

財團法人中正農業科技社會公益基金會
103 年農業科技研究計畫成果研討會議程

一、研討會時間：中華民國 103 年 6 月 26 日(星期四)

二、研討會地點：國立中興大學生物產業機電工程大樓 一樓演講廳

三、議程：

09:30~10:00 報 到

10:00~10:20 開幕典禮：陳炯松董事長、陳樹群院長

10:20~17:00 成果報告

時 間	題 目	演 講 人
第一節	主持人：李健全顧問	
10:20~10:40	台灣高山有機咖啡特色及品質研究	國立屏東科技大學農園生產系 傅炳山副教授
10:40~11:00	屏東地區咖啡樹病蟲害調查及非農藥防治法研究	國立屏東科技大學植物醫學系 華真講師
11:00~11:20	台灣高山有機咖啡副產加工之研究	行政院農業委員會高雄區農業改良場 李穎宏副研究員
11:20~11:40	台灣高山有機咖啡產業發展之研究	國立內埔高級農工職業學校 林啟弘技士
11:40~12:00	原鄉高山有機咖啡產業發展	屏東縣泰武咖啡生產合作社 華偉傑總經理
12:00~13:30	午 餐	
第二節	主持人：雷鵬魁教授	
13:30~14:00	櫻花與杏花切枝及杏花盆花生產技術之研究	行政院農業委員會桃園區農業改良場 吳安娜副研究員
14:00~14:30	陸生性邊褐端黑螢大量繁殖可行性評估之研究	行政院農委會特有生物研究保育中心 何健鎔組長
14:30~15:00	休閒農場網站創意評估工具建構與模式發展	國立彰化師範大學 地理系環境暨觀光遊憩碩士班 劉瓊如副教授
15:00~15:30	茶 會	
第三節	主持人：尤瓊琦教授	
15:30~16:00	建立以蜆開闢律動行為模式作為監測水域水質關鍵指標之應用介面	國立宜蘭大學生物機電工程學系 周立強副教授
16:00~16:30	功能性益生菌篩選與應用	實踐大學食品營養與保健生技系 汪嵩遠助理教授
綜合討論 16:30~17:00	主持人：劉易昇執行長、李健全顧問、雷鵬魁教授、尤瓊琦教授	

目 錄

台灣高山有機咖啡產業發展之研究

台灣高山有機咖啡特色及品質研究	傅炳山	2
屏東地區咖啡樹病蟲害調查及非農藥防治法研究	華 真	7
台灣高山有機咖啡副產加工之研究	李穎宏、林啟弘	17
原鄉高山有機咖啡產業發展	華偉傑	33

計畫成果報告

櫻花與杏花切枝及杏花盆花生產技術之研究	吳安娜	48
陸生性邊褐端黑螢大量繁殖可行性評估之研究	何健鎔	60
休閒農場網站創意評估工具建構與模式發展	劉瓊如	68
建立以蜆開闔律動行為模式作為監測水域水質關鍵指標之應用介面	周立強	92
功能性益生菌篩選與應用	汪嵩遠	113

台灣高山有機咖啡特色及品質之研究

傅炳山

國立屏東科技大學農園生產系副教授

摘要

本計畫為加強原住民地區農民咖啡管理技術以提高生豆品質及單位面積產量，推廣有機生產及生產履歷概念，建立台灣高山咖啡生產標準作業流程，並提升台灣咖啡烘焙技術，生產高品質有機咖啡，輔導產銷班產品多樣化，以增加農民收益。屏東縣泰武鄉高山阿拉比卡品系咖啡之品質佳但產量少，且隨著各地廣為種植及因應國內外消費者需求，了解本地高山咖啡特色有利於台灣咖啡品牌的建立及調製或利用開發成附加保健產品，以達多元發展台灣咖啡產業之目的。初步調查屏東泰武高山有機咖啡長度 9.657mm 寬度 7.293mm 厚度及 4.057mm 百粒重 17.7067g 容積比達 0.687g/ml 高過平均值。以酒浸、日曬及肯亞式水洗式之不同生豆前處理之三種上市之泰武咖啡處理豆顯示，以日曬豆較酒香及肯亞式水洗豆重，且水洗方式含有咖啡因量顯著較低。烘焙方式及種植高低海拔咖啡因含量亦有不同。咖啡香味特性因烘焙而異，儀器分析(GC/MS-SPME)檢測烘焙易顯現花草香特色主要成分呈現有 Pyridin 巧克力咖啡香、Pyrazine 咖啡味、(E)- β -Damascenone 大馬士格玫瑰香、Guaicol 甜百合香、Abhexon 大茴香味、Furaneol 奶糖味、Vanilla 香英蘭香等。Arabica 樹齡 5 年以下生豆中咖啡因含量較低(佔 1.2%)，5 年以上可達 1.5%。

關鍵詞: 高山有機咖啡、咖啡因、咖啡香氣、特質

前言

台灣高山咖啡品系大多源自品質較優之阿拉比卡(Arabica)咖啡。屏東縣原民山區日治時期經評估適合咖啡生長將原民咖啡取名排灣咖啡(パラパワン)。三地門德文咖啡曾獲得國際賽銀牌獎。證實南台灣屏東縣境高山的優質環境能培育出之頂級優質咖啡，在世界咖啡產業正快速蓬勃之際，具有開發潛力，因此建立台灣高山咖啡優質特質及有機栽培品牌特色應是當務之急。

台灣咖啡種植面積分散雖已達 200 公頃以上，但因多屬近年種植，咖啡樹齡小，採收量仍低，加上工資貴，成本高過東南亞進口咖啡豆。許多業者原多進口中南美生豆，現轉進越南、寮國生豆占有國內不小物流市場，主要還是因低價加品質也尚可之故。屏東泰武山區內原有樹齡較大的咖啡樹經田間管理後，仍能收穫不斷持續生產優質咖啡且原長在本裡無農藥污染，若配合有機栽培管理流程驗證並建立咖啡品質評鑑，對具風味特色的台灣高山咖啡產業行銷，建立山地社區特色產業上具有很大發展空間。以「合作社」等產業組織型態對促進咖啡行銷是必要途徑，加上有機認證達到高山咖啡永續經營發展，除有機概念及驗證生產外，其他附加價值開發亦能提供產業創新及提高商業利用。

10 多年前咖啡是有多篇不利健康論文，然而現在證明咖啡香味對腦有放鬆效果，現在大轉變。自律神經平衡對控制食飲及燃燒脂肪有幫助。咖啡因可清醒頭腦促進自律神經調節作用，因此飲用咖啡會利尿(促進血管擴張)減少便秘、心不全、心肌梗塞(血栓)。白老鼠試驗證實咖啡比阿斯匹靈有消除血栓作用(東海大學醫學院後藤信哉教授)。咖啡因降低血糖，有預防糖尿病效果。可能是咖啡中綠原酸抗氧化作用可預防動脈硬化、癡呆症、失意症、帕金森病、愛滋海獸症及癌症。調查發現，不喝咖啡值若設定為 1 的話，喝咖啡者發生咽喉癌值為 0.64、子宮癌為 0.74 前列腺癌為 0.79、肝癌為 0.5 約減半(日本東京藥科大學岡希太郎教授)。

14 世紀發現咖啡流傳以來，就以其能讓精神亢奮，拉丁語來的 *coffea* 就有其原意，連教皇都無法抵擋咖啡香氣而解禁令，改變了咖啡的命運。從此，咖啡功效和香氣就一直傳延數百年，也由阿拉伯到非洲、亞洲、南美。咖啡結合了政治、商務、音樂、文化至今。因此咖啡的興奮效果和香氣之所以受歡迎，和咖啡特質應有密切關係。咖啡因的攝取以應適量為佳，然而栽種於不同地區及不同品系其成分亦多有差異。因此，了解屏東縣泰武鄉高山咖啡優質特性中，對泰武鄉有機咖啡之咖啡因含量及烘焙影響以及對香氣成分探討，提供有利於建立泰武高山有機咖啡特色展現，對建立品牌，連結國內外行銷物流有所幫助更能達到永續經營效果。

材料與方法

- 一、試驗材料:泰武高山有機咖啡豆由茂泰公司提供無處理及三種處理豆，處理豆分別以日曬、肯式水洗及酒香處理後以淺、中、深烘焙。
- 二、咖啡因萃取及測定:咖啡豆粉碎後定量，以迴流式連續萃取裝置(B-811)使用甲醇溶劑萃取。檢出定量以液相層析儀(Hitachi-6A/HPLC) 分析管柱以 R-18 進行。定量以外部標準法檢測。
- 三、烘焙條件處理: a.分段烘焙以日製 12 段咖啡烘焙機(Cafepro-808)進行，選其中 3 段分別為淺中深烘焙。b.泰武高山咖啡之處理豆(酒香、日曬及肯亞式水洗)及生豆均由泰茂公司提供。
- 四、香氣分析: 以氣相層析質譜分析(SPME/GCMS HP6890)檢測香氣成分，偵測條件為 40°C-130°C-200°C。由國立屏東科技大學活性天然物中心協助分析。

結果與討論

決定咖啡好壞，被認為最重要是香味、生豆品質及烘焙技術及經驗。生豆品質也決定經烘焙產生的咖啡香氣的表現。泰武咖啡豆平均長、寬、厚分別為 9.66mm、7.30mm、4.06mm 百粒重為 17.71g 容積比可達為 0.6871g/ml。以巴西豆大小標準相較，雖說是有經過挑選，但泰武豆長度可大於 8mm 是屬於特大級豆。較同樣是高山豆的泥泊爾豆為重。此批豆為 2012 年由泰武地區採收精選，生豆雖非單一莊園豆，但的確多來自海拔 800m-1100m 之高山豆。因此以瓜地馬拉標準海拔越高的咖啡代表品質越高級(表 1)，泰武豆可屬於中硬質豆生豆品質(表 2)。因此產地及咖啡莊園也因品質不同價錢異迥異。一般莊園咖啡品質較佳的生豆其價位通常亦較高。

咖啡成分最為人所知就是咖啡因，屬生物鹼類。因具提神興奮效果，多數人喝咖啡主要就是因含有咖啡因效果之故。數百年來咖啡因從沒離開過人類文化更蔓延至全世界各個角落。藥理上說明大量攝取如每天 300mg 以上會影響健康但也因人體質而異。有刺激中樞神經作用可用於醫療處方而且具幫助腦部微細動脈收縮作用感冒成藥中常用來當鎮痛成分。因此適度攝取是有益益健康過多攝取易產生依存性不喝多就精神不振但都不至於嚴重若酒精中毒。咖啡因存在於咖啡的果實種子及葉中。除品種外栽種地區氣溫水分等栽植環境常影響二次代謝產物量台灣由平地至高山均有種植。高海拔應含量較低。

本試驗供試之泰武生豆以酒香、日曬及肯亞式水洗式之不同生豆前處理，三種處理豆中，以日曬豆(百粒)較重為 16.14 克，酒香及肯亞式水洗豆分別為 13.65 及 13.60 克後者其他兩處理無差異。三種處理豆經相同烘焙方法烘焙之咖啡因含量亦大不同，分別為 446.59、470.08、6.43 $\mu\text{g/ml}$ 。水洗方式含量顯著較低。此處理方式可減少咖啡因量可應用於開發低咖啡因咖啡。泰武有機豆經烘焙機以淺、中、深烘焙(酸苦設定為中度)分別為 474.24、713.07、607.42 $\mu\text{g/ml}$ 。本試驗中不同烘焙程度會影響咖啡因含量，並以淺烘焙之咖啡因含量最低。

5 年 Arabica 樹齡以下生產的生豆中咖啡因含量較低(佔 1.2%)，5 年以上可達 1.5%。泰武(高山)咖啡約佔 1.3%。萬巒(平地)咖啡可達約 2.1%。

生豆咖啡因量被認為可能不同高低海拔收穫的生豆，其萃取率不同，以高海拔萃取率高，可能影響生豆中咖啡因萃取量(賴，2012)。

咖啡香氣口感評鑑多以感官品評，並作為好壞判定。本試驗中以不同前處理泰武咖啡以頂空氣體 GC 分析比較總揮發性成分表現，以淺中程度烘焙的最高、其次為日曬豆及酒香豆。顯示淺中烘焙豆之香氣較後兩處理濃郁，但無法呈現香氣品質。泰武咖啡香氣表現以 GC/MS-SPME 法檢視，顯示含有主要以咖啡香的 Pyridine 為主成分(22-29%)，其次為 Furanl、Pyrazine、Methanamine 等及多樣氧化物存在。深烘焙豆之香氣成分之 Pyridine 及 Methanamine 有增加，而酸度及花果香有降低趨勢(表 5)。單獨淺烘焙之不同批豆則顯示有玫瑰花香(E)- β -Damascenone，甜香草 Vanilla，甜香料 Guaiacol，大茴香味 Abhexon 等成分。

結論

泰武高山有機咖啡口感平滑柔順，且多位於中高海拔其咖啡因量較平地低。烘焙程度會影響咖啡因含量及香氣，以淺烘焙較具花草香，中、深咖烘則有濃咖啡香及香料，焦糖香。不同品系及氣候環境影響每年生產咖啡生豆品質，經烘焙後呈現香氣多有差異，而香味特色展現更能表現及優質保健特性及多樣化。本研究初步了解一二仍未竟功。為維持優質高山有機咖啡優質特色，建議持續建立泰武地區香氣成分圖譜，成為泰武品牌有利佐證。

參考文獻

1. 張淑芬、程永雄、徐信次、朱國慶 2006 台灣咖啡之介紹。農試所技術服務處 67:13-16
2. 岡希太郎 2014 コーヒーは万能薬。壯快(2)P.82-83
3. 堀口俊英 2009 コーヒーのすべてがわかる事典。ナツメ社
4. 後藤信哉 2014 コーヒーで血栓防止。壯快(2)P.86-87
5. Arctanders. S. 1969 Perfume and flavor chemicals. Montclair. N.J.(U.S.A.)
6. Rene, C. 1992. Coffee: The plant and the product. The Macmillan Press Ltd. London.
7. Clarke, R. J. and Vitzthum, O. Z. 2001. Coffee: Recent development. lackwell Science Ltd. London
8. Cambrony, H. R. 1992. Coffee growing. The Macmillan Education Ltd London.
9. Campa,C.,S.Doulbeau,S.Dussert,S.Hamon and M. Noiro. 2005. Qualitative relationship between caffeine and chlorogenic acid contents among wild Coffea species. food Chem.93:135-139.
10. Ted R. Lingle. 1996. The coffee brewing handbook: a systematic guide to coffee preparation. Specialty Coffee Association of America. California.

表 1、瓜地馬拉咖啡協會(Awaca)基準

SHB (Strictly Hard Bean)	1400m	↑ 高級
HB (Hard Bean)	1200-1400m	
SH (Semi-Hard Bean)	1100-1200m	
EPW (Extra Prime Washed)	900-1100m	
PW (Prime Washed)	600-900m	

表 2、巴西豆咖啡生豆標準(mm)

Very large Bean	8.0
Extra large Bean	7.5
Large Bean	7.0
Bold Bean	6.5
Good Bean	6.0
Medium Bean	5.5
PB	5.0

PB：圓豆、不成型、片豆

表 4、三種生豆處理方式對咖啡豆 caffeine($\mu\text{g/ml}$)含量之影響

烘焙條件	Caffeine
淺焙	474.24(71.14mg/杯)
中焙	713.07(124.79mg/杯)
深焙	607.42(91.11mg/杯)

*Caffeine 之檢量線為 $y=6480.2x+28128$ $R^2=0.999$ *1 杯 12g 計算

處理	Caffeine
肯亞式水洗	6.43(0.96mg/杯)
酒香	446.59(66.99mg/杯)
日曬豆	470.08(70.51mg/杯)

Caffeine 之 HPLC 檢量線為 $y=6480.2x+28128$ $R^2=0.999$

表 5、泰武高山有機咖啡不同烘焙下之主要香氣成分差異

	香氣成分	中焙	深焙
1	Methanamine	0.43	1.88
2	2-Propanone	1.25	1.74
3	Acetic acid	0.58	-
4	Propanal	0.37	0.34
5	2,3-Butanedione	0.53	-
6	2-Butanone	0.40	0.32
7	Furan	1.73	1.25
8	Butanal	1.37	1.06
9	3-Hydroxy-2-butanone	0.59	0.51
10	Pyridine	22.50	29.39
11	Piperidine	2.34	-
12	3(2H)-Furanone	-	1.11
13	Pyrazine	5.61	3.75
14	2-Furanmethanol	1.53	0.05
15	Furaneol	0.47	-
16	3-Ethylpyridine	-	0.60
17	2-Furanmethanol	8.54	6.98
18	2-Ethyl-5-methylpyrazine	2.49	-
19	2,6-Dimethyl-3-ethylpyrazine	-	1.68

表 6、泰武高山有機咖啡香氣表現種類

分類	香氣表現	成 分
1	玫瑰、水果味、 香草香、檸檬香 茴香氣味	(E)- β -Damascenone、Guaicol、4-Vinylguaiacol、 Vanilla、4-Ethylguaiacol、Abhexon、Limonene
2	咖啡香、炭烤味、 熱帶花香、	2-Furfurylthio、2-Isobutyl-3-methoxypyrazine、 2-Ethyl-3,5-dimethylphrazine、Pyrazine、 Pyridinne、2,3-Diethyl-5-methylopyrazine
3	奶油糖香、煙燻焦 糖味	2,3-Butanedione、2,3-Pentanedione、Furaneol、



圖 1、以 HPLC-R18 可檢測出 Caffeine (Rt 12.47)



圖 2、泰武生豆經 CAFEPRO-808 烘焙機烘焙後之咖啡煎豆，左至右分別為淺、中、深烘焙。

屏東地區咖啡樹病蟲害調查及非農藥防治法研究

Survey research and non-pesticide pest control method of coffee trees in Pingtung

華真

國立屏東科技大學 植物醫學系

摘要

自 2010 年 10 月~2012 年 6 月間，在屏東縣泰武鄉（海拔 600 公尺~1050 公尺）及萬丹鄉與屏東市歸來地區（海拔 10 公尺~50 公尺）進行阿拉比卡品種咖啡樹的病蟲害種類調查及主要害蟲東方果實蠅發生監測與非農藥之綜合管理。結果顯示，不論是高海拔或低海拔之種植區，病蟲危害咖啡植株部位均分佈根、莖、葉、果實，其中葉片受危害最嚴重，果實次之，根莖較少。高海拔種植區病原菌所引起的病害有 5 種，包含銹病(*Hemileia vastatrix*, rust)、炭疽病(*Colletotrichum gloeosporioides*, anthracnose)、褐根腐病 (*Phellinus noxius* (Corner) Cunningham, brown rootrot)、葉斑病(*Alternaria* spp., leaf spot)及煤病。由蟲害所引起的害蟲有 7 種及有害動物 1 種，即柑桔粉介殼蟲(*Planococcus citri* Risso)、咖啡木蠹蛾(*Zeuzera coffeae* Nietner)、潛葉蠅(*Tropicomyia* sp.)、扁刺蛾(*Thosesa sinensis* (Walker))、台灣黃毒蛾(*Porthesia taiwana* Shiraki)天牛幼蟲(*Aeolesthes oenochrous* Fairmaire)與東方果實蠅(*Bactrocera dorsalis* Hendel)及非洲大蝸牛(*Achatina fulica* Bowdich)。低海拔種植區病原菌所引起的病害有 7 種，包含銹病(*Hemileia vastatrix*, rust)、炭疽病(*Colletotrichum gloeosporioides*, anthracnose)、褐眼病(*Cercospora coffeicola*, brown eyespot)、苗枯病(*Fusarium* spp., seedling wilting)、葉斑病(*Alternaria* spp., leaf spot)、細菌性病害(*Pantoea* spp.)及煤病，較高海拔種植區為多；害蟲有 4 種及有害動物 1 種，即咖啡硬介殼蟲(*Saissetia coffeae* Walker)、柑桔粉介殼蟲(*Planococcus citri* Risso)、潛葉蠅(*Tropicomyia* sp.)、與東方果實蠅(*Bactrocera dorsalis* Hendel)及非洲大蝸牛(*Achatina fulica* Bowdich)，較高海拔種植區為少。發生消長調查得悉銹病於雨季結束，高溫多濕的 8~12 月發生嚴重；炭疽病發生於 7~12 月；褐眼病全年會發生，以 7~9 月明顯有增高趨勢；東方果實蠅以 8~12 月最高峰期，以低海拔種植區發生較為嚴重。萬丹試驗區東方果實蠅族群的旬平均密度介於 5 至 211.5 隻雄成蟲/每一誘殺器，歸來對照區則介於 6 至 789.75 隻雄成蟲/每一誘殺器。在綜合應用食物餌劑及滅雄處理之防治試驗結果顯示，萬丹試驗區之咖啡果實平均受害率為 10.35%，低於歸來對照區之平均受害率 20.16%。

關鍵字：屏東地區、咖啡種植、咖啡病蟲害、非農藥管理技術

前言

目前台灣栽種之咖啡樹面積依農委會農情報告資源網(99年版)統計，17個縣市(宜蘭縣、台北市、台北縣、桃園縣、新竹縣、苗栗縣、台中縣、彰化縣、南投縣、雲林縣、嘉義縣、嘉義市、台南縣、高雄縣、屏東縣、台東縣及花蓮縣)共608.32公頃，收穫面積達514.38公頃；總收穫量為533,039公斤，平均每公頃收穫量為1,036公斤。台灣種植的咖啡可分為平地和高山兩種不同之種植環境，平地多在其他經濟作物田旁，或與檳榔間作，營造半日照環境；高山則利用原本的天然雜木當遮陰，多種植在路邊或樹陰下。不論是平地或高山種植咖啡，因為台灣地處亞熱帶與熱帶地區，各地終年均有疫病蟲害發生，因此病蟲的危害是影響咖啡收穫量及品質的重要原因之一。有機咖啡病蟲害的管理，首先要了解咖啡病蟲害好發環境、生活史及重要發生生態，才能預防發生，因為『預防勝於治療』在有機栽培時，是非常重要的觀念，除此，對咖啡病蟲害等之管理，可應用栽培管理技術避開病蟲害發生時段、適當的肥培管理增強咖啡植株之抗病及耐蟲害特性、栽培抗病抗蟲品種、間作防蟲驅蟲植物及懸掛誘殺蟲盒等方式管理。

屏東地區咖啡主要病蟲害及其非農藥管理技術

一、主要病害：

1. 咖啡葉銹病 (Coffee Leaf Rust, LR)

學名：*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.

英名：Coffee Leaf Rust, LR

(1). 病原為 *Hemileia vastatrix*

每一個銹病小病斑能夠產生 150,000 個孢子，由於咖啡葉銹病造成落葉和果實的糖分降低，使幼芽和根部嚴重營養缺乏，造成樹勢枯死，減少次年結果枝上的節點，次年的成長枝數量受到限制。因為次年的產量，決定在前一年結果枝的量。咖啡葉銹病造成枝條和幼芽枯死，相對影響次年的結果量以及果實大小，依國外研究調查：此病害可影響咖啡每年損失量達到 30 -80%平均也有 15%的損失量。

(2). 病原生態：

咖啡葉銹病主要靠露水和雨水傳播，葉面任何位置都可能受害，由於露水和雨滴會將孢子帶到葉緣，所以葉緣受害會比較嚴重。發病初期，只在較低部位的葉片受害，再逐漸往咖啡樹頂部發展，受害斑點向外擴展，並且繼續產生孢子，最後，斑點中心變成褐色，並且乾掉。咖啡葉銹病會造成嚴重落葉現象，整片咖啡園只見光禿枝條，不見葉片，以致影響來年的開花和結果，嚴重者來年都不見花果。咖啡葉銹病的發病情況會一年比一年嚴重，若無妥善管理，終會全部枯死。在台灣銹病全年都會發生，以八月底至十二月為高峰期。為害葉片、葉柄、細枝，有時未成熟果實也會被害。孢子發芽需要足夠雨水或露水，整個過程共需 24 至 48 小時，溫度在 15-28℃之間，冷涼地區發生的情況很嚴重。全日照地區或是少量遮蔭，不容易發生咖啡葉銹病。

(3). 病徵：

外觀上很明顯在葉面出現黃色小斑點，斑點逐漸擴大，葉片背面出現大量橘色孢子。真菌孢子經由氣孔感染。孢子顏色自黃橘色到紅橘色，依不同地區而有差異。



圖一、咖啡葉銹病葉片表面。



圖二、咖啡葉銹病葉片背面長滿粉狀銹病孢子體

(4). 管理方法：

葉齡常會影響發病情形，某些具部分抗病性的品種，反而是老葉較幼葉容易罹病。咖啡抗病基因已被鑑定為 SH1 至 SH9，其抗病遺傳之複雜性不侷限於顯性基因作用，這些葉大都來自於野生種的 *C. canephora* 和 *C. liberica*。除要注意病枝樹葉要清出園區的環境衛生外，勿全遮蔭。準有機栽培可用 0.5%波爾多液：硫酸銅 1 公斤：生石灰 1 公斤：水 200 公升。全有機栽培於發生時噴施丁香油 400 倍液防治之，預估防治率可達 70-75%。

2. 咖啡炭疽病 (anthracnose of coffee)

學名：*Colletotrichum gloeosporioides* Penzig; *Glomerella cingulata* (Stonem.) Spaulding et Schrenk;

Guignardia coffeana (Noack) Sawada)

英名：anthracnose of coffee

(1). 病原：*Glomerella cingulata* (Stonem.) Spaulding et Schrenk (= *Colletotrichum gloeosporioides* Penzig)

台灣是否存在 *Colletotrichum kahawae* Waller & Bridge、*Colletotrichum coffeanum* 尚待調查。*Colletotrichum gloeosporioides* (有性世代 *Glomerella cingulata*) 和 *C. acutatum* 也被報導感染咖啡，但僅有 *C. coffeanum* 能夠感染青果實。這些菌類可一菌落和孢子大小加以區分，其中 *C. coffeanum* 可在多種培養基上 2-3 天長出綠至暗色菌絲體(其他菌株成白色)。孢子成卵形、橢圓形至不規則棒狀。許多的 *Colletotrichum* sp. 或菌系會感染咖啡，但只有 *C. coffeanum* 會感染未成熟果實，又稱為 (coffee berry disease, brown blight)。一些從咖啡枝條、葉片、花和成熟果實分離的 *Colletotrichum* 菌株(*C. gloeosporioides*, *C. acutatum*)，並不會感染未成熟果實。

(2). 病徵：

C. coffeanum 未成熟在果實上會造成小型暗色凹陷斑，表面會有淡粉紅色產孢，若早期發生也有可能形成木乃伊化。本病可能經由種子傳播。本病可造成 20-80% 產量損失。*C. gloeosporioides*, *C. acutatum*，並不會感染未成熟果實，僅會感染枝條、葉片、花和成熟果實。



圖三、咖啡炭疽病罹病樹枝



圖四、咖啡炭疽病罹病之成熟果

(3). 發病生態：

C. coffeanum 孢子發芽和發病最適溫度 20℃，最高 30℃，最低 10℃。炭疽病的發生受到溫度、溼度、植物部位和其他微生物的影響。孢子發芽及感染需要水份充足或露水，反覆地乾燥並不適合發病。

(4). 管理方法：

適當修剪，避免太過茂密而延長溫潤有利於孢子溢出、傳播時間，以減少發病率。加強咖啡種子的植物檢疫工作，避免 *C. coffeanum* 自非洲帶進台灣。

3. 褐根病 (Brown root rot)

學名：*Phellinus noxius* (Corner) Cunningham)

英名：Brown root rot

(1). 病原：褐根腐病菌 (*Phellinus noxius* (Corner) Cunningham)

本病原屬於擔子菌，其在自然界很難發現子實體。在木屑培養基可形成完整子實體。其子實體黃褐色，平伏，厚 0.4 - 2.5 cm，菌絲二次元，不具扣子體，具菌肉，其黑色剛毛長達 450 μm，寬達 13 μm，擔孢子次卵形，3 - 4 × 4 - 5 μm。

(2). 病原生態：

病原菌在春夏潮濕季節偶而形成子實體，並產生擔孢子，隨風傳播，為本病菌長距離傳播之初次感染源。因病原菌鮮少形成子實體，以擔孢子擔任初次感染源的機會不大。

感染植株的根部殘留在林地為第二次感染源。在林地主要是健康植株的根部與殘留的病根接觸傳染。

(3). 病徵：

地上部全株初期黃化萎凋，最後枯死。在大面積發生時，通常自一病樹向四週蔓延為害，發生時間愈久病圈愈大。從黃化到枯死約需1個月至3個月，屬於快速萎凋病。在接近地際部主莖及根部的發病樹木往往有黃色至深褐色菌絲面包圍其表面，但在根部的菌絲面常與泥沙結合不明顯。本病造成快速萎凋的主要原因是，本病原菌直接為害樹皮的輸導組織，造成樹皮環狀壞死，導致水份及養份之輸送受阻礙而死亡。本病原菌除為害根部及地部樹皮，也造成該部位之木材白色腐朽。本病原菌鮮少生長在高於立離地1公尺以上的組織。受感染之內側木材組織呈不規則黃褐色網紋。

(4). 管理方法：

褐根病的防治工作，應以預防為主，因本病原菌為害植物初期地上部沒有任何病徵，一旦地上部出現黃化萎凋時，根部已有80%以上受害，在此情況下如欲進行治療處理，其實已為時已晚。本病原菌主要存活傳染的來源是病殘根，其傳播途徑主要靠病根與健康根的接觸傳染。因此在預防的考慮下，只要可以阻止病根與健康根的接觸，及殺死或除去土壤中的感染病殘根，就可以達到防治效果。以下的防治方法則依據上述的原則。

- a. 掘溝阻斷法：在健康樹與病樹間掘深約1公尺溝，並以塑膠布阻隔後回填土壤，以阻止病根與健康根的接觸傳染。
- b. 將受害植株的主根掘起並燒燬，無法完全掘出之受害細根，可施用尿素並最好覆蓋塑膠布2星期以上，尿素的用量約為每公頃700 - 800公斤。此方法可以殺死土壤中細根的病原菌，尤其在鹼性土壤更有效。
- c. 發病地區如不便將主根掘起且該地區具有灌溉系統，可進行1個月的浸水，以殺死存活於殘根的病原菌。
- d. 發病初期及發病周圍的咖啡建議下列磷礦粉、苦土石灰及含有石灰之礦物粉碎而成之資材防治：施用於土壤表面或將表土5公分剷除，施藥後再覆土：硫酸銅(400公斤/公頃)，亞磷酸，尿素(700 - 1000公斤/公頃，酸性土壤另添加石灰粉100 - 200公斤/公頃)。每年施用1-2次，可達預防與治療效果。



圖五、感染褐根病咖啡樹之根

二、主要蟲害

1. 粉介殼蟲

學名：*Nipaecoccus filamentosus* (Cockerell)

英名：Citrus globular mealybug

(1). 生活習性：

年發生七至十世代，雌成蟲無翅，雄成蟲有翅，交尾後雄蟲死亡，雌蟲產卵於卵囊，含卵粒約 250枚，孵化後若蟲群集在幼嫩枝梢及幼果柄部，吸食汁液危害，並分泌白色蠟粉覆蓋體背。此蟲尚分泌蜜露，誘引螞蟻及誘發煤病。

(2). 危害特徵：

受害的營養枝條會枯萎，葉片掉落，果實部位受害時，果實還未成熟，汁液被吸乾而枯萎、變乾，枝條隨著枯乾。



圖六、咖啡植株受介殼蟲危害



圖七、咖啡果實受煤煙病危害

(3). 管理方法：

- a. 清除罹患粉介殼蟲之枝條及果實，搬離果園外集中燒燬或挖土掩埋，以減少隔年存活的蟲源。
- b. 冬季採收後行強剪，把被害的枝條剪除後，若無法集中燒燬或掩埋時，應全園徹底防治一次，一～二月冬季結束春芽萌發前，全園徹底噴施夏油或苦楝精 1,000 倍 1-2 次。於強剪後全園噴施，包括被剪下棄置於果樹下之枝條及果實，以減少越冬蟲源。
- c. 螞蟻是介殼蟲類傳播的最大幫手，防治介殼蟲要與除滅螞蟻同時進行，才能收到預期效果。要防治螞蟻可以用硼砂混合砂糖來防治，一份硼砂與一份砂糖混合，加入少量水，充份攪拌。使用時，以刷子沾此糖液，刷在咖啡樹幹近地面處，或放在蟻窩附近。螞蟻會帶回這些糖液，死在蟻窩內。
- d. 粉介殼蟲密度以第 1-2 齡幼蟲最高時，於幼蟲分泌的粉蠟尚未覆蓋蟲體，趕緊噴施苦楝精 1,000 倍預防

2. 東方果實蠅 (Oriental fruit fly)

學名：*Bactrocera dorsalis* (Hendel)

英名：Oriental fruit fly

(1). 生活習性：

東方果實蠅為咖啡果實成熟期容易發現的蟲害。自平地到海拔 500-600 公尺之間的咖啡園，都有東方果實蠅的蹤跡，是台灣咖啡生產的重要蟲害。東方果實蠅年約發生 8—9 世代，全年皆可見，夏季發生密度較高，冬季至初春的發生數量較少。臺灣南部冬季氣候溫暖，果實蠅無越冬現象。

