的寬度，以枝條直徑大小之 100，50，20，0% 等 4 種，每個處理重複 3 次，六龜並以同等大小之種子苗為對照，並於隔年四至五月調查花芽分化數量。

三、發育過程之解剖觀察

樣品採集處理與觀察，將上述採集之芽體、花藥、花柱和授粉過後的果實，放入固定液 formalin-acetic acid-alcohol (FAA) 固定，必要時修剪木質化組織，使固定液比較容易滲入。固定液中固定一天後，以三己丁醇(tert-butanol)、蒸餾水與酒精調製之系列濃度進行脫水(Johansen 1940)，經滲蠟及埋蠟包埋後，切成厚 10~15 μm 之薄片置於載玻片上，然後再進行脫蠟，並分別以 safranin O 與 fast green 進行染色，於 Olympus BH2 光學顯微鏡下進行觀察並拍照。

部分樣品進行掃描式電子顯微鏡觀察，樣品先以 2.5% glutaraldehyde (in 0.1 M phosphate) 固定 2 h，後經 0.1 M phosphate 緩衝液清洗，再以 1% OsO₄ (in 0.1 M phosphate) 固定 2 h，經 0.1 M phosphate 緩衝液清洗，以 30~100% 丙酮開始進行系列脫水，再置於臨界點乾燥機與二氧化碳進行置換，完成後粘貼於鋁載台上行金離子覆膜，於 Hitachi

2400 掃描式電子顯微鏡下觀察之。

將部分需要更細微觀察之花芽、果實與正在發育的種子，分別固定在 2.5% glutaraldehyde 與 1% OsO₄ 裡，然後經過序列濃度 acetone 脫水後，包埋於 Spurr resin 之中。利用超薄切片機進行切片，取厚片於光學顯微鏡觀察並拍照。

結果與結論

一、誘導開花試驗:

環狀剝皮的癒合速度，以栽植在地上之楠西種子園最快，處理 1.5 個月後，環狀剝皮寬度為直條直徑之 100，50，20%，癒合比率為 23.3，66.7 與 83.3% (圖 1a, b)，但栽植於六龜之盆鉢苗，處理 1.5 個月後，處理癒合比率為 0%(圖 1c)，但處理 2 個月後部分植株開花(圖 1d)，調查開花的比率 8 月處理者約 11%，9 月處理者 44%，對照組包括種子苗與 0%，兩者都未看到任何花芽分化。相思樹主要之花期為每年四至五月，冬天開花比較少見，但本誘導開花試驗已經誘導出花芽分化。

二、花器數量調查

花器解剖與數量調查，逢機取 10~20 朵頭狀花序，調查包括頭狀花序枝小花數量，具有子房的數量，以及每朵小花的雄花數量，結果每個頭狀花序平均有 36.4±3.5 朵小花，這些小花具有子房的數量為 29.8±10.9 個，標準偏差大的原因是因為調查的樣本內，有一朵頭狀花序內的子房數量為 0，若扣除掉此朵，每個頭狀花序具有子房的比率平均為 89.6±4.8%。每朵小花內的雄花數量為 44.5±4.5 個。

三、花粉與胚胎解剖觀察

利用掃描式電子顯微鏡觀察相思樹花藥與花粉，花藥左右各有一片(圖 2a)，每片內有 2~3 個複粒花粉(圖 2b)，複粒花粉有 12 個花粉粒，花粉發芽於花粉的角落萌發(圖 2c)，花粉團的大小 27 × 25.3 μm，每個花粉大小，長×寬×高約 6.3 × 7.8 × (8~10) μm(圖 2c)，每個花柱僅能容納 1 個複合花粉(圖 2d)。子房內的胚珠附著於子房壁內(圖 2e)，每一個胚珠的大小約 100 μm(圖 2f)。每個子房內的胚珠數量不等，但解剖觀察計算有 13 個(圖 2g)，而胚珠並非成直線附著於子房壁內(圖 2h)。相思樹的柱頭僅能容納一個複粒花粉，每個複粒花粉由 12 個花粉粒組成，胚珠超過 12 個，亦即最多僅 12 個可以授精，但調查 26 株優良母樹，調查果莢室數量最多 11 個，因此授精數量又低於 1 個複粒花粉的花粉粒數量。

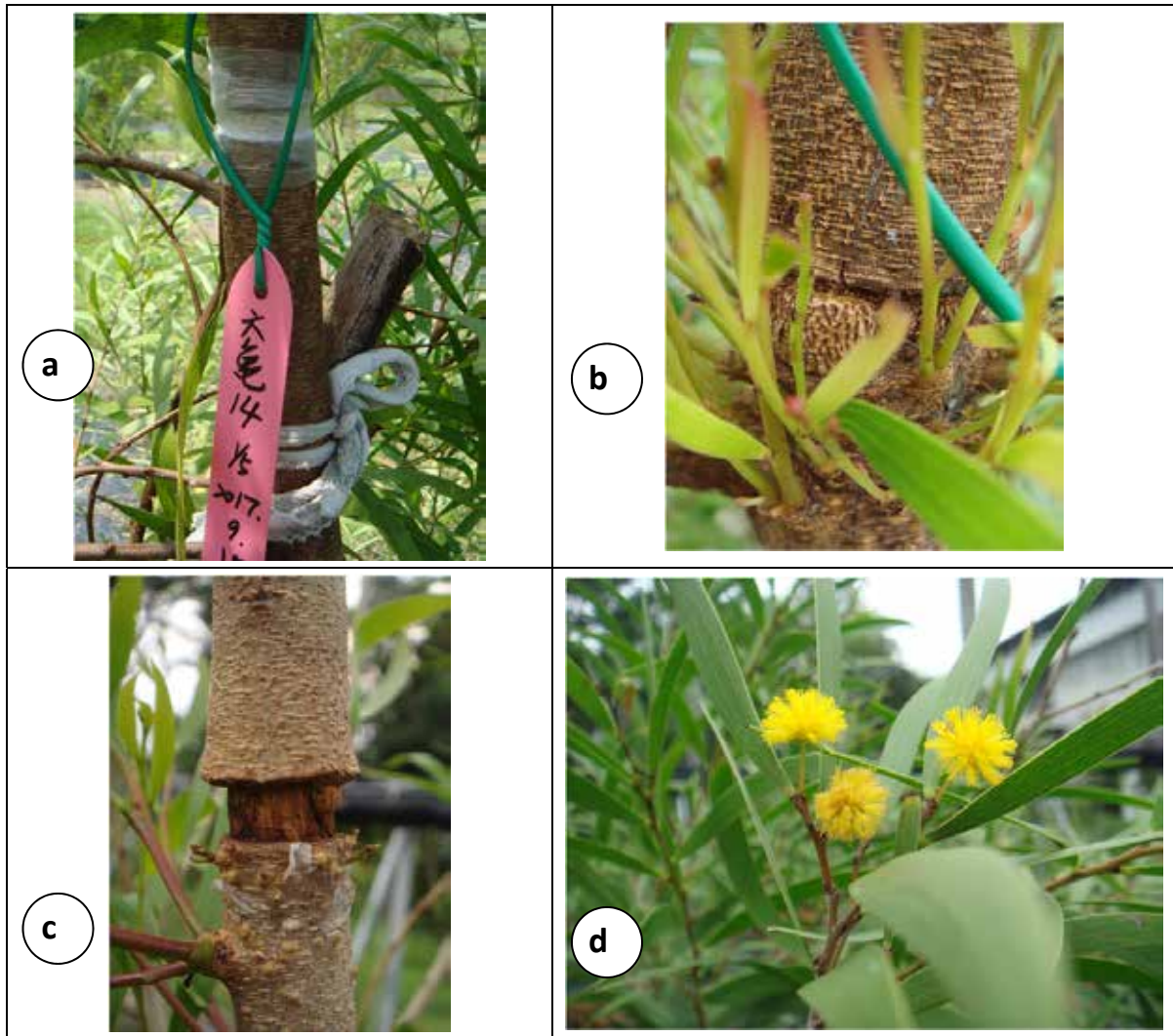


圖 1. a.六龜 14 號母樹枝條環狀剝皮直徑 20%。b.處理後 1.5 個月已經癒合 90%，處理下方大量新芽萌發。c.盆鉢苗枝條環狀剝皮處理癒合緩慢。d.小關山 B11 母樹嫁接盆鉢苗，枝條環狀剝皮直徑 50%，處理 2 個月後花芽分化。

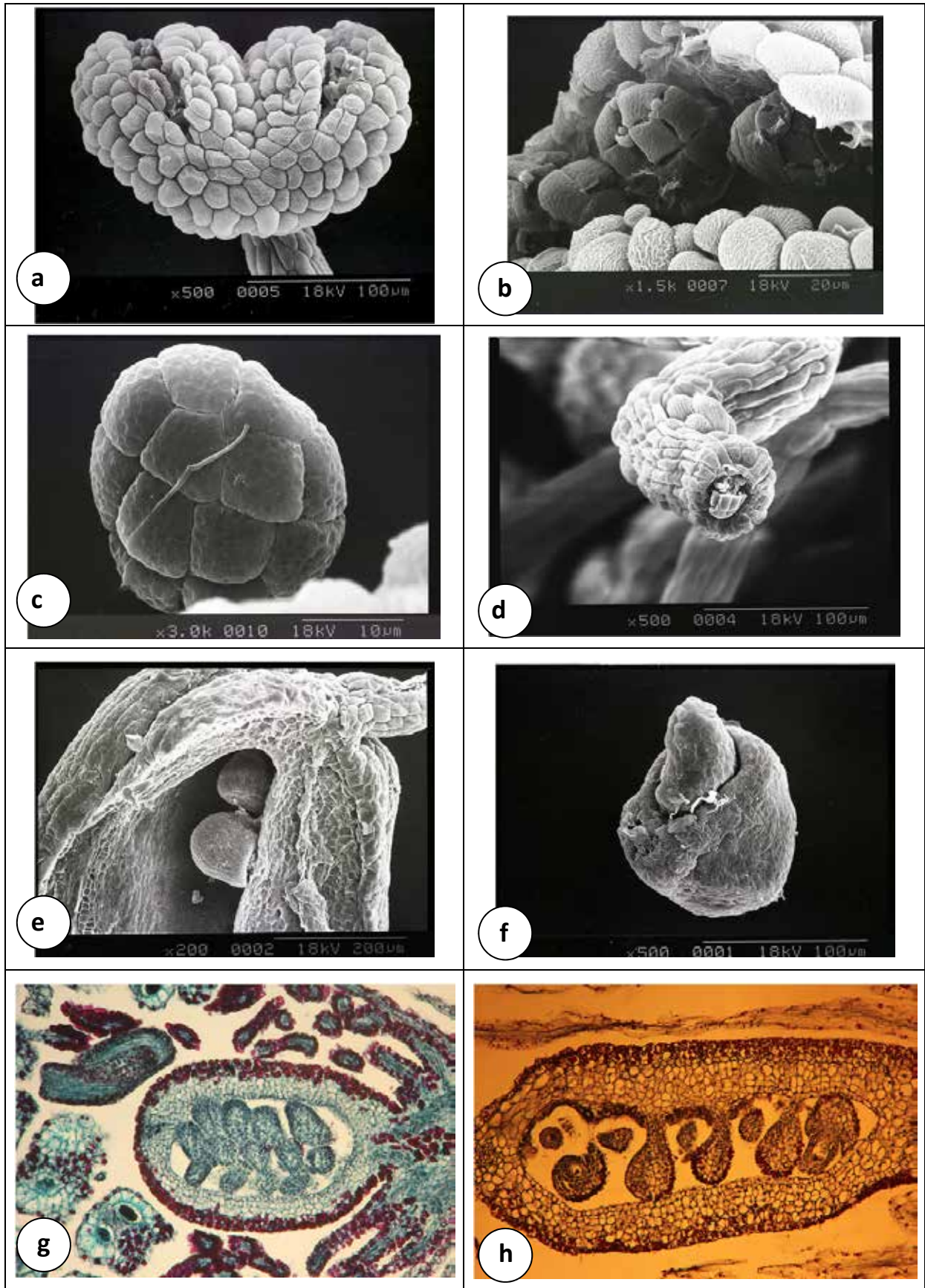


圖 2. a.花藥裂開花粉露出。b.花藥內之 3 個複合花粉。c.複合花粉發芽。d.複合花粉於柱頭僅容納一個複合花粉。e.子房內的胚珠。f.單一胚珠大小約 100 μm 。g.子房內的 13 個胚珠。h.胚珠附著於子房內。

引用文獻

邱立文、黃群修、吳俊奇、謝小恬 (2015) 第4次全國森林資源調查成果概要。台灣林業 41(4): 3-13。

張樂民、王仁禮 (1969) 相思樹選育計畫實施經過概述。台灣省林業試驗所所訊 250: 2839-2844。

Johanson DA. (1940). Plant microtechnique. In: Sass JE, editor. *Botanicae microtechnique*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, The Iowa State Univ. Press.

Sedgley M. 1986. Reproductive biology of Acacias. In: Turnbull JW, editor. *Australian Acacias in developing countries, proceedings of an international workshop*.

珙桐在台灣之無性繁殖與栽培

張淑華^{1)*} 何政坤¹⁾ 蔡錦瑩¹⁾ 許原瑞²⁾ 陳媿¹⁾

緒言

珙桐學名 *Davidia involucrate*，為珙桐科，珙桐屬-單屬植物。生長在海拔 700~2500 m 的深山雲霧中，為落葉大喬木，高可達 20 m，喜中性或微酸性腐殖質深厚的土壤，不耐瘠薄，不耐乾旱。幼苗生長緩慢，喜陰濕，成熟樹則趨喜光(Yu et al. 2006)。珙桐是新生代第三紀留下的孑遺植物，在第三紀曾廣泛分佈於世界各地，受第 4 紀冰河期影響多數滅絕，現僅存於中國長江流域濕潤亞熱帶山地(He et al. 1995, Chen and Su 2011)。有「植物活化石」之稱，1999 年中國列為國家 I 級重點保護植物(Fu and Jin 1992)。珙桐也是世界著名的珍貴景觀樹，觀賞價值極高。

珙桐不論是種子還是無性繁殖都不易成功，其果實外果皮堅硬不透水，中與內果肉及胚乳含有抑制物，及胚有型態休眠等因子使得種子發芽困難(萬朝琨 1988，唐安軍等 2004)。珙桐無性繁殖以扦插為主，但其扦插發根率低、移植容易死亡，且對環境及適應性低(陳坤榮和越滇慶 1998)，致至今無法成為廣泛應用的園林樹種。組織培養為無性繁殖的另一種選擇，目前珙桐的組織培養相關研究成功不多，只有 Jin 等人(2007)成功以芽體建立微體繁殖培育小苗。

2008 年 12 月來自中國北川的 30 株珙桐，樹齡 2-3 年生，平均樹高約 3.4 m，胸徑 2.2 cm，枝條具有飽滿腋芽呈現休眠之落葉樹，以無土裸根方式運送至台，經檢疫後送至林試所福山分所以盆栽方式栽種。栽植後 1 年內編號 15 號的苗木死亡。本研究以此 30 株珙桐芽體與枝條建立微體繁殖與扦插方法繁殖小苗，並觀察珙桐在台灣的生長情形。

材料方法

一、微體繁殖養

取珙桐飽滿未展開之芽體進行培養，將芽體以 70%酒精浸 1 min 後，置於含 0.01% Tween 20 的 1%次氯酸鈉溶液，在超音波震盪器中消毒 15 min，移入無菌操作台，以無

¹⁾ 行政院農業委員會林業試驗所育林組，10066 臺北市南海路 53 號。

* 通訊作者，E-mail: shchang@tfri.gov.tw。

²⁾ 行政院農業委員會林業試驗所蓮華池研究中心，55543 南投縣魚池鄉華龍巷 43 號。

菌水洗 4 次。用解剖刀去除芽體外葉後，培養於 WPM (Lloyd and McCown 1981) 基本培養基，添加 30 g/L 蔗糖與 0.1 mg/L BA，建立無菌芽體。取上述建立之無菌芽體與其節莖，以 WPM 添加 30 g/L 蔗糖，不同濃度 BA (benzyladenine) 與 NAA (α -naphthaleneacetic acid) 組合的培養基誘導多芽體產生。將增殖之叢生芽體，移入 WPM 添加低濃度 BA 培養基，培養 1-1.5 個月促進芽體抽長後，切下 15-20 mm 長之莖芽，以 WPM 添加 IBA (indole-3-butyric acid) 培養基誘導發根。

當試管莖芽發根並發育成 3 cm 大小之小苗，即可出栽栽培。取出試管苗，以清水洗淨培養基，種於滅菌後之 2 號珍珠石與蛭石等比例混合為介質之穴植盤中，將穴植盤置於塑膠籃內，籃子底部添加少許水分，上面以塑膠布覆蓋以保持濕度，先在實驗室中培養 2 週，即可移入溫室栽培。

二、扦插繁殖

採集珙桐枝條經剪成長約 20 cm 穗條，穗條保留 2 個經修枝剪剪掉一半之葉片，扦插在裝填有泥炭土與椰纖等比例混合介質之軟鉢，培養於每 10 分鐘噴霧 15 sec 位於台北植物園的溫室，4 個月後檢查發根情形。

三、珙桐生長調查

大陸來之珙桐原種於福山研究中心苗圃，在 2009 年初編號 15 號死亡。其餘 29 株於 2009 年 6 月移於林地種植，分別為福山 6 株，台大梅峰農場 17 株、及林試所畢祿溪工作站 6 株。持續觀察與紀錄珙桐苗及其組培苗、扦插苗之生長情形。

結果與結論

一、微體繁殖與組培苗出栽生長

成功建立珙桐的微體繁殖體系(圖 1)，不論芽體增殖、芽體抽長與發根率，在不同單株間差異很大。其中以編號 16 號單株的芽體增殖、抽長最困難，無法獲得抽長芽體進行發根試驗，但其餘編號都成功獲得組培苗。編號 15 號雖然於 2009 年初即死亡，但及時有取到芽體繁殖，且其芽體增殖率、芽體抽長率與發根率都是 30 個編號中表現最佳的(表 1)。

二、扦插與扦插苗生長

取珙桐 20 cm 左右枝條進行扦插，各編號平均發根率為 11.5%，最高為編號 7 號的 42.2%，最低的有 7 個單株，發根率都只有 2.2%。

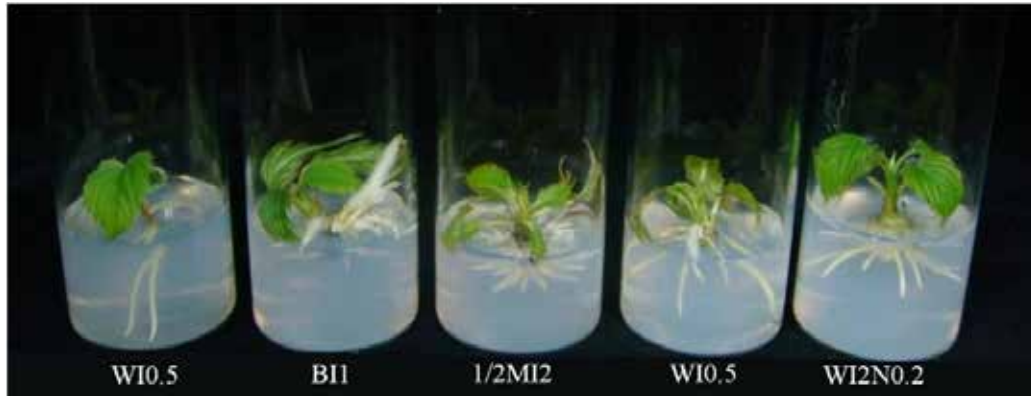


圖 1. 珙桐之試管苗

表 1. 不同珙桐單株微體繁殖之芽體增殖率、芽體抽長率與發根率之比較

Tree no.	Shoots per explant	Shoot elongation %	Rooting %	Tree no.	Shoots per explant	Shoot elongation %	Rooting %
1	2.8 ^{c*}	33.3 ^c	75 ^a	16	1.5 ^d	3.3 ^d	-
2	3.6 ^{bc}	26.7 ^c	100 ^a	17	1.9 ^d	73.3 ^b	100 ^a
3	3.5 ^{bc}	33.3 ^c	100 ^a	18	1.8 ^d	73.3 ^b	80 ^b
4	5.2 ^{ab}	33.3 ^c	100 ^a	19	3.8 ^b	66.7 ^b	100 ^a
5	2.9 ^c	100.0 ^a	100 ^a	20	3.7 ^{bc}	100.0 ^a	100 ^a
6	6.6 ^a	73.3 ^b	100 ^a	21	2.7 ^c	100.0 ^a	100 ^a
7	4.3 ^b	100.0 ^a	100 ^a	22	5.5 ^{ab}	80.0 ^b	100 ^a
8	1.1 ^e	33.3 ^c	45 ^c	23	3.6 ^{bc}	100.0 ^a	100 ^a
9	2.5 ^c	33.3 ^c	40 ^c	24	3.2 ^{bc}	73.3 ^b	100 ^a
10	4.2 ^b	40.0 ^{bc}	100 ^a	25	1.8 ^d	73.3 ^b	75 ^b
11	3.2 ^{bc}	73.3 ^b	100 ^a	26	4.3 ^b	100.0 ^a	100 ^a
12	3.6 ^b	53.3 ^{bc}	100 ^a	27	4.6 ^b	100.0 ^a	100 ^a
13	2.9 ^c	33.3 ^c	15 ^d	28	6.5 ^a	93.3 ^{ab}	100 ^a
14	1.3 ^e	100.0 ^a	85 ^b	29	1.8 ^d	93.3 ^{ab}	80 ^b
15	6.7 ^a	100.0 ^a	100 ^a	30	4.5 ^b	100.0 ^a	100 ^a

*Means with different letters differ significantly at the 1% level using Duncan test.

三、珙桐之生長與開花

(一)組培苗

試管苗在不同季節出栽至台北植物園培育，其成活率在 40-98%之間，主要影響因子為溫度，在夏天的 6-8 月存活率最低，3-4 月春天的存活率最高。組培苗經台北溫室

馴化後分別到台大梅峰農場、台大溪頭試驗林、中興大學惠蓀農場、林試所蓮華池研究中心、福山研究中心、畢祿溪工作站的溫室或苗圃栽培。經 7 年後以梅峰農場的生長最佳，且存活率(54.8%)最高。

(二)扦插苗

共培育 145 株扦插苗，培養於台北、蓮華池語畢祿溪苗圃，5 年，只有 1 株培養於畢祿溪的 29 號存活。

(三)珙桐樹

2009 年 6 月將原栽植於福山苗圃的 29 株珙桐移到福山林地、畢祿溪林地及梅峰農場栽培。於 2018 年 5 月調查，經過 7 年生育，共存活 25 株，存活率分別為福山 83.3%(5/6)，畢祿溪 66.7%(4/6)及梅峰 94.1%(16/17)。珙桐樹枝稍容易因環境不佳而枯萎或折斷，苗木生長以畢祿溪最佳，其 24 號、20 號 22 樹高分別為 7.2 m，6.7 m 與 5.8 m(圖 2)，胸徑為 12.1 cm，9.6 cm，與 10 cm。梅峰農場不同單株珙桐生長差異很大，樹高最高的為 11 號有 5.6 m，最低為 6 號的 1.7 m。福山的 5 株珙桐樹高則介於 1.7-3.5 m 間。

2017 年首次於畢祿溪觀察到珙桐開花，今年(2018 年)5 月，畢祿溪的 20 號與梅峰的 3 號單株，都有開花。

表 2. 2008 年 12 月來台之珙桐，於 2009 年 6 月由福山苗圃移到福山、畢祿溪與梅峰栽培之數量與編號

栽培地	200906		201506		201805	
	株數	編號	株數	死亡編號	株數	死亡編號
福山	6	4,26-30	6	0	5	27
畢祿溪	6	20-25	4	23,25	4	23,25
梅峰農場	17	1-19(除 4&15)	16	1	16	1
小計	29		26		25	

2008 年 12 月來台共 30 株，2008 年間 15 號死亡，剩 29 株。

2009 年 6 月福山留 6 株，其餘分送畢祿溪工作站與台大梅峰農場。

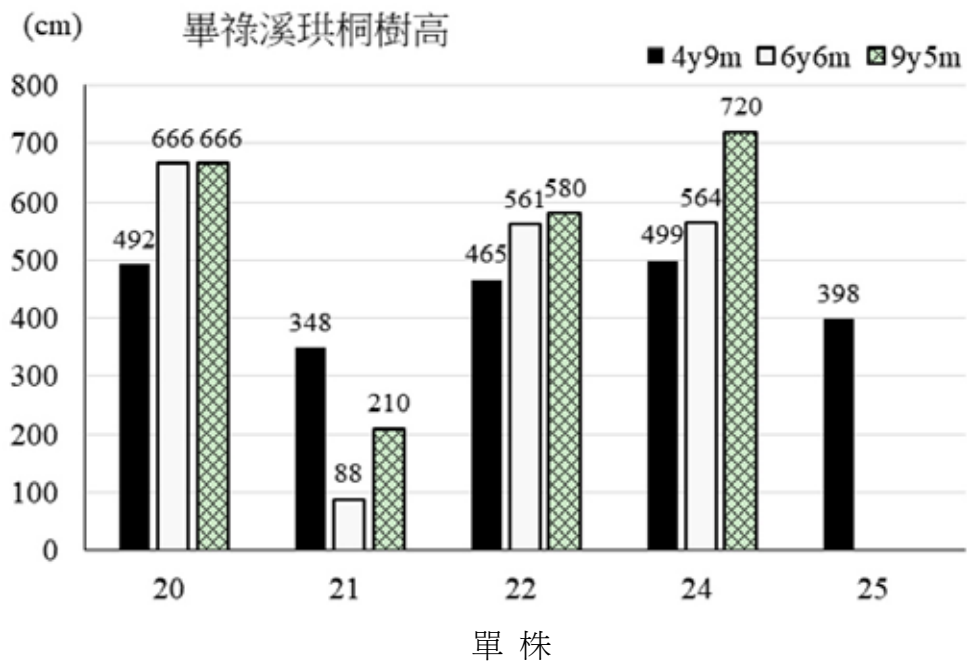


圖 2. 栽培於畢祿溪之珙桐生長情形



圖 3. 畢祿溪珙桐開花情形

引用文獻

- 唐安軍、龍春林、刀志靈 (2004) 種子休眠機理研究概述。雲南植物研究 26(3): 241-251。
- 陳坤榮、越滇慶 (1998) 珙桐繁殖的生物學特性。西南林學院學報 18(2): 68-73。
- 萬朝琨 (1988) 珙桐種子休眠的解剖學研究。中南林學院學報 8(1): 35-39。
- Chen Y, Su Z. (2011) Research on the protection of *Davidia involucrata* populations, a rare and endangered plant endemic to China. Acta Ecol Sin 31: 5466-74.

- Fu LG, Jin JM. (1992)** China Plant Red Data Book: Rare and endangered plants, Vol. 1. Beijing, China: Science Press. p 474-5.
- He JD, Lin J, Chen WL. (1995)** The current status of endemic and endangered species *Davidia involucreata* and the preserving strategies. Chin Biodivers 3: 213-21.
- Jin X, Zhang H, Wu A, Zhang R, Wuyun T. (2007)** In vitro regeneration of *Davidia involucreata* Baill. Acta Hort 764: 307-318
- Lloyd GB, McCown BH. (1981)** Commercially feasible micropropagation of mountain laurel (*Kalmia latifolia*) by use of shoot-tip culture. Proc Int Plant Propagators Soc 30:421-37.
- Yu YT, Xu GB, Wang XP. (2006)** Literature researches on *Davidia involucreata* Baill. Non Wood For Res 24: 92-4.

蓮華池森林不同坡位分布 45 樹種的葉部耐旱性比較

郭耀綸^{1)*} 林易養¹⁾ 余尚鈺¹⁾ 許展維¹⁾ 江嘉祥¹⁾ 張勵婉²⁾

緒言

在山地地形，不同坡位的土壤水分有效度(soil water availability)常有顯著差異，以山脊上坡水分最受限，下坡溪谷水分最充裕(Daws et al. 2002)。族群分布集中在山脊上坡的樹種，在形態或生理性狀上應具備應付缺水逆境的機制，才能在該生育地建立。然而，過去少有科學研究驗證此推論。耐旱性為植物忍受土壤水分缺乏的能力，為植物的遺傳性狀，不同樹種間的乾旱敏感性或乾旱忍受性差異很大。在眾多與植物水分逆境有關的生理性狀中，膨壓喪失點葉部水勢可當做植物葉片生理耐旱能力的量化指標(Bartlett et al. 2012)。若能獲知森林各組成樹種的耐旱能力與機制，有助於解釋當地樹種空間分布的影響因子，也可瞭解森林植物共存的機制。本研究試驗地蓮華池森林動態樣區，在降雨形態上有乾雨季之分，每年 10 月至翌年 3 月為乾季。試驗地地形起伏，山脊稜線海拔高約 830 m，山脊之下有面積廣闊的坡面，其間分布著溪谷。因地形的差異，造成樣區內不同空間位置的土壤水分也有差異(Chang et al. 2013)。因此，生育地土壤水分有效程度的差異，對此處樹種組成與分布可能有重大影響。2017 年我們已經測定蓮華池森林 22 種分布在不同坡位樹種的葉部耐旱性，發現樹種間葉部耐旱性具顯著差異，且族群分布集中在山脊上坡的樹種，其葉部耐旱性顯著高於只在下坡溪谷建立的樹種(林易養 2017)。本年度我們新測定 23 種樹種葉部耐旱性，在合併已有 22 種的數據，供檢驗蓮華池森林分布在不同坡位的樹種，其葉部耐旱性是否具顯著差異，並比較同一樹種生長在不同坡位的植株，其葉部耐旱性是否有馴化當地土壤水分有效度的現象。

方法

本研究選取蓮華池森林分布在山脊上坡 8 樹種，中坡樹 6 樹種，下坡溪谷 5 樹種，以及廣泛分布的 4 樹種(選取生長在中坡的植株)，共計 23 種(表 1 粗體字樹種)，供葉部耐旱性比較。試驗樹種在 2017 年 11 月至 2018 年 3 月的乾季期間取樣。在現地各樹種

¹⁾ 國立屏東科技大學森林系，91201 屏東縣內埔鄉學府路 1 號。

* 通訊作者，E-mail: ylkuo@mail.npust.edu.tw。

²⁾ 行政院農業委員會林業試驗所技術服務組，10066 臺北市南海路 53 號。

選取二株樹冠外層兩段枝條，帶回實驗室置於潮濕環境過夜，次日清晨每種選取健康成熟葉 4-5 片，稱取鮮重後以植物水勢計測定葉部水勢，之後放置桌面令其自由失水，隔 30~90 分鐘重覆進行鮮重及水勢測定，在 14-16 小時過程共測約 10 回，所得數據可繪製 P-V 曲線(Sobrado 2015)，求得該葉片的膨壓喪失點葉部水勢(π_{t1p})。各樹種在乾季分別測得 12 個以上的 π_{t1p} ，選取 π_{t1p} 負值最大且變異係數(CV)在 8% 以下的 5 筆數值平均，當做該樹種的葉部耐旱性指標值。藉變異數分析(ANOVA)比較三分布型樹種間 π_{t1p} 差異的顯著性。此外，本研究另選定桃實百日青、火燒柯、短尾葉石櫟、綠樟、九節木及江某等 6 樹種分別生長在上、中、下坡的植株，測定各樹種在不同坡位 2 個植株在乾季期間的 π_{t1p} ，並藉 ANOVA 比較同一樹種在三處生育地的葉部耐旱性是否具顯著差異。

結果與結論

兩年度供試共計 45 樹種，乾季期間測得的葉部膨壓喪失點水勢(π_{t1p})範圍在-1.93 至 -2.87 MPa 之間(表 1)，以南投石櫟及台灣紅豆樹的水勢最低，葉部耐旱性最高，山龍眼的水勢最高，葉部耐旱性最低。本研究族群集中分布在山脊及上坡(空間分布型 1 及 1, 2 兩型)的樹種有 15 種(表 1)，其中 π_{t1p} 在-2.70 ~ -2.87 MPa 範圍的有 7 種， π_{t1p} 在-2.50 ~ -2.69 MPa 範圍的有 7 種，只有尖葉水絲梨的 π_{t1p} (-2.47 MPa)較其它 14 種高(表 1)。供試樹種中族群分布在中坡為主(空間分布型 2; 1, 2, 3; 2, 3 三類)的樹種共有 11 種，其 π_{t1p} 在-2.40 ~ -2.59 MPa 範圍的有 10 種，只有蓮華池山龍眼的 π_{t1p} 較高(-2.35 MPa)。族群集中分布在下坡及溪谷(空間分布型 3; 2, 3, 4; 3, 4; 4 等四類)的樹種共有 13 種，其 π_{t1p} 數值變異較大，以烏皮茶 π_{t1p} 較低(-2.59 MPa)，長葉木薑子及大頭茶的 π_{t1p} 分別為-2.39 及-2.30 MPa，其餘 10 種的 π_{t1p} 在-1.93~2.29 MPa 範圍(表 1)，葉部耐旱性最低。供試樹種中有 6 種的族群廣泛分布在各坡位(空間分布型 1, 2, 3, 4)，其中台灣糊櫨的 π_{t1p} 很低(-2.50 MPa)，九節木、厚殼樹、江某及小葉樹杞的 π_{t1p} 則在-2.16 ~ -2.29 MPa 範圍，三腳龜 π_{t1p} 最高(-2.03 MPa)。過去學界認為藉 π_{t1p} 數值可區分樹種葉片的耐旱程度(Bartlett et al. 2012)，但上述研究並未明確區分不同耐旱等級 π_{t1p} 的範圍。本研究根據蓮華池森林優勢樹種在山脊上坡、中坡及下坡溪谷的空間分布型現況，研擬五類耐旱等級 π_{t1p} 可能的範圍，供將來進一步檢驗。我們將 π_{t1p} 數值 < -2.70 MPa 的樹種歸類為極耐旱； π_{t1p} 在-2.50 ~ -2.69 MPa 範圍者為耐旱； π_{t1p} 在-2.30 ~ -2.49 MPa 範圍者為中等耐旱； π_{t1p} 在-2.10 ~ -2.29 MPa 範圍者為不耐旱； π_{t1p} > -2.10 MPa 者為極不耐旱。本研究供試 45 樹種的耐旱等級，依此標準歸類如表 2。南投石櫟、台灣紅豆樹、火燒櫨、桃實百日青、小葉赤楠、大丁黃及小西氏石櫟等 7

樹種的葉部耐旱性最高，屬極耐旱等級；烏來柯、茜草樹、西施花及大頭茶等 15 樹種為耐旱等級；木荷、尖葉水絲梨、短尾葉石櫟及香桂等 8 種屬中等耐旱等級；香楠、九節木、厚殼桂及細枝柃木等 8 樹種歸類在不耐旱等級；五掌楠、山豬肝、樹杞及山龍眼等 7 種的葉部耐旱性屬極不耐旱等級(表 2)。

比較蓮華池森林分布在山脊上坡、中坡、下坡溪谷不同坡位樹種的葉部耐旱性，發現此三類樹種間的 π_{tlp} 彼此間均具極顯著差異($P < 0.01$)，以山脊上坡樹種有顯著較低的 π_{tlp} (-2.69 ± 0.03 MPa)，下坡溪谷分布樹種的 π_{tlp} 顯著最高(-2.17 ± 0.05 MPa)，而中坡樹種的 π_{tlp} 居中(-2.51 ± 0.02 MPa)。本研究也測定同一樹種分布在三處坡位植株的 π_{tlp} ，結果發現 6 供試樹種生長在山脊植株的 π_{tlp} ，都顯著低於生長在下坡的植株(表 3)。原本分布在山脊上坡的桃實百日青及火燒柯，生長在三處坡位植株的 π_{tlp} 彼此間均具顯著差異；短尾葉石櫟、綠樟及江某生長在中坡植株的 π_{tlp} ，與下坡同種植株的 π_{tlp} 均無顯著差異，但九節木生長在中坡的植株，其 π_{tlp} 顯著低於生長在下坡的植株(表 3)。上述結果顯示，供試 6 樹種的 π_{tlp} 會因生育地坡位而有改變。此種改變應與該樹種生理上馴化生育地的水分有效程度有關。同一樹種在水分較短缺的山脊上坡環境，葉部耐旱性會顯著提高。

本研究發現蓮華池森林動態樣區內的 45 種優勢樹種，乾季時的 π_{tlp} 在樹種間差異很大，且樹種的空間分布與其葉部耐旱性有顯著相關。分布在山脊上坡樹種的葉部耐旱性，顯著高於分布在下坡溪谷的樹種，而分布在中坡的樹種其葉部耐旱性居於上、下兩坡位樹種之間。同一樹種生長在上、中、下坡的植株，其葉部耐旱性也有顯著差異，上坡植株會高於下坡植株。

表 1. 蓮華池森林 45 種供試樹種的分布型、乾季膨壓喪失點葉部水勢(π_{tip})及取樣坡位

科別	樹種	學名	分布型	π_{tip} (MPa)	取樣 坡位
山脊上坡分布					
殼斗科	南投石櫟	<i>Pasania nantoensis</i>	1 ²⁾	-2.87±0.11	1 ²⁾
冬青科	圓葉冬青 ¹⁾	<i>Ilex goshiensis</i>	1	-2.53±0.10	1
豆科	臺灣紅豆樹	<i>Ormosia formosana</i>	1,2	-2.87±0.03	1
羅漢松科	桃實百日青	<i>Podocarpus nakaii</i>	1,2	-2.77±0.02	1
殼斗科	火燒栲	<i>Castanopsis fargesii</i>	1,2	-2.79±0.04	1
殼斗科	小西氏石櫟	<i>Pasania konishii</i>	1,2	-2.70±0.11	1
殼斗科	烏來柯	<i>Castanopsis uraiana</i>	1,2	-2.69±0.05	1
殼斗科	捲斗櫟	<i>Cyclobalanopsis pachyloma</i>	1,2	-2.60±0.09	1
桃金娘科	小葉赤楠	<i>Syzygium buxifolium</i>	1,2	-2.77±0.05	1
衛矛科	大丁黃	<i>Euonymus laxiflorus</i>	1,2	-2.77±0.10	1
杜鵑花科	西施花	<i>Rhododendron leptosanctum</i>	1,2	-2.67±0.12	1
茜草科	茜草樹	<i>Randia cochinchinensis</i>	1,2	-2.65±0.05	1
茶科	大頭茶	<i>Gordonia axillaris</i>	1,2	-2.65±0.12	1
杜英科	薯豆	<i>Elaeocarpus japonicus</i>	1,2	-2.56±0.06	1
金縷梅科	尖葉水絲梨	<i>Distyliopsis dunnii</i>	1,2	-2.47±0.05	1
中坡分布					
胡桃科	黃杞	<i>Engelhardia roxburghiana</i>	2	-2.56±0.10	2
茜草科	狗骨仔	<i>Tricalysia dubia</i>	1,2,3	-2.59±0.07	1
樟科	變葉新木薑子	<i>Neolitsea aciculata</i> var. <i>variabilima</i>	1,2,3	-2.58±0.04	2
清風藤科	綠樟	<i>Meliosma squamulata</i>	1,2,3	-2.58±0.12	2
殼斗科	長尾尖葉櫟	<i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>carlesii</i>	1,2,3	-2.56±0.07	2
茶科	木荷	<i>Schima superba</i>	1,2,3	-2.49±0.05	2
殼斗科	短尾葉石櫟	<i>Pasania harlandii</i>	1,2,3	-2.47±0.03	2
樟科	香桂	<i>Cinnamomum subavenium</i>	1,2,3	-2.46±0.02	2
柿樹科	山红柿	<i>Diospyros morrisiana</i>	1,2,3	-2.41±0.05	2
金縷梅科	秀柱花	<i>Eustigma oblongifolium</i>	2,3	-2.63±0.10	2
山龍眼科	蓮華池山龍眼	<i>Helicia rengetiensis</i>	2,3	-2.35±0.13	2
下坡溪谷分布					
茶科	烏皮茶	<i>Pyrenaria shinkoensis</i>	3	-2.59±0.01	3
茜草科	水金京	<i>Wendlandia formosana</i>	3	-2.02±0.05	3
樟科	長葉木薑子	<i>Litsea acuminata</i>	2,3,4	-2.39±0.08	2
樟科	香楠	<i>Machilus zuihoensis</i>	3,4	-2.27±0.07	3
茶科	細枝柃木	<i>Eurya loquaiana</i>	3,4	-2.27±0.06	4
樟科	土肉桂	<i>Cinnamomum osmophloeum</i>	3,4	-2.20±0.11	3
灰木科	山豬肝	<i>Symplocos theophrastifolia</i>	3,4	-2.06±0.08	3
紫金牛科	樹杞	<i>Ardisia sieboldii</i>	3,4	-1.96±0.07	3
山龍眼科	山龍眼	<i>Helicia formosana</i>	3,4	-1.93±0.06	3
樟科	大葉楠	<i>Machilus japonica</i> var. <i>kusanoi</i>	4	-2.30±0.05	4
獼猴桃科	水冬瓜	<i>Saurauia tristyla</i> var. <i>oldhamii</i>	4	-2.12±0.18	4
樟科	五掌楠	<i>Neolitsea konishii</i>	4	-2.08±0.05	4
桑科	水同木	<i>Ficus fistulosa</i>	4	-1.99±0.09	4
廣泛分布					
冬青科	臺灣糊櫟	<i>Ilex ficoidea</i>	1,2,3,4	-2.50±0.06	2
茜草科	九節木	<i>Psychotria rubra</i>	1,2,3,4	-2.29±0.08	2
樟科	厚殼桂	<i>Cryptocarya chinensis</i>	1,2,3,4	-2.28±0.03	3
五加科	江某	<i>Schefflera octophylla</i>	1,2,3,4	-2.17±0.06	2
紫金牛科	小葉樹杞	<i>Ardisia quinquegona</i>	1,2,3,4	-2.16±0.06	2
芸香科	三腳壘	<i>Melicope pteleifolia</i>	1,2,3,4	-2.03±0.11	3

¹⁾ **粗體字**為 2018 年新測定樹種，其餘為 2017 年測定；²⁾ 分布型：1 山脊上坡，2 中坡，3 下坡，4 溪谷

表 2. 供試樹種依乾季膨壓喪失點葉部水勢(π_{tlp})區分的耐旱等級類別

耐旱等級	π_{tlp} (MPa)	樹種
1. 極耐旱	-2.80 ~ -2.89	南投石櫟、臺灣紅豆樹
	-2.70 ~ -2.79	火燒栲、桃實百日青、小葉赤楠、大丁黃、小西氏石櫟
2. 耐旱	-2.60 ~ -2.69	烏來柯、茜草樹、西施花、大頭茶、秀柱花、捲斗櫟
	-2.50 ~ -2.59	烏皮茶、狗骨仔、變葉新木薑子、綠樟、薯豆、黃杞、長尾栲、圓葉冬青、臺灣糊櫨
3. 中等耐旱	-2.40 ~ -2.49	木荷、尖葉水絲梨、短尾葉石櫟、香桂、山紅柿
	-2.30 ~ -2.39	長葉木薑子、蓮華池山龍眼、大葉楠
4. 不耐旱	-2.20 ~ -2.29	香楠、九節木、厚殼桂、細枝柃木、土肉桂
	-2.10 ~ -2.19	江某、小葉樹杞、水冬瓜
5. 極不耐旱	-2.00 ~ -2.09	五掌楠、山豬肝、三腳鬮、水金京
	-1.90 ~ -1.99	水同木、樹杞、山龍眼

表 3. 蓮華池森林同種不同坡位植株的乾季膨壓喪失點葉部水勢比較(n=5, mean± SD)

樹種	膨壓喪失點葉部水勢(MPa)			<i>p</i>
	上坡植株	中坡植株	下坡植株	
桃實百日青	-2.77±0.02 ^{a1)}	-2.49±0.02 ^b	-2.41±0.07 ^c	* ¹⁾
火燒柯	-2.79±0.04 ^a	-2.58±0.01 ^b	-2.45±0.02 ^c	**
短尾葉石櫟	-2.57±0.08 ^a	-2.47±0.03 ^b	-2.40±0.04 ^b	*
綠樟	-2.58±0.12 ^a	-2.39±0.09 ^b	-2.28±0.09 ^b	*
九節木	-2.33±0.04 ^a	-2.29±0.07 ^a	-2.21±0.02 ^b	*
江某	-2.45±0.10 ^a	-2.17±0.06 ^b	-2.15±0.07 ^b	*

¹⁾ * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

引用文獻

林易養 (2017) 蓮華池森林優勢樹種葉部耐旱性與空間分布的關係。國立屏東科技大學森林系碩士論文，52 頁。

Bartlett MK, Scoffoni C, Sack L. (2012) The determinants of leaf turgor loss point and prediction of drought tolerance of species and biomes: a global meta-analysis. *Ecology Letters* 15: 393-405.

Chang LW, Zeleny D, Li CF, Chiu ST, Hsieh CF. (2013) Better environmental data may reverse conclusions about niche- and dispersal-based processes in community assembly. *Ecology* 94(10): 2145-2151.

Daws MI, Mullins CE, Burslem DFRP, Paton SR, Dalling JW. (2002) Topographic position affects the water regime in a semideciduous tropical forest in Panama. *Plant Soil*

238: 79-90.

Sobrado MA. (2015) Leaf tissue water relations are associated with drought-induced leaf shedding in tropical montane habitats. *Amer J Plant Sci* 6: 2128-2135.

山村特色經濟植物之永續發展 -
以台灣產月桃屬生物活性及產品開發為例

王升陽^{1)*} 曾彥學^{1,2)} K. J. Senthil Kumar¹⁾ 謝瑀心¹⁾ 邱清安^{1,2)} 簡世昌^{1,2)}
張華洲²⁾ 曹乃文¹⁾ 吳佩臻¹⁾ 李蕙如¹⁾ 林俐吟³⁾

緒言

農委會於 2016 年宣示未來四年重要施政為「綠色環境給付」、「鼓勵有機小農」以及「里山倡議(Satoyama initiative)」精神兼顧林業永續經營。得天獨厚之地理與氣候環境，使得臺灣蘊育了豐富的植物資源，其中近 25%的植物是臺灣所特有種(Endemic species)。這些臺灣特有的植物可能的利用至今仍未被大規模且有系統的研究。從資源利用的角度來思考，臺灣特有植物資源確實具有潛在應用的價值，以藥用、保健功能而言，雖在民間傳頌多時，卻苦無科學化的證實，無法推廣栽培，對這些蘊育在森林中的本土藥用植物的研究發展，或是實際種植藥草的農民而言的確是相當可惜。若呼應農委會重要施政重點以里山倡議精神兼顧林業永續經營的前提，研究開發臺灣特有森林植物的功用，實為兼顧學術與產業應用的科研主題。

月桃屬是薑科中種類最多，分布最廣的一屬。在臺灣常見成簇的月桃生長在森林下層、林緣或林內孔隙，除了作為觀賞植物，也被利用在日常生活中，例如，用葉來包糝、包粽，取地下莖當作烹煮食物的辛香料。以全球廣泛分佈之多年生月桃(*Alpinia zerumbet*; 又稱良薑、豔山薑、大草蔻)為例，據「本草綱目」所載「縮砂薷，主治虛勞冷瀉，腹中虛痛，可溫暖肝腎，和中行氣，治脾胃氣結滯不散，以補肺醒脾，養胃益腎，理元氣」。月桃之根莖部位具有芳香，常被作為生薑的替代品。臺灣產薑科月桃屬植物有 18 種之多(Wang 2000, Tseng and Wang 2011, Tseng et al. 2010)，其中全島分佈的有月桃(*A. zerumbet*)、台灣月桃(*A. formosana*)、角板山月桃(*A. mesanthera*)、島田氏月桃(*A. shimadai*)、山月桃(*A. intermedia*)、川上氏月桃(*A. kawakamii*)等；屬於北部分佈型的有烏來月桃(*A. uraiensis*)、屈尺月桃(*A. kusshakuensis*)、屯鹿月桃(*A. tonrokuensis*)、日本月桃(*A. japonica*)、宜蘭月桃(*A. ilanensis*)等；屬於東部分佈型的有歐氏月桃(*A. oui*)及普萊氏月桃(*A. pricei*)兩種；南投月桃(*A. nantoensis*)與阿里山月桃(*A. pricei* var. *sessiliflora*)則是分佈在中部；

¹⁾ 國立中興大學森林學系，40202 臺中市南區興大路 145 號。

* 通訊作者，E-mail: taiwanfir@dragon.nchu.edu.tw。

²⁾ 國立中興大學實驗林管理處，40202 臺中市南區興大路 145 號。

³⁾ 華陀益生國際企業有限公司，40245 臺中市南區工學路 155 巷 15 弄 17-3 號。

而南部分佈型則只有恆春月桃(*A. koshunensis*)一種(曾彥學等 2016)，呂宋月桃(*A. flabellata*)則僅產於蘭嶼及綠島，而高良月桃(*A. galanga*)則是引進栽培的馴化種。臺灣現生的 18 種月桃中有高達 12 種為臺灣特有種，就資源面與特殊性而言，是極具深入研究及開發的潛力。

開發臺灣特有森林植物的功用實為兼顧學術與產業應用的科研主題。目前臺灣的市場尚無相關月桃的商品販售，在日本沖繩則有月桃特殊用紙、月桃茶包、精油、化妝水等產品販賣，本計畫擬於眉原部落進行推廣月桃種植、開發產品與產業化，將可對山村經濟發展與國家生技產業作出相當貢獻。我們的研究團隊自 2006 年起即以臺灣原生月桃屬植物為研究主題，除了進行代謝物分析與活性開發的研究工作外，並進行生產試驗與產品開發。本次報告即將以台灣產月桃屬生物活性及產品開發為例，來介紹我們對山村特色經濟植物永續發展之構想與策略。

月桃屬植物代謝體分析

我們自臺灣產 18 種月桃屬植物中共分離、鑑定出 12 種酚類化合物，包含了 7 種類黃酮化合物，3 種二苯乙烯化合物及 2 種其他酚類化合物，分別為(1) Pinostrobin、(2) Pinostrobinchalcone、(3) Flavokawin B、(4) Pinocebrin、(5) Alpinetinchalcone、(6) 2',4',6'-Trimethoxychalcone、(7) 5,7-Dimethoxyflavanone、(8) trans-3,5-Dimethoxystilbene、(9) cis-3,5-Dimethoxystilbene、(10) 3-Methoxy-5hydroxystilbene、(11) 4-Methoxyresorcinol 和(12) Desmethoxyyangonin (圖 1)。並以高效能液相層析儀建立各種月桃屬成分之指紋圖譜，分析 14 種月桃屬植物之成分差異，進一步並將結果以多變數分析進行群組分析。

月桃屬植物成分活性分析

關於月桃屬植物成分活性分析的研究，我們利用飲水中含高濃度糖份來誘發代謝症候群(Metabolic syndrome)的小鼠模式(C57BL/6J 小鼠)證實普萊氏月桃乙醇萃取物可減少小鼠內臟肥胖(Visceral adiposity)以及降低胰島素抵抗(Insulin resistance) (Chou et al. 2009)；同時也透過動物模式證實普萊氏月桃乙醇萃取物可調節血脂並避免脂質的過氧化損傷(Chang et al. 2010)，具有開發成保健食品的潛力。我們的研究也發現普萊氏月桃的乙醇萃取物可藉由調控細胞週期之蛋白表現，促使細胞停滯在 G2/M 期；並同時促使活性氧分子的釋放、粒線體膜電位下降、PARP 裂解，進而造成腫瘤細胞凋亡(Hseu et al. 2011)。由我們的分析結果可知普萊氏月桃主要的成分為黃酮類化合物、酚酸類、固醇

類、烯基吡喃酮骨架化合物以及脂肪酸等(Lin et al. 2009, Chou et al. 2013)，透過細胞試驗與動物模型證明 Flavokawain B 具有顯著的抗發炎活性(Lin et al. 2009)；同時我們也證明大腸直腸癌細胞株(HCT116)細胞在 Flavokawain B 處理下會產生大量之活性氧分子，並經由活性氧分子導致 GADD153 活化，最終造成粒腺體路徑形式的細胞凋亡產生(Kuo et al. 2010)。除了 Chalcone 骨架黃酮類化合物的活性外，我們利用了細胞模式與動物試驗證明月桃所含有的烯基吡喃酮骨架化合物 Desmethoxyyangonin 具有顯著的抗發炎活性並抑制了肝臟因發炎因子所造成的纖維化(Chou et al. 2013)。

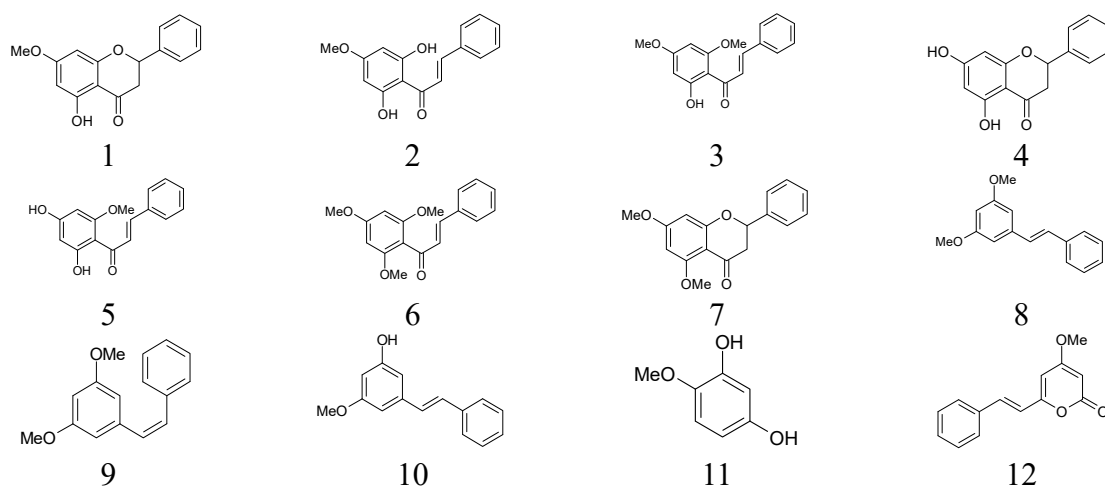


圖 1. 月桃屬植物中之酚類化合物。(1)Pinostrobin；(2)Pinostrobinchalcone；(3)Flavokawain B；(4)Pinocembrin；(5)Alpinetinchalcone；(6)2',4',6'-Trimethoxychalcone；(7)5,7-Dimethoxyflavanone；(8)*trans*-3,5-Dimethoxystilbene；(9)*cis*-3,5-Dimethoxystilbene；(10)3-Methoxy-5hydroxystilbene；(11)4-Methoxyresorcinol；(12)Desmethoxyyangonin。

最近我們自南投月桃地下莖分離出一個二苯乙烯類的化合物 *trans*-3-methoxy-5-hydroxystilbene (MHS)，我們發現 MHS 並不具有細胞毒性。進一步的體外試驗顯示 MHS 以具顯著抑制腫瘤細胞遷移(Senthil Kumar et al. 2018)，此活性是與抑制基質金屬蛋白酶-2 (MMP-2)和基質金屬角質化酶-9 (MMP-9)有關。經由抑制其相應的轉錄因子 β -catenin 來推測 MHS 抑制 MMPs 活性。MHS 同時透過增加 A549 細胞中 E-鈣粘蛋白和 occludin 以及降低 N-鈣粘著蛋白水平來調節上皮-間質轉化(EMT)。此外，用 MHS 前處理顯著抑制 TGF- β 誘導的 A549 細胞中的 A549 細胞遷移和 EMT。也就是這個不具細胞毒性的化合物可以有效的抑制癌細胞的轉移(圖 2)。由上述的說明可以知道月桃屬植物確實具有多樣化的生物活性，無論是從健康食品的角度或是植物藥的角度都極具開發的

價值，特別是臺灣所特有的月桃屬植物如能自其中尋找出特有並具活性的萃取物或化合物將可在國際市場具有競爭力。

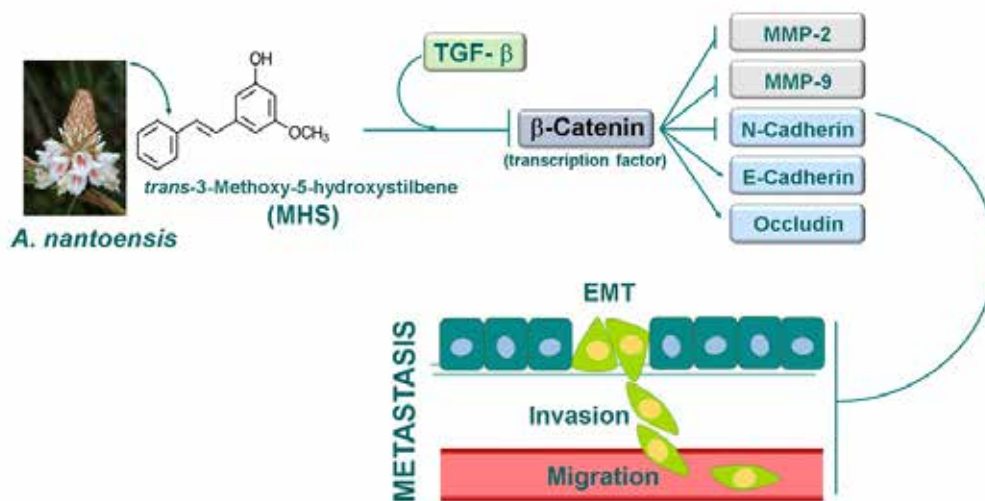


圖 2. 南投月桃活性成分 MHS 透過抑制 EMT 抑制腫瘤細胞轉移。

發展具特色之山村產業

林業為從事森林資源的保護、培育、開發、利用和發揮環境保護等多功能效益的經營與生產的活動。因此，林業不應該只是侷限於木材產品的經營，而應該涵蓋如林區利用度較低之土地和其他動、植物生物資源的多目標經營。一直以來中興大學農業暨自然資源學院為臺灣培育了無數農業及農學研究之高階人才，但於面對農業轉型的關鍵時刻，如何為臺灣農業持續引進優秀新血，開創具競爭力的新型態農業經營企業體則是本院積極推動之重要教育目標。我們認為，以小農經濟、特色產品、質優安全、自然風味的農產品作為推動新農業，建立品牌、建構包裝成饒富自然特色的限量、限地農業產品，進而吸引追求平價優質的在地消費族群，打造「欲購從速，以免向隅」的品牌質感，將是有效並適合在臺灣發展的新型態農業。此外本校實驗林管理處所轄四個林場中，惠蓀林場為面積最大的林場，除肩負試驗、教學及研究的任務外，同時亦推動森林遊樂、森林療癒之計畫，進而推廣自然教育的工作，因此長期與林場周圍之原住民部落，包括眉原部落、中原部落與清流部落保持著相當密切的合作夥伴關係，惠蓀林場之有很大比例工作同仁即是來自此三個部落。結合資源調查、育種、栽培、天然物化學及產品開發專長之專家，與林務局及所屬林區管理處共同協助，於南投縣眉原部落為發展基地，針對所選定之民俗植物如月桃、金櫻子、土肉桂、燈稱花等，發展具特色之山村產業。月桃屬

植物則是我們所選擇的第一個標的物。

目前為止(2018年六月)我們已完成13種台灣產月桃屬植物之蒐集，同時完成月桃種苗於苗圃與林下完成規劃種植培育；並於眉原部落眉原段13、17、48、48-1、938，以及939地號與當地居民協力合作完成月桃栽植(圖3A)。另外，在月桃多元利用及開發之預備工作方面，我們已將月桃葉採集後，利用蒸餾設備萃取精油與純露，並將其運用於食品、保養品、洗沐用品等做為添加劑，增進產品的風味與特殊的使用體驗。同時完成月桃啤酒與月桃面膜開發量產(圖3B)。



(A)



(B)

圖3. (A)月桃的栽種基地之一。部分為森林可行林下栽植，且為山之陰暗面，日照時數約半日照，適合栽培月桃。(B)月桃精油與純露開發的產品。

引用文獻

曾彥學、邱輝龍、吳佾鴻 (2016) 惠蓀饗宴 - 植栽食藥用圖鑑。國立中興大學農業暨自然資源學院實驗林管理處 60-79 pp.

Chang NW, Wu CT, Wang SY, Pei RJ, Lin CF. (2010) *Alpinia pricei* Hayata rhizome extracts have suppressive and preventive potencies against hypercholesterolemia. Food Chem. Toxicol. 48(8-9): 2350-2356.

Chou YC, Wang SY, Chen GC, Lin YS, Chao PM. (2009) The functional assessment of *Alpinia pricei* on metabolic syndrome induced by sucrose containing drinking water in mice. Phytother. Res. 23(4): 558-563.