(2). 危害特狀：

雌蟲產卵於黃熟果皮內，幼蟲蛀食果肉引起果實腐爛及落果現象，咖啡豆之品質及產量因而降低。咖啡果實採收後，剝開果皮，看得到幼蟲在蠕動。咖啡果實去皮後，將

咖啡豆倒進水中篩揀劣級豆時，看得到幼蟲漂浮在水面。

(3). 管理方法：

如果咖啡園未在果實進入成熟期間，針對東方果實蠅進行誘殺防治工作，在採收時，即會發現東方果實蠅幼蟲到處爬的景況。

防治東方果實蠅大多採用誘殺法，懸掛沾有「含毒甲基丁香油」的誘殺器，誘殺雄性果實蠅。

a. 90%含毒甲基丁香油混合溶液(90%甲基丁香油+5%乃力松)，果園誘殺板使用量：0.2 公頃以下二塊，0.21~0.5 公頃三塊，0.51~0.7 公頃四塊，0.71~1 公頃六塊，1 公頃以上每增加 0.25 公頃則加一塊。纖維板宜懸掛於果園外圍陰蔽樹枝下，離地面 1.5 公尺，每板懸掛距離約 30 公尺。有效期間 2 個月。

b. 咖啡果實達到七分熟時，準備在咖啡園做東方果實蠅誘捕工作。

c. 以香茅油或薄荷油約 800 倍稀釋液噴灑園區可減少果實蠅雌蟲數量。



圖八、東方果實蠅在咖啡果實上為害

3. 咖啡木蠹蛾（紅色鑽心蟲 Red stem-borer）

學名：*Zeuzera coffeae* Nietner

英名：Coffee borer



圖九、咖啡木蠹蛾危害咖啡樹

(1). 生活習性：

一般稱為鑽心蟲、紅蛀蟲、咖啡蛀蟲。屬於鱗翅目(Lepidoptera)，木蠹蛾科(Cossidae)。主要分佈於熱帶地區，包括台灣、中國、斯里蘭卡、印尼、馬來半島、菲律賓、東非等地。幼蟲期第一代在5~8月間，第二代在10月至翌年3月間，蛹期為3~5月及8~9月，羽化常於夜間進行。成蟲晝間棲息於枝葉或雜草等之陰蔽處，夜間才開始行動。形態：幼蟲頭黑色，體呈圓筒形，表皮呈赤紅色，尾端柔軟具白色剛毛，下側具尾刺，體長2.3~4.47公分，老熟幼蟲體長可達6公分。蛹體紅棕色，頭頂具一喙狀突起。成蟲體壁褐色，外表密被白色鱗毛及鱗片，翅膜質，翅表呈藍色如豹斑點。

(2). 危害特狀：

剛孵化之幼蟲以口器咬一小孔，常自嫩枝條及腋芽間鑽入，沿木質部周圍蛀食，造成受害部位以上枝條枯死。鑽入後沿木質部周圍蛀食，造成一橫環食痕，玫瑰植株水份因之不能上升，造成被咬枝條上部枯萎，幼蟲沿髓部向上蛀食，形成隧道，而糞便即自進入孔排出，幼蟲老熟後，開始在靠近孔附近，形成極為明顯之一堆糞堆。由於咖啡木蠹蛾幼蟲在咖啡樹的枝幹內部，所以判定咖啡木蠹蛾為害，由被害部以上枝條之枯萎，以及蛀入孔堆積的糞便或掉落地上的糞便判定該蟲的危害。咖啡園工作時，看到健康的咖啡樹間，出現一樣枯萎的葉片，表示該直立幹已受咖啡木蠹蛾幼蟲蛀入。

(3). 管理方法：

在咖啡樹的主幹地面附近會發現成堆粒狀屑，順著該方位往上面搜尋，直立幹某處會有蟲孔，或是在枝條上發現蟲孔，表示幼蟲已經在直立幹內或是枝條內蛀食。把枯萎的枝幹折斷，取出咖啡木蠹蛾的幼蟲弄死，或以細鐵絲沿蟲孔鑽入，刺死幼蟲，如果幼蟲已經進入樹幹內部，可以棉花沾取樟腦油塞入洞穴中以塑膠帶將洞口封閉。管理有效期在第一羽化期（4-6月）及第二羽化期（8-10月），在羽化期前管理，損失率最低。即成蛾出現在咖啡園內，下卵之前做好防治工作，成效最好。

4. 扁刺蛾(內點刺蛾 *Thosea sinensis*)

學名：*Thosea sinensis* (Walker)

英名：slug caterpillar moth

(1). 生活習性：

屬於鱗翅目(Lepidoptera)，刺蛾科(Limacodidae)。一年發生2-3代，以老熟幼蟲在土中結繭越冬，深約2-5寸，翌年4月中旬開始發生，5月中羽化產卵。成蟲一年2化，在4~5月、7~8月間出現。幼蟲長橢圓形，較扁平，背面略隆起，鮮綠色，老熟後體長2-2.5公分；各節有4個刺突背面2個較小，側面2個較長，體兩側各有一列紅點。蛹橢圓形，長1-1.5公分，黃褐色。繭黑褐色，堅硬，橢圓形。

(2). 危害特狀：

扁刺蛾一般都會吸附在葉片背面，自葉尖開始咬食。很整齊的吃向葉柄處，吃完一片，再換另一葉片。在尋找扁刺蛾為害情形時，看到側枝上或是頂端若有幾個葉片只剩葉柄或剩不到半片葉子。在殘留的葉片背面尋找，大概會看到其蹤影。

(3). 管理方法：

- a. 扁刺蛾的管理可以與介殼蟲的防治同時進行。
- b. 數量多時可每10天噴射一次蘇力菌。



圖十、扁刺蛾幼蟲

5. 咖啡果甲蟲 (Coffee nerry borer, CBB)

學名：*Hypothenemus hampei*(Ferrari)

英名：Coffee berry borer

(1). 生活習性：

咖啡果甲蟲主要寄生在咖啡屬植物的果實和種子裡。無論阿拉比卡咖啡和羅布斯塔咖啡都會受害，為害成熟的果實和種子，造成咖啡果實損失。嚴重程度達到 60%—80%，甚至高達 80—90%。被害果實靠果臍部，常有 1 到數個褐色蛀孔。種子內則有被鑽蛀的坑道。幼蟲為乳白色，有些透明。體長 0.7—1.2mm，寬 0.3—0.5mm。頭部褐色，無足。體被白色硬毛，後部彎曲成鐮刀形。雌蟲交配後，在咖啡果實的底部鑽孔，蛀入果實內部產卵。產卵後雌蟲一直留在果實裡面，直到下一代成蟲羽化後才鑽出。雄蟲則不會飛。幼蟲孵出後不離開咖啡果實。

高海拔地區較不易發現咖啡果甲蟲，海拔越低受害越嚴重。(2008, 05/03 註：關於這點有修正必要，據 MIDA 的研究資料指出，cbb 發生地點偏在較高海拔地區。實際如何，有待繼續瞭解。由於台灣地區還未正式報告報導此害蟲，故只能待更資料後才能有更精確記錄。)

(2). 危害特狀：

咖啡果甲蟲為害造成損失主要有三項：

- a. 造成未成熟果實的落果情形。
- b. 受影響的果實將嚴重失重。
- c. 降低咖啡豆品質，咖啡豆香味不佳。

咖啡果甲蟲是一種世界性的害蟲，只要是咖啡生產區，幾乎都不能避免受其損害。由於其傳播方式會隨著生豆買賣，將此甲蟲自產地傳至消費國。台灣每年自國外進口咖啡豆已超過 30,000 公噸，這些進口豆中必定隨之帶進不少蟲體。當台灣成為咖啡種植區時，其在台灣各產區落籍並擴展的機會將越來越大。台灣咖啡種植者不能輕忽其在台灣發生的可能性，以及造成咖啡產量和品質的影響。

(3). 管理方法：

- a. 最佳防治時機是在雌蟲未鑽進果實內產卵之前施行。在採收結束後，隨即把殘留在枝頭上的果實和落在地上的果實全部收集起來，加以燒毀。晒咖啡豆時一定要乾燥到含水量低於 12% 以下。水分高就容易發生蟲蛀情形。
- b. 生物防治利用天敵 *Cephalonomia stephanoderis*, *Prorops nasuta*, *Heterospilus coffeicola*, *Phymastichus coffea* (黃蜂)，特別是後者的效果很好。有一種名為 *Beauveria bassiana* (白僵菌) 的真菌，也有防治咖啡果甲蟲的功效。
- c. BROCAP® trap 的 CBB 捕捉器，效果不錯，在高峰期每盒每天可以捕捉 10,000 隻成蟲。

結論

咖啡種植均為開放式環境栽種，因此病蟲害的發生，甚至有害生物如蝸牛等出現是在所難免，且病蟲害所發生之種類及數量常隨環境不同亦有所改變，因此經筆者調查高山及平地栽植之咖啡，可將發生之病蟲害分為重要及一般種類。這次針對危害較嚴重之重要種類來介紹其基本發生生物學與有機管理要點；咖啡在冬季低溫季節，適合管理潛伏病蟲源，應注意清除枯枝落葉等園區清潔工作，抽嫩芽期，應注意介殼蟲管理，果實生長期，應預防東方果實蠅及主幹及枝條應防範咖啡木蠹蛾危害與炭疽病管理。良好的栽培管理，是病蟲害管理的基礎，因此需注意土壤性質、排水能力、肥料施用、種植密度及雜草管理，徹底了解咖啡病蟲害發生環境需求及生活史，可事前預測及有效預防。除此，更要注意監測可能隨著進口咖啡豆進到台灣的咖啡重要病蟲害，例如咖啡果甲蟲（Coffee Berry Borer）及咖啡豆象鼻蟲（Coffee-bean weevil）的發生，以維護台灣咖啡生產環境的安全。

三、有機咖啡主要病蟲害防治曆：

生育月份(月)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
生育時期												
定植												
施肥												
灌溉												
培土												
整枝												
採收												
病害種類												
咖啡葉銹病												
咖啡炭疽病												
咖啡褐根病												
害蟲種類												
介殼蟲												
東方果實蠅												
咖啡木蠹蛾												
扁刺蛾												

參考文獻

1. 李松源。2008。台灣咖啡種植。永望出版社，67 頁。
2. 莊益源、林邦彥、唐立正。2007。台灣咖啡害蟲簡介與防治。農業新知，22 頁。
3. 張淑芬。2007。咖啡種原特性介紹。農業世界雜誌，281 期，58 頁。
4. 王文哲。無日期。常見介殼蟲介紹。台中區農情月刊。無日期，取自 http://tdares.coa.gov.tw/show_monthly.php?id=tdais_tdais_edit_20080312011343。
5. 李松源。無日期。咖啡果甲蟲，咖啡豆象鼻蟲，和東方果實蠅為害咖啡之比較。屏東咖啡園。2008 年 07 月 10 日，取自，取自 <http://tw.myblog.yahoo.com/pindonkapi-twkapl/article?mid=4218&prev=4239&next=4212&l=f&fid=52>
6. 蔡竹固。無日期。咖啡之病害及防治。2007 年 07 月 29 日，取自 <http://web.ncyu.edu.tw/~jgtsay/jg6-2079.html>。
7. 國際咖啡組織(99 年版)【資料庫】，取自於 http://tw.wrs.yahoo.com/_ylt=A3eg8qPslwdMdeAARbhr1gt.;_ylu=X3oDMTBydTdmYjgyBHNIYwNzcgRwb3MDMQRjb2xvA3R3MQR2dG1kAw--/SIG=1172in4gq/EXP=1275652460/**http%3a//www.ico.org/。
8. 農情報告資源網(99 年版)【資料檔】。農委會。取自於 http://tw.wrs.yahoo.com/_ylt=A3eg86sbmAdMs3MB_TRr1gt.;_ylu=X3oDMTBydTdmYjgyBHNIYwNzcgRwb3MDMQRjb2xvA3R3MQR2dG1kAw--/SIG=12e4dem9r/EXP=1275652507/**http%3a//www.afa.gov.tw/GrainStatistics_index.asp%3fCatID=49。

台灣高山有機咖啡產業發展研究— 咖啡副產品加工研究

李穎宏、林啟弘、陳正敏、龔賢鳳

咖啡為僅次於石油全球的第 2 大商品，咖啡豆全球年產 700 萬公噸(約 130 百萬袋)，每日全球約消費有 2.25 億杯咖啡。目前咖啡生產國有 52 個，全球投入咖啡生產人數可達 26 百萬人，主要咖啡生產國依序有巴西、越南、哥倫比亞，3 個國家的產量可達全球的 1/2。現行商業用咖啡主要有 Arabica 咖啡(*Coffea arabica* L.)及 Robusta 咖啡 (*C. canephora* Pierre ex A. Froehner)分別占 70%及 30%，台灣產咖啡屬 Arabica 咖啡。

咖啡大宗流通型態為生咖啡豆(green coffee beans)，生咖啡豆經烘焙、研磨、沖泡(濾)即為大眾日常所熟悉飲用的咖啡。生咖啡豆含約 50% 不溶性多糖(cellulose、hemicelluloses)、油脂(蠟)8~18%、蛋白(氨基酸)9~12%、礦物質3~5%、咖啡因1~4%、酚類化合物(主要為綠原酸)12%等。生咖啡豆經烘焙除可提供人們喜愛的香味、色澤、口感外，且會引起組成分改變。有關生咖啡豆、烘焙咖啡豆及沖泡(煮)咖啡，對身體的相關生理功能在學界已多有研究，主要與咖啡中之植物化合物(phytochemicals)、膳食纖維、咖啡因及類黑精(melanoidins)等有關。

生咖啡製法分乾式及溼式，以濕式法所得咖啡豆品質較佳，台灣咖啡生豆製法屬後者。咖啡果(coffee fruit)是由外皮、果肉、內果皮、銀皮和種子(咖啡豆)所構成，種子位於果實中心部分，以目前加工方法而言種子以外的部分幾乎沒有利用價值。隨著咖啡飲品需求量增加，咖啡廢棄物的產量也隨之提高，對環境污染造成極大的威脅，但咖啡非種子部分仍存在相當多可利用成分，具有應用於食品及製藥的潛力(產品生產成本可接受下)，因此，近年來相關咖啡副產研究亦逐漸獲得重視。本研究為提高台灣高山有機咖啡產業產值，針對(1)咖啡果肉(皮)成分鑑定及加工，(2)咖啡葉之成分鑑定及加工利用，(3)烘焙咖啡豆凝膠產品加工與微細化等3項課題進行探討。成果摘述如下：

本研究進行咖啡果肉(皮)及咖啡葉不同嫩度未知成分判別，其中咖啡果肉(皮)共發現有 19 種成分，進一步以咖啡果肉(皮)開發提神飲料醋，結果顯示可有效保留多酚成分而產品色澤亮麗、香醇無苦澀味。至於咖啡葉成分至少有 17 種成分被鑑定出，且以嫩葉具有較高含量甚至高於咖啡生豆，深具利用開發價值。當進行咖啡葉茶試製時，亦得茶色橙黃風味清香的煎茶產品。本研究亦就咖啡豆萃出物進行凝膠產品研製，並就烘焙咖啡豆微細化加工進行探討。已建立有咖啡凍及咖啡豆腐等加工技術及組配方。在咖啡豆微細化部分，以乾式介質球磨可將研磨咖啡粒徑減少至 1/16，提高研磨咖啡抽出率。

一、咖啡果肉(皮)成分鑑定及加工

咖啡果肉(皮)在咖啡果的 43.2%(w/w)，單寧約 0.8~8.56%、果膠質 6.5%、還原糖 12.4%、非還原糖約 2.0%、咖啡因 1.3%、綠原酸 2.6%、總咖啡酸約 1.6%。推估 2 噸咖啡加工約會產生 1 噸咖啡果肉(皮)，目前大多廢棄或作為堆肥，因含有抗營養成分如咖啡因、單寧等使用作為動物飼料受到限制。由於咖啡果及皮生成量龐大，經廢棄對環境影響不小，因此，近年亦有針對回收花青素及加工製作果醬、果凍、香料等研究。本研究先透過鑑定咖啡果肉(皮)未知成分，以期了解其未來應用潛力，並進行其酒精發酵、醋酸發酵、溶劑萃取及微細化等加工探討，以期擴大咖啡果肉(皮)的利用性與台灣咖啡產業更高附加價值。

(一) 咖啡果肉(皮)成分鑑定

咖啡果經洗豆後，立即收集果肉(皮)冷凍進行凍乾(圖 1)，其粉末以 MeOH: AceOH: H₂O 為 70: 3: 27 於室溫下進行 30 min 超音波第 1 次萃取；離心殘渣再以 MeOH: AceOH: H₂O 為 90: 1: 9 進行 2、3 次萃取；合併上清液經定容後，利用液相層析串聯式質譜法加以鑑定。

其結構經 UV 圖譜、滯留時間，及在離子阱質譜儀正負離子模式下，不同碰撞能量時所得之 MS 圖譜、及 MS/MS、 MS^n 之離子斷裂模式加以判斷(圖 2)。咖啡果皮成分初步鑑定有 5 類(19 種)，分別有綠原酸(7 種)、咖啡因(1 種)、芒果苷(1 種)、兒茶素及原花青素(3 種)、花青素(2 種)、黃酮醇苷(5 種)(表 1)。



圖 1. 咖啡果肉(皮)凍乾樣品

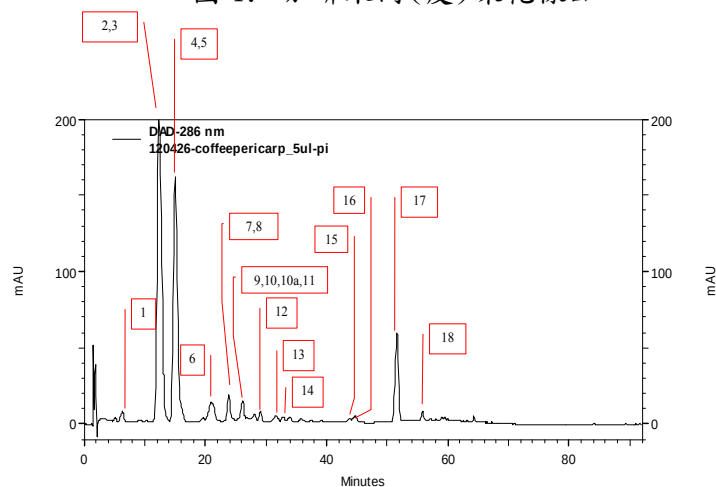


圖 2. 咖啡果肉(皮)多酚之 HPLC 層析圖譜

表 1. 咖啡果肉(皮)所含多酚鑑定

Compounds	Rt (min)	$[M-H]^-$	$[M+H]^+$
1	6.44	353	355
2	12.75	353	355
3	12.99	353	355
4	15.11	-	395
5	16.04	353	355
6	21.25	577	579
7	24.27	289	291
8	24.27	-	449
9	26.22	593	595
10	26.22	367	369
10a	26.22	421	423
11	26.57	-	595
12	29.43	865	867
13	31.47	771	-
14	33.26	625	-
15	44.29	609	-
16	45.1	463	-
17	51.99	515	517
18	56.08	515	517

(二) 咖啡果肉(皮)之萃取及微細化探討

為開發咖啡果肉(皮)基礎原料，本研究進行了乙醇水溶液室溫萃取，經低溫真空濃縮及凍乾(圖 3、4)，結果顯示：以 10 倍固液比之乙醇水溶液(80%)進行咖啡果皮革取(25℃;5 天)，經離心後殘渣約佔 0.0572%，上清液再經真空濃縮及乾燥後，所得萃取率約 28.6%

另為使咖啡果肉(皮)便於於添加配料使用，將凍乾後樣品進行乾式研磨，採用行星式球磨機進行乾式研磨(圖 5、6)，球體材質為鉬珠球，樣品與球體積比為 4:1 及 2:1。結果顯示：冷凍乾燥果皮研磨細顆粒，平均粒徑 $196\ \mu\text{m}$ ；90%顆粒粒徑低於 $512\ \mu\text{m}$ 。經降溫乾式微細化處理 15 分鐘後，其顆粒之平均粒徑降低至 $184\ \mu\text{m}$ ， d_{90} 粒徑為 $492\ \mu\text{m}$ (表 2)，微細化效果遠不如咖啡豆，可能與果皮多醣含量高引起聚集效應所致，添加其他分散劑(葉片或咖啡豆)應有改善空間。

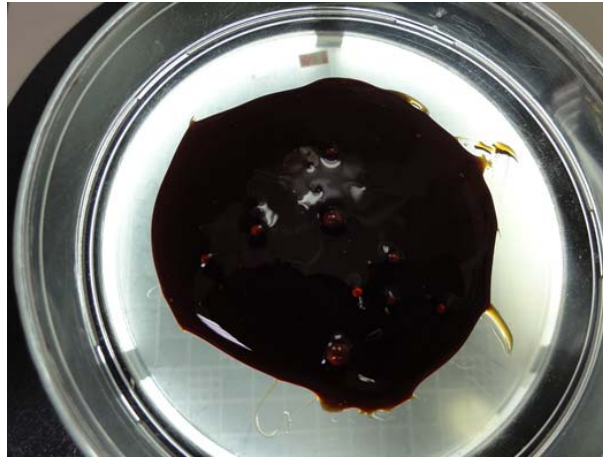


圖 3. 咖啡果肉(皮)酒精萃出物真空濃縮產品



圖 4. 咖啡果肉(皮)酒精萃出物冷凍乾燥產品



圖 5. 咖啡果肉(皮)研磨前



圖 6. 咖啡果肉(皮)研磨後

表 2.冷凍乾燥咖啡果肉(皮)微細化之粒徑變化

Time(min)	平均	d10	d25	d50	d75	d90
(μ m)						
降溫						
0	196	12	32	119	298	512
2	419	14	43	179	634	1295
5	257	13	33	130	353	650
10	218	12	30	113	300	557
15	184	11	27	102	275	492
未降溫						
2	378	13	37	164	502	1239
5	291	13	35	145	393	863
10	270	13	33	137	352	772
15	245	13	31	121	317	612

(三) 咖啡果肉(皮)酒精發酵及醋酸發酵

本研究為利用咖啡果肉(皮)開發飲品，進行酒精及醋酸 2 項發酵探討。在酒精發酵部分採變化咖啡果肉(皮)固形物含量及糖添加量，共進行 4 組處理(咖啡果肉(皮)固形物:5、10%；糖添加量:12%、14%；酵母菌種為 L2226)，經 3 天發酵後(圖 7、8)分析其 pH、酒精度、酸度及色澤，結果顯示：咖啡果肉(皮)固形物添加 10%者具有較高之 L、a、b 值，糖度添加量對酒精生成影響不顯著，具較高酒精度者係為咖啡果肉(皮)固形物添加 10%者(表 3)。酒精發酵終了產品香味及色澤雖皆可接受，但口感過於苦澀，很難飲用，仍需作後續澄清後熟處理。

因此，續進行醋酸發酵，以 4 種酒精發酵處理樣品為原料，添加 10%醋酸菌母，分採靜置及振盪培養，經 7 天釀製後，所得 8 組產品如圖 9。經分析其 pH、酒精度、酸度及色澤，結果顯示：採靜置發酵皆具有較高之 a 值及較低之 b 值、L 值，從外觀色澤比較以添加 5%咖啡果肉(皮)固形物，採靜置培養者較佳(酸度可達 5.7(B1n)及 6.0% (B2n)；酒精度下降至 0.16%以下)。8 種咖啡果肉(皮)醋酸發酵之酒精度及酸度變化如圖 10 及 11。咖啡果肉(皮)醋酸經調整酸度至 0.5~1.0%時，適口性良好是一種可發展的產品，相關成分變化情形如圖 12，當與原料比較時可發現具明顯的變化。

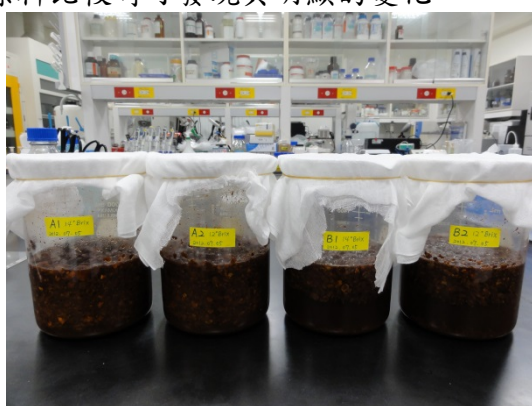


圖 7. 咖啡酒發酵第 0 天

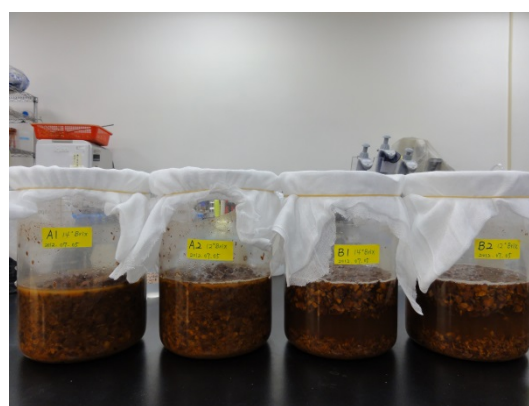


圖 8. 咖啡酒發酵第 3 天

表 3. 咖啡果肉(皮)酒精發酵品質比較

處理	A1	A2	B1	B2
pH	3.91	3.90	3.71	3.72
Brix(%)	5.8	6.2	7.5	8.5
酸度(%)	0.390	0.408	0.318	0.306
酒精度(%)	7.880	7.613	6.343	6.259
L	9.87	9.50	8.22	8.22
a	2.98	2.97	1.29	1.36
b	5.52	5.23	4.60	4.56



圖 9. 咖啡果肉(皮)醋酸發酵產品比較

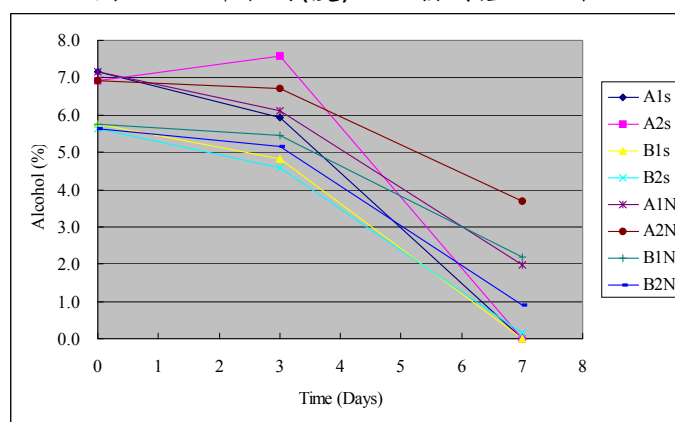


圖 10. 咖啡果皮醋酸發酵之酒精度變化

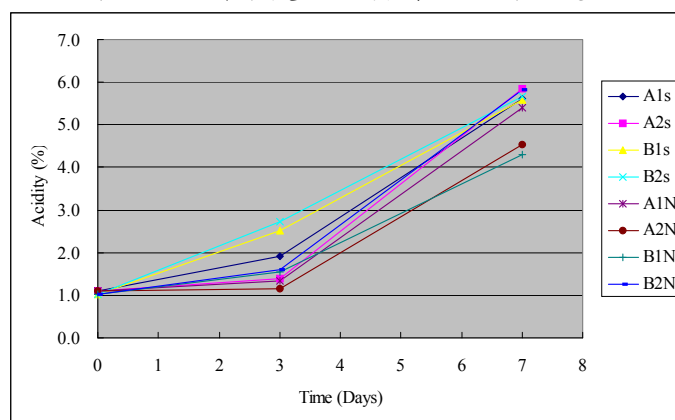


圖 11. 咖啡果皮醋酸發酵之酸度變化

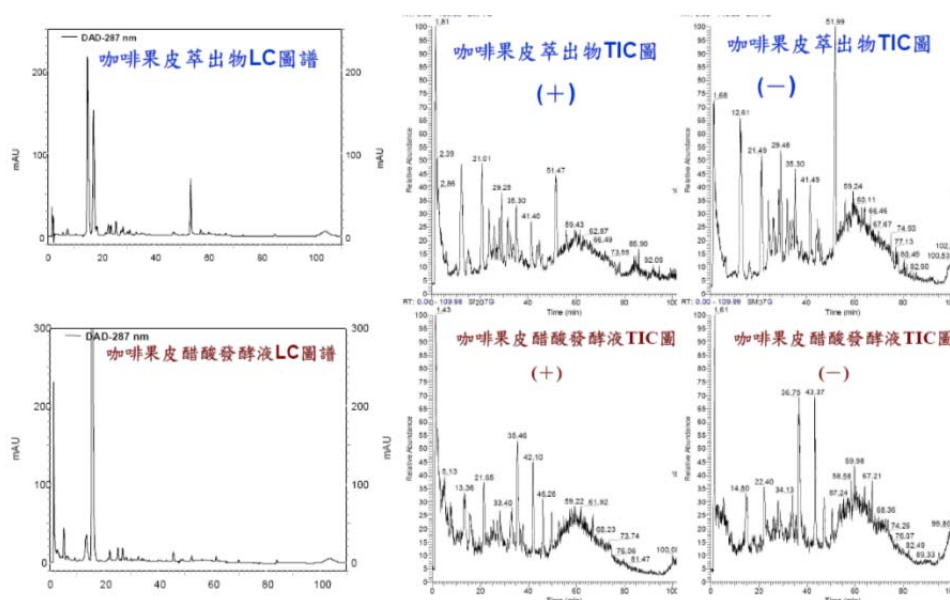


圖 12. 咖啡果肉(皮)醋酸發酵後之成分變化

二、咖啡葉之成分鑑定及加工利用

咖啡與茶已是日常生活常見的飲料，不過現在英國及法國科學家發現了咖啡葉茶，不僅沒有過高的咖啡因，而且咖啡葉的抗氧化物含量，比咖啡、綠茶和紅茶高出許多、深具營養價值，其中含有天然複合物被發現可以減少糖尿病和血膽固醇的風險，用咖啡葉沏成的茶味道沒有茶和咖啡那樣強烈的苦味，又可即刻舒緩飢餓和疲勞感，同時理清大腦思緒、使頭腦清醒，進而提振精神。皇家植物園研究者戴維斯表示，早在 19 世紀的報導說，咖啡樹葉茶可快速舒緩疲勞、飢餓，還能讓人頭腦清晰，經研究 23 個品種的咖啡樹，發現其中 7 種咖啡樹葉含有大量的「芒果苷」(mangiferin) 而阿拉比卡咖啡樹葉為其中之一，且具有抗炎功效，可以降低膽固醇、保護腦神經及減少糖尿病風險，由於富含抗氧化成分，能夠預防糖尿病、心臟病與癌症。

本研究為評估咖啡葉加工潛力，針對咖啡葉成分進行鑑定，比較老、嫩葉成分差異、乾燥法對咖啡葉成分影響及製茶後成分變化與口感分析等探討，以期為台灣咖啡產業創造更佳的生产利潤。

(一)咖啡葉成分鑑定

2012年Campa等以 *C. pseudozanguebariae* 葉片進行層析光譜串聯質譜分析共鑑定有10種主要成分，分別有3-caffeoylquinic acid (3-CQA)、5-caffeoylquinic acid (5-CQA)、4-caffeoylquinic acid (4-CQA)、mangiferin、isomangiferin、5-feruloylquinic acid (5-FQA)、4-feruloylquinic acid (4-FQA)、3,4-dicaffeoylquinic acid (3,4 diCQA)、3,5-dicaffeoylquinic acid (3,5-diCQA)、4,5-dicaffeoylquinic acid (4,5-diCQA)，並利用芒果苷(mangiferin)及綠原酸(chlorogenic acids)在品種間葉片、果肉皮中含量其各生長期含量分布情形，進行咖啡樹親緣分析，同時印證非洲傳統利用咖啡樹果肉皮及葉片乾燥產品當作茶飲或咀嚼品(non-seed Coffea products)潛在的保健功能，包括防氧化、腦血管疾病、心理疾病、老化及癌症等。Campa等學者認為與芒果苷及綠原酸等有相當大關聯，具有保健潛力值得學界深入研究。

本研究先以咖啡嫩葉凍乾樣品進行分析，凍乾後粉末以 80% MeOH 於室溫下進行 30 min 超音波第 1 次萃取；離心殘渣再進行 2、3 次萃取；合併上清液經定容後，利用液相層析串聯式質譜法加以鑑定。其結構經 UV 圖譜、滯留時間，及在離子阱質譜儀正負離子模式下，不同碰撞能量時所得之 MS 圖譜、及 MS/MS、MSⁿ 之離子斷裂模式加以判斷(圖 13)。共鑑定有 17 種

成分(表 4)，有咖啡酸(1 種)、咖啡因(1 種)、綠原酸(4 種)、芒果苷(2 種)、原花青素(6 種)、槲皮苷(3 種)。主要者有 caffeoylquinic acid、Caffeine、mangiferin、Rutin、Quercetin-3-*O*-glucoside、3,4-dicaffeoylquinic acid 等。本研究顯示：泰武高山有機咖啡樹之嫩葉除含大量綠原酸、芒果苷，亦含及槲皮苷。文獻顯示：綠原酸如同類黃酮一般，亦具有相當多之生理、醫藥功能，如抗氧化、抗發炎、抗腫瘤、抗高血壓、抑制低密度脂蛋白膽固醇氧化、抑制葡萄糖吸收，降低肝硬化、第 2 型糖尿病、帕金森氏症、阿茲海默氏症罹患風險等及改善肥胖。而槲皮苷則具治療牙齦出血、舒張血管、維持血管暢通、預防靜脈瘤及靜脈擴張等效果，強健心臟、促進血液凝固及預防出血等功效。因此，選擇適齡之泰武高山有機咖啡葉施予合適加工法開發保健產品確實深具潛力。

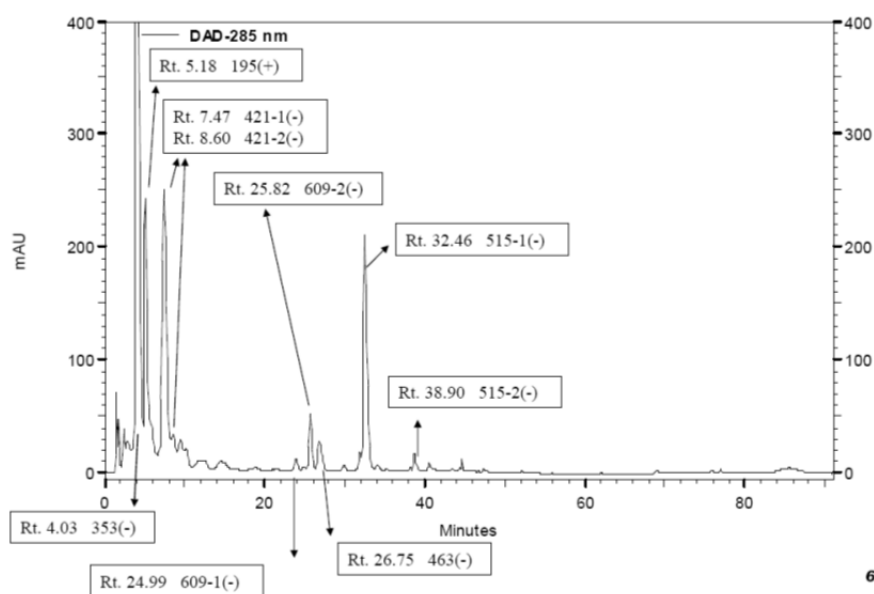


圖 13. 泰武高山有機咖啡樹嫩葉甲醇萃物之 HPLC 層析圖譜

表 4.咖啡葉成分鑑定

Compounds	Rt	[M-H] ⁻	[M+H] ⁺
1	1.55	191	-
2	3.61-4.57	353)	355
3	4.78	-	195
4	5.52	577	579
5	6.96	421	423
6	7.68	421	423
7	9.12	865	867
8	11.25	1153	1155
9	13.42	865	867
10	22.66	609	611
11	24.51	609	611
12	25.65	463	465
13	26.12	577	579
14	28.72	865	867
15	31.41	515	517
16	38.06	515	515
17	39.98	499	501

(二)咖啡嫩葉及老葉成分比較

為進一步釐清咖啡葉生長期對其成分影響，本研究將咖啡葉依葉片大小及老嫩程度分成4種樣品(圖 14)，進行咖啡嫩葉及老葉成分比較，結果顯示：CQA、Mangiferin 含量：嫩葉(小葉) > 嫩葉(大葉) > 老葉。Caffeine：嫩葉(小葉) > 嫩葉(大葉) ≈ 老葉(小葉、大葉)。而 3,4-di-CQA 在嫩葉(小葉)中含量最大。有關其成分比較圖譜如圖 15 所示。因此，欲利用咖啡葉功能成分進行保健產品開發時，係以嫩葉較為適當，但咖啡因在咖啡小嫩葉亦較高，是值得留意的地方。



圖 14. 咖啡老、嫩葉區分情形

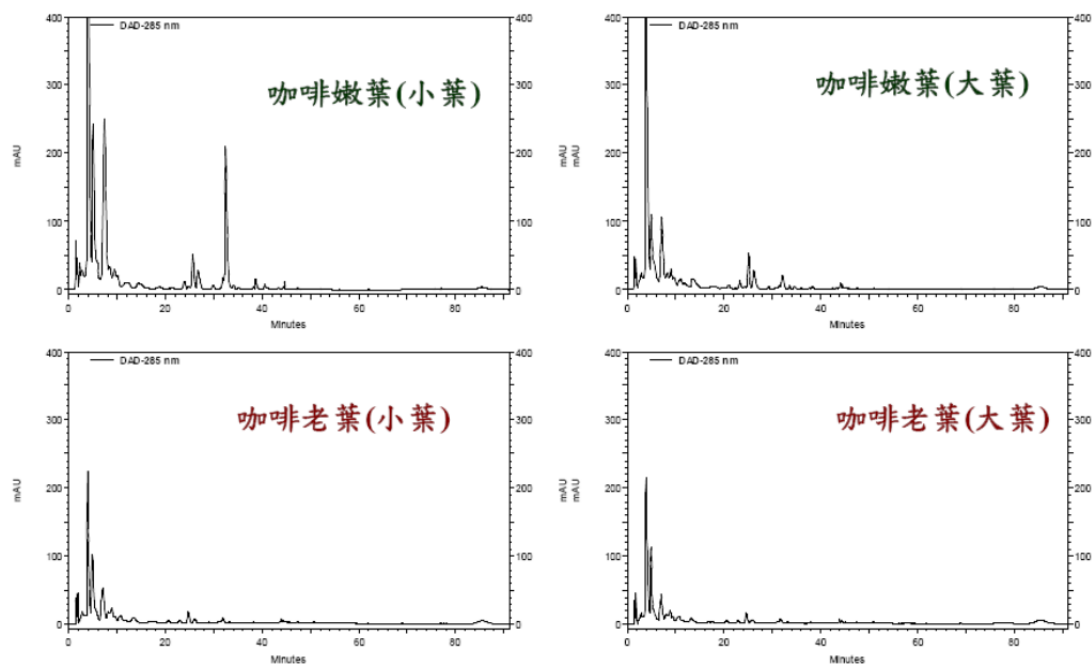


圖 15. 咖啡老、嫩葉甲醇萃物之 HPLC 層析圖譜比較

(三)乾燥處理咖啡葉成分比較

本研究初期咖啡葉加工係進行咖啡葉茶加工為初探，因此，對於乾燥法對成分變化影響

有釐清之必要。咖啡葉利用冷凍乾燥、熱風乾燥及日晒乾燥其成品如圖 16，其成分比較如圖 17，結果顯示成分會受乾燥法影響，其中 CQA、Caffeine 及 Mangiferin 含量以：凍乾>熱風>日晒。值得注意的是：日晒溫度雖低於熱風乾燥者，但由於乾燥時間長致使 CQA、Caffeine 及 Mangiferin 3 種成分含量下降，因此，乾燥溫度及乾燥時間需加調控，以獲得更高之成分，惟產品口感、香氣及外觀品質仍需列入考慮。



圖 16. 咖啡葉乾燥處理比較

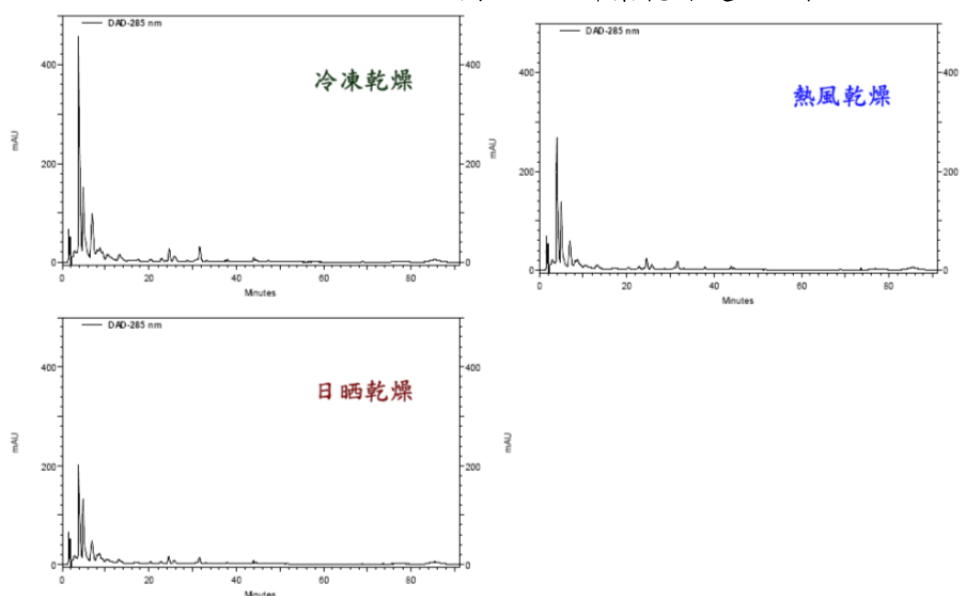


圖 17. 咖啡葉乾燥處理後其甲醇萃物之 HPLC 層析圖譜比較

(四)咖啡葉加工及成分變化

英國品茶師普洛賓表示，曾在衣索匹亞喝過咖啡樹葉茶，喝起來有苦味和青草味，但嘗不出咖啡味道。咖啡樹葉製成的健康飲料，足可與咖啡和傳統綠茶或紅茶相抗衡。為開發泰武高山有機咖啡樹葉加工利用，本研究以圖 18 加工流程進行咖啡葉茶研製，所製得咖啡葉茶(圖 19)經品評結論為：具淡淡的青草味，加上淡淡的咖啡香，特殊又獨特。滋味帶著花香與

焦糖甜味，後韻甘甜綿長，茶湯顏色清澈帶著琥珀淺紅，細細品味有一些紅茶的口感。但將咖啡葉茶經 80% 甲醇水溶液萃取後，進行成分析結果如圖 20，與原料比較時分布差異不大，但含量則有明顯下降(以波峰高度比較約減少有 1/2)，因此咖啡葉製茶時，如何使有效成分維持或轉化成更有效成分，而仍保有優良口感與風味，實有必要進一步探討。

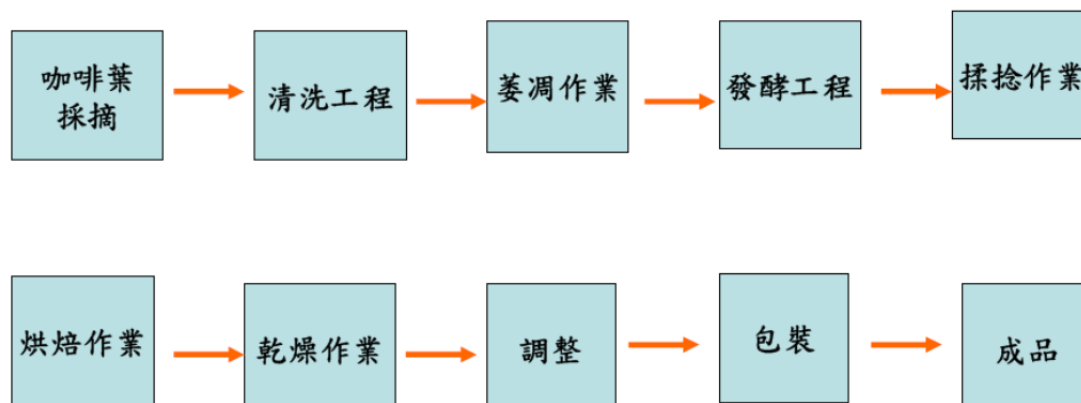


圖 18. 咖啡葉茶製作流程



圖 19. 咖啡葉茶產品

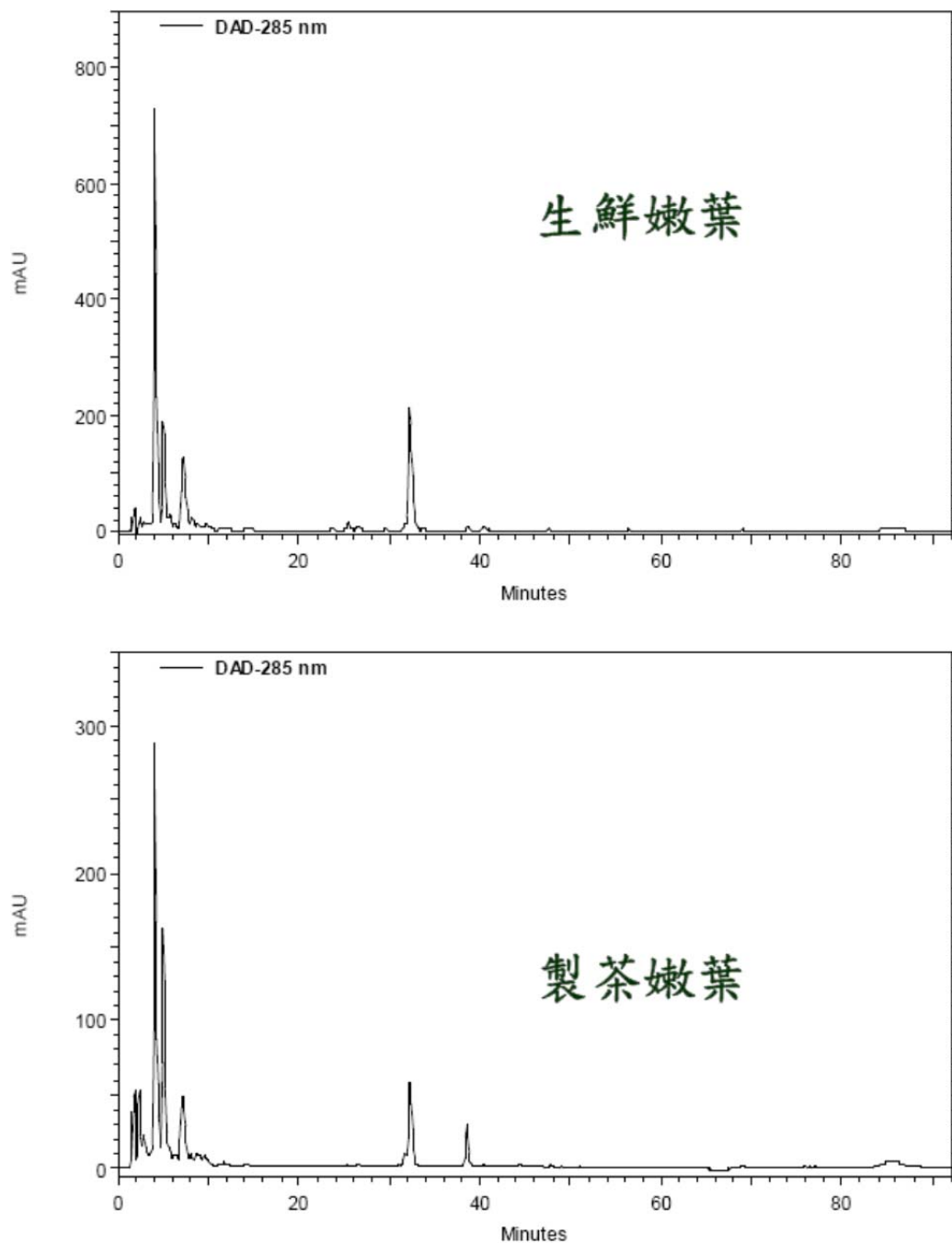


圖 20. 咖啡葉製茶前後之成分比較

三、烘焙咖啡豆凝膠產品加工與微細化

咖啡豆烘焙通常會使多酚物質轉化或劣解，所形成的產物亦會與梅納反應或焦糖化所形成的 Melanoids 結合，可以提供咖啡豆特殊的香氣、色澤並提升口感，但烘焙新生成的成分有好、有壞，如何控制好烘焙條件，使風味品質上升，並使多酚物質下降導致抗氧化能力下降，與新生成聚合物提升抗氧化能力取得平衡，就成為目前咖啡豆烘焙熱門的研究項目之一。本研究為了解咖啡豆烘焙對酚酸類化合物影響，乃先進行了泰武高山有機咖啡生豆及重焙成分比較。為增加烘焙咖啡豆其他利用產品型式，亦進行其凝膠產品組配方探討。另為開發直接將咖啡當副料添加而不致影響口感咖啡產品，亦進行了烘焙咖啡豆微細化研究。

(一) 烘焙對咖啡豆成分組成影響

比較泰武高山有機咖啡生豆及重焙咖啡豆成分時，發現泰武產的生咖啡豆所含綠原酸主

要為 3-Caffeoylquinic acid (Rt: 2.82 min)、5-Caffeoylquinic acid (Rt: 4.14 min)、4-Caffeoylquinic acid (Rt: 4.44 min)、3,5-Dicaffeoylquinic acid (Rt: 28.91 min)、3,4-Dicaffeoylquinic acid (Rt: 29.70 min)、4,5-Dicaffeoylquinic acid (Rt: 34.37 min)，經重焙後會使咖啡豆之綠原酸大幅減少(圖 21、22)。但從圖譜亦發現有許多駝峰形成可能是新生成的一些聚合物，其抗氧化能是否有提高，須進一步分析。

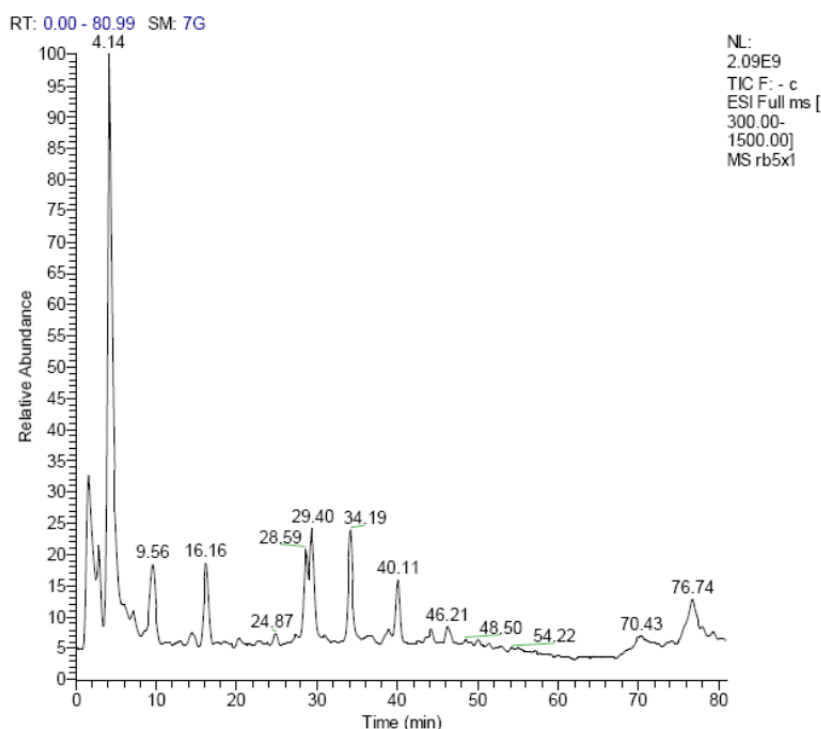


圖 21. 泰武產生咖啡豆綠原酸分布圖譜

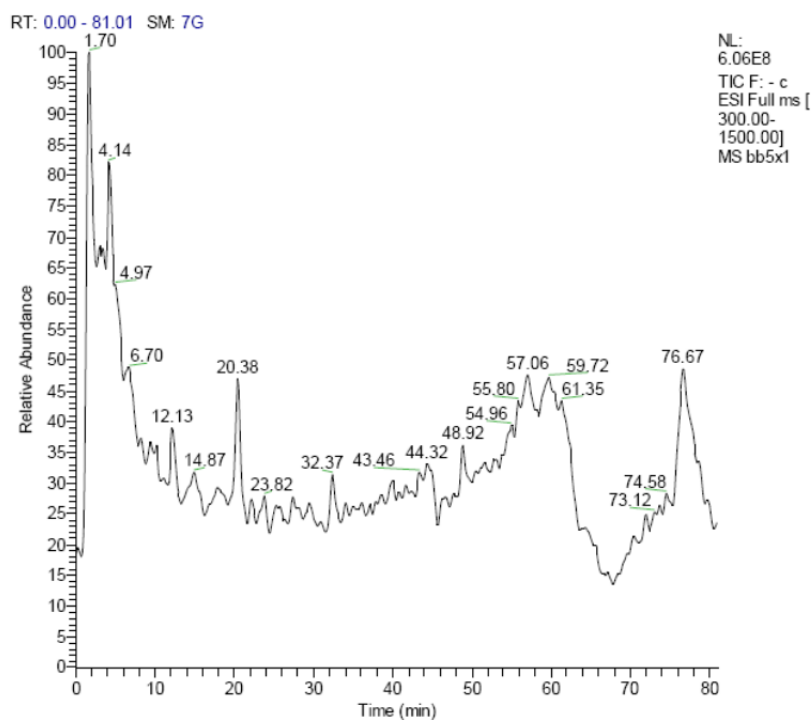


圖 22. 泰武產重焙咖啡豆綠原酸分布圖譜

(二)咖啡凝膠產品組配方探討

為製作咖啡凍產品，本研究利用洋菜粉、鹿角菜膠、次槐豆膠、關華豆膠等食用膠經調

配比例，進行凝凍試驗並經由官能品評，獲得 4 種適用組配方，其凝凍情形如圖 23，有關凝凍操作簡述如下：(1) RO 水煮至 90 °C 後加入比例咖啡粉及砂糖，浸泡 30 min，放涼過濾。(2)將調配好咖啡液加入食用膠組配方均質後施予適時膨潤。(3)加入微量鹽類後，將混合液升溫至 90°C 後入模冷卻成型。本研究所組配之咖啡凍配方 1，在直接利用熱水沖泡亦能順利凝凍，其膠體強度稍有下降，但仍順滑適口可作為家庭自製咖啡凍之組合包產品。

至於咖啡豆腐凝膠配方係藉由比較重焙、深焙咖啡，黑豆、黃豆，咖啡添加方式，萃取添加物，凝膠方式等對咖啡豆腐凝膠影響，經品評獲得 3 組配方，其凝膠情形如圖 24 所示。本研究所研製之咖啡豆腐可作為甜點食用。



圖 23. 咖啡凍組配方凝膠情形比較



圖 24. 咖啡豆腐組配方凝膠情形比較

(三) 烘焙咖啡豆微細化

近年來，研磨處理技術已廣泛應用於食品領域，主要是經由研磨的處理過程可使聚集的

大顆粒物質被充分破碎分離，顯露出內部結構而增加被萃取之機會，而顆粒的微細化將導致粉體表面積和孔隙率的增加，使其粉體具有獨特的物理化學性質。因此，本研究運用行星式研磨處理技術，針對烘焙咖啡豆進行研磨處理，探討研磨後其粒徑大小變化(研磨好的樣品以雷射繞射粒徑分析儀(Laser diffraction particle size analyzer, Beckman coulter, USA)進行粒徑分析)。

泰武重焙咖啡經一般磨粉機研磨後先以 0.5 mm 篩網篩分，再進行銼珠(10 mm、1.2~1.4 mm)及瑪瑙球(4 mm)等研磨比較，結果顯示(圖 25、26)：利用 10 mm 銼珠研磨 64 分鐘後可使原料之平均、d 90 粒徑自 132.95 μm 、374.14 μm 分別降低至 10.73 μm 、23.75 μm (粒徑縮減為約 1/12、1/16)。當利用正己烷在超音波、室溫下，進行原料及研磨後咖啡粉末油脂萃取比較時，萃取率分別 11.6%、17.3%，顯示微細化可增加咖啡粉油脂萃率。但比較 80% 甲醇對 2 者成分萃出時，發現研磨咖啡粉所萃出成分略為下降(圖 27)，可能是微細化時產熱使成分劣解所致，因此，對於熱敏感成分在微細化處理時，必需留意溫度的控制。

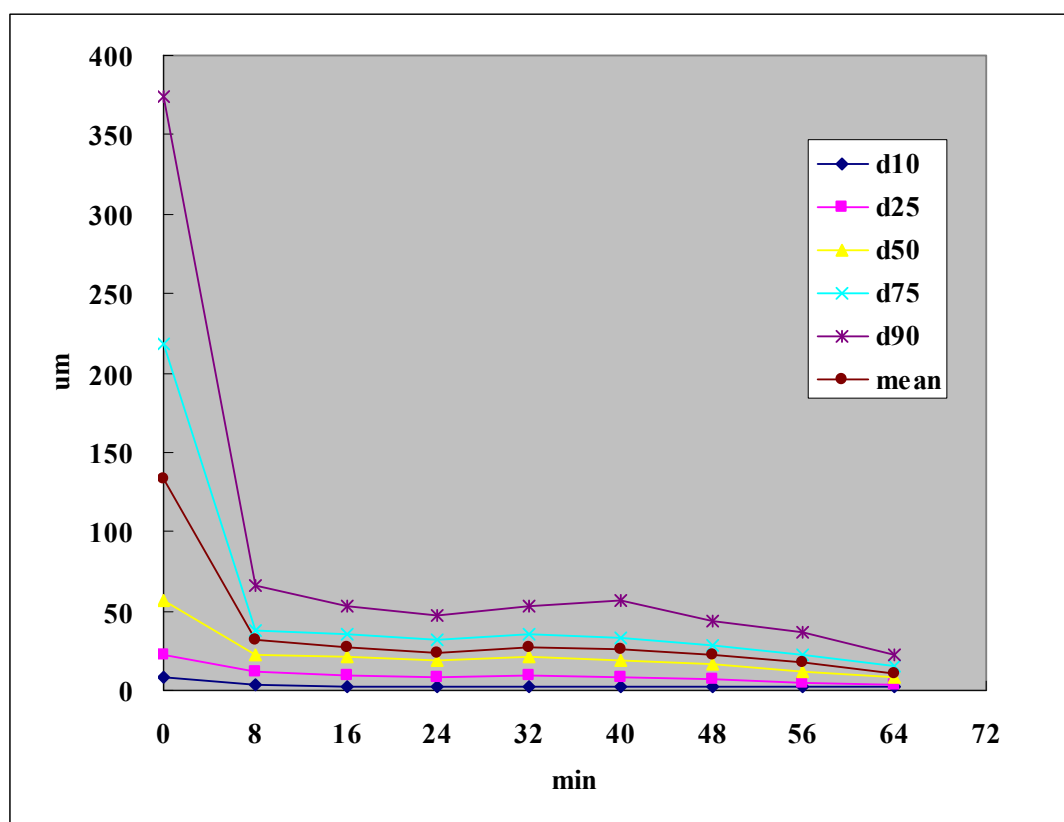


圖 25. 泰武重焙咖啡豆乾式介質球磨粒徑變化

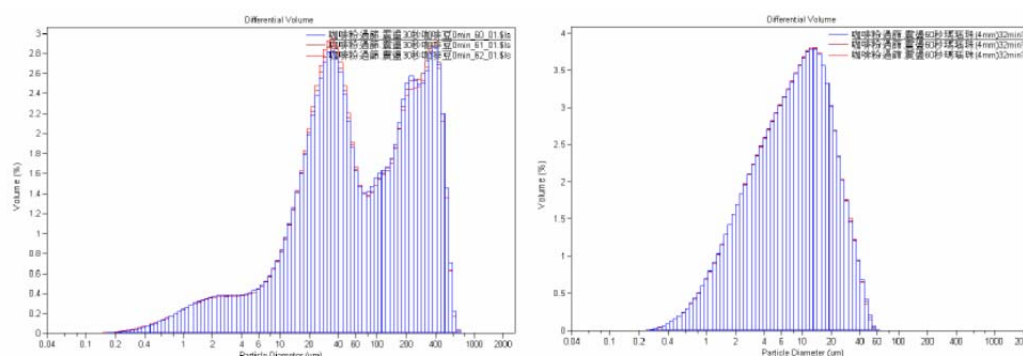


圖 26. 咖啡原料(左圖)及介質球磨後(右圖)粒徑分佈圖譜比較

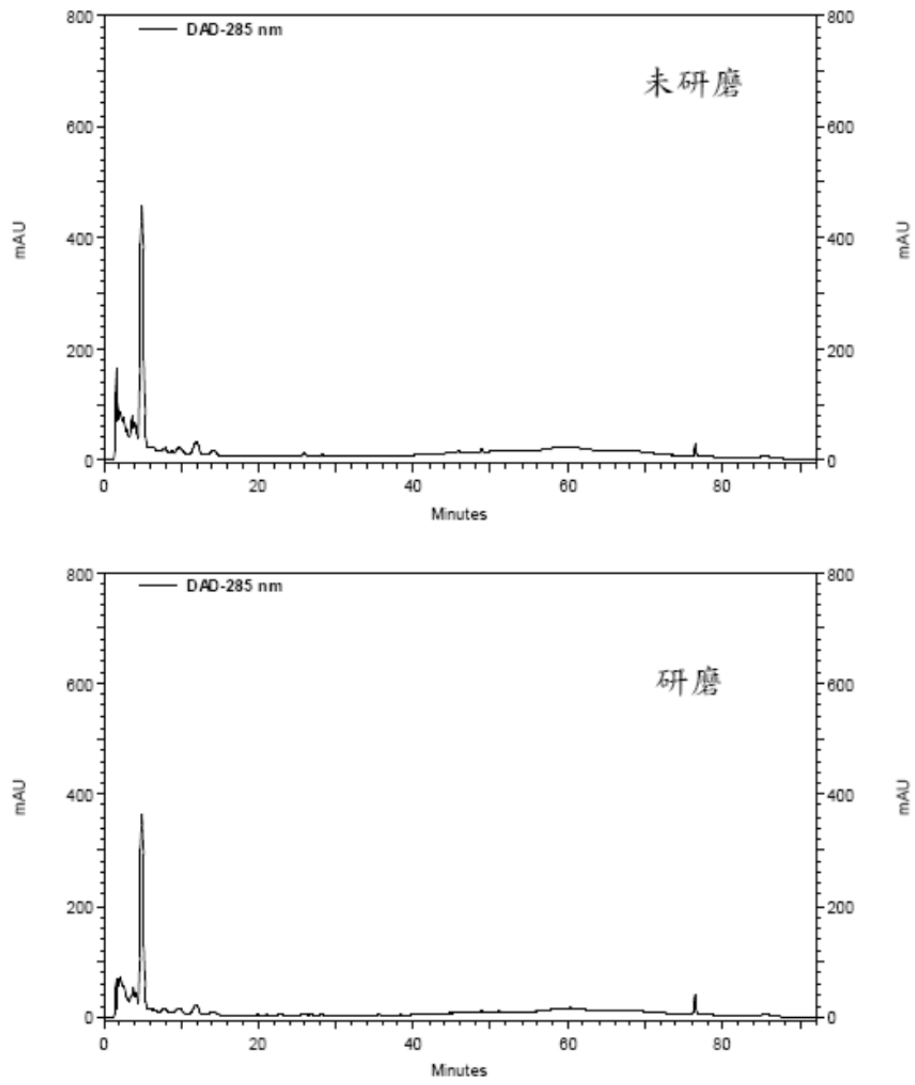


圖 27. 介質研磨對咖啡多酚成分影響

参考文献

1. Cano-Marquina A., Tarín J. J., Canoc A. (2013) The Impact of Coffee on Health. *Maturitas*. p. xxx – xxx.
2. Campa C., Mondolot L., Rakotondravao A., Bidel L. P. R., Gargadenne A., Couturon E., Fisco P. L., Rakotomalala J. J., Jay-Allemand C., Davis A. P. (2012) A Survey of Mangiferin and Hydroxycinnamic Acid Ester Accumulation in Coffee (*Coffea*) leaves: biological implications and uses. *Annals of Botany*. p.1-19.
3. Esquivel P., Jiménez V. M. (2012) Functional Properties of Coffee and Coffee By-products. *Food Research International*. 46: p488 – 495.
4. Murthy P.S., Naidu M. M. (2012) Sustainable Management of Coffee Industry By-products and Value Addition—A Review. *Resources, Conservation and Recycling*. 66: p. 45 – 58.
5. Pandey A., Soccol C. R., Nigam P., Brand D., Mohanb R., Roussos S. (2000) Biotechnological Potential of Coffee Pulp and Coffee Husk for Bioprocesses. *Biochemical Engineering Journal*. 6: p. 153 – 162.
6. Perrone D., Farah A., Donangelo C. M., de Paulis T., Martin P.R. (2008) Comprehensive Analysis of Major and Minor Chlorogenic Acids and Lactones in Economically Relevant Brazilian Coffee Cultivars. *Food Chemistry*. 106: p. 859 – 867.
7. Prata E. R.B.A., Oliveira L. S. (2007) Fresh Coffee Husks as Potential Sources of Anthocyanins. *LWT*. 40: p.1555 – 1560.
8. Ramirez-Coronel M. A., Marnet N., Kolli V. S. K., Roussos S., Guyot S., Augur C. (2004) Characterization and Estimation of Proanthocyanidins and Other Phenolics in Coffee Pulp (*Coffea arabica*) by Thiolysis High-Performance Liquid Chromatography. *J. Agric. Food Chem*. 52, p.1344 –1349.