- Chou TW, Feng JH, Huang CC, Cheng YW, Chien SC, Wang SY, Shyur LF. (2013)** A plant kavalactone desmethoxyyangonin prevents inflammation and fulminant hepatitis in mice. *PLOS ONE* 8(10): e77626.
- Hseu YC, Chen CS, Wang SY (2011)** *Alpinia pricei* rhizome extracts induce cell cycle arrest in human squamous carcinoma KB cells and suppress tumor growth in nude mice. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine. eCAM*, doi:10.1093/ecam/nep142.
- Kuo YF, Su YZ, Tseng YH, Wang SY, Wang HM, Chueh PJ(2010)** Flavokawain B, a novel chalcone from *Alpinia pricei* Hayata with potent apoptotic activity: Involvement of ROS and GADD153 upstream of mitochondria-dependent apoptosis in HCT116 cells. *Free Radical Biology and Medicine* 49(2): 214-226.
- Lin CT, Senthil Kumar KJ, Tseng YH, Wang ZJ, Pan MY, Xiao JH, Chien SC, Wang SY. (2009)** Anti-inflammatory Activity of Flavokawain B from *Alpinia pricei* Hayata. *J. Agric. Food Chem.* 57(14): 6060-6065.
- Senthil Kumara KJ, Wang SH, Tseng YH, Tsao NW, Kuo YH, Wang SY. (2018)** *trans*-3-Methoxy-5-hydroxystilbene (MHS) from the rhizome of *Alpinia nantonensis* inhibits metastasis in human lung cancer cells. *Phytomedicine* Accepted and in press.
- Tseng YH, Liou CY, Ku SM, Wang CC. (2010)** The identity of *Alpinia koshunensis* Hayata (Zingiberaceae). *Taiwania* 55(1): 67-71.
- Tseng YH, Wang CC. (2011)** *Alpinia oui* (Zingiberaceae), a new species from Taiwan. *Novon* 21(2): 270-273.
- Wang JC. (2000)** Zingiberaceae. In the Editorial Committee of Flora of Taiwan, 2nd ed. (eds.). *Flora of Taiwan, 2nd ed. Vol. 5.* 707-717 pp. The Editorial Committee of Flora of Taiwan, Department of Botany, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

雜交麻瘋樹栽植三年的生長表現

馬復京^{1)*} 蔡彥新¹⁾ 顧文君²⁾ 游漢明³⁾ 黃冬梨⁴⁾ 謝勝國⁴⁾

緒言

麻瘋樹(*Jatropha curcas*)為大戟科(Euphorbiaceae)麻瘋樹屬(*Jatropha* genus)多年生落葉灌木或小喬木，原產於中美洲。麻瘋樹種仁(kernel)含油率可達 50%以上，一般在 40~50%之間，目前栽培的麻瘋樹遺傳多樣性不高，據 Zhang 等人(2011)的研究整個東亞到印度地區麻瘋樹的遺傳相似性在 0.90 顯示較低的遺傳多樣性，屬遺傳多樣性低的族群。因此在麻瘋樹育種的過程中可藉由不同種源單株的選育外，另外便是利用麻瘋樹屬中近源植物進行種間雜交育種(Rupert et al. 1970, Parthiban et al. 2009)，期望透過雜交授粉引入優良的遺傳特性如抗冷、抗(耐)病因子，再結合麻瘋樹的高油及多產的特性，培育出新的麻瘋樹品系。然而目前的育種成果有限，除了傳統的育種手段外，以生物技術(biotechnology)介入麻瘋樹的改良及育種也是當前快速發展的技術(Sujatha et al. 2008)，組培(tissue culture)可以補足傳統育種上的缺憾，可藉由胚拯救(embryo rescue)將種子胚、子房等在培養基中培育成熟或誘導體胚(somatic embryo)的形成。不但增加了雜交育種的成功率，也縮短了傳統雜交育苗的時程，在短期內又可生產大量苗以供栽培或後續育種材料，為目前科技育種非常實用的技術。麻瘋樹雖稱耐貧瘠，但不耐寒冷及水澇，此外麻瘋樹種子苗開花結實成熟期較長，種子發芽後約 18~24 個月才開花。林試所於 2008 年開始進行麻瘋樹雜交研究，目前已在♀麻瘋樹與♂琴葉麻瘋樹(*J. integerrima*)雜交上取得初步成果，部分雜交第一代 F₁ 及第二代 F₂ 均具有父本的早花特性，此外琴葉麻瘋樹屬灌木(shrub)，為多分枝樹木沒有明顯主幹，先期的觀察其根系亦具耐水澇能力，而雜交種子苗在育苗後栽植 4~8 個月後即可開花結實，但雜交 F₁ 果實結實較小，而回交麻瘋樹後的 F₂、F₃ 及 F₄ 子代果實形態則有改善，且仍維持早花矮生能力。本研究目的就進行麻瘋樹種間雜交育種之 F₂、F₃、F₄ 及 F₅ 等子代，自 2014 年起 7 月及 2015 年 7 月分別建立野外監測試區藉由各雜交麻瘋樹子代 3 年間之結實量及種實形態、稔實率、種

¹⁾ 行政院農業委員會林業試驗所育林組，10066 臺北市南海路 53 號。

* 通訊作者，E-mail: ma@tfri.gov.tw。

²⁾ 行政院農業委員會林業試驗所森林化學組，10066 臺北市南海路 53 號。

³⁾ 行政院農業委員會林業試驗所集水區經營組，10066 臺北市南海路 53 號。

⁴⁾ 台灣中油股份有限公司綠能科技研究所，81126 高雄市楠梓區左楠路 2 號。

仁含油率等評估生長特性，期望選育出具優良地區適應性之矮性早花之雜交麻瘋樹品系，以期持續生質能產業的發展。

方法

一、麻瘋樹種間雜交苗 F₁、F₂、F₃、F₄、F₅ 世代的雜交及回交作業

以麻瘋樹(*J. curcas*)為♀親本，琴葉麻瘋樹(*J. integerrima*)為♂親本，進行雜交試驗，初期先取得♀麻瘋樹×♂琴葉麻瘋樹得到 F₁ 子代，並以 F₁ 再與♂麻瘋樹或♂琴葉麻瘋樹回交取得 F₂ 子代，爾後再以雜交 F₁ 與雜交 F₂，兩者間進行回交或互交取得 F₃ 子代，而 F₄ 子代則由雜交所獲得之 F₃ 子代，再與 F₁、F₂、F₃ 等子代進行回交或互交，育成 F₄ 世代；雜交所獲得之 F₁、F₂、F₃ 子代，再與 F₄ 進行回交或互交育成 F₅ 世代，如此陸續育成 F₂、F₃、F₄、F₅ 世代雜交麻瘋樹子代。

二、2014 年 3 月~10 月雜交授粉育苗之雜交麻瘋樹，於 2015 年 7 月至 2016 年 7 月栽植於嘉義試區，合計 F₁、F₂、F₃、F₄、F₅ 各世代共 3 批次 102 個單株，行株距為 2×2 m。樣區每 2~3 週澆水 1 次。2015 年 8 月至 2017 年 7 月止，每 2 個月施肥(台肥 43 號)1 次，每次 100g/株，旱季期間 1 月至 4 月則停止施用。每 30~50 天視雜草高度刈草 1 次。

三、自雜交苗木開花結實起，每 2 週收集成熟果實，風乾後量測果實之稔實率，種子乾重及種子形態大小(長×寬×厚)，並進行種實產量評估。

四、收集風乾雜交麻瘋樹種子，脫殼後之種仁以 60°C 烘乾 24 小時，粉碎後以正己烷萃取，將萃取液以真空濃縮機濃縮後，於 60°C 烘箱內，烘乾 24 小時，去除殘存溶劑，評估種子(仁)的含油率。

五、綜合評估，以雜交世代單株 1.種子體積(長×寬×厚)；2.種子產量；3.種仁含油率；4.種實稔實率等進行評估並分級評分，表現最佳者給予 10 分最高分，表現相同者，則給予同分，綜合各項得分，評選出優良性佳的雜交麻瘋樹單株。

結果與討論

自 2014 年 5~9 月~2015 年 9 月雜交授粉育苗之各世代雜交(含回交)世代(F₂~F₅)於 2015 年 7 月、10 月及 2016 年 7 月共栽植 3 個批次，合計 102 個單株。於嘉義監測樣區迄 2018 年 7 月止，最早栽植的單株已滿 3 年進入第 4 年，樹齡則進入第 4 年生，多數單株已確認為早花品系，第一次著花(分叉)高度平均 111±28 cm(馬復京等 2016)。麻瘋

樹屬頂生花序，開花後即開始分叉生長，由於分叉點較低，故雜交麻瘋樹單株樹形朝灌叢形態發展，此特性有利於後續的採果作業。

從雜交麻瘋樹單株的結實齡來看，自 2014 年 5 月雜交授粉、結實、發芽、成苗栽植至 2015 年 9 月開始開花結實，苗齡在 12~14 個月之間，較麻瘋樹的開花結實齡提早 6~10 個月，故相對於麻瘋樹的結實齡而言，雜交麻瘋樹屬早花矮生品系，向麻瘋樹種子經濟生產邁進了一步。

2016 年我們以種實採收量選出前 8 名之雜交麻瘋樹單株，其中有 6 個單株為回交 (backcross) 品系，即以麻瘋樹為雄(♂)親本與雜交麻瘋樹的 F₁、F₂、F₃ 世代與雌親本雜交的結果，顯示回交或輪迴交(recurrent)麻瘋樹親本後可以將親本的性狀累積表現，而子代性狀趨近親本的性狀表現如種子形態、種子重量等(Divakara et al. 2009)。

而至 2017 年 7 月止我們從 62 個結實單株中篩選出種子產量在 1000 g/yr 以上的 8 個單株，其中 2016 年入選的單株中只有 3 株入選，其中 2 株為回交品系，其餘 5 個則為新入選單株中有 3 個單株屬回交品系，顯示單株之間呈現不同的開花成熟齡及生長表現，但有 2 個並非回交之雜交品系，則顯示優良的雜交優勢，分佔種實產量的第 1 及 3 名(表 1)。就種實產量而言，2018 年入選的單株均為具有高產潛力的雜交麻瘋樹品系，種子產量以每公頃 2500 株估計，種子產量在 2817.5~5479 kg/yr 之間。

表 1. 2018 年單株種子產量前 8 名，種子形態、種子種、稔實率及含油率等列表

編號	世代	雜交組合	回交 (BC)	種子長 (mm)	種子寬 (mm)	種子厚 (mm)	單粒重量(g)	稔實率 (%)	含油率 (%)	總重 (g)
1-2-3	F ₂	♀HYB×♂Y32	BC	15.7 ± 0.7	9.4 ± 0.4	8.0 ± 0.4	0.4 ± 0.1	85.9 ± 18.0	46	1606.8
1-2-7	F ₂	♀JM66×♂Y34	BC	17.5 ± 0.9	11.2 ± 0.5	8.6 ± 0.5	0.6 ± 0.1	94.3 ± 13.7	44.8	1412.7
1-3-2	F ₃	(♀F ₂ A×♂HyB) OP		14.9 ± 0.9	9.5 ± 0.5	8.2 ± 0.6	0.5 ± 0.1	81.9 ± 18.4	44.2	1546.4
1-4-1	F ₄	♀F ₃ 1025×♂Y34	BC	16.9 ± 0.9	9.7 ± 0.4	7.7 ± 0.4	0.4 ± 0.1	77.8 ± 19.7	42.5	1343.0
1-4-5	F ₄	♀F ₃ 1025×♂HC5	BC	17.5 ± 0.7	11.0 ± 0.5	8.9 ± 0.6	0.6 ± 0.1	80.8 ± 19.1	43.3	1239.5
1-4-9	F ₄	♀F ₂ G×♂F ₃ 101A		16.6 ± 0.9	10.6 ± 0.5	8.4 ± 0.6	0.6 ± 0.1	76.4 ± 22.0	45.6	2191.6
1-5-1	F ₅	♀F ₃ A×♂F ₄ 103F		15.0 ± 0.8	9.1 ± 0.5	7.5 ± 0.5	0.4 ± 0.1	73.0 ± 20.4	-	1192.7
2-2-2	F ₂	♀JM66×♂Y34	BC	17.9 ± 0.7	10.2 ± 0.4	8.5 ± 0.4	0.5 ± 0.1	76.7 ± 19.7	39.3	1127.7

從 2016 年的雜交麻瘋樹單株種子形態分析結果各個雜交世代種子的平均重量在 0.3±0.1~0.6±0.1 g 之間，種子形態則在 14.6×9.2×8.0 到 18.2×10.5×8.9 mm 之間，較麻瘋樹種子重量及形態比較則稍偏低。而 2018 年的調查結果入選前 8 名的種子平均重量在 0.4±0.1~0.6±0.1 g 之間，而平均種子形態在 14.9×9.5×8.2 到 17.9×10.2×8.5 mm 之間，顯

示在相同環境栽培(生育)下雜交麻瘋樹單株具表現穩定的性狀。

在稔實率方面則以 1-2-7♀JM66×♂Y34 的表現最佳為 94.3±13.7%，而雜交品系 1-4-9♀F₂G×♂F₃101A 的稔實率雖不高 76.4±22.0%，但有最高的種子產量應是旺盛的樹勢生長與開花數量高的結果(表 1)。

我們以種子體積(長×寬×厚)、稔實率、種子產量及種仁含油率等 4 個評估因子對 2018 年 8 個人選雜交麻瘋樹品系進行綜合評分，其結果如表 2，以 1-4-9♀F₂G×♂F₃101A 表現最佳為 36 分，分別在種仁含油率及種子產量得最高的評分 10 分，但在種子體積及稔實率則略低，只有 8 分。就麻瘋樹經濟生產而言，種子產量與種仁(子)含油率的表現是主要評估的農藝性狀，然而這兩個性狀也是受到環境因子影響最大的。但就目前的生育環境下，能有突出的表現也表示其雜交的遺傳優勢，有待進一步的觀察及進行地區試驗來確認。

表 2. 2018 年入選 8 個雜交麻瘋樹單株綜合評分

雜交組合	世代	體積 評分	稔實率 評分	種子產量 評分	種仁含油率 評分	綜合 評分	排序
1-2-3	F ₂	6	9	9	10	34	3
1-2-7	F ₂	9	10	8	8	35	2
1-3-2	F ₃	6	9	8	8	31	5
1-4-1	F ₄	7	8	7	6	28	6
1-4-5	F ₄	9	9	7	8	33	4
1-4-9	F ₄	8	8	10	10	36	1
1-5-1	F ₅	6	8	6	-	-	-
2-2-2	F ₂	8	8	6	4	26	7

結論

- 一、部分雜交麻瘋樹單株 3 年生種實產量表現已接近市場麻瘋樹量產規模，但仍須進行地區性試驗，以確認其對環境的適應性。
- 二、從雜交單株表現，F₁ 子代回交麻瘋樹親本可在 F₂ 子代即可選出具潛力之早花矮生雜交麻瘋樹品系。
- 三、因應產業的需求，應建立雜交麻瘋樹經濟量產的作業模式，如栽植密度、施肥等作業。

引用文獻

- 馬復京、何政坤、張淑華、顧文君、游漢明、黃冬梨、謝勝國 (2016) 雜交麻瘋樹的生長表現及初步選拔。2016 森林資源保存與利用研討會論文集。p.5-10。
- Divakara BN, Upadhyaya HD, Wani SP, Laxmipathi Gowda CL. (2009)** Biology and genetic improvement of *Jatropha curcas* L.: A review. *Applied Energy* 87(3):732-742.
- Mohan N, Nikdad S, Singh G. (2011)** Studies on seed germination and embryo culture of *Jatropha curcas* L. under in vitro conditions. *Biotechnol Bioinf Bioeng* 1(2): 187-194.
- Parthiban KT, Kumar RS, Thiyagarajan P, Subbulakshmi V, Vennila S, Rao MG. (2009)** Hybrid progenies in *Jatropha* - a new development. *RESEARCH COMMUNICATIONS* 96:815-823.
- Rupert EA, Dehgan B, Webster GL. (1970)** Experimental studies of relationships in the genus *Jatropha*. I. *J. curcas* x *integerrima*. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 97:321-325.
- Sujatha M, Reddy TP, Mahasi MJ. (2008)** Role of biotechnological interventions in the improvement of castor (*Ricinus communis* L.) and *Jatropha curcas* L. *Biotechnology Advances* 26:424-435.
- Zhang Z, Guo X, Liu B, Tang L, Chen F. (2011)** Genetic diversity and genetic relationship of *Jatropha curcas* between China and Southeast Asian revealed by amplified fragment length polymorphisms. *African Journal of Biotechnology* 10:2825-2832.

阿里山十大功勞內生菌對寄主植物生長的影響

林瑞進¹⁾ 談胤伶¹⁾ 古國龍^{2)*} 吳志鴻^{3)*}

緒言

十大功勞屬(*Mahonia*)植物屬於小蘗科(Berberidaceae)，全世界約有 50 種，主要分布於北美、中美以及東南亞等地區，大多生長於林下或林緣之常綠灌木；此屬植物外觀型態為葉片為奇數羽狀複葉，小葉邊緣呈刺狀齒牙緣，頂生總狀花序，果為漿果成熟時外表密覆白粉(呂勝由 2013)、種子多為卵形(武建勇等 2010)；十大功勞屬亦是民間常使用的藥用材料，全株皆可入藥，可供觀賞和藥用，具有高經濟價值。臺灣產十大功勞屬共有五種，分別為阿里山十大功勞(*Mahonia oiwakensis*)、竹子山十大功勞(*M. tikushiensis*)、玉山十大功勞(*M. morrisonensis*)、島田氏十大功勞(*M. shimadai*)及太魯閣十大功勞(*M. oiwakensis* var. *tarokoensis*)，其中生長在中海拔山區的阿里山十大功勞在臺灣分布最普遍(呂勝由 2013)；阿里山十大功勞之萃取物(*M. oiwakensis* extract, MOE)已被認為是治療肺癌的明星用藥(Wong et al. 2009)；因此，要推廣阿里山十大功勞，首先就是要尋找能促進阿里山十大功勞生長，以及如何提升阿里山十大功勞二次代謝物含量等方法，為目前研究阿里山十大功勞之當務之急。

菌根菌幫助寄主植物在生長上(Schmid et al. 1995, Azcón-Aguilar and Barea 1997)及克服逆境上(Gibson and Mitchell 2005, Lin et al. 2011)都獲得顯著效益；最近亦證實菌根真菌亦能幫助植物提升植物體內二次代謝成分(周加海和范繼紅 2007, Smith and Read 2008, Venkateswarlu et al. 2008, Karthikeyan et al. 2009, Wu et al. 2010, Zubek et al. 2012, Zeng et al. 2013, Zubek et al. 2015)；其中在叢枝菌根菌部分已證實不僅能促進川黃柏(*Phellodendron chinense*)小苗生長，還能提升川黃柏植株內小蘗鹼含量(周加海和范繼紅 2007)。然而目前十大功勞屬植物與菌根相關研究報告仍不多，雖 Bagyalakshmi 等(2010)未在萊施納特十大功勞(*M. leschenaultia*)發現菌根構造；但本研究室於 2017 年於阿里山十大功勞的根部發現微菌核構造(暗色隔膜內生菌(dark septate endophytes, DSE)的特徵)，並從其根部誘導出 2 株能和阿里山十大功勞共生的內生菌(談胤伶等 2016)；阿里山十大

¹⁾ 國立嘉義大學森林暨自然資源學系，600 嘉義市學府路 300 號。

²⁾ 國立嘉義大學應用化學系，600 嘉義市學府路 300 號。

³⁾ 國立中興大學森林系，402 臺中市南區興大路 145 號。

* 通訊作者，E-mail: eric@nchu.edu.tw。

功勞萃取液的主要成分為小蘗鹼；因此，這 2 株共生性內生菌是否具有提升苗木生長及促進小蘗鹼含量之效益值得我們深入探討。

方法

一、材料

本研究所使用的阿里山十大功勞種子採自於自嘉義縣阿里山森林遊樂區(120°48'45" E, 23°30'46" N, 海拔高為 2,297 m)。菌株為能和阿里山十大功勞苗木共生之 Mo2 和 Mo5 菌株(談胤伶等 2016)。

二、方法

(一)菌株分子生物鑑定

利用傳統 CTAB (cetyltrimethylammonium bromide) 萃取技術來萃取菌株去氧核糖核酸(deoxyribonucleic acid, DNA)，並使用 ITS1 及 ITS4 引子對進行基因序列分析，續以聚合酶連鎖反應(polymerase chain reaction, PCR)進行定序，並與 NCBI (national center for biotechnology information)網站進行分子生物序列比對(Sigler et al. 2005)。

(二)苗木合成試驗

1.接種源之備製

將阿里山十大功勞共生的內生菌(Mo2 和 Mo5 菌株)培養於 2% MEA 培養基上生長 14 天，再將菌絲塊移植於經過高溫高壓滅菌之燕麥中培養一個月，即可供為接種源(安寶貞等 1999)。

2.接種方式

首先，將健康飽滿之阿里山十大功勞種子利用 35% H₂O₂ 消毒 3 min，再以無菌水清洗，並浸泡於無菌水 24 hrs。將消毒過的種子播種於經過高溫高壓滅菌土壤介質中育苗，日後將長出子葉 7 天之幼苗使用濃度 1000 ppm 之億力(benomyl)消毒，降低雜菌汙染，並移植至泥炭土、珍珠石以 3:1 比例混合的乾淨土壤介質的穴植管中，並施以燕麥接種源 2 g 進行半合成試驗觀察，對照組亦加入 2 g 燕麥。

(三)試驗苗木分析

將上述這 3 種處理苗木培養在恆溫 23±1°C、光照強度 4,000 Lux 的生長控制箱；3 個月後進行破壞性試驗。每處理共測定 5 棵苗木。

1.生長表現

將苗木以清水清洗乾淨拍照後，再將其分為地上部及地下部秤其鮮重。

2. 染根觀察

利用光學顯微鏡觀察感染部位之共生形態(吳繼光和林素禎 1997)。步驟如下：將植物根部先以清水洗淨置於試管內，並固定在 FAA 固定液中 1 hr。然後將根浸於 10% KOH 溶液中，放置 48 hrs 後，以蒸餾水清洗根部數次以去除 KOH。再加入 3% H₂O₂ 於試管內 48 hrs，漂白根部至透明後。再以 1% HCl 酸化 48 hrs，倒掉 HCl，加入錐蟲藍-乳酸酚(trypan blue-lactophenol) 1hr，倒出染色劑，將染色之根置於顯微鏡下觀察並拍照。

(四)小蘗鹼之萃取與含量測定

1. 檢品之備製

試驗植株經矽膠乾燥並粉碎後，精秤 0.25 g 粉末浸於 2.5 mL 之 100% 甲醇(methanol) 24 hrs 後取其濾液，殘渣再加入 1 mL 100% 甲醇 24 hrs 後取其濾液，重覆此萃取步驟 2 次，並合併 3 次所得之濾液，加入甲醇定量至 5 mL。將所得之濾液通過 C18 固相萃取管(Solid-Phase Extraction, SPE)，並以 3 mL 70% 甲醇洗出之萃取液定量至 5 mL 後，使用高效液相色層分析儀(high-performance liquid chromatography, HPLC)進行小蘗鹼含量測定(曾士育 2006)。

2. 高效液相色層分析法

以 HPLC(HP Agilent 1100)進行分析；分析管柱 Discovery-C18 column(250 mm × 4.6 mm, 5 μm)；以乙腈-甲醇(4:1)和 2.5 mM 醋酸銨作混合梯度分析；分析梯度比例是 0 分鐘時，乙腈-甲醇比例 10%，經過 15 分鐘後升到 20%，經過 20 分鐘後升到 30%，經過 40 分鐘後升到 35%，經過 50 分鐘後升到 100%(表 1)；以流速 0.8 ml/min，配合 260 nm 紫外線進行偵測。

3. 檢量線之繪製

分別精確秤取小蘗鹼之標準品，再加入甲醇配製成 25、50、100、125、200 及 250 μg/mL 標準溶液，並各取 20 μL 之標準溶液，注入高效液相色層分析儀進行分析測定。以標準品濃度為橫座標，波峰面積為縱座標，繪製出檢量線。

(五)統計分析

試驗數據以 SPSS(statistical product and service solutions)軟體之單因子變異數分析(one-way ANOVA)，並進一步以公正顯著差異法(Tukey's honest significant difference, Tukey HSD) ($p < 0.05$)進行事後檢定。

結果與結論

一、菌株分子生物鑑定

這 2 株內生菌(MoAL2、MoAL5)，使用 ITS 引子對進行基因序列分析，並與 NCBI 網站進行分子生物序列進行比對，得知 MoAL2 與 *Leptodontidium* sp. 相似度為 87%；MoAL5 與 *Cladophialophora chaetospora* 相似度達 100%。經 ITS 序列得知 MoAL2 與 NCBI 基因庫中 *Leptodontidium* sp. 相似度最高，但只有 87%，此菌種應為新種；另 MoAL5 與 *Cladophialophora chaetospora* 相似度達 100%，此菌株為臺灣新紀錄種；在國外已證實此菌株為暗色隔膜內生菌(Usuki and Narisawa 2007)，並證實此菌株對非菌根植物(大白菜)具有促進生長的效益，在乾重的生物量表現上可較對照組多出 4 倍(Narisawa et al. 1998, 2000)。

二、苗木合成

經培養 3 個月，各處理之阿里山十大功勞苗木都存活，利用光學顯微鏡進行染根觀察。MoAL2 接種苗生長良好，其根菌結合體進行染根觀察時可發現類似透明微菌核的構造；MoAL5 接種苗生長良好，其根菌結合體進行染根觀察時也發現類似透明微菌核的構造；雖然，對照組苗木生長良好，但在進行染根觀察時卻無發現任何內生菌特徵。

暗色隔膜內生菌的特徵就是在植物根部細胞內具有暗色隔膜菌絲及微菌核的構造(Jumpponen and Trappe 1998)，但後來也有發現透明微菌核的構造(劉茂軍等 2009，張玉潔 2009)；因此，本研究證實 MoAL2 和 MoAL5 菌株都是屬於暗色隔膜內生菌。

三、苗木合成試驗

培養 3 個月的阿里山十大功勞苗木在生物量上就呈現出顯著差異($p < 0.05$)。在地上部鮮重部分，以 MoAL5 接種苗其值最大(0.25 ± 0.07 g)，其次為 MoAL2 接種苗(0.15 ± 0.06 g)及對照組(0.15 ± 0.06 g)；在地下部鮮重部分，以 MoAL5 接種苗其值最大(0.21 ± 0.07 g)，其次為對照組(0.14 ± 0.10 g)及 MoAL2 接種苗(0.10 ± 0.03 g)；在總鮮重部分，以 MoAL5 接種苗其值最大(0.46 ± 0.13 g)，其次為對照組(0.29 ± 0.10 g)及 MoAL2 接種苗(0.25 ± 0.09 g)。

四、小蘗鹼含量

以小蘗鹼標準品及經過不同接種處理之植株萃取物所得 HPLC 分析圖譜得知，小蘗鹼定性分析之波峰約於 31.5 分鐘時出現，並利用小蘗鹼之迴歸檢量線迴歸方程式，求得檢品之小蘗鹼含量。經分析結果顯示，各處理之間呈現顯著差異($p < 0.05$)，其小蘗鹼含量以 MoAL5 接種苗含量最高($3,809 \pm 144$ $\mu\text{g/g}$)，MoAL2 接種苗次之($2,890 \pm 107$ $\mu\text{g/g}$)，含量最少的是對照組($2,149 \pm 94$ $\mu\text{g/g}$)。

叢枝菌根菌能促進川黃蘗苗木生長及小蘗鹼含量已被證實(周加海和范繼紅 2007)，本研究證實從阿里山十大功勞根系分離純化的 Mo5 菌株不僅為臺灣新紀錄種，亦能促進阿里山十大功勞苗木生長及體內小蘗鹼含量。

引用文獻

- 安寶貞、蔡志濃、王姻婷、謝美如 (1999) 果樹及觀賞植物對 *Phellinus noxius* 之抗感病性檢定。植物病理學會刊 8: 51-60。
- 吳繼光、林素禎 (1997) 臺灣內生菌目及繡球菌目之分類學研究。台灣真菌學會會刊 12(1,2): 17-30。
- 呂勝由 (2013) 台灣產十大功勞屬分類研究。林業研究專訊 20(3): 56-59。
- 談胤伶、張琮柏、陳城箴、古國隆、林瑞進 (2016) 探討阿里山十大功勞根菌結合體形態及其內生菌。中華林學季刊 49(1): 1-12。
- 武建勇、覃海寧、薛達元、周可新 (2010) 十大功勞屬植物種子形態研究。廣西植物 30(2): 155-160。
- 周加海、范繼紅 (2007) AM 真菌對川黃柏幼苗生長及小蘗鹼含量的影響。北方園藝 12: 25-27。
- 曾士育 (2006) 細葉十大功勞組織培養及小蘗鹼(berberine)含量之探討。國立嘉義大學農學研究所碩士論文，116 頁。
- Azcón-Aguilar C, Barea JM. (1997) Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture: significance and potentials. *Scientia Horticulturae* 68: 1-24.
- Bagyalakshmi G, Muthukumar T, Sathiyadash K, Muniappan V. (2010) Mycorrhizal and dark septate fungal associations in shola species of Western Ghats, southern India. *Mycoscience* 51(1): 44-52.
- Gibson BR, Mitchell DT. (2005) Influence of pH on copper and zinc sensitivity of ericoid mycobionts in vitro. *Mycorrhiza* 15: 231-234.
- Karthikeyan A, Shanthi V, Nagasathaya A. (2009) Preliminary phytochemical and antibacterial screening of crude extract of the leaf of *Adhatoda vasica*. L. *International Journal of Green Pharmacy* 3: 78-80.
- Lin LC, Lee MJ, Chen JL. (2011) Decomposition of organic matter by the ericoid mycorrhizal endophytes of Formosan rhododendron (*Rhododendron formosanum* Hemsl.). *Mycorrhiza* 21: 331-339.

- Narisawa K, Ohki T, Hashiba T. (2000)** Suppression of clubroot and Verticillium yellows in Chinese cabbage in the field by the root endophytic fungus, *Heteroconium chaetospora*. Plant Pathol 49: 141-146.
- Narisawa K, Tokumasu S, Hashiba T. (1998)** Suppression of clubroot formation in Chinese cabbage by the root endophytic fungus, *Heteroconium chaetospora*. Plant Pathol 47: 206-210.
- Schmid E, Oberwinkler F, Gomez LD. (1995)** Light and electron microscopy of a host-fungus interaction in the roots of some epiphytic ferns from Costa Rica. Canadian Journal of Botany 73: 991-996.
- Sigler L, Allan T, Lim SR, Berch S, Berbee M. (2005)** Two new *Cryptosporiopsis* species from roots of ericaceous hosts in western North America. Studies in mycology 53:53-62.
- Smith SE, Read DJ. (2008)** Mycorrhizal Symbiosis. 3rd ed. Academic Press, London, United Kingdom. 787pp.
- Usuki F, Narisawa K. (2007)** A mutualistic symbiosis between a dark septate endophytic fungus, *Heteroconium chaetospora*, and a nonmycorrhizal plant, Chinese cabbage. Mycologia 99: 175-184.
- Venkateswarlu B, Pirat M, Kishore N, Rasul A. (2008)** Mycorrhizal inoculation in neem (*Azadirachta indica*) enhances azadirachtin content in seed kernels. World Journal of Microbiology and Biotechnology 24: 1243-1247.
- Wong BS, Hsiao YC, Lin TW, Chen KS, Chen PN, Kuo WH, Chu SC, Hsieh YS. (2009)** The in vitro and in vivo apoptotic effects of *Mahonia oiwakensis* on human lung cancer cells. Chemico-Biological Interactions 180: 165-174.
- Wu L, Lv Y, Meng Z, Chen J, Guo SX. (2010)** The promoting role of an isolate of dark-septate fungus on its host plant *Saussurea involucreata* Kar. et Kir. Mycorrhiza 20: 127-135.
- Zeng Y, Guo LP, Che DB, Hao ZP, Wang JY, Huang LQ, Yang G, Cui XM, Yang L, Wu ZX, Chen ML, Zhang Y. (2013)** Arbuscular mycorrhizal symbiosis and active ingredients of medicinal plants: current research status and prospectives. Mycorrhiza 23: 253-265.
- Zubek S, Rola K, Szewczyk A, Majewska ML, Turnau K. (2015)** Enhanced concentrations of elements and secondary metabolites in *Viola tricolor* L. induced by arbuscular mycorrhizal fungi. Plant and Soil 390: 129-142.

相思樹嫁接營養系種子園之開花結實

蔡佳彬^{1)*} 鍾振德²⁾ 游漢明³⁾ 孫銘源¹⁾ 蔡彥新²⁾ 陳溢宏⁴⁾ 張森⁵⁾ 孫英玄⁶⁾

緒言

相思樹(*Acacia confusa* Merr.)分布台灣南部及菲律賓，1896 年台灣總督府在台北小南門外開設樹木試驗苗圃，相思樹即為最早播植的樹種之一。相思樹因係當時主要之薪炭原料，為糖業發展之所需，於 1906 及 1913 年開始進行民行及官行造林(謝明如 2013)。依據林務局之資料，日治時期政府一般經濟造林面積 26,546 公頃，以相思樹為主要造林樹種。1906 年開始之民營造林，初以相思樹、樟樹為主，1906-1942 年間民營造林共 249,918 公頃。秦日新及汪應楠於 1947 年台灣產植物單寧之研究(一)中提到，日治時期全省相思樹栽培面積，凡八萬五千甲。依據林務局的統計資料，至 1981 年清查歷年造林面積成果時，相思樹僅存 1,050 公頃。

近年來在政府獎勵造林計畫中，相思樹是獎勵造林樹種之一。目前相思樹人工林廣泛分布於低海拔地區，至海拔高度 1,200 m 仍可見。在 2014 年完成之第 4 次全國森林資源調查成果中，全國人工林面積 27 萬公頃，相思樹人工林面積達 10,748 公頃，是闊葉樹人工林中造林面積最大者，總蓄積量達 154 萬立方公尺(邱立文等 2015)。

相思樹是栽培香菇的優良樹種(黃松根等 1990)，近年已成為台灣地區生產菇蕈類最主要之木材。2013 年約 5.5 萬公噸相思樹木材用於菇類栽培，而台灣菇類栽培所需之木屑及椴木年需求量約 25 萬公噸(林俊成等 2015)。相思樹大徑材可生產板材，材質堅硬，花紋色澤媲美市場之胡桃木及黑檀木，可供製造高級家具及地板。

相思樹樹皮早期曾是丹寧之重要生產來源(秦日新和汪應楠 1947)。相思樹心材及樹皮之抽出物具有極佳的抗氧化、抗發炎、保肝、抑制尿酸等功效；粗枝條及嫩枝分別具有極佳抗氧化活性及抑制黃嘌呤氧化酶活性的化合物；葉子有良好抗氧化及抗發炎效果；

¹⁾ 行政院農業委員會林業試驗所六龜研究中心，84443 高雄市六龜區中興里中庄 198 號。

* 通訊作者，E-mail: tjb@tfri.gov.tw。

²⁾ 行政院農業委員會林業試驗所育林組，10066 臺北市南海路 53 號。

³⁾ 行政院農業委員會林業試驗所集水區經營組，10066 臺北市南海路 53 號。

⁴⁾ 行政院農業委員會林業試驗所林業經濟組，10066 臺北市南海路 53 號。

⁵⁾ 路易斯安那州立大學再生能源學院。

⁶⁾ 國立中興大學森林學系，40227 台中市南區興大路 145 號。

花具有高抗氧化活性之酚類化合物(張上鎮等 2012)。相思樹可謂全株皆可利用。

相思樹屬(*Acacia*)超過 1,350 種，其中澳洲原生種約 950 種。本屬適合於熱帶地區造林之樹種，以直幹相思樹(*A. mangium*)、耳莢相思樹(*A. auriculiformis*)及厚莢相思樹(*A. crassicarpa*)為主，其人工林面積分別為 90 萬、5 萬及 10 萬公頃(Maslin et al. 2003)。種子園的建立是林木遺傳育種的基礎工作，Luangviriyasaeng 和 Pinyopusarek(2002)在泰國進行的耳莢相思樹後裔檢定試驗中，來自第一代實生苗種子園(seedling seed orchard, SSO)的所有家系，3 年生時胸高直徑、樹高及材積生長，均顯著優於來自未經改良採種母樹的後裔。Hai 等人(2008)在越南進行的試驗結果也顯示，來自種子園及種子生產區的耳莢相思樹種子苗造林後，與未經遺傳改良之造林木相比，其在胸高直徑的遺傳增益分別為 15.7%及 6.9%。

2016 及 2017 年建立於嘉義澧水及台南照興之相思樹嫁接營養系種子園，其野外優良母樹選育標準為枝下高大於 6.5 m，胸徑 35 cm 以上，且樹幹外表無病蟲害、扭曲或腐朽現象(游漢明等 2016)。目前此二相思樹種子園已有部分嫁接營養系開始開花及結實。

方法

一、嫁接苗培育

自 2015 年起陸續採集相思樹野外優良母樹穗條，於林業試驗所六龜研究中心進行嫁接。嫁接採劈接法，以 1-2 年生地徑 1 cm 左右之相思樹實生苗為砧木。接穗不留葉片，每一接穗留取 2 芽(或以上)，長度約 5 cm。接穗與砧木接合後以電器膠布固定砧穗，並以石蠟膜(paraffin)纏繞接穗，防止失水(洪聖峰等 2016)。嫁接完成後，置於簡易溫室，俟接穗的芽點萌芽後，再移至苗圃培育。

二、嫁接營養系種子園建立

從來自 86 株野外優良相思樹母樹接穗所培育出之嫁接苗，於林業試驗所六龜研究中心苗圃育苗及健化後，擇優栽植於林業試驗所中埔研究中心澧水工作站，及林務局嘉義林區管理處玉井工作站照興苗圃，建立嫁接營養系種子園。另外於林業試驗所六龜研究中心設置大型盆鉢嫁接營養系種子園。

三、種子園之生長與開花結實

2016 年 8 月與 2017 年 2 月分別建立嘉義澧水與台南照興兩處種子園，並於 2018 年 6 月 5 日進行種子園生長調查，調查項目包括樹高、胸徑、枝下高、分叉數與成活株

數等等。2016 年 12 月建立盆鉢營養系種子園於六龜，2018 年 8 月 7 日進行生長調查。相思樹的花期一般自 4 月下旬至 6 月上旬，果熟期南部為 7 月~8 月間，北部為 8 月~9 月間(章樂民和王仁禮 1969)。2018 年 3 月底開始陸續觀察到花綻放，調查種子園的開花結實數量。

結果與結論

一、嫁接苗培育及種子園建立

相思樹優良母樹篩選，依照林務局所屬 8 個林管處轄區，篩選數量不等母樹，共計採集 106 株枝下高大於 6.5 m，胸徑 35 cm 以上優良母樹枝穗，嫁接在苗齡 1~2 年生種子苗砧木。相思樹並非容易嫁接之物種(洪聖峰等 2016)，本試驗嫁接成功之母樹數量 86 株，育得嫁接苗木數共計 401 株(表 1)。嫁接苗木於苗齡 1~1.5 年時，分別於 2016 與 2017 年建立嘉義澆水及台南照興兩地嫁接營養系定植式種子園，同時於六龜建立盆鉢營養系種子園。2018 年 6 月 5 日進行種子園生長調查，澆水與照興兩種子園，平均樹高分別為 3.2 m 及 3 m，平均胸徑分別為 3.2 cm 及 2.7 cm。六龜種子園的平均樹高及胸徑為 1.6 m 及 1.2 cm(表 2)。

表 1. 相思樹母樹基本資料及嫁接苗培育數量

母樹地點	母樹數量	胸徑(cm)	枝下高(m)	樹高(m)	海拔(m)	嫁接苗數量(株)
羅東林管處	5	43.2~52.3	6.5~7.5	17.0~21.0	16~380	38
新竹林管處	17	37.0~78.3	6.5~11.5	17.0~23.3	138~745	61
東勢林管處	4	36.0~46.8	6.5~10.0	14.2~17.8	346~416	20
南投林管處	11	36.1~52.1	6.8~9.3	17.3~21.9	776~841	79
嘉義林管處	10	43.6~62.6	6.5~13.3	20.0~29.5	1040~1050	71
屏東林管處	19	37.8~72.0	7.0~12.0	16.0~27.0	718~1185	59
台東林管處	6	42.6~54.5	8.5~10.0	13.3~20.0	239~319	26
花蓮林管處	14	35.0~65.0	6.5~10.0	16.5~23.5	127~335	47
合計	86					401

表 2. 相思樹種子園基本資料與生長表現

(A) 種子園基本資料

地點	海拔(m)	栽植時間	嫁接營養系數量	栽植株數	株行距(m)
澆水	182	2016.8	55	212	3.5 x 3
照興	120	2017.2	55	106	3.5 x 3
六龜*	250	2016.12	83	83	2 x 2

(B) 種子園之營養系生長表現

地點	樹高(cm)	胸徑(cm)	枝下高(cm)	存活株數	分叉之株數	平均分叉數	分叉高度(cm)
澆水	319.4	3.2	106.4	201	130	2.1	76.4
照興	303.8	2.7	54.1	107	83	2.1	53.7
六龜	163.3	1.2	36.4	83	未調查	未調查	未調查

*六龜:大型盆鉢栽植。

二、嫁接營養系種子園之開花與結實

(一)照興種子園

照興種子園於 2018 年 3 月底即觀察到少量的相思樹花序形成，4 月底開花株數最高達 70 株，開花株數比例達 65.4%(表 3)。6 月初調查時開花株數比例降為 62.6%。2018 年 5 月果莢陸續成熟，並進行採收。5 月 30 日採收到種子園內 3 株嫁接營養系的成熟果莢，果莢內種子室數、飽滿種子數及比例以丹大 4 號營養系最高(表 4)。

表 3. 照興種子園花序數量與結實率

(A) 開花株數與花序數量

日期	開花株數 及比例%	花序 1-50 個	花序 51-250 個	花序 251-500 個	花序 501 個以上
2018.3.29	10(9.3%)	1	8	1	0
2018.4.30	70(65.4%)	19	24	15	12
2018.6.5	67(62.6%)	47	20	0	0

(B) 結實率與果莢生產數

日期	結實株數 及比例%	果莢 1-50 個	果莢 51-250 個	果莢 251-500 個	果莢 501 個以上
2018.3.29	0%				
2018.4.30	39(36.4%)	37	2	0	0
2018.6.5	60(56.1%)	43	16	1	0

表 4. 照興種子園結實營養系之果莢與種子性狀

(A) 結實營養系之果莢性狀

營養系 編號	果莢內 種子室數	果莢內飽滿 種子數	飽滿種子 比例%	果莢長 (mm)	果莢寬 (mm)	果莢數
丹大 3	5.6±0.9	4.3±1.5	76.8	75.1±9.2	10.3±1.1	14
丹大 4	8.3±0.9	7.9±1.3	95.2	91.0±20.1	9.7±0.7	20
丹大 9	5.4±1.9	0.8±1.1	14.8	62.6±22.0	9.4±1.3	5

(B) 結實營養系之種子性狀

營養系 編號	種子長 (mm)	種子寬 (mm)	種子厚 (mm)	收穫種 子數量	種子總重 量(g)	種子平均 重量(g)
丹大 3	5.9±0.5	4.2±0.3	1.8±0.2	57	2.35	0.041
丹大 4	5.5±0.1	4.2±0.1	1.7±0.1	158	4.59	0.029
丹大 9	5.3±0.4	4.3±0.2	1.8±0.2	4	0.12	0.030

2018 年 6 月 21 調查發現種子園有 5 株營養系之種子，於樹上成熟果莢內即已發芽。

(二)澧水種子園

澧水種子園觀察到花序形成的時間，大致比照興種子園慢了約 1 個月。

2018 年 6 月 5 日進行調查時，由於考量蟲害影響，將部分營養系之少量發育初期果莢以塑膠網袋進行套袋，並觀察後續成效。7 月 10 日開始採集成熟果莢，初步調查結果顯示，除了大埔 4 外，同一株營養系其果莢套網袋者，果莢內種子室數、飽滿種子比例，

大致皆比未套袋者為高。

表 5. 澁水種子園花序數量與結實率

(A) 開花株數與花序數量

日期	開花株數 及比例%	花序 1-50 個	花序 51-250 個	花序 251-500 個	花序 501 個以上
2018.4.23	55(27.4%)	5	27	8	15
2018.5.23	109(54.2%)	50	23	21	15
2018.6.5	105(52.2%)	49	44	9	3

(B) 結實率與果莢生產數

日期	結實株數 及比例%	果莢 1-50 個	果莢 51-250 個	果莢 251-500 個	果莢 501 個以上
2018.4.23	0	0	0	0	0
2018.5.23	58(28.9%)	34	13	4	7
2018.6.5	61(30.3%)	23	19	11	8

表 6. 澁水種子園結實營養系之果莢與種子性狀

(A) 結實營養系之果莢性狀

營養系編 號	果莢套網袋			果莢未套網袋		
	果莢內 種子室數	果莢內飽 滿種子數	飽滿種子 比例%	果莢內 種子室數	果莢內飽 滿種子數	飽滿種子 比例%
六龜 3	5.0	1.5	30.0%	4.8	0	0%
六龜 15	7.0	6.8	97.1%	6.4	0	0%
尖石 18	7.2	2.0	27.8%	5.1	0	0%
大埔 4	8.3	1.7	20.5%	5.3	1.3	24.5%
大埔 7	8.0	4.6	57.5%	4.3	0	0%
平均	7.1	3.3	46.5%	5.2	0	0%

(B) 結實營養系之種子性狀

a. 套袋

營養系 編號	種子長 (mm)	種子寬 (mm)	種子厚 (mm)	收穫種子 數量	種子總 重量(g)	種子平均 重量(g)	調查 果莢數
六龜 3	6.3±0.3	4.6±0.2	1.7±0.2	82	2.96	0.036	58
六龜 15	6.2±0.2	5.0±0.2	2.0±0.1	47	1.96	0.041	8
尖石 18	6.4±0.2	4.4±0.4	1.7±0.2	7	0.22	0.031	6
大埔 4	6.1±0.2	4.8±0.4	1.4±0.01	2	0.06	0.030	3
大埔 7	6.2±0.2	5.0±0.2	1.6±0.3	45	1.67	0.037	13

b. 未套袋

營養系 編號	種子長 (mm)	種子寬 (mm)	種子厚 (mm)	收穫種子 數量	種子 重量(g)	種子平均 重量(g)	調查 果莢數
六龜 3	-	-	-	0	0	-	83
六龜 15	-	-	-	0	0	-	12
尖石 18	-	-	-	0	0	-	75
大埔 4	6.0±0.4	4.4±0.2	1.5±0.2	42	0.86	0.020	32
大埔 7	-	-	-	0	0	-	20

引用文獻

- 林俊成、陳溢宏、陳宗明、蔡清榮 (2015) 菇類栽培之木屑使用量及來源推估。林業研究專訊 22(2):56-60。
- 邱立文、黃群修、吳俊奇、謝小恬 (2015) 第 4 次全國森林資源調查成果概要。台灣林業 41(4):3-13。
- 洪聖峰、何政坤、陳永修 (2016) 台灣相思樹嫁接困難的原因推測。2016 森林資源保存與利用研討會論文集 p.91-96。
- 秦日新、汪應楠 (1947) 台灣產植物單寧之研究。台灣省林業試驗所報告第九號。
- 張上鎮、王升陽、鄭森松 (2012) 台灣主要造林樹種之創新利用及展望。台灣林業 38(3):27-35。
- 章樂民、王仁禮 (1969) 相思樹選育計劃實施經過概述。台灣省林業試驗所所訊第貳伍零期。
- 游漢明、蔡佳彬、陳溢宏、林介龍、孫銘源、陸象豫、藍佩芬、蕭祺暉、張森 (2016) 私有林地造林優選樹種-相思樹種子園之建立。台灣林業 42(5):27-32。
- 黃松根、謝瑞忠、孫正春 (1990) 香菇栽培樹種之產菇量及品質研究。林業試驗所研究報告季刊 5(1):25-36。
- 謝明如 (2013) 日治時期台灣總督府高等農林學校之造林學研究-以林學科學生畢業論文為中心。台灣師大歷史學報第 49 期:207-260。
- Hai PH, Harwood C, Kha LD, Pinyopusarerk K, Thinh HH. (2008)** Genetic gain from breeding *Acacia auriculiformis* in Vietnam. *Journal of Tropical Forest Science* 20(4):313-327.
- Luangviriyasaeng V, Pinyopusarerk K. (2002)** Genetic variation in second-generation progeny trial of *Acacia auriculiformis* in Thailand. *Journal of Tropical Forest Science* 14(1):131-144.
- Maslin BR, Orchard AE, West JG. (2003)** Nomenclatural and classification history of *Acacia* (Leguminosae: Mimosoideae), and the implications of generic subdivision, unpublished paper submitted to the Committee for Spermatophyta in mid-2003 to provide supplementary information.

水筆仔與紅海欖經高鹽度處理後在兩種 CO₂ 濃度下之 光合作用速率及葉綠素螢光之特性

王經文¹⁾ 翁韶良¹⁾ 廖天賜^{2)*} 陳明男³⁾

緒言

紅樹林在全球大約有 70 多種樹種，分布生長在熱帶和亞熱帶海岸的鹽鹼地、灘塗濕地等特殊濕地生態系，是一個多元化的群體。其生長受到溫度的限制，因此在地理分布有一定分布範圍，以緯度來看主要分布於北緯 25 度至南緯 25 度(薛美莉 1995)。其生育地具有高鹽分、潮汐影響、強風、高溫、泥濘的缺氧土壤等特性(Kathiresan and Bingham 2001)。

紅樹林能容忍範圍廣泛的土壤鹽分(Hutchings and Saenger 1987)，而鹽度長期以來被認為是一個重要的因素，限制紅樹的生長和生產率(Ball 2002)。鹽水棲息地代表了生理挑戰，因為土壤孔隙水的高度負水勢，使植物水的吸收比非鹽漬土更不利。在高鹽環境下要保持水的吸收能力，是耐鹽性的關鍵。另一種生理挑戰是離子的毒性，高濃度的鹽是潛在的細胞毒性。紅樹林在鹽分條件下的高水分利用效率表明，調節水分運輸，結合離子調控，是其耐鹽性重要的組成部分(Reef and Lovelock 2014)。當植物處於逆境狀態時，特別是在高溫高光及低溫高光，產生的過剩能量有可能對其光合作用器官造成傷害。因此需要其他能量路徑消散過剩光能或其他光保護機制(如增加 NPQ、調降 PSII 的光化學效能、增加葉黃素循環等)，避免光合作用結構受傷(Reef et al. 2010)。紅樹林光合作用特性是能使用非葉組織獲得二氧化碳進行光合作用，因此提高用水效率。紅樹林淹水時，莖部的光合作用的二氧化碳，透過非葉組織的 CO₂ 來源，固定在紅樹林樹皮和莖的葉綠體內(Teskey et al. 2007)。這種現象在許多紅樹林樹種都有發現，二氧化碳固定貢獻達到植物光合作用的 5% (Schmitz et al. 2012)。Vandegheuchte 等人(2014)研究指出紅海欖的樹幹直徑變化(stem diameter variation, SDV)與 CAM 植物顯示為相似，而 Werner 和 Stelzer(1990)之研究曾指出大紅樹(*Rhizophora mangle*)在鹽分環境下，會呈景天酸代謝(Crassulacean acid metabolism, CAM)植物特性，然大部份學者之研究則認為紅樹林樹種

¹⁾ 特有生物保育中心，55244 南投縣集集鎮民生東路 1 號。

²⁾ 國立中興大學森林系，40227 臺中市南區興大路 145 號。

* 通訊作者，E-mail: tsliao@nchu.edu.tw。

³⁾ 行政院農業委員會林業試驗所植物園組，10066 臺北市中正區南海路 53 號。

屬於 C3 植物(Martin and Loeschen1993)。因此本篇研究思考藉由低 CO₂ 濃度與淹水的處理，觀察水筆仔(*Kandelia obovata*)與紅海欖(*Rhizophora stylosa*)在淹水與氧化環境下光合系統能量分配的情形。

材料與方法

一、試驗材料與處理

於 2015 年取自臺南市政府七股苗圃水筆仔(*Kandelia obovata*)紅海欖(*Rhizophora stylosa*)小苗，將小苗移置南投縣集集鎮行政院農業委員會特有生物保育中心苗圃內種植，栽培介質為七股海岸海砂，容器為直徑 20 cm、高 20 cm 之圓形塑膠桶。於 2017 年 7 月間開始鹽度試驗處理，經現場量測臺南濱海海水鹽度為 22-25‰，調製高鹽度 40‰為處理，每處理各 5-7 盆苗木。鹽分處理採每周澆灌，使苗盆鹽度持續維持高鹽度至 2018 年開始量測光合作用及葉綠素螢光參數。

(一)全株淹水處理

於 2018 年 1 月間開始進行淹水處理為期 7 天，每日上(6 時)下午(16 時)各進行 2 小時全株淹水處理，淹水溶液配合鹽度 40‰處理，以採用相同鹽度溶液進行淹水處理。

(二)葉片 low CO₂ 處理

於 2018 年 1 月間，利用 CO₂ absorber 吸收劑，進行 low CO₂ 處理(0-10 ppm)量測為期 7 天，每日上下午各進行 2 小時葉片 low CO₂ 處理。

(三)未淹水處理

二、試驗項目與方法

光合作用及葉綠素螢光參數：

將水筆仔(*Kandelia obovata*)紅海欖(*Rhizophora stylosa*)苗木分(1)淹水(2)low CO₂(3)未淹水處理，於 2018 年 1-2 月，選定 5-7 株上層成熟葉片各 1 片，以氣體交換及螢光光合作用分析儀(portable gas exchange fluorescence system, GFS-3000FL, Walz, Germany)，於每日上午淹水與葉片 low CO₂ (low:0-10 ppm)處理後，每日 08:00 開始量測，利用 CO₂ absorber 吸收劑，進行不同 CO₂ 濃度(low:0-10 ppm, normal:400 ppm)處理，並於光照 800 $\mu\text{mol photon m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 90 分與暗適應 30 分共 120 分進行光合作用及葉綠素螢光參數量測，前 30 分每 1 分鐘記錄 1 筆資料，後 90 分每 2 分鐘記錄 1 筆資料，測定其光合與氣體交換參數，並記錄測定各項葉綠素螢光參數，並計算出下列參數(Demmig-Adams et al. 1996)，

林榮智 2008，翁韶良 2012，陳明男 2015)：

$F_v/F_m = (F_m - F_o) / F_m$	，代表光系統II最大光化學潛能
$P = (F_m' - F_s) / F_m'$	，為光化學消散佔吸收能量的比例
$D = 1 - F_v' / F_m'$	，為熱消散佔吸收能量之比例 $D = DD + DL$
$DD = 1 - F_v / F_m$	，為環境背景之熱消散
$DL = (F_v / F_m - F_v' / F_m')$	，為光照下以葉黃素循環之熱消散
$E = 1 - P - D$	，為過多能量佔吸收能量之比例
$NPQ = (F_m / F_m') - 1$	，為非光化學消散

結果與結論

圖 1A 顯示，水筆仔(*Kandelia obovata*)於正常 CO_2 濃度在 $800 \mu\text{mol photon m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 光照下，在每日累積 4 hrs low CO_2 處理 1 周過後可達到光合作用速率約 $13.89 \mu\text{mol } CO_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，未淹水約為 $6.49 \mu\text{mol } CO_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 與每日累積 4hrs 淹水處理 1 周後則為 $7.75 \mu\text{mol } CO_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，另紅海欖(*Rhizophora stylosa*)則僅有未淹水處理有較高的光合作用速率約 $3.54 \mu\text{mol } CO_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (圖 1B)，顯示每日累積 4hrs low CO_2 與淹水處理 1 周對於紅海欖產生影響，另兩種紅樹科樹種於氣孔導度及蒸散速率趨勢一致呈顯著相關($P < 0.001$)，氣孔導度與光合作用速率亦呈顯著相關($P < 0.001$)，顯示紅樹科樹種是以氣孔導度來控制光合作用，這與許多前人報告一致(Cheeseman et al. 1997, Theuri et al. 1999, Galmés et al. 2007)。紅海欖在低 CO_2 濃度處理下會提高氣孔導度(圖 1D)，這與王建林和溫學發(2010)的試驗有相似的結果。Krauss 等人(2008)指出紅樹科物種能夠被動地積累和合成有機化合物(脯氨酸、甘氨酸甜菜鹼、甘露糖醇、環多醇、季胺化合物)和無機離子如鈉(Na^+)和鉀(K^+)，用於在葉片滲透調節，因此推測水筆仔與紅海欖體內滲透調節能維持固定的蒸散速率。

從圖 2A 來看，水筆仔其光量子收率(Q_y)、最大光合值(A_{max})在每日累積 4 hrs 淹水處理 1 周後有較高的表現，最大光合速率可達約 $18.99 \mu\text{mol } CO_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，顯示淹水處理對其光合特性有促進的影響，每日累積 4 hrs low CO_2 處理 1 周則沒有明顯之影響，另紅海欖最大光合值(A_{max})未淹水處理則有較高的最大光合速率可達約 $3.3 \mu\text{mol } CO_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，在每日累積 4 hrs low CO_2 與淹水處理 1 周，則有明顯下降僅 2.70 與 $1.19 \mu\text{mol } CO_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，顯示在每日累積 4 hrs low CO_2 與淹水處理 1 周對於紅海欖有產生逆境的影響，紅海欖量測部分與陳明男和廖天賜(2006)結果相似。

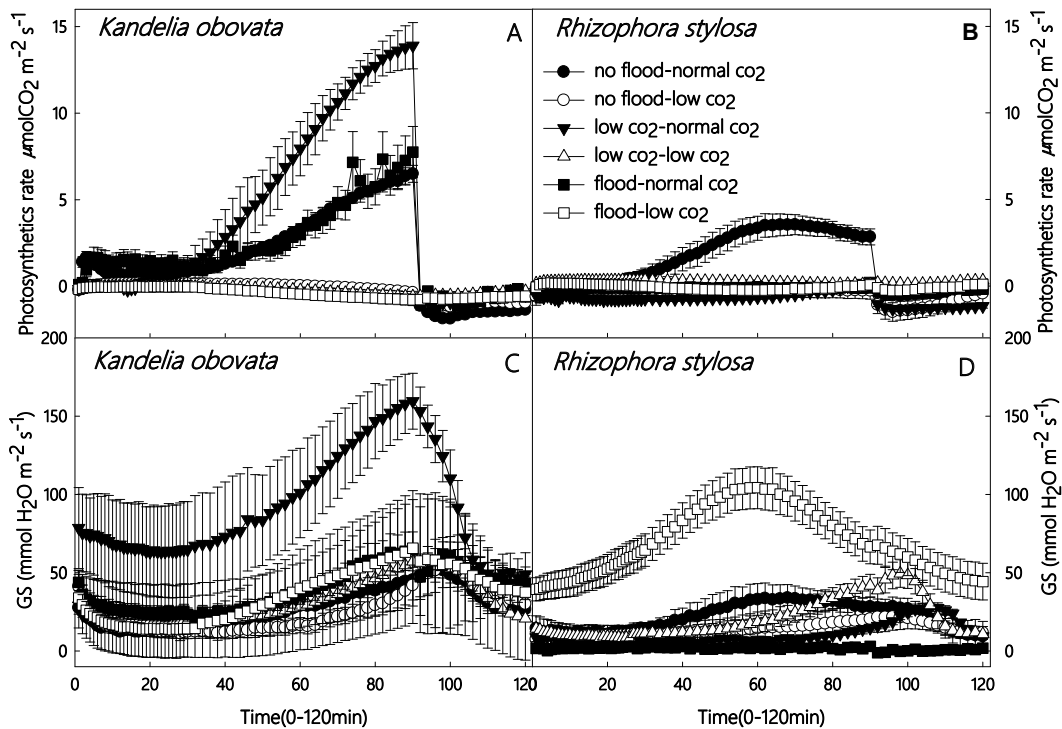


圖 1. 水筆仔(*Kandelia obovata*)與紅海欖(*Rhizophora stylosa*)在 40 ‰鹽度處理下進行未淹水處理(no flood)、每日累積 4hrs low CO₂(low CO₂)與淹水處理(flood)1 周後之經不同 CO₂ 濃度(low CO₂:0-10 ppm, normal CO₂:400 ppm)處理於光照(0-90 min)與暗適應(92-120 min)之淨光合作用速率(A、B)與氣孔導度(C、D)變化。I=SE。n=5。

圖 3A 顯示，水筆仔在 800 μmol photon m⁻² s⁻¹ 光照下 90 分鐘後，能恢復約 80-88% 光系統II最大光化學潛能(Fv/Fm=0.68)，在正常 CO₂ 濃度處理時光抑制暗恢復可下降至 10%，但在低 CO₂ 濃度處理時光抑制暗恢復僅到約 20%(圖 3C)，另紅海欖於光照 90 分鐘後，僅能恢復約 70-80%光系統II最大光化學潛能(Fv/Fm=0.59)，在正常 CO₂ 濃度處理時光抑制暗恢復可下降至 20%，在低 CO₂ 濃度處理時光抑制暗恢復僅到約 30%(圖 3B)，顯示水筆仔在面對高光有較佳的調適能力。正常各處理在能量分配方面，水筆仔在低 CO₂ 濃度處理光照時所產生的過多能量，會以提高葉黃素循環熱消散(DL)約 5%(45%→50%)來因應，而紅海欖則無明顯差異(維持 45%)，可顯示紅樹科植物維持著較高葉黃素循環的比例。但低 CO₂ 濃度處理其葉黃素循環能力，無法完全代謝多餘能量，使其經過 30 分暗適應後，Fv/Fm 僅回復(約 70-80%)，顯示低 CO₂ 濃度所產生的過剩光能對植物體的傷害。利用 CO₂ absorber 吸收劑來降低 CO₂ 分壓，造成多餘能量情況，觀察光合系統的處理情形，並藉由葉綠素螢光參數的量測，可以推估植物在面對環境逆境下所選擇的應對策略。

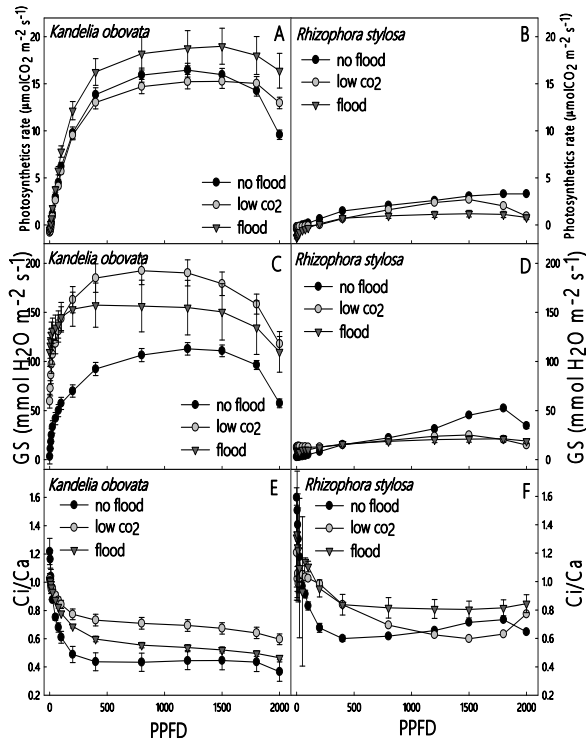


圖 2. 水筆仔(*Kandelia obovata*)與紅海欖(*Rhizophora stylosa*)在 40 ‰鹽度處理下進行未淹水處理(no flood)、每日累積 4hrs low CO₂(low CO₂)與淹水處理(flood)1 周後於不同 PPFD 光照下之光合曲線(A、B)、氣孔導度(C、D)、 C_i/C_a (E、F)之變化。I=SE。n=5。

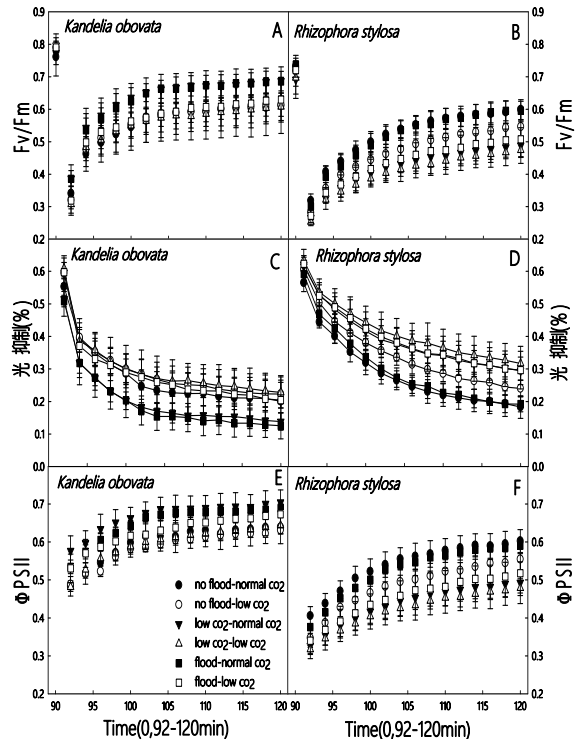


圖 3. 水筆仔(*Kandelia obovata*)與紅海欖(*Rhizophora stylosa*)在 40 ‰鹽度處理下進行未淹水處理(no flood)、每日累積 4hrs low CO₂(low CO₂)與淹水處理(flood)1 周後之經不同 CO₂ 濃度(low CO₂:0-10ppm, normal CO₂:400 ppm)處理於暗適應(92-120 min)之 Fv/Fm (A、B)、光抑制(% , C、D)、 $\Phi PSII$ (E、F)之變化。I=SE。n=5。

引用文獻

- 王建林、溫學發 (2010) 氣孔導度對 CO₂ 濃度變化的模擬及其生理機制。生態學報 30(17): 4815-4820。
- 林榮智 (2008) 不同溫度和光度下芒果、高山芒、玉山假沙梨之光能利用。國立中興大學生命科學學系碩士論文。13-15 頁。
- 翁韶良 (2012) 不同光適應性之木本及蕨類植物之氣體交換與葉綠素螢光特性。國立中興大學生命科學學系博士論文。13-14 頁。
- 陳明男、廖天賜 (2006) 光度與溫度對四種紅樹林苗木光合作用之影響。林業研究季刊 28(2): 1-14。

陳明男 (2015) 低光環境下培育的四種羅漢松屬苗木之光合作用反應。國立中興大學森林學系博士論文。3-19 頁。

Ball C. Marilyn (2002) Interactive effects of salinity and irradiance on growth: implications for mangrove forest structure along salinity gradients. *Trees – Structure and Function* 16: 126-139.