台灣高山有機咖啡產業發展研究

屏東泰武原鄉咖啡產業扶植計畫

泰武鄉咖啡產銷第一班

壹、計畫緣起

咖啡屬 (*Coffea* spp.) 茜草科 (*Rubiaceae*) 常綠灌木，原產於熱帶非洲高原。早在西元 575 年，阿拉伯西南部的葉門人就有食用咖啡的紀錄。西歐則於西元 1615 年開始飲用，十七世紀時，咖啡已盛行於歐洲大陸。世界上咖啡主要種植地區集中在美洲、非洲、亞洲熱帶、亞熱帶大陸或島嶼，沿著赤道為中心，向南、北緯各延伸至 23.5 度的咖啡生長帶又稱為咖啡帶 (Coffee Zone)。

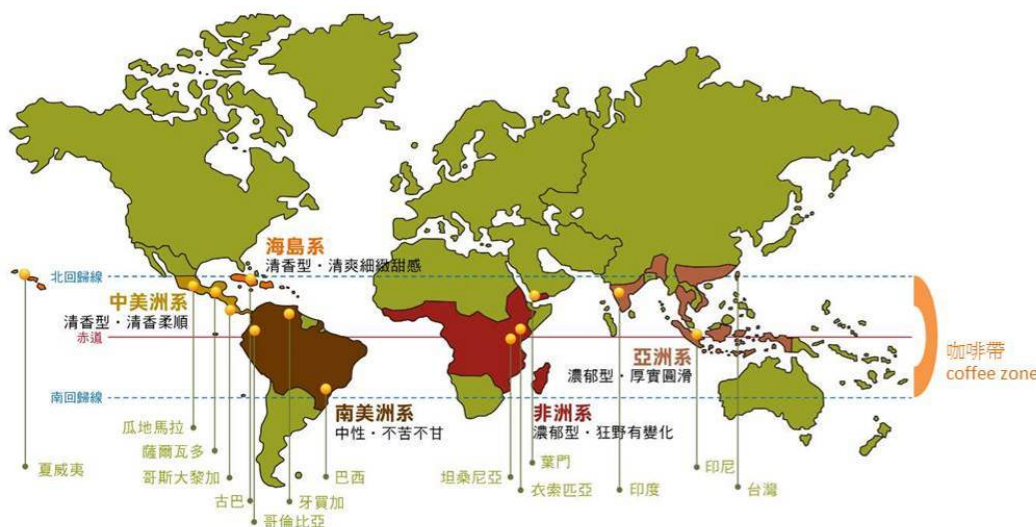


圖 1 世界咖啡產區地圖

台灣咖啡最初是由英商德記洋行於西元 1884 年引進阿拉比卡咖啡種植，之後由日本人將咖啡散播到台灣各地。近年來興起一波本土種植咖啡的熱潮，台灣各地咖啡館，更如雨後春筍般到處林立。依據行政院農業委員會「農政與農情報導」第 257 期資料中，呈現近年台灣咖啡市場的發展現況。咖啡總進口量由 90 年的 1.4 萬公噸，逐年提升至 101 年的 2.7 萬公噸，總產值達到 1.6 億美元，創下歷史新高。而國內本土咖啡總產量，則由民國 90 年的 4.1 公噸提升至 101 年的 731.7 公噸，約佔國內咖啡總供應量的 4%，有大幅成長並持續增加的趨勢。

屏東縣泰武鄉的咖啡種植，自日治時期起，即由日本農業技師引進，與奎寧一同種植在屏東的大武山區。戰後日本人離開泰武，當地原住民不識咖啡的用途及製作方法，咖啡樹因而淹沒在荒煙漫草間達數十年之久，直到古坑鄉所舉辦的首屆「台灣咖啡節」後，泰武地區的族人們，才重新認識這個早已被遺忘的經濟作物。由於地理環境及自然氣候適合咖啡的生長，泰武地區山林裡，隨處可見亦隨處可取自日治時期繁衍至今的咖啡種苗，再加上泰武地區擁有廣大的腹地，使得產業的進入門檻相對降低，鄉親們遂開始了咖啡的種植工作。根據行政院農糧署 101 年統計，全台咖啡總種植面積為 874.49 公頃，其中屏東縣咖啡種植面積 162.85 公頃，佔全台灣種植面積的 18.62%，為全台之冠。泰武地區咖啡種植面積達 70.5 公頃(佔全屏東縣總種植面積的 44.87%)，約為台灣咖啡種植總面積的 8.63%，咖啡產業已成為當地最重要的經濟作物。

然因咖啡的生產、製造、銷售等環節，為技術密集的產業，需要投入先進的技術，故本計畫以「泰武咖啡產銷第一班」為受輔導主體，結合鄰近學術及研究單位，以有機農業為方法

及目標，引進咖啡農園管理技術、充實產銷班生產設備、研發咖啡相關衍生產品等，期望為台灣高山咖啡建立起「台灣高山有機咖啡標準化作業流程（SOP）」，提升咖啡豆採收及精製加工技術，維持質與量的穩定，加強行銷以提高農民收益。

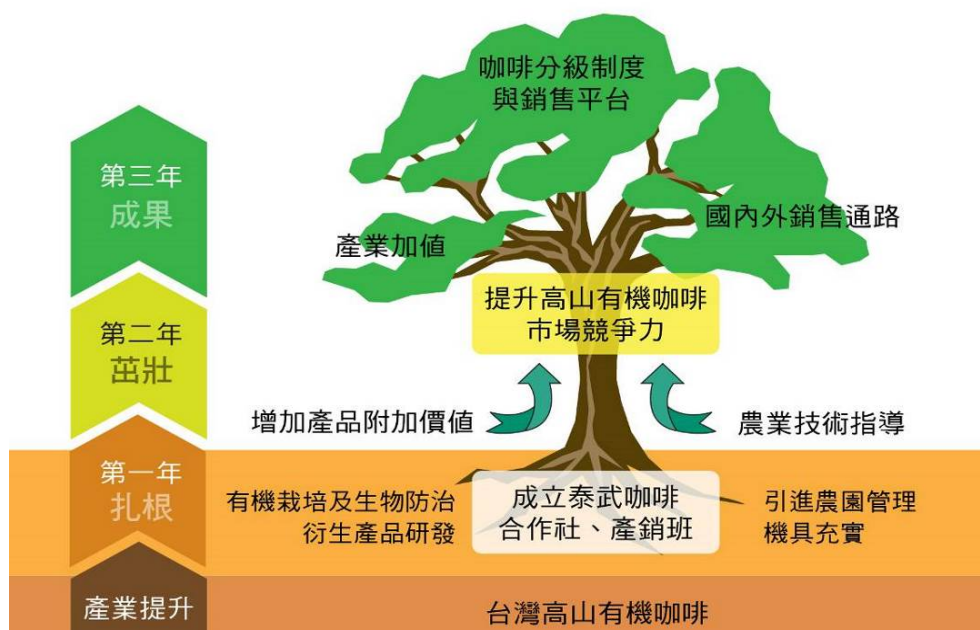


圖 2 台灣高山有機咖啡發展願景

貳、計畫目標

本計畫依計畫目標，分三年期實施，各分年目標及分年執行內容表列如下：

表 1 年度計畫目標

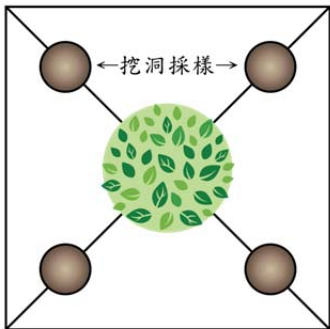
計畫年度	年度計畫目標
民國 100 年度	1. 輔導咖啡產銷班定期召開班會及班員培訓課程，建立有機栽培及有機產品經營理念及生物防治生產流程。 2. 舉辦咖啡烘焙研習會，邀請學者及專家針對台灣咖啡豆的特性進行各式烘焙技術研究。 3. 制定烘焙工廠標準作業流程並舉辦咖啡沖煮技術研究班。 4. 確立高山咖啡烘焙方法及產出香氣、口感等優質特色產品並試銷品牌。 5. 研究台灣高山有機咖啡鮮果（Coffee cherry）有效成份，開發具附加價值之相關產品。 6. 開發咖啡凍、咖啡布丁、咖啡豆腐 3 項凝膠產品。
民國 101 年度	1. 產銷班班員教育訓練課程。 2. 咖啡生產機具購置。 3. 完成有機栽培及生物防治管理之咖啡生產標準作業流程。 4. 確立有機栽培生產履歷及有機驗證生產管理。 5. 生產優質高山咖啡及具附加價值咖啡保健產品行銷。
民國 102 年度	1. 完成咖啡品牌多樣性及副產品。 3. 通路上架及據點行銷之評估及執行。 4. 編印專題研究報告「台灣高山有機咖啡產業發展研究」

參、計畫執行內容

計畫執行內容可依：產銷班員教育訓練課程、有機咖啡示範農園建立、充實生產設備、咖啡衍生產品研發等四大項加以說明：

一、產銷班員教育訓練課程

表 2 產銷班員教育訓練課程

課程名稱	日期/講師	課程內容
有機資材 施作	101/3/28 王前智	採購農地需要土壤改良用的資材，包括稻殼、花生殼、增加土壤肥力有機質肥料、提高土壤酸鹼度苦土石灰等，課程配合提供合格有機資材予農戶使用，以現場示範有機資材施作方式。  
有機液肥 製作施用 方法及咖 啡病蟲害 防治課程	101/4/18 王前智	1. 有機液肥的調配及施用方法 2. 噴霧機使用方法及保養解說 3. 咖啡病蟲害防治課程  
有機土壤 座談會	101/5/31 許正一	「土壤速測」是以化學方法測定土壤中要素含量供施肥推薦參考，在各農業試驗場所多年研究之下，已整理出能真正反映土壤肥力之分析方法，也將土壤肥力分級，或訂出缺乏臨界值，供實際應用於施肥作業。依農民施用土壤改良劑及有機質肥料時間之不同。  
咖啡種植 技術進階 座談會	102/2/2 王裕文	1. 咖啡比重篩選 2. 部分發酵技術 3. 咖啡生豆拍賣制度

		 
咖啡合理化施 肥與有機 液肥製作	102/6/14 林永鴻	1. 有機液肥與化肥的比較 2. 有機液肥的施用與製作  
咖啡農園 整枝修剪 實作教學	102/7/16 張淑芬	1. 咖啡樹修剪枝 2. 咖啡樹營養診斷  
咖啡栽培 管理	102/9/3 張淑芬	1. 咖啡品種介紹 2. 咖啡生長環境 3. 適當的農園管理  
咖啡烘焙 實作教學	102/10/8 賴宏亮	1. 咖啡烘焙機簡介 2. 咖啡烘焙實作教學  
咖啡評鑑	102/12/20. 21 王裕文	1. 咖啡評鑑樣品 2. 咖啡評鑑杯測情形  
咖啡料理 教學	102/12/27 劉俊良	1. 咖啡料理教學 2. 咖啡料理成品

			
咖啡手工皂教學	102/12/28 呂怡臻	1. 咖啡手工皂教學 2. 咖啡手工皂製作過程  	

二、有機咖啡示範農園建立：

為使產銷班員充分了解有機咖啡的種植及管理技巧，本班依照海拔高度的不同，闢建了三處有機咖啡示範農園，作為咖啡育苗、定植、農園微噴灌系統、及合理化施肥的示範農園，並為後續針對不同海拔高度，所造成咖啡風味的差異研究預作準備。咖啡示範園 A，位於泰武鄉海拔 1,100 公尺處。咖啡示範園 B，位於泰武鄉海拔 800 公尺處。咖啡示範園 C，位於泰武鄉海拔 500 公尺處。



◎咖啡農園管理要點

泰武咖啡源自日劇時代，由日本農業技師傳授種植技巧，但在日本戰敗撤回後，咖啡產業逐漸沒落，加上世代的遷移，咖啡栽植技術逐步失傳，直到近年才又帶動地方咖啡產業種植的熱潮。於八八風災後推動一鄉一產業政策，並將咖啡視為泰武產業扶植重點，但由於地方對咖啡栽植知識不足，必須從農園及田間管理技術開始打下基礎。

一、繁殖育苗：咖啡樹苗來源自泰武山上的小苗，因此選苗的概念很重要，會影響植株生長差異性，待植株長高到 20 至 30 公分之時，再次擇其健康植株，並定植於咖啡

農園。

- 二、整枝與修剪：為了讓樹勢更健壯，行咖啡樹整枝修剪，剪除病弱枝，可延長植栽生產壽命，同時達到方便管理。
- 三、合理化施肥：適當合宜肥培管理，提高作物單位面積產量品質，維護地力減少環境衝擊。適度的調整土壤酸鹼值，以利咖啡根系生長，並針對缺氮土壤施用禽畜糞堆肥來改良土壤；除土壤改良，為方便農園管理及地力維持，施用花生殼覆蓋田間抑制雜草滋生；或栽種蔓花生固定空氣中游離氮素，抑制雜草滋生。
- 四、病蟲害管理：台灣咖啡常見咖啡疾病及害蟲，有銹病、炭疽病、褐眼病、煤病、苗枯病、葉斑病、細菌性病害、潛葉蠅、柑桔粉介殼蟲、咖啡硬介殼蟲、黃綠介殼蟲、木蠹蛾、台灣黃毒蛾、東方果實蠅、咖啡果小蠹等。
- 五、漿果採收：漿果的成熟度與果肉甜度有絕對的關係，未成熟的漿果毫無香氣，成熟的漿果會有濃烈的香氣，而過度成熟的漿果會產生發酵的臭味。採收後的漿果，以水選淘汰品質較差、密度小於水的漿果，篩選出最佳的咖啡櫻桃。



圖 3 咖啡產業病蟲害

◎咖啡有機認證申請

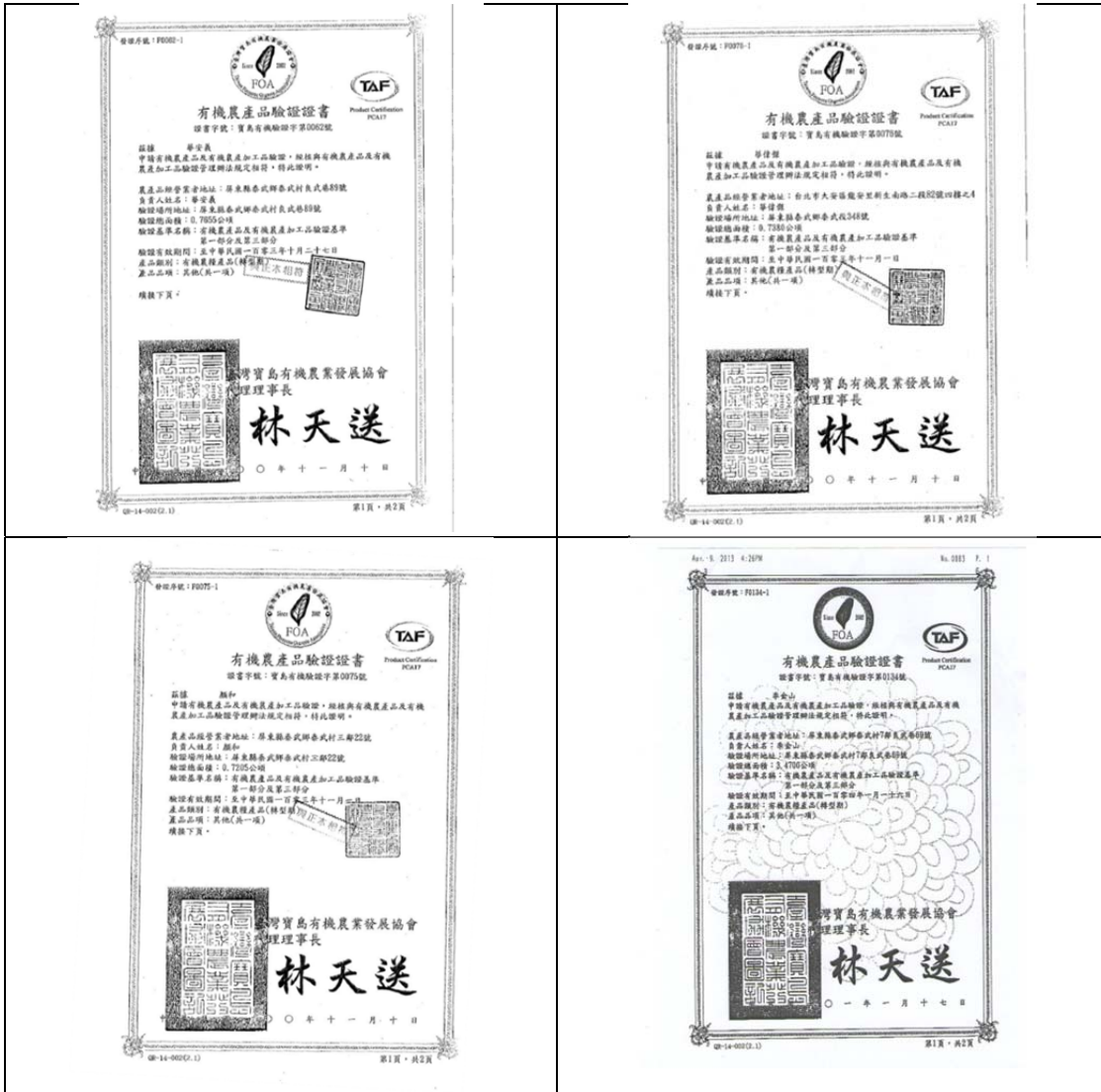
「有機農業」讓很多人連想到不合時宜、不科學的耕作方法，根據行政院農業委員會，定義為遵守自然資源循環永續利用原則，不允許使用合成化學，強調水土保持、生態平衡的管理，達到生產自然安全農產品目標的農業目標。

有機驗證申請流程：由農民向認證單位，以申請書提出有機驗證申辦，由驗證單位輔導農民提出水土檢驗，第一階段基礎文件審核過後，第二階段的現場稽核及產品檢驗，驗證完成後取得有機驗證標章。

泰武鄉咖啡產銷班第一班咖啡農戶通過有機轉型期驗證清冊

序號	農產品經營業者/負責人姓名	驗證地址	驗證面積(公頃)	轉型升級有機日
1	華安義	921 屏東縣泰武鄉泰武村良武巷 89 號	0.7655	103/09/12
2	顏和	921 屏東縣泰武鄉泰武村三鄰 22 號	0.5620	103/9/12
3	華偉傑	900 屏東市瑞光里香揚巷 129 號	0.7380	103/9/12
4	李金山	921 屏東縣泰武鄉泰武村 7 鄰良武巷 69 號	3.4700	103/09/12

認證證書：



三、充實生產設備：

本計畫依泰武咖啡產業未來發展的方向，以及現階段設備不足有所欠缺之處，給予設備充實的協助。

設備名稱	型號	用途	照片
營業用雙孔半自動咖啡機	Dalla Corte DC Pro 營業用雙孔半自動咖啡機	萃取濃縮咖啡、製作義式咖啡(如：拿鐵、卡布奇諾…等)使用	
脫殼拋光機	脫殼機(白)、拋光機(紅)	脫殼機用於將咖啡豆的外殼(俗稱羊皮層)脫去，拋光機用於去除附著在咖啡生豆上的銀皮。	
咖啡烘焙機	TL-CR6	烘焙咖啡生豆使用	
中耕機	WR-1001	翻土、整理農地使用	
咖啡日曬豆脫殼機	TL-CH60	專用於日曬處理法之帶殼豆脫殼。	

咖啡生果脫皮機	生果脫皮機	用於咖啡生果在後製處理時，脫去生果外皮。	
真空包膜機	TY-700	將產品以真空包裝方式，達到保存效果。	
低溫烘乾機	CTEM10	藉由長時間低溫烘乾，降低生咖啡豆含水量。	

四、衍生產品研發



咖啡高纖餅乾



咖啡鹽焗鱸魚



咖啡醬香山豬肋排



土肉桂咖啡雞



紅酒咖啡烤雞腿排



古典檸香咖啡蝦球



咖啡奶酪凍



咖啡香滷鵪鶉蛋



咖啡手工皂

肆、產品改良研發

(一)創新咖啡豆製程研發-

1. 海鹽咖啡：海鹽咖啡為製豆技術研發產品，口感風味前段酸甜感均衡，中段甜感飽滿，尾段焦糖苦甜圓潤，整體層次感豐富，餘韻甜味悠長。
 2. 酒香咖啡：酒香咖啡為本計畫團隊成員林啟弘先生，參酌日本期刊文獻，所研發出的創新咖啡豆發酵方式。依此法所製成之咖啡豆，在烘焙過後，雖不含酒精成分，但具有威士忌酒 (Whisky) 的香氣，非常適合作為冰咖啡，或冰滴咖啡的使用咖啡豆。
- (二)咖啡葉茶：英國及法國科學家發現咖啡葉茶，沒有過高咖啡因，而且美味、深具營養價值，含有可抵抗糖尿病及心臟病等慢性病成分，口感則像綠茶。
- (三)高纖咖啡牛扎糖餅乾：牛軋餅乾為時下十分流行輕食零嘴，利用紅藜高纖餅乾內夾咖啡牛軋糖餡製成咖啡牛軋餅。
- (四)咖啡紅藜高纖餅乾：主材料紅藜添加被咖啡農所丟棄的下腳料「羊皮膜」加工而成，羊皮膜含纖維質，也是餅乾纖維質來源。
- (五)其他：咖啡餅乾、咖啡果凍/布丁、手工皂



圖 3 海鹽咖啡



圖 4 咖啡葉茶



圖 5 有機鳳梨咖啡果醋



圖 6 咖啡應用食品



圖 7 咖啡餅乾



圖 8 有機鳳梨咖啡果醬

伍、咖啡評鑑

一、2013 第四屆屏東咖啡評鑑

屏東咖啡在台灣咖啡市場異軍突起，種植面積以三地門鄉占屏東縣之冠，而泰武鄉名列第二，瑪家鄉、霧台鄉等鄉鎮種植面積也逐年增加；除了追求咖啡產量成長外，品質提升也為推廣重點，因此為強化產業品觀念，引導咖啡農民建立品質分級制度，由行政院農業委員會農糧署、泰武鄉公所共同辦理 2013 第四屆屏東咖啡評鑑活動，並由臺灣大學農藝系作為評鑑單位。



圖 9 咖啡評鑑活動合影-1



圖 10 咖啡評鑑活動合影-2

(一)生豆特性鑑定：依據缺陷豆評分決定進入第二階段的樣品，評分項目包括含水量、粒徑等。

表 3 屏東咖啡評鑑-缺陷豆分級標準

級別	豆況
第一級 缺陷豆	全黑豆、全酸豆、乾漿果/果皮、真菌感染豆、異物
	蟲蛀豆(嚴重)
第二級 缺陷豆	局部黑豆、局部酸豆
	帶殼豆、浮豆、未成熟豆、萎凋豆、貝殼豆、破裂/破碎豆、果皮/豆殼
	蟲蛀豆(輕微)

(二)感官鑑定：比照 SCAA 美國單品咖啡協會鑑定表，進行樣品評分，評分項目包括香氣（乾香與濕香）、酸度、醇厚度、滋味、回甘度、甜度、平衡度、缺點與瑕疵、重複性。

陸、屏東泰武原鄉咖啡產業推展成果

屏東縣泰武地區在過去 20 年的產業發展軌跡上，並無明顯的發展主軸，曾推廣芒果、葡萄柚、香菇、鳳梨等農作物，但因氣候地理人文條件不適宜，都草草收場。

咖啡產業在泰武推廣之初，遭受許多困難，包括成本過高、技術資源不足、通路不達等問題，所幸在財團法人中正農業科技社會公益基金會協助，泰武原鄉咖啡產業取得完整且全面性的產業輔導計畫。

一、健全地方產業組織—有限責任屏東縣原住民泰武咖啡生產合作社

屏東縣泰武鄉原有三個咖啡產銷班，為求泰武咖啡產銷平台更穩健、透明，邀集農民在 101 年 12 月成立「有限責任屏東縣原住民泰武咖啡生產合作社」，提供咖啡豆及咖啡樹苗買賣、農產品展售活動規劃及農民教育訓練場所等服務。

於 102 年 3 月，承接屏東泰武吾拉魯滋永久屋「吾拉魯滋部落咖啡產銷中心」經營權；102 年 7 月正式開館營運，販賣咖啡飲品、咖啡業者及文創業者商品寄銷，也規劃部落導覽及體驗活動，在推展泰武原鄉咖啡，更期待能串起週邊景點，帶動整體地方觀光熱潮。

表 4 102 年台灣咖啡種植面積及收穫數量表(資料來源：行政院農糧署)

縣市	種植面積 (公頃)	占全台種植面 積比例(%)	縣市	種植面積 (公頃)	占全台種植面 積比例(%)
屏東縣	210.23	23.02%	宜蘭縣	12.32	1.35%
台東縣	153.48	16.80%	新北市	10.87	1.19%
嘉義縣	123.83	13.56%	彰化縣	10.57	1.16%
南投縣	118.63	12.99%	新竹縣	7.74	0.85%
花蓮縣	65.08	7.12%	苗栗縣	5.63	0.62%
台南市	59.48	6.51%	桃園縣	1.41	0.15%
高雄市	51.05	5.59%	嘉義市	0.4	0.04%
雲林縣	50.65	5.55%	台北市	0.03	0.00%
台中市	32.01	3.50%	合計	913.41	100.00%

表 5 102 年屏東縣咖啡種植面積及收穫數量表(資料來源：行政院農糧署)

鄉鎮市	種植面積 (公頃)	占全縣種植面 積比例(%)	鄉鎮市	種植面積 (公頃)	占全縣種植面 積比例(%)
三地門鄉	124.23	59.09%	內埔鄉	0.9	0.43%
泰武鄉	52.84	25.13%	竹田鄉	0.71	0.34%
春日鄉	16	7.61%	枋寮鄉	0.7	0.33%
瑪家鄉	3.63	1.73%	牡丹鄉	0.4	0.19%
萬巒鄉	3.5	1.66%	鹽埔鄉	0.3	0.14%
霧台鄉	2.63	1.25%	麟洛鄉	0.2	0.10%
來義鄉	1.62	0.77%	佳冬鄉	0.1	0.05%
高樹鄉	1.38	0.66%	屏東市	0.1	0.05%
新園鄉	0.93	0.44%	長治鄉	0.06	0.03%
合計				210.23	100.00%

二、102 屏東泰武產業發展現況

依據行政院農糧署，統計 102 年度全台咖啡種植面積 913.41 公頃，屏東縣咖啡種植面積 210.23 公頃(佔全台灣 23.02%)為全台之冠，泰武鄉咖啡種植面積 52.84 公頃(佔全屏東縣 25.13%)僅次於山地門鄉，佔全台灣咖啡種植面積 5.78%。

如今，泰武地區的咖啡產業已有 18 家自有品牌、8 家咖啡店及 30 位以上專職從業人員，一年吸引遊客超過一萬人次以上，為泰武咖啡形成產業鏈及咖啡聚落，實質達成了一鄉一特色的目標。



圖 11 屏東原鄉物產展售會-1



圖 12 屏東原鄉物產展售會-2



圖 13 泰武鄉吾拉魯滋產銷中心



圖 14 昇恆昌免稅商店



圖 15 高雄漁人碼頭



圖 16 屏東太平洋

柒、未來展望

計畫協助健全屏東泰武地方產業組織——「有限責任屏東縣原住民泰武咖啡生產合作社」，自成立以來，以屏東原鄉咖啡為產業扶植標的，欲打造全台第一有機咖啡特色產業及全台第一咖啡產業示範專區，並以產業六級化，鏈結生產、製造、銷售的泰武有機咖啡產業鏈。

以整體屏東原鄉地區經濟為首要考量，透過咖啡產業的利基，以及資源整合，使地方原鄉特色資源，得以被推廣及保存，例如傳統編織品、琉璃珠等手工製品，小米、紅藜等原民特色產業，共同建立屏東縣原鄉的商品品牌。

參考文獻

1. 王裕文、吳淑華、翁駿德、張淑芬，2013，《咖啡世界特展專輯》，高雄：國立科學工藝博物館
2. 胡文青，2005，《台灣地理百科 68：台灣的咖啡》，台北新店：遠足文化
3. 張淑芬、楊宏仁、劉禎祺、林明瑩，2011，《咖啡栽培管理》，台中：行政院農業委員會農業試驗所
4. 韓懷宗，2014，《新版・咖啡學：密史、精品豆、北歐技法與烘焙概論》，台北：寫樂文化
5. 中國產業信息網。2008~2013 年全球咖啡產量統計。
網址：<http://www.chyxx.com/>。上網日期：2013-08-27
6. 王翠華。2013。〈我國咖啡市場分析〉。《行政院農業委員會農政與農情第 257 期》。網址：<http://www.coa.gov.tw/view.php?catid=2500436>。上網日期：102-11
7. 行政院農業委員會。網址：http://www.coa.gov.tw/show_index.php
8. 行政院農業委員會農糧署。101 年各縣市咖啡種植面積及收穫數量表。
網址：<http://www.afa.gov.tw/>
9. 財政部統計處。咖啡生豆價格統計。網址：
<http://www.mof.gov.tw/lp.asp?CtNode=2799&CtUnit=11&BaseDSD=5&mp=62>
10. 國際咖啡組織。2013 年主要國家咖啡出口量。網址：<http://www.ico.org/>
11. 爵士島咖啡。咖啡豆產地。網址：<http://www.jsd-coffee.com/wenhua-rs-di.asp>

櫻花與杏花切枝及杏花盆花生產技術之研究

吳安娜

行政院農業委員會桃園區農業改良場副研究員

摘要

本試驗旨在篩選農曆春節前後應景切花利用之櫻花與觀賞杏花品種(系)，並探討觀賞杏花花期調節技術，以提供農曆過年前後之切花與盆花生產利用，以滿足花卉市場需求。本試驗篩選出農曆春節前後開花習性及生長勢強且經切枝瓶插壽命 2 週以上之櫻花品種(系)，包括‘桃園 1 號-報春’、TYPC089254、TYPC089269、TYPC099238 及 TYPC10WK02 等品系、‘八重櫻’、‘敬翁櫻’及‘富士櫻’等，與觀賞杏花‘紅碧桃’、‘粉碧桃’與‘紅碧桃’3 品種，經嫁接繁殖以作為推廣產業利用。2012 年田間種植之觀賞杏花植株於休眠期進行除葉與 3% 氫胺藥劑處理，可使植株始花期及盛花期提前 3~5 天，有助切枝提前採收，但在 2013 年低溫(<15°C) 累積量較少的暖冬氣候下，花期提前則不明顯，但可促使芽體萌芽較整齊，有助切花品質提升。在採收時期、貯藏溫度與時期對杏花切枝開花之影響試驗結果顯示，1 月上旬休眠中期切枝採收以 8~15°C 保濕貯藏 10 天，再室溫瓶插 10~13 天，以及 1 月下旬休眠末期切枝採收後以 15~25°C 保濕貯藏約 10 天，再室溫瓶插 1~7 天，50% 以上之切枝可促進提早開花，較自然花期提早 2~3 週，惟杏花切枝開花量有減少的現象。催芽藥劑及冷藏處理對‘七寸桃’杏花盆栽植株開花影響試驗結果顯示，休眠後期以 2% 硝酸鉀藥劑處理，可使盆栽植株提前 5 天開花；另外，1 月上旬前將杏花盆栽以 8°C 冷藏 12 天後，以 25°C 每日光照 12 小時經 11 日或露天自然環境下 16 日，盆栽植株明顯提早開花，可應用於農曆年前盆栽生產供貨上市利用。

關鍵字：櫻花、觀賞桃花、花期調節

前言

櫻花與杏花的切枝以農曆春節年前用量較多，以供應春節應景插花佈置利用為主。觀賞櫻花與杏花在植物分類上均屬薔薇科梅李屬(*Prunus*)的落葉木本植物，喜冷涼氣候。花芽通常於前一年夏季高溫期開始分化與發育，秋末時期花芽已形成，惟受日長縮短影響、夜溫逐漸降低及內在生成抑制發芽物質累積在芽體後進入休眠狀態，須經一段冬季低溫期後，氣溫回升至熱需求滿足，植物體內的荷爾蒙平衡改變後始能萌芽開花(Saure, 1985; Faust et al., 1997)。臺灣本島原生櫻花有山櫻花(*Prunus campanulata* Maxim)、太平山櫻花(*Prunus matuurai* Sasaki)、霧社山櫻花(*Prunus taiwaniana*)、阿里山櫻花(*Prunus transarisanensis* Hayata)及拉拉山櫻花(*Prunus takasagomontana* Sasaki, 又名山白櫻)五個族群，其中生長於中海拔 1000~2000 公尺的太平山櫻花、阿里山櫻花及拉拉山櫻花三族群數量已少，目前僅零星分佈於叢林中(臺灣植物誌編輯委員會, 1977; 潘與呂, 1996-1997; 謝, 1960; 應, 1991)。其中山櫻花(亦稱緋寒櫻)及其變種重瓣緋寒櫻(臺灣稱為八重櫻)在臺灣已廣泛栽培與景觀應用，花期 1 月中旬至 2 月中旬，常見的栽培種尚有吉野櫻、千島櫻、大島櫻、高砂櫻、關山櫻、普賢象櫻等，花期 2 月下旬至 4 月下旬(尤, 2007)。杏花(*Prunus vulgaris*)是原產中國西北至中亞的耐寒、耐旱性樹種，主要栽培於淮河以北地區，生長於年平均氣溫為 6~12°C，年降雨量 400~600 ml 的地區。本文所稱之「杏花」為臺灣栽培之複瓣觀賞桃花品種，業者通稱已久。臺灣平地至中海拔氣候均不宜栽種真正的杏花，然其白色的花型與桃花相似，取其音與「幸」相同有幸福吉利之義，故慣稱之(陳, 2007)。

前人研究指出除葉對秋季休眠中的桃樹葉芽與發育完成的花芽具促進萌芽的效果，但催花及著果效果有限(廖, 1985)，尤其在冬季低溫累積量較不充足的氣候條件下，休眠期除

葉對許多品種的蘋果樹促進芽體萌芽無明顯助益，須配合催芽藥劑如氫胺的使用方能提高催芽的效益(Ashebir et al., 2010)。在冬季中期對低溫需求量低的鶯歌桃人工除葉雖可提前開花，但開花不整齊，前後花期拉長，不利田間管理(江，2002)，在蘋果促進提早開花情形亦同(Mohamed, 2008)；在冬季末期除葉則較有利休眠中的花芽整齊萌發(羅，2002)。低溫處理是一般常用於打破休眠之方法，1-7℃通常是滿足落葉樹低溫需求量的溫度範圍(Saure, 1985)。Erez 與 Couvillon(1982)指出打破桃葉芽與花芽休眠的最適溫度為 8℃，0~12℃亦有效果，14℃則無效。氫胺(Hydrogen cyanamide)處理已成功地使用在克服蘋果、梨、桃等果樹的花芽打破休眠，可取代部分低溫處理效果(石，1995；羅，2002；Diaz et al., 1987；George and Nissen 1988；Klinac et al., 1991；Siller-Cepeda et al., 1992)，甚至提前開花及提早產期效果，惟劑量過高會造成芽體過度傷害而產生毒害現象(石，1995；羅，2002；Siller-Cepeda et al., 1992)，且在休眠末期即使是低濃度之氫胺仍會造成部分芽體毒害(Jorge et al., 1992；Zanol et al., 2010)。

臺灣位處亞熱帶氣候區，在低海拔地區以高接法嫁接經低溫貯藏打破休眠之溫帶品種梨花穗於低需冷性梨樹之徒長枝上，生產高品質之溫帶品種梨，獨步全球發展出臺灣特有的梨生產模式。各品種高接梨之花穗在高冷地採收或由日本引進再經低溫貯藏打破休眠後進行嫁接(林與高，2005)。臺灣梨山生產之新世紀梨穗於 12 月底花芽完成且飽滿充實時採收，5℃冷藏一個月打破休眠後嫁接，其開花率可達 90%以上(盧，2005)，新興梨則貯藏兩週再進行嫁接，可順利開花以調節市場的需求期。依此推論，低溫需求較高之落葉樹如櫻花及杏花在花芽發育完成後，有機會以切枝型態低溫冷藏一段時間打破休眠，再於常溫瓶插後使其開花，因此，可藉由探討低溫冷藏溫度與時間，以達到提前或延後其花期於農曆年前供貨利用之可能。

在臺灣櫻花切枝生產品種主要為臺灣原生之山櫻花(*Prunus campanulata* Maxim)，花色為桃紅至粉紅色，未經篩選之山櫻花族群間花期差異大，1 月上旬起至 3 月中旬止陸續可見山櫻花單株開花，唯目前尚無春節前開花且耐平地高溫氣候之切枝品種，有待選拔。另外，在臺灣俗稱的杏花通常是指複瓣的觀賞桃花類，在大陸則通稱為碧桃，引進臺灣的杏花品種主要有紅碧桃(*Prunus persica* 'dianthiflora')、粉碧桃(*Prunus persica* 'duplex')及白碧桃(*Prunus persica* 'alba-plena')，大多栽培在中至高海拔山區，自然花期於農曆春節過後之 2 月中旬至 3 月上旬。因農曆春節前夕杏花切枝需求量大，需建立低海拔地區花期調節技術使花期提前至用花需求期。本試驗鑑於櫻花與杏花之紅粉花色，在農曆春節慶典插花佈置使用深受國人喜愛，故從蒐集之櫻花及杏花品種(系)中，篩選出在北部低海拔或平地花期適合、開花習性及生長勢佳且瓶插壽命長之切枝品種，以人工處理方式探討杏花切花及盆花花期調節之生產技術，期能提供消費者優質切枝及盆花利用與栽培業者田間管理之參考。

材料與方法

一、低海拔地區櫻花及杏花切花(枝)品種篩選：

蒐集自然條件在臺灣農曆春節開花習性佳之商業流通、民間栽種及已蒐集並定植於本場台北分場之櫻花及杏花品種(系)，取其切枝(基部莖徑 0.5—0.8 cm、長度 50 cm 以上)各 6 枝後攜回實驗室，盡速瓶插於裝有 200 ml 蒸餾水之三角瓶(容量 500 ml)中，置於室內通風環境，每 3 天更新一次瓶插水，並剪除枝條基部約 0.5 cm，記錄其切枝開花情形至切枝花朵全數萎凋為止，評估各品種之切花壽命以作為篩選切花品種之依據。蒐集之櫻花及杏花品種(系)枝條陸續於 2011 年及 2012 年 1 月中、下旬進行嫁接繁殖。櫻花嫁接砧木均為 2—3 年生之山櫻花，杏花則嫁接於 1—2 年生之苦桃砧木上，定植於 Φ45 cm × H 45 cm 美植袋中，以慣行法管理之，觀察並評估其在台北分場環境下生育情形。

二、除葉及氫胺處理對杏花植株開花之影響：

選取 6 年生切枝杏花'粉碧桃'植株(取自海拔約 200 公尺新北市五股區農戶)於 2012 至 2013 年 1 月初分別進行人工除葉處理，2012 年 1 月中旬進行 3%氫胺藥劑全株噴施處理，

以無處理為對照，探討休眠期中至末期人為處理對植株開花之影響；當切枝達切花採收標準時(第一朵花開)，切取 6 枝枝條(基部莖徑 0.5—0.8 cm、長度約 50 cm)進行室內瓶插壽命調查，評估經人工花期調節處理後對切枝瓶插壽命之影響。採複因子試驗，共 4 處理組合，每處理 1 重複；另於 2013 年 1 月中旬及 1 月下旬分別以 3%及 5%之氫胺溶液選定 7 年生杏花‘紅碧桃’及‘粉碧桃’枝條塗抹處理，每處理 6 重複，以無處理者為對照。藉由除葉後藥劑處理時期與藥劑濃度處理，探討人工處理調節杏花植株開花期之影響，以評估利用田間栽培技術調節花期以供切花(枝)提前採收之可行性。

三、切枝採收時期、貯藏溫度及期間對杏花切花(枝)開花之影響：

2012 年 1 月 5 日及 15 日採收‘紅碧桃’、‘粉碧桃’及‘白碧桃’杏花品種之切枝(取自海拔約 200 公尺新北市五股區農戶)，切枝基部莖徑約 1 cm、長 80~100 cm，以黑色塑膠袋底部加水並束口保濕，直立擺放於 8、15 及 25℃貯藏室中，黑暗貯藏 10 天、20 天處理後取出，瓶插於裝有 200 ml 蒸餾水之三角瓶(容量 500 ml)中，並置於室內通風環境，每 3 天更新一次瓶插水，並剪除枝條基部約 0.5 cm，觀察其切枝開花情形，以評估切枝採收時間、貯藏溫度與貯藏時期對切枝開花之影響。

四、休眠期藥劑處理及貯藏時期對杏花盆栽開花之影響

(一) 休眠期藥劑處理對‘七寸桃’盆栽植株開花之影響：嫁接 1 年生之‘七寸桃’盆栽植株於 2013 年 1 月 23 日以 3%氫胺、5%尿素、8%夏油、2%硫脲、2%硝酸鉀等催芽藥劑進行葉面噴施處理，以不處理為對照，觀察藥劑處理對植株枝條開花之影響。本試驗 6 處理，4 重複，每重複 10 盆。

(二) 休眠期冷藏處理對‘七寸桃’盆栽植株開花之影響：嫁接 1 年生之‘七寸桃’盆栽植株於 2013 年 1 月 7 日、1 月 14 日、1 月 21 日、1 月 28 日，分別將帶土團植株置於 8℃冷藏庫貯藏，貯藏 12 天後取出，種植於 8 寸植袋中分別置於 25/20℃生長箱(光照 12 小時)及露天環境中，每處理 10 盆，觀察經不同時間冷藏盆栽植株開花的影響。

結果與討論

一、低海拔地區櫻花及杏花品種篩選：

臺灣原生之山櫻花，花色為桃紅至粉紅色，未經篩選之山櫻花族群間花期差異大，1 月上旬起至 3 月中旬止陸續可見山櫻花單株開花，惟目前市場尚無春節開花且耐平地高溫氣候之切枝品種。因此，本場自 2002 年起開始蒐集櫻花種原，並選育適應亞熱帶地區冬天低溫較少、平地可栽種之櫻花品種，經 2011 年瓶插壽命觀察，在初步觀察 12 個平地開花習性佳且生長勢強之櫻花品種(系)中，評選出‘桃園 1 號—報春’、TYPC089254、TYPC089269、TYPC109238、TYPC10WK02 等山櫻花品種(系)(圖 1)及商業品種之‘八重櫻’、‘昭和櫻’及‘富士櫻’(圖 2)，該等櫻花品種(系)除八重櫻瓶插壽命 13~16 天外，餘品種(系)瓶插壽命長達 20~30 天，符合切花市場生產的需求。另外，在低海拔地區可正常生長之觀賞桃花‘紅碧桃’、‘粉碧桃’及‘白碧桃’3 品種(圖 3)，其瓶插壽命均可達 20 天以上，極適合作為切花(枝)利用，惟瓶插期間因枝條開花與抽葉同期且吸水性強，應注意補充瓶插水量及清潔。上述櫻花及杏花品種(系)經嫁接繁殖，於平地觀察第二年均可正常生育開花，可推廣平地或淺山地區切枝生產與利用。



圖 1. 花期在農曆年前的櫻花品種(系)。(左上：‘桃園 1 號-報春’、右上：TYPC089254 品系、左下：TYPC089269 品系、右下：TYPC10WK02 品系)



圖 2. 花期在農曆年後至元宵節前之櫻花品種。(左：重瓣山櫻、中：‘敬翁櫻’、右：‘富士櫻’)



圖 3. 花期在農曆年後至元宵節前之複瓣桃花品種(左：‘粉碧桃’、中：‘白碧桃’、右：‘紅碧桃’)

二、除葉及氫胺處理對杏花植株開花之影響：

2012 年 1 月休眠期期於田間進行 6 年生杏花‘粉碧桃’植株除葉及 3% 氫胺噴施處理，休眠中期除葉(1 月 2 日)與休眠期後期(1 月 18 日)以 3% 氫胺處理，均可使花期(始花期及盛花期)略為提前。自前一年入冬第一波冷鋒($<12.9^{\circ}\text{C}$)影響日起算，單獨氫胺處理及除葉+氫胺處理較對照不處理植株枝條之始花期提前約 5 天，單獨以除葉處理則始花期提前 3 天；盛花期也可因除葉與氫胺處理提前約 3 天，略有助切枝提前採收，且開花時花徑大小與切花(枝)採收後切花壽命枝表現均無影響 (表 1)。

表 1. 除葉與氫胺處理對杏花'粉碧桃'切枝植株開花之影響(2012 年)

處理	至始花期天數 ^x	至盛花期天數 ^y	花徑	切枝(花)壽命
	days	days	Cm	days
除葉	80.3	89.3	4.4	12.1
3%氫胺	78.3	89.1	4.3	11.3
除葉+3%氫胺	78.6	89.2	4.4	11.3
對照(不處理)	83.5	92.0	4.2	11.7

^x：自入冬第一波冷鋒(<12.9℃)影響日(2011 年 11 月 20 日)起至枝條 10%花開日止。

^y：自入冬第一波冷鋒影響日起至枝條 80%花開日止。

2013 年田間試驗結果顯示，休眠期不同時期及不同濃度之氫胺處理對杏花'紅碧桃'植株枝條，僅以 1 月 30 日休眠末期以 3%氫胺處理始花期較對照處理組有略為提早 3 天，惟統計上未達顯著性差異，然以 3%氫胺處理有促進枝條芽體之總萌芽率及花芽率，達顯著性差異；餘處理對'紅碧桃'枝條開花期反而略為延後，且無助於枝條芽體萌芽(表 2)。另外，對於杏花'粉碧桃'植株進行同樣的處理，僅以 1 月 23 日以 5%氫胺處理之始花期及盛花期較對照處理分別提前 2 天及 5 天，枝條芽體萌芽率情形未能明顯提高；但 1 月 30 日休眠末期以 3%或 5%氫胺處理，雖無促進枝條芽體提早萌芽開花抽葉現象，但可以提高芽體的萌芽率(表 3)。

表 2. 氫胺濃度與時期對杏花'紅碧桃'植株開花之影響(2013 年)

處理時間	氫胺濃度	至始花日數 ^z	至盛花日數 ^y	花徑	總萌芽率	花芽率	葉芽率
		days	days	cm	-----	-----	-----
1 月 23 日	3%	86.5 a ^x	89.3 a	3.8 a	52.2 b	19.3 b	33.1 a
	5%	85.0 a	90.0 a	3.9 a	41.0 b	16.6 b	24.3 a
1 月 30 日	3%	80.5 a	87.3 a	3.9 a	75.0 a	59.5 a	15.5 a
	5%	82.3 a	90.3 a	3.7 a	31.9 b	13.4 b	18.5 a
對照(不處理)		83.8 a	85.5 a	3.9 a	40.6 b	16.6 b	24.0 a

^z：自入冬第一波冷鋒(<12.9℃)影響日(2012 年 11 月 26 日)起至枝條 10%花開日止。

^y：自入冬第一波冷鋒影響日起至枝條 80%花開日止。

^x：同行英文字母相同者表示最小顯著差異測驗 (LSD) 在 5%水準差異不顯著。

2012 年杏花切花品种植株之始花期及盛花期經除葉及氫胺藥劑處理可略為提前開花，但 2013 年處理則反而有延後現象，可能是人工處理時間不同，植株感應到之低溫累積量不同而影響開花表現。另外，根據中央氣象局氣溫資料來源統計結果，2012 年 12 月至 2013 年 1 月冬季低於 15℃之累積低溫期，相較前一年同期(即 2011 年 12 月至 2012 年 1 月)低溫之累積量約少三分之一，有暖冬現象，因此可能造成氫胺藥劑處理無法促進枝條提前開花，亦即顯示在暖冬氣候下，氫胺藥劑處理無法完全取代自然低溫而促進開花。

臺灣低海拔地區冬季常有低溫不足的問題，目前臺灣引進之杏花品種中尚未有開花低溫需求低且早花之品種，除未來利用育種育成新品種外，現僅能利用接近農曆年尾聲之品種進行花期調節。然以本試驗結果得知，以除葉及氫胺藥劑處理目前仍無法穩定應用於傳統農曆年前之切花生產，但對於枝條芽體有促進萌芽率，對切花品質略有改善之效果。

表 3. 氫胺濃度與時期對杏花‘粉碧桃’植株開花之影響(2013 年)

處理時間	氫胺濃度	至始花日數 ^z	至盛花日數 ^y	花徑	總萌芽率	花芽率	葉芽率
		days	days	cm	-----%-----		
1 月 23 日	3%	79.5 a	84.3 a	4.1 a	62.8 b	37.5 a	25.3 a
	5%	75.3 a	79.5 a	4.2 a	66.8 b	41.3 a	25.5 a
1 月 30 日	3%	79.3 a	84.0 a	4.2 a	90.7 a	48.4 a	42.3 a
	5%	79.0 a	85.8 a	4.0 a	83.7 ab	55.1 a	28.6 a
對照(不處理)		77.3 a	85.0 a	3.9 a	73.2 b	47.7 a	25.5 a

^z: 自入冬第一波冷鋒(<12.9°C)影響日(2012 年 11 月 26 日)起至枝條 10%花開日止。

^y: 自入冬第一波冷鋒影響日起至枝條 80%花開日止。

^x: 同行英文字母相同者表示最小顯著差異測驗 (LSD) 在 5%水準差異不顯著。

三、切枝採收時期、貯藏溫度與期間對杏花切花(枝)開花之影響：

2012 年切枝貯藏調節花期試驗結果顯示，杏花‘紅碧桃’及‘粉碧桃’兩品種 1 月 5 日植株休眠中期進行切枝採收，為使切花(枝)能於 1 月下旬開花，以 8~15°C 之涼溫保濕貯藏 10 天，再室溫(12~25°C)插水保鮮 10~13 天後，50%以上之切枝可於 1 月下旬順利開花；而‘白碧桃’須以 8°C 貯藏 10 天，在室溫插水保鮮 13 天，50%以上之切枝可順利開花；以 25°C 之貯藏溫度條件下杏花切枝不易貯放，枝條上之芽體常不易萌發且伴隨枝條吸水逐漸不良而乾枯；以 8~15°C 貯藏 20 天之各品種杏花切枝，除‘紅碧桃’外，餘處理品種之切枝經室溫瓶插後雖可於 2 月以後開花，但單支花量均少，僅 2~5 朵，已喪失商品價值。另外，3 個品種之杏花切枝在休眠期後期 1 月 15 日採收，以附照明之加溫設備 25°C 保濕貯藏約 10 天(光照每日 12 小時)，再室溫(12~20°C)保鮮處理 1~7 天，50%以上之切枝可於 1 月下旬順利開花；以 15°C 貯藏各品種杏花 10~20 天，均有促間切枝芽體萌發而提前於 1 月下旬開花(表 4)。

鑒於梅李屬經濟落葉植物休眠期枝條可耐低溫貯藏特性，以切枝離體保濕貯藏方式，嘗試作為切花市場需求時調節供貨的方法，可解決田間自然天候(低溫累積不足)及調節切枝市場供貨時間，尤其是 1 月下旬農曆年前切花市場需求較高時，提供消費者佈置應用。雖以上述人工貯藏處理之切枝花期較自然花期植株提早 2~3 週，可利用於提前供貨滿足市場新年期間用花需求，惟生產者須有特殊冷藏設備或加溫設備方可進行花期調節，生產者可考量其經濟效益自行評估操作。

表 4. 切枝採收時間、貯藏溫度與期間對杏花各品種經貯藏處理後至室溫，切枝開花枝數達 50%所需天數及其日期 (2012 年)

採收時間	品種	貯藏溫度	貯藏 10 天	貯藏 20 天	不貯藏(室溫)
			days(mm/dd)	Days(mm/dd)	Days(mm/dd)
1 月 5 日	紅碧桃	8°C	10(01/25)	12(02/06)	--
		15°C	13(01/28)	4(01/29)	
		25°C	--	--	
	粉碧桃	8°C	12(01/27)	14(02/08)	--
		15°C	13(01/28)	7(02/01)	
		25°C	--	--	
	白碧桃	8°C	13(01/28)	16(02/10)	--
		15°C	18(02/02)	15(02/09)	

		25°C	--	--	
1 月 15 日	紅碧桃	8°C	13(02/07)	3(02/07)	31(02/15)
		15°C	9(02/03)	-3(02/01)	
		25°C	-1(01/24)	-18(01/17)	
	粉碧桃	8°C	9(02/03)	5(02/09)	25(02/09)
		15°C	1(01/26)	-8(01/27)	
		25°C	1(01/26)	-10(01/25)	
	白碧桃	8°C	13(02/07)	3(02/07)	24(02/08)
		15°C	7(02/01)	-3(02/01)	
		25°C	-1(01/24)	-18(01/17)	

四、休眠期藥劑及貯藏時期對杏花盆栽開花之影響

(一)休眠期藥劑處理對‘七寸桃’盆栽植株開花之影響：

‘七寸桃’盆栽植株以 5 種藥劑處理後植株均有略為提前開花的現象，以 2%硝酸鉀處理之植株開花最早，於入冬第一波冷鋒影響日(2012 年 11 月 26 日)起 71 天即有 50%植株開始開花並達商品價值，較不處理植株提早 5 天，其次為 8%夏油處理可提前 4 天開花 (表 5)。以 2%硝酸鉀處理植株總萌芽率及花芽率最高，以 8%夏油及 5%尿素處理之總萌芽率及花芽率較低，且田間觀察兩藥劑處理有輕微毒害芽體之現象(圖 4)。另外，以 3%氫胺及 2%硫脲藥劑處理之植株對促進‘七寸桃’盆栽植株萌芽影響不顯著，且各藥劑處理對盛花期及花徑表現均無顯著性之影響(圖 5)。由此試驗中得知，以藥劑處理對杏花‘七寸桃’盆花開花調節之生產利用上助益不大，盆栽花期無法調整提前於 1 月下旬農曆年前開花。

表 5. 催芽藥劑處理對‘七寸桃’盆栽花期之影響(2013 年)

藥劑處理	至 50%植株開花 所需日數及日期 ^z	至盛花日數 ^y	花徑
	days(mm/dd)	Days	cm
3%氫胺	74(02/07)	85.7 a ^x	3.6 a
5%尿素	73(02/06)	84.2 a	3.8 a
8%夏油	72(02/05)	82.8 a	3.7 a
2%硫脲	74(02/07)	85.5 a	3.5 a
2%硝酸鉀	71(02/04)	84.1 a	3.8 a
對照(不處理)	76(02/09)	85.8 a	3.6 a

^z：同行英文字母相同者表示最小顯著差異測驗 (LSD) 在 5%水準差異不顯著。。

^{x,y}：自入冬第一波冷鋒影響日(2012 年 11 月 26 日)起算至植株達 80%花開日。

^x：指經藥劑處理 50%盆栽植株開始開花之日。

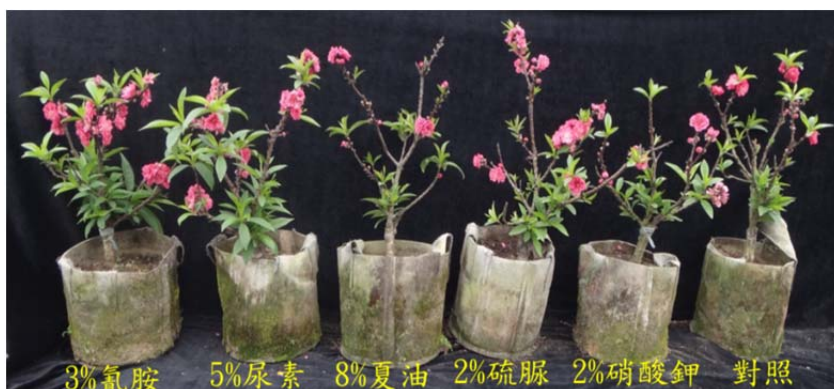


圖 4. ‘七寸桃’觀賞桃花盆栽經藥劑處理對開花的影響。(2013 年 2 月 10 日拍攝)。

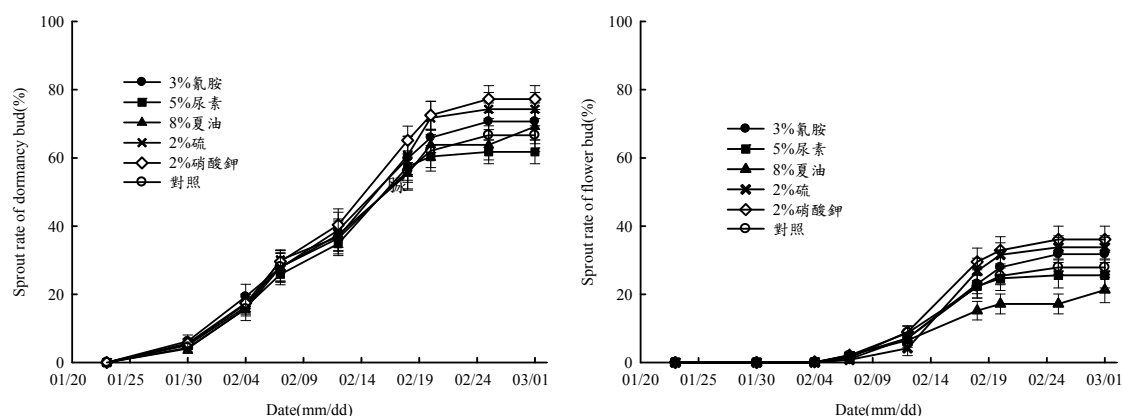


圖 5. 催芽藥劑處理對‘七寸桃’盆栽植株總萌芽率(上)及花芽率(下)之影響(2013 年)。

(二)休眠期冷藏處理對‘七寸桃’盆栽植株開花之影響：

鑑於藥劑處理對調節花期效果不顯著，本試驗進一步以冷藏直接提供低溫條件，以滿足植株低溫需求達到植株提前開花目的，1 月上旬開始分 4 梯次進行盆栽品種之杏花植株冷藏處理，試驗結果顯示，1 月 7 日第一梯次以 8℃ 冷藏 12 天，取出定植於 8 寸美植袋後移入 25/20℃ (光照 12 小時) 之生長箱及露天田區，分別可於 11 天後(1 月 30 日)及 16 天後(2 月 4 日)開花並達盆栽商品價值，冷藏處理時間愈晚對杏花’盆栽開花時間亦明顯延後(表 6)。1 月 14 日以後植株進行冷藏處理再取出至於生長箱中，植株開花仍均較不處理之自然花期 2 月 14 日提早一些。然置於露天田區者，受自然氣候之氣溫時高時低之影響，反而有延後開花之情形，接近自然花期時(1 月 28 日)進行冷藏處理，在冷藏過程中，有少數植株在冷藏過程中萌芽而開花(圖 6)。冷藏方式調節花期對盆栽植株花徑影響不顯著，但較早冷藏植株花芽萌芽也有提早的趨勢，但總萌芽率較低(圖 7)。由本試驗可知，1 月上旬前將杏花盆栽以 8℃ 冷藏 12 天後置於生長箱 11 天或露天自然環境下 16 天，可促進盆栽提前開花調節盆栽產品於農曆年前供貨上市，但有些冷藏催芽的花朵會有花色變淡的現象，雖然花朵品質略降，但觀賞品質影響不大，生產者可依市場期待開花日期進行生產調整。

表 6. 冷藏處理時期對杏花‘七寸桃’盆栽開花之影響(2013 年)

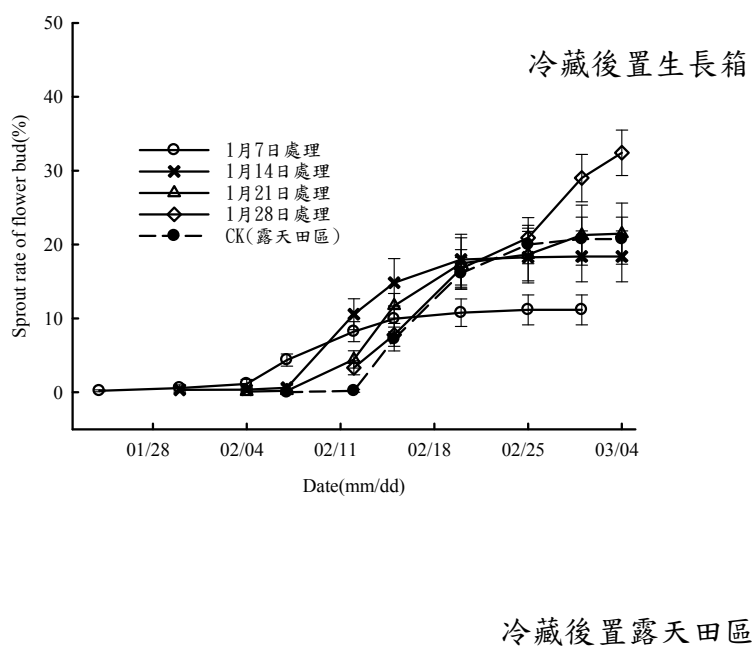
冷藏處理時期		至 50%植株開花所需日數 及日期 ^x		花徑	
		生長箱	露天田區	生長箱	露天田區
		days(mm/dd)		-----cm-----	
第一梯	01/07-01/19	11(01/30)	16(02/04)	3.5 a ^y	3.6 a
第二梯	01/14-01/26	12(02/07)	17(02/12)	3.6 a	3.7 a
第三梯	01/21-02/02	10(02/09)	10(02/20)	3.6 a	3.5 a
第四梯	01/28-02/09	0(02/09)	0(02/09)	3.5 a	3.6 a
對照(露天田區)		(02/14)	(02/14)	3.5 a	3.6 a

^x：指經冷藏處理後 50%盆栽植株開始開花之日。

^y：同行英文字母相同者表示最小顯著差異測驗 (LSD) 在 5%水準差異不顯著。



圖 6.1 月間‘七寸桃’觀賞桃花盆栽冷藏處理越早，花期越早(2013 年 2 月 15 日拍攝)。



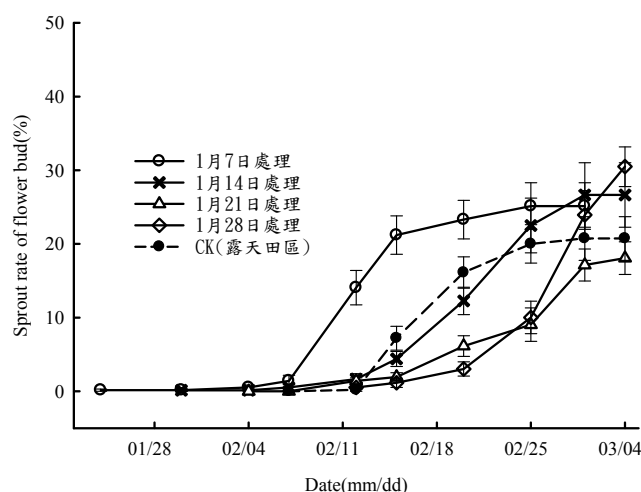


圖 5. 冷藏處理後放置 25/20°C (光照 12 小時) 之生長箱(上)及露天田區(下)對杏花‘七寸桃’盆栽開花之影響(2013 年)

結 論

櫻花與杏花是休閒景觀效益極高的觀賞樹種，也是國人農曆春節前後居家綠美化佈置重要應景切花(枝)材料。在供應年節用花生產策略上，由於適應臺灣氣候的櫻花品種不少，加上經評估篩選之山櫻花品種(系)，能在低海拔至平地地區旺盛生長、分枝強的特性，生產切花(枝)的業者可選擇花期 1 月中至 1 月下旬之‘桃園 1 號—報春’、TYPC089254 品系、TYPC089269 品系、TYPC109238 品系、TYPC10WK02 品系等山櫻花品種(系)，在農曆年前生產切花(枝)，提供市場用花高峰所需；花期 2 月上至中旬之商業品種‘八重櫻’，及 2 月中至下旬之‘昭和櫻’及‘富士櫻’，可於農曆年開始至元宵節期間生產切花，以延續櫻花切花(枝)產期。該等櫻花品種(系)除平地生育習性佳特性外，在瓶插壽命的表現亦達 2 週以上，非常符合優良切花品質的要求。故選擇該等建議的櫻花品種在平地及淺山地區利用自然氣候條件，即可調節切花(枝)生產以供應切花市場利用。

臺灣的杏花品種自然花期於 2 月中至下旬，在高海拔地區則有花期較晚的趨勢，切花(枝)的生產通常僅供農曆年間至元宵節前後切花市場需求，為能滿足年節前市場高峰用花需求，田間操作可於 1 月上旬前進行除葉，並於 1 月中旬以 3% 氫胺藥劑噴灑處理，可使植株提早 3~5 天開花，提早切花(枝)採收，提前供貨上市，惟此法在暖冬效果不顯著，但促進整齊開花與抽葉使切花品質提升仍有所助益。另外，利用休眠期切枝貯藏技術，在 1 月上旬切枝採收後以 8~15°C 的涼溫插水保濕黑暗貯藏 10 日，再室溫插水保鮮約 2 週，或在 1 月中旬切枝採收以 15~25°C 插水保濕貯藏約 10 日，再室溫保鮮處理 1~7 日，可促進切花(枝)提早 2~3 週萌芽開花，以調節切花(枝)於 1 月下旬(農曆年前)供貨上市。觀賞桃花花色相當討喜，盆栽化栽培有矮性品種可選擇，其中‘七寸桃’偶爾在年節過後可見於花市，但仍不普遍。花期調節至農曆年前，應有市場潛力。試驗結果顯示，1 月中下旬間以 2% 硝酸鉀藥劑全株噴施處理，可使盆栽植株提前 5 天開花；或在 1 月上旬前將小盆栽或帶土團掘起以 8°C 保濕冷藏 12 天後，再置於設定 25°C 之加溫設備中或露天自然環境下 11~16 天，可促進盆栽植株提前開花。藉以盆栽植株冷藏催花技術調節觀賞桃花盆栽花期，是農曆年前提供應景盆花搶市之新技術，值得農民生產應用及投資生產。

致謝

本研究承台北市瑠公農田水利會暨財團法人中正農業社會公益基金會支持與經費補助，特致謝忱。

參考文獻

1. 中國植物誌。1986。薔薇科桃屬—桃(原變種)。中國科學院中國植物誌編委會科學出版社。第38卷。P.19-20。
2. 尤崇魁。2007。櫻花栽培與欣賞。園藝世界出版社出版。台北市。pp.128。
3. 石啟明。1995。氫胺對桃樹萌芽與產期調節之研究。國立中興大學園藝系研究所碩士論文。pp.163。
4. 江明豪。2002。低需冷性桃樹之休眠。國立臺灣大學園藝系研究所碩士論文。pp.63。
5. 臺灣植物誌編輯委員會。1977。臺灣植物誌。第三卷被子植物群。pp.82-89。現代關係出版社出版。
6. 廖萬正。1985。桃與李之產期調節。果樹產期調節專刊。林信山主編。臺灣省台中區農業改良場發行。
7. 潘富俊、呂勝由。1996-1997。省產薔薇科櫻屬之系統分類及遺傳變異研究。行政院農業委員會林業試驗所森林生物系研究報告。行政院國家科學委員會補助計畫。Pp.19。
8. 蔡世宗。2009。採穗時期與低溫冷藏時間對臺灣新興梨穗品質之影響。國立臺灣大學園藝系研究所碩士論文。pp.60。
9. 謝文華。1960。山櫻花。臺灣自生有用重要園藝植物圖說。中榮書局出版發行。pp.849。
10. 應紹舜。1991。屬99.野櫻桃屬--自生種。臺灣高等植物彩色圖誌。六景彩色印刷有限公司印刷，應紹舜出版發行。pp.524-561。
11. 羅士凱。2002。控水、採後修剪及催芽劑對自根台農甜蜜桃在台北生長結實之影響。國立臺灣大學園藝系研究所碩士論文。pp.65。
12. Ashebir, D., T. Decker, J. Nyssen, W. Bihon, A. Tsegay, H. Tekie, J. Poesen, M. Haile, F. Wondumagegnehu, D. Raes, M. Behailu, and J. Deckers. 2010. Growing apple(*Malus Domestica*) under tropical mountain climate condition in northern Ethiopia. *Expl. Agric.* 46:53-65.
13. Diaz, D. H., A. Alvarez, and J. Sandoval. 1987. Cultural and chemical practices to induce uniform bud break of peach and apple under warm climates in Mexico. *Acta Hort.* 199:129-136.
14. Erez, A and G. A. Couillon. 1982. The effect of climate conditions on breaking the rest in peach buds : A reassessment of chilling requirement. In *Abstr. 21st intern. Hort. Congr. Vol. 1.* Hamburg. p.1152.
15. Faust, M., A. Erez, L. J. Rowland, S. Y. Wang, and H.A. Norman. 1997. Bud dormancy in perennial fruit trees: physiological basis for dormancy induction, maintenance, and release. *HortSci.* 32:623-629.
16. George, A. P. and R. J. Nissen. 1988. Chemical methods on breaking dormancy of low chill nectarines preliminary evaluations in subtropical Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture.* 28:425-429.
17. Jorge, H. S.C., H.F. Leslie, and T.H.H. Chen. 1992. Hydrogen cyanamide induced budbreak and phyto- toxicity in 'Redhaven' peach buds. *HortScience.* 27:874-876.
18. Klinac, D. J., H. Rohitha, and J. C. Pevreal. 1991. Use of hydrogen cyanamide to improve flowering and fruit set in nashi(*Pyrus serotina* Rdhd.). *New Zealand J. of Crop and Horticulture Sci.* 19:87-94.
19. Mohamed, A.K.A. 2008. The effect of chilling, defoliation and hydrogen cyanamide on dormancy release, bud break and fruiting of Anna apple cultivar. *Sci. Hort.* 118:25-32.
20. Saure, M. C. 1985. Dormancy release in deciduous fruit trees. *Hort. Rev.* 7:239-289.
21. Siller-Cepeda, J. H., L. H. Fuchigami, and T. H. H. Chen. 1992. Hydrogen cyanamide induced budbreak and phytotoxicity in 'Redhaven' peach buds. *HortSci.* 27(8):874-876.
22. Zanol, G.C. Y. Sekozawa, S. Sugaya, and H. Gemma. 2010. Effect of hydrogen cyanamide on dormancy release, budbreak and fruiting in Japanese pear. *Acta Hort.* 884:363-370.

The study of cultural techniques of cutting and potting production on sakura(*Prunus* spp.) and ornamental peach(*Prunus perica* Batsch) plants.

An-Na Wu

Abstracts

The experiment was conducted to screen cutting cultivars(or lines) of sakura and ornamental peach, and study the blooming regulation technology of cutting and potted plant for marketing demand before and after the Lunar New Year. The superior flowering habits and strongly branching cultivars(or lines) of sakura ‘Taoyuan No.1-spring’, lines No. TYPC089254, TYPC089269, TYPC099238 and TYPC10WK02, and ‘Pa- Chung Ying’, ‘Jing-Weng Ying’ and ‘Fuji Ying’, and ornamental peach ‘dianthiflora’, ‘**duplex**’ and ‘alba-plena’ were selected according to long vase life of cutting trial. Those selected superior cultivars or lines were grafting on adapting stocks for productive promotion in future. The field trial results in defoliation and 3% hydrogen cyanamide treatment on ornamental peach ‘duplex’ tree were showed the initiate flower and bloom dates were advancing 3-5 days in 2012. The opposite results were found and might cause the warming winter with one third less low chilling accumulation(<15°C) in 2013. Fortunately, both defoliation and 3% hydrogen cyanamide treatment could promote the quality of cutting shoots by enhancing the sprouts of dormancy buds, particular in the flower bud.

The cutting trial in 2012, the results of harvesting period, storage temperature and duration were showed that harvested in middle dormancy (early January) of plant, then kept the cuttings in 8-15°C ten days, the 50% cuttings would accelerate to flower after 10-13 days of stick in vase at room temperature. Furthermore, the cuttings harvested in last dormancy (last January), then kept in 15-25°C ten days, the flowers would explode after 1-7 days in vase. Use the storage techniques, the cutting shoots could accelerate to bloom earlier than nature bloom for 2-3 weeks, but the quantity of flowers on shoot would decrease obviously.

The results of chemical and chilling treatment on the flower of potting ornamental peach ‘densa Makino’ had shown that 2% KNO₃ could advance the bloomsom of plant for 5 days. Moreover, chilling the plant 12 day with 8°C before early January , then kept the potting 11 days in 25 °C chamber with lighting 12 hours or 16 days in natural field, the plants would accelerate to bloom in late January. The flowering products of potting ornamental peach could be used to supply listed before the Lunar New Year.