Cheeseman JM, Herendeen LB, Cheeseman AT, Clough BF. (1997) Photosynthesis and photoprotection in mangroves under field conditions. *Plant, Cell and Environment* 20: 579-588.

Demmig-Adams B, Adams III WW. (1996) The role of the xanthophyll cycle carotenoids in protection of photosynthesis. *Trends in Plant Science* 1: 21-26.

Galmés J, Abad ía A, Medrano H, Flexas J. (2007) Photosynthesis and photoprotection responses to water stress in the wild-extinct plant *Lysimachia minoricensis*. *Environmental and Experimental Botany* 60: 308-317.

Kathiresan K, Bingham BL. (2001) Advances in marine biology. *Biology of Mangroves and Mangrove Ecosystems* 40: 81-251.

Krauss KW, Lovelock CE, McKee KL, López -Hoffman L, Ewe SML, Sousa WP. (2008) Environmental drivers in mangrove establishment and early development: A review. *Aquatic Botany* 89: 105-127.

Reef R, Feller IC, Lovelock CE. (2010) Nutrition of mangroves. *Tree Physiology* 30: 1148-1160.

Reef R, Lovelock CE. (2014) Regulation of water balance in mangroves. *Annals of Botany* 115(3): 327-331.

Schmitz N, Egerton JJG, Lovelock CE, Ball MC. (2012) Light-dependent maintenance of hydraulic function in mangrove branches: do xylary chloroplasts play a role in embolism repair? *New Phytologist* 195: 40-46.

Teskey RO, Saveyn A, Steppe K, McGuire MA. (2007) Origin, fate and significance of CO₂ in tree stems. *New Phytologist* 177: 17-32.

Vandegheuchte MW, Guyot A, Hubau M, Groote SRED, Baerdemaeker NJFD, Hayes M, Welti N, Lovelock CE, Lockington DA, Steppe K. (2014) Long-term versus daily stem diameter variation in co-occurring mangrove species: Environmental versus ecophysiological drivers. *Agricultural and Forest Meteorology* 192–193: 51–58.

Werner A, Stelzer R. (1990) Physiological responses of the mangrove *Rhizophora mangle* grown in the absence and presence of NaCl. *Plant, Cell & Environment* 13: 243-255.

陽明山山仔后櫻花林木胸徑與種子特性之相關性研究

林虔隆^{1)*} 洪紹翔¹⁾

緒言

臺北市陽明山花季開始於 1971 年，每年櫻花、繡球花與海芋吸引眾多人潮，尤其是在連續假期期間。不知道從甚麼時候開始，櫻花出現在公園與庭院，雪白的、粉紅的、紫紅的、紅白相間的、重瓣的。林業試驗所 2017 年 02 月 16 日舉辦「春城何處不開花－櫻花的故事」研討會，針對櫻花欣賞、辨識、種植、移植、修剪、養護和病蟲害防治作完整的介紹與分享(和田博幸 2017，鶴田誠 2017)。國人雖喜愛種植櫻花，然而臺灣是否適合種植櫻花，抑或種植太多櫻花會造成問題等相關技術資訊尚嫌不足。因此本研究擬從母樹生長特性與種子育成來了解櫻花種子在母樹間之差異以及母樹－種子相關性，以利日後櫻花培育所需選種資訊。

方法

一、櫻花樣木：真愛桃花源婚攝基地

真愛桃花源婚攝基地 2013 年 01 月在臺北市後花園－陽明山麓開園，鄰近中國文化大學，占地近 7000 坪。本研究於 2018 年 04 月於該園區櫻花園調查樣木胸徑暨其開花結實情形並採種。

二、櫻花種子特性調查

就有結實之櫻花樣木進行種子特性調查，包括鮮重、長度、寬度與厚度。其中種子鮮重以可量測至小數四位之電子天平稱之，種子長度、寬度與厚度以測微尺量之。

三、數值分析

將調查所得資料以 Microsoft Office Excel 進行初步整理，再以 SAS 統計分析套裝軟體進行以樣木為處理而種子特性為對象之單因子變異數分析。如果變異數分析表中實際 F 值達 5% 顯著水準時，則以最小顯著差異(least significant difference, LSD)法進行處理均數間之比較。然後對樣木胸徑與種子特性進行相關分析，藉以了解樣木彼此間迴歸關係。

¹⁾ 中國文化大學森林暨自然保育學系，11147 臺北市士林區華岡路 55 號大功館 312 室。
* 通訊作者，E-mail: cllin@faculty.pccu.edu.tw。

結果與結論

一、真愛桃花源婚攝基地櫻花樣木結實比例

真愛桃花源婚攝基地計有 30 株櫻花，其中有 7 株生產種子，卡方值(χ^2)為 8.5333，其發生機率值為 0.0035，顯示該園區櫻花樣木結實株數極顯著偏少。

二、種子特性

真愛桃花源婚攝基地有生產種子之櫻花樣木在鮮重、長度、寬度與厚度等種子特性之間皆呈現極顯著差異(實際 F 值分別為 12.8089，31.8806，5.2727 和 6.3054，其發生機率值依次為<0.0001，<0.0001，<0.0001 和<0.0001，表 1)。

表 1. 陽明山山仔后真愛桃花源婚攝基地櫻花樣木胸徑暨種子特性一覽表

樣木編號	樣木胸徑(cm)	種子鮮重(g)	種子長度(mm)	種子寬度(mm)	種子厚度(mm)
1	12.45	0.1598 ^{bc}	9.762 ^b	6.610 ^{bc}	5.521 ^{bcd}
4	11.73	0.1728 ^{ab}	9.862 ^{ab}	6.948 ^a	5.680 ^{ab}
6	10.20	0.1216 ^d	7.888 ^d	6.596 ^{bc}	5.334 ^{de}
7	14.83	0.1701 ^{ab}	10.089 ^a	6.804 ^{ab}	5.565 ^{abc}
9	13.40	0.1763 ^a	9.871 ^{ab}	6.989 ^a	5.746 ^a
10	11.85	0.1512 ^c	9.764 ^{ab}	6.522 ^c	5.391 ^{cde}
19	8.10	0.1333 ^d	8.806 ^c	6.455 ^c	5.172 ^e
實際 F 值		12.0809 ^{**}	31.8806 ^{**}	5.2727 ^{**}	6.3054 ^{**}
實際 F 值之發生機率值		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

備註：同一欄英文字母相同者表示二處理均數差異未達 5%顯著水準。

“**”表實際 F 值達 1%顯著水準。

在種子鮮重方面，以 9 號樣木 0.1763 g 最重，雖與 4 號樣木 0.1728 g 和 7 號樣木 0.1701 g 等二樣木無差異，但與 1 號樣木 0.1598 g 呈現顯著差異，與 10 號樣木 0.1512 g、19 號樣木 0.1333 g 和 6 號樣木 0.1216 g 等三樣木呈現極顯著差異；4 號樣木 0.1728 g 次之，雖與 7 號樣木 0.1701 g 和 1 號樣木 0.1598 g 等二樣木無差異，但與 10 號樣木 0.1512 g 呈現顯著差異，與 19 號樣木 0.1333 g 和 6 號樣木 0.1216 g 等二樣木呈現極顯著差異；7 號樣木 0.1701 g 又次之，雖與 1 號樣木 0.1598 g 無差異，但與 10 號樣木 0.1512 g 呈現顯著差異，與 19 號樣木 0.1333 g 和 6 號樣木 0.1216 g 等二樣木呈現極顯著差異；1 號樣木 0.1598 g 雖與 10 號樣木 0.1512 g 呈現無差異，但與 19 號樣木 0.1333 g 和 6 號樣木 0.1216 g 等二樣木呈現極顯著差異；10 號樣木 0.1512 g 與 19 號樣木 0.1333 g 呈現顯著差異，但與 6 號樣木 0.1216 g 呈現極顯著差異；19 號樣木 0.1333 g 與 6 號樣木 0.1216 g 呈現無差異；6 號樣木 0.1216 g 最輕。(表 1)

在種子長度方面，以 7 號樣木 10.089 mm 最長，雖與 9 號樣木 9.871 mm、4 號樣木 9.862 mm 和 10 號樣木 9.764 mm 等三樣木無差異，但與 1 號樣木 9.762 mm 呈現顯著差異，與 19 號樣木 8.806 mm 和 6 號樣木 7.888 mm 等二樣木呈現極顯著差異；9 號樣木 9.871 mm、4 號樣木 9.862 mm、10 號樣木 9.764 mm 和 1 號樣木 9.762 mm 等四樣木種子長度間雖無差異，但皆與 19 號樣木 8.806 mm 和 6 號樣木 7.888 mm 等二樣木種子長度呈現極顯著差異；19 號樣木 8.806 mm 與 6 號樣木 7.888 mm 在種子長度間呈現極顯著差異；6 號樣木 7.888 mm 種子長度最短。(表 1)

在種子寬度方面，以 9 號樣木 6.989 mm 最寬，與 4 號樣木 6.948 mm 和 7 號樣木 6.804 mm 等二樣木無差異，但與 1 號樣木 6.610 mm、6 號樣木 6.596 mm、10 號樣木 6.522 mm 和 19 號樣木 6.455 mm 等四樣木呈現極顯著差異；4 號樣木 6.948 mm 次寬，雖與 7 號樣木 6.804 mm 無差異，但與 1 號樣木 6.610 mm、6 號樣木 6.596 mm、10 號樣木 6.522 mm 和 19 號樣木 6.455 mm 等四樣木呈現極顯著差異；7 號樣木 6.804 mm 又次之，雖與 1 號樣木 6.610 mm 和 6 號樣木 6.596 mm 等二樣木種子寬度間無差異，但與 10 號樣木 6.522 mm 呈現顯著差異，與 19 號樣木 6.455 mm 呈現極顯著差異；1 號樣木 6.610 mm、6 號樣木 6.596 mm、10 號樣木 6.522 mm 與 19 號樣木 6.455 mm 等四樣木在種子寬度間呈現無差異。(表 1)

在種子厚度方面，以 9 號樣木 5.746 mm 最厚，與 4 號樣木 5.680 mm 和 7 號樣木 5.565 mm 等二樣木無差異，但與 1 號樣木 5.521 mm 呈現顯著差異，與 10 號樣木 5.391 mm、6 號樣木 5.334 mm 和 19 號樣木 5.172 mm 等三樣木呈現極顯著差異；4 號樣木 5.680 mm 次厚，雖與 7 號樣木 5.565 mm 和 1 號樣木 5.521 mm 等二樣木無差異，但與 10 號樣木 5.391 mm、6 號樣木 5.334 mm 和 19 號樣木 5.172 mm 等三樣木呈現極顯著差異；7 號樣木 5.565 mm 又次之，雖與 1 號樣木 5.521 mm 和 10 號樣木 5.391 mm 等二樣木無差異，但與 6 號樣木 5.334 mm 呈現顯著差異，與 19 號樣木 5.172 mm 呈現極顯著差異；1 號樣木 5.521 mm 與 10 號樣木 5.391 mm 和 6 號樣木 5.334 mm 等二樣木種子厚度間無差異，但與 19 號樣木 5.172 mm 呈現極顯著差異；10 號樣木 5.391 mm 與 6 號樣木 5.334 mm 和 19 號樣木 5.172 mm 在種子厚度間呈現無差異。(表 1)

由上可知：9 號樣木胸徑雖為次粗，但在種子鮮重、種子長度、種子寬度與種子厚度等四種子特性屬最重、最長、最寬與最厚(表 1)；而 19 號樣木胸徑最細，種子鮮重、種子寬度與種子厚度等三種子特性屬最輕、最窄與最薄且種子長度屬較短(表 1)。

三、相關係數與迴歸式

櫻花樣木胸徑與種子特性之相關性分析如圖 1 與圖 2 所示：樣木胸徑與種子鮮重、種子長度與種子厚度呈顯著正相關(相關係數依序為 0.7881、0.7388 和 0.7856，圖 1A、B、C)；種子鮮重與種子長度、種子寬度和種子厚度間皆呈現極顯著正相關(相關係數依序為 0.9253、0.8010 和 0.8943，圖 2A、B、C)；種子長度與種子厚度呈現顯著正相關(相關係數為 0.6867，圖 2D)；種子寬度與種子厚度二者間呈現極顯著正相關(相關係數為 0.9346，圖 2E)。

圖 1 與圖 2 亦顯示櫻花樣木胸徑與種子特性間之迴歸式、實際 F 值與迴歸式之決定係數。其中，樣木胸徑和種子鮮重、樣木胸徑和種子厚度、種子鮮重和種子厚度以及種子寬度和種子厚度四者呈現直線迴歸關係(實際 F 值依次為 8.1973、8.0607、19.9668 和 34.5042，圖 1A、1C、2C、2E)，而種子鮮重和種子長度、種子鮮重和種子寬度二者則呈現直線至二次曲線之迴歸關係(實際 F 值依次為 27.9536、160.0141、8.9492 和 148.8825，圖 2A、2B)。

所以，種子鮮重和種子厚度會隨樣木胸徑增加而變得較重和較厚(圖 1A、1C)；種子長度與寬度會隨種子鮮重增加而呈現直線甚至二次曲線增加(圖 2A、2B)；種子厚度會隨種子鮮重和種子寬度增加而呈現直線增加(圖 2C、2E)。

結論

櫻花林木胸徑粗者所生產種子較重且大粒。

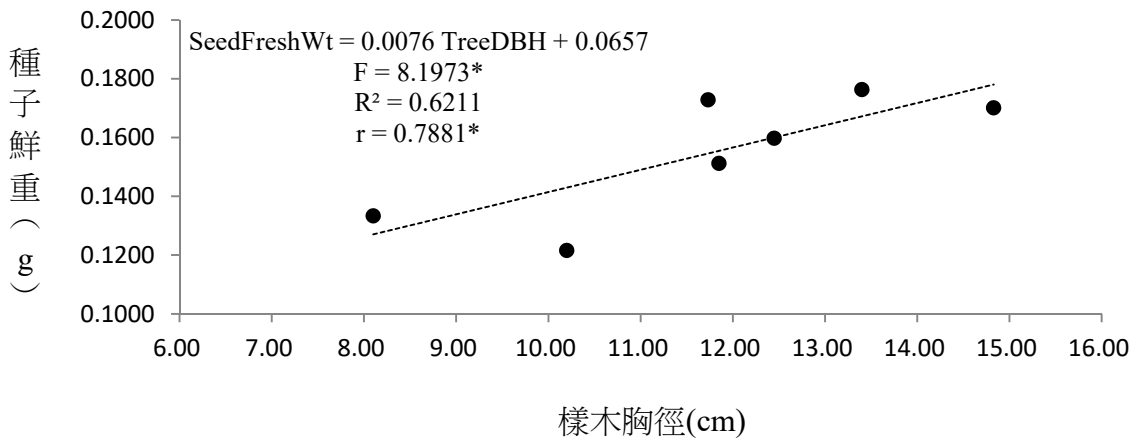
引用文獻

和田博幸 (2017) 適合溫暖地區的櫻花品種。林業試驗所 2017 年 02 月 16 日春城何處不開花—櫻花的故事研討會。

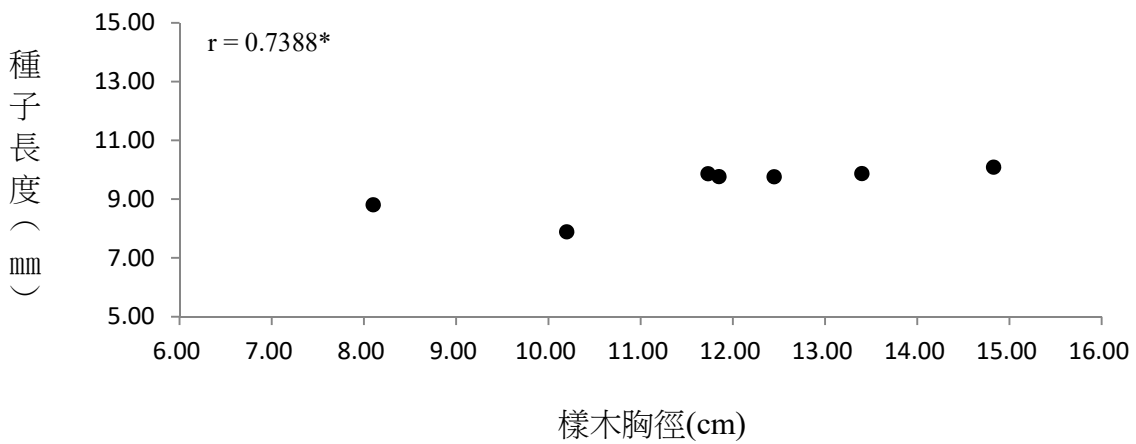
沈明來 (1996) 試驗數計學。九州圖書文物有限公司。第 79~90 頁。

鶴田誠 (2017) 鶴先生的櫻花栽培法。林業試驗所 2017 年 02 月 16 日春城何處不開花—櫻花的故事研討會。

A. 種子鮮重



B. 種子長度



C. 種子厚度

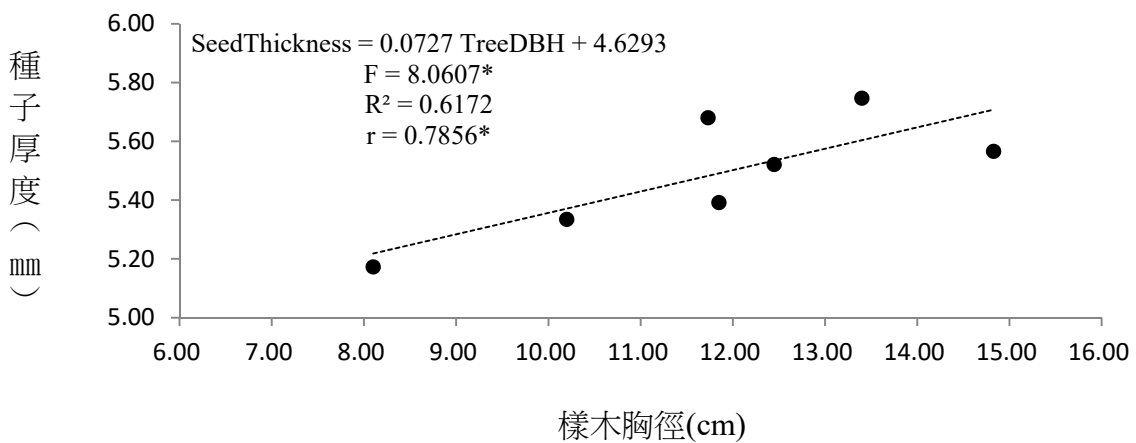
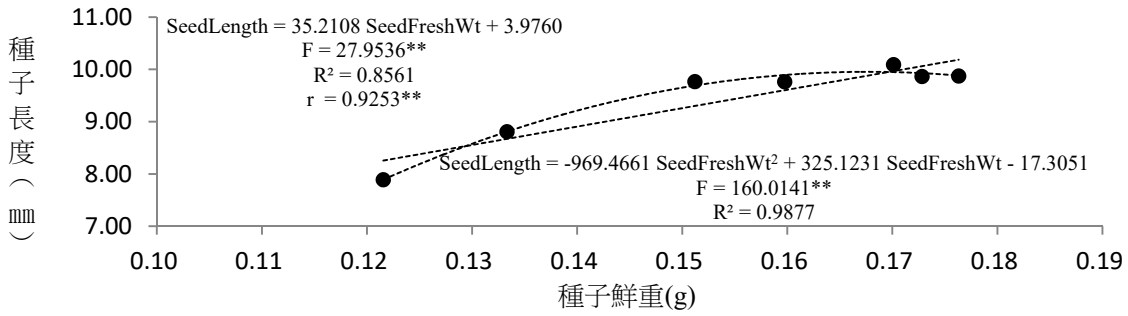
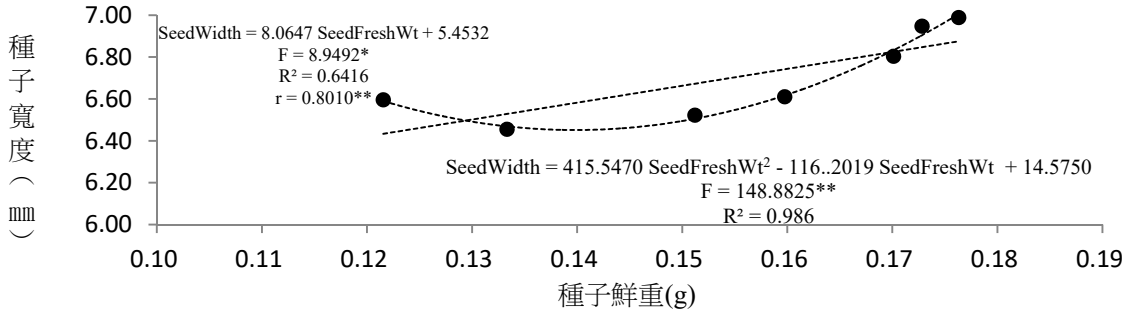


圖 1. 櫻花樣木胸徑與種子鮮重(A)、長度(B)和厚度(C)之相關係數與迴歸關係。

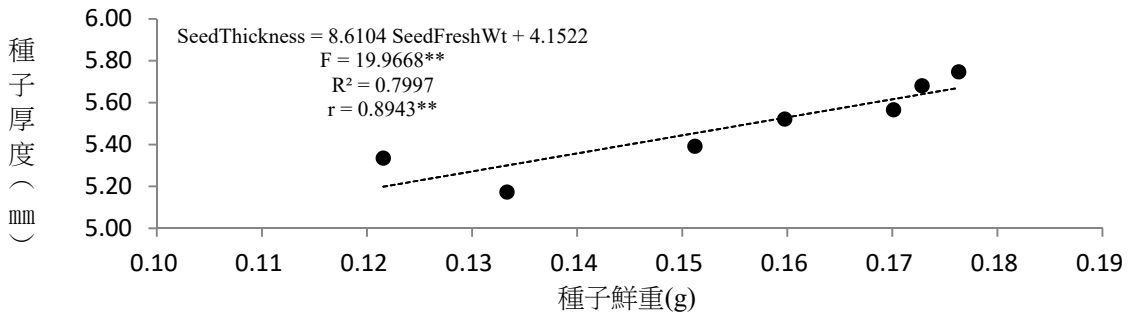
A. 種子鮮重－種子長度



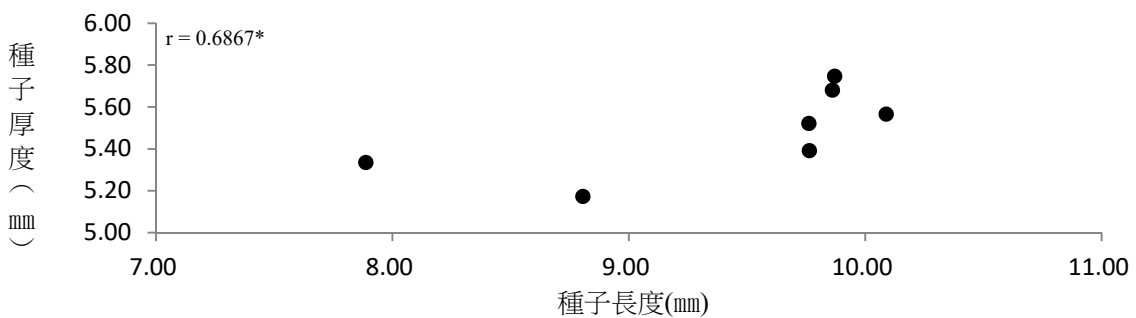
B. 種子鮮重－種子寬度



C. 種子鮮重－種子厚度



D. 種子長度－種子厚度



E. 種子寬度－種子厚度

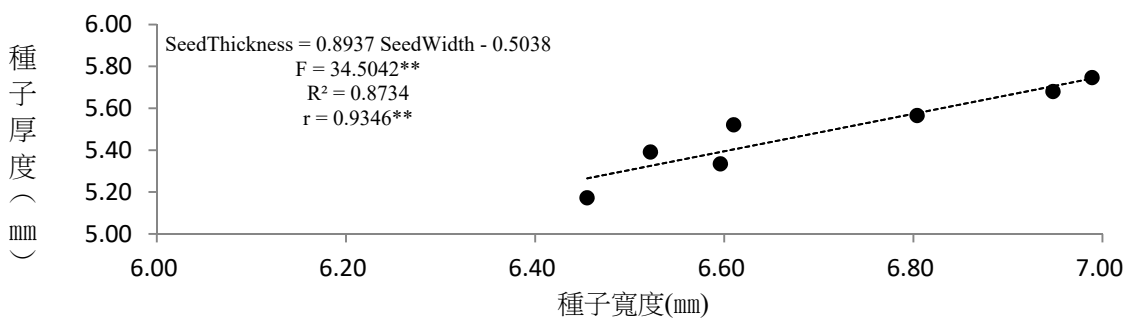


圖 2. 櫻花樣木種子特性間之迴歸關係。

疏伐小徑木於中小型生活用品上之開發及推廣

范貴珠^{1)*} 黃俊傑²⁾ 邱俊王²⁾ 張智強³⁾ 彭采宸³⁾

緒言

適時的疏伐有助於提高木材形質，而疏伐木一般皆為中小徑木，屬未成熟材，具有直徑小且節多，強度較差之缺點，不易利用；但若改善其先天之缺點或擴大其優點，提高利用的附加價值，亦可帶給營林者與木材加工業預期之效益(林翰謙等 2003，王松永等 2005，Terrance 2003，Perkins et al. 2008)。近年國內許多學者及研究單位積極進行疏伐及修枝之中小徑木之開發利用，主要係設計製作室內裝飾壁板、家具鑲板、高價工藝品及文創商品等；惟大部分需經過精確設計、繪圖、打樣、模具製作及木作加工，包括裁切、榫接、模具製作、砂磨、組裝及塗裝等作業始能完成產品(林翰謙等 2003，王培蓉等 2012、2014，王瀛生 2011、2014，李佳如等 2011a、2011b、2014、2015)。

本研究以屏東林管處之紅檜、台灣杉疏伐小徑木及桃花心木風倒木為材料，利用基本木工機具及製作流程，設計開發簡單、平價之生活用品及中小型家俱。另藉由舉行疏伐小徑木及種實創意 DIY 活動、印製宣傳摺頁及巡迴展示作品等方法，達到森林資源有效利用與推廣目的。

方法

一、中小型生活用品之設計製作

2017 年 1 月開始將已乾燥處理之木材，由森林系師生及木工廠商共同設計製作，利用帶鋸機、手壓鉋機、平鉋機、圓鋸機、手電鑽、電動砂磨機、鑽孔機及雕刻機等，設計及製作不同種類之生活用品。

二、系列家俱之設計製作

木材科學與設計系師生於本校木材加工場，以桃花心木及相思樹為主要材料，使用傳統三角榫作為連結腳材的組件，追求材料組件化、系統化，結構不上膠、不打釘及傳統榫接新用法為原則，設計可客製化且多變化的系列家俱。

¹⁾ 國立屏東科技大學森林系，91201 屏東縣內埔鄉學府路 1 號。

* 通訊作者，E-mail: fankc@mail.npust.edu.tw。

²⁾ 國立屏東科技大學木材科學與設計系，91201 屏東縣內埔鄉學府路 1 號。

³⁾ 林務局屏東林區管理處作業課，90046 屏東市民興路 39 號。

三、疏伐木及種實宣傳品之製作

以疏伐木裁切餘料及植物種實為材料，設計簡易製作之宣傳品，作為林管處推廣活動之用。

四、小徑木與種實創意作品製作

由選修本系「森林特產物開發及利用」課程同學，以疏伐小徑木搭配各種種實及自然材料，發揮創意製作獨一無二之作品，交付林管處作為展示及 DIY 活動之用。

五、疏伐小徑木與種實 DIY 推廣活動

篩選適合之植物種實配合疏伐木材料，製作磁鐵及名片座範本，並設計簡單易懂之 DIY 活動海報。上述作品經拍照及編排後，以彩色影印護貝及輸出海報，配合學校及屏東林管處舉辦 DIY 推廣活動。

六、計畫成果展發表

將計畫初步成果發表於林業試驗所舉辦之「2016 森林資源保存與利用」研討會，並於中華林學會舉行之「2016 年森林資源永續發展研討會」中以海報方式發表。

七、計畫成果展及產業鏈結展示活動

本計畫執行期間共規劃執行 3 場巡迴成果展，並結合廠商辦理 2 場產業鏈結展售活動。

八、「植物珠寶展示櫃」之佈置及撰寫解說內容

2017 年 11 月將屏東科技大學森林系館一樓走廊原有的展示櫃，佈置及展示本計畫採集之種實及植物珠寶作品，並撰寫及輸出解說內容，宣導植物種實之另類利用方式。

九、解說摺頁編寫及印刷

2017 年 10 月選擇具代表性之小徑木利用及植物珠寶作品，撰寫淺顯易懂之摺頁內容，並送廠商設計編排印刷。

結果與結論

一、本計畫之台灣杉疏伐木大部分屬於直徑 6-16 cm 之小徑木，因長期堆放造成邊材嚴重腐朽。建議未來若屬 15 cm 徑級以下之過小疏伐木，存放過久(超過 1 年)即有裂化之缺點且心材利用極低之缺點，故疏伐後應儘速標售或留置伐採現場，不宜花費運輸成本及人力從採伐現場運至平地。

二、本計畫自 2016 年 7 至 11 月共設計製作鑰匙圈組(每款 4 樣式)、杯墊組(每款 3 樣式)、咖啡濾紙架、餐盤、寵物床、小型收納盒、中型收納盒、廚房調味罐收納架、珠寶

展示架及木片書籤夾等 10 款疏伐木小型生活用品。自 2016 年 12 月至 2017 年 8 月時，設計製作高板凳、矮板凳、磁磚茶几、磁磚文件收納架、拼接麵包餐盤、浴室置物架、種實手機架、種實環氧樹脂杯墊、單孔多用途筆插組、筆插組(每款 2 樣式)、文具(牙刷)收納架、桌上或壁掛置物收納架、桌燈、小夜燈、植物栽植瓶收納架及廚房玻璃瓶小物收納架等 18 款疏伐木中小型生活用品及 1 組大型組合收納櫃(圖 1)。



圖 1. 疏伐小徑木製作之生活用品

三、以桃花心木及相思樹為材料，考慮整體系列的統一、環保綠能、有效利用材料、市場消費需求、空間機能性與家具可塑性，設計造型相對簡潔、視覺比例和諧、產品色彩統一及東方風味為主之邊櫃、單人床、衣櫃、書桌及單椅等 5 件「舒樂青年生活系列」家具(圖 2)。



邊櫃(桃花心木、相思樹)



單人床(桃花心木)



單人衣櫃(桃花心木)



單人書桌(桃花心木)



單人椅(桃花心木)

圖 2. 舒樂青年生活系列家具

四、設計製作台灣杉疏伐木鑰匙圈 100 個、台灣杉杯墊 50 個、種實書籤夾 50 個、種實鑰匙圈 50 個、小型收納盒 30 個及中型收納盒 20 個，作為林管處作活動宣傳之用。

五、於屏東科技大學校內及校外共舉辦 17 場小徑木與種實 DIY 活動，已遠超過計畫合約內容所列之 2 場次，此為本計畫最繁瑣且耗時費力之工作項目；惟由活動之結果可知，若舉辦時間為假日且開放一般民眾參與之場次，不分年齡層及性別參與情形均非常熱烈。建議未來可以在轄區森林遊樂區或平地森林園區，編列經費由專人負責定期舉辦此類活動，推廣小徑木及種實之另類利用方式。

六、於屏科大圖書館、林後四林平地森林園區及墾丁森林遊樂區等地，辦理計畫成果巡迴展示及國產材利用推廣活動；另初步媒合廠商以疏伐小徑木設計製作日常生活用品，由本系學生協助現場解說推廣及試售，因此參觀及選購產品之遊客相當多，達到推廣國產材之目的。

七、以計畫成果發表、設計 DIY 海報及小徑木與種實創意作品、校內設置「植物珠寶展

示櫃」等方式，編排印刷「疏伐小徑木於日常生活用品之開發與利用」及「植物珠寶—另類森林經濟—森林種實創意利用」2種摺頁各500份等，將計畫成果廣為宣傳推廣，讓大眾瞭解森林資源之多元利用價值。

引用文獻

- 王松永、張豐承、李怡貞、楊賜霖、林法勤 (2005) 柳杉疏伐木有效利用之探討。國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林研究報告 19(4): 293-300。
- 王培蓉、賴廷鴻、孫銘源 (2012) 消費造林：以小徑材與枝梢材產品做為平地造林推手。林業研究專訊 19(3): 33-36。
- 王培蓉、孫明源、蘇文清 (2014) 以小徑木與枝梢材利用做為環境補償之替代性策略。林業研究專訊 21(6): 21-24。
- 王瀛生 (2011) 綠色造林樹種潛在利用價值。林業研究專訊 18(2): 43-48。
- 王瀛生 (2014) 平地造林木之文創產品開發。林業研究專訊 21(6): 15-20。
- 李佳如、莊閔傑、蔡明哲、王亞男、陳啟雄 (2011a) 利用疏伐木開發具臺大實驗林特色之木製紀念品 (I) —相框、文具組及面紙盒。臺大實驗林研究報告 25(1): 33-42。
- 李佳如、莊閔傑、莊玉慧、蔡明哲、王亞男、陳啟雄 (2011b) 利用疏伐木開發具臺大實驗林特色之木製紀念品(II)—茶盤、盤架及調味罐。臺大實驗林研究報告 25(3): 201-213。
- 李佳如、鄭森松、蔡明哲、張上鎮、莊閔傑 (2014) 利用國產材疏伐木開發具傳統榫接特色之文創商品(I)。臺大實驗林研究報告 28(4): 259-277。
- 李佳如、鄭森松、蔡明哲、張上鎮、莊閔傑 (2015) 利用國產材疏伐木開發具傳統榫接特色之文創商品(II)。臺大實驗林研究報告 29(2): 91-108。
- 林翰謙、黃金城、張義雄、黃俊傑、王瓊華 (2003) 柳杉疏伐木多階段利用創作之評估。台灣林業 29(6): 34-39。
- Perkins B, Smith B, Araman P. (2008) Analyzing the feasibility of utilizing small diameter hardwood timber for solid wood products and residues. General Technical Report SRS-111. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. 6p.
- Terrance JL. (2003) Potential Value-added Products from Wildfire Fuel Mitigation Projects in Eastern Virginia. Resource Conservation and Development Forester Virginia Department of Forestry, Tidewater Resource Conservation and Development Council,

United States Forest Service, Economic Action Program, Southern Region. 37p.

山胡椒種子發芽再探討

陳舜英^{1)*} 簡慶德²⁾ 吳濟琛²⁾

緒言

山胡椒(*Litsea cubeba* (Lour.) Persoon)，別名山雞椒、山蒼樹，泰雅族稱「馬告」，樟科(Lauraceae)木薑子屬，落葉小喬木，但在低海拔山胡椒有落葉不明顯的現象。臺灣產山胡椒生長在海拔 300-2200m 闊葉樹林中，常散生於林道邊坡、崩塌地、河床沖積地，尤其當颱風過後所產生的森林孔隙地或伐採跡地，可見到小苗大量發生，推測種子在林下已有一段時間，經由天然層積逐漸解除休眠，一旦產生孔隙，陽光進入林內，種子發芽，小苗生長，或種子在林下已經發芽，等待陽光生長。山胡椒成熟果含有豐富的精油，其組成成分中以刺激性薑辣香味檸檬醛(citral)之異構物(isomers)，橙花醛(neral)和香葉醛(geranial)含量較多(林天書 1983)。Liao 等人(2015)進一步研究發現，橙花醛和香葉醛具有極佳的抗發炎活性。另外，Chen 等人(2012)研究山胡椒果實萃取之精油，可延長小鼠睡眠的時間，且具有抗憂鬱和抗焦慮的作用。山胡椒為原住民傳統常使用的香料，近年來逐漸普及至民間，市場上已有將果實乾燥後裝罐販售。

為山胡椒育苗栽種，林試所於 15 年前開始進行山胡椒種子發芽研究，我們發現山胡椒種子播種後需要長時間的等待，才會開始發芽，有生理的休眠性(physiological dormancy)，可用低溫 5°C 層積處理提高種子發芽率和發芽速度。此外，利用其他處理方法，以加速解除山胡椒種子的休眠，是我們努力的目標。

方法

一、種子採集和處理

山胡椒果實成熟期約 8-9 月，呈黑褐色(圖 1)，每年採集的果實大小差異大，種子每公升粒數 18,050-27,750 粒，種子含水率 6.4-11.2%。本研究為進行各項處理試驗，於 2011-2012 年自林業試驗所蓮華池研究中心林地採收大量山胡椒種子。山胡椒成熟果採收後先將果肉洗掉，移除浮於水面的空粒種子，沉水種子陰乾一個晚上後放入 5°C 冷藏

¹⁾ 行政院農業委員會林業試驗所蓮華池研究中心，55543 南投縣魚池鄉五城村華龍巷 43 號。

* 通訊作者，E-mail: sychen@tfri.gov.tw。

²⁾ 行政院農業委員會林業試驗所育林組，10066 臺北市中正區南海路 53 號。

室備用。果肉如未去除，將會延長種子發芽時間。



圖 1. 山胡椒成熟果(左)(林仁瀚 攝)及種子(右)。

二、種子發芽試驗

種子發芽試驗使用的介質是濕水苔(moist sphagnum moss)，購買的乾水苔在使用前先浸泡清水 2 小時，擠乾後再用清水沖洗 2 次及挑除雜質，最後將濕水苔用手擰乾，切成碎片使用。所有發芽試驗的光照條件為每天光照 12 小時，另 12 小時無光照，24 小時為一循環。每星期檢查紀錄一次種子發芽粒數，並將發芽的種子挑出來。種子平均發芽率(%)是根據胚根已突破種皮，長度 $\geq 2\text{mm}$ 之發芽種子數量與發芽試驗總數量計算獲得。利用 Excel 軟體取得發芽率平均值和標準誤差，此平均發芽率是 3 重複的平均值。種子發芽速度以 T_{20} 或 T_{50} 表示之，即種子發芽率達到 20%或 50%時所需的天數(Soltani et al. 2015)。

為了解不同變溫對新鮮種子發芽的影響，將種子發芽箱設定為日/夜變溫 30/20°C、30/15°C、30/5°C、25/15°C、20/10°C、15/5°C與定溫 25°C。每個處理 25 粒或 50 粒(依採收的數量多寡而定)，3 重複。2011 年採收的新鮮種子浸泡 2500 μM GA₃ 或 GA₄ 溶液內 24 小時，發芽溫度 25/15°C，同樣的每個處理 25 粒 3 重複。

5°C濕層積處理則是將種子與濕水苔混合後放入有封口的 PE 袋內，放進低溫 5°C分別層積處理 1、3、5 和 7 個月，然後取出進行發芽試驗，發芽溫度為 25/15°C。

為探討 H₂O₂(過氧化氫)處理對山胡椒種子發芽的影響，新鮮種子用 15% H₂O₂ 處理 30 分鐘，然後用清水沖洗數次，分別置於 30/20°C、30/15°C和 25/15°C進行發芽試驗。另一試驗使用 5°C層積後的種子，同樣用 15% H₂O₂ 處理，但處理時間縮短至種皮有破裂聲立即取出(約 20 分鐘)，然後用清水沖洗數次，放置於 25/15°C進行發芽試驗。

結果與討論

一、2011 年採集的山胡椒新鮮種子，在 30/20°C 變溫下發芽率可達 96%，30/15°C 發芽率 80%，25/15°C 和 20/10°C 發芽率分別也有 50% 和 58%，而 15/5°C 變溫和 25°C 定溫種子發芽率，播種 74 週後仍為 0% (表 1-1)。然而，山胡椒種子播種後發芽速度緩慢，例如在 30/20°C 變溫下，種子發芽率達到 20% 的天數需要 243 天，達到 50% 需要 325 天(表 1-1)。2012 年採集的新鮮種子在 30/20°C 的發芽率 20%，30/15°C 發芽率 34%，25/15°C 發芽率 46%，20/10°C 發芽率 31%，15/5°C 發芽率 11%，而變溫 30/5°C 和定溫 25°C 種子發芽率分別為 2.7% 和 0% (表 2-1)。同樣地，2012 年採集的種子發芽速度也是緩慢的。

表 1-1. 溫度對山胡椒新鮮種子之發芽效應

採收地點	發芽溫度(°C)	發芽率(%)	T ₂₀ (天)	T ₅₀ (天)
林業試驗所蓮華池研究中心 (2011 年採)	30/20	96.0±5.7	243	325
	30/15	80.0±14.2	185	254
	25/15	50.3±16.8	219	414
	20/10	58.7±16.8	367	417
	15/5	0	—	—
	25	0	—	—

表 2-1. 溫度對山胡椒新鮮種子之發芽效應

採收地點	發芽溫度(°C)	發芽率(%)	T ₂₀ (天)
林業試驗所蓮華池研究中心 (2012 年採)	30/20	20.7±12.7	250
	30/15	34.0±12.3	143
	30/5	2.7±1.9	—
	25/15	46.7±9.0	140
	20/10	31.3±14.6	298
	15/5	11.3±9.0	—
25	0	—	

二、5°C 低溫層積處理能加速山胡椒種子發芽。表 1-2 結果顯示，相較於沒有低溫層積處理的對照組，低溫層積 3 個月，種子發芽率達 20% 時所需的天數從 219 天縮短至 126 天，發芽率達 50% 所需的天數從 414 天縮短至 217 天，而種子發芽率雖然從 50.3% 增加至 66.7%，但無顯著差異。表 2-2 亦顯示 5°C 層積處理 3 個月或以上，不但能加速種子發芽，且種子開始發芽時間提前。例如，種子經 5°C 層積 5 個月，種子發芽率達 20% 天數可從 140 天縮短至 50 天，且種子 4 週後開始發芽，而沒有層積處

理的種子需等到 10 週後才開始(資料未顯示)。因此，山胡椒種子在低溫 5°C 層積處理下能提早發芽且發芽加速。

表 1-2. 不同的處理方法對山胡椒種子之發芽效應

採收地點	處理方法 ^a	發芽率(%)	T ₂₀ (天)	T ₅₀ (天)
林業試驗所蓮華池研究中心 (2011 年採)	5°C 層積 3 個月	66.7±5.0	126	217
	2500µM GA ₃	56.0±3.3	210	344
	2500µM GA ₄	76.0±11.8	145	282
	磨破種皮 ^b	12.0±11.3	—	—
	25/15°C(對照組)	50.3±16.8	219	414

^a 種子處理後放入 25/15°C 發芽箱發芽

^b 磨破種皮易受菌類感染而發霉腐爛

表 2-2. 5°C 層積處理對山胡椒種子之發芽效應

採收地點	處理方法 ^a	發芽率(%)	T ₂₀ (天)	T ₅₀ (天)
林業試驗所蓮華池研究中心 (2012 年採)	5°C 層積 1 個月	34.7±12.3	156	—
	5°C 層積 3 個月	42.7±21.0	105	—
	5°C 層積 5 個月	63.3±2.5	50	103
	5°C 層積 7 個月	42.7±8.4	35	—
	25/15°C(對照組)	46.7±9.0	140	—

^a 種子處理後放入 25/15°C 發芽箱發芽

三、試驗激勃素 GA₃ 和 GA₄ 處理對山胡椒種子的發芽效果，表 1-2 顯示，激勃素 GA₄ 能增加種子的發芽速度和發芽率，且較 GA₃ 效果佳。由於低溫層積處理需要長久的時間，因此，未來可考慮用激勃素 GA₄ 處理，以加快種子發芽。

四、為瞭解過氧化氫(H₂O₂)處理對山胡椒種子的發芽效應，使用 15% H₂O₂ 處理 30 分鐘，結果如表 2-3。種子在 25/15°C 發芽溫度下，過氧化氫處理能稍微縮短發芽天數，但種子發芽率除了 25/15°C 有增加外，其他 2 個溫度在統計上並無顯著的差異。另外，考慮山胡椒硬種皮問題，將新鮮種子磨破處理，結果容易傷到胚，導致種子發霉，發芽率低(表 1-2)。

五、5°C 低溫層積和 15% H₂O₂ 組合處理結果如表 2-4，最佳的組合方法是種子先層積 3 個月，取出後再用 15% H₂O₂ 處理。若低溫層積處理超過 3 個月以上(如 5 個月和 7 個月)，再用 15% H₂O₂ 處理，其效果沒有 3 個月低溫層積和 15% H₂O₂ 組合處理來得好，但開始發芽時間隨著層積處理時間延長而縮短，如 7 個月層積處理於第 3 週開始發芽。

表 2-3. 15% H₂O₂ 處理對山胡椒種子之發芽效應^a

採收地點	發芽溫度(°C)	發芽率(%) ^b	T ₂₀ (天)	T ₅₀ (天)
林業試驗所蓮 華池研究中心 (2012 年採)	30/20	33.3±6.6 (20.7±12.7)	185 (250)	—
	30/15	40.7±10.9 (34.0±12.3)	126 (143)	—
	25/15	68.0±9.9 (46.7±9.0)	131 (140)	172 —

^a 種子先用 15% H₂O₂ 處理 30 分鐘，沖洗後放入不同溫度的發芽箱發芽

^b 括弧內數據為對照組，沒有用 15% H₂O₂ 處理

表 2-4. 5°C 層積與 15% H₂O₂ 組合處理對山胡椒種子之發芽效應

採收地點	處理方法 ^a	發芽率(%)	T ₂₀ (天)	T ₅₀ (天)
林業試驗所蓮 華池研究中心 (2012 年採)	15% H ₂ O ₂	68.0±9.9	131	172
	5°C 層積 1 個月 + 15% H ₂ O ₂	57.3±8.2	120	252
	5°C 層積 3 個月 + 15% H ₂ O ₂	59.3±5.2	56	140
	5°C 層積 5 個月 + 15% H ₂ O ₂	52.0±2.8	99	168
	5°C 層積 7 個月 + 15% H ₂ O ₂	52.0±5.9	70	142

^a 種子處理後放入 25/15°C 發芽箱發芽

結論

山胡椒新鮮種子利用 5°C 低溫層積處理 5 個月，可稍微解除種子的生理休眠，提高種子發芽率和發芽速度。5°C 低溫層積 3 個月，接著再用 15% H₂O₂ 處理 20 分鐘，也能提早種子發芽，而且發芽較為集中。單獨使用激勃素 GA₄ 處理，可加快種子發芽，但效果沒有 5 個月的低溫層積或 3 個月低溫層積+H₂O₂ 組合處理好。最後，建議將上述 3 種試驗方法進行組合處理，如前述低溫層積+H₂O₂ 外，低溫層積+GA₄、低溫層積+H₂O₂+GA₄，都能有效地增加種子發芽率和發芽速度，而且可縮短低溫層積處理的時間。

引用文獻

林天書 (1983) 山胡椒不同採集時期精油含量及其成分差異之研究。台灣省林業試驗所試驗報告第 398 號。

Chen CJ, Tseng YH, Chu FH, Wen TY, Cheng WW, Chen YT, Tsao NW, Wang SY. (2012) Neuropharmacological activities of fruit essential oil from *Litsea cubeba* Persoon.

Journal of Wood Science 58: 538-543.

Liao PC, Yang TS, Chou JC, Chen J, Lee SC, Kuo YH, Ho CL, Chao LKP. (2015)

Anti-inflammatory activity of neral and geranial isolated from fruits of *Litsea cubeba*

Lour. Journal of Functional Foods 19: 248-258.

Soltani E, Ghaderi-Far F, Baskin CC, Baskin JM. (2015) Problems with using mean

germination time to calculate rate of seed germination. Australian Journal of Botany 63:

631-635.

六龜地區臺灣山茶之管理策略暨植物組成結構

陳永修^{1)*} 林文智¹⁾ 周富三¹⁾ 龔冠寧¹⁾

緒言

臺灣山茶(*Camellia sinensis* (Masamune et Suzuzki) M. H. Su, C. F. Hsieh et C. H. Tsou)，為山茶科(Theaceae)山茶屬(*Camellia*)植物，常綠小喬木，高可達 8 m，樹幹胸高直徑可達 40 cm，主要分布於臺灣中低海拔(700-1,650 m)山區，臺灣植物紅皮書編輯委員會(2017)將此種評定為接近威脅(Near threatened, NT)的等級。由於近來野生山茶的名號在市場上非常響亮，市場行情約新臺幣 5,000-6,000 元/斤的價格，在六龜地區不時傳出臺灣山茶遭盜採、鋸斷的情形發生，如何有效管理與防制類似的情形發生，成為了我們必需面對的難題，期盼透過標售野生山茶的試辦計畫，進行最適經營管理方法之建議。

茶葉改良場曾經對野生臺灣山茶的族群展開調查工作，何信鳳和王兩全(1984)於日月潭、鳳凰山及南鳳山地區進行調查，指出目前臺灣野生茶樹保持完整的地區有眉原山及南鳳山，生長環境在海拔 600-1,500 m 左右山區，南鳳山野生茶樹保護區內茶樹每公頃有 167 株，幹圍集中在 25-45 cm，為臺灣山茶分布最為集中之地區，此處正為林業試驗所六龜研究中心所轄管之第 2、4、7、10 等林班。

為永續經營管理珍貴的天然資源，於六龜試驗林第 7 林班設置 1 個永久樣區，調查樣區內臺灣山茶及其他木本植物，藉以了解臺灣山茶的族群結構，並持續監測幼苗之天然更新及後續生長情況。

方法

一、標售效益統計

由過去 7 年(2011-2017)六龜野生山茶標售試辦計劃之標售金額、採收量及茶葉市價等紀錄，進行統計與相關議題討論；採收量之預估參考周富三等(2012)，在集中茶區內約 17.32 斤/公頃的茶菁產量進行換算，2011-2014 年開放標售地區約 60 公頃集中茶區，2015-2017 則為 90 公頃的集中茶區。(表 1)

¹⁾ 行政院農業委員會林業試驗所六龜研究中心，84443 高雄市六龜區中興里中庄 198 號。

* 通訊作者，E-mail: cyh@tfri.gov.tw。

表 1. 2011-2017 六龜臺灣山茶標售價格、採收量暨市價統計

年度	標售金額 (元)	預估量 (斤)	採收量 (斤)	茶葉成品 (斤)	市價(元)	採收量(斤)
2011	483,000	1,039	1,002	223	801,600	市價 3,600 元/斤
2012	255,000	1,039	1,028	228	913,778	市價 4,000 元/斤
2013	328,888	1,039	1,424	316	1,265,778	市價 4,000 元/斤
2014	165,000	1,039	833	185	740,444	市價 4,000 元/斤
2015		1,558	1,833	407	2,036,667	市價 5,000 元/斤
2016	1,322,000	1,558	2,400	533	2,666,667	2015-2017 為 3 年契約
2017		1,558	3,118	693	3,464,444	

註：茶葉成品(斤)=採收量(斤)÷4.5；一斤茶葉成品需要 4.5 斤的茶青製成。

二、樣區設置暨調查

2018 年 3 月於六龜試驗林第 7 林班設置 1 個 1 ha (100×100 m)的永久樣區(2531084N, 221617E)，由 100 個 10×10 m 的方格組成，每個方格再劃分成 4 個 5×5 m 的調查紀錄單位。此樣區中心點位置的海拔高度 1,600 m，坡向 135 度，平均坡度 15 度。樣區內胸高直徑達 1cm 以上的樹木給予編號，並記錄名稱、胸高直徑(DBH)與相對位置，依據種類與數量來計算樣區內樹木的重要值指數，做為植物社會組成與結構的基本資料，統計每個徑級臺灣山茶及其小苗的數量來了解其族群結構。

三、重要值介量

植物社會介量之計算採用 Wisconsin 學派常用的重要值指數(Important Value Index, IVI) (Curtis and McIntoch 1950)計算，IVI 值為一合成介量，即是相對密度與相對優勢度總和的平均值，以百分率表示，其計算公式為：

$$IV \text{ 值} = Rdi \%(\text{相對密度}) + Rdoi \%(\text{相對優勢度})$$

$$Rdi \%(\text{相對密度}) = (\text{某一樹種之株數}/\text{樣區中所有樹種株數之總和}) \times 100$$

$$Rdoi \%(\text{相對優勢度}) = (\text{某一樹種之胸高斷面積}/\text{樣區中所有樹種胸高斷面積之總和}) \times 100$$

結果與結論

一、臺灣山茶標售效益分析

經實際的採收統計，茶採收量與預估值誤差比例最高可達 100%，能提供得標廠商採收的量體仍無法準確預測，每年茶樹生長受到雨量、溫溼度等天候因素影響，新芽生長約 60-75 天，而目前僅開放採收期約 30-45 天，廠商採收受限於時間及人力等因素，無法將茶菁完全採獲，若能於採摘期間避免茶樹主體受到破壞，並且評估以定期休養的

方式進行標售，使得臺灣山茶能有休養生息的機會，亦能提供當地就業機會與收入，同時避免莠民盜採濫伐的情形發生，創造單位、民眾及臺灣山茶三贏的局面。2018 年暫停標售，俟 2019 重啟標售計畫後，再行評估臺灣山茶茶菁產量所受影響之變化。

二、臺灣山茶植物社會樹木組成

永久樣區內胸高直徑達 1 cm 以上的樹木有 3,503 株，由 46 種樹木組成。樣區的樹木組成及重要值如表 2 所示，重要值前 10 種的總和佔 82.44%，分別為小葉樹杞(*Ardisia quinquegona*, 17.86%)、瓊楠(*Beilschmiedia erythrophloia*, 12.8%)、臺灣山茶(*Camellia formosensis*, 9.98%)、長尾尖葉槠(*Castanopsis cuspidata*, 9.83%)、長葉木薑子(*Litsea acuminata*, 9.61%)、假長葉楠(*Machilus japonica*, 5.99%)、細刺苦槠(*Castanopsis kusanoi* 4.69%)、香桂(*Cinnamomum subavenium*, 4.27%)、小西氏賽楠(*Machilus konishii*, 4.2%)、變葉新木薑子(*Neolitsea aciculata*, 3.21%)。在重要值前 10 名的樹種之中，除了小葉樹杞與臺灣山茶外，其餘都屬於樟科及殼斗科的樹種，顯示此樣區是屬於典型楠槠林帶(Su 1985)的植物社會。

表 2. 臺灣山茶植物社會樹木組成的重要值

中名	學名	株數	相對 密度	優勢度	相對 優勢度	IV 值
小葉樹杞	<i>Ardisia quinquegona</i>	1180	33.70	11648.76	2.03	17.86
瓊楠	<i>Beilschmiedia erythrophloia</i>	381	10.88	84364.20	14.73	12.80
臺灣山茶	<i>Camellia formosensis</i>	629	17.96	11497.67	2.01	9.98
長尾尖葉槠	<i>Castanopsis cuspidata</i>	58	1.66	103170.60	18.01	9.83
長葉木薑子	<i>Litsea acuminata</i>	283	8.08	63799.36	11.14	9.61
假長葉楠	<i>Machilus japonica</i>	73	2.09	56724.01	9.90	5.99
細刺苦槠	<i>Castanopsis kusanoi</i>	53	1.51	45027.44	7.86	4.69
香桂	<i>Cinnamomum subavenium</i>	62	1.77	38793.99	6.77	4.27
小西氏賽楠	<i>Machilus konishii</i>	97	2.77	32297.62	5.64	4.20
變葉新木薑子	<i>Neolitsea aciculata</i>	129	3.68	15699.00	2.74	3.21
杏葉石櫟	<i>Lithocarpus amygdalifolius</i>	25	0.71	29185.66	5.09	2.90
小芽新木薑子	<i>Neolitsea parvigemma</i>	103	2.94	13677.76	2.39	2.66
狗骨仔	<i>Tricalysia dubia</i>	108	3.08	3635.12	0.63	1.86
杜英	<i>Elaeocarpus sylvestris</i>	29	0.83	11288.28	1.97	1.40
大葉石櫟	<i>Pasania kawakamii</i>	31	0.89	10385.70	1.81	1.35
猴歡喜	<i>Sloanea formosana</i>	10	0.29	9421.34	1.64	0.97
鵝掌柴	<i>Grammitis adspersa</i>	13	0.37	7740.81	1.35	0.86
烏心石	<i>Michelia compressa</i>	14	0.40	5222.61	0.91	0.66
臺灣糊樗	<i>Ilex ficoidea</i>	34	0.97	1942.25	0.34	0.66
福建賽衛矛	<i>Microtropis fokiensis</i>	42	1.20	395.79	0.07	0.63
錐果櫟	<i>Cyclobalanopsis longinux</i>	7	0.20	2711.63	0.47	0.34

表 2. 臺灣山茶植物社會樹木組成的重要值(續)

中名	學名	株數	相對密度	優勢度	相對優勢度	IV 值
黃杞	<i>Engelhardia roxburghiana</i>	3	0.09	3016.12	0.53	0.31
楊桐葉灰木	<i>Symplocos congesta</i>	20	0.57	184.39	0.03	0.30
臺灣灰木	<i>Symplocos formosana</i>	19	0.54	224.75	0.04	0.29
粗毛柃木	<i>Eurya strigillosa Hayata</i>	13	0.37	1012.11	0.18	0.27
小花鼠刺	<i>Itea parviflora</i>	9	0.26	1361.72	0.24	0.25
長花厚殼樹	<i>Ehretia longiflora</i>	2	0.06	2378.63	0.42	0.24
銳脈木薑子	<i>Litsea acutivena</i>	10	0.29	723.95	0.13	0.21
墨點櫻桃	<i>Prunus phaeosticta</i>	5	0.14	1509.81	0.26	0.20
琉球雞屎樹	<i>Lasianthus fordii</i>	11	0.31	11.41	0.01	0.16
香葉樹	<i>Lindera communis</i>	1	0.03	1332.49	0.23	0.13
紅葉樹	<i>Helicia cochinchinensis</i>	3	0.09	882.66	0.15	0.12
山羊耳	<i>Symplocos glauca</i>	6	0.17	358.32	0.06	0.12
大葉木樨	<i>Osmanthus matsumuranus</i>	6	0.17	307.56	0.05	0.11
薄葉柃木	<i>Eurya leptophylla</i>	7	0.20	99.11	0.02	0.11
圓葉雞屎樹	<i>Lasianthus wallichii</i>	5	0.14	11.32	0.01	0.07
賊仔樹	<i>Tetradium glabrifolium</i>	1	0.03	498.51	0.09	0.06
米碎柃木	<i>Eurya chinensis</i>	3	0.09	114.03	0.02	0.05
白匏子	<i>Mallotus paniculatus</i>	3	0.09	94.78	0.02	0.05
細枝柃木	<i>Eurya loquaiana</i>	3	0.09	50.37	0.01	0.05
山龍眼	<i>Helicia formosana</i>	3	0.09	46.79	0.01	0.05
華八仙	<i>Hydrangea chinensis</i>	3	0.09	33.76	0.01	0.05
山枇杷	<i>Eriobotrya deflexa</i>	2	0.06	31.86	0.01	0.03
灰背葉紫珠	<i>Callicarpa hypoleucophylla</i>	1	0.03	14.52	0.01	0.02
月桂葉灰木	<i>Symplocos wikstroemiiifolia</i>	1	0.03	3.46	0.01	0.02
高氏木樨	<i>Osmanthus kanoi</i>	1	0.03	1.77	0.01	0.01
總和(Total)		3502	100	572933.7	100	100

小葉樹杞(1,180 株)與臺灣山茶(629 株)的相對密度分別高達 33.7%及 17.96%，然而其相對優勢度卻分別只有 2.03%及 2.01%，原因是此兩種樹種皆為小喬木。長尾尖葉槭與瓊楠的相對優勢度分別高達 18.01%及 14.73%，原因是此兩種樹種皆為大喬木，擁有胸高直徑超過 100 cm 以上的植株，並成為此植物社會最優勢的樹木。

三、臺灣山茶的族群結構

永久樣區內胸高直徑達 1 cm 以上的臺灣山茶有 629 株，小苗有 394 株，臺灣山茶在最小徑級內有最多的個體數，隨著徑級增加個體數逐漸減少，徑級結構分佈呈反 J 形(圖 1)。此類結構的族群有良好的更新繁殖狀況及連續的世代替補(good reproduction and recruitment) (Bongers et al. 1988)。胸高直徑超過 10 cm 的臺灣山茶僅有 2 株，雖然臺灣山

茶更新繁殖的補充相當良好，但植株要存活至百年茶樹並不容易，推測與茶樹恐受到茶天牛及其他病蟲害影響，使得生長較為緩慢的臺灣山茶不易見大樹於森林之中。

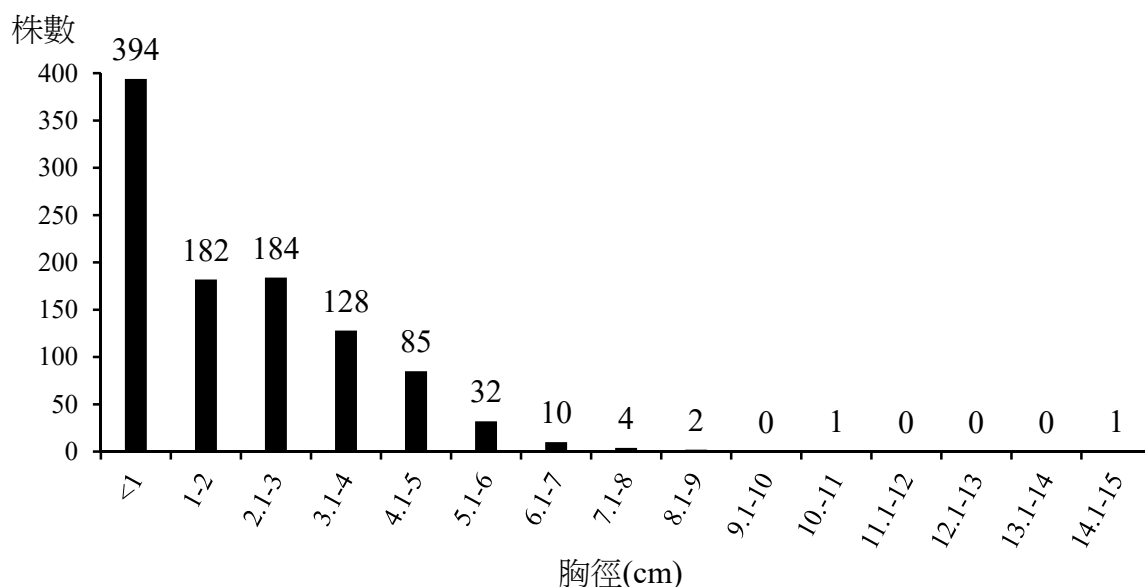


圖 1. 臺灣山茶徑級分佈圖

引用文獻

何信鳳、王兩全 (1984) 臺灣野生茶樹之蒐集。臺灣茶葉研究彙報 3: 133-155。

周富三、孫銘源、游漢明 (2012) 六龜試驗林野生山茶產量及產值之評估。林業研究專訊 19(4): 50-52。

鄭混元、范宏杰、陳信言、陳惠藏 (2003) 臺東永康山野生茶樹調查及復育與製茶品質之研究。臺灣茶葉研究彙報 22: 1-16。

Bonger F, Popma J, Castillo JM, Catabias J. (1988) Structure and floristic composition of the lowland rain forest of Los Tuxtlas, Mexico. *Vegetatio* 74: 55-88.

Curtis JT, McIntosh RP. (1950) The inter-relations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. *Ecology* 31: 434-55.

Huang TC (Chief Editor) (1993-2000) Flora of Taiwan, 2nd ed. Vols. 1-5. Editorial Committee, Department of Botany, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

Su HJ. (1985) Studies on the climate and vegetation types of the natural forest in Taiwan. (III) A scheme of geographical climatic regions. *Quart. Journ. Chin. For.* 18(3): 33-44.

Su MH, Tsou CH, Hsieh CF. (2007) Morphological Comparisons of Taiwan Native Wild Tea Plant (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze forma *formosensis* Kitamura) and Two Closely Related Taxa Using Numerical Methods. *Taiwania* 52(1): 70-83.

Su MH, Hsieh CF, Tsou CH. (2009) The confirmation of *Camellia formosensis* (Theaceae) as an independent species based on DNA sequence analyses. *Botanical Studies* 50: 477-485.

多納林道崩塌地的演替序列

陳永修¹⁾ 林文智¹⁾ 周富三^{1)*}

緒言

臺灣的山坡極易發生地滑(landslide)的現象，形成崩塌地的景觀，通常是受到地震、颱風帶來的豪雨等自然因素影響。2009 年 8 月 8 日，莫拉克(Morakot)颱風帶來的強風豪雨對臺灣本島造成嚴重的災難，特別是中南部地區，位於臺灣西南部的林業試驗所六龜研究中心，轄區內 3 條主要林道(扇平林道、鳳崗林道、多納林道)同時遭到莫拉克颱風的重創，造成多處的斷裂與崩塌，這些裸露的崩塌地隨著時間自然演替，已經逐漸恢復到被森林覆蓋的綠色景觀。

研究森林動態(forest dynamics)的主要目的在記錄森林組成與結構隨時間變化的過程(succession)，並且要將此變化過程模式化(models)。因此，植群生態學家會想要了解一個植物社會或一個林業經營單位(stand)之組成及結構如何隨時間變化(Korb and Ranker 2001, McCune and Cottam 1985, Tanouchi and Yamamoto 1995, Pickett et al. 2013)。Pickett and Cadenasso (2005)提出研究演替的方法可分為永久樣區法(permanent plot)和空間取代法(space-for-time substitution)兩種，永久樣區法是設置一塊大面積的樣區，長期監測森林植物組成及結構的變化，然而這通常都需要相當長的時間才能看出其變化；空間取代法則是尋找不同空間分布但環境相似的生育地，卻有不同發育階段的森林，希望以空間來換取時間的因子，排列出植物社會演替的軌跡(successional trajectory)，來了解整個森林演替的過程。因此，本研究採取空間取代法，尋找多納林道崩塌地周圍發育時間不同的森林，排列出此區域森林演替的過程。

方法

本試驗的崩塌地位於多納林道 8.7 K 處，海拔高度介於 900-1200 m，坡向 65 度，平均坡度 25 度，林道貫穿整個崩塌地。此崩塌地原為 24 ha 的台灣杉人工林(造林地號：六-20-74-10)，於 2009 年 8 月 8 日因莫拉克颱風侵襲臺灣本島，被強風豪雨及土石流嚴重沖刷了 16.3 ha，與附近其它非造林地相連，形成約 30 ha 大面積裸露的崩塌地，經過

¹⁾ 行政院農業委員會林業試驗所六龜研究中心，84443 高雄市六龜區中興里中庄 198 號。

* 通訊作者，E-mail: fschou@tfri.gov.tw。

這9年的自然演替時間，原本裸露地已經陸續長出多樣的草本植物及小樹，呈現裸露地、草生地及森林鑲嵌的景觀，山黃麻是目前崩塌地內最高的樹木。2018年3月期間，在此崩塌地上設置14個20 m×20 m的方形樣區。並在崩塌地鄰近的人工林、次生林、成熟林內分別設置8個、8個、6個20 m×20 m的方形樣區，樣區的位置如圖1所示。

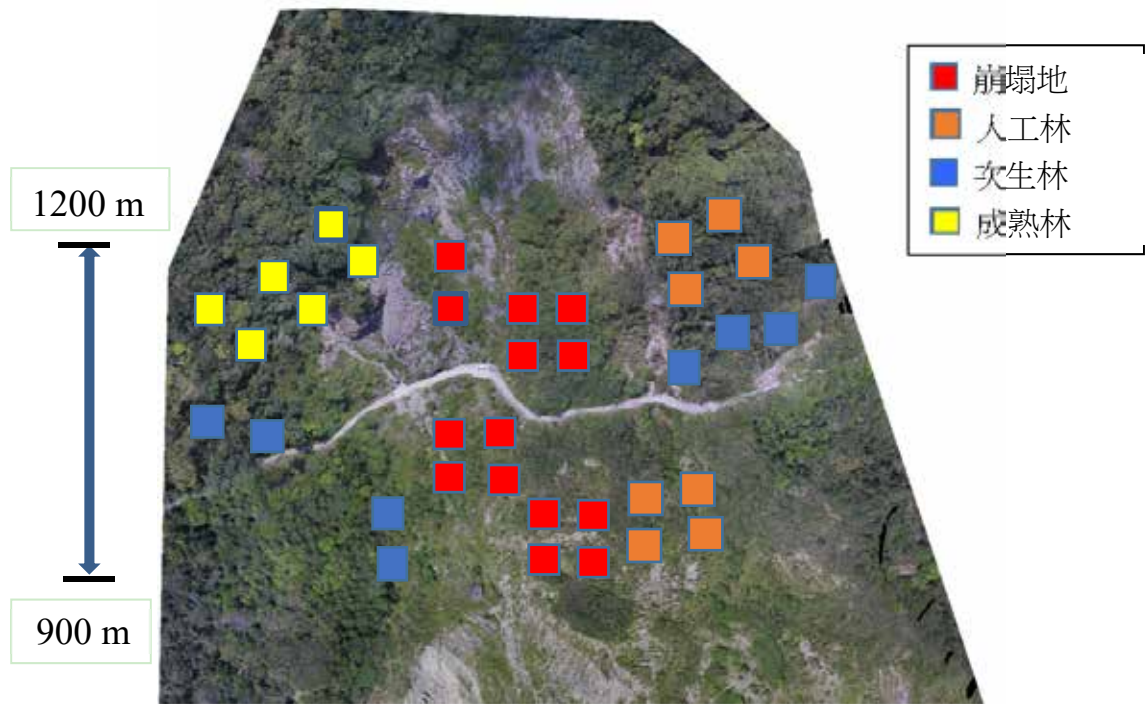


圖 1. 樣區位置分布圖

調查每個樣區內胸高直徑達1 cm以上的樹木，記錄樹木名稱、測量胸高直徑(DBH)、量測樹高，依據物種的種類與數量來計算樣區內樹種的重要值指數。本研究之植物學名是依據 Flora of Taiwan (Huang 1993-2003)。樣區環境因子觀測，主要是依據蘇鴻傑(1987)，本研究環境因子的項目與評估方法如下：

- 1.海拔高度(Altitude)：樣區的海拔高度直接使用衛星定位儀(Garmin GPSmsp C60SX)測量樣區的中心位置之測量值，採用 TWD 97 座標系統。
- 2.坡度(Slope)：坡度即為樣區內坡面的傾斜度，直接使用坡度計之測量值，將坡度將之測量值轉換成 6 個級距資料：0-10°、11-20°、21-30°、31-40°、41-50°、>51°。
- 3.坡向(Aspect)：坡向為樣區內坡面的方位，使用羅盤量測坡向，並依據 Day 和 Monk(1974) 將圓周分成 16 方位，以北半球溫帶地區而言，西南向(202.5°)最乾燥，東北向(22.5°)最潮濕，可給予 1(最乾)至 16(最濕)，來表示相對水分指標值。
- 4.地形位置(Topography)：指生育地之微地形狀況，將定性描述轉換成定量的評估，越靠

近溪谷水分含量越高，反之越靠近稜線越乾燥。本研究將地形位置區分為(1)稜線；(2)上坡；(3)中坡；(4)下坡；(5)溪谷。

5.水分合成指數(Synthetic)：依據 Whittaker (1960)使用坡度、方位及地形位置求得水分合成指數，坡度以修正指數 0-10 度(5)、10-20 度(4)、20-30 度(3)、30-40 度(2)、40 度以上(1)來表示；方位及地形位置指數同上所述。

本研究之樣區組成及結構因子的評估項目及方法如下：

- 1.種數(Species number)：計算每個樣區內樹木的種數。
- 2.胸高直徑(DBH)：計算樣區中前 10 株優勢樹木胸高直徑的平均值。
- 3.林分年齡(Stand age)：選擇山黃麻、賊仔樹、墨點櫻桃、樟葉槭、印度栲、瓊楠、烏心石、長葉木薑子、澀葉榕等 9 種樹木，分別砍伐 1 株優勢樹木，取距離地面 0.3 m 處的樹木圓盤來計算年輪的數目，以此推算林分的年齡。
- 4.樹高(Tree height)：計算樣區中前 10 株優勢樹木高度的平均值。
- 5.垂直結構(Vertical structure)：本研究依據樹木高度將森林的垂直結構分成 0-5 m 的灌木層(shrub layer)、5-10 m 的次冠層(secondary canopy layer)、10-15 m 的樹冠層(canopy layer)及 15-20 m 的突出樹層(emergent tree layer)，計算每個樣區樹木高度分布的層數。

植物社會介量之計算採用 Wisconsin 學派常用的重要值指數(Important Value Index, IVI) (Curtis and McIntoch 1950)計算，IVI 值為一合成介量，即是相對密度與相對優勢度總和的平均值，以百分率表示，其計算公式為：

$$\text{IVI (重要值)} = \text{Rdi \% (相對密度)} + \text{Rdoi \% (相對優勢度)}$$

$$\text{Rdi \% (相對密度)} = (\text{某一樹種之株數} / \text{樣區中所有樹種株數之總和}) \times 100$$

$$\text{Rdoi \% (相對優勢度)} = (\text{某一樹種之胸高斷面積} / \text{樣區中所有樹種胸高斷面積之總和}) \times 100$$

算出各樹種之 IVI 值後，除以 2 轉換為 100%基礎值，再依 Gauch (1982)之八分制級值(octave scale)，將重要值轉換成 0-9 十個級數，將樣區的樹種矩陣與樣區的環境因子矩陣，編輯成 PC-ORD 套裝軟體(McCune and Mefford 1999)的分析格式。

採用分布序列法中的降趨對應分析法(Detrend correspondence analysis, DCA)，來分析植群在空間上的分布特性，植群型名稱之命名原則是採用特徵種-優勢種的方式，若特徵種剛好也是優勢種，則以此樹種名稱命名之。採用皮爾森相關係數(Pearson correlation coefficient)之計算公式，來測試樣區的樹木組成與環境因子、樣區組成及結構因子之相關程度，皮爾森相關係數的範圍在 -1 及 +1 之間，數值愈大代表相關程度愈

強，正負符號則代表相關是正向或負向。

結果與結論

一、梯度分析

木本植物重要值的原始資料矩陣經降趨對應分析後，產生 3 個主要的變異軸，各軸的軸長(length of gradient)分別為 4.25、2.97、2.23，單位為樹種轉換之平均標準偏差(SD)，固有值(Eigenvalue)分別為 0.72、0.31 與 0.16，此 3 軸的變異量大小皆依次遞減，表示第一軸是影響植群分化最大的變異梯度，其次為第 2 軸及第 3 軸，茲將 36 個樣區的第 1 軸與第 2 軸之序列分數，標示在平面圖的位置(圖 2)，顯示有些樣區會呈現群團的現象。

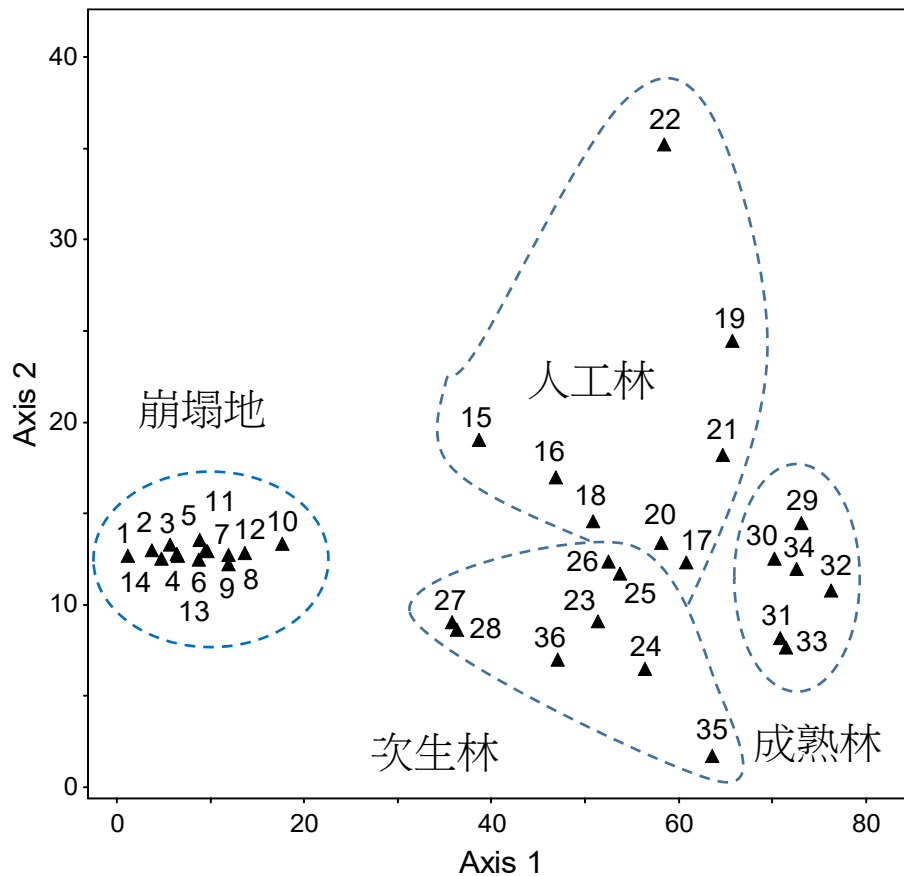


圖 2. 樣區在 DCA 第 1 軸與第 2 軸之分布序列圖

二、植物社會分類

依據樣區在 DCA 第 1 軸與第 2 軸之分布序列如圖 2 所示，將 36 個樣區劃分成 4 個群團，分別為崩塌地群團(S1、S2、S3、S4、S5、S6、S7、S9、S10、S11、S12、S13、S14)、人工林群團(S15、S16、S17、S18、S19、S20、S21、S22)、次生林群團(S23、S24、

S25、S26、S27、S28、S35、S36)、成熟林群團(S29、S30、S31、S32、S33、S34)。將 4 個群團的植群型命名為：(1)山黃麻林型(*Trema orientalis* forest type)、(2)白匏子林型(*Mallotus paniculatus* forest type)、(3)細葉饅頭果-白匏子林型(*Glochidion rubrum*-*Mallotus paniculatus* forest type)、(4)香桂-印度苦楮林型(*Cinnamomum subavenium*-*Castanopsis indica* forest type)。

三、植物社會與環境因子的關係

採用皮爾森相關係數來測試樣區的樹木組成與環境因子、樣區組成及結構因子之相關程度，計算結果如表 1 所示，可知本研究地區之植群型與樹種的空間分布，主要的變異梯度(第 1 軸)與海拔高度、種數、胸高直徑、林分年齡、樹高及垂直結構相關程度最高，皮爾森相關係數分別為 0.656、0.762、0.663、0.724、0.718、0.629。此 6 項因子對植群分化之影響最大，除了海拔高度以外，其餘的影響因子則是與演替時間有關。第 2 軸所顯示的植群變異，則與優勢樹木胸徑有相關，皮爾森相關係數為-0.437，此項因子也是代表林分的發育時間，顯示人工林與次生林之分化主要也是受到林分演替時間之影響。由表 1 及圖 2 的結果顯示，崩場地會隨著時間進行自然演替，從現今的山黃麻林型階段演變到白匏子林型與細葉饅頭果-白匏子林型階段，若期間不再受到嚴重的干擾，最終會演變到香桂-印度苦楮林型的成熟林階段。

表 1. 樣區的組成與結構因子及環境因子與 DCA 各變異軸之皮爾森相關係數

變異軸 因子	第 1 軸	第 2 軸	第 3 軸
海拔高度	0.656**	0.070	0.167
坡度	0.404	- 0.019	0.328
方位	0.422	- 0.161	- 0.238
地形位置	0.344	0.239	- 0.184
水分合成指數	0.324	- 0.114	- 0.378
種數	0.762**	0.062	0.055
胸高直徑	0.663**	- 0.437*	- 0.104
林分年齡	0.724**	- 0.348	- 0.018
樹高	0.718**	- 0.235	- 0.182
垂直結構	0.629**	-0.263	-0.158

註：**號表示直線相關顯著水準 $p < 0.01$ *表示顯著水準 $p < 0.05$

引用文獻

蘇鴻傑 (1987) 森林生育地因子及其定量評估。中華林學季刊 20(1): 1-14。

Curtis JT, McIntosh RP. (1950) The inter-relations of certain analytic and synthetic

- phytosociological characters. *Ecology* 31: 434-455.
- Gauch HG. (1982)** *Multivariate Analysis in Community Ecology*. Cambridge university press. Cambridge. p 298.
- Huang TC (Chief Editor) (1993-2000)** *Flora of Taiwan*, 2nd ed. Vols. 1-5. Editorial Committee, Department of Botany, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.
- Korb JE, Ranker TA. (2001)** Changes in stand composition and structure between 1981 and 1996 in four Front Range plant communities in Colorado. *Plant Ecology* 157: 1-11.
- McCune B, Cottam G. (1985)** The successional status of a southern Wisconsin oak woods. *Ecology* 38: 29-37.
- McCune B, Mefford MJ. (1999)** *PC-ORD: multivariate analysis of ecological data*. Vers. 4. Gleneden Beach, (OR): MjM Software Design.
- Pickett STA, Cadenasso ML. (2005)** Vegetation dynamics In: van der Maarel, E. (ed.) *Vegetation Ecology*. Blackwell, Oxford, UK. p 172-198.
- Pickett STA, Cadenasso ML, Meiners SJ. (2013)** Vegetation Dynamic. In: van der Maarel E, Franklin J, editors. *Vegetation Ecology*. John Wiley & Sons, Ltd. p 107.
- Tanouchi H, Yamamoto S. (1995)** Structure and regeneration of canopy species in an old-growth evergreen broad-leaved forest in Aya district, southwestern Japan. *Vegetatio* 117: 51-60.

多納崩塌地耐陰樹種苗木組成數量與生長

鍾安晴¹⁾ 陳永修^{1)*} 林文智¹⁾ 郭耀綸²⁾

緒言

六龜研究中心管轄之多納 20 林班，於 2009 年莫拉克颱風時林道發生多處崩塌。崩塌地經過 9 年的自然演替，植物社會已逐漸恢復，目前以白匏子和山黃麻兩種陽性先驅樹種為優勢，顯示此區仍處於早期演替階段。然而，在這些陽性樹種所形成的林分下方，也開始出現多種演替中、後期樹種的小苗。這些演替階段較後期的樹苗，會是此崩塌地植群發展與生態系恢復的重要來源，未來應可取代現有之陽性樹種，成為成熟森林的組成份子。因此，設置樣區長期監測不同耐陰樹種苗木組成與生長的動態變化，有助於了解此處崩塌地的植群演替過程及生態系恢復程度。崩塌地坡面的基質多為石塊，缺乏土壤與有機質，因此在崩塌地自然發生的苗木，無論是陽性或是耐陰樹種，都可能會遭遇缺水逆境。在每年長達六個月的乾季期間，水分逆境更為嚴重，會影響天然更新樹苗的建立。本研究探討的問題為：(1)多納崩塌地陽性樹種及耐陰樹種，天然更新的小苗組成與數量有何差異？(2)多納崩塌地天然更新耐陰樹種小苗的發生死亡動態及生長，在乾季和雨季是否有差異？(3)本研究在崩塌地設置的 4 個大樣區，因林冠鬱閉程度的差異而有不同光環境，對耐陰樹種小苗的組成、發生及死亡情形是否有顯著影響？

方法

本研究於 2017 年在多納林道 8.5k 崩塌地(海拔 900-1200 m)，設置 4 個 0.25 ha 的大樣區，每個大樣區內又劃設 25 個 10 m x 10 m 的小樣區。於每個小樣區中央另設置一個 2 m x 0.5 m 的小苗樣區，4 個大樣區共設置 100 個小苗樣區。於 2017 年 7 月至 2018 年 3 月，每 2 個月複查苗木組成及生長狀況，在雨季及乾季期間分別調查了 2 次及 3 次。(1)每次調查均記錄小苗樣區內所有樹苗的種類、數量、高度及葉片數。葉片數以級距區分，分為 20 片(含)以下、21~50 片及 50 片以上。複查時若葉片級距改變，則視為葉片有明顯增或減。(2)小苗的定義為初次記錄時植株高度 ≤ 1.3 m 之植株。因為小苗樣區內

¹⁾ 行政院農業委員會林業試驗所六龜研究中心，84443 高雄市六龜區中興里中庄 198 號。

* 通訊作者，E-mail: cyh@tfri.gov.tw。

²⁾ 國立屏東科技大學森林系，91201 屏東縣內埔鄉學府路 1 號。

的耐陰樹種小苗數量有限，且本研究特別關心耐陰樹種小苗的生長情形，所以在全樣區範圍內進行地毯式搜尋，記錄已自然生長的所有耐陰樹種小苗。(3)只記錄在 100 個小苗樣區內出現的陽性樹種小苗，而耐陰樹種小苗的調查包括所有大樣區範圍。小苗樣區之外的耐陰樹種小苗，也同樣記錄種類、數量、株高及葉片數。不同期間小苗高度的相對生長率，計算方式為 $[(\text{當期株高}-\text{前期株高})/\text{前期株高}]\times 100\%$ 。(4)分別於 2017 年 7 月及 2018 年 2 月，使用攜帶式光量子測定 4 個大樣區的相對光量，並將 2 次數據(分別代表雨季及乾季)平均，作為各樣區的相對光量值。本研究 4 個大樣區的編號及全樣區相對光量，分別為 S1(67%)、S2(23%)、S3(42%)、S4(44%)。(5)陽性及耐陰樹種小苗的區分是依據 Kuo and Yeh (2015)之樹種光合潛力分級，耐陰性 1、2 級視為陽性樹種，耐陰性 3~5 級視為耐陰樹種。部分樹種之耐陰等級尚未發表，遂依其生長環境判定其為陽性或耐陰樹種，若其小苗主要出現在遮陰區域，則視為耐陰樹種。

結果與結論

調查期間於多納崩塌地的 100 個小苗樣區內發現 15 種，共計 57 株小苗，其中只有 4 種為陽性樹種(白匏子、羅氏鹽膚木、九芎、細葉饅頭果)，計 31 株。陽性樹種小苗數量最多者為先驅樹種白匏子(16 株)，其次為羅氏鹽膚木(11 株)，其餘 11 種判斷皆為耐陰樹種，共 26 株小苗。上述結果顯示多納崩塌地形成 9 年後，陽性樹種及耐陰樹種的小苗數量接近，但陽性樹種小苗種類較少。耐陰樹種雖然同種的小苗數量皆少，但種數較多。此外，以全樣區範圍調查到的耐陰樹種小苗有 33 種，共計 443 株(表 1)，數量較多的前 10 樹種小苗株數合計已達 379 株。耐陰樹種小苗數量最多者為台灣山桂花，植株在 4 個大樣區皆有分布。耐陰樹種小苗數量第二多者為裏白饅頭果，在相對光量最低的 S2 樣區有 53 株，然而在毗鄰但照光量程度最高的 S1 樣區則完全無小苗發生。耐陰樹種九節木及華八仙的小苗只出現在 S2 樣區。上述結果顯示崩塌地光環境的差異，對不同耐陰性樹苗的更新與建立應具有重要的作用。

於多納苗圃氣象站記錄到 2017 年 7~9 月雨量為 1032 mm; 10~11 月為 277 mm; 2017 年 12 月至 2018 年 1 月為 105 mm; 2018 年 2~3 月為 99 mm。全樣區範圍所有耐陰樹種小苗，以及小苗數量前 10 多樹種及其合計的苗高相對生長率如圖 1 所示。在這 10 樹種中，有 6 種的苗高相對生長率在 7-9 月最高，生長率隨著雨量減少而降低，在 2~3 月時有最低的苗高相對生長率(圖 1)，顯示小苗的生長量與雨量多寡有顯著相關。樟葉槭及華八仙的苗高則在 10~11 月有較高的相對生長率。在雨量最少的 2~3 月，台灣山桂花、

裏白饅頭果和黑星紫金牛苗高甚至出現負生長，這是因為許多植株發生頂枯現象。在 10~11 月時，雨量開始大幅減少，此時台灣山桂花及裏白饅頭果有明顯落葉現象，並持續至隔年 1 月底，待 2018 年 3 月時才陸續開展新葉。

表 1. 多納崩塌地全樣區範圍天然更新的耐陰樹種小苗種類、耐陰等級及株數

中文名	學名	耐陰等級	株數
台灣山桂花	<i>Maesa perlaria</i> var. <i>formosana</i>	3	146 ¹⁾
裏白饅頭果	<i>Glochidion acuminatum</i>	*	84
小梗木薑子	<i>Litsea hypophaea</i>	3	28
水錦樹	<i>Wendlandia uvariifolia</i>	3	25
菲律賓樟	<i>Machilus philippinensis</i>	*	23
台灣格柎	<i>Eurya septata</i>	*	23
樟葉槭	<i>Acer albopurpurascens</i>	*	18
九節木	<i>Psychotria rubra</i>	4	12
台灣欒樹	<i>Koelreuteria henryi</i>	3	10
華八仙	<i>Hydrangea chinensis</i>	*	10
黑星紫金牛	<i>Ardisia virens</i>	*	10
小芽新木薑子	<i>Neolitsea parvigemma</i>	4	9
石苓舅	<i>Glycosmis parviflora</i> var. <i>erythrocarpa</i>	4	8
瓊楠	<i>Beilschmiedia erythrophloia</i>	4	6
玉山紫金牛	<i>Ardisia cornudentata</i> subsp. <i>morrisonensis</i> var.	*	4
紅楠	<i>Machilus thunbergii</i>	4	3
台灣灰木	<i>Symplocos formosana</i>	*	3
台灣楊桐	<i>Adinandra formosana</i>	*	2
狗骨仔	<i>Diplospora dubia</i>	4	2
山龍眼	<i>Helicia formosana</i>	*	2
杜英	<i>Elaeocarpus sylvestris</i> var. <i>sylvestris</i>	3	2
香楠	<i>Machilus zuihoensis</i> var. <i>zuihoensis</i>	3	2
香葉樹	<i>Lindera communis</i>	4	1
銳脈木薑子	<i>Litsea acutivena</i>	*	1
小西氏楠	<i>Machilus konishii</i>	*	1
台灣赤楠	<i>Syzygium formosanum</i> var. <i>formosanum</i>	5	1
沙朴	<i>Celtis sinensis</i>	*	1
佩羅特木	<i>Perrottetia arisanensis</i>	*	1
長花厚殼樹	<i>Ehretia longiflora</i>	*	1
墨點櫻桃	<i>Prunus phaeosticta</i>	3	1
褐毛榕	<i>Ficus esquiroliana</i>	*	1
三斗石櫟	<i>Lithocarpus hancei</i> var. <i>ternaticupula</i> f.	3	1
台灣蕘花	<i>Wikstroemia taiwanensis</i>	*	1
合計			443

* 耐陰等級尚未測定。2018 年 3 月底存活之小苗數量

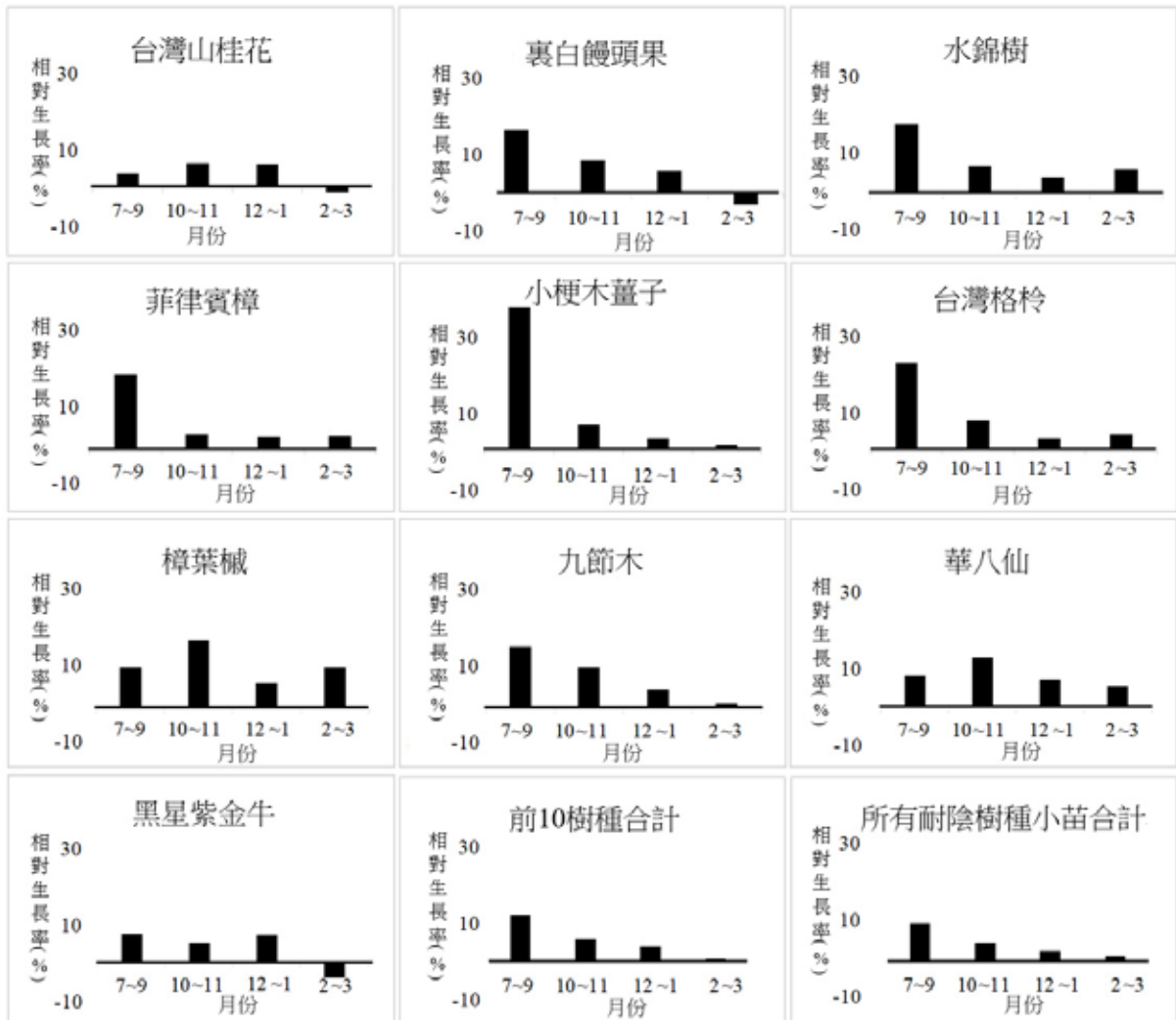


圖 1. 多納崩塌地全樣區範圍耐陰樹種小苗數量前 10 者各期苗高相對生長率及所有耐陰樹種小苗之各期平均苗高相對生長率

多納崩塌地 S1 樣區的相對光量是所有樣區中最高者，且該樣區地表充滿大石塊，缺乏土壤基質。該樣區耐陰樹種小苗數量雖少，但仍可建立及生長，小苗死亡數量極少，調查期間只有 1 株死亡(表 2)，顯示能在高度逆境下成功建立之小苗，會有較高的長期存活率。崩塌地 S2 樣區的相對光量是所有樣區中最低者，可能較適合耐陰樹種小苗發芽，因此在所有樣區中，S2 有最多小苗發生，然而其死亡株數卻也最多。該樣區小苗死亡率高的原因，可能是因為林下較為陰暗且植株密集，個體間對光、水分及養分的競爭作用都較強，導致較多小苗因競爭不利而死亡。本研究也發現全樣區的耐陰樹種小苗，發生株數在 12~1 月最低，2~3 月最高，死亡株數則是在 12~1 月最高(表 2)。上述現象顯示 12~1 月時因為雨量少，土壤缺乏水分不利種子發芽，所以發生數量最低，且已建立的小苗也會遭受嚴重的水分逆境，故小苗死亡株數最多。在 2~3 月期間雖仍為乾季，但 3 月時雨量及氣溫皆稍有回升，有利種子發芽，故 2~3 月時有最高的發生數量(表 2)。

表 2. 多納崩塌地各樣區及全樣區範圍耐陰樹種小苗各時期發生及死亡株數

	S1 樣區		S2 樣區		S3 樣區		S4 樣區		全樣區合計	
	發生	死亡	發生	死亡	發生	死亡	發生	死亡	發生	死亡
7~9 月	2	0	12	1	3	0	9	0	26	1
10~11 月	0	0	10	4	3	0	3	3	16	7
12~1 月	0	1	2	15	0	1	1	5	3	22
2~3 月	12	0	28	2	11	0	3	0	54	2
合計	14	1	52	22	17	1	16	8	99	32

多納崩塌地經過 9 年的次級演替，植物社會正逐漸恢復中。雖然上層優勢樹種仍以先驅樹種白匏子及羅氏鹽膚木為主，但位於森林下層，扮演重要演替來源的苗木庫卻已出現 33 種耐陰樹種。然而各耐陰樹種小苗的數量仍不多，顯示耐陰樹種的更新來源多樣性雖高，但數量仍有限。耐陰樹種小苗的生長率及存活量在雨量充足的 7~9 月皆明顯高於乾季時。乾季期間耐陰樹種小苗不僅生長率較低，小苗發生數量也少，且死亡數量較高，顯示水分有效度是影響多納崩塌地耐陰樹種小苗生長、發生及死亡的重要環境因子。多納崩塌地相對光量最高的 S1 樣區，有最少的耐陰樹種小苗數量、最少的小苗發生株數，和最少的死亡株量。相對光量最低的 S2 樣區有最多的耐陰樹種小苗，最多的小苗發生株數，以及最多的小苗死亡株數。相對光量居中的 S3 和 S4 樣區，耐陰樹種小苗的數量、發生與死亡株數皆介於 S1 與 S2 樣區之間，顯示光環境也是影響耐陰樹種小苗分布、發生及死亡的重要因子。

引用文獻

Kuo YL, Yeh CL. (2015) Photosynthetic capacity and shade tolerance of 180 native broadleaf tree species in Taiwan. *Taiwan J For Sci* 30(4): 229-243.

氮源比例及光度對森氏欒苗木形質生長及生理之影響

邱奕辰¹⁾ 劉瓊霏^{1)*}

緒言

樹種間對光照強度有不同的需求及耐受性，乃植物之耐陰性(郭耀綸 2013)，而氮為植物生長之首要礦物元素，是林木生理表現、共存、分布及植群演替的重要因素(Britto and Kronzucker 2013)。林木對氮的利用以銨根(NH_4^+)及硝酸根(NO_3^-)兩種形式為主，經硝酸還原酶(Nitrate reductase, NR)與麩胺醯胺合成酶(Glutamine synthetase, GS)兩種酵素同化後，合成胺基酸供後續的生長與利用。然而氮的同化需光合作用提供足夠的碳骨架(carbohydrate skeletons)才得以完成(Miller and Cramer 2004)，因此植物為能充分利用現有資源而產生氮源利用偏好的特性(Cui and Song 2007)，表明樹種對氮源偏好利用的策略可能與獲得的碳水化合物有關。但結合氮源比例及光度兩因子在木本樹種之研究較少，因此本研究以森氏欒(*Cyclobalanopsis morii*)為研究材料，了解氮源利用偏好的生理機制，以尋求適合此樹種生長之氮源比例與光度之最佳組合，以做為日後育苗及栽植之參考。本試驗提出一假說：若森氏欒為耐陰性樹種，應主要偏好利用 NH_4^+ 為氮源。

方法

一、試驗材料與前處理

2017 年 8 月取自人倫苗圃 1 年生森氏欒實生苗，攜至中興大學森林系北溝苗圃，於控溫 28°C 及相對光度 80% 適應 2 個月。2017 年 10 月 20 日選擇生長良好一致的苗木(苗高約 16.0-18.0 cm；地際直徑約 2.5-3.0 mm)移苗至容積為 1,500 ml 之葳特鉢，介質為森林土：泥炭土：蛭石：珍珠石以體積比=4：4：1：1 調配為人工介質(pH=5.62)。待苗況穩定後，於 2017 年 10 月 28 日開始進行施肥及光度試驗。

二、肥料種類

以硫酸銨($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)及硝酸鉀(KNO_3)為試驗用藥，試驗期間並未施用其他養分元素。

三、試驗設計

¹⁾ 國立中興大學森林系，402 臺中市國光路 250 號。

* 通訊作者，E-mail: cpliu@nchu.edu.tw。

以 5 種不同 $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$ 比例及 2 種光度(相對光度 40%及全光)共 10 種處理。試驗採完全隨機設計，每處理重複 16 株，試驗苗木共計 160 株。本試驗每 10 天施肥一次，每次 60 mL，處理 90 天共計施肥 9 次。所有處理苗木置於中興大學森林系北溝苗圃(海拔 80 m)之溫室內，試驗期間溫度範圍 25-28°C，正中午之最大光度在相對光度 40%處理為 $500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 左右，全光處理為 $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 左右。

四、測定項目

在施肥及光度處理第 90 天後，進行取樣並測定形質生長、葉綠素濃度、光合速率、葉及根部之 NR 及 GS 活性、葉及根部之胺基酸含量。

五、統計分析

2 × 5 因子試驗設計，以 SPSS 20 軟體進行常態檢定、同質性檢定及雙因子變異數分析(Two-way ANOVA)瞭解氮源比例與光度處理之交感作用後，再進行 Waller-Duncan's Test 檢視處理間之差異。相關性以 Pearson 進行檢定分析。

結果與結論

一、光合作用相關之生理反應

(一)光合速率之光度反應曲線

未經任何處理且生長健壯之森氏櫟其光補償點約為在光度為 $5-10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 時，光飽合點約在光度為 $550-600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 時，最大光合速率可達 $6.2-6.5 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 左右。依郭耀綸和葉慶龍(2015)對臺灣 180 種原生闊葉樹種光合潛力及耐陰性的區分，森氏櫟為耐陰樹種。

(二)氮源比例與光度對光合速率之影響

森氏櫟之葉綠素濃度在相對光度 40%處理中以 $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$ 比例為 75/25 最高 ($3.18 \pm 0.46 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$)，光合速率也為最高 ($6.65 \pm 0.81 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$)，通常含 NH_4^+ 處理較能促進葉綠素的合成，以擁有較高之光合速率。然全光處理葉綠素濃度隨 NH_4^+ 比例增加而降低，在 $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$ 比例為 100/0 處理最低 ($1.90 \pm 0.17 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$)，光合速率也為最低 ($3.80 \pm 0.23 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$)。此歸因於在全光處理下有光抑制的現象(表 1)，無足夠之碳骨架供 GS 同化 NH_4^+ ，使 NH_4^+ 在葉部累積造成毒害作用，最終降低光合速率。

二、氮同化酵素相關之生理反應

(一)光度對 NR 及 GS 活性之影響

森氏櫟之 NR、GS 活性在相對光度 40%處理下均明顯較全光處理高(表 1)，表示森

氏櫟在相對光度 40%環境下碳水化合物的供應較佳，使氮的同化效率較高；而在全光處理下有光抑制之現象使光合產物供給不足，導致 NR 及 GS 活性較低，降低氮的同化效率。

表 1. 相對光度 40%與全光之生理參數比較表(N=5)

比較項目	相對光度 40%	全光	P 值
總葉綠素濃度(mg Chl g ⁻¹ FW)	2.79±0.26	2.22±0.20	=0.020
葉綠素 a / b (mg Chl g ⁻¹ FW)	2.53±0.27	2.91±0.19	=0.215
光合速率(μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)	5.71±0.80	4.41±0.44	<0.001
葉部 NR 活性(NO ₂ ⁻ μmol min ⁻¹ g ⁻¹ FW)	2.40±0.39	1.71±0.22	<0.001
根部 NR 活性(NO ₂ ⁻ μmol min ⁻¹ g ⁻¹ FW)	3.64±0.55	2.16±0.35	<0.001
葉部 GS 活性(glutamate μmol hr ⁻¹ g ⁻¹ FW)	7.45±1.73	4.41±0.81	=0.017
根部 GS 活性(glutamate μmol hr ⁻¹ g ⁻¹ FW)	11.46±2.69	5.90±0.79	<0.001
葉部胺基酸含量(μmol g ⁻¹ FW)	26.07±3.69	22.53±0.82	=0.014
根部胺基酸含量(μmol g ⁻¹ FW)	19.73±2.54	14.31±1.63	=0.009

註：T-test 分析；數據為 5 種氮源比例處理之平均；NR 為 Nitrate reductase；GS 為 Glutamine synthetase。

(二)氮源比例與光度對 NR 及 GS 之影響

森氏櫟在全光處理下，NR 及 GS 活性在不同 NO₃⁻與 NH₄⁺濃度間均無明顯差異；在相對光度 40%環境下增加 NO₃⁻濃度對葉部(P=0.701)及根部(P=0.691)NR 活性增加不顯著，然隨 NH₄⁺濃度增加顯著增加葉部(P=0.026)及根部(P=0.023)GS 活性(圖 1)，顯示森氏櫟對 NH₄⁺的同化速率及需求較 NO₃⁻高。顯示全光下吸收高比例的 NH₄⁺具毒害作用；然在低光下吸收高比例的 NH₄⁺能促進葉部生長產生足夠之碳水化合物，表明氮源比例與光度對 NR 及 GS 活性具交感作用(P<0.001)。

(三)NR 及 GS 活性在葉部及根部之差異

亞熱帶或熱帶等非耐陰性樹種的葉部 NR 活性較根部高(Oliveira et al. 2017)，然森氏櫟在相對光度 40%處理下，根部 NR 活性卻較葉部高(表 2)，可能是耐陰植物在低光下的適應機制之一。森氏櫟之根部 GS 活性亦明顯較葉部高，此結果應歸因於耐陰性樹種在低光環境下之生存策略為將較高濃度的碳水化合物分配於莖部與根部(Imaji and Seiwa 2010)，以提高 GS 活性並促進 NH₄⁺的同化。

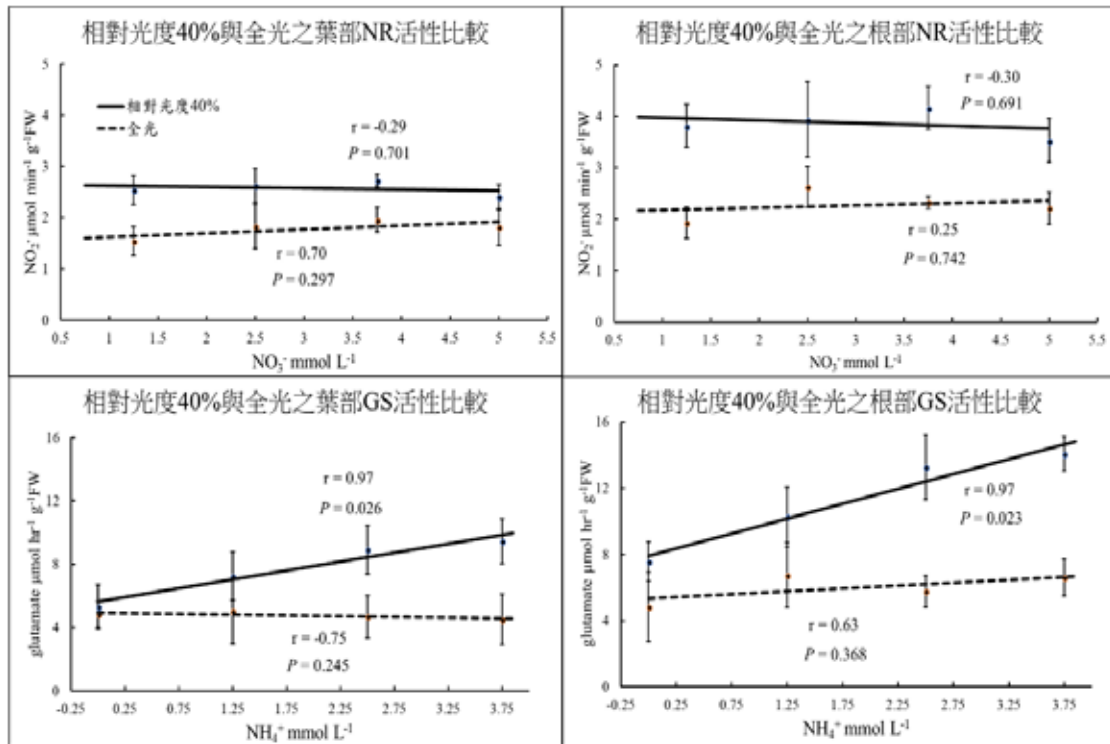


圖 1. 葉部及根部之 NR 及 GS 活性與施用 NO_3^- 及 NH_4^+ 濃度之關係圖(N=5)。註：不考慮單一施用 NH_4^+ 產生之毒害處理；NR 為 Nitrate reductase；GS 為 Glutamine synthetase。

表 2. 葉部與根部之 NR、GS 活性及胺基酸含量之比較表(N=5)

比較項目	葉部	根部	P 值
相對光度 40%之 NR 活性 ($\text{NO}_2^- \mu\text{mol min}^{-1} \text{g}^{-1} \text{FW}$)	2.40±0.39	3.64±0.55	<0.001
全光之 NR 活性 ($\text{NO}_2^- \mu\text{mol min}^{-1} \text{g}^{-1} \text{FW}$)	1.71±0.22	2.16±0.35	=0.007
相對光度 40%之 GS 活性 ($\text{glutamate } \mu\text{mol hr}^{-1} \text{g}^{-1} \text{FW}$)	7.45±0.48	11.46±2.69	<0.001
全光 GS 活性 ($\text{glutamate } \mu\text{mol hr}^{-1} \text{g}^{-1} \text{FW}$)	4.41±0.81	5.90±0.79	=0.028
相對光度 40%之胺基酸含量 ($\mu\text{mol g}^{-1} \text{FW}$)	26.07±3.69	19.73±2.54	<0.001
全光之胺基酸含量 ($\mu\text{mol g}^{-1} \text{FW}$)	22.53±0.82	14.31±1.63	<0.001

註：T-test 分析；數據為 5 種氮源比例處理之平均；NR 為 Nitrate reductase；GS 為 Glutamine synthetase。

三、胺基酸之合成

(一) 氮源比例與光度對胺基酸之影響

綜合光合作用速率及氮同化酵素活性等生理表現，無論森氏櫟的葉部及根部之胺基酸含量大致在相對光度 40%處理中以 $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$ 比例為 75/25 最高，50/50 次之。由此推測森氏櫟在低光環境下，偏好吸收較高比例之 NH_4^+ 為氮源，可生合成較多之胺基酸供植物後續生長之利用。

(二)胺基酸含量在葉部及根部之差異

由氮同化酵素活性之結果證明森氏櫟主要在根部進行胺基酸的合成，然葉部的胺基酸含量明顯較根部高(表 2)。推測森氏櫟將大部分的碳水化合物分配至根部以完成 NH_4^+ 的同化，再將胺基酸運送至葉部，並增加葉綠素濃度、光合速率及葉面積等供源(Source)強度，以增加光能的利用效率。

(三)積存與供源之關係(Sink-Source)

Paul and Foyer(2001)指出光合作用產物的合成(Source)與生長和儲存組織(Sink)間的平衡影響植物整體的生長狀態。本試驗之 Source 以光合速率、GS 及 NR 代表，而 Sink 以總胺基酸代表。光合速率與總胺基酸含量之關係以相對光度 40%處理($r=0.99, P<0.001$)明顯較全光處理($r=0.85, P=0.066$)高，而 GS 活性與總胺基酸含量之相關性($r=0.95, P<0.001$)比 NR 活性($r=0.85, P=0.002$)更為顯著，表明森氏櫟較適合在相對光度 40%下並偏好利用 NH_4^+ 提高 GS 活性以維持最佳 Sink-Source 的平衡。

四、形質生長表現

苗木外部形質生長表現為觀察苗木生長與適應最直觀的結果。森氏櫟在不同氮源比例及光度處理後其苗高及地徑以相對光度 40%在 $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$ 比例為 75/25 最高，50/50 次之；而全光處理間均較低且無顯著差異。葉面積以相對光度 40%在 $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$ 比例為 75/25 最高($347.11 \pm 33.74 \text{ cm}^2$)；而完全以 NO_3^- 為氮源在同化過程較為耗能，無法促進葉部生長，因此全光處理之葉面積隨 NO_3^- 施用比例增加而降低，在 $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$ 比例為 0/100 最低($121.02 \pm 34.52 \text{ cm}^2$)。總乾重以相對光度 40% 在 $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$ 比例為 75/25 最高($9.52 \pm 0.86 \text{ g}$)，而全光在 $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$ 比例為 0/100 最低($4.96 \pm 1.06 \text{ g}$)，然氮源比例與光度對總乾重不具交互作用($P=0.419$)。Dickson 苗木品質指數可在林業上作為苗木評估之用(Thompson 1985)，其趨勢與總乾重相似，森氏櫟在相對光度 40%在以 $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$ 比例為 75/25 之苗木較為健壯，苗木品質較佳(1.41 ± 0.18)。結果顯示森氏櫟在低光環境下偏好利用 NH_4^+ ，利於累積較多之生物量，且苗木生長最為健全。

引用文獻

郭耀綸 (2013) 植物耐陰性及臺灣原生樹種耐陰性類別。林業研究專訊 4(20): 36-40。

郭耀綸、葉慶龍 (2015) 台灣 180 種原生闊葉樹種光合潛力及耐陰性。台灣林業科學 4(30): 229-243。

- Britto DT, Kronzucker HJ. (2013)** Ecological significance and complexity of N-source preference in plants. *Annals of Botany* 112: 957-963.
- Cui XY, Song JF. (2007)** Soil NH_4^+ / NO_3^- nitrogen characteristics in primary forests and the adaptability of some coniferous species. *Frontiers of Forestry in China* 2(1): 1-10.
- Imaji A, Seiwa K. (2010)** Carbon allocation to defense, storage, and growth in seedlings of two temperate broad-leaved tree species. *Oecologia* 162: 273-281.
- Miller AJ, Cramer MD. (2004)** Root nitrogen acquisition and assimilation. *Plant and Soil* 274: 1-36.
- Oliveira HC, Silva LMI, Freitas LD, Debiassi TV, Marchiori NM, Aidar MPM, Bianchini E, Pimenta JA, Stolf-Moreira R. (2017)** Nitrogen use strategies of seedlings from neotropical tree species of distinct successional groups. *Plant Physiology and Biochemistry* 114: 119-127.
- Paul MJ, Foyer CH. (2001)** Sink regulation of photosynthesis. *Journal of Experimental Botany* 52: 1383-1400.
- Thompson BE. (1985)** Seedling morphological evaluation – what you can tell by looking. P. 59-71. In Duryea, M. L. ed. *Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Tests*. Oregon State University, Corvallis, U. S. A. 143 pp.