Key word : Sakura, Ornamental peach, Blooming regulation

陸生性邊褐端黑螢大量繁殖可行性評估之研究

何健鎔、方華德

行政院農業委員會特有生物研究保育中心

摘要

邊褐端黑螢(*Luciola terminalis*)為臺灣平原常見的螢火蟲，成蟲採集自苗栗縣獅潭鄉，經配對、交尾與採卵，作為供試蟲源。幼蟲之食性測試上選擇扁蝸牛、非洲大蝸牛、雙線蛞蝓、東方果實蠅、長腳捷蟻、舉尾蟻、白蟻、蚯蚓、馬陸及陸生渦蟲等 10 種原棲地常見的無脊椎動物，經測試結果僅渦蟲不取食外，其餘皆能接受。經評估後選用舉尾蟻(*Crematogaster* spp.)作為大量飼育的食餌。邊褐端黑螢生活史由試驗得知，為一年一世代，完整生活期平均 270.9 ± 34.1 天($n=26$)，其中建造土繭的行為是幼蟲正常羽化的關鍵，必須於適當時間提供土壤供其化蛹。大量繁殖模式提出「二階段燐螢幼蟲飼育法」，成蟲羽化率可達 1 成。透過人力、耗材等開銷進行評估，飼養成本約新臺幣 50 萬元(以 10,000 隻幼蟲計)，單隻成蟲飼育成本約新臺幣 50 元。本文提供飼養管理之方法，評估大量繁殖的可行性，建立邊褐端黑螢大量飼育模式。並成功累代與繁殖經驗，可作為未來陸生螢火蟲保育及復育之基礎。

關鍵詞：邊褐端黑螢、舉尾蟻、生活史、陸生螢火蟲、大量飼養、燐螢

前言

近年來在政府輔導社區推動螢火蟲保育下，鼓勵民眾參與，經由螢火蟲的保育與生態旅遊之推動，以達賞螢生態產業能永續經營發展的目的。利用 Yahoo 奇摩網頁以「賞螢、農場」等作為關鍵詞進行臺灣相關新聞的搜索，可以發現近 178,000 筆的資料，顯示民眾參與賞螢活動的熱度及與生態產業結合的盛況，已廣受社會大眾的歡迎。此外，政府也正積極推動生態旅遊，賞螢活動也可兼顧螢火蟲保育與創造地方產值的雙贏局面，以阿里山地區為例，自阿里山國家風景區管理處 1989 年首推螢火蟲生態導覽活動以來，引起各方重視，經由社區互助下，規劃與舉辦賞螢活動，並恪守賞螢規範，觀賞之餘不忘宣導護螢理念，如今已成為臺灣最具代表性及指標性的賞螢地點之一，對於當地的民宿活動亦估計有超過 9 億的年營收(何健鎔等，2009)。

我國在積極推展螢火蟲保育工作有成，於民國 98 年 4 月公告黃胸黑翅螢(*Luciola hydrophila*)及鹿野氏黑脈螢(*Pristolycus kanoi*)為珍貴稀有保育類物種(行政院農委會林務局自然保育網)。又經螢火蟲學者專家在分類學、生物學及生態學等相關基礎研究漸臻完善下，帶動了其它休閒產業之發展，因此大量飼養模式等成為重要議題之一。但查閱相關陸生及水生螢火蟲相關論述甚少(張錦洲，1994;何健鎔，2002;何健鎔等，2003;何健鎔等，2006)，且以水生螢火蟲居多，主要以黃緣螢(*Luciola ficta*)為代表。但其生活史之研究上，透過獨特的單隻飼養技術，已能詳細地描述其生活史(Ho *et al.*, 2010);此外黃緣螢幼蟲大量飼養技術上也較為成熟，可於實驗室培育多量幼蟲，提供種源保存的方法，也可作為科學研究上之材料等(何健鎔，2005)。

陸生螢火蟲在飼養研究上，由於起步較晚，且論述甚少(何健鎔等，2014)，主要涉及供試蟲源少、基礎生活環不瞭解、飼育空間、食物分配、天敵捕食、疾病傳染及種內攻擊等諸多問題，仍須克服解決。因此針對以上問題，本計畫將發展實驗室大量飼養方式，探討幼蟲食性、生活史及大量模式等，記錄雌蟲產卵量、孵化率、幼蟲死亡率及成蟲羽化率等數據，作為評估大量繁殖模式之可行性之依據，並作為將來科學研究、復育及保育之基礎。

材料與方法

(一)邊褐端黑螢之臺灣分布情形

參考過去文獻及先期調查工作，瞭解邊褐端黑螢在臺灣的分布情形，提供將來採種及保

育工作推動之參考。

(二)供試蟲源

2011年8月間赴苗栗縣獅潭鄉的棲地，採集雌蟲與雄蟲，攜回南投縣集集鎮的特有生物研究保育中心進行飼養、配對與交尾，使用水苔做為雌蟲產卵介質，每日將卵取出，作為試驗蟲卵。此外，部份蟲卵待其孵化，提供幼蟲食性測試之用。蟲源試驗皆在實驗室於室溫18-30℃，相對濕度RH=80±5%，光照L:D=10:14之環境條件下進行。

(三)幼蟲食性測試

陸生熠螢屬(*Luciola* spp.)的幼蟲為肉食性，且食性廣泛(何健鎔，2002)。在調查與採集的過程中，選擇原棲地會出現的扁蝸牛、非洲大蝸牛、雙線蛞蝓、東方果實蠅、長腳捷蟻、舉尾蟻、白蟻、蚯蚓、馬陸、陸生渦蟲等10種，為棲地間常見之食餌種類，作為幼蟲的供試食物，食餌預先放置於冷凍櫃(-4℃)儲存。試驗開始前，先對幼蟲進行48小時不餵食的飢餓處理，再從冷凍櫃取出食餌解凍，取適量放於飼育墊上，經過48小時後，分別觀察記錄取食情形。共10處理，每處理10重複，若有5重複以上被取食，則顯示為幼蟲食餌；反之，則顯示該食餌幼蟲不取食。

(四)生活史試驗

本試驗進行幼蟲單隻飼育之方法(何健鎔等2003,2014)，首先將蟲源置入透明塑膠盒(高度6cm，底部直徑8cm，開口直徑9.5cm)中進行飼養，蓋子中央打上十字紋孔，提供內外空氣流通，容器底部以對折二次後的白色衛生紙作為飼育墊(10.5cm x 10.5cm)，加入3ml去離子水，提供容器內的濕度維持。此外，陸生熠螢屬的幼蟲化蛹步驟較為繁瑣，需要利用環境中的土壤製做土繭，並於其內才進行化蛹，因此本試驗參考何健鎔(2002)外，並改變化蛹前的飼育環境。幼蟲飼育階段的食餌種類提供，於食性測試後從中挑選合適者進行餵養。每日記錄各生長期變化與過程。

(五)大量飼養與評估

依據「蝸牛活體飼養法」進行改良(何健鎔等，2003)，並以容易採集、保存容易及花費成本低等考量。提出「二階段熠螢幼蟲飼育法」，詳如圖1。幼蟲飼育容器(長：15.5cm，寬：12.5cm，高：7cm)選擇之小型置物盒，並選擇幼蟲大量飼養食餌種類，並於終齡幼蟲末期置入化蛹所需之土壤，供其化蛹，進行大量飼養。本研究分別於101年及102年度進行2次。102年度供試蟲源來自研究室中累代飼養之成蟲，經配對、交尾及產卵，以水苔進行採卵，待雌蟲產卵至死亡，再將當日孵化之幼蟲以細毛筆將卵挑出置入容器中，作為大量飼養之供試蟲源。

於101年度飼養幼蟲9,400隻，以小型置物盒飼育，每盒飼養幼蟲200隻，共計47盒，以待幼蟲飼養至終齡，在放入土壤供其幼蟲作成土繭化蛹。再進行破壞土繭，將蛹挑出，待其羽化為成蟲，分別記錄每盒幼蟲之死亡數量。成蟲羽化後更挑選30對進行產卵量與卵孵化率試驗，由每隻雌蟲的總產卵量中取樣30顆，計算卵孵化率。102年度則提高飼養幼蟲數量共12,000隻，先以100隻孵化幼蟲置入小型置物盒飼養，共計120盒。方法與過程與101年度同。分別比較101年度與102年度之大量飼養過程，記錄卵孵化率、初齡幼蟲(1~2齡)、老齡(3齡~終齡)及蛹期之死亡率等數據，評估大量繁殖的可行性，建立邊褐端黑螢大量飼育之模式。

結果與討論

(一)臺灣分布概況

根據文獻之分布紀錄(Lai *et al.*, 1998; 鄭明倫等，1999; 何健鎔，2001; 何健鎔與朱建昇，2005; 林穎明，2007; 李兩傳，2011)與本計畫調查成果，邊褐端黑螢屬於農業生態系的種類，主要分布於低海拔山區，休耕農田、草生地等棲所，目前已知的分布區域有新北市的新店、三峽、平溪與金山; 桃園縣關西鎮; 苗栗獅潭鄉、臺中市東勢鎮及屏東九如等地(圖2)。

(二)幼蟲食性

透過幼蟲食性試驗得知，扁蝸牛、非洲大蝸牛、雙線蛞蝓、東方果實蠅、長腳捷蟻、舉

尾蟻、白蟻、蚯蚓、馬陸、陸生渦蟲等 10 種棲地間常見小型無脊椎動物，其中僅陸生渦蟲不被幼蟲取食，顯示邊褐端黑螢幼蟲為肉食性外，其食性較為廣泛。本研究為能取得大量、廉價與方便處理之食餌，選擇舉尾蟻作為大量繁殖的食餌來源。

(三)生活史研究

獅潭鄉的棲地採集雌蟲與雄蟲，本試驗共進行幼蟲單隻飼育 32 隻次，最終成功羽化 26 隻次，結果詳如表 1 及表 2。以整體來看($n=26$)，卵期平均 19.4 ± 1.4 天，幼蟲期平均 229.5 ± 33.7 days，前蛹期平均 2.3 ± 0.9 days，蛹期平均 5.8 ± 1.0 days，成蟲期平均 14.0 ± 3.9 days，完成一世代平均 270.9 ± 34.1 days。雌雄分開來看，雌性($n=19$)卵期平均 19.5 ± 1.6 days，幼蟲期平均 231.2 ± 27.6 days，前蛹期平均 2.3 ± 1.0 days，蛹期平均 5.6 ± 1.0 days，成蟲期平均 13.5 ± 4.2 days，完成一世代平均 272.1 ± 27.6 days；雄性($n=7$)卵期平均 19 ± 0.0 days，幼蟲期平均 224.9 ± 49.3 days，前蛹期平均 2.3 ± 0.5 days，蛹期平均 6.3 ± 0.8 days，成蟲期平均 15.3 ± 3.0 days，完成一世代平均 267.7 ± 50.5 days。

邊褐端黑螢之生活史主要經歷卵、幼蟲、蛹及成蟲等四個階段(圖 3)，其中幼蟲期最長，約占全生活史的 85.6%，幼蟲期有 4~6 齡($n=26$)(圖 4)，而影響昆蟲之齡期差異的因素有溫度、光週期、食物供給的量與品質、濕度、飼養密度、個體差異、遺傳及性別等(Esperk *et al.*, 2007)。當幼蟲達終齡時，會尋找合適的地點製作土繭(mud cocoon)(圖 5)。羽化之成蟲以棉球沾 5% 蜜水餵食，成蟲經配對交尾後，估算單隻雌蟲產卵量，平均一生 82.2 ± 37.7 粒($n=30$)，孵化率約 93.8 ± 13.0 ($n=30$)。根據飼養結果顯示性比為 1:1。

(四)101 年度與 102 年度大量飼育之比較

101 年度飼養幼蟲 9,400 隻，選用小型容器進行飼養，2 齡幼蟲數減至 3,929 隻，死亡率達 58.2%；3 齡幼蟲數至終齡減至 1,689 隻，死亡率達 23.8%；蛹期數量 1,026 隻，死亡率達 7.1%，成蟲成功羽化 931 隻，羽化率為 9.9%。而 1-2 齡幼蟲死亡率超過 5 成，探討其原因可能是幼蟲在密度高飼養的情況下，有機會出現互相攻擊、啃咬的行為所造成，特別是在幼蟲剛蛻皮的階段，表皮最脆弱，在高密度飼育下較容易產生，若降低飼育密度可能可以改善。此外，飼育容器的壁面常因濕度過高而產生水珠，低齡期的幼蟲易受其沾黏而無法逃離，飼養過程亦觀察到受水珠黏附的死亡個體，推測為導致死亡率過高的原因之一。

102 年度大量試驗就 101 年度所產生的缺點進行修正，改善容器內壁濕度，若有水珠生成則立即擦拭乾淨；此外，調整幼蟲 3 齡前的飼育密度，同樣使用小盒容器，飼育密度調降為每盒 100 隻，期望提升幼蟲前期的存活率。102 年度飼養幼蟲 12,000 隻，1 齡-2 齡幼蟲數減至 8,172 隻，死亡率為 31.9%；3 齡-終齡幼蟲數量降至 1,658 隻，死亡率為 54.3%；蛹期數量 1,362 隻，死亡率為 2.4%，成蟲成功羽化 1,224 隻，羽化率為 10.2%。透過降低密度進行飼養，已明顯提升 3 齡前幼蟲的存活率；但 3 齡至終齡階段，死亡率超過 5 成。有可能是食餌的品質不佳，舉尾蟻身上有許多蟎類寄生，未能有效清除，導致蟎類移轉寄生於幼蟲身上，導致死亡率攀升。後期以冷凍麵包蟲作為替代食餌，情況得以受到控制，成蟲的羽化率達到 10%。

比較 2 次大量飼育的成果(表 3)，最終的成蟲羽化率分別為 9.9%與 10.2%，兩者雖差異不大，進一步檢視低齡期(3 齡前)的幼蟲死亡率，將小盒容器的飼養密度降為 100 隻次/每盒，有效將死亡率從 58.2%降為 31.9%。當幼蟲達 3 齡轉換至大盒容器飼養 100 隻次/每盒，若能在此階段有效降低食餌蟎類的發生，可改善成蟲之羽化率(表 3)。

為瞭解室內繁殖種源之弱化現象，經比較實驗室飼養與野外採集之成蟲體長寬(表 4)，成果顯示實驗室飼養之雌蟲($n=201$)體長為 10.50 ± 0.78 mm、體寬為 3.10 ± 0.18 mm，雄蟲($n=151$)為 10.27 ± 0.68 mm、體寬 2.90 ± 0.17 mm；野外採集雌蟲($n=7$)體長為 10.88 ± 0.42 mm、體寬為 3.47 ± 0.13 mm，雄蟲($n=22$)體長 10.57 ± 0.57 mm、體寬 2.95 ± 0.17 mm。整體來看實驗室飼養的平均體長與體寬較野外族群略小，經 t-test 檢定，差異皆不顯著($p>0.05$)。

(五)大量飼育流程之評估與建立

昆蟲的大量飼養涉及複雜的操作過程，需有相關生物學知識的累積及設備與裝置的投資，

本計畫以飼育成果、人力、食餌及成本等方面來評估飼養成效。根據大量飼育的成果顯示，101 年度的成蟲羽化率為 9.9%，102 年度則為 10.2%，若以兩者平均約 10% 的收獲率，進行收益之評估，以 10,000 隻的初齡幼蟲預期有 1,000 隻收獲量(成功羽化為成蟲)，若以雌雄性比 1:1 來做換算，其中雌蟲約有 500 隻，再以每隻雌蟲平均可產 82.2 粒卵做計算，卵量可達 41,100 隻次，乘上 93% 孵化率，將有 38,223 隻次一齡幼蟲的產出，預期較原試驗族群成長近 3 倍。

人力規劃建議聘請一位專職飼養人員，每週進行試驗記錄、替換食餌與飼育墊及濕度控制，經實驗室測試，每週最大處理幼蟲數量為 1 萬隻次，即每天可處理 2,000 隻次，於幼蟲 3 齡前，一週投入食餌 2 次，幼蟲 3 齡後，則一週投入食餌 1 次即可，飼養數量過多則無法於當週完成食餌替換，嚴重影響幼蟲飼育環境與食餌的品質。邊褐端黑螢正常為一年一世代，一年所需之幼蟲飼育相關花費見表 5，以飼養所需的容器、人事費用、食餌取得及飼育資材等花費，平均 1 隻幼蟲的成本近 50 元，提供未來投入飼養管理之參考。

結論

本計畫已初步建立大量飼養流程(圖 6)，藉由物種分布的瞭解、幼蟲食性測試，以及生活史的研究，提供大量飼養得以順利進行。大量飼養提出「二階段燐螢幼蟲飼育法」，依據生活史資訊定期更換不同規格之容器飼養，以及食餌品質的管控，來提升幼蟲存活率，作為將來復育及保育螢火蟲之基礎外，也可供作休閒農業、生態產業、保育研究及天敵培育等領域，提升臺灣產業多元發展的品質與水準。

參考文獻

1. 李兩傳。2011。夢幻星光—新北市賞螢手冊。新北市政府。63 頁。
2. 何健鎔。2001。臺中縣螢火蟲導覽手冊。臺中縣政府。96 頁。
3. 何健鎔。2002。臺灣 21 種螢科幼蟲之形態及生物學。國立中興大學昆蟲學系。博士論文。163 頁。
4. 何健鎔。2005。水生螢火蟲養殖技術開發及推廣。行政院農業委員會農業科技產學合作計畫。
5. 何健鎔、方華德、楊平世。2014。黑翅螢幼蟲的飼育裝置(鞘翅目：螢科) 臺灣昆蟲 33: 281-290。
6. 何健鎔、朱建昇。2005。臺灣賞螢地圖。晨星出版有限公司。臺中市。325 頁。
7. 何健鎔、姜碧惠、楊平世。2006。飼養黃緣螢(*Luciola ficta*)(鞘翅目：螢科)之新方法。臺灣昆蟲。26: 77-85。
8. 何健鎔、蘇宗宏、黃獻文。2003。臺灣窗螢之飼養法及其生活環。生物學報。38: 79-87。
9. 林穎明。2007。高屏地區賞螢手冊。行政院農業委員會林務局。臺北市。151 頁。
10. 張錦洲。1994。臺灣產黃緣螢人工飼育之研究。國立中興大學昆蟲學系。碩士論文。48 頁。
11. 鄭明倫、賴郁雯、楊平世。1999。臺灣六座國家公園螢火蟲相概要(鞘翅目：螢科)。中華昆蟲。19: 65-91。
12. Esperk T., T. Tammaru, and S. Nylin. 2007. Intraspecific Variability in Number of Larval Instars in Insects. *Journal of Economic Entomology* 100: 627-645.
13. Ho J. Z., P. H. Chiang, C. H. Wu, P. S. Yang. 2010. Life cycle of the aquatic firefly *Luciola ficta* (Coleoptera: Lampyridae). *Journal of Asia-Pacific Entomology* 13:189-196.
14. Lai, J., M. Sato, and P. S. Yang. 1998. Checklist of Lampyridae of Taiwan – Coleoptera: Polyphaga Lampyridae. *Chinese J. Entomol.* 18: 207-215. (inChinese)

表 1. 邊褐端黑螢各階段之發育天數

Sex	Samples	Developmental duration (mean $\pm$ SD)(day)					
		Egg	Larva	Prepupa	Pupa	Adult	Total
Female	19	19.5 $\pm$ 1.6	231.2 $\pm$ 27.6	2.3 $\pm$ 1.0	5.6 $\pm$ 1.0	13.5 $\pm$ 4.2	272.1 $\pm$ 27.6
Male	7	19 $\pm$ 0.0	224.9 $\pm$ 49.3	2.3 $\pm$ 0.5	6.3 $\pm$ 0.8	15.3 $\pm$ 3.0	267.7 $\pm$ 50.5
Both	26	19.4 $\pm$ 1.4	229.5 $\pm$ 33.7	2.3 $\pm$ 0.9	5.8 $\pm$ 1.0	14.0 $\pm$ 3.9	270.9 $\pm$ 34.1

表 2. 邊褐端黑螢幼蟲各齡期發育天數

Instar	Larval duration (mean $\pm$ SD)(day)	
	Female	Male
1 st	12.3 $\pm$ 3.5 (n=19)	12.3 $\pm$ 1.9 (n=7)
2 nd	16.1 $\pm$ 6.9 (n=19)	17.7 $\pm$ 5.4 (n=7)
3 rd	19.9 $\pm$ 7.1(n=19)	23.6 $\pm$ 17.3 (n=7)
4 th	79.6 $\pm$ 56.1(n=19)	79.1 $\pm$ 42.9 (n=7)
5 th	107.6 $\pm$ 22.5 (n=17)	102.4 $\pm$ 28.7 (n=2)
6 th	65.5 $\pm$ 30.4 (n=2)	-

表 3. 101~102 年度大量飼養之幼蟲、蛹及成蟲的存活數 (死亡率)

年 度	飼養數	生活期			
		1~2 齡幼蟲	3~終齡幼蟲	蛹	成蟲
101	9,400	3,929 (58.2%)	1,689 (23.8%)	1,026 (7.1%)	931 (1.0%)
102	12,000	8,172 (31.9%)	1,658 (54.3%)	1,362 (2.4%)	1,224 (1.1%)

表 4. 實驗室飼養與野外採集成蟲之體長、寬比較

Sex	Body length (mm)		Body width (mm)	
	Lab.	wild	Lab.	wild
Female	10.50±0.78	10.88±0.42	3.10±0.18	3.47±0.13
Male	10.27±0.68	10.57±0.57	2.90±0.17	2.95±0.17

表 5. 幼蟲飼育成本估算(新臺幣)

項目	名稱(工作內容)	單價 / 數量 / 人次	費用(元)
人力	幼蟲飼養	35,000/月 x12 月 x1 人	420,000
	蟲源與食餌採集	5,000/月 x12	60,000
飼育用具	飼育架(四層架)	3,190/個 x2	6,380
	飼育箱(妙用箱 NO.5)	60 元/個 x100	6,000
	軟鑷子	300 元/個 x2	600
	舒潔衛生紙	0.16/抽 x10,000	1,600
	水苔	130 元/包(150g)x15	1,950
合計			496,530

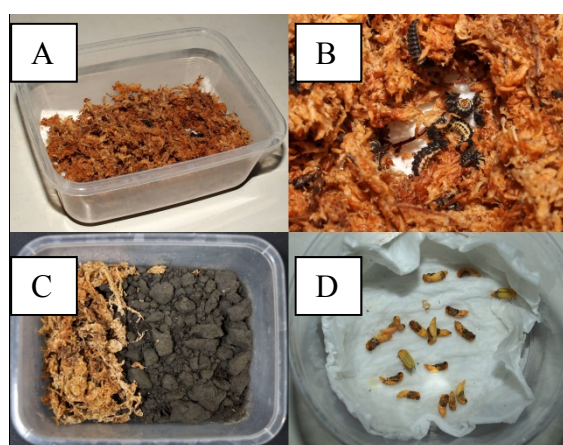


圖1. 102年度大量飼育，採「二階段燐螢幼蟲飼育法」。(A)容器內放置水苔供幼蟲棲息；(B)幼蟲躲藏於水苔縫隙間；(C)於幼蟲終齡階段提供土壤供其化蛹；(D)化蛹後將其挑出集中。

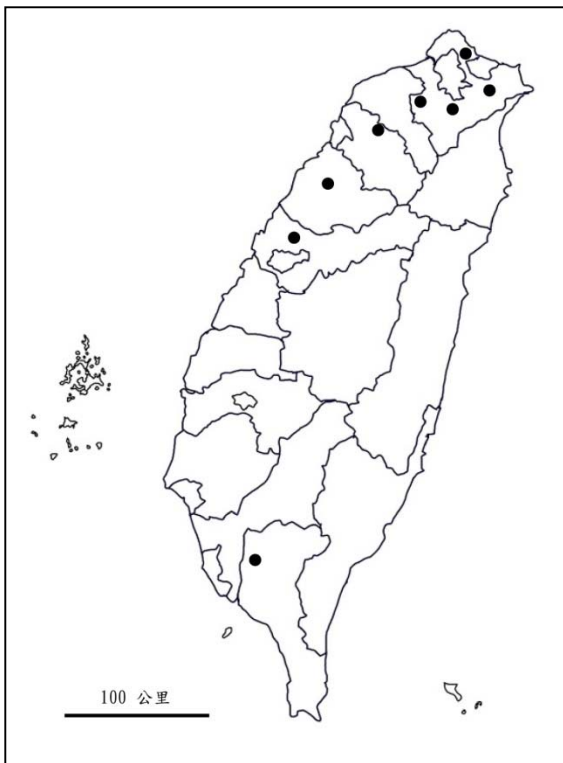


圖 2. 邊褐端黑螢之臺灣分布圖。



圖 3. 邊褐端黑螢之生活環。(A)卵；(B)幼蟲；(C)蛹；(D)成蟲。

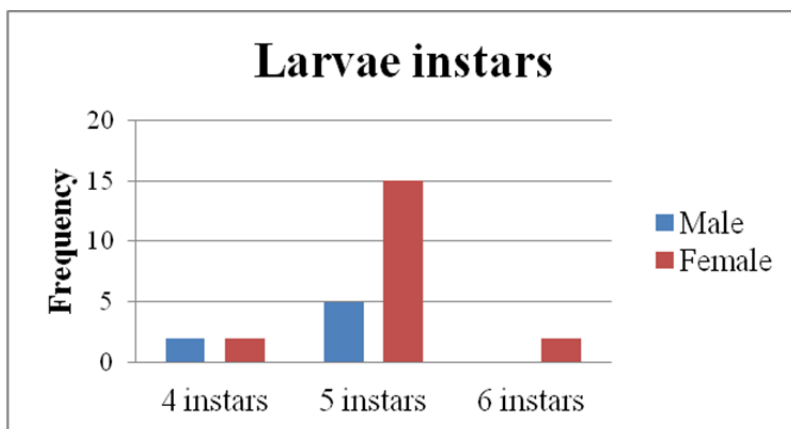


圖 4. 邊褐端黑螢幼蟲雌雄性別幼蟲齡期之分布。

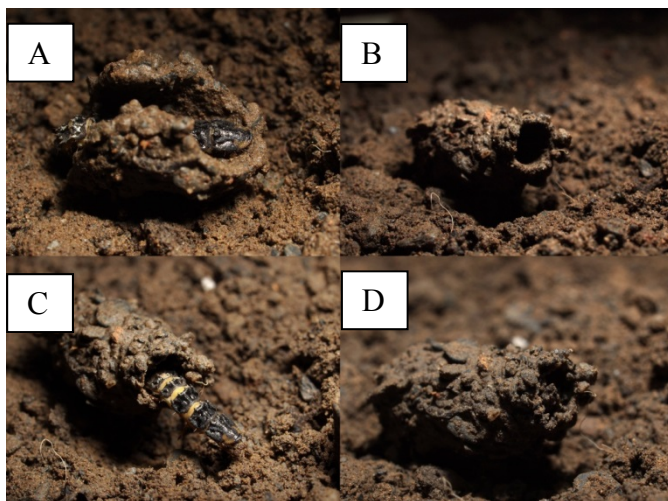


圖 5. 土繭製作。(A)完成土繭基座與兩側部分；(B)兩側及後方皆以封實；(C)僅留前方通道進出修繕繭體；(D)最終以小土粒將洞孔封住。

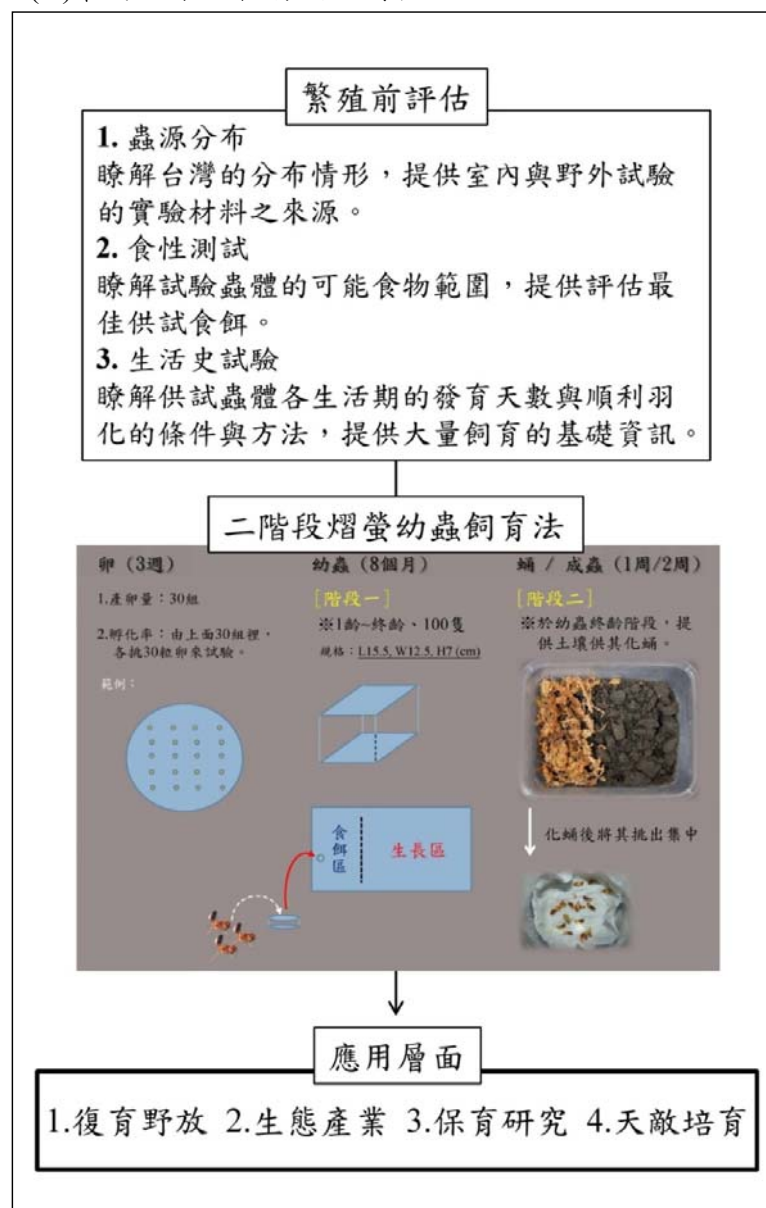


圖 6. 大量飼育流程。

休閒農場網站創意評估工具建構與模式發展

劉瓊如 副教授

國立彰化師範大學地理系環境暨觀光遊憩碩士班

林濰榕 助理教授

遠東科技大學休閒運動管理系

李伊閔 碩士

國立彰化師範大學地理系環境暨觀光遊憩碩士班

摘要

休閒農場已廣泛使用網路為其重要行銷工具，而網站創意是吸引瀏覽者駐留的關鍵特性。然而，鮮少研究探討休閒農場網站創意之內涵及評估其創意表現。本研究透過深度訪談專家學者、內容分析以及兩次的德爾菲調查後得到一 5 構面 39 項評估指標之休閒農場網站創意評估工具，計有科技價值(10 項)、園區資訊(12 項)、互動溝通(9 項)、線上交易(5 項)及顧客關係(3 項)。接著再以專家評估方式，比較目前台灣 12 家綜合型休閒農場網站之創意性。整體而言，線上交易及園區資訊等構面之創意表現較佳，而顧客關係及互動溝通等構面之創意表現則較差。而網站創意表現最佳前三名農場依序為飛牛牧場、雪霸農場以及走馬瀨農場。此外，本研究評估模式分為網站創意刺激、情緒、滿意及意欲等階段，瞭解個人經網站創意之揭露如何透過情緒、滿意之歷程影響其行為意圖。以台灣 12 家知名休閒農場網站為對象，以問卷調查 595 名網站使用者。分析結果發現：網站創意會正向引發網站使用者的情緒，網站使用者的情緒會影響網站滿意度，網站使用者的滿意度會正向影響其行為意圖。本研究亦提出若干管理意涵與未來研究方向之建議。

關鍵詞：休閒農場、網站創意、網站評估、行為意圖

前言

2010 年交通部觀光局「國人旅遊狀況調查」指出，民眾旅遊資訊來源以電腦網路約有 33%，顯示網路已成為目的地管理者重要的行銷管道。在目前競爭的觀光旅遊市場，對目的地行銷組織而言設立網站已是必要的方式（Choi et al., 2007）。然而，使用網路不再保證是成功的行銷活動（Yuan et al., 2006）。網站所提供之內容應有資訊性、教育性、廣告說服性及娛樂性（Werthner and Klein, 1999），而呈現方式則需具有創意才能引人注目。因此，在今日商業市場，為增加目的地行銷組織的競爭優勢，提升網站的創意性是很重要的（Howard et al., 2008）。

創意係指創造新的且有用的無形想法（ideas）和有形的產品（Mayer, 1999, p. 450）。Horn and Salvendy（2008）指出，創意不僅可提昇消費者的滿意，同時也能促進消費者購買產品之意願。換言之，創意亦可對網站增加額外的價值資源（Zeng et al., 2009a）。網站若具備創意設計或許較能吸引瀏覽者目光而取得市場先機。網站創意係指對一網站主觀評價展現新奇性和適當性，並能喚起、取悅網站使用者及迎合其偏好（Zeng and Salvendy, 2008, p. 6）。更有學者研究指出網站創意性會讓網站使用者增加對網站所感知的吸引力、方便性及有用性，並可預測使用者滿意度、再訪網站意願及網站的獲利性（Zeng et al., 2009b）。

根據行政院農委會(2011)統計資料指出，2010 年農村休閒旅遊人數達 1,200 萬人次、產值 65 億元，顯示休閒農場成為觀光旅遊的重要選項之一。此外，農委會積極開發海外旅遊市場，為台灣休閒農業旅遊創造更多商機，近期以語言、飲食習慣及文化背景極為相近的東南亞及香港華人市場為首要行銷目標，積極佈局休閒農業行銷國際。其中境外遊客 2010 年超過 14 萬人次，較 2008 年之 6.4 萬人成長 119%，顯示休閒農場的觀光產值逐年上揚。而對遠距離之潛在顧客而言，網路已是一個普遍運用且提供顧客瞭解目的地的行銷工具（Li and Wang,

2010)。因此，休閒農場業者開始發展網路線上服務並廣泛運用以網站為基礎的行銷策略。再者，對成熟的網路使用者而言，不僅只在網站提供產品或服務資訊（Wang, 2008）。為滿足消費者上網經驗，休閒農場業者應定期評估網站的創意性，以吸引消費者的注意力，藉此提升農場的知名度與銷售量。