台灣山櫻花開花模式建構與應用之研究

邱祈榮¹⁾ 劉恩妤^{2)*}

緒言

台灣櫻花季觀賞的櫻花大部分為來自日本品系的栽培種，如吉野櫻(*Prunus yedoensis* CV. *yedcensis*)及大島櫻(*Prunus lannesiana*)，或日本品系與台灣品系的雜交種，如富士櫻(*Cerasus kanzakura*)及河津櫻(*Cerasus lannesiana*)等。有鑑於過去台灣栽植的櫻花主要來自日本品系，因此推廣台灣原生種櫻花具有生態上的價值及意義。山櫻花(*Prunus campanulata*)為台灣原生種櫻花之一，且近年來林務局推動平地造林及獎勵輔導造林政策，將山櫻花列為獎勵樹種之一，目前在許多遊樂區、校園、社區、公園綠地及公路兩旁皆可看見人為栽種的山櫻花。

溫度、光照和水分皆為影響植物物候變化的環境因子(Osborne et al. 2001)，其中溫度是最常被廣泛討論且用來建立物候模式的環境因子，尤其在近百年來全球溫度持續上升趨勢下，溫度對物候變化的研究將更顯重要。

然而，目前已發展的物候模式主要在溫帶氣候條件下建立(Chuine 2000, Cesaraccio et al. 2004, Basler 2016)，然而台灣位於亞熱帶氣候區，因此國外物候模式不一定適用於台灣本土植物。此外，植物適用的物候模式類型與解除休眠的生理機制有關，但現今國內尚缺乏相關的生理試驗，因此本篇研究主要利用阿里山不同海拔 3 年度(2015 至 2017 年)的物候調查資料，引入國外各種不同的物候模式，藉由計算預測誤差，進行模式參數調整，找出台灣地區預測山櫻花開花最適用的物候模式及參數數值。再藉由找出的最適物候模式模擬未來阿里山各海拔山櫻花測站的開花時間變化。期望在全球暖化趨勢下，本研究結果可作為未來全台各地探討及預測櫻屬植物開花時間變化的重要參考依據。

方法

一、試驗地點及調查方法

山櫻花物候調查地點在嘉義阿里山 600、1000、1400 及 1800 m 等不同海拔高度的監測樣區，每個樣區有 3 株固定調查樣木，由於山櫻花開花時間為 1 月初至 2 月，試驗

¹⁾ 國立臺灣大學森林環境暨資源學系，10617 臺北市羅斯福路 4 段 1 號。

²⁾ 行政院農業委員會林業試驗所林業經濟組，10066 臺北市中正區南海路 53 號。

* 通訊作者，E-mail: rak2721@hotmail.com。

從 2014 年 12 月開始，每 10 天調查一次，但實際調查日期可能會有 1-3 天的誤差，共有 2015 至 2017 三年度的花期資料，並同步放置溫溼度紀錄器紀錄每小時溫度資料。物候調查方式為每株樣木判釋 4-6 個固定枝條上每個芽體的開花階段，開花階段包含休眠期、花芽膨大期、露蕾期、始花期(花序中只有 1 朵花瓣打開)、盛花期(花序中 2 朵以上花瓣打開)及落花期，並計數每個開花階段的芽體數。開花日期花芽開裂日期及盛開日期的判定方面，參考 Albuquerque 等(2008)研究報告，將花芽開裂日期定義為有 20~50% 花芽處於花芽膨大或露蕾期，而盛開日期為始花期及盛花期的物候數達最大的日期。

二、物候模式應用

試驗套用溫時模式 ForcTT model 及二種傳統冷積模式 North Carolina model 及 Low Chilling model (Chuine et al. 1999)，測試及改變其模式參數，以找出適用於預測台灣低至中海拔山櫻花開花時間的物候模式。

三、物候模式預測準確度評估

試驗將阿里山不同海拔的三年度花芽開裂及盛開日期的調查資料套用物候模式後，所得冷積需求量(chilling requirements)及生長促進需求量(forcing requirements)的三年平均值來預測各海拔山櫻花的開花日期。試驗參考 Cesaraccio 等(2004)，計算預測日期與實際日期的相距天數來評估物候模式適用性。計算公式如下：

$$R_A = \frac{\sum_{i=1}^N |d_{pi} - d_{oi}|}{N}$$

R_A 為預測誤差， d_{pi} 為預測日期， d_{oi} 為實際日期， N 代表花季數。若預測誤差越小，表示物候模式預測的開花時間越符合實際情況。

四、未來開花時間模擬

找出阿里山各海拔最適用的物候模式及參數後，以各海拔山櫻花三年度開花時間的平均冷積需求量及生長促進需求量來預測未來(2030s、2050s 及 2090s)開花時間變化。氣候情境模擬採用 2014 年 IPCC 第 5 次評估報告的未來暖化減緩情境(RCP2.6)、暖化穩定情境(RCP4.5)及暖化加劇(RCP8.5)等 3 種情境，模擬各情境溫度變化的大氣環流模式選用 TCCIP 推薦適用於全台的 CCSM4、CESM1-CAM5 及 HadGEM2-AO 等 3 種大氣環流模式所模擬的溫度變化平均值。

結果與結論

一、三年度開花時間及溫度變化

根據三年度((2015 至 2017 年))阿里山地區 600 至 1800 m 的山櫻花物候調查資料，山櫻花花芽開裂時間在中海拔地區(1400 及 1800 m 樣區)為 1 月初，低海拔地區(600 及 1000 m 樣區)為 1 月中至 2 月初，顯示各海拔花芽開裂時間不一致，且低海拔花芽開裂時間有晚於中海拔地區的現象。

探討不同年度花芽開裂前的溫度變化與花芽開裂時間的關係，研究發現 2015 聖嬰年及 2016 年冷氣團延遲到來導致各海拔 2015 及 2016 年 12 月月均溫約高於 2014 年 12 月 2.7 至 3.1°C，而 2016 及 2017 年 1 月月均溫約高於 2015 年 1 月 0.7 至 2.6°C，2015/2016 及 2016/2017 年暖冬現象伴隨著低海拔花芽開裂時間延遲 6 至 13 天，但中海拔地區的延遲現象不明顯。三年度冬季溫度及開花時間變化正好可用於測試各種物候模式在不同海拔的適用性。

二、開花模式建構

物候模式的測試結果顯示，在花芽開裂時間方面，僅考量生長積溫的溫時模型 (ForcTT model)在三年度開花時間變化較大的 600 及 1000 m 低海拔地區，對花芽開裂日的預測誤差分別高達 5.7-7.3 天及 8.0-10.3 天，而套用國外應用於暖溫帶地區的冷積模型 Low Chilling 及 North Carolina model 對 1800 m 中海拔地區的花芽開裂預測誤差小，但在 600 m 低海拔地區的預測誤差可達 16.7 至 28.3 天，顯示一般常用的溫時模型及國外的冷積模型皆不適用於預測阿里山低海拔地區的山櫻花芽開裂時間(表 1)。本試驗透過試誤法，即以國外 Low Chilling 及 North Carolina model 為基礎，逐步修正不同溫度範圍的冷積權重。冷積權重意指根據溫度對解除芽體休眠的效果給予不同的權重，即在最適的冷積溫度範圍設定冷積權重為 1，次適合的溫度範圍設為 0.5，若對解除休眠沒有任何效果則設為 0。本研究最終測試出 Subtropical model 4 適用於預測阿里山 600 及 1400 m 地區的山櫻花花芽開裂時間，而 Subtropical model 2 適用於 1000 及 1800 m 地區(表 1)。研究結果顯示，若增加高溫範圍的冷積權重(如 subtropical model 2 及 4)對阿里山各海拔地區的花芽開裂時間有最佳的預測能力，而各海拔最適用的冷積模式不同，可能導因於各海拔山櫻花種原有差異，所以對溫度有不同的冷積效用。此外，各海拔套用最適冷積模式可發現，由於 2016 及 2017 年 12 月及 1 月低海拔低區冷積溫不足，導致花芽開裂時間較 2015 年延後，但 3 年度中海拔地區的冷積溫變化不大，因此 3 年間花芽開裂時間相似。在盛開時間的測試方面，一般常用的溫時模型不適合直接用來預測盛開時間，需先套用最適冷積模式預測花芽開裂時間後，再利用溫時模式預測盛開時間，此方法才有最佳的預測能力(表 2)。

表 1. 應用不同模式於預測阿里山地區山櫻花(*Prunus campanulata*)花芽開裂的平均誤差天數

海拔 (m)	ForcTT model		North Carolina model	Low Chilling model	Sub- tropical 2 model	Sub- tropical 4 model
	門檻溫度					
	0°C	5°C				
600	5.7	7.3	28.3	16.7	4.0	2.0
1000	8.0	10.3	7.3	6.0	0.7	4.7
1400	2.0	3.3	10.0	7.7	4.0	1.0
1800	3.7	5.7	4.0	1.7	0.7	4.7

表 2. 應用不同模式於預測阿里山地區山櫻花(*Prunus campanulata*)盛開日期的平均誤差天數

海拔 (m)	ForcTT model		Subtropical 2 或 Subtropical 4 + ForcTT model ¹⁾	
	臨界溫度		臨界溫度	
	0°C	5°C	0°C	5°C
600	6.7	8.0	1.3	1.3
1000	8.0	9.3	1.3	1.3
1400	2.7	6.0	1.3	2.7
1800	4.0	9.3	1.3	3.0

¹⁾ 600 及 1400m 採用 Subtropical 4 + ForcTT model ;
1000 及 1800m 採用 Subtropical 2 + ForcTT model

三、模擬未來開花時間變化

模擬結果顯示(表 3)，在暖化加劇情境(RCP8.5)，世紀中(2050)冬季升溫幅度將達 1.5 至 1.6°C，其將造成阿里山低海拔地區(600 及 1000 m 樣區)花芽開裂時間延後 6 至 10 天，盛開時間延後 4 至 7 天，若相同氣候情境持續至世紀末(2090s)，冬季升溫幅度將達 2.8°C，花芽開裂時間將延後 23 至 24 天，盛開時間將延後 16 至 20 天，而中海拔地區(600 及 1000 m 樣區)受冬季溫度升高對開花時間影響的程度相對較小，且盛開時間有略為提早的現象，此與日本地區櫻花受溫度暖化使開花時間提早的現象較類似。各海拔的模擬結果與 3 年度的調查結果類似，其皆顯示未來冬季溫度升高可能造成低海拔地區冷積溫累積量顯著降低，進而大幅度延遲開花時間，而由於中海拔地區溫度較低，因此溫度升高對中海拔地區的冷積溫累積量影響較少，所以開花時間較不受影響。

表 3. 模擬未來阿里山地區山櫻花(*Prunus campanulata*)開花時間變化

時間	海拔	花芽開裂時間 ¹⁾			盛開時間 ²⁾		
		RCP2.6 ³⁾	RCP4.5	RCP8.5	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
2030s ⁴⁾	600	+3 ⁵⁾	+5	+6	+2	+3	+4
	1000	+4	+5	+4	+2	+4	+3
	1400	+0	+0	+1	-3	-2	-1
	1800	+0	+1	+1	-2	-2	-2
2050s	600	+3	+5	+6	+1	+3	+4
	1000	+6	+7	+10	+2	+6	+7
	1400	+0	+0	+1	-3	-3	-2
	1800	+1	+0	+2	-3	-4	-3
2090s	600	+4	+8	+23	+2	+5	+20
	1000	+8	+12	+24	+6	+8	+16
	1400	+0	+1	+4	-3	-3	-2
	1800	+1	+2	+5	-3	-3	-3

¹⁾ 600 及 1400 m 採用 Subtropical 4 model 預測花芽開裂時間；

1000 及 1800 m 採用 Subtropical 2 model 預測花芽開裂時間。

²⁾ 600 及 1400 m 採用 Subtropical 4 model+ ForcTT model 預測盛開時間；

1000 及 1800 m 採用 Subtropical 2 model + ForcTT model 預測盛開時間。

³⁾ 氣候變遷情境採用 IPCC 第 5 次評估報告。

RCP2.6 為暖化減緩情境；RCP4.5 為暖化穩定情境；RCP8.5 為暖化加劇情境。

⁴⁾ 2030s 指 2021 至 2040 年；2050s 指 2041 至 2060 年；2090s 指 2081 至 2100 年

⁵⁾ 正值代表延遲；負值代表提早。

引用文獻

- Albuquerque N, Garcia-Montiel F, Carrillo A, Burgos L. (2008)** Chilling and heat requirements of sweet cherry cultivars and the relationship between altitude and the probability of satisfying the chill requirements. *Environ Exp Bot* 64(2): 162-170.
- Basler D. (2016)** Evaluating phenological models for the prediction of leaf-out dates in six temperature tree species across central Europe. *Agr Forest Meteorol* 217: 10-21.
- Cesaraccio C, Spano D, Snyder RL, Duce P. (2004)** Chilling and forcing model to predict bud-burst of crop and forest species. *Agr Forest Meteorol* 126(1): 1-13.
- Chuine I, Cour P, Rousseau DD. (1999)** Selecting models to predict the timing of flowering of temperate trees: implications for tree phenology modelling. *Plant Cell Environ* 22: 1-13.
- Chuine I. (2000)** A unified model for budburst of trees. *J Theor Biol* 207(3): 337-347.
- Osborne C, Chuine I, Viner D, Woodward F. (2001)** Olive phenology as a sensitive indicator of future climatic warming in the Mediterranean. *Plant Cell Environ* 23(7): 701-710.

農民對林蔭咖啡之作為與長期策略

王培蓉^{1)*} 孫銘源²⁾ 林仁瀚³⁾ 張凱雯⁴⁾

緒言

隨著全球經濟成長與新興市場的崛起，咖啡做為一時尚且都會型嗜好飲料的象徵，已受到愈來愈多消費者喜好，全球咖啡生產量與消費量俱為上揚趨勢。全球咖啡栽培面積持續擴張勢不可免，然而大規模全日照的咖啡生產對環境生態較為不利，現在許多國際組織與認證標章都鼓勵林蔭咖啡的栽植模式，當可兼顧經濟、社會與生態，成為環境友善的混農林發展型態。

目前台灣咖啡絕大部分全仰賴進口，但隨著咖啡嗜好人口的增加，以及精品咖啡的推廣，近年來屏東、台東、嘉義、南投等地之淺山與森林周邊地區新植咖啡的面積愈來愈大。從農業統計可見，近十餘年本地栽植面積與產量暴增 200 多倍，然而其產量仍不及需求量的 5%。因此，本研究針對臺灣咖啡農現行的栽植模式與對環境的考量進行調查，了解咖啡農採行混農林作業的主要考量與意願，以提供政策建議與實務參考。

方法

一、問卷設計

本計畫設計咖啡農經營型態及環境認知問卷一式，參考 Jezeer and Verweij (2015) 針對不同的林蔭咖啡栽植類型在經濟、生物多樣性及其他生態服務的評價；Nigussie 等人 (2014)：林蔭咖啡一般性問卷調查；Albertin and Nair (2004)：林蔭咖啡栽植偏好的問卷調查；Valencia 等(2015)咖啡農的傳統知識對選擇上木的影響；Martínez-Sánchez (2008) 有機生產林蔭咖啡對於生物多樣性之保護情況；以及多篇混農林效益(不全然是咖啡)的研究報告，配合本地特殊民情，編製為五大題組 63 道問項之咖啡農對混農林經營的意向問卷。

¹⁾ 行政院農業委員會林業試驗所森林經營組，10066 臺北市南海路 53 號。

* 通訊作者，E-mail:pjwang@tfri.gov.tw。

²⁾ 行政院農業委員會林業試驗所六龜研究中心，84443 高雄市六龜區中興里中庄 198 號。

³⁾ 行政院農業委員會林業試驗所蓮華池研究中心，55543 南投縣魚池鄉五城村華龍巷 43 號。

⁴⁾ 國立臺灣大學森林環境暨資源學研究所。10617 臺北市大安區羅斯福路四段 1 號。

二、取樣調查與問卷發放

問卷發放係從現有特用作物產銷班 78 班班員 1,319 人中，每班取 1-10 人寄送問卷。由於咖啡在農糧體系中屬特用作物類，此類產銷班不全然生產咖啡，尚有愛玉子、苦茶油、金線蓮、茶等，為避免高估母體數，故將抽樣率設定在 27%，依此總抽樣份數共 370 份。106 年 7 月 28 日至 10 月 31 日經郵寄問卷調查，並經三次催收，總回收問卷數 159 份，無效問卷 0 份，回卷率約 43%。

問卷回收後，經資料登錄、檢核，即針對所有題項進行描述性統計分析，即頻率及百分比，以了解答題趨勢；再以本研究主題「林蔭咖啡」題項與其他題項進行卡方分析，進一步探究會採取林蔭咖啡經營型態者可能與哪些變項有關。

結果與結論

一、問卷調查結果分析

(一)基本資料

這部分主要在瞭解填寫問卷的農民咖啡生產狀況，透過農地及咖啡園大小、海拔高、農民屬性等方面的探討，可大致瞭解台灣咖啡農的生產狀況。

在農地面積方面，台灣咖啡農農地面積普遍較小且零散，農地總面積近 9 成在 5 公頃以下，其中 42.0%的農民農地面積小於 1 公頃，有 47.8%介於 1-5 公頃間。在農地中種植咖啡面積比例方面，各項回答所占人次雖相近，但近五成(47.7%)咖啡樹在全農地面積中不到 5 成，占農地面積 90%以上者則僅有 21.9%，故由此發現，台灣農民種植咖啡，並非其主要的生產作物，可能僅抱持著嘗試的心態；此部分由農民收入也可驗證：大約 5 成的咖啡農，其咖啡收入僅占總收入的不到 30%，專門從咖啡中獲取利益者(咖啡收入占總收入 90%以上)僅有 13.6%。

在農地屬性方面，80.6%的農地屬農牧用地，不到兩成為林業用地。海拔分布有 43.7%位於 500 m 以下，大於海拔高 800m 者僅占一成，顯示台灣咖啡多種植在低海拔地區，光照強烈，咖啡品質較難以控制。77.6%的咖啡農販賣烘焙後熟豆；且有 47.3%的農民以自有品牌販售，顯示小農已頗具掌握品牌經營的能力。

(二)咖啡園經營方式

在咖啡園經營方式上，大多採橫坡行列栽植的方式(72.4%)，而栽植密度多集中於 800 株/公頃以下者，占 55.3%。咖啡樹齡則集中在 3-10 年生者，20 年生以上的老齡咖啡樹僅占 1.9%。在管理模式方面(答題可複選)，其中修枝與刈草為大多數咖啡農在管理

上皆會採用的方法，分別占 81.8%與 85.5%，其次為施肥(61.6%)。

就咖啡常見的病蟲害問題(見表 1 所示)，似乎不是非常普遍。最常見的咖啡果小蠹約有 1/3 的發生率，其次炭疽病及介殼蟲則約有 1/5 的發生率。

表1. 咖啡樹常見的病蟲害種類

項目	無病蟲害	鏽葉病	炭疽病	咖啡果小蠹	介殼蟲	東方果實蠅
人次	12	63	78	99	78	41
百分比	3.2%	17.0%	21.0%	26.7%	21.0%	11.1%

(三)遮蔭木選擇

關於農民對林蔭咖啡的接受度與種植狀況，有 82.1%的咖啡農有接觸過林蔭咖啡相關知識，林下栽植對結實量的影響，有 49.7%的農民認為有樹蔭者結實量較多；反之，有 37.9%的咖啡農認為日照咖啡的結實量多於半遮蔭；有 12.4%認為無差異。

咖啡園是否有遮蔭樹？高達 75.5%的咖啡農表示有上木遮蔭樹的存在，上木多為果樹及檳榔樹，因此咖啡農能從上木及咖啡獲得多重收益。咖啡農認為林蔭咖啡的優點主要在「提升生物多樣性」及「提升生物多樣性及棲息地」及「降低土壤沖蝕」；但僅有 0.8%的咖啡農認為林蔭咖啡具有「保護烈日下的咖啡」的效果。林蔭咖啡的缺點依次為「與咖啡競爭肥料、水及陽光」以及「容易創造出某些咖啡病原菌易滋生的微環境」等。

(四)市場影響狀況

本問卷針對咖啡農對市場狀況看法進行探討，發現農民大多對咖啡產業抱持樂觀的看法，有 64.5%的咖啡農認為未來台灣咖啡價格會上漲，30.9%認為持平，僅有 4.6%認為會下降，可以由此推測大部分現從事咖啡栽植的受訪者多認為咖啡產業在未來幾年應該會持續擴張。另外，我們亦針對咖啡農對國內外咖啡認證認知度進行探討，在國際咖啡認證上，農民對有機認證的認識最多(72.0%)；而在國內方面，產銷履歷(TAP)以及有機咖啡認證是農民較為了解的。

(五)未來性問題

對於氣候調適的咖啡經營問題，有 88.7%同意未來氣候變遷是否會影響咖啡產量。主要是 2016 年初全台低溫所造成的咖啡大幅減產，讓咖啡農印象深刻。農民所擔心的氣候變遷類型包括頻繁豪大雨(佔 20.2%)、氣候變遷使病蟲害加劇(19.5%)、寒害或霜害(19.3%)、夏季氣溫持續上升(18.4%)、乾旱機率(15.4%)，以及日夜溫差變小(7.2%)等，此部分結果可參見表 2。雖然臺灣氣候災害以颱風為主，但咖啡農仍對持續投入咖啡生

產有信心，有 48.4%的人會增加咖啡栽植面積，22%會嘗試種一些樹木保護，只有 6.3%的人會考慮轉作其他作物。

表2. 您擔心何種氣候變遷型態會影響咖啡樹的產量(複選題)

項目	豪大雨 頻繁	夏季氣溫 持續上升	寒害或 霜害	乾旱機率 增加	夜溫變高 (日夜溫 差變小)	氣候變遷 使病蟲害 加劇	總計
次數	93	85	89	71	33	90	461
百分比	60.8%	55.6%	58.2%	46.4%	21.6%	58.8%	301.3%

二、交叉比較分析

本研究針對不同題項與「是否聽過林蔭咖啡」及「是否種植林蔭咖啡」兩者間的關係。比較結果如表 3、4。與「是否聽過林蔭咖啡」有顯著相關的問題分別為咖啡農「年齡」與咖啡園「所在區位」兩者；而與「是否種植林蔭咖啡」有顯著相關的問題則為「農地總面積」與「咖啡豆是否有送美國精品咖啡協會(Specialty Coffee Association of America, 簡稱 SCAA)杯測檢驗評分」兩者。分析如下：

- (一)「是否曾聽過林蔭咖啡」與「所在區位」呈現顯著差異性。顯示聽過林蔭咖啡的農民中部>南部>東部。儘管農民聽過林蔭咖啡知識，卻未必施行林蔭咖啡種植。
- (二)「是否曾聽過林蔭咖啡」與「年齡」呈現顯著差異性。顯示年紀越大者聽過林蔭咖啡的農民越多，但由分析發現農民不一定採行。
- (三)「目前咖啡園是否有遮蔭樹？」與「農地總面積」呈現顯著差異性。顯示農地面積較大者，較可能採取林蔭咖啡型態栽植。
- (四)「目前咖啡園是否有遮蔭樹？」與「咖啡豆是否有送 SCAA 杯測檢驗評分？」呈現顯著差異性。顯示有進行杯測者，大多較願意採行林蔭咖啡種植。

表 3. 題項「是否曾聽過林蔭咖啡」與其他變項間的交叉分析

	Chi-square	自由度	P 值
農地總面積	4.282	3	0.233
農地海拔高	6.432	4	0.169
無使用殺蟲劑、除草劑和殺真菌劑	0.986	1	0.321
年齡	12.255*	5	0.031
教育程度	6.087	7	0.530
所在區位	29.074***	2	0.000

表4. 題項「目前咖啡園是否有遮蔭樹？」與其他變項間的交叉分析

	Chi-square	自由度	P值
農地總面積	11.982**	3	0.007
農地海拔高	4.746	4	0.314
為什麼想要經營咖啡園？	6.796	3	0.079
無病蟲害	0.462	1	0.497
是否使用肥料？頻率？	0.993	3	0.803
無使用殺蟲劑、除草劑和殺真菌劑	0.132	1	0.716
是否在意國際咖啡市場價格的波動？	0.016	1	0.900
是否認為國際咖啡認證能提高售價？	2.124	1	0.145
是否願意對咖啡進行咖啡認證？	0.180	1	0.671
是否有送SCAA杯測檢驗評分？	6.238*	1	0.013
是否對台灣咖啡認證滿意？	2.475	1	0.116
年齡	8.677	5	0.123
教育程度	4.809	7	0.683
所在區位	5.855	2	0.054

三、小結

本研究係從近年來許多農林地轉作咖啡園的現象及經營方式，探討林蔭咖啡的可行性。若能鼓勵咖啡農均採行混農林栽培模式，應可提高咖啡品質又能兼顧生態效益，故針對咖啡產銷班員設計一套問卷，進行調查。從本研究的問卷分析可見，林蔭咖啡為現行普遍的作法，但一般農民對林蔭咖啡的認識及優點顯然仍有不足。由於大面積及精品取向的咖啡園更易採取林蔭栽植的作業方式，但實際狀態是大部分咖啡農都僅有小面積、低海拔栽植，無法達到精品咖啡的要求。

咖啡農對急遽擴大的氣象災害，雖大部分都有咖啡減產的心理預期，但對災害發生而事前預防的比例仍偏低，顯示咖啡農仍未接收到足夠的訊息判斷未來農林災害的頻度與嚴重性。由於咖啡產地多位於臺灣淺山與中低海拔等高風險區位，本研究建議各級政府應重視咖啡等新興山地作物的發展與森林生態環境間的交互作用，強化農民對混農林作業的認識，以建構出更複雜，鑲嵌式地景來提高環境與社會的韌性。

引用文獻

Albertin A, Nair PKR. (2004) Farmers' perspectives on the role of shade trees in coffee production systems: an assessment from the Nicoya Peninsula, Costa Rica. *Human Ecology* 32(4): 443-463.

Jezeer RE, Verweij PA. (2015) Shade grown coffee: double dividend for biodiversity and small-scale coffee farmers in Peru. Hivos, The Hague, the Netherlands.

Martínez-Sánchez JC. (2008) The role of organic production in biodiversity conservation in shade coffee plantations. Ph.D. Dissertation. University of Washington, Seattle.

Nigussie A, Taye E, Bukero G (2014) Survey on Potentials and Constraints of Shade Tree Species for Arabica Coffee Production in. Int J Recent Res Life Sci 1: 1-11.

Valencia V, West P, Sterling EJ, Garcia-Barrios L, Naeem S. (2015) The use of farmers' knowledge in coffee agroforestry management: implications for the conservation of tree biodiversity. Ecosphere 6 (7): 122. <http://dx.doi.org/10.1890/ES14-00428.1>.

毛柿花粉管觀察

洪聖峰^{1)*}

緒言

毛柿(*Diospyros philippensis*)雌雄異株，是絕對的異花授粉類型，單果可形成 8 個種子，平均單果種子數 7.1 ± 1.3 粒，種子直播發芽率 92-94%，可見其自然狀態下受精比例很高，種子活力也很強。以生產無子果實的目的而言，對毛柿授粉受精作用的瞭解可做為研究抑制種子產生的對策之參考。植物授粉受精過程存在障礙，若為花粉品質問題，可以觀察到花粉活力低落甚至無發芽能力(李美娟等 2004，蕭政宏 2012)，若為不親和類型，則花粉在柱頭上發芽受抑制(卓俊銘等 2008)，或花粉管發育過程中產生膨大、扭曲或失去方向性(楊美珠 1998)等情況。花粉活力可直接進行發芽試驗，或以染色法進行檢測(Rodriguez-Riano and Dafni 2000)，本研究採用前者。植物一般在蕾期因柱頭成熟度不足，較不適合花粉發芽及花粉管伸長，且越早期，花瓣交疊越緊密，傳粉昆蟲越不容易進入花苞內。所以授粉作用應該越近花開放時間，功能才會越趨於完整，達到良好的可授性程度。在單偽結果試驗中，顯示花尚未開放前(約 1 日)剪去柱頭誘導單偽結果，卻仍有少數果實可產生正常種子(Hung et al. 2015)，這個現象提示了兩個重點：第 1 點，花未開放前已有小型授粉昆蟲可協助傳粉。第 2 點，花粉發芽及花粉管伸長可能很迅速，即授粉到完成受精的時間可能很短。因為花在夠成熟到花瓣稍有鬆脫現象時才能允許小型授粉昆蟲進入，此時可能距離開花僅 1-2 天。從花瓣稍鬆脫至開花前 1 天剪除花柱這麼短時間內，花粉需發芽且花粉管已伸入子房中，否則在剪除花柱時可能已經阻斷或破壞花粉管，使受精作用無法完成。花朵開放後若因故無法立即受粉，例如開花時遇降雨，柱頭會隨著時間老化，花粉可受性也隨之降低，本試驗即基於毛柿花粉體外培養及人工授粉後的花粉管發育觀察，以瞭解花粉品質及授粉適期，並由授粉到受精過程的觀察推測其歷程需時。

方法

一、花粉發芽試驗

¹⁾ 行政院農業委員會林業試驗所恆春研究中心，94644屏東縣恆春鎮墾丁里公園路203號。

* 通訊作者，E-mail: hsf@tfri.gov.tw。

採集新鮮當日開放之毛柿花粉在置有蔗糖 0%、5%、10%、15%、20%水溶液之載玻片上培養，上覆蓋玻片。以光學顯微鏡進行花粉管發芽觀察。選取固定的視野範圍，清點花粉總數，隨後每 30mins 觀察拍照，並計算花粉發芽數，每種濃度 3 重複。選取各蔗糖濃度下生長最旺的花粉管，估量其在時間區間內的生長長度。試驗於室溫 25°C 下進行。

二、花粉管螢光觀察

以同花粉發芽試驗之花粉進行人工授粉，雌花成熟度分別為開花前 4 日、前 3 日、前 2 日、前 1 日、開花當日、開花後 1 日、後 2 日、後 3 日及後 4 日等 9 個時機。每個授粉時機下再分為授粉後 2 hrs、4 hrs、6 hrs、12 hrs、24 hrs 及 48 hrs 等 6 個採收時機。每個組合至少 3 朵，採收授粉後之花朵以 FAA 進行固定(> 24 hrs)及保存。固定之花朵在梯度 EtOH (50%、30%、10%、0%)中復水後，置於 2 mol·L⁻¹ NaOH 軟化 2 hrs，再以 0.1% Aniline blue 染色 10 hrs。染色完成之樣本依欲觀察部位切取成片狀，經甘油壓片進行顯微觀察。材料各部位縱切及橫切，仔細觀察各條件下各部位之花粉管出現情況，隨時拍照記錄。

結果與結論

一、花粉發芽試驗

花粉體外培養在 0%及 20%蔗糖溶液中經過 2 hrs 均無發芽情形，5%蔗糖溶液發芽表現較慢，發芽率也較差，0.5 小時尚未觀察到發芽，2 小時之後也僅有 45.0 ± 8.6%的發芽率，但是花粉管伸長速率卻是最佳，尤其在培養期間內的最後 0.5 小時，花粉管伸長速率達到 760 μm·hr⁻¹。10%蔗糖溶液在培養期間的前 1 小時，無論是發芽率或花粉管伸長速率，均亞於 15%蔗糖溶液。但 1-1.5 小時區間，花粉管伸長速率突然達到 560 μm·hr⁻¹；發芽率也在最後 0.5 小時達到 84.0 ± 7.3%。但最後 0.5 小時無論 10%或 15%蔗糖溶液，被觀測的花粉管卻都不再生長，詳見表 1。花粉體外培養之花粉管生長無方向性，見圖 1A。大致上可歸納出：(1)在蔗糖水溶液 5%、10%及 15%濃度下均可使毛柿花粉發芽；(2)花粉發芽率以 10%蔗糖水溶液最佳；(3)最高花粉管伸長速率以 5%蔗糖水溶液最佳，且隨蔗糖濃度越高有降低的趨勢。

二、花粉管螢光觀察

比較不同成熟度雌花在人工授粉後花粉發芽率及花粉發芽速率，以開花當天為 A(極佳)做對照，評定 B(佳)、C(尚可)、D(不良)及極差(E)的等級；受精能力推估中 A 為 1 日

內可在胚珠觀察到花粉管，B 為 2 日內可在胚珠觀察到花粉管，C、D、E 無法在胚珠內觀察到花粉管，但 C 為 1 日內可在花柱底部觀察到花粉管，D 為 2 日內可在花柱底部觀察到花粉管，E 則無法在花柱底部觀察到花粉管。花粉管螢光觀察結果指出，在開花前 4 日至開花後 4 日的 9 個授粉時機中，開花當天及開花後一日無論柱頭上的花粉發芽率或發芽速率都是最佳的，開花前 1 日次之，往前及往後的花粉發芽表現都呈下降。評估在開花前後 3-4 日(含)以上進行授粉可能受精程序會有障礙(表 2)。花粉在柱頭發芽後(圖 1B)，花粉管進入柱頭組織中，因為人工授粉花粉量大，可在螢光顯微觀察中看到大量的花粉管彼此成束，且有相互旋繞的現象，但方向都是向著基部，進入花柱時分叉柱頭的成股花粉管匯集成一股，繼續向著基部伸長(圖 1C)。在花柱中花粉管則在花粉管引導區中伸展，螢光顯微縱切觀察可看出在花柱中心位置並無螢光反應(圖 1D)，因此花粉管引導區可能呈中空管狀；橫切觀察則明確看出螢光點呈環狀分布(圖 1E)，可確認花粉管引導區確實是以中空管狀存在花柱中。雖然由花柱縱切及橫切觀察到毛柿花柱中軸區域不具螢光，但卻仍存在植物組織(圖 1D, E)，應仍屬實心花柱。在花柱基部觀察到的花粉管仍然朝下伸展，但量會明顯少於頂部(圖 1F)。花粉管在胚珠中可在開花當日或隔日授粉 24 hrs 就觀察到(圖 1G, H, I)，因此推測毛柿剛開放新鮮雌花在授粉後 24 hrs 內就可完成受精。授粉後 48 hrs，可在子房壁中也觀察到花粉管(圖 1-J)，推測可能是因為已完成受精作用，使得花粉管失去配子體導向，此時花粉管的生長活力尚未消失，因此伸展到胚珠以外的組織。

表 1. 花粉體外培養 2 小時內之生長狀況

Time after pollination (hrs.)	Sucrose solution									
	0%		5%		10%		15%		20%	
	GR ^x	MPTGR ^y	GR	MPTGR	GR	MPTGR	GR	MPTGR	GR	MPTGR
0.5	0	0	0	0	30.2	240	46.2	360	0	0
1	0	0	29.7	440	35.1	200	55.9	240	0	0
1.5	0	0	37.3	680	56.4	560	65.5	320	0	0
2	0	0	45.0	760	84.0	0	65.5	0	0	0
Estimated time of the pollen tube get on stigma base after pollination ^z			> 13.2 hrs.		> 17.9 hrs.		> 27.8 hrs.			

^x GR: germination rate, unit = %.

^y MPTGR: maximum pollen tube growth rate, unit = $\mu\text{m}\cdot\text{hr}^{-1}$.

^z Assuming that the style is 1 cm which is divided by the highest MPTGR to calculate the shortest time from pollination to fertilization.

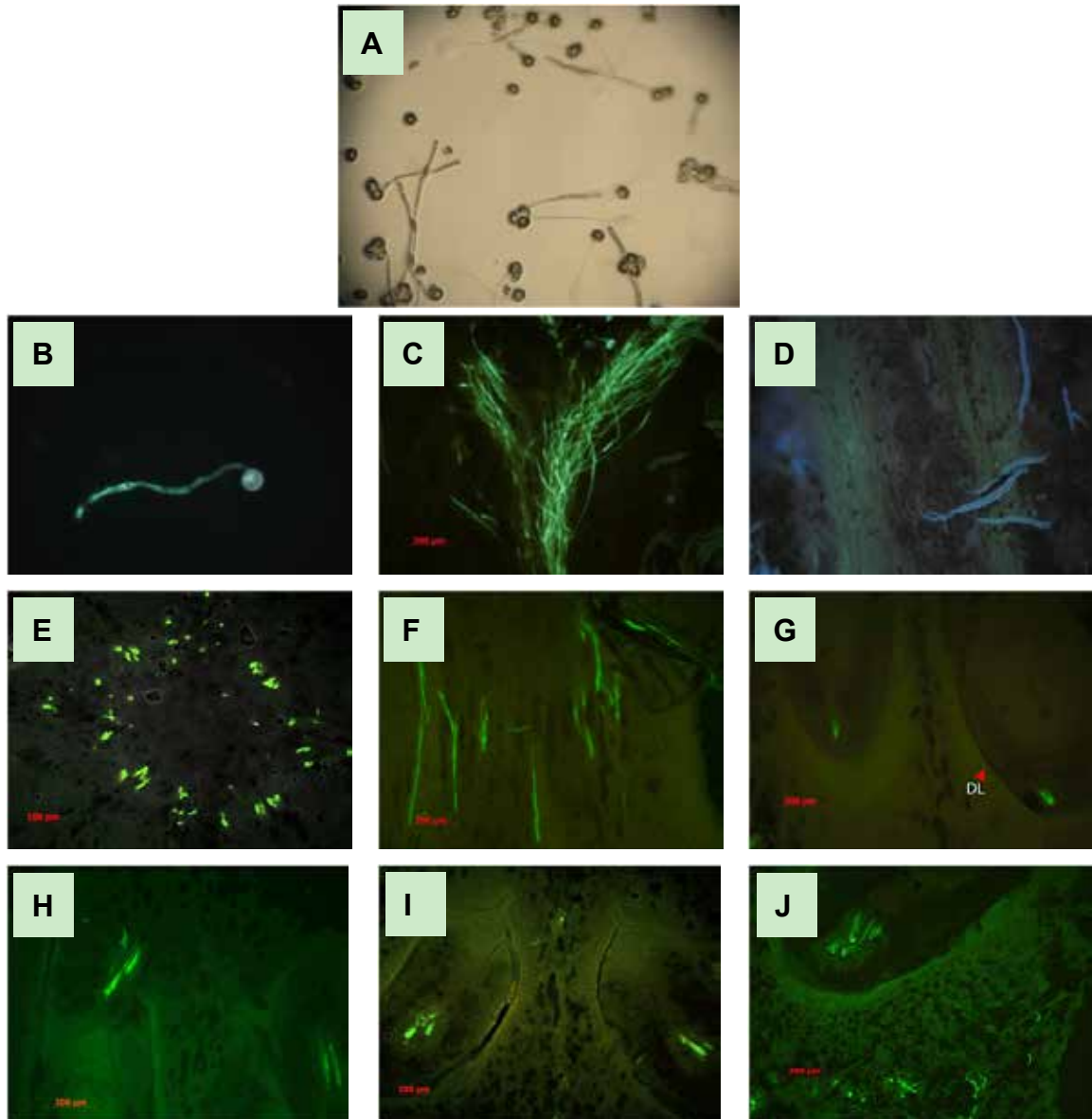


圖 1. 毛柿花粉體外培養及授粉後之螢光觀察

(A)在 sucrose 10%, 25°C下培養 1hr, 花粉管伸長不具方向性, 花粉粒約 20-30 μm 。
 (B)毛柿花粉發芽之螢光顯微觀察, 螢光染色部份為胼胝質(callose)。(C)大量花粉管在花柱頂部相互交錯成股, 往基部方向伸長; 開花當日授粉 24 hrs, 縱切。(D)花粉管在花柱中段, 在中心區域無螢光反應, 傳導區(transmitting tract)可能呈環狀; 開花當日授粉 24 hrs, 縱切。(E)花粉管在花柱基部, 傳導區(transmitting tract)明顯呈環狀; 開花當日授粉 24 hrs, 橫切。(F)花粉管在花柱基部, 持續往下方伸長; 開花當日授粉 6hrs, 縱切。(G)授粉後 24 hrs 可在胚珠內觀察到花粉管, 為雙層珠被(integuments); 開花當日授粉 24 hrs, 縱切, DL: double layer。(H)授粉後 24 hrs 可在胚珠內觀察到花粉管; 開花當日授粉 24 hrs, 縱切。(I)授粉後 24 hrs 可在胚珠內觀察到花粉管; 開花當日授粉 24 hrs, 橫切。(J)花粉管在子房部, 不僅在胚珠內具花粉管, 子房壁中也可觀察到, 可能是領先的花粉管進入珠孔, 配子體引導作用消失後, 使落後的花粉管失去方向性所導致; 開花當日授粉 48hrs, 橫切。

表 2. 不同成熟度雌花人工授粉之花粉表現

Performance of pollen germination	Pollination day (s) before (-) or after (+) flowering								
	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4
Grade of germination ratio ^x	E	D	C	B	A	A	C	C	D
Grade of germination speed ^y	E	D	D	B	A	A	B	C	C
Estimation of fertilization ability ^z	E	D	C	B	A	A	B	E	E

^x Comparing pollen germination ratio on different maturity style. Grade A (the best) which is pollinated on flowering day is as a standard to assess grade B (good), C (fair), D (bad) and E (very bad) which are pollinated on other maturity style.

^y Comparing pollen germination speed on different maturity style. Grade A (the best) which is pollinated on flowering day is as a standard to assess grade B (good), C (fair), D (bad) and E (very bad) which are pollinated on other maturity style.

^z Pollen tubes present and observed time of style basement or ovule with fluorescence microscopes. Grade A is pollen tubes observed in the ovule in 1 day, B is in 2 days, and C, D and E are non-observed. But C is pollen tubes observed in the style basement in 1 day, D is in 2 days, and E is non-observed.

三、綜合討論

(一)花粉管螢光觀察在本試驗已知毛柿花粉活力旺盛，在 10%及 15%蔗糖溶液培養下可在 0.5 hr 以內就發芽，且 10%蔗糖溶液培養下最高發芽率可達 84%，花粉管伸長速率最快達 $760 \mu\text{m}\cdot\text{hr}^{-1}$ ，以此估算授粉至花粉管到達花柱底部最快僅需 13.2 小時(表 1)。花粉管觀察未發現異常現象，且在 1 日內就可達到胚株內，所以推估毛柿在花粉到達柱頭後 1 日內可完成受精作用。柱頭在開花前 1 日即可接受花粉並完成受精，所以毛柿開花前剪除柱頭仍可能收穫具稔性的種子，惟傳粉媒介必須細小到能在未開放花苞的花瓣間進出，這也間接佐證了薊馬為毛柿傳粉(Hung et al. 2017)的可能性。雖然柱頭在開花前就可被授粉，但以開花當日及開花後 1 日為最佳授粉時機。

(二)有關花粉管的導引作用，概略可分為孢子體引導及配子體引導二部分(Swanson et al. 2004, Shimizu and Okada 2000)，花粉管進入柱頭之後，就因長鏈脂質所造成的水勢梯度及花柱中胞外基質(ECM, Extracellular matrix)所產生的導引作用向花柱基部伸長(Lord 2003)，然後到達假隔膜表面，這段歷程無需雌配子體引導，故稱為孢子體引導，由花粉正常通過不具雌配子體的花柱得證(Higashiyama et al. 1998)。續由珠柄引導花粉管離開孢子體組織，再由珠孔引導花粉管進入珠孔，直到完成受精作用，這段歷程主要由雌配子體產生引導作用，故稱之為配子體引導。

(三)花粉管伸長速率在本發芽試驗估計最快是 $760 \mu\text{m}\cdot\text{hr}^{-1}$ ，以花柱長 1cm 推算，授粉到花粉管抵達花柱底部最快需時 13.2 hrs，但是花柱內花粉管實際發育速率應該不低

於此估算。螢光顯微觀察的結果顯示在授粉後 6 hrs 可見到花粉管已相當接近花柱底部 (圖 1F)，由此可知在雌花柱頭裡的花粉管發育速度高於在花粉發芽試驗裡的速度。花柱頭黏液及花柱內成份以及花柱組織理應比僅用糖水更適合花粉的發芽及花粉管的發育，如硼、鈣、植物荷爾蒙、其他微量元素、pH 值以及溫度等都可能有很大的影響。因此體外花粉發芽培養所得的花粉管伸長速率，不可能準確估算授粉到受精所需的時間，因為體外花粉培養的發芽率，花粉管伸長速率及花粉管伸長的長度，應該都比不上在花柱內的表現。

引用文獻

- 李美娟、陳盛義、蕭吉雄 (2004) 核質互作雄不稔性狀於番椒雜交種子採種之研究。植物種苗 6(4): 31-42。
- 卓俊銘、許圳塗、曾夢蛟 (2008) 百香果自交不親和性與花粉發芽之研究。興大園藝 33(1): 41-52。
- 楊美珠 (1998) 茶樹自交不親和性之研究。國立臺灣大學園藝學系碩士論文，臺北。86 頁。
- 蕭政弘 (2012) 雄不稔性在十字花科蔬菜育種上研究與應用。台中區農業改良場一〇〇年專題討論專集 213-216。
- Higashiyama T, Kuroiwa H, Kawano S, Kuroiwa T. (1998) Guidance in vitro of the pollen tube to the naked embryo sac of *Torenia fournieri*. The Plant Cell 10: 2019-2031.
- Hung SF, Chang TL, King HB, Chen IZ. (2017) Flower Visitors and Potential Major Pollinator of *Diospyros blancoi* A. DC. in Taiwan. PAS 100(1): 37-46.
- Hung SF, Chen IZ, Roan SF. (2015) Preliminary results of fruit selection and induced parthenocarpy of mabolo (*Diospyros blancoi* A. DC.). Genet Resour Crop Evol 62: 1127-1134.
- Lord EM. (2003) Adhesion and guidance in compatible pollination. J Exp Bot 54: 47-54.
- Rodriguez-Riano T, Dafni A. (2000) A new procedure to assess pollen viability. Sex. Plant Reprod 12: 241-244.
- Shimizu KK, Okada K. (2000) Attractive and repulsive interactions between female and male gametophytes in Arabidopsis pollen tube guidance. Development 127: 4511-4518.
- Swanson R, Edlund AF, Preuss D. (2004) Species specificity in pollen-pistil interactions. Ann Rev Genet 38: 793-818.

楓香葉老化基因 *Lfo-miR164b* 及 *LfNAC1* 功能鑑定

文起祥¹⁾ 曲芳華^{1)*}

緒言

楓香(*Liquidambar formosana* Hance)是臺灣原生物種，於秋冬季發生葉老化之情形，十分適合作為林木葉老化的研究材料。本研究為探討林木葉老化核心調控基因，以 microRNA microarray 為出發點，使用春季幼葉及冬季老化葉進行 microRNA 基因表現量比較。其中，*miR164* 在春季大量表現，而配合轉錄體資料庫分析，選殖出產生 *miR164* 之重疊群(contig)LfGR17450 並依其二級結構命名為 *lfo-miR164b*。北方雜合實驗證實暫時性過表現 LfGR17450 使圓葉菸草(*Nicotiana benthamiana* Domin)葉片大量累積 *miR164*，說明 LfGR17450 為 *miR164* 的前驅物。此外，經預測選殖出受 *lfo-miR164b* 調控的轉錄因子 *LfNAC1* 及 *LfNAC100*，兩者皆在暫時性過表現實驗中證實受到 *lfo-miR164b* 的調控。*LfNAC1* 於先前研究被預測為葉老化核心調控轉錄因子，在本研究中也透過暫時性過表現實驗，證實 *LfNAC1* 促進葉綠素降解基因 *LfSGR* 表現，為葉老化中重要的調控基因。然而，由於模式物種阿拉伯芥(*Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh.)的 *LfNAC1* 同源基因 *NAC1* 並非葉老化專一，本研究也顯示出葉老化核心調控途徑在林木與草本模式物種的相同和相異之處。

方法

一、實驗材料

本研究延續先前研究使用位於臺灣大學校園內的楓香樣本樹(Wen et al. 2015)為實驗材料，收取 2010 年 12 月樣本及 2011 年 4 月樣本作為 microRNA microarray 使用，另收取 2011 年至 2014 年生長季各月份葉片，於每月月中至月底選擇一連續晴天之第二天取樣一次，以液氮冷凍儲存於-80°C冰箱備用。

二、microRNA microarray 實驗

MicroRNA microarray 實驗使用之 RNA 以 Concert Plant RNA Reagent (Thermo Fisher Scientific, USA)試劑抽取，經 DNase I 處理後，miRCURY LNATM microRNA Power

¹⁾ 國立臺灣大學森林環境暨資源學系，10617 臺北市大安區羅斯福路四段 1 號。

* 通訊作者，E-mail: fhchu@ntu.edu.tw。

Labeling Kit (Exiqon, USA)進行 Hy3(綠葉)及 Hy5(紅葉及黃葉, 表示老化葉)labeling, 分別於兩片微矩陣晶片(miRCURY LNA™ microRNA Array, v.11.0 – other species), 使用 MAUI® Hybridization System(BioMicro Systems, USA)進行雙色雜合。雜合之結果, 以 GenePix 軟體進行掃描及圈點, 微矩陣資料使用 GeneSpring 軟體依照 intensity > 250 作為篩選標準, 以 Hy3 為控制組, 進行兩片微矩陣晶片資料比較。

三、基因選殖

楓香轉錄體已在先前研究於臺灣大學生物技術中心之 Contigviews 系統建立資料庫 (Wen et al. 2015), 本研究透過 psRNA Target 網站預測 *miR164* 可能的目標基因, 並於楓香轉錄體資料庫下載該基因之重疊群片段, 經 Rapid Amplification of cDNA Ends (RACE) 方式獲得基因全長序列, 選殖並定序確認該序列實際存在於楓香之情形。

四、基因表現量觀察

Lfo-miR164b microRNA 使用 2011 及 2012 年樣本, 以 Concert Plant RNA Reagent (Thermo Fisher Scientific, USA)試劑抽取總 RNA, 經 DNase I 處理後取 10 ng 依 miRCURY™ LNA™ Universal RT microRNA PCR System (Exiqon, USA)製備成 cDNA 作為即時定量聚合酶連鎖反應(real-time PCR)觀察基因表現使用之模板, 並使用 SYBR Green Master Mix kits (Exiqon, USA)進行即時定量聚合酶連鎖反應。

LfNAC1、*LfNAC100* 及 *LfGR17450* 使用 2012 年至 2014 年生長季各月份葉片樣本。以修改之 CTAB 法(Chang et al. 1993)抽取總 RNA, 經 DNase I 處理後取 2 µg 反轉錄製備成 cDNA。即時定量聚合酶連鎖反應使用 Power SYBR Green Master Mix (Applied Biosystems, USA)反應試劑。本研究觀察之基因皆以 QuantStudio 12 K Flex Real-Time PCR System (Applied Biosystems, USA)進行即時定量聚合酶連鎖反應及分析。

五、暫時性過表現於圓葉菸草

暫時性過表現實驗方式同 Wen and Chu (2017)之研究, 其方式簡述如下: 將目標基因之編碼區(coding region)序列使用限制酵素切位接合之方式接合於基因轉殖用之 pBI121 載體。暫時性表現於圓葉菸草實驗使用農桿菌(*Agrobacterium tumefaciens*)GV3101 菌系為材料, 將已轉入載體之農桿菌以 3 至 5 ml Yeast-Extract Peptone (YEP)培養基配合適當之抗生素於 27°C搖晃培養 16 hrs, 取 100 µl 菌液, 加入 10 ml Luria-Bertani 2-(N-morpholino) ethanesulfonic acid (LB MES)培養液(含有 10 mM MES 並調 pH 值至 5.6 之 LB 培養液, 經滅菌處理, 使用前加入 40 mM acetosyringone (AS)), 於 27°C搖晃培養 16 hrs。離心後去除上清液, 以 infiltration buffer (10 mM MgCl₂ 及 150 µM AS 溶於無菌

水)重新懸浮，靜置 3 hrs，施打於圓葉菸草葉片。

結果與結論

一、microRNA microarray

MicroRNA microarray 具有 2,312 個探針，包含來自 miRBase 資料庫的 1,444 個動物基因，813 個植物基因及 55 個未知基因。經篩選獲得 254 個植物 microRNA 訊號，這些訊號較強的基因大多是具有高度跨物種保守性的 microRNA 基因，例如 *miR164*、*miR156* 及 *miR159*。其中，於綠葉表現量為紅葉及黃葉表現量兩倍以上者，包含 *osa-miR396c*、*zma-miR162*、*zma-miR394a*、*mtr-miR164d* 及 *zma-miR164a*。由於 *miR164* 已被前人研究證實具有調控葉老化的功能，故選擇 *miR164* 進行後續研究。

二、*Lfo-miR164b* 之序列鑑定

使用 psRNA Target 網站預測獲得楓香轉錄體重疊群 LfGR17450、LfGR21757 與 LfGR38864 皆可與 *miR164* 配對，而經序列功能預測後發現 LfGR17450 不含編碼區，可能為 *miR164* 的前驅物。相較之下 LfGR21757 與 LfGR38864 為 NAC 基因家族成員，可能為受 *miR164* 調控的目標基因。

LfGR17450 於 Contigviews 內建之分析軟體預測，發現有 microRNA 前驅物典型之 hairpin 結構，且依結構保守性可將其分類為 *miR164b*。在暫時性過表現實驗中，過表現 LfGR17450 可促進 *miR164* microRNA 累積，說明 LfGR17450 為 *miR164* 之前驅物，命名為 *lfo-miR164b*。

三、*Lfo-miR164b* 之調控功能鑑定

LfGR21757 與 LfGR38864 經基因選殖後分別命名為 *LfNAC1* 及 *LfNAC100*。取包含 *miR164* 黏合區位及其前後共 129 個鹼基序列與螢光蛋白序列結合，將之與 *lfo-miR164b* 同時進行過表現，發現螢光蛋白表現被抑制，而在以 β -glucuronidase (*GUS*) 基因取代 *lfo-miR164b* 的控制組沒有被抑制的情形。由於 *lfo-miR164b* 能透過與黏合區位進行黏合抑制目標基因表現，說明 *LfNAC1* 及 *LfNAC100* 皆為 *lfo-miR164b* 的目標基因。

四、*LfNACs* 於楓香葉老化之功能鑑定

暫時性過表現 *LfNAC1* 能促進圓葉菸草葉老化基因表現，然而 *LfNAC100* 卻未有此發現。進一步測試暫時性過表現 *LfNAC1* 可促進 *proLfSGR::YFP* 基因表現，顯示 *LfNAC1* 可調控楓香葉綠素降解相關基因 *LfSGR*。由此證實 *LfNAC1* 在楓香葉老化扮演著促進者的角色，而 *LfNAC100* 的基因功能則尚不明確。此外，由於模式物種阿拉伯芥之葉老化

受 *NAC6* 調控，故選殖楓香轉錄體資料庫中之 *NAC6* 同源基因 *LfNAC6* 進行研究。實驗發現 *LfNAC6* 基因序列有嚴重缺失的情形，其序列中段出現終止碼造成蛋白質無法完整合成，且不包含 *miR164* 黏合區位，暫時性過表現亦無法促進葉老化相關基因表現。此結果顯示楓香的 *LfNAC1* 受葉老化核心調控機制 *lfo-miR164b* 的調控，*LfNAC1* 可能取代 *LfNAC6* 在葉老化的角色，為楓香調控葉老化的重要轉錄因子。

引用文獻

- Chang S, Puryear J, Cairney J (1993)** A simple and efficient method for isolating RNA from pine trees. *Plant Mol Biol Report* 11: 113-116.
- Wen CH, Lin SS, Chu FH (2015)** Transcriptome analysis of a subtropical deciduous tree: Autumn leaf senescence gene expression profile of Formosan gum. *Plant Cell Physiol* 56(1): 163-174.
- Wen CH, Chu FH (2017)** A R2R3-MYB Gene *LfMYB113* is responsible for autumn leaf coloration in Formosan sweet gum (*Liquidambar formosana* Hance). *Plant Cell Physiol* 58(3): 508-521.

以大腸桿菌與小圓葉菸草表現系統生產臺灣杉雙萜類化合物

馬莉婷¹⁾ 曲芳華^{1)*}

緒言

萜類化合物(terpenoids)屬植物二次代謝物，協助植物抵抗蟲害、真菌感染，或是揮發香氣以吸引昆蟲授粉，目前從自然界已鑑定出一萬兩千個類萜化合物(Miller et al. 2005, Zulak and Bohlmann 2010)。從植物純化出的萜類化合物更已進一步應用在醫療用途，例如紫杉醇(taxol)、青蒿素(artimicinin)與丹蔘酮(tanshinone)(Mirjalili and Linden 1996, Guo et al. 2013, Salmon et al. 2015)。

植物萜類生合成途徑由初級代謝演化而來，當中萜類合成酶(terpene synthases, TPSs)是關鍵酵素。TPSs 決定了萜類化合物的主要架構，隨著基因複製(gene duplication)與突變(gene mutation)形成旁系同源基因(paralogs)，成為一個龐大的基因家族(Martin et al. 2004, Falara et al. 2011)。像是白雲杉(*Picea glauca*)基因體內即有 83 個 TPSs，又可依照催化基質的碳數不同可分成單萜合成酶(monoterpene synthase, C10)，倍半萜合成酶(sesquiterpene synthase, C15)，以及雙萜合成酶(diterpene synthase, C20)(Martin et al. 2004, Keeling et al. 2011, Warren et al. 2015)。其中負責合成植物中的生長賀爾蒙吉貝素(gibberellins)的雙萜類合成酶，更被視為最早演化的萜類合成酶(Hayashi et al. 2006, Zi et al. 2014)。從裸子與被子植物的雙萜合成酶蛋白質結構來看，演化初期的雙萜類合成酶具有兩個正常的催化區(active sites)，並漸漸演化成單催化區的蛋白質，因此中間產物游離在不同雙萜合成酶間，也就提昇了產物的多樣性，進而協助植物抵抗不同的逆境(Hall et al. 2013, Zi et al. 2014)。故雙萜類合成酶的演化方向是由雙功能至單功能，同時間演化出單萜與被半萜合成酶，故雙萜類合成酶可以說是開啟萜類化合物多元化的啟始點(Zhou et al. 2012, Zi et al. 2014)。

雙萜類化合物的生合成從 geranylgeranyl pyrophosphate (GGPP)開始，在大多數植物中以雙步驟的方式完成，第一步由 class II 雙萜類合成酶進行初次環化，而中間產物再游離到 class 合成酶中完成第二步環化，形成穩定的雙萜化合物(Zi et al. 2014)。裸子植物缺乏完整基因體序列資訊，要找出配對必須從轉錄體與代謝體研究著手。而在定序技

¹⁾ 國立臺灣大學森林環境暨資源學系，10617 臺北市大安區羅斯福路四段 1 號。

* 通訊作者，E-mail: fhchu@ntu.edu.tw。

術快速且便宜的今天，難題已不再是基因序列的取得，而是找出生產目標化合物的基因組合，結合微生物代謝工程，生產大量藥用或工業用萜類化合物，達到增進人類福祉的目的。

人類使用萜類化合物的歷史最早可追溯至松脂，到近年的青蒿素與紫杉醇，可看出隨著科學技術的演進，從一開始的混合使用，演變到分離純化並了解其生理活性，但是要從植物體萃取到有效量，通常需要長時間的栽種與工時，因此，利用微生物的快速增生特性，將植物類萜生合成基因，轉殖入微生物體內使之生產萜類化合物，可減少化學合成步驟以及耗損。具有良好生物活性的萜類化合物，通常經過植物體內酵素的修飾，若是經由微生物生產，往往受限於外源蛋白質的表現與活性，而如何改良蛋白質來提升產能，將是一大挑戰。另一方面，合成酶具有物種與受質的高保守性，所以從親緣關係找出目標酵素並不容易。因此，本研究以臺灣杉雙萜類化合物作為生產目標，發展穩定的大腸桿菌與小圓葉菸草的生合成系統。未來結合多方研究與經驗，透過不同單位間的討論與合作，對於萜類研究與工業生產有相當大的助益。

方法

一、臺灣杉轉錄組定序

臺灣杉針葉與毬果取樣自臺灣大學溪頭實驗林 70 年生林木，在-80°C冰箱保存。RNA 抽取步驟首先以液態氮磨碎樣本，再使用 PureLink RNA reagent (Invitrogen, Carlsbad, CA, USA) 萃取 RNA。RNA 濃度與品質以 nanodrop 與 bioanalyzer (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) 檢測符合標準後，使用 Illumina HiSeq™ 2000 (Illumina, San Diego, CA, USA) 進行臺灣杉葉部與毬果轉錄體組的定序。以 CLC Workbench (CLC bio, Århus, Denmark) 進行基因組裝並功能註解，與雙萜類合成酶有高相似度，且具有催化區的保守序列的序列，將接續進行基因選殖。

二、大腸桿菌共表現系統

共表現系統所使用的載體分為三部分：(1)pMBI (Martin et al. 2003) -作為前驅物 IPP 的合成者；(2)pCOLA-GGPS/CPS4(class II diTPS)-提供雙萜類生合成第一步的(+)-CPP；(3)pET-class I diTPSs：負責雙萜類生合成第二環化步驟的合成。三種質體將分批轉殖到大腸桿菌 C41 菌株中(Lucigen, Middleton, WI, USA)，並以培養基培養至 OD₆₀₀ (optical density at a wavelength of 600 nm) 為 0.6 後，按照前人研究(Martin et al. 2003)加入 IPTG(isopropyl β-D-1-thiogalactopyranoside)與 mevalonic acid，並持續培養 72 hr。

三、小圓葉菸草農桿菌暫時性表現

小圓葉菸草(*Nicotiana benthamiana*)種子播種後三到四周即可進行試驗，維持於 25°C 與 16 小時日照的生長箱中。表現基因首先被選殖到載體 pBI121 後，再被轉殖到農桿菌菌株 GV4101 內。帶有不同基因的菌株經過 16 小時以上的培養後，置換成 10 mM MES，10 mM MgCl₂ 並將濃度調整 OD₆₀₀ 0.5。不同菌株以相等體積混合後以針筒注入植物葉背，直到整片葉片濕潤後，放入原生長箱，放置五天後採樣葉片，並進行產物萃取與分析。

四、雙萜類化合物萃取與分析

大腸桿菌菌液以等量正己烷(*n*-Hexane)萃取，使用減壓真空方式濃縮至小於 500 μL。小圓葉菸草葉片以液態氮磨碎後，在 1 g 葉片加入 5 mL Hexane 並短暫震盪使之混合，置於 4°C 冰箱 16 hr 後，取上清並濃縮至 500 μL。濃縮萃取物皆使用 silica 管柱純化，並以管柱三倍體積之 Hexane 流洗，所有收集液集合後再次濃縮，並以氣相層析質譜儀 (GC-MS, Thermo Scientific) 分析之。

結果與結論

本研究使用次世代定序獲得臺灣杉轉錄體序列，並將比對到的雙萜合成酶進行功能鑑定後，成功在大腸桿菌成功建立雙萜生產系統。本研究使用次世代定序技術與蛋白質功能鑑定，共得到 12 個單功能型雙萜類合成酶。經過長時間的演化，臺灣杉的雙萜類合成酶基因皆具單一催化區(active site)，必須藉由 class II 與 class I 兩種酵素接力完成 GGPP 的環化。

本研究利用大腸桿菌建立雙萜類生合成系統，將臺灣杉雙萜生合成酶 CPS4 與 KSL3 共表現後，經過質譜比對後得到 levopimaradiene 為主要產物，abietatriene 為副產物的結果。而在同樣基因組合在小圓葉菸草則觀察到 abietatriene，並無 levopimaradiene 的訊號。臺灣杉針葉萃取物中，abietatriene 累積量相當高，前人研究已指出 abietatriene 可被 P450 修飾為 ferruginol (Miguel 2015)，後者具良好抗木材腐朽菌的能力(Chen et al. 2015)，顯示 CPS4 與 KSL3 對臺灣杉防禦機制的確扮演著相當重要的功能。未來可再加入下游的酵素，增加產物的多樣性，同時進行生物活性試驗，了解植物的防禦機制，對科學發展與農林業管理上都有相當大的助益。

引用文獻

Chen YH, Yeh TF, Chu FH, Hsu FL, Chang ST (2015) Proteomics investigation reveals

cell death-associated proteins of basidiomycete fungus *Trametes versicolor* treated with Ferruginol. *J Agric Food Chem* 63: 85-91.

- Falara V, Akhtar T, Nguyen TTH, Spyropoulou E, Bleeker PM, Schauvinhold I, Matsuba Y, Bonini ME, Schillmiller AL, Last RL (2011)** The tomato terpene synthase gene family. *Plant Physiol* 157: 770-89.
- González MA (2015)** Aromatic abietane diterpenoids: their biological activity and synthesis. *Nat. Prod. Rep* 32: 684-704.
- Guo J, Zhou YJ, Hillwig ML, Shen Y, Yang L, Wang Y, Zhang X, Liu W (2013)** CYP76AH1 catalyzes turnover of miltiradiene in tanshinones biosynthesis and enables heterologous production of ferruginol in yeasts. *Proc Natl Acad Sci* 110:12108-12113.
- Hall DE, Zerbe P, Jancsik S, Quesada AL, Dullat H, Madilao LL, Yuen M, Bohlmann J (2013)** Evolution of conifer diterpene synthases: diterpene resin acid biosynthesis in lodgepole pine and jack pine involves monofunctional and bifunctional diterpene synthases. *Plant Physiol* 161: 600-16.
- Hayashi KI, Kawaide H, Notomi M, Sakigi Y, Matsuo A, Nozaki H (2006)** Identification and functional analysis of bifunctional ent-kaurene synthase from the moss *Physcomitrella patens*. *FEBS Lett* 580: 6175-6181.
- Keeling CI, Weisshaar S, Ralph SG, Jancsik S, Hamberger B, Dullat HK, Martin DM, Fäldt J, Bohlmann J (2004)** Functional characterization of nine Norway Spruce TPS genes and evolution of gymnosperm terpene synthases of the TPS-d subfamily. *Plant Physiol* 135: 1908-1927.
- Miller B, Madilao LL, Ralph S, Bohlmann J (2005)** Insect-induced conifer defense. White pine weevil and methyl jasmonate induce traumatic resinosis, de novo formed volatile emissions, and accumulation of terpenoid synthase and putative octadecanoid pathway transcripts in Sitka spruce. *Plant Physiol* 137: 369-382.
- Mirjalili N, Linden JC (1996)** Methyl jasmonate induced production of taxol in suspension cultures of *Taxus cuspidata*: ethylene interaction and induction models. *Biotechnol Prog* 12: 110-118.
- Salmon M, Laurendon C, Vardakou M, Cheema J, Defernez M, Green S, Faraldos J a, Maille PEO (2015)** Emergence of terpene cyclization in *Artemisia annua*. *Nat Commun* 6: 6143.
- Warren RL, Keeling CI, Yuen MM Saint, Raymond A, Taylor GA, Vandervalk BP, Mohamadi H, Paulino D, Chiu R, Jackman SD, Robertson G, Yang C, Boyle B, Hoffmann M, Weigel D, Nelson DR, Ritland C, Isabel N, Jaquish B, Yanchuk A,**

- Bousquet J, Jones SJM, MacKay J, Birol I, Bohlmann J. (2015)** Improved white spruce (*Picea glauca*) genome assemblies and annotation of large gene families of conifer terpenoid and phenolic defense metabolism. *Plant J* 83: 189-212.
- Zhou K, Gao Y, Hoy J a, Mann FM, Honzatko RB, Peters RJ (2012)** Insights into diterpene cyclization from structure of bifunctional abietadiene synthase from *Abies grandis*. *J Biol Chem* 287: 6840-50.
- Zi J, Mafu S, Peters RJ (2014)** To gibberellins and beyond! Surveying the evolution of (di) terpenoid metabolism. *Annu Rev Plant Biol* 65: 259-286.
- Zulak KG, Bohlmann J (2010)** Terpenoid biosynthesis and specialized vascular cells of conifer defense. *J Integr Plant Biol* 52: 86-97.

臺灣扁柏之簡單重複序列分子標誌開發暨族群遺傳分析

黃群智^{1,2,3)} 曲芳華^{1,4)} 洪瑜梅³⁾ 陳啟聰³⁾ 趙齊相^{3)*}

緒言

柏科(Cupressaceae)扁柏屬(*Chamaecyparis*)的臺灣扁柏(*Chamaecyparis obtusa* var. *formosana*)為臺灣的特有植物，是日本扁柏(*Chamaecyparis obtusa*)的變種。臺灣扁柏與同為扁柏屬的紅檜(*Chamaecyparis formosensis*)齊名，合稱檜木。檜木的材質極佳可成為上等建材、家具、工藝品的主要原料。因臺灣扁柏價格高昂，又深受亞洲人喜愛，因此盜伐事件頻傳。雖然查緝單位偶有破獲盜伐集團，但由於缺乏相關鑑定技術，舉証不易，無法達到嚇阻作用。因此我們以簡單重複序列(Simple Sequence Repeats, SSRs)，又稱短縱列重複序列(Short Tandem Repeats, STRs)，或稱微衛星 DNA 分子標誌(Microsatellite Markers)，開發臺灣扁柏個體鑑定技術。當分子標誌開發完成後，不僅可用來進行個體鑑定，以強化扣案贓木的證據能力(Dormontt et al. 2015, Tereba et al. 2017)，未來還可用於林務局漂流木標售時的建檔(Lowe et al. 2010)。

材料與方法

研究方法如下述：臺灣扁柏採集、去氧核糖核酸(Deoxyribonucleic Acid, DNA)和核糖核酸(Ribonucleic Acid, RNA)萃取、SSR 和表現序列標誌(Expressed Sequence Tag, EST-SSR)開發、基因庫建立、族群遺傳分析。

一、臺灣扁柏採集：

在太平山森林遊樂區、100 線林道(含棲蘭山歷代神木園)、160 線林道、思源啞口、大雪山森林遊樂區進行植株採集。以高枝剪剪取 30 公分枝條一段，一部分以夾鏈袋封裝低溫保存，帶回實驗室存放於-80°C冰箱，留做 DNA、RNA 萃取出，其餘部分製作證據標本。因臺灣扁柏成樹樹高約 40 至 50 公尺，無法採集枝條的植株，則以平待鑿刀鑿取胸高 3cm × 3cm × 1cm 含形成層的樣品。

¹⁾ 國立臺灣大學森林環境暨資源學系，10617 臺北市大安區羅斯福路四段 1 號。

²⁾ 中央研究院生物多樣性研究中心，11529 臺北市南港區研究院路二段 128 號

³⁾ 法務部調查局鑑識科學處生物鑑識科，23149 新北市新店區中華路 74 號。

⁴⁾ 國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林管理處，55750 南投縣竹山鎮前山路一段 12 號。

* 通訊作者，E-mail: jchao3290@gmail.com。

二、DNA 和 RNA 萃取：

DNA 以修改過的溴化十六烷基三甲銨(Cetyltrimethylammonium Bromide, CTAB)法(Doyle and Doyle 1987)及 Plant Genomic DNA Extraction Miniprep System Kit (Viogene, Taipei, Taiwan)進行萃取。RNA 以 CTAB 法(Chang et al. 1993)進行萃取。另外，針對檜木的 DNA 萃取進行了一系列的比較，包含同植株的不同位置樣品萃取測試、不同狀態的植株 DNA 萃取後的濃度測試、不同保存方法對 DNA 萃取濃度的影響測試和常見的五種植物 DNA 萃取方法應用在檜木萃取效能的比較。

三、SSR 和 EST-SSR 的開發：

以次世代定序(Next Generation Sequencing, NGS)技術加速具有個體鑑定能力的 SSR 和 EST-SSR 篩選。在 DNA 庫(DNA Library)的備製中以磁珠聚集法(Magnetic Bead Enrichment Method) (Glenn and Schable 2005)，備製具有 SSR 的基因庫；RNA 庫(RNA Library)備製的部分，以 CTAB 法抽取總 RNA (Total RNA)，由源資生技公司(Tri-I Biotech, Inc. New Taipei City, Taiwan)以 Ovation RNA-Seq System V2(NuGEN, San Carlos, California, USA)反轉錄互補去氧核糖核酸(Complementary Deoxyribonucleic Acid, cDNA)，上述 DNA 和 RNA 由源資生技公司以 Illumina MiSeq System (2 × 300 bp paired-end; Illumina, California, USA)定序。定序後的原始序列以 CLC 軟體(CLC Genomics Workbench v7.5) (QIAGEN Bioinformatics, Aarhus, Denmark)整理，含去除讀子(Reads)前後可信度低的序列，去除重複數(Copy Number)低的讀子；再以 Simple Sequence Repeat Identification Tool (SSRIT) (Temnykh et al. 2001)篩選出候選的 SSR 和 EST-SSR 的序列；以 Primer 3 軟體(Rozen and Skaletsky 1999)進行引子(Primer)設計。設計出來的引子以 4 個族群各 2 個樣本進行 SSR 和 EST-SSR 基因多型性初步測試。

四、基因庫建立：

經初步測試後具有多型性的基因，於所設計的引子前鋒(Forward)的 5'端(5' End)進行螢光標定，以 5 個族群共計 96 個植株建立 SSR 和 EST-SSR 型別資料庫。

五、鑑別率計算和族群遺傳分析：

以 GenAlEx 6.503 (Peakall and Smouse 2012)分析已經開發的各別 SSR 和 EST-SSR 基因在被選定的 96 個植株裡的型別資料，包含對偶基因數(Number of Alleles, A)的計算、各對偶基因頻率(Gene Frequency of Alleles)對偶基因數的觀察雜和度(Observed Heterozygosity, H_o)、預期雜和度(Expected Heterozygosity, H_e)計算暨此系統鑑別率(Power of discrimination, P_d)和相符率(Probability of Matching, P_m 或 Probability of

Identity, P_i)。鑑別率指的是遺傳標誌(如：SSR、ESR-SSR)在某一群體中能區別個體的能力。對偶基因數越多且分布越平均，兩個隨機個體被鑑別出的機率越大，即兩個隨機個體擁有相同型的機率越小。兩個個體出現相同基因型之機率為相符率，以各基因型或表現型頻率之平方和表示之，而鑑別率 $P_d = 1 - P_m$ 。同時鑑定數個獨立多型性遺傳標誌時，其綜合相符率為各遺傳標誌相符率之積，此時，相符率將大為減小，而鑑別率將非常高。可被法院認可的有效鑑別系統，其鑑別率需達 0.9999 以上(Hedrick 1999; Rudin and Inman 2001)。最後，我們以 Structure Software (Pritchard et al. 2003)對這 5 個族群共計 96 個植株，進行族群遺傳分析，包含各族群比較(Population comparisons)及族群分化(Population differentiation)，用來研判族群之遺傳結構，計算族群間之遺傳距離(Genetic distance)。

結果與結論

一、臺灣扁柏採集：

根據林務局「越公開越不易被盜伐」的理念，目前採集的所有植株資訊皆以地理資訊軟體 ArcGIS (Johnston et al. 2001)整理公開在 <https://goo.gl/hQdm4x>，藉由採集資訊的公開警示盜伐者這些植株都已經被建檔和正在建檔。所有的證據標本皆已存放在中央研究院生物多樣性研究中心植物標本館(Herbarium, Biodiversity Research Center, Academia Sinica, HAST)。

二、DNA 萃取比較：

本研究進行的 DNA 萃取比較，包含同植株的不同位置樣品萃取測試、不同狀態的植株 DNA 萃取後的濃度測試、不同保存方法對 DNA 萃取濃度的影響測試、常見的五種植物 DNA 萃取方法應用在檜木萃取效能的比較。結果如下：

(1)在不同植株的不同位置樣品測試中得到葉部的 DNA 萃取濃度高於樹幹，而樹皮含形成層的部位又高於心材。(2)活株的 DNA 萃取效率高於死株的 DNA 萃取效率。(3)冷凍保存的植株 DNA 萃取濃度高於矽膠乾燥保存。(4)CTAB 法(Doyle and Doyle 1987)優於 Plant DNA Miniprep Version 2.1 (Dellaporta 1983)，優於 VIOGENE Plant Genomic DNA Extraction Miniprep System，優於 Purification of Total DNA (Murray and Thompson 1980)，優於 QIAGEN DNAeasy Plant Mini Kit (QIAGEN, Hilden, Germany)。但不論 DNA 萃取濃度的高低，最終會影響聚合酶連鎖反應(Polymerase Chain Reaction, PCR)擴增結果的關鍵為 DNA 裂解的位置。

三、SSR 和 EST-SSR 的開發：

臺灣扁柏的 DNA 和 RNA 以 NGS 定序後，以 CLC 軟體整理，再以 SSRIT 軟體篩選出含有 SSR 和 EST-SSR 的序列，共得到含有 SSR 序列 318,153 條，含 EST-SSR 的序列 63,390 條。以 Primer 3 軟體隨機設計含 SSR 和 EST-SSR 基因的引子對，設計 500 組引子，以 5 個臺灣扁柏族群共 96 個植株進行 SSR 和 EST-SSR 的多型性測試，最後留下具多型性的 SSR 基因 9 個，EST-SSR 基因 5 個。分析上述 14 個基因之各基因的對偶基因數(Number of Alleles, A)在此選定的族群間介在 1 至 11 間；觀察雜和度(Observed Heterozygosity, H_o)介在 0.000 至 0.944 間；預期雜和度(Expected Heterozygosity, H_e)介在 0.054 至 0.879 間。此 14 對 SSR 和 EST-SSR 在此 96 個植株的綜合相符率(Probability of Match, PM)為 0.000003633，鑑別率(Power of Discrimination, PD)為 0.999996367，此鑑別系統已達到判決標準的 0.9999。

四、基因庫建立：

現階段已建立了臺灣扁柏 5 個族群共 96 個植株的 SSR 和 EST-SSR 型別。

五、族群遺傳分析：

將已建立的基因庫中的型別資料進行分析，此 5 個地理族群在基因型別上無顯著差異，顯示為同一族群。此結果證實臺灣扁柏各地裡族群間基因頻繁交流，在基因表現上無地理族群的差異。推測其可能原因，有可能為臺灣扁柏為風媒授粉植物，而臺灣面積較小在基因族群分布上尚不足以形成地理隔離。

致謝

感謝法務部調查局計畫編號(107-1301-05-17-02)，提供本研究所有經費。感謝鍾國芳老師研究團隊在採集和研究上的協助。感謝林務局各林管處在採集上的協助。

引用文獻

- Chang S, Puryear J, Cairney J. (1993)** A simple and efficient method for isolating RNA from pine trees. *Plant Molecular Biology Reporter* 11(2): 113-116.
- Dellaporta SL, Wood J, Hicks JB. (1983)** A plant DNA miniprep: verion II. *Plant Mol. Biol. Rep.* 1: 19-21.
- Dormontt EE, Boneer M, Braun B, Breulmann G, Degen B, Espinoza E, Gardner S, Guillery P, Hermanson JC, Koch G, Lee SL, Kanashiro M, Rimbawanto A, Thomas D, Wiedenhoft AC, Yin Y, Zahnen J, Lowe AJ. (2015)** Forensic timber identification: It's time to integrate disciplines to combat illegal logging. *Forensic*

- Science International: Genetics 191: 790-798.
- Doyle JJ, Doyle JL. (1987)** A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin* 19: 11-15.
- Glenn TC, Schable NA. (2005)** Isolating microsatellite DNA loci. *Methods in Enzymology* 395: 202-222.
- Hedrick PW. (1999)** Genetics of populations. Hones and Bartlett, London, UK. P51.
- Johnston K, JM Ver Hoef, Krivoruchko K, Lucas N. (2001)** Using ArcGIS geostatistical analyst. ESRI. Redlands, California, USA.
- Lowe AJ, Wong KN, Tiong YS, Iyerh S, Chew FT. (2010)** A DNA method to verify the integrity of timber supply chains; confirming the legal sourcing of merbau timber from logging concession to sawmill. *Silvae Genetica* 59:1-6.
- Murray MG, Thompson WT. (1980)** Rapid isolation of high molecular weight plant DNA. *Nucleic Acids Research* 8(19): 4321-4326.
- Peakall R, Smouse PE. (2012)** GenAlEx 6.5: Genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research—an update. *Bioinformatics* 28(19): 2537-2539.
- Pritchard JK, Wen W, Falush D. (2003)** Documentation for structure software: version 2. Departments of Genetics and Biology, Stanford University. Stanford, California, USA.
- Rozen S, Skaletsky H. (1999)** Primer3 on the WWW for general users and for biologist programmers. *Bioinformatics methods and protocols*. Totowa, NJ.
- Rudin N, Inman K. (2001)** An introduction to forensic DNA analysis. CRC press, Boca Raton, Florida, USA. Vol.3: 41-61
- Temnykh S, Declerck G, Lukashova A, Lipovich L, Cartinhour S, Mccouch S. (2001)** Computational and experimental analysis of microsatellites in rice (*Oryza sativa* L.): frequency, length variation, transposon associations, and genetic marker potential. *Genome Res* 11(8): 1441-1452.
- Tereba A, Woodward S, Konecka A, Borys M, Nowakowska JA. (2017)** Analysis of DNA profiles of ash (*Fraxinus excelsior* L.) to provide evidence of illegal logging. *Wood Science and Technology* 51(6): 1377-1387.

DNA extraction from forestry honey and its molecular detection by PCR

Fang-Hui Chen¹⁾ Chia-Chen Wu^{1)*} Chun-Kai Hsu²⁾ Liang-Jong Wang³⁾ Pei-Zhen Li¹⁾

Introduction

Honey is naturally produced by eusocial bees which collect the nectar or sweet secretions from plants surrounding the apiary, modified and stored in the honeycombs. Honey had been used for centuries for its nutritional and medical proprieties in the world. Honey can be classified as unifloral or multifloral. The unifloal honey is that a single plant species is the source of nectar; the multifloral honey is more than one plant species in the source of nectar. The different nectar sources affect the chemical constituents and biological properties of honey. Honey from different geographical locations with different source of nectar has different nutritional and biological properties. Even certain plants of nectar may produce compounds toxic to humans. Therefore, it is important to trace the plant source of nectar in particular honey (Jain et al. 2013).

With advances in molecular genetics, techniques based on DNA have become the method of choice since they tend to be quick, precise and more reliable. Pollen and other plant-derived components present in honey can serve as the source of DNA, which can be used for the identification of the botanical origin of honey using DNA technology (Galimberti et al. 2014, Prosser and Hebert 2017, Valentini et al. 2010).

In Taiwan, the yield of honey is 3000-6000 tons per year. The value of output is reach 8 billion NT dollars per year. However, the demand is higher the domestic yield, the honey also was imported to Taiwan every year. Recently, the beekeepers put the man-made hive under the forest stands to produce forestry honey. The forestry honey is a kind of agroforestry management and may be with no pesticide and antibiotic.

In this study, the forestry honey produced from Lienhuachih Research Center, Taiwan Forestry Research Institute and Longan honey brought from the market were used for preliminary DNA detection. The results show the DNA extraction from honey is sufficient to PCR detection can be used for botanical identification and referred that the forestry honey is

¹⁾ Silviculture Division, Taiwan Forestry Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan, 10066 No.53, Nanhai Rd., Zhongzheng Dist., Taipei City, Taiwan.

* Corresponding author, E-mail: chiachen@tfri.gov.tw.

²⁾ Lienhuachih Research Center, Taiwan Forestry Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan, 55543 No.43, Hualong Lane, Yuchih Township, Nantou Couty, Taiwan.

³⁾ Forest Protection Division, Taiwan Forestry Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan, 10066 No.53, Nanhai Rd., Zhongzheng Dist., Taipei City, Taiwan.

multifloral and may contain herbal source. The further research in DNA detection of honey is necessary in the future. To our knowledge, this is the first report of a DNA extraction from honey in Taiwan.

Materials and methods

The two forestry honey samples were collected from Lienhuachih Research Center. One was produced during January, 2018 which was classified as honey of *Prunus campanulata* (PC honey), another produced on 27th March, 2018 was classified as honey of *Quercus* and *Cinnamomum* (QC honey). The sample of Longan honey was brought in the organic store. DNA extraction followed the modified CTAB method (JAIN et al. 2013). DNA barcode (*rbcl*, *ITS1* and *ITS2*) were used in detection of plant identification. 5 ul extracted DNA were used for polymerase chain reaction (PCR) (Taq polymerase kit, GenetBio, Daejeon, Korea). DNA fragments on agarose gel were purified by Genemark DNA extraction/clean up (Genemark, Taichung, Taiwan) and fused into the *pGEM-T Easy* vector (Promega, Fitchburg, WI, USA) or TOPO cloning kit (Bio-Genesis Technologies, Taipei city, Taiwan), then transformed the vector into *E. coli* (DH5 α stain) for growth at LB plate with blue-white selection. After plasmid DNA extraction, the plasmid DNA was treated by restriction enzyme (EcoRI, Promega, Fitchburg, WI, USA) for validation on agarose gel, then were sequenced by using ABI 3730 DNA analyzer (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA) in Genomics (Genomics, New Taipei city, Taiwan). The DNA sequence data were analyzed by software of BLASTn on NCBI.

Results and Conclusion

The concentration of extracted DNA from honey is below 10ng per microliter measured by using spectrophotometers (NanoDropTM, Thermo Fisher Scientific). It means the trace of DNA exist in the honey sample. However, extracted DNA was not visible on the gel electrophoresis. It implies that the extracted DNA may degrade to small-size fragments. In this study, we chose two DNA barcodes, *rbcl* (chloroplast) and *ITS1*, 2 between ribosomal DNA. The sequencing data of four ITS cloning colonies from Longan honey showed that the origins of plant are *Litchi chinensis* and *Brassica napus*. However, the three *rbcl* cloning colonies data from Longan honey indicated the origins of plants are *Citrus sinensis* and *Castanopsis carlesii*. The data of 10 *ITS* cloning colonies from PC honey show highly similarity to *Bidens alba*, *Ageratum conyzoides* and *Brassica napus*. The data of three *rbcl*

cloning colonies hit to *Castanopsis carlesii*, *Eutrochium maculatum* and *Praxelis clematidea*. The five ITS cloning colonies from QC honey indicated the origins of plants were *Bidens alba* and *A. conyzoides*. Seven *rbcl* cloning colonies from QC honey all hit to *Castanopsis* and *Quercus* species.

Our results implied that the bees may collect the different plant pollens. We also can observe that the results of ITS data easily to match herbaceous species, the results of *rbcl* easily to match tree species. Frequently found herbaceous species were *Bidens alba*, *A. conyzoides* and *Brassica napus*. In the honey of Lienhuachih Research Center, 25 sequence data were gained and 11 plant species were identified. All these 11 plant species are distributed near beekeeping area. The barcode data of PC honey showed no found hit to any sequences of *Prunus*. The flowering time of *P. campanulata* is from January to February. However, *Bidens alba*, *A. conyzoides* and *Brassica napus* may also flowering during January to February and also are important source of honey for bees. We implied bees may collect more herbaceous pollens than pollens of *P. campanulata*. Although the data of *ITS* and *rbcl* are not consistent in the same honey sample, it may because the higher sequence variant in regions of 18S ribosomal DNA and *ITS1*. It may affect the specificity of PCR amplicon. Our results indicated pollen composition was largely influenced by floristic local biodiversity, plant phenology and there are certain key species or plant groups that are particularly important in the honey bee environment. The further investigations are need in the future. Especially the researchers should combine DNA meta-barcoding and next generation sequencing technology to understand the honey bee nutritional requirements (Prosser and Hebert, 2017; Utzeri et al., 2018). In this article we demonstrate that the DNA detection approach is a suitable method for the study of plant composition in honey.

Reference

- Galimberti A, Mattia F. De, Bruni I, Scaccabarrozi D, Sandionigi A. (2014)** A DNA barcoding approach to characterize pollen collected by honeybees 9.
doi:10.1371/journal.pone.0109363
- Jain SA, JesusDFT, Marchioro GM, Araujo DED. (2013)** Extraction of DNA from honey and its amplification by PCR for botanical identification. Food Sci. Technol. 33: 753-756.
- Prosser SWJ, Hebert PDN. (2017)** Rapid identification of the botanical and entomological sources of honey using DNA metabarcoding. Food Chem. 214: 183-191.

doi:10.1016/j.foodchem.2016.07.077

Utzeri VJ, Schiavo G, Ribani A, Tinarelli S, Bertolini F, Bovo S, Fontanesi L. (2018)

Entomological signatures in honey : an environmental DNA metabarcoding approach can disclose information on plant- sucking insects in agricultural and forest landscapes. *Sci. Rep.* 1–13. doi:10.1038/s41598-018-27933-w

doi:10.1038/s41598-018-27933-w

Valentini A, Miquel C, Taberlet P. (2010) DNA Barcoding for Honey Biodiversity 610-617.

doi:10.3390/d2040610

著生杜鵑之微體繁殖

何雅齡¹⁾ 廖宇賡^{2)*}

緒言

著生杜鵑(*Rhododendron kawakamii* Hay.)又稱川上杜鵑，是臺灣原生 17 種杜鵑中，唯一具有黃色花冠，又以著生方式，附著在樹冠層枝條、枯倒木或岩壁上生長之小灌木。特產於臺灣山區海拔 1500 到 2500 m 處，為臺灣霧林帶的指標植物。植物學者認為，著生杜鵑依世界植物地理而言，可能是東印度群島著生型杜鵑分布的北界。由於其族群在臺灣少見，且植物位於高處不利採集繁殖材料，較少有人栽培育苗。本研究目的是以著生杜鵑在繁殖材料不易大量取得的背景下，以少量種子建立其組織培養繁殖途徑，並優化各階段的培養條件，以求大量繁殖著生杜鵑苗木。期望在苗木數量增加之後，除可作為景觀造景之用，營造特殊景點，也可應用為育種材料，進行新品種培育。

方法

一、材料

2014 年 11 月於杉林溪採集成熟的著生杜鵑種實，待其開裂後收集散出之細小種子進行表面殺菌並置於 1/2 MS medium (Murashige and Skoog 1962), 1.5% (w/v)蔗糖, 0.75% (w/v) Difco Bacto agar 中進行發芽。

二、多芽體增殖

將發芽之無菌苗從頂端切取 1.0 cm 長度的植物體做為增殖體垂直植入增殖培養基，以 1/2 Anderson medium (Anderson 1984)為基本培養基，各別添加 0、1.075、4.3、17.2、34.4 μM 6-(γ - γ -dimethylallylamino) purine (2ip)為不同處理，每 4 週(wk)繼代 1 次，芽體數量於繼代 4 次(16 wk)及繼代 6 次(24 wk)結束後進行分析比較。本試驗重複 2 次。

三、芽體抽長

將增殖的多芽體切取 1.0 cm² 的大小，放入 1/2 Anderson medium 添加 4.3、8.6 或 17.2 μM 2ip 培養基進行芽體抽長。每 4 週更換 1 次培養基，共培養 8 週後進行芽體長度之測量。本試驗重複 2 次。

¹⁾ 行政院農業委員會林業試驗所中埔研究中心，60081 嘉義市文化路 432 巷 65 號。

²⁾ 國立嘉義大學森林暨自然資源學系，60004 嘉義市鹿寮里學府路 300 號。

* 通訊作者，E-mail: ykliao@mail.ncyu.edu.tw。

四、芽體發根

將抽長的多芽體團塊植入培養於 1/2 Anderson medium 添加 4.3 μM 2ip 及 1 μM 之 indole-3-butyric acid (IBA)的發根培養基進行發根，每 4 週更換 1 次培養基，於第 12 週時計算發根形態的百分比。本試驗重複 2 次。(第 4 週與 8 週更換培養基，12 週記錄)

五、植株馴化

將已發根的小植株移入有機質培養土的介質中進行馴化，容器上方覆蓋透明壓克力板保持相對濕度，放置在馴化室 1 個月，注意澆水並保持介質濕度且逐步開啓壓克力板。1 個月後再移入直徑 9 cm 高度 7.8 cm 的黑色軟盆(側邊打孔)中，以珍珠石、蛭石、樹皮 (v : v : v = 1 : 1 : 1)為填充介質於溫室 1 個月。

六、培養條件

從成熟種子無菌播種開始至芽體發根階段，皆置於 $22\pm 1^\circ\text{C}$ 之培養室，以冷白螢光燈(cool white fluorescent light)提供 $30\text{-}35 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 之光度，光週期為光照 16 h/黑暗 8 h。植株馴化之培養環境則維持在 $24\pm 1^\circ\text{C}$ 但相同之光週期中，以冷白螢光燈及白熾燈泡 (incandescent light)提供 $40\text{-}50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 之光度。

七、統計分析

以 SPSS 12.0 (SPSS, Chicago, IL, USA)套裝軟體進行單因子變異數分析(one-way ANOVA)，惟馴化存活率值係經角度轉換後加以分析，處理間有顯著差異時($p < 0.05$)再以 Tukey's HSD 分析，檢定各處理均數間差異之顯著性。在發根率中，其不同發根形態數據，均以卡方檢定(Chi-square test)進行比較，檢測各發根形態占總發根率的百分比有無差別。

結果與結論

一、多芽體增殖

著生杜鵑成熟種子(圖 1A)無菌播種後 10 天發芽(圖 1B)，1 個月後可長出第 1 片葉子(2 片為子葉)(圖 1C)，試驗結果顯示不同的 2ip 濃度處理 4 個月及 6 個月後對芽體增殖情形有顯著差異，多芽數隨 2ip 濃度增加而提高，以 17.2 μM 最為顯著($p < 0.05$)，培養 6 個月時單一培植體獲得的最大芽體數可達 500 個(圖 2)。這與若干學者使用 2ip 進行杜鵑物種的芽體誘導，獲得較多的芽體數目的結果相同(廖宇賡和莊琬婷 2015, Douglas 1984, Kumar et al. 2004, Singh and Gurung 2009, Mao et al. 2011, 2018, Singh et al. 2013)，表示 2ip 對杜鵑芽體的誘導是一種有效的細胞分裂素。上述學者在不同種的杜鵑使用 2ip

誘導芽體所需的濃度都不同，使用的範圍在 4-73.8 μM ，其中以 24.6-39.36 μM 可誘導出較多的芽體數量(7-22 個)，而本研究則以 17.2-34.4 μM 最佳，所獲得的芽體數量可達 500 個，Singh 和 Gurung (2009)及 Mao 等人(2011, 2018)指出 2ip 濃度若超過 60 μM 其誘導增殖的效果反而下降，會減少芽體數量。顯示不同種的杜鵑雖使用相同的 2ip，但其效果各異。

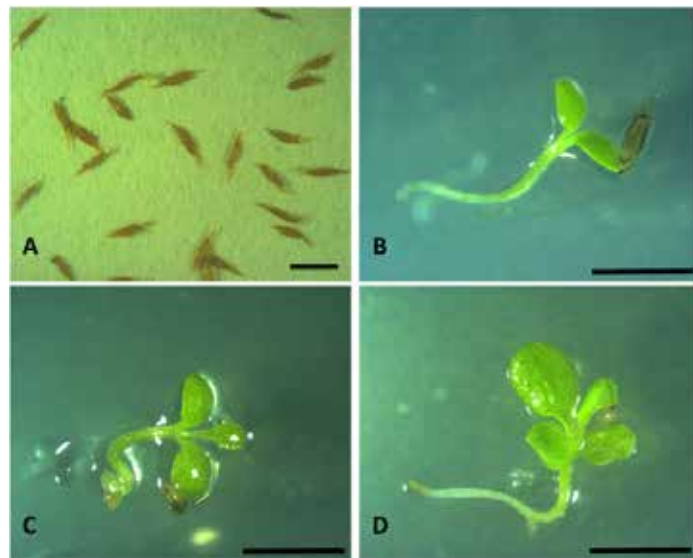


圖 1. 著生杜鵑無菌播種發芽情形。(A)成熟種子，(B)無菌播種 10 天後發芽，(C)發芽 4 週後可長出第 1 片葉子(2 片子葉)，(D)發芽 5 週後可長出第 2 片葉子。Bars = 0.2 cm。



圖 2. 著生杜鵑取單一芽梢為培植體經不同濃度(μM ，如圖中數字註記)的 2ip 處理，在 4 個月(A)及 6 個月(B)後對芽體增殖有顯著性差異。Bars = 1 cm。

二、芽體抽長

芽體於 2ip 培養 8 wk 後，其濃度對芽體抽長有顯著性影響，以低濃度的處理優於高濃度，其中又以 4.3 μM 的處理最佳。此結果與 Blazich 等人(1986)表示要獲得最多可誘導發根的莖芽，2ip 濃度要維持在增殖時的濃度，若將 2ip 濃度升高或降低其效果反而較差；Jesionek 等人(2016)的試驗顯示要將增殖時的 2ip 濃度升高才能得到伸長的芽體等結果不同。多芽體在未經抽長前長度約為 0.5 cm，經抽長處理後芽體長度可達 0.9 cm，且每片葉子的葉面積變大，形體較未抽長前強壯。

三、芽體發根

許多報告驗證 IBA 是最適合根系形成的生長素(Kumar et al. 2004, Singh and Gurung 2009, Mao et al. 2011, Singh et al. 2013, Jesionek et al. 2016)，而最適的濃度則依杜鵑種類及發根介質不同而異，杜鵑屬植物通常為淺根性或附生型，大部份喜好生長於透氣性高的土壤，所以有些學者嘗試用洋菜之外的介質做為試管內發根的支撐物，例如濾紙床(Kumar et al. 2004, Singh and Gurung 2009, Singh et al. 2013, 2016)、脫脂棉(毛元榮等 2004)、紗布(廖宇賡和莊琬婷 2015)或珍珠石(Jesionek et al. 2016)，同時也指出這些通氣性比較好的介質發根率比較好。這些報告中用於發根的芽體長度都大於 1 cm，且採單獨切離後移入，而本試驗芽體抽長結果無法達到建議長度，不易將芽體從叢生芽團中個別分開，所以改用將叢生芽整團移入發根培養基中，其發根率可達 98%，並無發根困難或不良的情形，顯示著生杜鵑的發根在以洋菜為介質的條件下是可以接受的。本試驗在使用 IBA 誘導發根進行 2 個月時不定根陸續開始出現，於第 3 個月時其發根率可達 98%，初步區分其發根的形態有 3 種，分別為短(根長均小於 0.2 cm)、長(根長大於 0.2 cm，單一生長，少有側根)及叢根(根長大於 0.2 cm，根系呈鬚狀發展，有側根長出)等三類，以卡方檢定其所占的比例有顯著性的差異，其分別占 12、56 及 30%，發生短根的芽體數量最少，而長根者的數量則超過半數。以外觀來看，根量愈多有助芽體發展出寬大葉面及健壯的個體。

四、植株馴化

將發根的叢生芽體個別切開，分成短根、長根及叢根的小植株移入介質進行馴化，其存活率在 95-100%之間，3 種不同發根形態的存活率並無顯著差異，表示芽體只要發根，根的長短及根量的多寡不影響馴化存活率，同時也顯示使用 IBA 誘導發根的時間可以縮短，只要出現短根就可進行植株馴化(圖 3)。

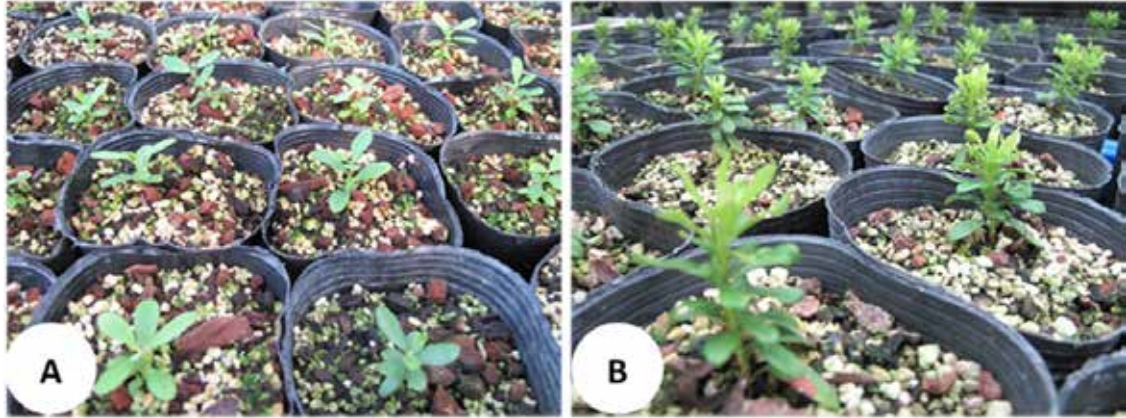


圖 3. 著生杜鵑小植株放置在馴化室 1 個月後移至溫室生長情形。(A)在溫室生長 6 個月的植株，(B)於溫室馴化 1 年的小苗，植株高度可達 8 cm。

以叢生芽整團來進行發根操作，在後續的馴化時也可很容易的將已發根的植株個別分開，比傳統在操作台內將芽體單獨分開後再進行發根誘導，操作上較簡單及省時。

本研究利用 2ip 成功的誘導著生杜鵑芽體的增殖，並利用 IBA 誘導芽體發根，完成大量繁殖健康植株的方法。經估算單一成熟種子在本方法之操作下，約 56 週後可繁殖出 460 株小苗。這些小苗在溫室培養 1 年後苗高可達 8 cm。

引用文獻

毛元榮、路群、湯敏、周根餘 (2004) 影響高山杜鵑生根的幾個因素。曲阜師範大學學報 30(1): 88-91。

廖宇賡、莊琬婷 (2015) 金門原生觀賞植物唐杜鵑之微體繁殖。中華林學季刊 48(1): 1-16。

Anderson WC. (1984) A revised tissue culture medium for shoot multiplication of rhododendron. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 109: 343-347.

Blazich FA, Giles CG, Haemmerle CM. (1986) Micropropagation of *Rhododendron chapmanii*. J. Environ. Hortic. 4(1): 26-29.

Douglas GC. (1984) Propagation of eight cultivars of *Rhododendron in vitro* using agar-solidified and liquid media and direct rooting of shoots in vivo. Sci. Hortic. 24(3-4): 337-347.

Jesionek A, Kokotkiewicz A, Wlodarska P, Filipowicz N, Bogdan A, Ochocka R, Szreniawa-Sztajnert A, Zabiegala B, Bucinski A, Luczkiewicz M. (2016) *In vitro* propagation of *Rhododendron tomentosum*-an endangered essential oil bearing plant from peatland. Acta Biol. Cracov., Ser. Bot. 58(2): 29-43.

- Kumar S, Singh KK, Rai LK. (2004)** *In vitro* propagation of an endangered Sikkim Himalayan Rhododendron (*R. maddenii*) from cotyledonary nodal segments. Journal - Am. Rhododendr. Soc. 58: 101-105.
- Mao AA, Kaliamoorthy S, Ranyaphi RA, Das J, Gupta S, Athili J, Yumnam JY, Chanu LI. (2011)** *In vitro* micropropagation of three rare, endangered, and endemic rhododendron species of Northeast India. In Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant 47: 674-681.
- Mao AA, Vijayan D, Singha RKN, Pradhan S. (2018)** *In vitro* propagation of *Rhododendron wattii* Cowan—a critically endangered and endemic plant from India. In Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant 54(1): 45-53.
- Murashige T, Skoog F. (1962)** A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15: 473-497.
- Singh KK, Gurung B. (2009)** *In vitro* propagation of *R. maddenii* Hook. f. an endangered Rhododendron species of Sikkim Himalaya. *Not. Bot. Horti Agrobot. Cluj-Napoca* 37: 79-83.
- Singh KK, Rai LK, Nepal LH. (2013)** *In vitro* propagation of *Rhododendron niveum* Hook f (state tree of Sikkim) an endangered rhododendron species of Sikkim Himalaya. *CIBTech J. Biotechnol.* 2: 53-60.
- Singh KK, Singh M, Chettri A. (2016)** *In vitro* propagation of *Rhododendron griffithianum* Wt.: an endangered Rhododendron species of Sikkim Himalaya. *J. Appl. Biol. Biotechnol.* 4(02): 72-75.

伽羅木醇型土肉桂舒壓實驗

何政坤^{1)*} 張淑華¹⁾ 許原瑞²⁾ 洪達華³⁾

緒言

伽羅木醇型土肉桂(*Cinnamomum. osmophloeum* ct. *linalool*)葉子精油之收率高達 2.8%(w/w)，其中伽羅木醇佔 95.4%(鄭森松等 2008)。Cheng 等人(2012)研究指出本型所精油所含的伽羅木醇為純的 S-(+)-Linalool，與目前市售伽羅木醇是(R)-(-)-linalool 與 (S)-(-)-linalool 的混合精油不同，純 S 型僅發現在馬鞭草科的 *Lippia alba*，但其精油收率僅 0.6-0.9%。Cheng 等人(2015)研究發現(S)-(-)-linalool 可降低小鼠焦慮情緒，促進紋狀體分泌多巴胺(dopamine)，降低去甲腎上腺素的濃度，達到舒壓的效益。我們提供 S 型伽羅木醇精油 510 mL 給行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所，進行試驗大鼠 28 天餵食亞急性毒性試驗，確認經 28 天飼食 1000 mg/kg/day 對大鼠無明顯毒性表現，顯示伽羅木醇使用的安全性。雖然在動物實驗具有舒壓效益，用在人體試驗是否也具有舒壓效果。我們設計以伽羅木醇茶飲與純露芳香吸附的方式，測試高壓族群在舒壓活動前後的唾液皮質醇(cortisol)、唾液澱粉酶活性、腦波專注與放鬆頻率、及簡單壓力量表與幸福指數表，觀察伽羅木醇對舒壓的效果。結果顯示以唾液皮質醇含量的檢測較能顯示人體壓力及瞭解伽羅木醇的舒壓效果。

材料與方法

一、檢驗儀器：

唾液皮質醇檢測委託瀚仕生醫科技股份有限公司檢測活性皮質醇濃度(nmol/L 唾液)，唾液澱粉酶檢測儀(Nipro Co.圖 1A)檢測唾液澱粉酶活性(kIU/L)，腦波儀(BrainLink(舒適型)-60Hz(圖 1B)，勝宏精密科技股份有限公司)檢測在 4 分腦波檢測專注率與放鬆率同時的頻率。

二、檢測對象與方法：

¹⁾ 行政院農業委員會林業試驗所育林組，10066 臺北市南海路 53 號。

* 通訊作者，E-mail: ckho@tfri.gov.tw。

²⁾ 行政院農業委員會林業試驗所蓮華池研究中心，55543 南投縣魚池鄉華龍巷 43 號。

³⁾ 香港商才華貿易有限公司台灣分公司執行長，10345 臺北市大同區南京西路 163 號 2 樓之 22。

檢測人數 20 人，來自傳統產業、銀行業與大學教授高壓族群，檢測前後蒐集 3 mL 唾液供瀚仕生醫檢測，以唾液澱粉酶試紙吸附舌下唾液後以唾液澱粉酶檢測儀讀取活性指數，以腦波儀監測在讀文章 2 分鐘及冥想音樂 2 分鐘之腦波專注率、放鬆率、與專注與放鬆同時率。填寫簡單之幸福指數表與壓力量表。試驗者在行政院農業委員會蓮華池研究中心和室通舖(圖 1C)坐在座墊上 35 分，芳香舒壓前喝一杯 250 mL 伽羅木醇茶飲(圖 1D)，以芳香器盛裝 250 mL 純露加精油(伽羅木醇濃度 1500 mg/L)之香氣充滿和室內。

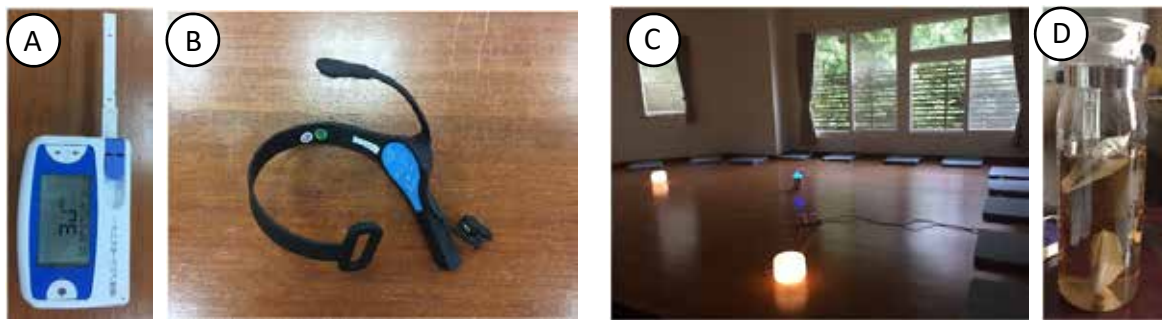


圖 1. 檢測儀與舒壓活動：澱粉酶檢測儀(A)、腦波儀(B)、芳香舒壓室(C)與伽羅木醇茶飲(D)。

三、數據分析：

舒壓率的計算為減壓數值/檢測前數值 $\times 100\%$ 。對唾液皮質醇與澱粉酶及壓力量表檢測而言，減壓數值=檢測前數值-檢測後數值。對腦波儀增加專注放鬆同時頻率及幸福指數，減壓數值=檢測後數值-檢測前數值。幸福指數調查有 8 題分成 6 等級，壓力指數表有 6 題，也分成 6 級，累加各題等級分數之均值，代表其幸福與壓力指數。

結果與結論

一、參與者壓力強度

統計參與舒壓活動人員共 20 人，女性 11 人，平均年齡 46 歲，自評職業強度 2.5 級，男性 9 人，平均年齡 48 歲，自評職業強度 1.8 級(表 1)。職業強度分成 5 級：非常高為 1 級、高為 2、3 為普通、4 為不高、5 為很低。女性屬高與普通級間，男性則屬高級以上，平均壓力強度 2.2。

二、不同檢測儀之比較

從儀器減輕率比較顯示皮質醇減輕率平均 22%，比澱粉酶平均 1%及腦波儀平均 4% 來得高，個體在參試前後的變異數也較小，因此是屬於較可靠的檢測數據。比較男女性

差異顯示皮質醇與澱粉酶檢測穩定減壓，但澱粉酶檢測男性成升壓，男性唾液的敏感度不一，值得進一步探討。腦波儀的檢測則在女性相當一致，都降低 4% 壓力。3 種儀器偵測伽羅木醇舒壓人率平均在 63 至 75%，女性舒壓人率在 63 至 80%，而男性舒壓人率在 63 至 78%，性別間舒壓差異不大。

表1. 伽羅木醇舒壓活動在不同檢測方法之比較

人數／性別	性別	年齡	自填壓力強度	皮質醇減輕率	澱粉酶減輕率	腦波專注放鬆同增率	自評幸福增率	自評壓減率
20 人	平均減壓率(%)	46	2.2	22%	1%	4%	7%	8%
	降壓人數			15	16	12	12	12
	降壓人率(%)			75%	80%	63%	71%	71%
女性	平均減壓率	45	2.5	25%	11%	4%	1%	4%
11 人	降壓人數			9	9	7	6	5
	降壓人率(%)			82%	82%	64%	67%	56%
男性	平均減壓率(%)	48	1.8	18%	-10%	4%	14%	13%
9 人	降壓人數			6	7	5	6	6
	降壓人率(%)			67%	78%	63%	75%	75%

三、自評幸福與壓力之準確度

自評填寫幸福指數表與壓力量表，平均幸福增率為 7%，壓減率為 8%，女性各為 1%與 4%，男性各為 14%與 13%，顯示女性自評保守，而男性自評過高。個別比較儀器檢測與自評舒壓，有 3 人自填壓力仍大，但儀器指示舒壓不小，顯示部分參與者對身體舒壓感受的自省能力，仍須深入感受。我們也調查願意再參加舒壓活動意願的人次為 2.4 次，顯示此種舒壓活動是一種具有再體驗的活動，瞭解內心與身體感受間的難得體驗。

引用文獻

洪聖峰、何政坤、林欣德 (2014) 芳樟醇型土肉桂嫁接及扦插之初步成活表現。臺灣大學生物資源暨農學院實驗林研究報告 28(2): 109-121。

鄭森松、林群雅、王亞男、許原瑞、張上鎮 (2008) 臺灣土肉桂種源庫之設置-葉子精油成分與化學多態性分析。臺大實驗林研究報告 22(1): 21-34。

Cheng BH, Lin CY, Yeh TF, Cheng SS, Chang ST. (2012) Potential source of S-(+)-linalool from *Cinnamomum osmophloeum* ct. linalool leaf: essential oil profile and the enantiomeric purity. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 60: 7623-7628.

Cheng BH, Sheen LY, Chang ST. (2015) Evaluation of anxiolytic potency of essential oil and S-(+)-linalool from *Cinnamomum osmophloeum* ct. linalool leaves in mice. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*. 5:27-34.

更新作業對綠竹林生長及產筍量探討

陳財輝^{1)*} 李宗宜¹⁾

緒言

綠竹(*Bambusa oldhamii*)屬於地下莖合軸叢生型竹類，稈高 6-12 m，稈徑 3-12 cm，原產於中國大陸南部，引進臺灣栽植後，分布於全臺各地，垂直分布以海拔 500m 以下地區較多，水平分布則係北部多於南部，而北部地區則以新北市栽植面積最多，南部地區則以臺南市為大宗(呂錦明 2001，Chen et al. 2017)。

叢生型竹類於竹筍採收後，新母竹地下莖位置一般會比原母竹高，因此新發筍位置也會越來越高，導致需要更多土壤培土，增加採筍作業困難度，因此通常經過 7-8 年後，會將竹園進行全面更新(呂錦明 2001)。目前綠竹受到竹嵌紋病毒(*Bamboo mosaic virus*, **BaMV**)危害嚴重，臺南農改場自 1989 年起調查發現全臺綠竹林罹患竹嵌紋病皆超過 80%，新北市五股區綠竹罹病率更高達 100%(鄭安秀和葉忠川 2002)。綠竹一旦感染上竹嵌紋病毒，唯有利用無病毒苗進行全園更新，並且加強綠竹生長管理以及注重竹園操作工具使用，才能有效防止竹嵌紋病毒傳播(李宗宜和陳財輝 2016)。

現今竹農進行竹園管理，一般僅做老竹伐採，頂多再增加地下莖清理作業，除非係發現有竹株罹病或是出現開花死亡的現象，才會將竹叢整個挖除，進行竹園更新。因此本研究以新北市五股區綠竹產筍林做為試驗地，比較經營超過 60 年未全株更新與全株更新後竹林之林分組成構造、竹稈生長特性及產筍量等差異，期望建立綠竹生長的基礎資料，提供竹農經營竹林及竹筍生產之參考。

方法

本試驗地位於新北市五股區一私有經營之綠竹產筍林，座標竹位置 TWD97(292998，2777570)，海拔高約 183m。本次調查之綠竹產筍林至少經營超過 60 年，未更新竹林樣區係從 1957 年栽植後至今，期間僅進行老竹伐採，從未進行園(竹叢)更新作業。另一樣區係在 2014 年 11 月進行竹園更新，將整區竹叢挖除，並於 2015 年 3 月栽植新苗。本研究於 2016 年在新植的綠竹園中，劃設 3 個 10×10 m 正方形樣區(4 叢/100 m²)，另於

¹⁾ 行政院農業委員會林業試驗所育林組，10066 臺北市南海路 53 號。

* 通訊作者，E-mail: thchen@tfri.gov.tw。

2017 年在超過 60 年未進行更新之綠竹園中，亦劃設 3 個 10×10 m 的正方形樣區(3-5 叢/100 m²)，進行每竹生長及竹筍產量之調查。生長調查項目包括稈徑、竹高、枝下高、竹齡等生長性狀。綠竹筍產量調查係於 2016-2017 年 5 月至 10 月間，在更新及未更新竹園劃設樣區內，依照竹農採筍時間(通常同一地點 3-5 天採筍一次)，前往調查記錄採集竹筍支數並秤取竹筍鮮重，並利用農委會農糧署公布綠竹筍產地價格，計算其產值。

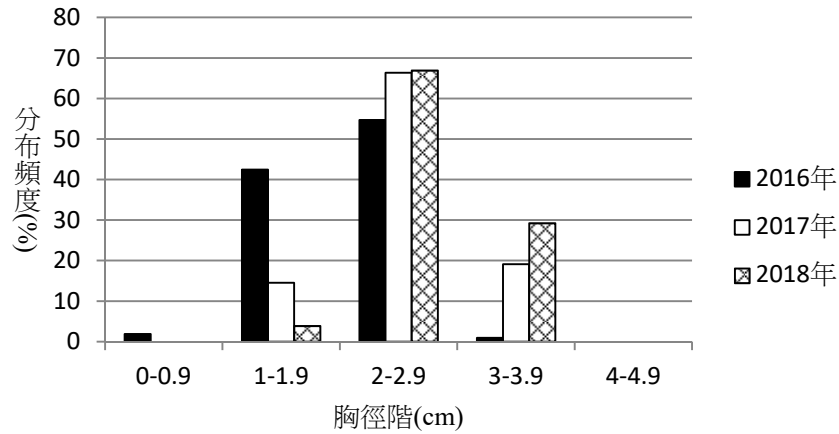
結果與結論

2017 年綠竹林分結構及生長調查結果，更新後綠竹園共 110 株，未更新綠竹園共 109 株，更新竹園綠竹稈徑分布介於 1-3.9 cm 之間，其中 73 株位於徑級 2-2.9 cm，佔 66.4%；未更新竹園綠竹稈徑分布介於 1-4.9 cm 之間，其中 57 株位於徑級 3-3.9 cm，佔 52.3%，由此可知未更新竹園綠竹稈徑普遍較大，且竹稈徑級分布較廣。進一步比較 2016-2018 年更新竹園綠竹稈徑生長，2016 年稈徑分布介於 0-3.9 之間，其中徑級大於 2 cm 佔 55.6%，2017 年徑級大於 2 cm 則有 85.5%，到了 2018 年已有 96.1%竹稈徑級大於 2 cm，由於竹子於發筍後 90-120 天內體積生長(稈徑、竹高)會增至最大，之後便不再生長，因此推測新植綠竹園，第一年新生竹稈徑生長較小，第二年開始新生竹稈徑生長會增加，並持續至第三年。未更新綠竹園 2017 及 2018 年竹稈徑級分布差異不大，顯示綠竹園經過一段時間生長後，新生竹稈徑生長會漸趨穩定(圖 1)。

藉由林分基本特性分析可了解竹園中林分生長狀況，結果顯示更新與未更新綠竹園在竹叢數及竹稈數上沒有顯著差異，顯示竹農以相同密度管理經營竹園。2018 年調查竹叢稈數(單位竹叢內竹稈數)及竹叢大小(單位竹叢生長面積)結果，未更新竹園竹叢稈數 10 ± 4 culms clumps⁻¹，竹叢大小 8.6 ± 2.9 m² clump⁻¹；更新竹園竹叢稈數 11 ± 2 culms clumps⁻¹，竹叢大小 7.3 ± 0.8 m² clump⁻¹，顯示未更新綠竹園竹叢間生長變異較更新綠竹園為大(表 1)。未更新綠竹園竹叢大小最大者 13.00 m² clump⁻¹，最小者 3.42 m² clump⁻¹，竹叢稈數最多 15 支，最少 5 支；而更新綠竹園竹叢最大者 8.10 m² clump⁻¹，最小者 5.75 m² clump⁻¹，竹叢稈數最多 14 支，最少 9 支。

林分基本特性與竹農經營竹園方式有密切關係，如栽植間距、留存母竹株數等，試驗地竹農每年會選留芽點向外之筍芽，當作來年產筍之母竹，隨著時間推移，竹叢會逐漸向外擴張，竹叢向外擴張後會影響鄰近竹叢生長，導致部分竹叢生長受到限制，如果未進行竹園更新，將導致竹叢間生長差異變大。

更新後綠竹園



未更新綠竹園

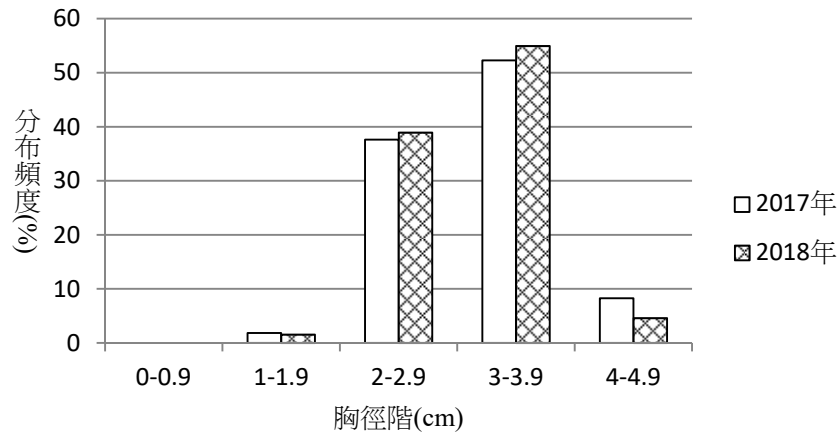


圖 1. 更新綠竹園與未更新綠竹園竹桿徑頻度分析

表 1. 更新與未更新綠竹園林分基本特性

樣區	年度	竹叢數 (clumps ha ⁻¹)	竹桿數 (culms ha ⁻¹)	竹叢桿數 (culms clumps ⁻¹)	竹叢大小 (m ² clumps ⁻¹)
更新 綠竹園	2016	400±0 ^a	3533.3±416.3 ^a	9±2 ^{ab}	-
	2017	400±0 ^a	3733.3±650.6 ^a	9±2 ^{ab}	-
	2018	400±0 ^a	4333.3±585.9 ^a	11±2 ^a	7.3±0.8 ^a
未更新 綠竹園	2017	433±115 ^a	3666.7±907.4 ^a	8±3 ^b	-
	2018	433±115 ^a	4366.7±1006.6 ^a	10±4 ^{ab}	8.6±2.9 ^a

¹⁾ 平均值±標準差。ANOVA 分析，相同字母表示在 $\alpha=0.05$ 之顯著水準下，無顯著差異。

²⁾ -表示沒有量測資料。

比較未更新綠竹園及更新綠竹園 2017 年不同齡級生長差異，兩者竹桿數皆為 1 年生 > 2 年生 > 3 年生，其中更新綠竹園 1 年生竹桿比例佔 58.9%，明顯高於未更新綠竹園，由此可知更新後綠竹園新生竹生長較多，且竹農為了讓新生竹足夠生長空間，會伐採較多三年生老竹。竹桿生長部份，未更新綠竹園各齡級平均桿徑、平均竹高及平均枝下高差異不大，代表其生長已趨於穩定狀態，新生竹與老齡竹生長差異不大；而更新綠竹園於平均桿徑、平均竹高以及平均枝下高皆較未更新綠竹園小，且 1 年生平均桿徑及竹高皆顯著大於 2、3 年生，顯示新生竹竹桿生長還在成長階段，未來有可能持續增加(表 2)。

表 2. 2017 年更新與未更新綠竹園齡級生長分布

樣區	齡級	竹桿數 (culms ha ⁻¹)	平均桿徑 (cm)	平均竹高 (m)	平均枝下高 (m)
更新 綠竹園	1	2200±458 (58.9) ¹⁾	2.7±0.6 ^b	3.3±0.8 ^b	0.9±0.9 ^b
	2	1333±379 (35.7)	2.2±0.4 ^c	2.8±0.7 ^c	0.9±0.3 ^b
	3	200±173 (5.4)	1.9±0.5 ^c	2.4±0.6 ^d	0.9±0.3 ^b
未更新 綠竹園	1	1867±351 (50.9)	3.1±0.6 ²⁾	4.1±0.6 ^a	1.2±0.5 ^a
	2	1200±346 (32.7)	3.2±0.6 ^a	4.0±0.7 ^a	1.4±0.4 ^a
	3	600±265 (16.4)	3.4±0.5 ^a	4.0±0.5 ^a	1.4±0.2 ^a

¹⁾ 括弧裏為各齡級株數之百分比

²⁾ 平均值±標準差。ANOVA 分析，相同字母表示在 $\alpha=0.05$ 之顯著水準下，無顯著差異。

竹園更新後第三年，由於已有三年生成熟竹，產量較穩定，比較更新綠竹園及未更新綠竹園 2017 年竹筍產量，除了 8 月份未更新竹園較高外(差距不大)，其他月份都是更新竹園高於未更新竹園。年總產量比較也是更新竹園(53,600 支 ha⁻¹，10,823.3 kg ha⁻¹)較未更新竹園(47,800 支 ha⁻¹，8,853.3 kg ha⁻¹)高，竹筍產量較高的月份係 6 月及 8 月，產量最低係 10 月。進一步比較更新竹園不同年度產筍量變化，2015 年栽植後，為了讓竹叢能夠吸取足夠養分，當年並未採筍，全部留做母竹，隔年(2016 年)產筍量為 26,433 支 ha⁻¹，5,588.8 kg ha⁻¹，然而第三年(2017 年)，無論產筍支數及重量幾乎都翻倍成長，甚至超過未更新竹園(圖 2)，因此，竹園更新對竹筍產量有正面影響。將 2017 年未更新及更新綠竹園每月竹筍產量與農委會農糧署公布綠竹筍產地價格相乘，可得到試驗地 2017 年未更新竹園竹筍產值 837,813 元 ha⁻¹，更新綠竹園竹筍產值 1,035,126 元 ha⁻¹，更新綠竹園每公頃較未更新綠竹園多 197,313 元產值，由此可知將綠竹園進行更新，有助於提高綠竹筍產量及產值。

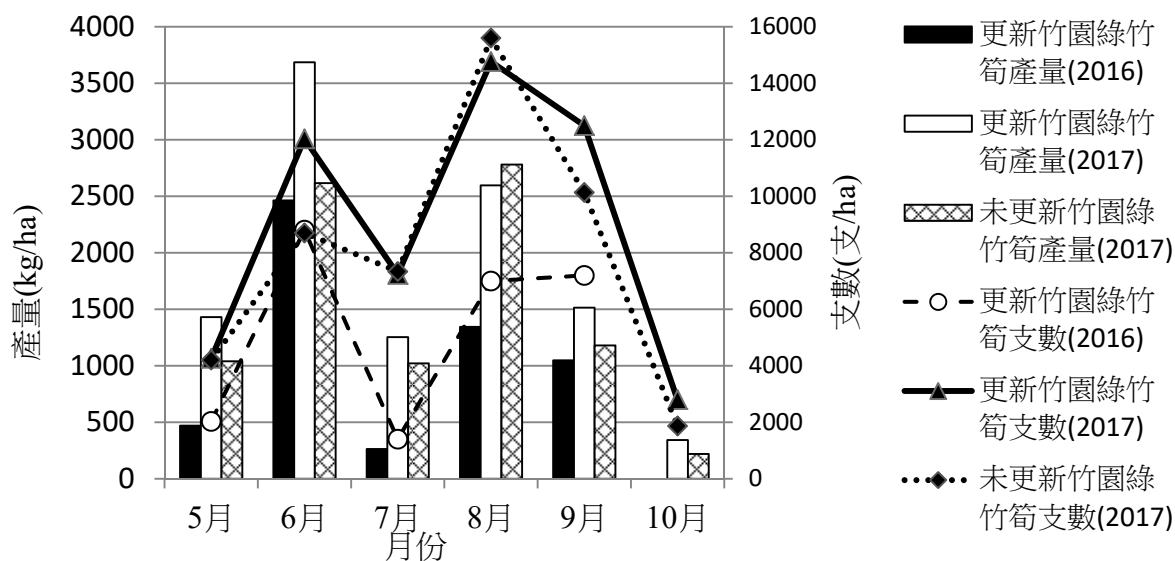


圖 2. 更新及未更新竹園綠竹筍產量比較

綠竹園經營過程中，為了採筍作業方便以及竹叢間均衡生長，適度進行竹園更新，有助於讓每叢竹子皆有足夠生長空間，降低竹叢間競爭所造成的生長差異，雖然要多花竹園更新的成本費，並且需面臨新植竹園前兩年產量較低的情況，但第三年開始竹筍產量及產值皆有明顯增加，且超過未更新竹園，整體來說，竹園定期更新對竹農生產竹筍有正面之影響。

引用文獻

呂錦明 (2001) 竹林之培育及經營管理。行政院農業委員會林業試驗所。

李宗宜、陳財輝 (2016) 健康綠竹筍培育與竹筍品質分級。林業研究專訊 23(6): 93-97.