目前在觀光休閒領域中，有關網站評估之研究多著重在網站有效性（Schmidt et al., 2008；Li and Wang, 2010）、網站成功因素（Zhong et al., 2011）及網站品質（Yoon and Jang, 2010）等，鮮少探討網站創意之評估。再者，網站對象多以餐廳、旅館、旅遊目的地、航空公司或者旅遊供應商為例，同屬觀光產業的休閒農場網站卻未獲關注。然而，過去觀光網站評估之研究已透露創意元素之重要性。許多研究評估觀光網站的有效性或成功因素時，已考量到創意之內涵，例如：美觀訴求（Hashim et al., 2007；Kline et al., 2004）、互動性（Park and Gretzel, 2007；Schmidt et al., 2008）、個性化（Beldona and Cai, 2006；Park and Gretzel, 2007）以及新奇實用性（Kline et al., 2004；Qi et al., 2008）等。因此，本研究將以創意作為網站評估主軸，探討休閒農場網站創意之內涵與發展評估工具，以提供相關休閒農場經營者在規劃建置網站之參考；並比較目前臺灣 12 家熱門的綜合型休閒農場網站之創意表現。

此外，Bagozzi, Gopinath and Nyer (1990) 認為情緒是一種心理狀態，會隨著個人對事情的評價或想法而引發，透過肢體呈現，進而產生特定的行為意圖；Russell and Pratt (1980) 提出情緒包含兩個獨立的構面，即愉悅(pleasure)和喚起(arousal)，愉悅與人感覺良好、喜悅、快樂的程度相關，喚起則是與人感受到刺激與活力相關。行銷市場研究對於兩大構面的特性已有大量的調查，反應出不同個體其情緒經驗會融合愉悅的和喚起的兩種主觀感覺的影響程度（Feldman, 1998）。創意也會影響使用者的體驗（Zeng et al., 2010），創意可以扮演一種催化劑，使得產品而與眾不同，具有創意的網站，可強化其機能並更便於使用，且能觸動使用者的愉悅情感，亦可增強商業上的競爭力（Zeng et al., 2009a）。

另一方面，滿意度是滿足消費者的需求與渴望的概念（Spreng, Mackenzie, & Olshavsky, 1996）；Morris et al. (2002) 發現消費者情緒的反應對於預測行為意圖及對品牌的態度是有影響力的，同時，Allen et al. (1992) 研究指出消費者的情緒對於購買行為有強烈的影響，而情緒也影響滿意度和再次消費的部分；此外，Oliver (1993) 認為消費者體驗越多的愉悅情緒會產生較多的滿意度。情緒是消費者反應的重要組成因素，是由消費者的滿意度和再次購買所影響的（Allen et al., 1992；Laverie, Kleine, & Kleine, 1993）。因此，本研究認為網站創意有助於影響網站使用者經由正面情緒的反應，會影響網站使用者的滿意度。此外，網站使用者獲得更高的滿意度，有助於提升其購買意願和忠誠度（Yoon and Kim, 2000）。也就是說，滿足網站使用者對網站期望，有助於增加其購買意願及瀏覽頻率（Shankar, Smith, & Rangaswamy, 2003）。而本研究也擬探究網站創意模式發展係由網站創意、情緒、滿意度以及行為意圖等變數所組成之理論。藉由收集來的實證資料以證實該理論之存在，以助於瞭解網站使用者在瀏覽休閒農場網站時的心理與行為模式。

文獻回顧

1. 觀光網站組成成分

本研究參考 Li and Wang (2011) 所使用的網站屬性列表，整合相關學者之研究，歸納觀光網站組成成分，大致可分為資訊、交流、交易、關係與科技價值等五大構面，說明如下：

1.1 科技價值（Technical Merit Dimension）

此構面泛指網站在技術管理上的能力，其功能項目諸如：網頁讀取過程、站內關鍵字搜尋、下載方式、版面設計、視覺外觀、頁面呈現（裝置適用性）及其它功能等（Hashim et al.,

2007 ; Kline et al., 2004 ; Li and Wang, 2010, 2011 ; Park and Gretzel, 2007) 。

1.2 資訊 (Information Dimension)

此構面泛指網站所提供的相關訊息，其功能項目諸如：景點資訊、活動資訊、主題遊程、遊程設計、園區導覽、餐飲資訊、住宿資訊、商品資訊、交通資訊、氣候資訊及旅遊須知等 (Beldona and Cai, 2006 ; Hashim et al., 2007; Li and Wang, 2010, 2011 ; Qi et al., 2008 ; Rong et al., 2009) 。

1.3 交流 (Communication Dimension)

此構面泛指網站用來維持與顧客有效交流的互動管道，其功能項目諸如：互動平台、互動功能、分享方式、網路活動、諮詢平台、常見問答集(FAQs)等 (Kline et al., 2004 ; Li and Wang, 2010, 2011 ; Schmidt et al., 2008) 。

1.4 交易 (Transaction Dimension)

此構面泛指網站所提供的電子交易服務，其功能項目諸如：線上預訂、線上交易、付款方式及交易平台等 (Rong et al., 2009 ; Schmidt et al., 2008) 。

1.5 關係 (Relationship Dimension)

此構面泛指網站用以經營與顧客長期穩固關係的方式，其功能項目諸如：優惠折扣、消費者創作平台及獎勵計畫等 (Park and Gretzel, 2007 ; Qi et al., 2008; Li and Wang, 2010, 2011) 。

2. 網站創意

Zeng et al. (2009a) 認為具有創意的網站，可強化其機能並便於使用，且能觸動使用者的愉悅情感，亦可增強商業上的競爭力。提出網站創意包含：美觀訴求 (Aesthetic Appeal)、互動性 (Interactivity)、新穎性和適應性 (Novelty and Flexibility)、情感 (Affect)、重要性 (Importance)、通用性和簡易性 (Commonality and Simplicity)、個性化 (Personalization) 等七構面。其中，美觀訴求能強化網站的吸引力；互動性能增加使用者對於網站的整體滿意度、價值感等；新穎性和適應性意味著網路的動態服務須持續地更新及管理網站組織架構以促進創意的生成；情感乃指網站的創意對情緒的影響，包含喚起和愉悅兩種情緒反應；重要性代表產品賦予使用者重要的和有用的程度；通用性和簡易性乃指網站設計者應開發各式各樣能增添網站創意性的元件，且不能過於複雜以致使用者產生困惑感；個性化，即針對個別使用者的喜好，使其能自行調整網站的服務配置、內容、結構及外觀。

3. 休閒農場網站創意

本研究整合過去對觀光相關網站的評估研究，認為休閒農場網站創意概念說明如下：

首先，具創意的網站需有美觀上的吸引力及刺激感官的情感連結、並是新穎彈性的；而觀光網站透過其所呈現的美感設計、豐富的配色及其具吸引力的介面所給予使用者的感官享受，都會激發使用者的興趣，且網站所提供的促銷或優惠折扣以及獎勵計畫或顧客忠誠度計畫，這些令人興奮、愉悅的網站產品，吸引使用者的目光，讓其願意再訪 (Kline et al., 2004; Hashim et al., 2007; Park and Gretzel, 2007; Qi et al., 2008; Li and Wang, 2010) 。

其次，具創意的網站需與使用者有高度的互動性，並善用各種多媒體及動態的互動功能促使其網站更多樣化；而觀光網站亦須重視與使用者的交流互動功能，且善用各種媒體作為線上導覽，並提供線上討論的空間或線上客服諮詢，提高使用者與管理者之間的互動 (Kline et al., 2004; Park and Gretzel, 2007; Schmidt et al., 2008; Li and Wang, 2010) 。

此外，具創意的網站要能引起使用者的興趣，重視使用者的偏好，提供個性化的服務，以建立與使用者之間的長期關係；而觀光網站其所提供的各種資訊內容，其內容品質、準確性及專業度都是使用者所重視的，運用各種顧客服務(如會員註冊或訂閱電子報)來建立與顧客的關係，再利用市場區隔和顧客關係管理來提供個性化的客製服務(如旅遊規劃工具)，並針對目標市場提供顧客關注的最新資訊 (Beldona and Cai, 2006 ; Park and Gretzel, 2007; Schmidt et al., 2008; Li and Wang, 2010) 。

再者，創意的網站是建立在簡易和通用的基礎上，給予網站適度的複雜度和珍貴感，以區隔網站的獨特性；而觀光網站的資訊內容要有深度及廣度，亦須是通用性、可靠性、獨特性的，且導覽性功能要容易使用，並適用於各種瀏覽器，以便使用者能夠清楚地明瞭其所需的資訊(Kline et al., 2004; Park and Gretzel, 2007; Qi et al., 2008) 。而網站所設計的熟客計畫方案或專為會員提供的特別服務，能給予使用者一股珍貴且獨特的感受，亦能產生情感上的聯結 (Hashim et al., 2007; Rong et al., 2009; Li and Wang, 2010) 。

綜上所述，本研究試圖從休閒農場網站的組成成分中融入網站創意觀點，提出休閒農場網站的創意性應包括：美觀訴求 (美感設計、感官享受、情緒刺激、吸引力) 、互動性 (交流空間、互動設計、多媒體) 、個性化 (顧客關係、客製化) 及新穎實用性 (獨特性、適用性、可靠性、易用性) 等構念。

4. 網站創意模式建立

本研究採用Mehrabian and Russell (1974) 提出Mehrabian- Russell模型(簡稱M-R模型)，企圖將環境對人類的影響做一模型化，並將情緒結果當成行為反應和環境刺激之間的中介變項。Mehrabian and Russell (1974)指出個人對環境刺激的情緒反應，可以利用愉悅/不愉悅 (pleasure-displeasure)、喚起/安靜 (arousal-nonarousal)，和支配/順從 (dominance-submissiveness)三個構面描述，愉悅是指個人在環境中感覺快樂、愉悅、驚喜或滿足；喚起是指對環境感覺到興奮、警覺心、活力；而支配則指對環境的控制力，也就是在環境中受到控制或是自由活動的程度，根據情緒的反應預測個人對環境刺激反應的趨近或逃避行為。另外，Russell and Geraldine (1980)認為環境情感的各種特性只需兩個互相獨立的向度，即「喚起的」與「愉悅的」就可以涵蓋所有情感的描述。再者，Mehrabian and Russell (1974)將人對於環境的回應分為趨近(approach)或逃避 (avoidance)來加以描述。因此，若是網站環境具創意設計，會透過情緒的反應，進而誘發消費者的趨近行為。茲就相關研究變數及假說發展說明如下：

4.1 網站創意性與網站使用者情緒之關係

在M-R模型中，情緒是環境刺激與行為反應的中介者，而情緒是指心靈、感覺或情感的騷動，泛指任何激起或興奮的心理狀態 (Goleman, 1995)。Bagozzi, Gopinath and Nyer (1990)認為情緒是一種心理狀態，會隨著個人對事情的評價或想法而引發，透過肢體呈現，進而產生特定的行為意圖；Helander and Khalid (2006)認為在產品與服務的功能上和易於使用設計上，應能激發使用者整體消費體驗的吸引力並取悅使用者，也就是說要能迎合使用者的情感和愉悅感。創意可分為功能性的品質(例如：功能性和使用性)與快樂的品質(例如：真實性、美觀性和愉悅性) (Zeng et al., 2010)。依據Herzberg's (1966)所提出的動機理論，功能性品質可視為保健因子，若缺乏他們會引發消費者的不滿意；而快樂品質可視為激勵因子，若存在有助提升消費者的滿意度(Zeng et al., 2010)。創意也會影響使用者的體驗 (Zeng et al., 2010)，創意可以扮演一種催化劑，使得產品而與眾不同，具有創意的網站，可強化其機能並更便於使用，且能觸動使用者的愉悅情感，亦可增強商業上的競爭力 (Zeng et al., 2009a)。因此擬定下列研究假設：

H1：網站創意性與網站使用者的情緒之間具有正向關係。

4.2 網站使用者之情緒、滿意度與行為意圖關係

滿意度為滿足消費者的需求與渴望的概念 (Spreng, Mackenzie, and Olshavsky, 1996); Oliver (1997) 提出滿意度可以由認知和情感模式的雙重過程所證實, 消費者觀察和體驗提供的服務、對於其結果給予評價與反應出的情感。Morris et al. (2002) 發現消費者情緒的反應對於預測行為意圖及對品牌的態度是有影響力的, 同時, Allen et al. (1992) 研究指出消費者的情緒對於購買行為有強烈的影響, 而情緒也影響滿意度和再次消費的部分; 此外, Oliver (1997) 認為消費者體驗越多的愉悅情緒會產生較多的滿意度。情緒是消費者反應的重要組成因素, 是由消費者的滿意度和再次購買所影響的 (Allen et al., 1992)。創意能提升網站使用者感知的吸引力、更便於使用且具有實質效益, 其最終能幫助預測使用者的參觀行為意圖、持續瀏覽及再訪意願, 並且能用來調查使用者的滿意度以及該網站的收益 (Zeng et al., 2009)。因此, 本研究認為網站使用者經由正面情緒的反應, 會影響使用網站後之滿意度, 提出研究假設:

H2: 網站使用者情緒與滿意度之間具有正向關係。

意圖 (intention) 係指個人對未來行為是否執行的傾向, 是預測行為是否發生的關鍵因素 (Fishbein & Ajzen, 1975)。依據理性行動理論 (Fishbein & Ajzen, 1975) 指出: 消費者的行為意圖與其實際行為是有直接的關係。而滿意度是一個重要的決定因素, 會影響消費者是否將在網站上再次購買 (Oliver, 1980; Yoon, 2002)。網站使用者獲得更高的滿意度, 有助於提升其購買意願和忠誠度 (Yoon and Kim, 2000)。換句話說, 滿足網站使用者對網站期望, 有助於增加其購買意願及瀏覽頻率 (Shankar et al., 2003)。因此, 本研究認為網站使用者對網站滿意度的反應, 會影響其對農場的行為意圖, 提出研究假設:

H3: 網站使用者滿意度與行為意圖之間具有正向關係。

研究設計與方法

1. 評估指標之發展

本研究旨在建立休閒農場網站創意評估指標, 下列就休閒農場網站創意組成因素之形成過程加以說明。

1.1 專家深度訪談

在受訪者之選擇及特性部分, 本研究樣本採立意抽樣, 邀請之受訪者皆具有利於研究的特殊知識或經驗。訪談樣本數依資料之收集是否達收斂而定。本研究 5 位受訪者基本資料, 包括 3 名休閒農場產業界專家及 2 名網站設計之專業人員。其中女性受訪者 1 位, 男性受訪者有 4 位; 平均年齡為 40 歲左右; 所有受訪者均擔任主管之職務, 平均服務年資為 8.9 年。

在資料收集方面, 本研究採半結構式的訪談方式, 在每一問項結束時, 確認參與者的立場及論點, 以確保訪談內容的完整性。訪談問項包含: 就您個人的經驗, 休閒農場網站在科技價值、園區資訊、互動溝通、線上交易、顧客關係各層面上, 可分別透過那些方式來呈現其創意性? (請皆舉例說明之)。資料收集持續 2 個多月的時間, 平均訪談時間約為 90 分鐘。

在資料分析方面, 本研究所採用的資料分析方法為內容分析法 (Content analysis), 進行步驟為: 先將訪談內容逐字謄錄, 由作者進行項目 (item) 的初步分類, 再與第一位評判人及第二位評判人討論篩選的項目, 並進行合併或刪除, 此階段由五個休閒農場網站組成成分之構面題項中, 得出 107 個分析單位。而後, 將屬性相同者編碼歸類 (categorization), 每個項目間相互比較, 考量相似或不同之意義的陳述, 而予以合併或分開。此階段所歸類之項目皆需能用來表示網站功能表現的創意性, 按此步驟將 107 個項目歸納至 46 個與休閒農場網站創意相關的類目。緊接著, 再將具有相似特性與特質的 46 個類

目，分別歸類成 5 個更高階的類目。最後則採用演繹式的內容分析將 5 個高階類目，歸類到先前文獻回顧所得到科技價值、園區資訊、互動溝通、線上交易、顧客關係等五個構面。信度的衡量是指，同意的編碼與所有的編碼之間的比例，並且需要高於 0.8 才算具有信度 (Kassarjian, 1977)。在所有項目歸納到類目的信度為 0.89 (95/107)；類目歸納到高階類目的信度為 0.89 (41/46)；高階類目歸納到一般構面的信度為 1 (5/5)，顯示歸類結果之信度佳。本研究將依此架構發展下一部分的德爾菲問卷。

1.2 德爾菲法 (Delphi technique)

德爾菲法於 1948 年由藍德公司 (Rand Corporation) 發展完成，德爾菲法屬於群體決策技術之一，有系統的透過一連串嚴謹設計的問卷調查，蒐集參與成員對某一特定議題的判斷，再匯集這些意見並從中獲取最佳的共識結果。Taylor and Judd (1989) 認為德爾菲法最重要的步驟是如何進行專家的篩選。本研究選取休閒農場觀光發展相關官方人員 (2 人)、實際農場經營者 (4 人) 及大專院校觀光、遊憩、資訊科系之相關學者 (3 人) 及網站設計業者 (2 人)，共計 11 名專家學者為受訪對象，運用德爾菲技術法彙集專家學者對各項指標的看法。經兩階段調查，有效問卷回收率為 100%；以成對樣本 T-test，檢定兩階段受訪者對於各指標的意見已趨於穩定一致。本研究以第二次問卷之結果，建立休閒農場網站創意之評估指標，並採用幾何平均數 3.50 分以上作為公論代表。由統計結果可知，需刪除 4 項之指標，計有「遊程設計能讓我自行安排 (3.49 分)」、「旅遊須知的呈現是新奇的 (3.25 分)」、「旅遊須知的訊息是即時的 (3.36 分)」、「網站提供的優惠折扣是吸引我的 (3.44 分)」等項。最後，整個評估系統共有 39 個指標，5 個構面依序為科技價值 (10 項指標)、園區資訊 (12 項指標)、互動溝通 (9 項指標)、線上交易 (5 項指標) 及顧客關係 (3 項指標) 等。(詳附錄休閒農場網站創意評量德爾菲法調查統計表)

2. 問卷設計與變項衡量

透過國外文獻的收集與彙整，確定並選擇適宜的測量工具，以搜集研究中所欲探討之研究變數。

2.1 「休閒農場網站創意」衡量

休閒農場網站創意量表採用本計畫主持人 101 年研究成果所發展的評估工具。該休閒農場網站創意評估量表包括五大構面，共 39 個題項。詳細內容如表 1 所示。各問項皆以 Likert 五點同意尺度衡量。

2.2 「情緒」衡量

本量表引用自 Russell (1980) 調查情緒之愉悅與喚起兩大構面之研究，在愉悅的構面計有 6 個問項：「生氣-滿意」、「不快樂-快樂」、「不愉快-愉快」、「傷心-愉悅」、「沮喪-希望」、「無聊-娛樂」；在喚起的構面計有 6 個問項：「沒有活力-活力」、「焦慮-平靜」、「冷淡-熱情」、「緊張-放鬆」、「消極-積極」、「平淡-驚奇」，採用 Likert 五點尺度衡量網站使用者的看法，左側為負面或較低強度之情緒，右側反之為較正面或較高強度之情緒，藉以瞭解消費者在使用休閒農場網站時產生的情緒。

2.3 「網站使用者滿意度」衡量

本量表引用自 Wirtz (1994) 調查休閒農場網站使用者之滿意度，包含問項有：「瀏覽這家休閒農場網站，滿足了我的需求」、「瀏覽這家休閒農場網站，正好符合我的需求」、「整體而言，我很滿意這家休閒農場網站」等 3 項，並以 Likert 五點尺度衡量同意程度。

2.4 「行為意圖」衡量

本量表引用自 Lynch, Kent, and Srinivasan (2001) 量表，來測量網站使用者之行為意

圖，包含：瀏覽這家休閒農場網站之後，「我願意前往這家休閒農場旅遊」、「我可能會在這家農場網站進行購物」、「我會向其他人推薦這家農場網站」、「我可以放心的在這家農場網站留下個人資料」、「我會把這家農場網站加入我的最愛(書籤)網站」、「我可能會註冊這家農場網站的會員」，並以Likert五點尺度衡量同意程度。

2.5 「人口統計變數」衡量

遊客基本資料包括：性別、家庭組成、年齡、職業、教育程度、居住地區等。

3. 樣本選取與資料收集

為瞭解農場網站之創意性，以目前台灣休閒農業發展協會評鑑之 12 家綜合型休閒農場網站為評估對象，包括：在東部地區有 4 家(宜蘭香格里拉、宜蘭頭城、宜蘭北關、花蓮新光兆豐)、北部地區有 3 家(新北平林、新竹雪霸、苗栗飛牛牧場)、中南部地區有 5 家(南投台一、嘉義松田崗、台南南元、台南大坑及台南走馬瀨)。12 位評估者依據本研究所發展之工具進行評估 12 家休閒農場網站之創意性。評估者包括 3 位學者專家、3 位網站業者及 6 位休閒遊憩相關研究生與博士生，他們來自彰化師範大學環觀碩士班、高雄餐旅大學旅遊管理研究所及嘉義大學休閒管理研究所等觀光相關科系，並熟稔觀光資訊管理系統。

本研究延續計畫第一年度之 12 家休閒農場網站為模式中用以評估網站創意之對象。以一般網路使用者為調查對象，採取便利抽樣之方式進行。調查程序為，本計畫於各大旅遊討論區邀請願意受訪之網路使用者，並寄送網路問卷，而在填答問卷之前，每份問卷開頭會隨機附上 12 家休閒農場其中一家的網址，並請受訪者瀏覽過該網站後方進行問卷填寫。換言之，每家休閒農場的網站發放 60 份問卷。總計發出 720 份問卷，共回收 595 份有效問卷，問卷有效率約 82.6%。

結果與討論

1. 休閒農場網站創意性之評估

就休閒農場網站創意性而言，從表 1 顯示休閒農場網站五個構念以線上交易(3.66 分)得分最高，依序分為園區資訊(3.34 分)、科技價值(3.02 分)、顧客關係(2.83 分)與互動溝通(2.81 分)。

在線上交易部分，農場網站大部分有提供線上預訂即時服務，讓顧客能即時獲得預訂系統的回應。這與 Rong et al. (2009) 認為線上預訂的即時性與交易隱私安全同等重要，而一個設計良好且便利使用的線上預訂系統，將有更大的機會獲得更多線上訂單等觀點相符。此外，網站提供的交易平台是安心的及線上交易過程是安全的是深受認同的。同時研究顯示部分網站，如：新光兆豐農場、北關農場等網站具有全球安全認證網站標章，與 Schmidt et al. (2008) 研究提出顧客個人資料的隱私及安全是消費者在乎的，並會直接影響其在線上進行消費的意願觀點一致。

在園區資訊部分，對於農場所提供活動訊息是即時的是較有感受的，研究結果與 Li and Wang (2010)指出，即時又準確的資訊提供，對於旅遊目的地網站是很重要的。此外，對於農場景點資訊的呈現都有創意性感受，尤其在景點資訊的說明感到愉快、景點資訊的呈現豐富感官享受等，顯示農場業者善用情感性的元素與顧客的感知產生連結，讓其對農場產生深刻的印象。本研究結果與 Zeng et al. (2009b) 指出，運用情感性的元素(如刺激感官的)來輔助網站內容的呈現，能加深網站在瀏覽者心中印象之觀點一致。再者，對於農場所提供交通資訊的呈現是貼心、好用的較有感覺，提供精準定位且容易下載使用的交通地圖，或清楚的交通接駁方式，讓顧客方便獲得交通資訊，這與 Zeng et al. (2009b) 指出，富創意的網站，重視顧客的使用需求，提供適當且與顧客相關的重要資訊觀點一致。

在科技價值部分，對於農場提供網站的歡迎頁面是能傳達農場的特色網站的版面設計是能真實的呈現農場意象、能呈現農場的魅力及網站的瀏覽過程是順暢等項是具創意性的，顯示農場業者透過網站的歡迎頁面來傳達農場的特色，將農場的核心價值表現出來，這與 Park and Gretzel (2007) 研究指出網站的視覺外觀設計除了能傳達企業形象外，亦影響網站對於消費者的吸引力的論點相符。此外，在網站的讀取過程中，農場業者大多輔以多媒體的方式(如：現場實景或影像)吸引瀏覽者的注意力，讓顧客對其網站產生興趣。此與 Kline et al. (2004) 研究指出，一個網站的視覺設計表現，將影響消費者對於該網站的專業度感受，而網站所呈現的第一印象則會引發消費者瀏覽興趣之觀點相同。

在顧客關係部分，對於農場網站提供快速回應的客訴管道(如：部落格、留言板等)認為是具創意性的。而網站提供的創作活動讓我想參與其中及網站鼓勵顧客經驗分享的獎勵是令人興奮的等項則仍持續改善。換言之，農場業者應多鼓勵顧客在平台上創作與分享等，藉此吸引消費者時常參關注農場的活動資訊，成為忠實顧客。這與 Park and Gretzel (2007) 研究指出，網站要能吸引消費者的關注，並引起其參與的興趣，進而能留住顧客並確保其再訪意願等觀點相同。

在互動溝通部分，專家對於農場網站提供互動平台是具有多元選擇的、諮詢平台是即時的等項是較有創意感受。農場業者提供各種符合顧客使用習慣的互動平台，如：部落格、粉絲專頁等，並讓顧客願意持續關注。透過良好的互動交流，促進農場與顧客之間關係的建立。此與 Hashim et al. (2007) 研究指出，透過線上互動、意見的交流與回饋，以建立與顧客良好的互動關係論點一致。另外，農場業者線上諮詢平台能立即回應顧客對農場任何問題。除於官網附上聯絡電話、傳真或客服信箱、留言板等供消費者諮詢外，善用互動平台可即時回應的特性，使線上諮詢服務的功能更具效用。這與 Park and Gretzel (2007) 認為，網站應重視客服諮詢服務與線上幫助之回應性觀點一致。

2. 休閒農場網站創意性之比較

表 2 顯示 12 家休閒農場網站創意性之比較，其中只有 7 家休閒農場其創意性表現高於平均值 3 分，研究結果顯示飛牛牧場得分最高(3.72 分)，其次依序為雪霸休閒農場 (3.48 分)、走馬瀨休閒農場(3.43 分)、台一休閒農場(3.41 分)、新光兆豐休閒農場(3.40 分)。表現較不理想之三家分為大坑休閒農場(1.71 分)、松田崗休閒農場(2.01 分)、平林休閒農場(2.13 分)。

圖 1 顯示 12 家休閒農場網站創意性五構面之表現，在科技價值部分，12 家農場表現些微不同，雪霸休閒農場得分最高(3.63 分)，而大坑休閒農場得分最低(2.06 分)。專家對於農場所提供網站的關鍵字搜尋能查詢資訊、下載方式符合時代潮流(如 APP 應用程式、二維條碼等)、提供超乎我預期的其他功能(如手機可讀頁面、語音辨識、即時影像、即時客服互動、3D、虛擬實境等)、能適用於不同的裝置(如手機或平板電腦等)等項表明較不具創意性，顯示農場業者對於網站科技技術應強化與時俱進，並透過簡單且便於使用者的操作方式來提升網站的技術品質，滿足顧客使用需求。

在園區資訊部分，飛牛休閒農場得分最高(3.92 分)，而僅有 2 家農場網站其創意性表現低於平均值 3 分，分別為平林休閒農場(2.81 分)、大坑休閒農場(2.50 分)。專家對於農場所提供氣候資訊是即時的、餐飲資訊的呈現是吸引人的、景點資訊的說明是感動的等項較無創意表現，顯示農場業者要如何讓民眾在瀏覽查詢的過程中，直接引發至農場消費的欲望，提升網站在餐飲、景點資訊的吸引力及氣候資訊之即時性是很重要的。

在互動溝通部分，飛牛休閒農場得分最高(3.49 分)，而大坑休閒農場得分最低(1.98 分)。有 6 家休閒農場網站其創意性表現高於平均值 3 分，分別為走馬瀨休閒農場、新光兆豐休閒農場、台一休閒農場、頭城休閒農場及北關休閒農場。專家普遍認為農場網站所提供的互動功能是樂在其中的及農場網站上的活動推廣(創意項目包括：網站提供的分享方式是好玩的、

網路活動是吸引的及新奇的)等項是較不具創意性的，顯示互動功能的娛樂性較為不足，由於互動功能的娛樂性牽涉網站設計的技術層面，並非所有農場在建置網站時都列入規劃。因此，如何透過有趣的互動功能增進消費者愉快的線上體驗，是農場業者要持續關注改善的。

在線上交易部分，飛牛休閒農場得分最高(4.08分)，而有農場未有建置線上交易系統，分別為大坑、松田岡及平林等三家休閒農場。9家農場創意性表現均高於平均值3分，特別是線上預訂是即時的，讓顧客能即時獲得預訂系統的回應。或者是網站提供的交易平台是安心的及線上交易過程是安全的是深受認同的。然而在線上交易的操作便利度(3.48分)及付款方式的多樣性(3.08分)表現上較顯不足，由於目前休閒農場線上交易平台有「訂房系統」、「網路商店」等，除了少數與知名線上交易平台合作外，仍有些屬於自行經營的交易模式(例如：以提供商品清單，由民眾填寫線上表格的方式消費)。另外，目前常見於休閒農場網站提供的付款方式有銀行郵局匯款、ATM轉帳、信用卡等，卻並非所有農場均能提供上述三種付款服務，且若為農場實體商品(農特產品或禮品、伴手禮)之線上販售，對於目前常見於各大網路商城的「貨到付款」、「超商付款取貨」等方式更為少見。因此，提供操作便利及付款多樣選擇之消費環境是農場業者尚待努力的項目。

在顧客關係部分，飛牛休閒農場得分最高(3.50分)，而大坑休閒農場得分最低(2.02分)。而僅有6家農場網站其創意性表現高於平均值3分，分別為頭城休閒農場、台一休閒農場、新光兆豐休閒農場、走馬瀨休閒農場及雪霸休閒農場。其中，農場網站提供的創作活動讓我想參與其中及網站鼓勵顧客經驗分享的獎勵是令人興奮的等項則是專家認為仍需持續改善。可能是目前農場大多僅針對其熟客或會員主動提供相關的優惠及獎勵措施，使得多數的線上消費者在搜尋農場資訊時，並無法從農場官網或互動平台上得知相關的優惠或獎勵措施有關。因此，對於吸引消費者的關注仍有待加強。

表1 臺灣12間休閒農場網站的創意表現

休閒農場網站創意題項	平均數	標準差
科技價值	3.02	
網站的歡迎頁面是能傳達農場的特色	3.84	1.11
網站的頁面連結過程是有趣的	3.15	1.04
網站的版面設計是能呈現農場的魅力	3.64	1.05
網站的版面設計是能真實的呈現農場意象	3.77	0.96
網站的讀取過程是有趣的	2.97	1.01
網站的關鍵字搜尋能查詢到我想要的資訊	1.73	1.01
網站提供的下載方式符合時代潮流(如APP應用程式、二維條碼等)	1.95	1.23
網站提供超乎我預期的其他功能 (如手機可讀頁面、語音辨識、即時影像、即時客服互動、3D、虛擬實境等)	2.53	1.22
網站的瀏覽過程是順暢的	3.61	0.99
網站能適用於不同的裝置(如手機或平板電腦等)	2.53	1.17
園區資訊	3.34	
景點資訊的說明讓我感到愉快	3.63	0.93
景點資訊的說明讓我感動	3.18	0.96
景點資訊的呈現豐富我的感官享受	3.61	1.09
活動訊息是即時的	3.94	0.89

活動資訊的呈現是有趣的	3.37	0.94
主題遊程的呈現風格是獨特的	3.44	1.02
園區導覽的地圖或指引是互動的	2.90	1.18
餐飲資訊的呈現是吸引人的	3.17	1.12
住宿資訊的呈現是值得嚮往的	3.49	0.99
商品資訊的呈現是具有農場特色的	3.35	1.20
交通資訊的呈現是貼心、好用的	3.58	0.97
氣候資訊是即時的	2.47	1.49
互動溝通	2.81	
網站提供的互動平台是具有多元選擇的	3.17	1.04
網站提供的互動平台是讓我想持續關注的	2.97	1.02
網站提供的互動功能是讓我樂在其中的	2.78	1.11
網站提供的分享方式是好玩的	2.67	1.13
網站提供的網路活動是新奇的	2.74	1.00
網站提供的網路活動是吸引我的	2.90	0.97
網站提供的線上服務是創新的	2.62	1.01
網站提供的諮詢平台是即時的	3.15	1.11
網站提供的常見問答集(FAQs)是有用的	2.28	1.25
線上交易^{註1}	3.66	
網站提供的交易平台讓我感到安心	3.85	0.75
網站的線上交易過程是安全的	3.81	0.74
網站提供的線上交易在操作上是出乎意外的好用	3.48	0.79
網站提供的線上預訂是即時的	4.06	0.81
網站提供的付款方式是超乎我預期的多樣	3.08	0.82
顧客關係	2.83	
網站提供的創作活動讓我想參與其中	2.95	1.11
網站鼓勵顧客經驗分享的獎勵是令人興奮的	2.43	1.02
網站提供快速回應的客訴管道	3.12	1.12

註1：分析農場數為九家(不包括編號平林休閒農場、松田崗休閒農場與大坑休閒農場)

表2 12家休閒農場整體網站創意性之比較

農場	整體網站 創意得分 (排名)	網站創意構面得分(排名)				
		科技價值	園區資訊	互動溝通	線上交易	顧客關係
飛牛休閒農場	3.72 (1)	3.62 (2)	3.92 (1)	3.49 (1)	4.08 (1)	3.50 (1)
雪霸休閒農場	3.48 (2)	3.63 (1)	3.90 (2)	2.97 (7)	3.86 (2)	3.02 (6)
走馬瀨休閒農場	3.43 (3)	3.43 (3)	3.60 (5)	3.48 (2)	3.51 (7)	3.13 (5)
台一休閒農場	3.41 (4)	3.20 (6)	3.77 (3)	3.11 (4)	3.68 (5)	3.22 (3)
新光兆豐休閒農場	3.40 (5)	3.26 (4)	3.43 (6)	3.30 (3)	3.80 (4)	3.19 (4)

頭城休閒農場	3.33 (6)	2.72 (8)	3.65 (4)	3.09 (5)	3.81 (3)	3.36 (2)
北關休閒農場	3.17 (7)	3.25 (5)	3.31 (7)	3.00 (6)	3.63 (6)	2.63 (9)
南元休閒農場	2.82 (8)	2.53 (10)	3.04 (10)	2.48 (8)	3.31 (8)	2.72 (7)
香格里拉休閒農場	2.65 (9)	2.67 (9)	3.09 (8)	2.13 (11)	3.16 (9)	2.19 (11)
平林休閒農場	2.13 (10)	2.77 (7)	2.81 (11)	2.38 (9)	N/A	2.66 (8)
松田崗休閒農場	2.01 (11)	2.45 (11)	3.05 (9)	2.24 (10)	N/A	2.33 (10)
大坑休閒農場	1.71 (12)	2.06 (12)	2.50 (12)	1.98 (12)	N/A	2.02 (12)