鄭安秀、葉忠川 (2002) 無嵌紋病毒綠竹苗繁殖體系之建立與推廣。植物病理學會刊 11(4): 169-172.

Tsai-Huei Chen, Shitephen Wang, Dar-Hsiung Wang (2017) Production and marketing channels on green bamboo shoots (*Bambusa oldhamii*) in Taiwan. 林業研究季刊 39(1): 43-55.

荊竹生物炭添加對尚楠及牛樟苗木生長及土壤之影響

陳財輝^{1)*} 成允聖¹⁾

緒言

如何減少碳的排放並固定生物圈中的二氧化碳一直是永續發展的重要目標，2015 年的聯合國氣候變化綱要公約第 21 屆締約國大會中(COP21)，法國提出的千分之四倡議(4 per 1000 Initiative)，使炭的利用再度被提起，其中以生物炭(Biochar)特別受到重視。生物炭係指以廢棄的生物量，如植株殘體或禽畜糞便，在高溫低氧的環境下熱裂解而成的炭品。因具有芳香環的結構，難以被生物降解(Baldock and Smernik 2002, Wang et al. 2016)，施撒於土壤中能有效的長期封存碳於土壤當中，增加土壤碳匯(Glaser et al. 2009, Lehmann 2007)。

而生物炭除了具有減碳效益外，還能改善土壤性質增加作物產量，因此在農業上多有利用。生物炭的多孔隙與高表面積特性，使其在添加至土壤時，能增加土壤的孔隙率或減少土壤總體密度，並進一步提升土壤通氣與保水的能力(Mukherjee and Lal 2013)，同時還能吸附較多的陽離子，保存植物所需要的養分，並減少因淋溶作用或是逕流所導致的養分流失(Thomas and Gale 2015)。而鹼性的生物炭也能改善酸性土壤，增加養分活性，並刺激土壤中微生物的活動，進而提升土壤中植物可吸收的養分(Maestrini et al. 2014, Sackett et al. 2015, Thomas and Gale 2015)。然而生物炭在臺灣林業上的應用很少，其不同添加量對土壤及苗木生長的影響也不明確。

竹子生長快速，能迅速將大氣中的二氧化碳固定至竹林內，且伐採後對環境衝擊小，是固碳能力極強的物種，對於減緩全球氣候變遷有高度的貢獻。臺灣是個竹林資源豐富的國家，且具有穩定的竹炭產業，而荊竹(*Bambus stenostachya*)是臺灣中南部廣泛分布的竹種，其竹桿高大，生長密集，竹桿密度可達每公頃 24,533 支，地上部生物量 243.8 ton ha⁻¹ (陳財輝等 2012)，然因產業外移，目前多數竹林都呈現荒廢狀態，沒有經營。利用荊竹生產之生物炭，能提供竹材產業多元利用的方向並促進竹林資源之管理效率。因此本研究透過苗木試驗，希望能找出荊竹生物炭在林業上的應用，了解其對於苗木的生長與其土壤之理化性質之影響。

¹⁾ 行政院農業委員會林業試驗所育林組，10066 臺北市南海路 53 號。

* 通訊作者，E-mail: thchen@tfri.gov.tw。

方法

一、生物炭的製備

燒製溫度對生物炭的性質有很大的影響，生物炭上之含氧官能基會隨著燒製溫度的提升而氣化，使生物炭的陽離子交換能力(cation exchange capacity, CEC)降低(Suliman et al. 2016)，然而過低的溫度也會使生物炭的孔隙結構不完全，導至比表面積下降，通氣飽水性質減弱。本研究使用以 600°C 燒製而成的荊竹生物炭，其 pH 值為 9.07，表面積(BET)為 150 m²g⁻¹。符合國際生物炭倡議組織(IBC)及歐洲生物炭認證機構(EBC)的標準。

二、育苗作業

本試驗苗木分別選用臺灣較具經濟價值的針葉樹台灣肖楠(*Calocedrus formosana*)及闊葉樹牛樟(*Cinnamomum micranthum*)，做為生物炭施加對項，為了能較明顯的觀察到苗木的生長變化，以苗高 50 cm 左右的小苗進型盆栽試驗，於 2017 年 6 月 27 日栽植在林業試驗所蓮華池研究中心苗圃，海拔 680 m，年均溫 21°C，年雨量 2211 mm，苗圃配有自動澆灌系統，每日早上與傍晚各灑水一次，每次 10 分鐘。

育苗土壤取自南投縣蓮華池森林土壤並與有機肥以 1:1 比例混合做為對照組。試驗規劃含對照組共分成 4 種處理，分別為施加荊竹生物炭 0.25%、0.75%、2.25%及對照組(0%)，每處理組分別栽種牛樟與肖楠苗木各 10 顆於 8 吋圓盆中，共計 80 株。生物炭於 2017 年 8 月 4 日以表面施撒的方式加在盆栽中，苗木試驗自 2017 年 8 月至 2018 年 6 月，共 10 個月，期間每月定期測量苗木之苗高與地徑，並在進入生長季後進行破壞性取樣，分析其植體成分。

三、土壤分析

於 2018 年 4 月取試驗盆栽土壤，分析土壤物理與化學性質變化。土壤取樣後，於室溫下風乾，並通過 2 mm 篩網使其均質化後，送至行政院農委會農業試驗所分析土壤之 pH、電導度(EC)、CEC、總有機炭(TOC)、有機質、全氮及以孟立克 3 號(0.2N CH₃COOH + 0.25N NH₄NO₃ + 0.015N NH₄F + 0.013N HNO₃)法萃取測定之有效性磷、鉀、鈣、鎂、鐵等化學性質，此外也分析土壤之粒徑與容積密度，藉以了解其物理特性。

結果與結論

於 2018 年 4 月採集不同處理之土壤進行分析，結果如表 1 所示。在酸鹼度上，本試驗使用的生物炭 pH 值為 9.07，然而添加後土壤酸鹼度各組之間差異甚小，且以生物炭添加量較少的 0.25% 有最高的 pH 值。此結果主要與森林土壤的特性有關，森林土壤因有大量的腐植質，有機質含量豐富，因此對酸鹼值的緩衝能力較強(Noyce et al. 2015)；而由表 1 可以發現，本試驗所使用的土壤有機質含量較高，使試驗土壤有較好的緩衝能力。

表 1. 各處理組的土壤化學性質

處理	pH	EC μS/cm	全氮	全碳	有機質	C/N ratio	CEC (cmol/kg)	磷	鉀	鈣	鎂
								(mg/kg)			
CK	7.21	166.67	0.67	9.07	13.76	13.61	21.34	396.34	227.86	4281.05	444.23
0.25	7.28	177.50	0.71	8.88	12.20	12.56	24.61	482.90	248.42	5029.91	522.84
0.75	7.10	163.00	0.48	7.35	10.48	15.31	20.34	324.68	297.33	4191.61	370.30
2.25	7.12	207.00	0.53	7.69	11.70	14.60	22.57	377.42	483.97	4611.27	398.15

在有效性陽離子含量上，多數生物炭的磷與鉀含量豐富，能有效提升土壤有效性磷與鉀的含量(Sackett et al. 2015)，然而不同原料燒製而成的生物炭性質不盡相同，本試驗土壤在添加荊竹生物炭後，有效性鉀的含量隨添加量而增加，然有效性磷則是只有 0.25% 添加量的處理組有較明顯的增加，Kameyama 等人於 2017 的研究也有類似的結果，其發現竹炭在燒製過程中 CEC 會隨溫度上升而降低，且不論什麼溫度燒製而成的生物炭，有效性磷的含量都很低，但有效性鉀卻會隨燒製溫度而提升。

在土壤物理性質方面，研究指出生物炭的多孔性結構能增加土壤的孔隙率，減少土壤總體密度，並提升土壤通氣與保水的能力(Mukherjee and Lal 2013)。由表 2 可以發現，在添加 2.25% 重量比的生物炭後，雖然土壤的組成沒有明顯的差異，但其總體密度從 0.85 降到 0.63 g cm⁻³，而孔隙度則由 54% 提升至 65%，顯示生物炭確實能改善土壤物理性質，而較低的總體密度也代表土壤的團粒化較完整，能幫助苗木根系生長。

表 2. 各處理組的土壤物理性質

處理	砂粒	粉粒	粘粒	孔隙率	總體密度 (g/cm ³)
	%				
CK	40.02	40.90	19.07	54.28	0.85
0.25	38.81	39.74	21.45	52.43	0.88
0.75	40.84	41.53	17.63	65.43	0.64
2.25	41.34	41.92	16.74	65.33	0.63

許多研究結果都顯示，生物炭添加後能有助於林木的生長(Ghosh et al. 2015, Pluchon et al. 2014, Robertson et al. 2012)，由表 3 可以發現尚楠與牛樟苗木的生長反應有很大的不同，牛樟苗在高生長與地徑生長上都是生物炭添加量 2.25%的處理組有較好的生長反應，然於統計上差異皆不顯著；而尚楠苗則不論是苗高還是地徑生長都是生物炭添加量 0.25%的有較好的生長表現，且與較高添加量的 0.75%與 2.25%處理組有顯著差異。不同樹種常會對生物炭有不同的生長反應(Ghosh et al. 2015)，且被子植物相較裸子植物，對於生物炭施加後的生長反應更敏感(Pluchon et al. 2014)。實際造成牛樟與尚楠苗木的生長反應差異的原因，還需要後續的植體分析才能更深入的了解。

表 3. 尚楠與牛樟苗木各處理組之總生長量

處理	尚楠		牛樟	
	苗高(cm)	地徑(cm)	苗高(cm)	地徑(cm)
CK	69.75±11.15 ^{b1)}	9.33±1.69 ^{ab}	13.00±6.24 ^a	2.97±1.76 ^a
0.25	90.67±5.13 ^a	10.43±0.51 ^a	11.00±3.61 ^a	2.57±2.47 ^a
0.75	61.33±17.79 ^b	8.33±0.49 ^b	14.00±6.08 ^a	2.00±0.53 ^a
2.25	59.33±1.15 ^b	7.90±1.04 ^b	18.67±8.96 ^a	3.47±1.59 ^a

¹⁾ 英文字母為 ANOVA 變異數分析 Duncan test 的結果，不同字母表處理組間有顯著差異($\alpha = 0.05$)。

在生物量方面，除了尚楠 0.25%添加量的總生物量較高以外，其他處理間皆無顯著差異，然在苗木地上部與地下部的比值方面，發現牛樟地下部生物量的比例有隨生物炭添加量增加而上升的趨勢(圖 1)。這可能是導因於受生物炭添加而改善的土壤物理性質，使土壤團粒化較完整，進而促進地下部根系的生長。此外，Headlee 等人(2013)研究發現，苗木地上部的生長量與植物對氮與鉀離子的吸收有極大的相關性，土壤氮的多寡與鉀離子的有效性會直接影響地上部的生長，本試驗中的土壤有效性鉀離子隨

著生物炭的添加量而增加，且土壤 C/N 都偏低，代表土壤中可使用的氮較多，但苗木對養分元素的實際吸收量，還有待後續植體分析的結果加以釐清。

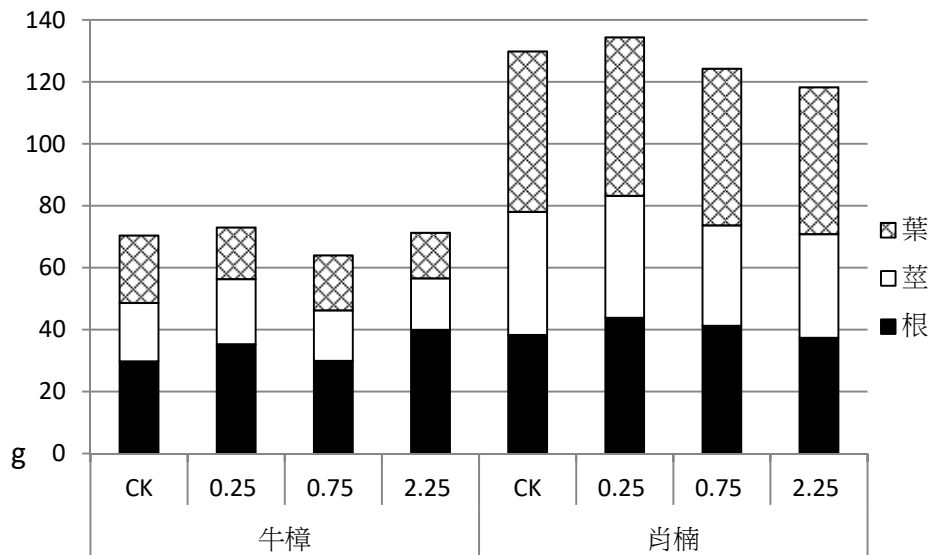


圖 1. 牛樟與肖楠苗木各部位生物量。

整體而言，在此 10 個月苗木生長期間，荊竹生物炭對土壤性質的改善以土壤物理性質較明確，其能降低總體密度並提高孔隙率，但其對土壤化學性質的影響，除了有效性鉀以外都較不顯著，這可能與添加量及森林土壤本身的性質有關。在生長量上，不同樹種對生物炭添加後的反應並不相同，肖楠在添加 0.25% 的生物炭後，其生長量就有顯著的增加，但超過 0.25% 的添加量後，生長量反而下降；而牛樟則是隨添加量的提升，其生長量也隨之增加，但卻沒有顯著差異。由於試驗時間尚短，還無法較明確的看出生物炭添加對苗木生長的效果，未來應持續觀測苗木的生長狀態，進行更長期之比較分析。

引用文獻

陳財輝、汪大雄、鍾欣芸 (2012) 臺南左鎮地區荊竹林之生長與生物量。中華林學季刊 45(3): 339-348。

Baldock JA, Smernik RJ. (2002) Chemical composition and bioavailability of thermally altered *Pinus resinosa* (red pine) wood. *Organic Geochemistry* 33: 1093-1109.

Glaser, B. Parr M, Braun C, Kopoló G. (2009) Biochar is carbon negative. *Nature Geoscience* 2(1): 2.

- Ghosh S, Ow LF, Wilson B. (2015)** Influence of biochar and compost on soil properties and tree growth in a tropical urban environment. *International Journal of Environment Science and Technology*. 12(4): 1303-1310.
- Headlee WL, Brewer CE, Hall RB. (2013)** Biochar as a substitute for vermiculite in potting mix for hybrid Poplar. *Bioenergy Research* 7: 120-131.
- Kameyama K, Iwata Y, Miyamoto T. (2017)** Review biochar amendment of soils according to their physicochemical properties. *JARQ* 51(2): 117-127.
- Lehmann J. (2007)** A handful of carbon. *Nature* 447: 143-144.
- Maestrini B, Hermann AM, Nannipieri P, Schmidt MWI, Abiven S. (2014)** Ryegrass-derived pyrogenic organic matter changes organic carbon and nitrogen mineralization in a temperate forest soil. *Soil Biology and Biochemistry*. 69: 291-301.
- Mukherjee A, Lal R. (2013)** Biochar impacts on soil physical properties and greenhouse gas emissions. *Agronomy*. 3: 313-339.
- Noyce GL, Basiliko N, Fulthorpe R, Sackett TE, Thomas SC. (2015)** Soil microbial responses over 2 years following biochar addition to a north temperate forest. *Biology and Fertility of Soils*. 51: 649-659.
- Pluchon N, Gundale MJ, Nilsson MC, Kardol P, Wardle DA. (2014)** Stimulation of boreal tree seedling growth by wood-derived charcoal: effects of charcoal properties, seedling species and soil fertility. *Functional Ecology* 28: 766-775.
- Robertson SJ, Rutherford PM, Lopez-Gutierrez JC, Massicotte HB. (2012)** Biochar enhances seedling growth and alters root symbioses and properties of sub-boreal forest soil. *Canadian Journal of Soil Sciences* 98(2): 329-340.
- Sackett TE, Basiliko N, Noyce GL, Winsborough C, Schurman J, Ikeda C, Thomas SC. (2015)** Soil and greenhouse gas responses to biochar additions in a temperate hardwood forest. *GCB Bioenergy*. 7(5): 1062-1074.
- Suliman W, Harsh JB, Abu-Lail NI, Fortuna AM, Dallmeyer I, Garcia-Perez M. (2016)** Influence of feedstock source and pyrolysis temperature on biochar bulk and surface properties. *Biomass and bioenergy*. 84: 37-48.
- Thomas SC, Gale N. (2015)** Biochar and forest restoration: a review and meta-analysis of tree growth responses. *New Forest*. 46(5): 931-946.
- Wang J, Xiong Z, Kuzyakov Y. (2016)** Biochar stability in soil: meta-analysis of decomposition and priming effects. *Gcb Bioenergy* 8(3): 512-523.

不同地區平地重要造林樹種生長趨勢

彭炳勳¹⁾ 鍾智昕¹⁾ 唐盛林¹⁾ 邱志明^{1)*}

緒言

台糖公司為配合政府政策，規劃釋出生產效益低之邊際土地造林，累計至民國 102 年已達 12,356 公頃，在全臺 8 區處中，造林面積最大 3 區處為屏東區處 3,949 公頃、花蓮區處 2,118 公頃及雲林區處約 1,500 公頃。目前這些林分對當地環境生態景觀已產生很大之改變，林地已開始面臨林分密度之適當調控，需要進行作業疏伐，以及收穫利用等問題。同時，林木栽植初期以成活率為檢驗標準之考量，已經無法符合現況需求。

在花蓮、屏東、雲林所栽植之樹種中，不同樹種成活率、胸徑、樹高、材積生長已產生極大之差異，本計畫在植樹造林試驗監測計畫下，由 6 年生(2009)開始進行定期之監測，至 2017 年，已連續監測 8 年。不同樹種成活率、生長趨勢變化等資訊，林務局、林農、台糖、泰和農場等公司法人均迫切需要瞭解，方能作為其進一步針對不同樹種中後期撫育管理利用，將來造林樹種選擇、適地適木及風險管控之能力。本研究結果提供林木中後期撫育經營、林齡、地位、林分密度控制、伐期齡決定、收穫利用之科學數據及平地造林政策檢討修正之參據。

材料方法

全臺農平地造林計畫，本計畫選擇臺灣東部、南部及中部造林面積最多之地區，於花蓮、屏東、雲林，不同林分密度、立地環境設置樣區，樣區面積為 0.05 ha (20×25 m²)，造林年度為 2002 及 2003 年。花蓮地區 12 種樹種 83 個樣區，歷經 2010~2017 年，8 年連續監測之每木調查，滿 7 年期間(7 年生~14 年生)之淨生長。屏東地區 10 個樹種，59 個樣區之設置與調查，經 2010~2017 年，滿 7 年(6 年生~13 年生)之淨生長。雲林地區 5 個樹種，29 個樣區，民國 101 年設置，歷經 2012~2016 年，4 次地面實際每木調查，滿 3 年期間(9 年生~12 年生)之淨生長。三地區合計 17 個樹種，共 171 個樣區。

針對平地造林面積最多之 17 種重要造林樹種，栽植密度每公頃 1,500 株(3.3 m×2 m)之杜英(*Elaeocarpus sylvestris* (Lour.) Poir.)、光蠟樹(*Fraxinus griffithii*)、楓香(*Liquidambar*

¹⁾ 行政院農業委員會林業試驗所森林經營組，10066 臺北市南海路 53 號。

* 通訊作者，E-mail: cmchiu@tfri.gov.tw。

formosana Hance)、牛樟(*Cinnamomum kanehirae* Hayata)、黃連木(*Pistacia chinensis* Bunge)、烏心石(*Michelia compressa* (Maxim.) Sargent)、欖木(*Zelkova serrata* (Thunb.) Makino)、苦楝(*Melia azedarach* Linn.)、樟樹(*Cinnamomum camphora* (L.) Presl.)、印度紫檀(*Pterocarpus indicus* Willd.)、桃花心木(*Swietenia mahogoni* (L.) Jacq.)、大葉楠(*Machilus japonica* Sieb. & Zucc. var. *kusanoi* (Hayata) Liao)、茄苳(*Bischofia javanica* Bl.)、陰香(*Cinnamomum burmannii* (Nees) Bl.)、台灣欒樹(*Koelreuteria henryi* Dummer)、赤楊(*Alnus formosana* (Burkill) Makino)、無患子(*Sapindus mukorossii* Gaertner)。調查項目如下：

- 1.單木生長：胸徑、樹高、枝下高、樹冠幅、樹冠長。
- 2.林分生長：每公頃株數、斷面積、材積。
- 3.枯死率：林分年枯死率(當年枯死株數/前一年成活株數)以%表示。
- 4.本試驗使用 SAS 完全逢機變異數分析及 Duncan's test 檢測其處理差異。

結果與結論

一、總生長

(一)花蓮地區

完成花蓮縣光復鄉台糖大富和大農農場 13 或 14 年生，12 種樹種，83 個樣區(不含疏伐樣區)之調查。每一樹種樣區之多寡，原則上依不同樹種造林面積之大小而設置，其中以欖木 24 樣區及光蠟樹 22 樣區最多，再次為杜英、楓香。

- 1.每公頃成活株數：不分樹種，目前每公頃成活株數 520~1350 株，平均每公頃成活株數為 1024 株，標準誤 71 株，經變異分析，不同樹種成活株數差異極顯著(F 值 3.24, $p < 0.01$)，其中以陰香每公頃 1350 株最高，其次為大葉楠 1330 株，烏心石、杜英、光蠟樹、茄苳、楓香等則在 1000~1200 株間；再次為台灣欒樹、欖木、苦楝及樟樹在 700~1000 株間；最差為赤楊 520 株。
- 2.材積生長：12 種樹種，每公頃材積範圍在 24.39~94.33 m^3 ，不同樹種間每公頃材積生長差異大，達到 4 倍之多，平均為 $51.1 \pm 5.9 m^3$ 。變異分析 F 值 12.89, $p < 0.01$ ，以杜英 94.33 m^3/ha 最大，楓香、烏心石、陰香、赤楊、茄苳次之，在 55.5~75.4 m^3/ha ；欖木及苦楝最低 25.5 m^3/ha ，其餘樹種在 29.1~47.9 m^3/ha 之間。

(二)屏東地區

屏東縣四林、萬隆及泰和農場 13 年生(2003 年造林)平地造林，共調查造林面積最多之 10 種樹種，不含疏伐樣區共 59 個樣區。

- 1.每公頃成活株數：10種樹種，每公頃成活株數範圍在 547~1340 株，最低和最高差距達 2 倍，不分樹種平均每公頃株數 859 ± 76 株。變異分析 F 值 3.74，以光蠟樹最高在 1300 株以上，楓香、印度紫檀 1100 株，杜英最低 547 株，其餘樹種約在 800 株左右。
- 2.材積生長：10種樹種每公頃材積範圍在 $25.50 \sim 105.77 \text{ m}^3$ ，高低差距約 4 倍。平均每公頃材積 $59.7 \pm 8.5 \text{ m}^3$ ，變異分析 F 值 11.26， $p < 0.01$ ，樹種間材積生長差異極顯著。桃花心木最高達 105.77 m^3 ，光蠟樹約 92.34 m^3 ，苦楝、烏心石及杜英居中 $66.65 \sim 77.16 \text{ m}^3$ ，最低為欖木 25.50 m^3 ，其餘楓香、牛樟、黃連木、印度紫檀在 $29.24 \sim 49.09 \text{ m}^3$ 。

(三)雲林地區

雲林縣崁腳農場 12 年生(2003 年造林)平地造林，共調查 5 種樹種，不含疏伐樣區共 29 個樣區。

- 1.每公頃成活株數：5種樹種，每公頃成活株數範圍在 1154~1540 株，不分樹種平均每公頃株數 1343 ± 73 株。變異分析 F 值 17.31，以無患子最高 1540 株，光蠟樹 1485 株，杜英最低 1154 株，其餘樹種約在 1250 株左右。
- 2.材積生長：每公頃材積範圍 $28.84 \sim 145.08 \text{ m}^3$ ，高低差距約 5 倍。平均每公頃材積 $83.0 \pm 23.8 \text{ m}^3$ ，變異分析 F 值 99.6， $p < 0.01$ ，樹種生長差異極顯著。杜英最高達 145.08 m^3 ，其次為桃花心木約 123.74 m^3 ，光蠟樹居中 87.33 m^3 ，最低為無患子及欖木 $28.84 \sim 29.77 \text{ m}^3$ 。

(四)三地區比較

花蓮、屏東、雲林地區共完成 12-14 年生 17 種樹種，171 個樣區，經變異數分析顯示，表 1 在不同地區每公頃成活株數、胸徑、樹高、材積之 F 值分別為 28.5、69.4、240.3 及 143.5，均達極顯著水準；不同樹種間，每公頃成活株數、胸徑、樹高、材積 F 值分別為 3.9、29.2、61.3、22.7，亦均達極顯著水準；地區和樹種間之交感效應，每公頃成活株數、胸徑、樹高、材積之 F 值分別為 3.5，7.4，16.8 及 9.8，同樣均達極顯著水準。由此可知，不同樹種在不同地區，各有其最適生長環境。不同樹種、不同生長特性之比較，以材積生長為例，鄧肯測驗(Duncan's test)大致可分為四群，以杜英、桃花心木最高 $110 \text{ m}^3/\text{ha}$ 以上，其次為苦楝、烏心石、楓香、光蠟樹為 $59 \sim 67 \text{ m}^3/\text{ha}$ ，最低為欖木約 $25 \text{ m}^3/\text{ha}$ ，其餘樹種介於 $29 \sim 58 \text{ m}^3/\text{ha}$ (如表 2)；就三地區皆有之樹種為杜英、光蠟樹、欖木，3 種樹種來看，93 個樣區，以材積為例，杜英、欖木雲林地區大於花蓮、屏東地區；光蠟樹則屏東地區大於雲林、花蓮。除 a 群外，其他各群的變異數多有重疊分群，意義不大。

表 1. 花蓮、屏東及雲林地區不同樹種成活株數及生長性狀之變異分析

來源		每公頃成活株數	胸徑	樹高	材積
地區	<i>F</i>	28.54	69.42	240.26	143.53
	<i>p</i> value	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
樹種	<i>F</i>	3.97	29.21	61.34	22.67
	<i>p</i> value	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
地區*樹種	<i>F</i>	3.51	7.39	16.78	9.82
	<i>p</i> value	0.001	<.0001	<.0001	<.0001

表 2. 花蓮、屏東及雲林地區不同樹種成活株數及生長性狀之比較

樹種	樣區數	株數(株/ha)	胸徑(cm)	樹高(m)	材積(m ³)
杜英	29	1088 ^{bcd}	15.4 ^b	10.6 ^b	119.47 ^a
光蠟樹	30	1215 ^{abcd}	10.9 ^{cde}	8.9 ^c	59.11 ^{bc}
楓香	10	1078 ^{bcd}	12.4 ^{cd}	8.8 ^{cd}	61.47 ^{bc}
牛樟	4	550 ^{fg}	17.8 ^a	6.3 ^{hi}	37.83 ^{bcd}
黃連木	3	920 ^{cdef}	12.0 ^{cd}	7.5 ^{efg}	44.40 ^{bcd}
烏心石	6	960 ^{bcd}	14.9 ^b	8.1 ^{cde}	64.64 ^b
欖木	34	922 ^{cdef}	10.1 ^{de}	6.6 ^{ghi}	25.11 ^d
苦楝	15	871 ^{defg}	12.7 ^c	9.9 ^b	67.04 ^b
樟樹	3	747 ^{efg}	12.3 ^{cd}	7.8 ^{def}	29.08 ^{cd}
印度紫檀	9	1018 ^{bcd}	11.7 ^{cd}	8.0 ^{cdef}	49.09 ^{bcd}
桃花心木	16	939 ^{cdef}	17.0 ^{ab}	11.5 ^a	110.26 ^a
大葉楠	2	1330 ^{abcd}	11.3 ^{cd}	6.3 ^{hi}	43.80 ^{bcd}
茄苳	4	1100 ^{bcd}	15.5 ^b	6.1 ^{hi}	55.47 ^{bcd}
陰香	2	1350 ^{abcd}	11.8 ^{cd}	7.0 ^{fgh}	58.44 ^{bcd}
台灣欖樹	2	990 ^{bcd}	10.3 ^{cde}	7.8 ^{def}	39.51 ^{bcd}
赤楊	1	520 ^g	15.8 ^{ab}	10.2 ^b	57.40 ^{bcd}
無患子	1	1540 ^a	8.9 ^e	5.9 ⁱ	29.77 ^{cd}

註：同一列字母相同代表差異不顯著，字母不同代表 Duncan's test 差異顯著($p < 0.05$)

二、生長與枯死率趨勢之變化

(一) 花蓮地區

8 年間之胸徑生長趨勢，以赤楊、杜英、烏心石、茄苳生長最佳，位於領先群，楓香、樟樹、陰香、大葉楠次之，台灣欖樹、光蠟樹、苦楝、欖木較劣，另由 6-12 年生長監測期間發現赤楊、楓香有後來居上之勢，甚至超過杜英；杜英和樟樹 10 年生以後，

生長勢有減緩之勢。另由 8 年枯死率之變化趨勢，赤楊 8 年生枯死率達 9%，9 年生以後僅 1%，而樟樹枯死率似乎有愈來愈大之勢，由 8 年生之 0.7% 升至 10 年生之 4.1%。除檫木、台灣欒樹、樟樹外，其餘樹種之枯死率至 9-10 年時，已呈穩定之勢，約 1-2% 以下。但至 12 年生時，花蓮受莫蘭蒂颱風影響，台灣欒樹、樟樹、赤楊之枯死率明顯增加，僅茄苳枯死率約在 1% 以下。不同樹種變化趨勢並不一致，主要受當地立地環境及氣候因子影響，尤其氣候因子。

(二)屏東地區

8 年間，滿 7 年(6 年生~13 年生)，胸徑生長大小之變化順序，分別為牛樟、桃花心木、杜英、烏心石、苦楝、光蠟樹、黃蓮木、印度紫檀、檫木、楓香；8 年間(6~13 年生)，胸徑生長大小趨勢，杜英有後來居上之勢，楓香則每況愈下，餘其他樹種趨勢大致一致，而 8-9 年生材積生長之變化趨勢比胸徑之變化更大，桃花心木後來居上之趨勢很明顯。另杜英及烏心石之 7 年生材積生長明顯低於 6 年生，原因為臺灣南部 11 月至翌年 4 月之乾旱及 99 年 9 月凡那比及 10 月梅姬颱風所造成，故其枯死率亦最大。另 105 年 9 月強烈颱風莫蘭蒂侵襲臺灣，造成四林、萬隆地區樣區極大的損害，故其枯死率明顯上升，連帶致使材積下降。如苦楝、杜英、印度紫檀。

(三)雲林地區

4 年間，滿 3 年期間(9 年生~12 年生)，胸徑生長大小之變化順序，分別為杜英、桃花心木、光蠟樹、檫木、無患子；4 年間，胸徑生長大小趨勢，杜英仍領先，桃花心木有後來居上之勢，而材積生長之變化趨勢同胸徑，桃花心木後來居上之趨勢很明顯。另 105 年 9 月強烈颱風莫蘭蒂侵襲臺灣，雲林樣區遭受損害，杜英及光蠟樹枯死率明顯上升，僅桃花心木枯死率下降。

結論

三個地區不同樹種間，不論每公頃成活株數、胸徑、樹高及材積均呈顯著之差異。以材積總生長為例，花蓮地區杜英最高，其次為楓香、烏心石，最差為檫木、苦楝、樟樹；屏東地區以桃花心木及光蠟樹最高，檫木、楓香最差；雲林地區，以杜英、桃花心木最高，檫木及無患子最低。每公頃成活株數花蓮地區 520-1350 株，最高為陰香及楠木，最低為赤楊、樟樹及苦楝；屏東地區 547-1540 株，以光蠟樹最高，杜英、牛樟最低；雲林地區 1154-1540 株，以無患子及光蠟樹最高，杜英最低。三個地區進行比較，不同地區每公頃成活株數、胸徑、樹高、材積皆極顯著之差異，由此可知，不同樹種在

不同地區各有其最適生長環境。總結發現，常綠闊葉樹不適乾季過長之屏東地區，而落葉之樹種較適合，如桃花心木、苦楝等熱帶樹種較適合南部地區。另由生長及枯死率之變化趨勢，不同樹種間差異極大，除林分密度及立地環境影響外，受颱風干擾亦是重要原因。

引用文獻

- 邱志明、鍾智昕、林謙佑、唐盛林、林振榮 (2010) 重要平地造林樹種林木生長特性之研究。林業研究專訊 17(6): 10-16。
- 邱志明、鍾智昕、唐盛林、呂明倫、王慈憶 (2012) 平地造林重要樹種林分密度與生長特性。平地造林試驗研究監測研討會論文集，林業叢刊第 240 號 p. 1-19。
- 邱志明、鍾智昕 (2015) 屏東地區平地造林重要樹種生長與枯死。林業研究專訊 22(5): 55-58。
- 陳朝圳，黃靜宜，呂明倫 (2005) 東北季風對南仁山森林生態系林木外部形態影響之研究。林業研究季刊 27(2): 1-10。
- 康若蘭，林登秋，詹進發，黃正良 (2005) 2000 年碧利斯颱風干擾前後福山試驗林 NDVI 變動之研究。台灣林業科學 20(1): 73-87。
- 曾喜育，曾彥學，何伊喬，郭礎嘉，邱清安，呂金誠 (2011) 奧萬大楓林區辛樂克颱風後林木生長與存活研究。林業研究季刊 33(4): 1-20。
- Brokaw NVL, Walker LR. (1991) Summary of the Effects of Caribbean Hurricanes on Vegetation. Biotropica 23(4a): 442-447.**
- Duryea ML, Blakeslee GM, Hubbard WG, Vasquez RA. (1996) Wind and trees: A survey of homeowners after Hurricane Andrew. Journal of Arboriculture 22(1):44-50.**
- Walker LR. (1991) Tree Damage and Recovery From Hurricane Hugo in Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. Biotropica 23(4a): 379-385.**
- You C, Petty WH. (1991) Effects of Hurricane Hugo on Manilkara bidentata, a Primary Tree Species in the Luquillo Experimental Forest of Puerto Rico. Biotropica 23(4a): 400-406.**

南洋紅豆杉與青脆枝利用轉基因腫瘤細胞與毛狀根生產二次代謝物

張淑華^{1)*} 何政坤¹⁾ 蔡錦瑩¹⁾ 陳熾¹⁾

緒言

藉由野生型農桿菌 *Agrobacterium tumefaciens* 或叢根菌 *A. rhizogenes* 將生長素基因轉移到植物體而產生的腫瘤細胞(Crown galls)與毛狀根(hairy roots)可在不含植物生長調節劑的培養基中生長，已被確認為是一種可用於穩定生產植物二次代謝物的利器(Hu and Du 2006)。

南洋紅豆杉學名 *Taxus sumatrana* 屬於紅豆杉科(Taxaceae)，紅豆杉屬(Taxus)植物。紅豆杉屬植物共有 11 種，南洋紅豆杉是分布最廣的，由東西馬拉雅山至中國東南、馬來西亞與台灣(Li and Keng 1994)。在台灣，南洋紅豆杉稀疏分布於全島 2000 m 山區，木材品質優異，為針一級木，是台灣貴重針葉五木之一。

紫杉醇(taxol)是一種結構複雜的雙萜化合物(diterpenoid)，最早由太平洋紫杉(*Taxus brevifolia*)萃取並確認其化學結構(Wani et al. 1971)。1995 年美國 FDA 核准為卵巢癌與乳癌用藥，除了太平洋紫杉，紫杉醇也存在其他紫杉屬植物的各部分組織中，最高含量約為乾重的 0.01-0.045%。紅豆杉屬植物除了紫杉醇以外，還有超過 500 個 diterpenoids 由 11 種紅豆杉植物中被發現(Wang et al. 2011)。

青脆枝學名 *Nothapodytes foetida* (Weitht) Sleumer)屬於茶茱萸科(Icacinaceae)鷹紫花屬(*Nothapodytes Blume*)的常綠小喬木，廣泛分佈於南印度、錫蘭、高棉、琉球、南中國一帶。在台灣地區只有蘭嶼與綠島為青脆枝的原生地(Chang 1993)。Govindachari (1972)與 Wu 等人(1995)發現青脆枝含有喜樹鹼(camptothecin, 簡稱 CPT)。

喜樹鹼(camptothecin)為去氧核糖核酸異構酶(topoisomerase I)抑制劑，會導致 DNA 無法複製，造成細胞死亡。最早於 1966 年由 Wall 等人在喜樹的木材分離出來，可用於治療大腸癌、卵巢癌、肺癌，除此其對為胃癌、小細胞肺癌等亦具療效，也證實可抑制 HIV 病毒複製(Priel et al. 1991)。

紫杉醇與喜樹鹼之主要來源都為植物的樹皮、枝葉或種子萃取物，由於含量低，加上植物生長緩慢，不足以提供製藥需求，因而有許多相關研究發表，以期能增加其來源。

¹⁾ 行政院農業委員會林業試驗所育林組，10066 臺北市南海路 53 號。

* 通訊作者，E-mail: shchang@tfri.gov.tw。

包括人工合成、細胞與組織培養及農桿菌基因轉殖：紫杉醇方面：腫瘤細胞(Han et al. 1994, Chang et al. 2017)、毛狀根(Chang et al. 2017, Furmanowa and Skyłowska-Baranek 2000, Skyłowska-Baranek et al. 2009)與 *T. cuspidata* (Kim et al. 2009)、轉殖 taxol 相關合成基因(Ho et al. 2005, Exposito et al. 2010, Sykłowska-Baranek et al. 2015)。喜樹鹼方面：喜樹腫瘤細胞(Chang et al. 2007)。蛇根草(Saito et al. 2001)，喜樹(Lorence et al. 2004)與青脆枝毛狀根(Chang et al. 2014)。

本研究主要建立南洋紅豆杉與青脆枝之野生型農桿菌基因轉殖、轉基因細胞與毛狀根培養方法，並以此 2 種植物之轉基因細胞、毛狀根來評估大量培養以生產二次代謝物之潛力。

材料與方法

一、材料

取南洋紅豆杉與青脆枝，先浸於 70%酒精中消毒 1 分鐘，再以 2%次氯酸鈉，於超音波震盪器中消毒 15 分鐘後，移入無菌操作台中，以無菌水清洗後，播種於添加 3%蔗糖的 MS (Murashige and Skoog 1962)培養基，並培養於 25°C，16 小時光照，光照強度為 60 $\mu\text{Es}^{-1}\text{m}^{-2}$ 的生長箱發芽。取 6 個月大無菌種子苗的葉片與莖段作為培植體，進行農桿菌接種，並切下正常根培養作為毛狀根試驗的對照組。

二、農桿菌接種與轉基因細胞、毛狀根誘導

野生型農桿菌 AR281，AR1600 與 ATCC15834 用於接種。農桿菌以 YEB 培養基培養，培養液置於震盪器以 200 rpm 轉速，在黑暗，28°C培養 24 小時。將葉片與莖段，以新鮮培養的菌液浸泡 5 分鐘，吸去多餘的菌液，再將葉片與莖段與農桿菌共同培養於 MS 添加 3%蔗糖、0.8%洋菜粉的固體培養基。經過 48 小時的培養後，以無菌水洗 4 次，去除農桿菌，將培植體以 1 g/L timetin 殺菌劑浸泡 1h 後，培養於添加 200 mg/L timetin 的 MS 培養基，每個星期換一次培養基，以殺死農桿菌，共計培養 4 星期，農桿菌接種、腫瘤細胞與毛狀根培養環境都為 25°C，黑暗。

三、轉基因腫瘤細胞與毛狀根鑑定

PCR 聚合酶連鎖反應：轉基因腫瘤細胞、毛狀根與正常未轉殖的細胞與根，分別萃取 DNA 後，用 *rolB1* 與 *rolB2*: 5' (Hamill et al. 1991)為引子，進行 PCR 聚合酶連鎖反應，檢測農桿菌基因是否轉入植物體。

南方墨點分析：取 10 μg DNA 用 HindIII 限制酶切後以 1%洋菜膠電泳分離。分離的

DNA 轉移至 nylon membrane，再以 UV crosslinker 固定，以 *rolB* 基因作為探針。

四、腫瘤細胞與毛狀根培養

培植體在接種兩週後會開始有腫瘤細胞或毛狀根形成，接種 2 個月後將腫瘤細胞或毛狀根切下培養於 MS 添加 2-3 %蔗糖培養基(M2,3)，每 1.5-2mon 繼代培養 1 次。

三角瓶培養：取 0.2 g 毛狀根或腫瘤細胞培養於 M2，M3 液體培養基(20 ml medium/100ml flask)，置於 60rpm 轉速的震盪器於培養 30 天，隨後收集秤鮮重、乾重及分析二次代謝物含量，以瞭解毛狀根大量培養的可行性。

毛狀根生物反應器培養：取毛狀根培養於簡易、2L、10L 氣舉式生物反應器培養，每 2 週添加新鮮培養基，至毛狀根不再生長時，調查毛狀根鮮重與二次代謝物含量。

腫瘤細胞、毛狀根癒合組織之生物反應器培養：取細胞培養於 2L 攪拌式生物反應器，每 2 週添加新鮮培養基，培養到細胞不再生長時，調查細胞鮮重與二次代謝物含量。

五、紫杉烷類化物或喜樹鹼分析

稱取約 1-2 g 鮮重之細胞或根，經甲醇用 0.2 μm 濾膜過濾萃取液後，以自動取樣器取 10 μL 溶液以高效能液相層析儀(HPLC, Series 600 controller pump, 717 plus autosampler, Waters, Milford, MA, USA)，經光電二極體偵測器(2996 Photodiode Array Detector, Waters)分析。

結果與結論

一、轉基因腫瘤細胞與毛狀根之誘導與鑑定

以野生型農桿叢根菌 AR1600，AR1601 與 A4，A281，AR15834 進行接種以誘導毛狀根，農桿菌 A208，A281 用於誘導腫瘤細胞。結果不論南洋紅豆杉或青脆枝之毛狀根誘導率都以 AR15834 最佳，而腫瘤細胞之誘導在青脆枝以 A208，紅豆杉則以 A281 轉殖率較高。由於一般青脆枝與紅豆杉細胞必須培養於含有植物生長調節劑培養基才會成活，因此初步以未添加植物生長調節劑之培養基培養可成功篩選轉基因細胞。以此方式誘導與培養之細胞與毛狀根經 PCR 與南方墨點法，均可 100%確認為轉基因體。

二、腫瘤細胞與毛狀根型態

紅豆杉與青脆枝的腫瘤細胞都為顆粒狀、中間常為空心，生長較毛狀根慢。青脆枝不論農桿菌種類誘導產生之毛狀根都為白色，且有很高的分支。反之農桿菌種類會影響南洋紅豆杉毛狀根型態，紅豆杉毛狀根有 4 種：根細密、側枝多、經常伴隨癒合組織與偶而產生癒合組織(圖 1)。ATCC15834 與 AR1600 誘導產生的毛狀根 4 種比例都有，

ATCC15834 的毛狀根以高分枝的毛狀根比例較高(55.3%)，反之 AR1600 的毛狀根以叢生且根細密比例較高(72.1%)。有些毛狀根會產生癒合組織，其中以 ATCC15834 誘導的毛狀根有 21.4%會伴生較多的癒合組織最高，若將這些癒合組織培養於適合腫瘤細胞生長之 M3 培養基，則 90%可維持癒合組織型態生長，偶而會有發根情形。



圖 1. 南洋紅豆杉轉殖 AR15834 產生之毛狀根，此毛狀根容易產生癒合組織

三、腫瘤細胞、毛狀根與毛狀根癒合組織培養

紅豆杉與青脆枝之腫瘤細胞與毛狀根都可以在不含植物生長調節劑中生長，腫瘤細胞生長較毛狀根慢，且不容易放大於液體培養。兩樹種之毛狀根皆可以液體培養基培養於三角瓶與生物反應器(圖 2)，其需要的培養條件簡單，只需以幫浦過濾提供新鮮空氣，即可生長快速，唯毛狀根在生物反應器中容易纏繞生長，使得在生物反應器由小到大的放大培養時，不易操作。紅豆杉之毛狀根會產生癒合組織，此癒合組織同毛狀根可於不含植物生長調節劑培養基生長，且生長快速，容易於生物反應器繼代培養，是最適合用於以生物反應器生產二次代謝物的材料。

四、二次代謝物檢測

不論紅豆杉或青脆枝的轉基因腫瘤細胞、毛狀根與毛狀根癒合組織，其二次代謝物含量在不同細胞系都有很大差異，顯示優良細胞系篩選是必需的。唯一般的未轉殖的細胞，必需培養在有植物生長調節劑的培養基，且長期下來其二次代謝物含量會下降，轉基因的細胞與毛狀根，則經過 5 年以上的培養，已證明可以穩定生產二次代謝物。



圖 2. 毛狀根培養生物反應器培養

引用文獻

- Hu ZB, Du M (2006)** Hairy root and its application in plant genetic engineering, *J Integrative Plant Biology* 48: 121-127
- Chang CE. (1993)** Icacinaceae. In: Huang TC. *Flora of Taiwan*, second edition. Vol. 3. p, 676-679. Lungwei Printing Company, Ltd. Taipei, Taiwan
- Chang SH, Ho CK, Tsay JY, Chen KF, Huang CY. (2007)** Crown gall culture and camptothecin production of *Camptotheca acuminata*. *Taiwan J Sci* 22(4): 395-404.
- Chang SH, Chen FH, Tsay JY, Chen J, Huang CY, Lu WL, Ho CK. (2014)** Establishment of hairy root cultures of *Nothapodytes nimmoniana* to produce camptothecin. *Taiwan J For Sci* 29(3): 193-204.
- Chang SH, Chen FH, Chen YC, Tsay CJ, Chen J, Huang CY, Lu WL, Ho CK. (2017)** Induction, culture and taxane production of crown galls and hairy roots of *Taxus sumatrana* (Miq) de Laub. *Taiwan J For Sci* 32(4): 283-297. (EI)
- Exposito O, Syklowska-Baranek K, Moyano E, Onrubia M, Bonfill M, Palazon J, Cusido RM. (2010)** Metabolic responses of *Taxus media* transformed cell cultures to the addition of methyl jasmonate. *Biotechnol Progr* 26(4): 1145-53.
- Furmanowa M, Syklowska-Baranek K. (2000)** Hairy root cultures of *Taxus x media* var. *Hicksii* Rehd. as a new source of paclitaxel and 10-deacetylbaccatin III. *Biotechnol Lett* 22: 683-6.
- Govindachari TR, Viswanathan N. (1972)** Alkaloids of *Mappia foetida*. *Phytochemistry* 11: 3529-3531
- Han KH, Fleming P, Walker K, Loper M, Chilton WS, Mocek U, Gordon MP, Floss HG. (1994)** Genetic transformation of mature *Taxus*: an approach to genetically control the *in*

- in vitro* production of the anticancer drug, taxol. Plant Sci 95: 187-96.
- Ho CK, Chang SH, Lung JH, Tsai CJ, Chen KP. (2005)** The strategies to increase taxol production by using *Taxus mairei* cells transformed with TS and DBAT Genes. Int J Appl Sci Eng 3(3): 179-85.
- Kim JA, Baek KH, Son YM, Son SH, Shin H. (2009)** Hairy root cultures of *Taxus cuspidata* for enhanced production of paclitaxel. J Korean Soc Appl Siol Chem 52(2): 144-50.
- Li HL, Keng H. (1994)** Taxaceae in Flora of Taiwan, Volume 1, 2nd Ed. Editorial Committee of the Flora of Taiwan, Taipei, Taiwan, p 550-2.
- Lorence A, Medina-Bolivar F, Nessler CL. (2004)** Camptothecin and 10-hydroxycamptothecin from *Camptotheca acuminata* hairy roots. Plant Cell Rep 22: 437-441
- Priel E, Showalter SD, Blair DG. (1991)** Inhibition of human immunodeficiency virus (HIV-1) replication *in vitro* by non-cytotoxic doses of camptothecin, a topoisomerase I inhibitor. AIDS Res Human Retrovir 7: 65-72.
- Saito K, Sudo H, Yamazaki M, Koseki-Nakamura M, Kitajima M, Takayama H, Aimi N. (2001)** Feasible production of camptothecin by hairy root culture of *Ophiorrhiza pumila*. Plant Cell Rep 20: 267-271
- Syklowska-Baranek K, Pietrosiuk A, Kokoszka A, Furmanowa M. (2009)** Enhancement of taxane production in hairy root culture of *Taxus x media var. Hicksii*. J of Plant Physiol 166: 1950-4.
- Syklowska-Baranek, K. (2015)** Paclitaxel production and PAL activity in hairy root cultures of *Taxus x media var. Hicksii* carrying a taxadiene synthase transgene elicited with nitric oxide and methyl jasmonate. Acta Physiol Plant 37: 1-9.
- Wang YF, Shi QW, Dong M, Kiyota H, Gu YC, Cong B. (2011)** Natural taxanes: development since 1828. Chem Rev 111(12): 7652-709.
- Wani MC, Taylor HL, Wall ME, Coggon P, McPhail AT. (1971)** Plant antitumor agents. VI. Isolation and structure of taxol, a novel antileukemic and antitumor agent from *Taxus brevifolia*. J Am Chem Soc 93: 2325-7.
- Wu TS, Leu YL, Hsu HC, Ou LF, Chen CC, Chen CF, Ou JC, Wu YC. (1995)** Constituents and cytotoxic principles of *Nothapodytes foetida*. Phytochemistry 39(2): 383-385.

新店林下生態茶園野生動物之季節變化—以蝙蝠活動及蛾相為例

陳芬蕙¹⁾ 胡正恆^{2)*} 何可慧¹⁾ 吳茹安¹⁾

緒言

現代慣行茶葉生產，在考量管理方便、降低成本與增加產量後，都對茶樹(*Camellia sinensis* (L.) O. Ktze.)使用廣泛的生化農藥控制；無毒乃至有機農法至少應系統性地避免殺蟲劑的衝擊，並因地制宜地發展在地的「生態茶」替代方案。現代農業使用已開發地球四分之三以上的行星表面可耕地(FAO 1977)，亟需有遮陰(shaded)、複層林的混農林業(agroforestry)管理，落實臺灣在系統性生態茶對生物多樣性及環境影響的林學研究。

而昆蟲綱(Insecta)的鱗翅目(Lepidoptera)被認為是亞熱帶到熱帶地區最重要的傳粉者，棲息於混農林地的蛾相，在生態多樣性、害蟲生物防治，與環境永續等方面，提供可快速評量的各類環境指標。根據中研院「臺灣物種名錄」顯示，臺灣的鱗翅目種類達 78 科 4513 種，其中蛾相超過 4000 種，為蝴蝶的 10 倍以上(徐堉峰和許育銘 2017，邵廣昭 2018)。

過去研究討論茶園的鱗翅目昆蟲，多半是從取食茶樹的蛾類害蟲上檢討栽種策略：最早為害蟲名錄式的檢討，如關崇智和葉金彰(1977)所著「台灣茶樹主要害蟲」，後來又有張玉珍和洪麗梅(1986)在「台灣林木害蟲及其寄主植物名錄」中詳論鱗翅目幼蟲對初生茶葉的蟲害威脅。茶園內最具破壞性的當屬茶捲葉蛾(*Homona magnanima*)，為多食性昆蟲(polyphygy)，危害嫩葉，幼蟲吐絲將 2 片葉黏在一起，棲於內面取食，發生嚴重時葉片被取食殆盡只剩枝條，最後植株枯死(曾信光 2004)。

在整體茶山內，控制蛾類的重要天敵可以是為數眾多的蝙蝠；而光是台灣島上的蝙蝠，36 種就占哺乳動物 70 餘種的二分之一(林良恭和陳家鴻 2012，鄭錫奇等 2010，2014)。本島主要蝙蝠皆食蟲性，為便於在黑暗的夜間活動，蝙蝠特別發展出一套回聲定位(echolocation)的行為。回聲定位使得蝙蝠即使在黑夜之中，也能夠辨視夜行性大型昆蟲而加以捕食(周政翰和鄭錫奇 2012)。例如低海拔的雲林湖山地區，曾紀錄台灣小蹄鼻蝠(*Rhinolophus monoceros*)，檢視其洞穴底層之排遺內含物，主要獵物是鱗翅目(蛾類，76%)與鞘翅目；而相似體型的山家蝠(*Pipistrellus montanus*)，溼季則以同翅目(30%)與膜翅目

¹⁾ 行政院農業委員會林業試驗所育林組，10066 臺北市中正區南海路 53 號。

²⁾ 中國文化大學森林暨自然保育學系，11114 臺北市陽明山華岡路 55 號。

* 通訊作者，E-mail: hujackson2@gmail.com。

(34%)為主，乾季則轉變為同翅目(45%)與鱗翅目(25%)，山家蝠在食物匱乏的乾季仰賴蛾類為食，具有絕對重要性(鄭仔珊 2012)。

長期的蝙蝠聲波活動監測與茶園蛾相調查，將有助於理解農林生態系的多樣性、複雜度、與穩定功能性質(Dino and Johnson 2013)。國內過去關於蝙蝠的聲紋研究多限於分類鑑定；而鱗翅目的調查研究多為物種名錄調查，鮮少針對茶園週邊山地依年份調查，並建立「蝙蝠—蛾相」相互動的基礎生態資料。藉由歷年來生態茶園的逐步撫育，本研究可以鑑定：(1)茶樹生長狀態與茶芽產量；(2)以茶園特定害蟲為監測指標；(3)蛾多樣性的前後對照；(4)從年度蝙蝠聲紋乃至於活動紀錄提出整全生態系的觀點。

方法

一、調查樣區與蛾類動物

生態茶調查樣區：新北市新店區四崁水地帶，自日治時代起便已開始茶樹植栽與生產製造；昭和元年(1926)更由「三井合名會社」開墾製茶，並在 1930 年(昭和 5 年)產製包種茶達巔峰，更獎勵紅茶生產輸歐。到了 1987 年由於劃定翡翠水庫水源保護區，大面積茶園休耕，大葉種的阿薩姆茶(*Camellia sinensis* var. *assamic*)現仍廣泛散生於山區(徐寶琛 2003)，目前由中國文化大學管理該地之華林實驗林場(24°54'N, 121°34'E)，佔地 92 ha，並在 1990 年代轉型成為環境教育園區(胡正恆等 2017)。

華林內的茶園散生於登四崁水山的稜線兩側，氣候極度濕潤。依據 6 km 外最近的烏來桶後氣象站，樣區全年平均降水約 3,993±364 mm (2013-2017)，在 2016 年甚至達到 4,552 mm 的強降水紀錄。夏秋季(5~10 月)受颱風的侵擾，雨量可達 2,732±401 mm，全年雨量集中度可達 68±6%。

此地過去夜間鱗翅目昆蟲，最早在陳伯彥(2005)的蛾類解說手冊中，曾列出一份 26 科 228 種的簡介名錄，並含 50 種生態照圖鑑；到了王派鋒和呂建興(2012)的圖鑑已有 25 科 160 種，擴大納入林試所的標本照，以及條列幼蟲食草與成蟲活動期；最新的補充是王派鋒和呂治麟(2014)，再補充 21 科 154 種生態照圖鑑。依照中央研究院所發展之生物大百科 TaiBNET 網站之更新科名，華林內的大小蛾種數約在 300 種以上。

二、大葉茶芽生長產量調查

混農林實驗茶林面積約 10 ha，散生有大葉茶位於海拔 380~410 m 處，氣候屬暖溫帶低地，代表植物為常綠闊葉樹，以樟科(槿楠屬)、茶科或殼斗科植物(槲屬)為主，混生各種大型附生蕨類與筆筒樹(謝長富 2013)。於 2015-2018 年六區茶林完成稚樹徑級與

對照茶芽兩種測量，包括存活率等；並為了解產茶稚樹上茶葉產量與微棲地間的關係，同一輔育區內每年春季記錄茶苗地徑與茶芽產量。

三、定點以超音波測錄調查蝙蝠活動量

茶林第 0 區由於面臨開闊草地，適合偵測各種蝙蝠飛掠。蝙蝠的回聲定位叫聲包括固定頻率(CF；constant frequency)和調頻頻率(FM；frequency modulation)兩種組成成分。固定頻率型的訊號簡單，頻率變動範圍窄小，通常持續的時間比較長，最典型的便是台灣小蹄鼻蝠(*Rhinolophus monoceros*)；調頻頻率型的訊號複雜，頻率變動範圍寬大，但通常持續的時間相較固定頻率型來得短，例如摺翅蝠(*Miniopterus schreibersii*) (鄭錫奇等 2012，2014)。

於 2015-2018 年使用 Anabat II 蝙蝠偵測系統，每夜錄取(18:00~6:00)蝙蝠聲波衝擊數量。此一方法由周政翰和鄭錫奇(2012)總結可分辨臺灣 11 種食蟲性蝙蝠的回聲定位(echolocation call)，包括華林優勢種如東亞家蝠(*Pipistrellus abramus*)、與台灣小蹄鼻蝠等，以變頻與定頻(FM/CF 型)等聲學變量加以區分，而監測聲波活動之量化也極具應用生態學上的發展潛能。

四、蛾相監測應用日間調查與燈光誘集

日間調查：每月在茶山沿線約 1 km 的林道，經過六區茶林進行沿線調查法，主要針對葉背下的蛾類幼蟲，透過徒手採集，記錄發現的種類、數量及利用的微棲地環境(徐琦峰和許育銘 2017)。幼蟲攜回實驗室飼養、拍照與鑑定。

夜間調查：由於蛾類多有向光性，因此每月進行 1 次的燈光誘集調查(2016-2017 年)，選擇農曆月朔前後兩天，於日落前半小時架設完成 160W 之燈具，進行全夜的點燈採集。當蛾類靠近白色布幕後，選擇性的將每種蛾類以毒瓶毒殺 1~2 隻，每一物種以雌雄 2 對為主以避免過度採集(吳士緯 2013)。如遇天蛾類等大型易飛動之種類，則以捕蟲網捕捉後，以小型針筒注射少量氨水，使其迅速失去活動力，以避色鱗片脫落。捕捉之蛾類待冷凍後，確定昏死於毒瓶中，當場再取出置於三角紙中，放置妥當後帶回實驗室中(吳士緯和張維君 2012)。

製作標本：將所有採集到的蛾隻，在林業試驗所昆蟲標本館內以展翅板展翅，待乾燥後，依採集時間、地點、種類之不同，分別置入標本箱中保存，以供鑑定分類之用。

結果與結論

一、茶芽產量試驗與茶樹生長

歷年春季(2015-2018 年)大葉茶撫育區遮陰林(第 1,2 區)之單株平均茶芽產量、與平均冠幅成長較曝曬林區為小。遮陰林生產芽數歷年來都無法超越 18 組一心二葉(每株)，遠小於稜線區曝曬林(第 4 區)的每株產量>30 組(2018 年春季)。主要產量差異原因在：茶芽新萌需日光曝曬，在遮陰林的茶樹原本生長就慢，產量亦低。將最新量得之 2018 年平均地徑，除以 2015 年的初始地徑，可得三年撫育下平均的地徑生長率，發現遮陰林區的茶樹成長極為受限，生長倍率介於 1.3 倍~1.7 倍間，遠低於整體三年成長倍率之 2.08 倍。

關於曝曬林(第 0,4 區)的平均茶芽產量，歷年都是最高，除了第 0 區 2017 年下半年受多個颱風侵擾，有相思樹倒塌而略減低一心二葉產量。在平均冠幅成長方面，曝曬林(第 0,4 區)的冠幅增加都最為明顯，風擾後回復生長較好；相較之下遮陰林(第 1, 2 區)的撫育三年後冠幅，只有曝曬林(第 0, 4 區)二分之一不到。

二、茶林所具獨特的蝙蝠組成

蝙蝠在北台灣的暖溫帶北限處，活動生理深受季節最低溫之限制。在 2015-2017 年台北新店四嵌水森林聲紋監測的蝙蝠調查種類在 10 種以上，逐夜由 anabat 超音波紀錄儀打點累積總蝙蝠錄音回聲筆數，每檔至多歷時 15 秒，可發現單月總回聲筆數最少時，出現在 2015 年初春(1-2 月)，只有 559、157 筆回叫，可為幾乎不活動。到了 2016-2017 年大體可視為反聖嬰現象的暖年，月總雨量都主要來自季節梅雨和颱風環流，反而有益於植生與動物相，反應在 2016-2017 年夏季 7 月就是蝙蝠月活動量極大化，各別單月高峰值有 1.92 萬、1.86 萬筆活動紀錄，平均每夜 622 和 599 隻次回叫。而華林蝙蝠回叫的逐月累計，以 2015 年夏天受強烈颱風蘇迪勒(SOUDELOR)干擾最甚，棲地內林木摧折大幅減少蝙蝠活動量，是 2016 年 7 月的 27% (5039/19274 隻次)而已。

以混農茶林內主要優勢的蝙蝠台灣小蹄鼻蝠而言，主要出現定頻(CF)在 112kHz 上，為典型的森林型食蟲蝙蝠。小蹄鼻蝠 2015 年回叫次數高峰是在秋季末的 9-10 月最多，分別平均每夜可達 102.8 ± 62.2 次、與 123.4 ± 77.6 次，此月份也是夏季溫度遽降，動物需要為越冬儲存更多營養之際；然而冬季並非全無覓食紀錄，聲波數量在 1 月達到次高峰，平均每夜可達 95.5 ± 132.1 次，高變異度顯示日間的狀況大，並伴隨氣溫升降呈現波動震盪，說明小蹄鼻蝠在冬眠過程中仍多有外出洞穴、覓食昆蟲的需要。平均紀錄以 4 月最少，平均每日 1.3 ± 2.1 筆，但當月並非最冷，月均每日最低溫仍有 18.0°C 。用月平均的每日最低溫來看，最冷月出現在春初的 2 月，只有 9.9°C ；在 2 月達到最冷寒流來襲前，小蹄鼻蝠 1 月的活動量佔全年的 18%(95.5/533.4)，不可謂不重要的冬季覓食證

據。森林下層的複雜環境中，長期蝙蝠聲學變量的完整資料庫，將有助於探討蝙蝠覓食與逆境生理生態學的關係。

三、農園蛾類害蟲與其他共棲多樣性

茶園內最具破壞性的害蟲當屬茶捲葉蛾與茶蠶蛾，為沿線調查中夏季期間(7~8月)常發現的蛾類幼蟲，全年多受膜翅目寄生蜂的多層次抑制。以2015年的飼育紀錄來看，茶捲葉蛾幼蟲在夏天一直持續啃食茶樹，一直到11月才大量羽化成蛾，同時期還有為是眾多的野螟蛾(*Orthaga* sp.)，以長葉芋麻、日本山桂花、饅頭果、馬蘭等葉子為食，幼蟲習慣獨立吐絲黏合宿主(host plant)綠葉，棲於內側就食。

台灣茶蠶蛾(*Andraca theae*)(特有種)幼蟲在夏天會在茶葉母樹上群聚，由於體色黑褐，扭曲相疊的形狀很像蛇類，頗具威嚇效果。幼蟲也取食山茶、木荷(曾信光 2004)。飼育紀錄是養到2015/11/28茶蠶蛾結蛹，過約一個月後12/24茶蠶蛾羽化，成蟲飛出再次配對交尾。

至於台灣黃毒蛾(*Euproctis taiwana*)，又稱茶毒蛾(Tea tussock moth)，以春季2~5月發生較多、夏季次之，幼蟲群集葉背取食，但體型小，啃咬為害有限。

其他在茶樹上的多食性昆蟲(polyphygy)、或短期棲息利用型的小型蛾幼蟲很多，如茶姬捲葉蛾(*Adoxophyes* sp.)體型雖小，但幼蟲行動靈敏，受驚擾時會迅速後退，吐絲垂下離開或彈跳脫逃，老熟幼蟲在茶葉被害處化蛹。侵害程度包括葉面(邊緣)被啃咬、葉面打洞、甚至捲旋全葉包裹成繭。4~5月間之卵期平均4.8日，幼蟲期平均25.8日，蛹期平均6.2日，成蛾平均6.8日。一年發生八代(蕭素女 2004)，但一直到11月降溫前，沿線調查茶區中皆可找到。

以點燈法調查結果分析，新店四崁水山地區之大蛾類(103種)出現狀況可概分為以下4類：

- 1.無明顯發生周期種類(11種)：如2017年在多個月份捕獲，但2016年全無紀錄。此種類型有天蛾科的棕綠背線天蛾(*Cechenena lineosa*，廣泛種)，裳蛾科流紋櫛裳蛾(*Adrapa rivulata*)，尺蛾科的山根魯夜蛾(*Xestia yamanei*)和大胡麻斑星尺蛾(*Antipercnia cordifor*) (皆為特有種)。
- 2.有發生周期種類，一年發生多次(26種)：如裳蛾科的圓端擬燈蛾(*Asota heliconia zebrina*)、灰黑美苔蛾、東方美苔蛾(*Barsine fuscozonata*)皆是2、5、8月為中心發生多次，三排緣尺蛾(*Pogonopygia pavidus pavidus*)與福爾摩沙尾尺蛾(*Ourapteryx clara formosana*) (特有種)在2、5、8、11月發生，天蛾科的雙斑白肩天蛾(*Rhagastis binocolata*) (特有種)

在 9、12、3 月發生。

- 3.一年發生 1~2 次種類(11 種)：如籬紋蛾科 *Brahmaeidae* 的枯球籬紋蛾(*Brahmaea wallichii*)與天蠶蛾科大透目天蠶蛾(*Antheraea yamamai*)於冬季(12~1 月)、大綠目天蠶蛾(*Saturnia thibeta okurai*)於 12~3 月，眉紋天蠶蛾(*Samia wangi*)於 8~9 月，鉤蛾科的小四點白鉤蛾(*Dipriodonta minima*)於 5~7 月，裳蛾科的橙擬燈蛾(*Asota egens indica*)於 5~8 月發生等。
- 4.捕獲紀錄稀少(55 種)：此部分種類最多，探究其原因大部分成蟲冬眠，越冬型態尚需進一步調查，例如夜蛾科的大麗燈蛾(*Episteme lectrix*)出現於 3/7 月、刺蛾科的灰雙線刺蛾(*Cania heppneri*) (特有種)出現於 5 月；或是族群偏少，整年零星出現，例如天蛾科的臺灣鋸翅天蛾(*Langia zenzeroides formosana*) (特有種)出現於 10/12 月。未來甚是需要同一定點，施行長期調查工作，以了解其發生周期。

四、茶芽產量與蝙蝠活動、蛾相之關係

點燈所在工作基地位於茶山第 0 區，也就是樹冠破空度大於 30%的曝曬區，同時是茶芽一心二葉產量進展最快的林型，茶稚樹地徑的成長倍率可達 2~3.5 倍。尤其以曝曬林第 0 區的茶樹冠幅面積增大後，易受颱風干擾與昆蟲啃食，隔年生產視傾倒成度或害蟲為害，呈現顯著波動。點燈工作每月實施時，上半夜多有 1~2 隻的小蹄鼻蝠在狹隘的山壁與布幕間繞飛，到了夏天更有龐大的螳螂與壁虎族群靜待一旁狩獵。可見茶園經營只要以自然無毒農法，排除農藥甚至化肥使用，都能保有相當豐富的蛾相。茶園的撫育開發所幸未能偵測可稽的物種下降，至少蝙蝠總回聲數，以及台灣小蹄鼻蝠獨特的定頻定位活動都未顯著減少，可能受年間颱風侵害與季節波動，如除草與除蔓，更甚於持續的人為經營。倒是蛾相波動起伏甚大，像 2017 年常見的尺蛾科白波緣尺蛾、豆紋尺蛾、點紋灰尺蛾、鋸紋粉尺蛾、尖翅素尺蛾、網斑波尺蛾等，在前一年 2016 年從未發現，但也不能歸因於茶園經營管理有利於少數特定蛾種；甚至是否點燈誘蛾，反而會造成茶樹害蟲變多等議題，尚需未來更進一步的研究。

引用文獻

- 吳士緯 (2013) 福山植物園的蛾類—由基礎研究到生態教育。林業專訊 112: 30-33。
- 吳士緯、張維君 (2012) 寒溫出沒-臺灣產晚秋至早春蛾類。自然保育學刊 77: 48-53。
- 王派鋒、呂治麟 (2014) 鱗之隱者—華林生態園區蛾類解說手冊(續)。中國文化大學森林暨自然保育學系。

- 王派鋒、呂建興 (2012) 鱗之隱者—華林生態園區蛾類解說手冊。中國文化大學森林暨自然保育學系。
- 周政翰、鄭錫奇 (2012) 臺灣 11 種食蟲性蝙蝠的回聲定位研究。台灣生物多樣性研究, 14,3-4: 33-62.
- 林良恭、陳家鴻 (2012) 台灣蝙蝠研究史。野生動物保育彙報及通訊 16(4): 41-45。
- 邵廣昭 (2018) 台灣產蝶蛾圖鑑。WWW 出版品。 <http://dearlep.tw>
- 胡正恆、何可慧、吳茹安、王星哲、陳芬蕙 (2017) 林下濕地：新店生態茶林與野生動物棲留。濕地學刊 61,1: 32-51。
- 徐堉峰、許育銘 (2017) 陽明飛蛾：陽明山賞蛾手冊。陽明山國家公園。
- 徐寶琛 (2003) 相思樹人工林自然演替之研究—以中國文化大學華林實驗林為例。華岡農科學報 11: 85-106。
- 張玉珍、洪麗梅 (1986) 台灣林木害蟲及其寄主植物名錄。林業試驗所。
- 陳伯彥 (2005) 夜空舞姬—華林生態園區常見蛾類解說手冊。中國文化大學森林暨自然保育學系。
- 曾信光 (2004) 茶捲葉蛾。植物保護圖鑑系列 04-茶樹保護, 第 30 頁。防檢局。台北。158 頁。
- 溫宏治 (2004) 小白紋毒蛾。植物保護圖鑑系列 14-蓮霧保護, 第 46 頁。防檢局。台北。154 頁。
- 鄭仔珊 (2012) 阿里山地區與湖山水庫周邊兩種家蝠屬蝙蝠(genus Pipistrellus)之食性分析。國立嘉義大學生物資源學系研究所碩士論文。
- 鄭錫奇、方引平、周政翰 (2010) 台灣蝙蝠圖鑑(第一版)。行政院農委會特有生物研究保育中心, 144 頁。
- 鄭錫奇、方引平、周政翰 (2014) 台灣蝙蝠圖鑑(第二版)。行政院農委會特有生物研究保育中心。
- 盧道杰 (1988) 竹東地區東亞家蝠活動模式之研究。國立台灣大學動物學研究所碩士論文。
- 謝長富 (2013) 臺灣現生天然植群圖集。林務局。
- 關崇智、葉金彰 (1977) 台灣茶樹主要害蟲。中興昆蟲系。

墾丁海岸林植被復育情形及火災對其造成之初期影響

陳芬蕙^{1)*}

緒言

外來種植物對原生種之生存與生態系之完整性的威脅日益嚴重(Vitousek et al. 1996)。其中，原產於中美洲的銀合歡(*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit)已被 IUCN 列名為世界 100 種嚴重危害生態之外來入侵生物(Global Invasive Species Database 2018)，其在台灣不僅分布範圍廣泛，在墾丁國家公園範圍入侵情形尤其嚴重(呂明倫和鍾玉龍 2007)。由於銀合歡對入侵地生態系及生物多樣性造成很大的衝擊(呂福原等 2002)，已成為國家公園內急需解決的一個生態問題。

已被銀合歡入侵之區域，往往需要採取復育處理以控制銀合歡的蔓延及更新(Walton 2003)。外來種入侵地的復育工作，應同時包括外來種移除後及原生植被的重建兩部分(Blakesley et al. 2002，郭幸榮 2005)。外來種移除後，利用現地的天然更新植被並配合栽植生長快速之原生樹種，通常可達到不錯的效果(陳芬蕙和王相華 2014)。

恆春半島有明顯的乾濕季，雨量分布非常不平均，91%的雨量集中在 5~10 月的溼季(陸象豫 2016)，因此每年三、四月的乾季末期，由於落葉殘枝等可燃性生物燃料大量累積，只要輕微的人為疏失，便可能引起火災發生。而且當地有濕季雨量增加、乾季降雨量減少的趨勢，因此未來乾季末期的火災發生頻率極可能逐漸上升，應及早累積相關研究，以提出適當的因應對策。

2015 年 3 月石珠海岸林復育試驗地約有 0.6 公頃發生火災，其對生態環境及復育作業造成許多干擾(胡正恆等 2016)。為了解火災對銀合歡移除後復育地植被之影響，做為未來復育作業改善之參考，本研究觀察試驗地內植被受此火災之影響，包括復育栽植苗與天然更新植被，以及火災後這些植被之恢復情形。

¹⁾ 行政院農業委員會林業試驗所育林組，10066 臺北市南海路 53 號。

* 通訊作者，E-mail: fhchen@tfri.gov.tw。

方法

一、試驗地環境

本試驗地面積約 2.2 公頃，位於屏東縣恆春鎮山海里之石珠地區，鄰近墾丁國家公園內之西海岸景觀公路。原為以果樹及農作栽培為主之農耕地，棄耕後始有銀合歡入侵，試驗前以銀合歡占優勢，其中夾雜殘餘果樹，如可可椰子(*Cocos nucifera* L.)、芒果(*Mangifera indica* L.)等。試驗區內成(幼)樹(DBH \geq 1cm)的植物密度為 7,645 株/ha，其中銀合歡占 37%~89%，平均約 72%，密度為 5,504 株/公頃；胸高斷面積為 18.4 m²/ha，銀合歡所佔比率為 16~83%，平均為 47%，胸高斷面積為 8.6 m²/ha。銀合歡以外之原生樹種以構樹(*Broussonetia papyrifera* (L.) L'Herit. ex Vent.)為主，也包括蟲屎(*Melanolepis multiglandulosa* (Reinw.) Reich. f. & Zoll.)、血桐(*Macaranga tanarius* (L.) Muell.-Arg.)、破布烏(*Ehretia dicksonii* Hance)與恆春厚殼樹(*Ehretia resinosa* Hance)等。

二、試驗設計

試驗地共有四個區集，區集內銀合歡移除帶分為 12m 與 6m 兩種寬度，而每個區集分為 12m 與 6m 兩種寬度之銀合歡移除帶(栽植帶)，移除帶內除了將銀合歡移除外，其它樹種全部保留。由於恆春海岸林夏季長且炎熱，加上有海風與冬季落山風之影響，銀合歡全面移除恐不利復舊栽植苗之生長，所以移除帶之間皆有 3 m 之保留帶(銀合歡不移除)，方向約與海岸線垂直，有遮蔭及防風效果。

銀合歡移除後在 2008 年 6 月之梅雨期間進行第一階段復育造林，栽植 17 種恆春半島原生之海岸樹種(表 1)，各樹種在空間上採隨機混植方式配置。在 2012 年 5 月進行第二階段復育造林，栽植 11 種原生林下耐陰樹種，栽植時以避開第一次階段造林存活木為原則。

三、調查與分析方法

每年乾季末期(3 或 4 月)及生長季末期(10 月)各進行乙次植生狀況調查，2016 年後每年只在 3 月進行一次調查。除了記錄栽植苗存活及生長情形，並利用穿越帶(2 m 寬)方式，記錄調查區內之各原生木本植物及所有草本植物種類，木本植物並依其大小區分為成(幼)樹(DBH \geq 1 cm)、稚樹(DBH $<$ 1cm，高 \geq 50 cm)及幼苗(高 $<$ 50 cm)等三群。此外，在穿越線上每隔 10m 取 2 \times 2 m 小區記錄銀合歡之覆蓋率，並分別記錄高度 \geq 50 cm 與高度 $<$ 50 cm 的銀合歡數量。

表 1. 石珠海岸林復育區兩次復育造林之栽植苗樹種名錄

樹種	學名	第一階段 (2008)	第二階段 (2012)
紅柴	<i>Aglaia formosana</i> Hayata	√	√
瓊崖海棠	<i>Calophyllum inophyllum</i> L.	√	√
海欖果	<i>Cerbera manghas</i> L.	√	√
大冇榕	<i>Ficus septica</i> Burm. f.	√	√
水黃皮	<i>Millettia pinnata</i> (L.) G. Panigrahi in Panigrahi & Murti	√	√
山欖	<i>Planchonella obovata</i> (R. Br.) Pierre	√	√
雀榕	<i>Ficus superba</i> (Miq.) Miq. var. <i>japonica</i> Miq.	√	
白榕	<i>Ficus benjamina</i> L.	√	
蓮葉桐	<i>Hernandia nymphiifolia</i> (C. Presl) Kubitzki	√	
黃槿	<i>Hibiscus tiliaceus</i> L.	√	
血桐	<i>Macaranga tanarius</i> (L.) Müll. Arg.	√	
林投	<i>Pandanus odoratissimus</i> L. f.	√	
七里香	<i>Pittosporum pentandrum</i> (Blanco) Merr.	√	
臭娘子	<i>Premna serratifolia</i> L.	√	
草海桐	<i>Scaevola sericea</i> Forst. f. ex Vahl	√	
欖仁	<i>Terminalia catappa</i> L.	√	
繖楊	<i>Thespesia populnea</i> (L.) Soladoye ex Correa	√	
茄冬	<i>Bischofia javanica</i> Blume		√
鐵色	<i>Drypetes littoralis</i> (C. B. Rob.) Merr.		√
恆春厚殼樹	<i>Ehretia resinosa</i> Hance		√
武威山枇杷	<i>Eriobotrya deflexa</i> (Hemsl.) Nakai f. <i>buisanensis</i> (Hayata) Nakai		√
檄樹	<i>Morinda citrifolia</i> L.		√

結果與結論

一、復育造林樹種之存活及生長

第一階段造林苗木於栽植 10 年後約有 38% 之成活率，整體平均胸徑與高度分別約為 42 mm、292 cm，以繖楊、七里香及海欖果整體表現較佳，其中又以繖楊表現最佳，其成活率高達 78%，平均樹高 393 cm；白榕、草海桐及蓮葉桐整體存活情形最差，總成活率低於 12%。

第二階段栽植苗木於栽植 6 年後成活率約為 52%，整體平均胸徑與高度分別約為 19 mm、143 cm，以恆春厚殼樹、檄樹與海欖果的表現較佳，成活率高於 67%。而以瓊崖海棠與恆春山枇杷表現最差，成活率不到 32%，其中恆春山枇杷主要是在此處有嚴重的鼠害問題，尤其是林緣靠近廢棄田地的地區，許多單株會被咬斷致死，未來不宜種植在有鼠害之地區。而鐵色雖然生長緩慢，但是成活率接近 70%，其耐陰性佳，林下存活良好，尤其適合栽植在較為鬱閉之環境。利用簡易而省工的方式進行第二階段林下栽植作業，好處為可成功增加林木的種類，增加生物多樣性，尤其可增加演替較為後期的耐

陰樹種，加速該自然生態系功能的恢復。

二、天然更新植被組成結果

調查結果發現主要樹種有構樹、蟲屎、血桐、山柚仔(*Champereia manillana* (Blume) Merr.)與恆春厚殼樹 5 種，其中以構樹最優勢，其餘種類尚有過山香、破布烏、白樹仔、小葉桑等。其中成幼樹在兩種栽植帶寬度之平均密度及平均物種數接近。稚樹則以過山香、構樹與山柚仔為主。地被草本植物在穿越線之平均物種數約為 13 種，主要物種為大黍(*Panicum maximum* Jacq.)、賽山藍(*Blechnum pyramidatum* (Lam.) Urban.)及槍刀菜(*Hypoestes cumingiana* Benth. & Hook.)佔最多數，復育初期常見的大花咸豐草(*Bidens pilosa* L. var. *radiata* Sch.)數量大量減少，可能與冠幅逐漸鬱閉，光照減少有關，草本植物平均覆蓋度約 30%。

試驗地內銀合歡覆蓋率平均約為 13%，密度約為 23,225 株/公頃，但以小苗為主，少見 DBH > 1 cm 之成幼樹。該試驗地為銀合歡移除後之復育造林地，銀合歡雖然平均小苗數量多，但因為銀合歡不耐陰，在樹冠接近鬱閉的環境下，並不易長大取代樹冠層，因此尚無對試驗地造成威脅，只需持續觀察，避免有大面積干擾即可。

三、火災

受林火直接傷害的植物若要恢復，主要可透過萌蘖及種子發芽兩種方式復原(劉鎮榮 2004)。在石珠現場觀察到的現象也相同，依據地上部火燒受損的程度，耐火災的單株會透過根際或是枝幹萌蘖恢復生機。另外也可觀察到許多新發芽的個體。

透過 2015 年 10 月的調查結果與火災前的調查結果比較，可了解火災對植被造成的傷害。針對 3 月份遭到火燒的地區，可發現栽植苗各樹種受到的影響不盡相同(圖 1)，受火災傷害較輕微的樹種包括海欖果、雀榕、林投，其中海欖果與雀榕全部存活，火燒後林投死亡率為 10%，而對火燒極為敏感的是白榕與草海桐，遭火燒的單株約有 88-100% 半年內會死亡。

火燒地區的天然更新植被半年後恢復良好，尤其是草本覆蓋度迅速恢復至 75%，主要是大黍的迅速入侵，大黍在經常火燒的大肚山地區也是迅速入侵的優勢種(何承穎 2009)。幼苗可視為火災後發芽的木本植物，火災後的幼苗物種數減少，表示火災後可發芽的木本植物少，平均每條穿越線只有 1.5 種，以構樹及嫩楊數量最多。至於銀合歡在火災後的恢復情形並不好，平均覆蓋度在 10%以下，較火燒前低。

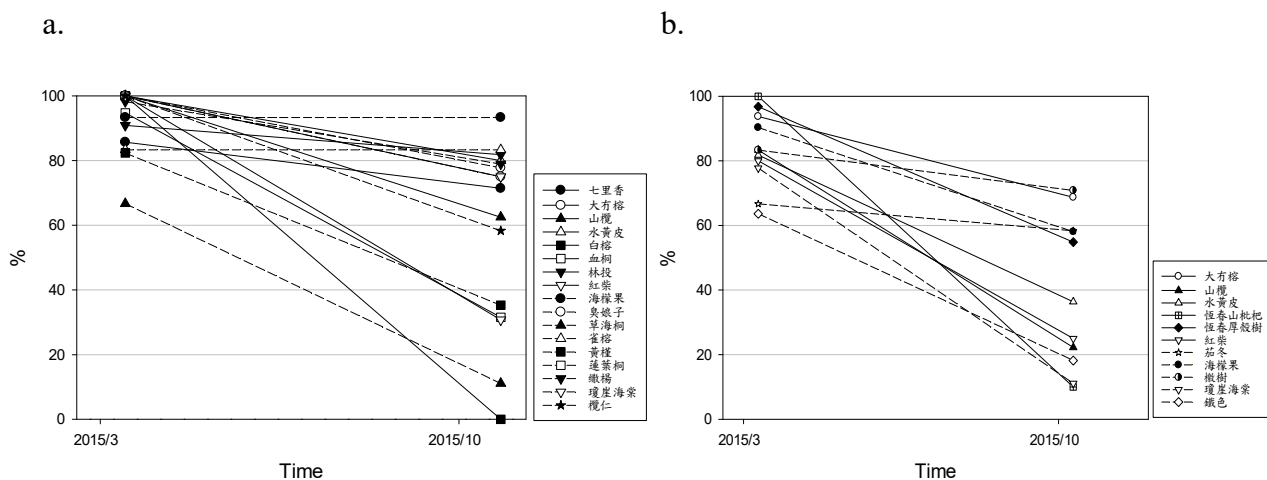


圖 1. 被火燒到苗木 6 個月後之成活率變化 a. 第一階段栽植苗, b. 第二階段栽植苗

引用文獻

何承穎 (2009) 大黍為何能在火燒後成功入侵大肚山地區? 國立臺灣大學碩士論文, 台北市。

呂明倫、鍾玉龍 (2007) 墾丁國家公園銀合歡空間分布特徵之研究。特有生物研究 9(2): 7-18。

呂福原、陳民安、陳玄武、曾喜育、廖政麒、潘振彰、許煥素、張雯淳、胡淑惠、張坤城、郭美娟 (2002) 墾丁國家公園外來種植物對原生植群之影響以銀合歡為例。國家公園保育研究報告第 112 號。

胡正恆、何可慧、陳芬蕙 (2016) 海岸氣候變遷：萬里桐海岸林的松鼠危害活動與早年火燒衝擊(2013-2016)。2016 兩岸濕地聯合研討會，嘉義大學。

郭幸榮 (2005) 森林生態復育之理論與實例。臺灣林業 31(1): 46-54。

陳芬蕙、王相華 (2014) 墾丁海岸林二階段復育造林之研究成果。第九屆環境保護林經營管理研討會，行政院農業委員會林業試驗所中埔研究中心會議室。

陸象豫 (2016) 恆春半島降雨特性及其變遷之研究。恆春半島降雨特性及其變遷之研究。臺灣林業科學 31(1): 49-60。

劉鎮榮 (2004) 台中港海岸防風林火燒跡地初期植生調查。國立中興大學碩士論文，台中市。

Blakesley D, Hardwick K, Elliott S (2002) Research needs for restoring tropical forests in Southeast Asia for wildlife conservation: framework species selection and seed propagation. *New Forests* 24(3): 165-174.

Global Invasive Species Database (2018) Global Invasive Species Database. *Leucaena leucocephala*. 26 June 2018 Accessed. Retrieved from <http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=23&fr=1&sts=&lang=EN>

Vitousek PM, Antonio CM, Loope LL, Westbrooks R. (1996) Biological invasions as global environmental change. *American scientist* 84(5): 468.

臺灣原生草本植物應用於崩塌地植生復育—發芽檢測複查研究

何郁庭^{1)*} 蔡彥新²⁾ 胡元瑋¹⁾ 馬復京²⁾ 陳國章²⁾ 林元祥²⁾ 游漢明¹⁾

緒言

臺灣山坡地占全臺灣面積約 27% (農委會水保局 2013)，此區域不但構成了自然環境和都市開發區的緩衝空間，其生態結構亦關係著人類生活之維生體系。地表崩塌為地形演變過程中較為明顯且具威脅性之自然災害，臺灣地質脆弱、山地陡峻，尤以近年來颱風猛烈挾帶瞬間暴雨，至山崩屢發，影響下游山地居民甚至平地居民之經濟開發與國計民生。根據水土保持局的調查，於 2004 年 72 水災前，全國崩塌地面積達 507.25 km²，因此每逢豪雨，除造成表土大量流失，亦誘發山崩、地滑與土石流等坡地土砂災害(林信輝 2002)。

森林植生復舊是防止土砂流失、抑制崩塌擴大的有效方法。林班崩塌地之植生治理工作，必須依照崩塌地立地條件之優劣，適度調整植物種類與工法(林信輝 2002)。崩塌地區的穩定，除藉助工程的方法外，最重要的是滑動坡面植物覆蓋的恢復，尤其針對大面積且地勢險惡的崩塌區域，一方面藉由人工干擾的撒播造林作業，另一方面，自然入侵的演替植種，亦可提供良好的植生覆蓋材料。

本研究於 2015 年在六龜試驗中心進行崩塌地種子撒播試驗，並於 2018 年進行發芽檢測複查，比較 3 年間小苗的株數及種類變化，進行崩塌地植生復育種類的調查與繁殖技術探討，以供造林復育之參考。

方法

一、直播種子現地發芽能力檢測

於 2015 年 2 月，在林業試驗所六龜研究中心扇平林道及鳳崗山林道，選取 6 處崩塌地設置樣區，其中 1 處為對照組(鳳崗 6)。除對照組外，各樣區均包含灌溉區及非灌溉區 2 條長寬 10 m × 20 cm 之帶狀樣區，將每個帶狀樣區切割為 10 個 1 m × 20 cm 之小區並編號，以現地草本種類(甜根子草、五節芒、波葉山螞蝗、愛玉子、大葉溲疏、密花芋麻、高粱泡、刺蔥、虎婆刺)在 1-7 小區中進行種子撒播，並覆蓋當地枯草， 8-10

¹⁾ 行政院農業委員會林業試驗所集水區經營組，10066 臺北市中正區南海路 53 號。

* 通訊作者，E-mail: a22446810@tfri.gov.tw。

²⁾ 行政院農業委員會林業試驗所育林組，10066 臺北市中正區南海路 53 號。

小區栽植波葉山螞蝗、大莞草、虎婆刺 3 種植物之苗木，灌溉區每 2-3 天澆水 1 次。對照組僅為 1 條長寬 10 m × 20 cm 之帶狀樣區，且無灌溉、無覆草。於 2015 年 5 月調查各小區內發芽的小苗種類及株數，每一小區進行 3 次 20c m× 20 cm 之重覆。

二、種子現地發芽複查

2018 年 5 月進行複查，就原先樣區內所標定之界線，調查各小區內發芽的小苗種類及株數。

結果與結論

一、2015 年發芽概況

本次調查共發現 795.4 株發芽小苗，其中以鳳崗 5—灌溉區的小苗數量最多，為 285.1 株，其次為鳳崗 5—非灌溉區，數量為 150.4 株；小苗數量最少之樣區為扇平 1—灌溉區，以及扇平 3—灌溉區，分別為 2.6 株、2.7 株。本結果顯示，發芽小苗數與灌溉與否並無明顯對應關係，而不同樣區之間發芽小苗數量差異較大(表 1)。

表 1. 2015 年撒播樣區發生幼苗數量表

單位：平均株數

樣區	灌溉/非灌溉	小區							總計
		1	2	3	4	5	6	7	
扇平 1	灌溉區	0	0.3	1.3	1	0	0	0	2.6
	非灌溉區	1.3	0.3	1	1	0	1.3	0	4.9
扇平 2	灌溉區	14	20.4	17.3	16.4	27	26	16.7	137.8
	非灌溉區	0.7	1	1	1	9.4	5.7	3	21.8
扇平 3	灌溉區	0	0	0.7	1	0.3	0.7	0	2.7
	非灌溉區	1.7	0.7	4.7	2.3	1.3	1	1.3	13
鳳崗 4	灌溉區	17	24.4	9	14.3	14	2.7	4.7	86.1
	非灌溉區	19	11.3	19.3	4.3	5.7	16	2.4	78
鳳崗 5	灌溉區	13.6	8	68.3	77.3	47.6	32	38.3	285.1
	非灌溉區	12.3	37.3	10	8.5	26.3	12	44	150.4
鳳崗 6		4.3	1	1.6	2	0.7	3.4	0	13
總計		83.9	104.7	134.2	129.1	132.3	100.8	110.4	795.4

註：各小區內株數為 3 次重覆之平均值

研究顯示所撒播的草本植物，僅占觀察物種的 8.97%，其餘為香澤蘭、臺灣澤蘭、駁骨丹、未能鑑定的禾本類及未辨認物種(表 2)。可鑑定物種中，比例最高者為香澤蘭，占 9.48%，顯示香澤蘭於崩塌地復育效果良好。

表 2. 2015 年撒播樣區出現物種株數表

單位：平均株數

物種	樣區						株數總計	百分比
	扇平 1	扇平 2	扇平 3	鳳崗 4	鳳崗 5	鳳崗 6		
大葉溲疏	0	0	0	0	0.6	0	0.6	0.08
五節芒	0	0	0	4.3	1.2	0	5.5	0.69
波葉山螞蝗	0	0	0	0	2.2	0	2.2	0.28
香澤蘭	2.6	72.8	0	0	0	0	75.4	9.48
密花苧麻	0	0	0	9.4	30.6	0	40	5.03
甜根子草	0	0	0	21	0	0	21	2.64
臺灣澤蘭	0	0.7	0	2	10.7	9.4	22.8	2.87
駁骨丹	0	0	0	0	22.7	0	22.7	2.85
懸鈎子	0	0	0	0	0	2	2	0.25
禾本類	4.9	1	15	42.1	56.4	1.6	482.2	15.21
未辨認物種	0	85.1	0.7	85.3	311.1	0	121	60.62
總計株數	7.5	159.6	15.7	164.1	435.5	13	795.4	100.00

二、2018 年發芽概況

2018 年進行複查時，由於扇平 1 樣區及鳳崗 5 樣區再度崩塌，因此僅就其餘樣區複查。

本次複查所得發芽小苗數量為 831 株，樣區發芽數量最高者，以鳳崗 6 的小苗數量最多，為 238 株，其次為扇平 2—灌溉區，數量為 212 株；發芽小苗數量最少之樣區為扇平 3—灌溉區，以及扇平 3—非灌溉區，分別為 13 株、24 株。本結果顯示，不同樣區之間發芽小苗數量差異大(表 3)。

表 3. 2018 年撒播樣區發生幼苗數量表

單位：株數

樣區	灌溉/非灌溉	小區							總計
		1	2	3	4	5	6	7	
扇平 2	灌溉區	91	8	31	21	38	8	15	212
	非灌溉區	27	12	14	12	16	18	8	107
扇平 3	灌溉區	2	1	1	2	0	1	6	13
	非灌溉區	2	1	2	7	6	3	3	24
鳳崗 4	灌溉區	7	18	17	16	13	17	10	98
	非灌溉區	6	19	19	14	36	29	16	139
鳳崗 6		18	22	27	40	42	40	49	238
總計		153	81	111	112	151	116	107	831

本次複查的物種中，香澤蘭所占比例最高，為 39.11%，共 325 株，其次為紫花霍香薊，占 14.92%，共 124 株。但撒播之草本種子種類僅 83 株，約占總發芽苗數的 1 成

(表 4)，顯示崩塌地進行種子撒播，3 年後的成效不如預期。

物種	樣區				株數總計	百分比
	扇平 2	扇平 3	鳳崗 4	鳳崗 6		
大花咸豐草	0	0	13	8	21	2.53
大葉溲疏*	0	0	0	2	2	0.24
山黃麻	3	0	0	0	3	0.36
山鹽青	3	5	0	0	8	0.96
五節芒*	0	0	3	47	50	6.02
水雞油	0	0	8	0	8	0.96
牛軋草	2	0	0	0	2	0.24
地刷子	0	0	0	2	2	0.24
竹葉草	0	1	15	0	16	1.93
波葉山螞蝗*	0	0	3	15	18	2.17
牧地狼尾草	13	9	0	0	22	2.65
相思樹	1	0	3	30	34	4.09
香澤蘭	293	13	18	1	325	39.11
假赤楊	0	0	0	2	2	0.24
密花苧麻*	0	0	0	5	5	0.60
紫花霍香薊	0	0	124	0	124	14.92
腎蕨	0	0	10	12	22	2.65
菱葉柃木	0	0	0	4	4	0.48
黃花酢漿草	0	0	1	0	1	0.12
過山龍	0	0	0	105	105	12.64
臺灣澤蘭	1	0	0	0	1	0.12
臺灣懸鈎子	0	0	7	1	8	0.96
臺灣蘆竹	1	9	22	0	32	3.85
臺灣欒樹	1	0	0	0	1	0.12
虎婆刺*	0	0	4	4	8	0.96
糯米糰	0	0	6	0	6	0.72
總計	319	37	237	238	831	100.00

註：*為 2015 年撒播物種

三、2015 年與 2018 年比較

比較兩次崩塌地樣區複查的結果，2018 年調查的發芽株數 831 株，略高於 2015 年的 795.4 株；農委會林務局(2015)曾採集數種草本及灌木種子，帶回苗圃進行發芽試驗，其中自阿里山採集之虎婆刺，直播後累積發芽率達 47.8%，波葉山螞蝗之直播發芽率則達 60%，但 2018 年的複查中，撒播物種發芽率僅 9.99%；儘管撒播樣區採用的草本植

物物種，占調查數據的比例不高，但 2018 年調查中，崩塌地出現假赤楊、山鹽青等陽性樹種，說明崩塌地亦藉天然下種、種子庫等因素，使其出現新的植被。

林文智等(2004)曾對六龜多納地區林下種子庫進行調查，調查結果顯示種子庫可發芽種子密度達 5,924 粒 m^{-2} ，然此試驗觀察到的物種中，僅臺灣澤蘭、臺灣懸鉤子 2 物種出現於本研究，顯示兩地種子庫的物種組成不同。

2018 年複查過程中，亦有兩個樣區的崩塌地再度崩塌，代表林道邊坡仍不穩定，需要加強治理。

在六龜崩塌地現場直播種子的發芽檢測，顯示在野外現場撒播的種子，其發芽會受到立地環境的影響，如光度、溫度、水分等；此外，含石率的多寡亦會影響現地種子發芽率的高低。

引用文獻

林信輝 (2002) 林班崩塌地適用植生工法之調查研究。崩塌地育林研討會論文集 p.6-1、6-44。

林信輝 (2002) 崩塌地坡面保育處理工法。國立中興大學水土保持學系電子書。

林文智、郭耀綸、陳永修、張乃航、洪富文、馬復京 (2004) 台灣南部多納針闊葉林土壤種子庫與森林更新 臺灣林業科學 19(1): 33-42。

游漢明、林文智、周富三、蔡佳彬、孫銘源、李政賢、宋國基、賴利璋、陳建廷 (2012) 六龜研究中心崩塌地植生復育計畫。行政院農業委員會林務局補助計畫執行成果報告。

行政院農業委員會水土保持局 (2013) 臺灣地區山坡地面積統計表。

行政院農業委員會林務局 (2015) 臺灣原生草本植物應用於崩塌地植生復育調查研究期末報告。

三種木本植物果殼萃取物之光譜特性

顧文君^{1)*} 林柏亨²⁾ 林振榮²⁾ 傅春旭³⁾

緒言

黃酮類化合物(Flavonoid)在植物界分布廣泛，存在於果實、種子、花、葉、莖枝與根等，是植物性中藥材中主要成分之一，也是一種天然自由基清除劑，具有抗過敏、抗氧化、消炎、保護神經系統與預防肥胖等多種藥理與保健作用(任紅等 2016)。然黃酮類化合物在人體內不能直接合成，只能藉由從食物中攝取，因此近年來研究者皆積極以植物體中萃取出純度高、生物活性強之黃酮類化合物成分為重要課題。

沉香為瑞香科沉香屬(*Aquilaria*)植物中含有樹脂的木材，由於其在醫藥、香薰、香水行業、宗教文化和其他領域中廣泛的應用價值。沉香黑色樹脂(結香)部分為心材部位，為了找出含有樹脂的木材須砍倒樹幹，導致大量沉香被砍伐，被砍伐後之沉香樹(白標)與其葉、果實、種子等，通常其利用價值不高、鮮少利用。梅文莉(2009)與徐維娜(2011)等將該利用價值不高之材料進行試驗研究，期能找到重要之特性成分，提高其利用價值。

山竹為藤黃科(Guttiferae)藤黃屬植物，主要分布于東南亞國家，近年廣東、福建、雲南與臺灣等地均有引種(劉金儒等 2003)。有研究者研究發現，約占整果 55%的果殼富含含有黃酮類化合物(Flavonoid)、咕噸酮類化合物(Xanthones)、花色苷(Anthocyanin)、原花青素(Proantho Cyanidins)等活性成分，其具有抗炎、抗菌、降血脂、抗氧化與免疫調節等多方面之藥理活性，擬可應用於食品、醫學、化工等多方面。

可可(*Theobroma cacao*)為錦葵科(Malvaceae)熱帶常綠植物，可可豆具有之天然風味是世界上最受歡迎之風味之一，以各種不同方法製成可可粉與巧克力等。然果殼約占可可果之 50%以上，卻往往遭到捨棄，並無善加利用。前人研究可可果殼含有大量的黃酮類化合物，該類化合物有抗炎、抗菌、抗氧化與免疫調節等多方面之藥理活性。

本研究以沉香、山竹與可可之三種果殼乙醇萃取物，以紅外線光譜儀與紫外-可見光光譜儀分析其黃酮類化合物特徵之圖譜，並探討之，期能提供其利用價值，並提供業

¹⁾ 行政院農業委員會林業試驗所森林化學組，10066 臺北市南海路 53 號。

* 通訊作者，E-mail: angelku@tfri.gov.tw。

²⁾ 行政院農業委員會林業試驗所森林利用組，10066 臺北市南海路 53 號。

³⁾ 行政院農業委員會林業試驗所森林保護組，10066 臺北市南海路 53 號。

界參考應用，作為開發創新產品之依據。

試驗材料與方法

一、試驗材料

山竹果實、可可果實，係為市售產品，沉香果實則為傅春旭博士所提供。三種果實收集後，經人工去除種子後，將果殼陰乾後，以 60°C 烘乾後，粉碎成顆粒約 5 mm 大小備用。

二、試驗方法

(一)果殼黃酮類成分之萃取

分別取三種果殼之顆粒，以乙醇為萃取溶劑，料液比 1:4 之比例，將試材在 60°C 水浴槽中攪拌 6 hr 萃取。過濾殘渣，濾液則以減壓濃縮機將乙醇溶劑移除，得液態膏狀物樣品冷藏備用。

(二)果殼乙醇萃取物之性質分析

1. 採用衰減全反射傅立葉變換紅外光譜儀(ATR-FTIR Varian-2000)分析試樣之官能基指紋圖譜，以 $600\text{ cm}^{-1}\sim 4000\text{ cm}^{-1}$ 之波數，水平 ATR 光學附件晶體材料為 ZnSe，掃描解析度為 4 cm^{-1} ，掃描次數為 32 次，進行三種果殼乙醇萃取物之紅外線吸收光譜測定(譚仁祥 2002)。

2. 採用紫外線分光儀(HITACHI, U-3010)分析試樣特徵指紋圖譜，分別以乙醇溶劑為空白參考值，1 ml 石英管樣品槽，試樣在以 200~500 nm 之波長範圍進行三種果殼乙醇萃取物之紫外線吸收值測定分析(田燕 2002)。

結果與結論

三種果殼之紅外線光譜圖，如圖 1 所示。然紅外線光譜特徵 $3600\sim 3000\text{ cm}^{-1}$ 係為-OH 基吸收峰， $2922, 2854\text{ cm}^{-1}$ 主要為-CH₂-的不對稱伸縮振動和對稱伸縮振動的吸收峰， 1734 cm^{-1} 為酯基或羧基 C=O 伸縮振動吸收峰， 1465 cm^{-1} 為-CH₃ 和-CH₂-的不對稱變形振動吸收峰， 1375 cm^{-1} 主要為-CH₃ 對稱彎曲振動吸收峰， 1166 cm^{-1} 為酯基的 C-O 伸縮振動吸收峰。由圖 1 可得知，沉香果殼乙醇萃取物紅外線吸收峰為 3390、2920、2854、1734、1651、1516、1459、1375、1237、1170、1051、823、720 cm^{-1} 。山竹果殼乙醇萃取物紅外線吸收峰為 3340、2961、2923、1606、1451、1375、1280、1185、1045、824 cm^{-1} 。可可果殼乙醇萃取物紅外線吸收峰為 3322、2931、1643、1407、1241、1050、882、775

cm^{-1} 。由試驗結果得知沉香果殼、山竹果殼與可可果殼之紅外線光譜圖吸收峰不盡相似，尤其沉香果殼在 1745 cm^{-1} 之吸收峰最為明顯。然黃酮類化合物大都含有酚氫基、羰基、苯環等官能基，氫基吸收峰在 $3500 \sim 3200 \text{ cm}^{-1}$ 範圍內，多為寬峰，羰基吸收峰在 $1695 \sim 1610 \text{ cm}^{-1}$ 範圍內，而苯環芳香骨架振動在 $1620 \sim 1430 \text{ cm}^{-1}$ 。

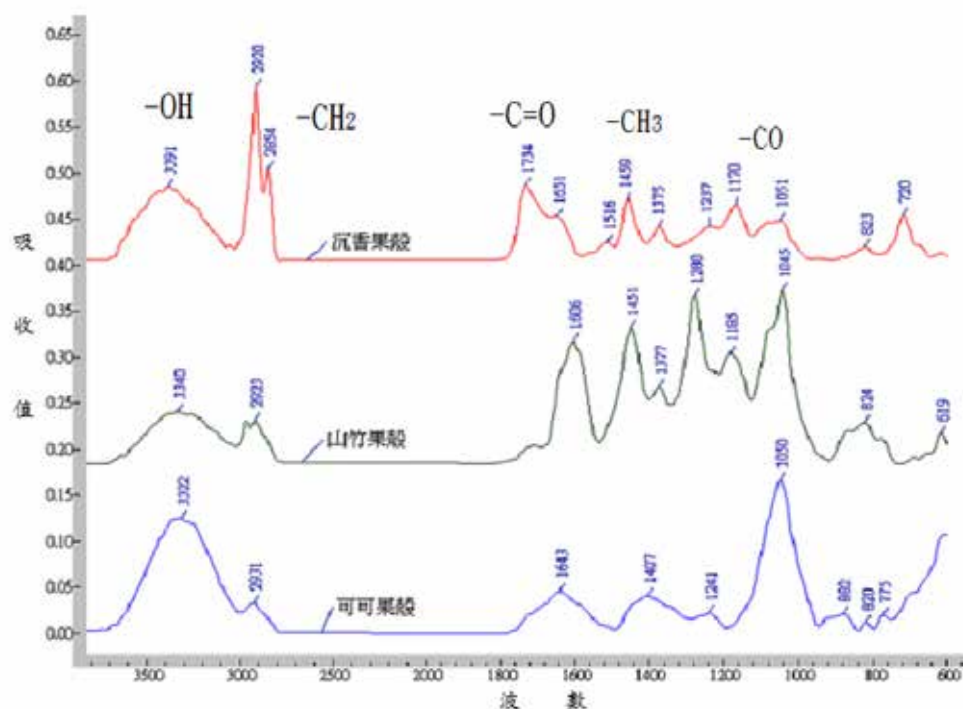


圖1. 三種果殼之紅外線吸收光譜圖

由紫外光分光儀之試驗結果顯示在波長 $200 \sim 500 \text{ nm}$ 之紫外吸收圖譜，如圖2所示。沉香果殼乙醇萃取物紫外線吸收峰為 214 、 269 、 280 與 300 nm ，山竹果殼乙醇萃取物紫外線吸收峰為 242 、 260 、 320 nm ，可可果殼乙醇萃取物紫外線吸收峰為 226 、 273 、 283 、 320 nm 。由試驗結果顯示，沉香果殼、山竹果殼與可可果殼三者不盡相同，沉香果殼有 4 個吸收峰，山竹果殼有 3 個吸收峰，可可果殼有 4 個吸收峰。在波長 $240 \sim 280 \text{ nm}$ (II 帶) 與 $300 \sim 400 \text{ nm}$ (I 帶) 黃酮類化合物特徵之紫外光譜，沉香果殼、山竹果殼與可可果殼三者皆有強吸收峰，尤其山竹果殼在 $300 \sim 400 \text{ nm}$ (I 帶) 更為明顯。紫外光譜是黃酮類化合物結構分析中重要之技術，其紫外吸收在波長 $240 \sim 400 \text{ nm}$ 間有兩個主要的特徵吸收峰，一為 $290 \sim 380 \text{ nm}$ 區之吸收帶稱為帶 I，另一為 $240 \sim 280 \text{ nm}$ 區之吸收帶稱為帶 II (如表 1)。

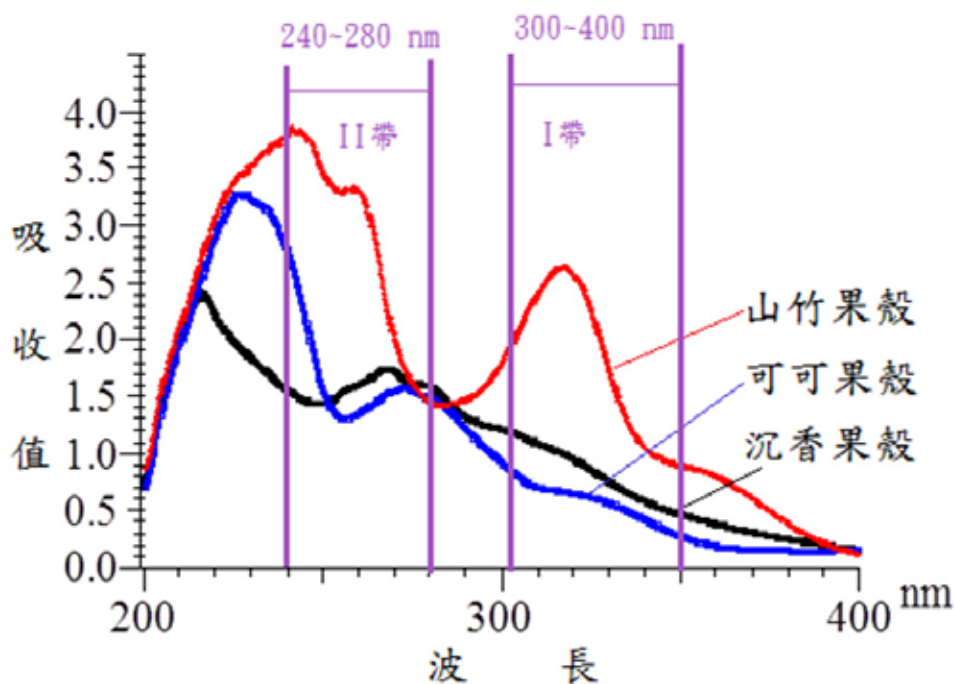


圖2. 三種果殼之紫外光吸收光譜圖

表 1. 黃酮類化合物紫外-可見光吸收波長範圍

黃酮類	帶II (nm)	帶 I (nm)
黃酮類	250~280	310~350
黃酮醇類(3-OH 取代)	250~280	330~360
黃酮醇類(3-OH 自由)	250~280	350~385
異黃酮類	245~275	310~330
二氫黃酮類	275~295	310~330 肩峰
查耳酮類	230~270(低強度)	340~390 肩峰
橙酮類	230~270(低強度)	380~430
花色素類	270~280	465~560

引用文獻

任紅、鄭少杰、張小利、盧可可、吳素蕊、明建 (2016) 基于不同抗氧化機制的黃酮類化合物構效關係研究進展[J]。食品工業科技 2016 37(2): 384-388。

劉金儒、于明 (2003) 幾種熱帶果實的食用部分[J]。生物學通報 38(1): 10。

梅文莉、林峰、戴好富 (2009) 白木香花和果實揮發油成分的 GC-MS 分析。熱帶亞熱帶植物學報 17(3): 305-308。

綠梗山葵在六龜鳳崗山地區果莢發育之生長表現

黃怡菁^{1)*} 蔡佳彬²⁾ 蔡政孝²⁾ 傅春旭³⁾ 陳怡蓓¹⁾ 何政坤¹⁾ 黃裕星⁴⁾

緒言

山葵是原產於日本的一種具有很高經濟價值的蔬菜兼藥用植物，在日本家喻戶曉，被人們譽為綠色黃金(余曉琴和嚴建全 2004)。其具有獨特的辛辣、芳香味及強的殺菌特性(胡尚勤 2004)，是日本生魚片等海鮮食品不可缺少的高級調味品，由於山葵還具有促進澱粉的消化、穩定腸胃中維生素 C，並殺死消化道中寄生蟲的作用(吳震等 2001)，近年來已有研究發展其精油抑菌作用(杜喜玲和李振超 2011)及防治胃癌的功效(毛春梅 2011，朱進和楊松 2011)，也有關於山葵植株中含有異硫氰酸紙酯類之特殊成分分析的相關報告(尚華志 2004，張建佳和何鳳發 2011，彭超 2014，桑魯燕等 2017)。日本自 9 世紀就已栽植山葵，臺灣在 1918-1919 年由日本引種至阿里山，中國福建漳平在 1992 年也引種種植(林麗欽 1999)，現在在中國大陸高山地區發展迅速，面積不斷擴大，已成為一個極具發展潛力的創匯蔬菜。在臺灣有關山葵的基本栽培及綠莖種台農 1 號之育成，農試所之多位研究者已有相關報告(王鐘和等 1999，胡敏夫等 1986，1991，1992)。

由於目前臺灣林業政策，已全面回收山葵栽種的高海拔保留地，因此，為使山葵產業仍可以在臺灣被永續經營及利用，林試所也已建構綠梗山葵在中高海拔的新產業栽培生產模式。並為使將來產業可以永續在臺灣生根，也已初步建立綠梗山葵之自我種子生產及健康種苗之相關技術。又為使本土採種效率更加提升，本試驗將探討定植於六龜鳳崗山地區綠梗山葵植株果莢發育之生長表現，以建立有關種子採收之相關資料，從而提出決定採種期之可能有效指標，以供產業之應用。

方法

將經由林試所團隊所研發之催芽技術，培育整齊發芽之實生苗種植在穴盤，再移植至 3 寸盆中培養 3-9 個月的健康種苗，於 2016 年 10 月間由臺北植物工廠運至六龜，定

¹⁾ 行政院農業委員會林業試驗所育林組，10066 臺北市南海路 53 號。

* 通訊作者，E-mail: ching@tfri.gov.tw。

²⁾ 行政院農業委員會林業試驗所六龜研究中心，84443 高雄市六龜區中興里中庄 198 號。

³⁾ 行政院農業委員會林業試驗所森林保護組，10066 臺北市南海路 53 號。

⁴⁾ 行政院農業委員會林業試驗所前所長，10066 臺北市南海路 53 號。

植於鳳崗山苗圃試驗地。經一般管理栽培至翌年 2 月底起進行開花行為之觀察，由明顯始花的 3 月起逢機取樣 60 株進行調查，從 3 月初至 6 月初，每 7 天每株取 3 組果莢紀錄長、寬及果莢顏色，直至種莢成熟，採種為止。將調查數據進行比對、分析與繪圖。

結果與結論

經觀察果莢發育之生長表現，顯示在始花後 3-4 週後，才會明顯看出有效著果的果莢，在始花後 7-8 週前，果莢之長度與寬度一起明顯快速增長(圖 1、圖 2)，在 7-8 週後，果莢長度生長速度趨於和緩(圖 1)，但果莢寬度仍然持續明顯增長，直至 12-13 週後果莢寬度才漸趨緩(圖 2)。果莢顏色從花後 4 週的淺綠，至花後 7~8 週的漸轉深綠，一直維持深綠至 10-11 週，然後有部分果莢出現淺紫色，在 12 週後多數果莢轉成淺紫部分深紫，在此時果莢之長度寬度一般都已達到最大，但若檢查果莢內之種子仍有多數呈現綠色並未完全成熟，一般約需再經 1~2 週，內裏的種子就會達到完全成熟，待種子完全成熟時，果莢才會出現部分開裂，因此我們建議在六龜試驗地之最佳採種時間應在始花後 13-14 週內進行，也就是當果莢之長度達 9 mm 以上，果莢寬度達 3.5 mm 以上果莢顏色由綠轉紫後 2-3 週後再進行採種。

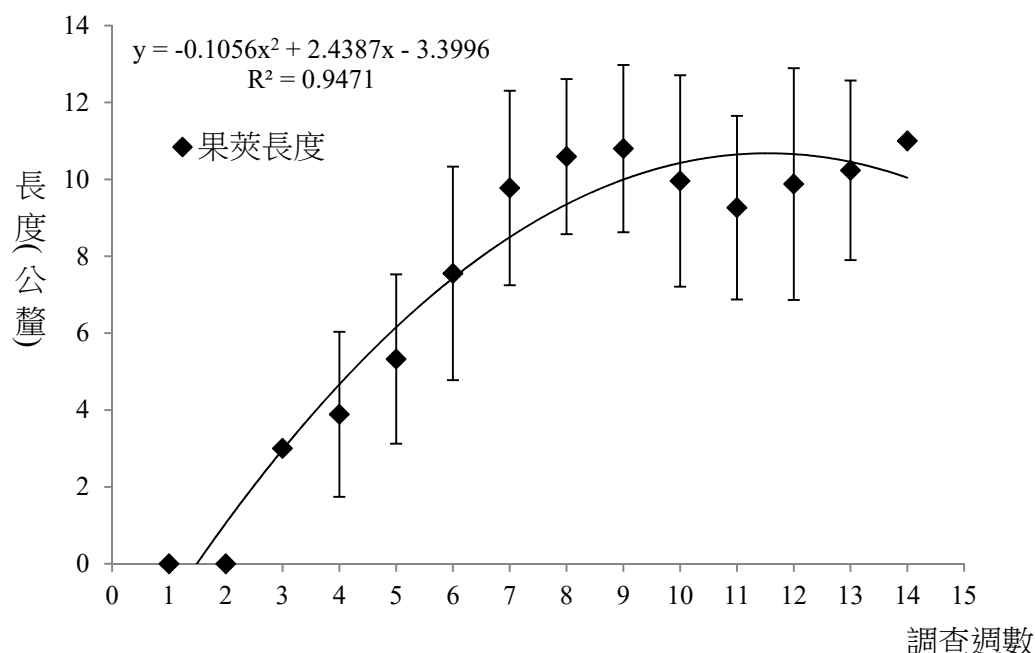


圖1. 山葵果莢長度於始花後之生長表現

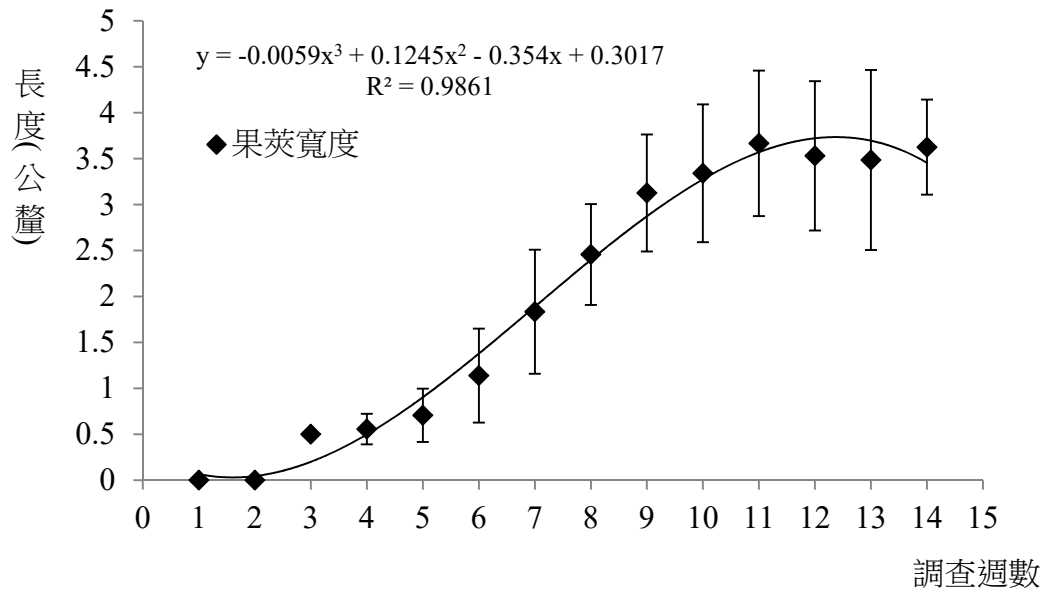


圖2. 山葵果莢寬度於始花後其長度之生長表現

依上述，在鳳崗山試驗地採種應在始花 13 週後為宜，但在中國大陸有多篇文獻指出，山葵種子在不同地區生長其成熟所需之時間表現不同，比如日本山葵在廣東陽山種植當年 12 月始花，2 月下旬至 3 月中旬為盛花期，4 月中、下旬開花結束，4 月中旬至 5 月中旬種子成熟(莫慧機等 2004)；在吉林地區之溫室內培養真妻品系，從種子播種至第 3 年 2 月開始開花，開花盛花期在 3-4 月份，結實期 2 個月(吳明根等 2000)，在四川西昌，10 月下旬起就有少許花芽出現，2 月下旬至 3 月上旬花莖快速伸長，4 月達最長高度，主要開花期約 40 天，3 月中旬以後開花所形成之種子才具有發芽能力，於 4 月上中旬開花授粉經過 50-60 天發育至 5 月下旬 6 月上旬所結種子最為飽滿，將來之發芽率最高，所以在這段時間所結種子是最佳種子(蔡光澤 2002)。顯然，山葵種子成熟所需時間會與品種及栽培環境有關，所以採種所需日數也需依品種及栽培地進行微幅調整。

參考文獻

- 毛春梅 (2011) 山葵提取物對人結腸癌細胞 SW480 增殖及其抑癌基因 P16INK4a 表達之影響。重慶醫科大學 生物化與分子生物學 碩士論文 重慶。
- 王鐘和、胡敏夫、羅朝村、林毓雯、黃維廷、丘麗蓉 (1999) 施用石灰與硼砂對山葵品質與產量之影響。中華農業研究 48(2): 100-127。
- 朱進、楊松 (2011) 山葵生物學特性、關鍵技術及風味物質研究進展。長江大學學報(自然科學版) 8(1):223-226。

- 余曉琴、嚴建全 (2004) 乾燥條件對山葵根莖品質之影響。食品工業科技 25(11): 55-57。
- 吳明根、金炳武、朴鳳植、權英花、蔡春鵬 (2000) 山葵生物生態特性之研究。延邊大學農學學報 22(3): 211-216。
- 吳震、李式軍、王廣東、陶功俊 (2001) 珍稀創匯蔬菜山葵穴盤無土育苗關鍵技術之研究。2001年中國國際果蔬產業博覽會。國際果蔬技術論壇設施園藝專題研討會論文集。南京農業大學園藝學院 p138-144。
- 杜喜玲、李振超 (2011) 山葵精油抑菌作用之研究。食品研究與研發 32(1): 35-37。
- 尚華志 (2004) 食用辛辣風味物質異硫氰酸烯丙酯(AITC)的研究。中國農業大學 博士論文。
- 林麗欽 (1999) 山葵、辣根、芥末的辛辣成分及功能。福建經紡 124(9): 1-4。
- 胡尚勤 (2004) 山葵殺菌作用的研究。微生物學通報 31(4): 77。
- 胡敏夫、王昭月、劉慧英 (1992) 台灣主要山葵栽培品種(系)間品質之評價。中華農業研究 41(1): 34-42。
- 胡敏夫、邱善美、劉新裕 (1986) 不同環境對山葵生長與產量之影響。中華農業研究 35(3): 292-299。
- 胡敏夫、邱善美、羅朝村、劉新裕、杜金池 (1991) 山葵臺農一號之育成。中華農業研究 40(1): 13-27。
- 桑魯燕、孫冰心、白翔、路川、劉健 (2017) 異硫氰酸酯研究發展現況。食品安全質量檢測學報 8(11): 4111-4114。
- 張建佳、何鳳發 (2011) 山葵癒傷組織培養及其風味物質的研究。藥物生物技術 18(1): 21-25。
- 莫慧機、潘啟日、陳家旺、陳漢才 (2004) 日本山葵的開花結實特性及留種育苗技術。廣東農業科學 2004(5): 23-25。
- 彭超 (2014) 山葵和芥子中異硫氰酸酯的抑菌活性成分與微膠囊研究。廣東工業大學碩士論文。
- 蔡光澤 (2002) 山葵種子的採集、處理及貯藏。種子 126: 106。



2018森林資源保存與利用研討會論文集

發行人 張彬
編輯 何政坤、陳財輝
出版單位 行政院農業委員會林業試驗所
10066 臺北市中正區南海路53號
電話: 02-2303-9978
傳真: 02-2314-2234
網址: <https://www.tfri.gov.tw>
印刷 勝利數位設計印刷中心
電話: (02)2754-0526
出版日期 中華民國一〇七年九月
工本費 新台幣250元整

圖文有著作權 未經同意請勿使用