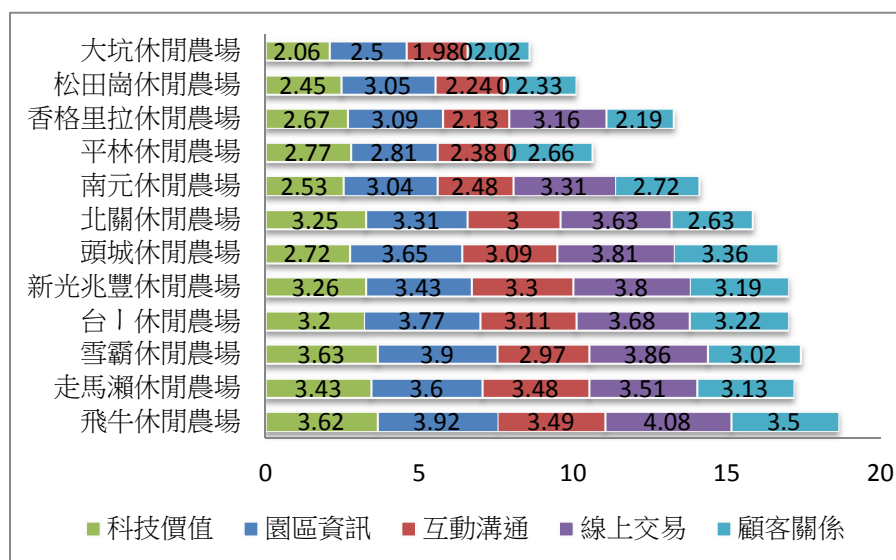


圖 1 12 家休閒農場網站創意性構面之表現

3. 研究模式探討

3.1 樣本特性

全體受訪樣本特性之中以女性居多，佔 66.9%；年齡大多介於 20~24 歲之間，佔 52.8%，其次為 25~34 歲，佔 44.4%；職業以技術人員為最多，達 57.5%，其次為學生，佔 27.0%；教育程度以大專／大學居多，佔 42.7%；居住地以北部地區為主，佔 46.2%，家庭組成以單身為多數，佔 93.6%，如表 3 所示。

為深入瞭解目標客群對休閒農場網站創意評估模式之想法，本研究從整體樣本中將樣本區隔為學生樣本與一般大眾樣本。學生樣本特性之中以女性居多，佔 69.1%；年齡多介於 20~24 歲之間，佔 84.6%，其次為 25~34 歲，佔 15.4%；教育程度以高中／職居多，佔 60.4%；居住地以南部地區為主，佔 59.1%，如表 4 所示。一般民眾樣本特性之中以女性居多，佔 66.1%；年齡大多介於 25~34 歲之間，佔 54.0%，其次為 20~24 歲，佔 42.2%；職業以技術人員為最多，達 76.7%，其次為軍公教，佔 15.7%；教育程度以大專／大學居多，佔 48.7%；居住地以北部地區為主，佔 53.8%，家庭組成以單身為多數，佔 91.5%，如表 5 所示。

表3 全部樣本特性分析 (n=595)

變項	內容	人數 (%)	變項	內容	人數 (%)
性別	男性	197 (33.1)	教育程度	高中／職以下	193 (32.4)
	女性	398 (66.9)		大專／大學	254 (42.7)
年齡	20~24歲	314 (52.8)	居住地	研究所以上	148 (24.9)
	25~34歲	264 (44.4)		北部	275 (46.2)
	35~44歲	11 (1.8)		中部	95 (16.0)
	45歲以上	6 (1.0)		南部	213 (35.8)
職業	學生	149 (25.0)		東部 (或離島)	12 (2.0)

軍公教	70 (11.8)	家庭	單身	557 (93.6)
農林漁牧業	5 (0.8)	組成	已婚無小孩	10 (2.2)
技術人員	342 (57.5)		已婚有小孩	28 (6.3)
退休人員／ 家管／其他	29 (4.9)			

表4 學生樣本特性分析 (n=149)

變項	內容	人數 (%)	變項	內容	人數 (%)
性別	男性	46 (30.9)	教育	高中／職以下	90 (60.4)
	女性	103 (69.1)	程度	大專／大學	37 (24.8)
年齡	20~24歲	126 (84.6)		研究所以上	22 (14.8)
	25~34歲	23 (15.4)	居住地	北部	35 (23.5)
				中部	22 (14.8)
				南部	88 (59.1)
				東部 (或離島)	4 (2.7)

表5 一般民眾樣本特性分析 (n=446)

變項	內容	人數 (%)	變項	內容	人數 (%)
性別	男性	151 (33.9)	教育	高中／職以下	103 (23.1)
	女性	259 (66.1)	程度	大專／大學	217 (48.7)
年齡	20~24歲	188 (42.2)		研究所以上	126 (28.3)
	25~34歲	241 (54.0)	居住地	北部	240 (53.8)
	35~44歲	11 (2.5)		中部	73 (16.4)
	45歲以上	6 (1.3)		南部	125 (1.6)
職業	軍公教	70 (15.7)		東部 (或離島)	8 (1.8)
	農林漁牧業	5 (1.1)	家庭	單身	408 (91.5)
	技術人員	342 (76.7)	組成	已婚無小孩	10 (2.2)
	退休人員／ 家管／其他	29 (6.4)		已婚有小孩	28 (6.3)

3.2 研究架構圖假設驗證

本計畫檢驗研究架構圖之假設之前，呈現各構面的平均數與標準差如表 6 所示。各變數的平均數皆介於 3 分至 4 分之間，亦即普通到同意之間。顯示受測者普遍同意網站具有創意性、情緒較為正向、對網站感到滿意及有行為意圖。

本研究運用 SEM 結構方程模式進行研究架構假設驗證，分成全體樣本、學生樣本及一般民眾樣本三群各自進行分析。如圖 2 顯示，整體樣本之中，網站創意會顯著正向影響情緒 ($\gamma=0.82$, $p < 0.05$)、情緒顯著正向影響網站滿意 ($\gamma=0.74$, $p < 0.05$)、網站滿意顯著正向影響行為意圖 ($\gamma=0.80$, $p < 0.05$)。據此，本研究提出的三項假設皆獲得成立。

圖 3 呈現學生樣本之模式，由圖可知，網站創意會顯著正向影響情緒 ($\gamma=0.88$, $p < 0.05$)、情緒顯著正向影響網站滿意 ($\gamma=0.77$, $p < 0.05$)、網站滿意顯著正向影響行為意圖 ($\gamma=0.82$, $p < 0.05$)。與全體樣本相較之下，各項係數值皆較高，凸顯這些變數之間的關係在學生族群當中的關係更為強烈，換言之，學生對於農場網站的情緒、滿意及行為意圖將更容易受到網站創意的影響。此外，圖 4 呈現一般民眾樣本之模式，由圖可知，網站創意會顯著正向影響情緒 ($\gamma=0.83$, $p < 0.05$)、情緒顯著正向影響網站滿意 ($\gamma=0.79$, $p < 0.05$)、網站滿意顯著正向影響行為意圖 ($\gamma=0.80$, $p < 0.05$)。各項係數值與全體樣本較為相近。

表6 各構面之平均數

	整體樣本		學生		一般民眾	
	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差
網站創意	3.46	0.50	3.51	0.53	3.44	0.49
園區資訊	3.58	0.52	3.60	0.53	3.57	0.51
互動溝通	3.35	0.66	3.43	0.67	3.32	0.65
顧客關係	3.36	0.69	3.48	0.72	3.32	0.67
線上交易	3.45	0.62	3.48	0.61	3.44	0.61
科技價值	3.54	0.60	3.58	0.64	3.53	0.58
情緒	3.73	0.59	3.72	0.58	3.72	0.60
網站滿意	3.60	0.63	3.61	0.65	3.60	0.64
行為意圖	3.13	0.76	3.15	0.73	3.11	0.77

整體而言，網站創意會顯著正向影響情緒，本研究結果與 Helander and Khalid (2006) 認為在產品與服務的功能上和易於使用設計上，應能激發使用者整體消費體驗的吸引力並取悅使用者，也就是說要能迎合使用者的情感和愉悅感之論點一致。尤以網站創意構面中以「科技價值」及「園區資訊」等 2 構面平均數相對較高，例如：飛牛牧場網站(中文版本)在歡迎頁提供牧場的自然及人文景觀特色，並呈現色彩豐富的及刺激感官的 Q 版圖片，尤其在牧場體驗、飛牛學園(動畫專區、小遊戲)等編排設計，在瀏覽過程中，能引發消費者對該網站的注意。再者，情緒顯著正向影響網站滿意，這與 Oliver (1997) 認為消費者體驗越多的愉悅情緒會產生較多的滿意度之觀點相同。可能是網站使用者對農場網站創意項目能讓其產生滿意、愉悅、活力及放鬆等情緒，以引發其對網站滿意。此外，網站滿意顯著正向影響行為意圖。本研究結果與 Oliver (1980) 和 Yoon (2002) 等提出滿意度是一個重要的決定因素，會影響消費者是否將在網站上再次購買之論點相同。可能是網站使用者對農場網站創意項目滿足其需求並是令人信賴的，進而激發其前往農場旅遊意願、向人推薦農場網站。

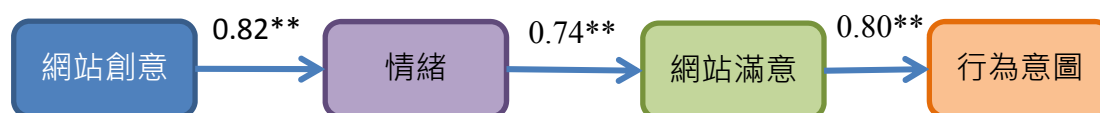


圖 2 全體樣本整體結構模式

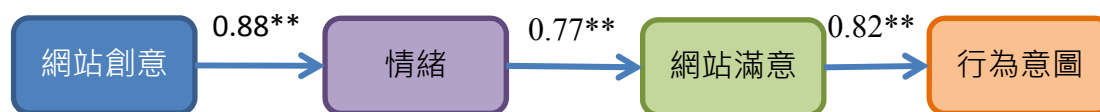


圖 3 學生樣本整體結構模式

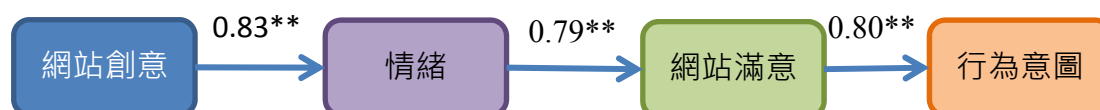


圖 4 一般民眾樣本整體結構模式

3.3 結構模式驗證

本研究接著進一步將網站創意以構面形式呈現，探討兩群樣本對各網站創意之構面與情緒、網站滿意及行為意圖之關係。

3.3.1 就學生族群樣本而言：

由表 7 及圖 5 顯示，學生族群樣本中，情緒會受到網站創意中的園區資訊($\gamma=0.42$, $p < 0.05$)及科技價值($\gamma=0.62$, $p < 0.05$)所影響。網站滿意會受到網站創意中的線上交易($\gamma=0.18$, $p < 0.05$)及科技價值($\gamma=0.79$, $p < 0.05$)所影響。行為意圖會受到網站創意中的園區資訊($\gamma=0.42$, $p < 0.05$)、互動溝通($\gamma=0.37$, $p < 0.05$)、顧客關係($\gamma=0.32$, $p < 0.05$)及線上交易($\gamma=0.18$, $p < 0.05$)所影響。

首先，本研究證實網站創意能引發網站使用者情緒。這與 Zeng et al. (2009a) 指出具有創意的網站，可強化其機能並更便於使用，且能觸動使用者的愉悅情感之論點一致。網站創意構面中以「科技價值」及「園區資訊」等 2 構面結構係數高，該族群對於農場景點資訊的呈現都有創意性感受，尤其在交通資訊呈現是貼心好用的、商品資訊呈現具農場特色、活動訊息是即時的、景點資訊的說明感到愉快及景點資訊的呈現豐富感官享受等，顯示農場業者善用貼心好用、即時及情感性等元素與顧客的感知產生連結，讓其對農場產生深刻的印象。這與 Zeng et al. (2009b)指出，富創意的網站，重視顧客的使用需求，提供適當且與顧客相關的重要資訊觀點一致。此外，在網站的讀取過程中，特別是網站的歡迎頁面是能傳達農場特色、網站的版面設計是能真實的呈現農場意象及網站的瀏覽過程是順暢的等，指出農場業者大多輔以多媒體的方式(如：現場實景或影像)吸引瀏覽者的注意力，讓該族群對農場網站產生興趣。此與 Kline et al. (2004) 研究指出，一個網站的視覺設計表現，將影響消費者對於該網站的專業度感受，而網站所呈現的第一印象則會引發消費者瀏覽興趣之觀點相同。

其次，本研究證實網站創意能引發網站滿意度。特別是滿足網站使用者對網站「科技價值」、及「線上交易」等構面期望。休閒農場網站大部分有提供線上預訂即時服務，讓顧客能即時獲得預訂系統的回應。這與 Rong et al. (2009) 認為線上預訂的即時性與交易隱私安全同等重要，而一個設計良好且便利使用的線上預訂系統，將有更大的機會獲得更多線上訂單等觀點相符。此外，網站提供的交易平台是安心的及線上交易過程是安全的是深受認同的。

再者，本研究證實網站創意能引發網站使用者行為意圖。尤其是強化網站創意構面中以「園區資訊」、「互動溝通」及「顧客關係」等 3 構面，有助於引發學生族群的行為意圖。在互動溝通部分，農場網站提供互動平台是具有多元選擇的(如：部落格、粉絲專頁)、網路活動是吸引人的(依季節舉辦當令節慶活動)及網站提供的常見問答集是有用的等項是較有創意感受，能讓遊客願意持續關注。這與 Hashim et al. (2007) 研究指出，透過線上互動、意見的交流與回饋，以建立與顧客良好的互動關係論點一致。在顧客關係部分，農場網站提供快速回應的客訴管道(如：部落格、留言板等)、提供的創作活動讓人想參與其中等項是具創意的。顯示農場業者多以鼓勵遊客在平台上創作與分享等，藉此吸引遊客關注農場的活動資訊。這與 Zeng, Salvendy, and Zhang (2009b)認為具創意的網站要能引起使用者的興趣，重視使用者的偏好，提供個性化的服務，以建立網站與使用者間長期穩固的關係論點一致。因此，農場業者應將焦點強化「園區資訊」、「互動溝通」及「顧客關係」等構面內涵，俾利觸發學生族群之行為意圖。

3.3.2 就一般民眾樣本而言：

由表 7 及圖 6 顯示，一般民眾族群樣本中，情緒會受到網站創意中的園區資訊($\gamma=0.32$, $p < 0.05$)及科技價值($\gamma=0.54$, $p < 0.05$)所影響。網站滿意會受到網站創意中的園區資訊($\gamma=0.27$, $p < 0.05$)、線上交易($\gamma=0.16$, $p < 0.05$)及科技價值($\gamma=0.42$, $p < 0.05$)所影響。

行為意圖會受到網站創意中的互動溝通($\gamma=0.25$, $p < 0.05$)、顧客關係($\gamma=0.18$, $p < 0.05$)及線上交易($\gamma=0.20$, $p < 0.05$)所影響。

首先，本研究證實網站創意能引發網站使用者情緒。網站創意構面中以「科技價值」及「園區資訊」等 2 構面結構係數高，該族群對於農場提供網站的歡迎頁面是能傳達農場的特色、網站的版面設計是能真實的呈現農場意象、能呈現農場的魅力等項感受是具創意性的，顯示農場業者透過網站的歡迎頁面來傳達農場的特色，並能激發瀏覽者的消費欲望。這與 Park and Gretzel (2007)研究指出網站的視覺外觀設計除了能傳達企業形象外，亦影響網站對於消費者的吸引力的論點相符。再者，對於農場所提供的園區資訊，其中以商品資訊呈現具農場特色的、景點資訊的說明感到愉快、住宿資訊的呈現是值得嚮往的、交通資訊的呈現是好用的、活動訊息是即時的等項較有創意感受，顯示農場業者以食宿娛購遊等訊息，透過網站創意展現，讓遊客留下深刻印象。

其次，本研究證實網站創意能引發網站滿意度。滿足網站使用者對網站「科技價值」、「園區資訊」及「線上交易」等構面期望。例如：網站提供線上預訂即時的、交易平台讓人安心的、網站的線上交易過程是安全的等線上交易及線上即時服務能讓遊客深受認同的。與 Schmidt et al. (2008)研究提出顧客個人資料的隱私及安全是消費者在乎的，並會直接影響其在線上進行消費的意願觀點一致。

此外，本研究證實網站創意能引發網站使用者行為意圖。特別是在網站創意構面中能滿足一般大眾對「互動溝通」、「線上交易」及「顧客關係」等 3 構面的期望。在互動溝通部分，農場網站提供互動平台是具有多元選擇的、網路活動是吸引的及諮詢平台是即時的(客服信箱、留言板)等項是較有創意感受，能讓遊客願意持續與農場保持關係。這與 Park and Gretzel (2007)認為，網站應重視客服諮詢服務與線上幫助之回應性觀點一致。在顧客關係部分，農場網站提供快速回應的客訴管道(如：部落格、留言板等)、提供的創作活動讓人想參與其中等項是具創意性的。顯示農場業者多以鼓勵遊客在平台上創作與分享等，藉此吸引遊客關注農場的活動資訊。這與 Park and Gretzel (2007)研究指出，網站要能吸引消費者的關注，並引起其參與的興趣，進而能留住顧客並確保其再訪意願等觀點相同。因此，農場業者應將強化「互動溝通」、「線上交易」及「顧客關係」等構念內涵，俾利觸發一般民眾之行為意圖。

表 7 網站創意對情緒、網站滿意及行為意圖等變數之路徑係數分析

路徑	學生族群	一般民眾
園區資訊 → 情緒	0.42*	0.32**
互動溝通 → 情緒	N.S.	N.S.
顧客關係 → 情緒	N.S.	N.S.
線上交易 → 情緒	N.S.	N.S.
科技價值 → 情緒	0.62**	0.54**
園區資訊 → 網站滿意	N.S.	0.27**
互動溝通 → 網站滿意	N.S.	N.S.
顧客關係 → 網站滿意	N.S.	N.S.
線上交易 → 網站滿意	0.18*	0.16**
科技價值 → 網站滿意	0.79**	0.42**
園區資訊 → 行為意圖	0.42**	N.S.
互動溝通 → 行為意圖	0.37*	0.25**
顧客關係 → 行為意圖	0.32*	0.18**
線上交易 → 行為意圖	N.S.	0.20**
科技價值 → 行為意圖	N.S.	N.S.

註：* 表示 $p < 0.05$; **表示 $p < 0.01$

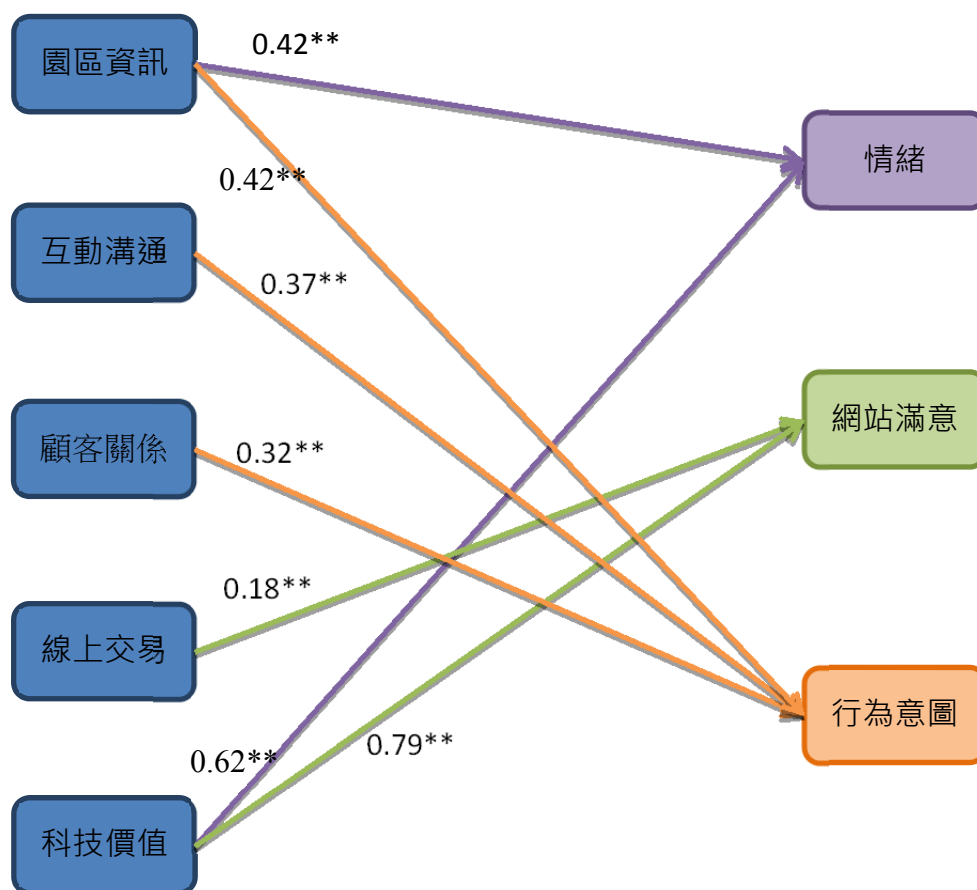


圖 5 學生族群整體結構模式

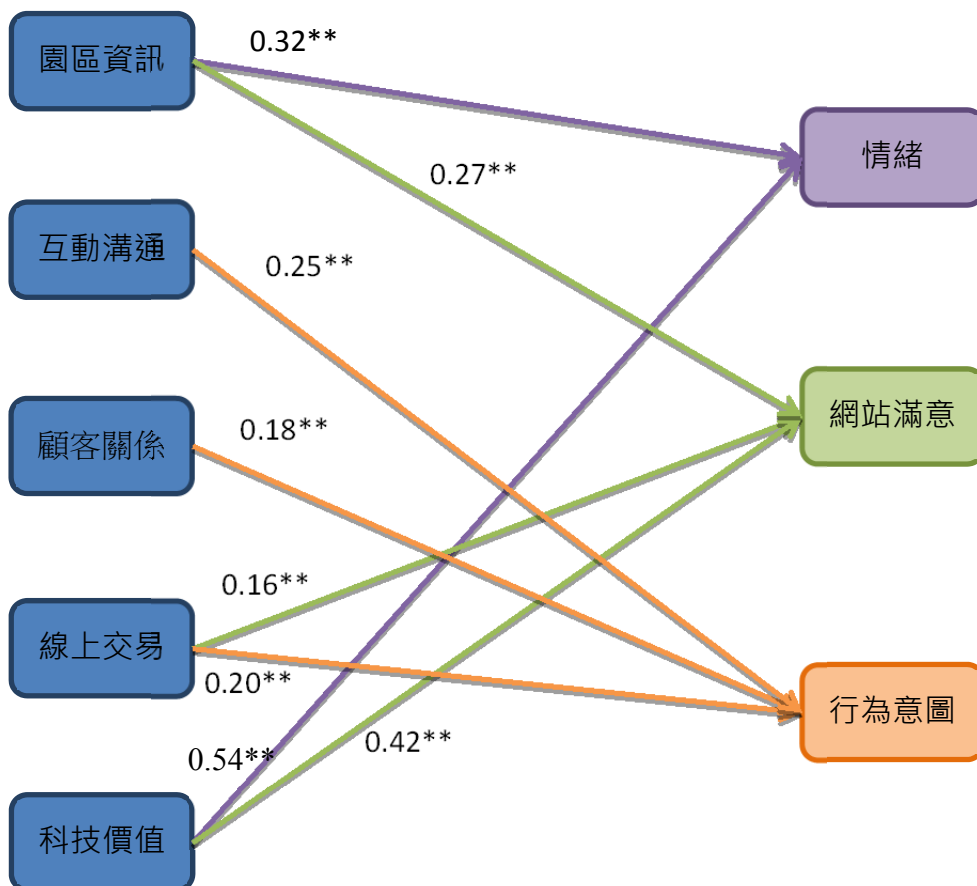


圖 6 一般民眾族群整體結構模式

結論與建議

1. 結論

本研究在現有網站創意之文獻上提供了顯著的進步。首先，本研究所探討休閒農場網站之創意性乃是整合網站組成之概念，提出科技價值、園區資訊、互動溝通、線上交易及顧客關係等五構念。其次，將五構念實證於農場網站之創意性表現，其中以線上交易、園區資訊、科技價值等構面表現較佳，而顧客關係與互動溝通等構面仍有待強化改善。此外，在 12 家休閒農場網站創意性之比較，結果指出前三名表現較佳分為飛牛牧場、雪霸農場及走馬瀨農場。

此外，本研究採用網站創意、情緒、滿意度與行為意圖等評估模式，瞭解休閒農場網站創意的說服與溝通過程。研究結果發現：網站創意會正向引發網站使用者的情緒，網站使用者的情緒會影響網站滿意度，網站使用者的滿意度會正向影響其行為意圖。本研究對於瞭解網站創意的後端結果提出一個完整的理論架構，研究成果可作為未來以網路為說服工具研究的基礎資料。

再者，本研究以網站創意構面形式呈現，探討兩群樣本對各網站創意之構面與情緒、網站滿意及行為意圖之關係。學生族群樣本而言，情緒會受到網站創意中的科技價值及園區資訊所影響。網站滿意會受到網站創意中的科技價值及線上交易所影響。行為意圖會受到網站創意中的園區資訊、互動溝通及顧客關係所影響。一般民眾樣本而言，情緒會受到網站創意中的科技價值及園區資訊所影響。網站滿意會受到網站創意中的科技價值、園區資訊及線上交易所影響。行為意圖會受到網站創意中的互動溝通、線上交易及顧客關係所影響。研究顯示在情緒及滿意度階段，農場經營業者應強化網站創意的科技價值、園區資訊及線上交易等項，在行為意圖階段，多善用互動溝通及經營顧客關係之創意項目，則有利於激發網站使用者之行為意圖。

2. 建議

休閒農場網站不僅是有效率的行銷工具也是提供顧客服務的重要系統。因此，透過前述的休閒農場在網站創意性表現結果，在科技價值部分，建議農場業者在網站上能提供關鍵字搜尋服務功能，並與時俱進的更新其服務方式，以滿足消費者的使用需求。例如：考量開發各式裝置適用的介面，如：平板電腦、智慧型手機等版本。其次，就園區資訊而言，建議農場業者應善用與顧客情感連結，或以多媒體互動，刺激消費者感官體驗，激發前往農場旅遊；此外，富有吸引力的創意方式才會吸引消費者的目光，例如：將餐飲的介紹賦予故事性（加上食材來源或製作方法）更具有農場特色。

再者，在互動溝通部分，建議業者應該善用娛樂性的互動功能，例如：針對親子設計的闖關小遊戲、虛擬農場體驗導覽等，能讓消費者探索其中；或透過吸引人的網路活動，如：農場動物命名活動、我的農夫日記活動；或設計多樣的分享方式，如：微時攝影影像或微電影，讓消費者分享自己的想法，並能感受農場的歡樂體驗，以引發其旅遊意願。

此外，在線上交易部分，建議農場經營的交易平台應取得相關安全之認證（如：全球安全認證網站標章等），與具信賴的交易平台合作，以保障消費者線上金流安全。而線上交易流程應給予明確指示或提供多樣之付款方式，以利消費者便利選擇。在顧客關係部分，建議農場業者建立顧客資料庫，依其購買記錄及生活型態等資料，針對初訪者、重遊者給予差異的財務聯結，如：積點優惠或低價保證或購買農場特產品享折扣優待；或進行社會聯結，開放網站會員及互動平台的粉絲參與創作活動，讓其自由分享旅遊經驗，以吸引消費者持續關注甚至投入參與農場的活動；或進行客製化聯結，依顧客需求設計農場年度度假與優惠計畫，維繫好的顧客關係。

對學生族群而言，該族群對網站之視覺設計、技術品質、互動溝通、線上交易品質及交

易安全等項，是較能刺激其行為意圖。因此，建議農場業者在網站視覺設計上，具有娛樂性的編排，並能刺激感官及令人興奮的情感設計。其次，富有娛樂性的創意方式才會吸引消費者的目光，例如：將農場景點、農場活動的介紹製作成線上遊戲軟體、線上闖關遊戲；或找到與目標客群「想被看見」的洞察並引起其共鳴，建議鼓勵學生族群造訪農場社群網站活動官網，留下他們對農場體驗看法，並向親友拉票，就有機會成為 YouTube 或 MSN 首頁廣告明星，並得到客製化農場相關旅遊服務；此外，應善用與顧客情感連結，依設計知名偶像代言推薦旅遊行程，或設計農場見習之旅行程並輔以多媒體互動，刺激消費者感官體驗，激發前往該農場旅遊。再者，建議農場經營的交易平台應取得相關安全之認證，與具信賴的交易平台合作，而線上交易提供多樣之付款方式，以利旅客選擇；或是結合網路與智慧型手機，推行個人化農場假期定價系統「專屬為你」APP，為消費者訂出不同折扣價格，以激發其前來消費。

對一般民眾族群而言，對網站呈現農場景點、活動、服務及便利資訊等具特色魅力的園區資訊較感興趣之外，善用即時的互動溝通與顧客交流交心以及提供安全有品質之線上交易平台等項，能有效刺激其行為意圖。因此，建議農場業者在園區資訊部分能依據不同客群設計網頁資料，如：親子、商務族、銀髮族、身心障礙人士等，提供分眾導覽設計；並在旅遊前及旅遊中等階段，提供消費者專屬旅遊管家相關諮詢及旅遊服務系統；在互動溝通部分，建議農場業者設計擴增實境「農場假期」遊戲地圖，消費者只要用手機掃描活動海報，就能和農場知名景點合影，並能聯結社群網站；或主動提供農場宣傳廣告短片、旅遊玩家推薦影片在網站上提供消費者點閱，讓其感受農場旅遊的愉悅體驗，以引發其旅遊意願。

3. 研究建議與限制

創意之評價，具有個人主觀性之看法，本研究於訪談前已先詳述網站創意之概念與定義，讓受訪者充分了解後，再進行訪談工作，以儘量避免受訪者主觀性之偏誤。此外，本研究採用專家評估各農場網站之創意表現，而農場業者也可視為專家，因其農場之工作經驗。未來研究可將農場業者納入農場評估之專家，以強化本評估模式之有效性。此外，本研究僅瞭解網站創意評估模式，未來研究也可討論結果後端的消費者實際購買，或以消費者個人特性（如：資訊涉入、旅遊經驗）作為模式之干擾變數，以深入瞭解其對網站創意影響旅遊決策之程度。

參考文獻

1. 交通部觀光局，(2011)，2010 年來臺旅客消費及動向調查報告[線上資料]，來源：<http://admin.taiwan.net.tw/upload/statistic/20110816/372d5fef-a788-43b3-8b4c-d4b60239f346.doc>[2011, September 28]。
2. 行政院農委會，(2011)，行政院農業委員會近三年施政績效 / 推動農村休閒旅遊[線上資料]，來源：<http://www.coa.gov.tw/view.php?catid=23412>[2011, September 28]。
3. Allen, C. T., Machleit, K. A., & Kleine, S. S. (1992). A comparison of attitudes and emotions as predictors of behaviour at diverse levels of behavioural experience. *Journal of Consumer Research*, 18(4), 493-504.
4. Bagozzi, R. P., Gopinath, M., & Nyer, P. U. (1999). The role of emotions in marketng. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 27(2), 184-206.
5. Beldona, S., & Cai, L. A. (2006). An Exploratory Evaluation of Rural Tourism Websites. *Journal of Convention & Event Tourism*, 8(1), 69-80.

6. Choi, S., Lehto, X.Y., & O'leary, J.T. (2007). What does the consumer want from a DMO website? A study of US and Canadian tourists' perspectives. *International Journal of Tourism Research*, 9(2), 59-72.
7. Feldman, L. (1998). Discrete emotions or dimensions? The role of valence focus and arousal focus. *Cognition and Emotion*, 12(4), 579-599.
8. Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley.
9. Goleman, D. (1995). *Emotional Intelligence*, NY: Bantam Books.
10. Hashim, N. H., Murphy, J., & Law, R. (2007). A Review of Hospitality Website Design Frameworks. In M. Sigala, L. Mich & J. Murphy (Eds.), *Information and Communication Technologies in Tourism 2007* (pp. 219-230): Springer Vienna.
11. Helander, M.G., & Khalid, H.M. (2006). Affective and pleasurable design. In: G. Salvendy, ed. *Handbook of human factors and ergonomics*. Hoboken, NJ: Wiley, 543-572.
12. Herzberg, F. (1966). *Work and the nature of man*. Cleveland, OH: World.
13. Horn, D., & Salvendy, G. (2008). Measuring consumer perceptions of product creativity: impact on satisfaction and purchasability. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, in press.
14. Howard, T.J., Culley, S.J., & Dekoninck, E. (2008). Describing the creative design process by the integration of engineering design and cognitive psychology literature. *Design Studies*, 29, 160-180.
15. Kassarian, H. H. (1977). Content analysis in consumer research. *Journal of Consumer Research*, 4(1), 8-18.
16. Kline, S. F., Morrison, A. M., & St. John A. (2004). Exploring Bed & Breakfast Websites: A Balanced Scorecard Approach. *Journal of Travel & Tourism Marketing*, 17(2/3), 253-267.
17. Laverie, D., Kleine, R. E., III, & Kleine, S. S. (1993). Linking emotions and values in consumption experiences: An exploratory study. *Advances in Consumer Research*, 20, 70-75, Provo, UT: Association for Consumer.
18. Li, X., & Wang, Y. (2010). Evaluating the effectiveness of destination marketing organisations' websites: evidence from China. *International Journal of Tourism Research*, 12(5), 536-549.
19. Li, X., & Wang, Y. (2011, 6-8 January). *Is Your Official State Tourism Website Effective? A Functional Perspective*. Paper presented at the 16th Annual Graduate Education and Graduate Student Research Conference in Hospitality and Tourism,

Houston, TX.

20. Lynch, P.D., Kent, R.J. & Srinivasan, S. (2001). The Global Internet Shopper: Evidence from Shopping Tasks in Twelve Countries, *Journal of Advertising Research*, May-June, 15-23.
21. Mayer, R.E., (1999). Fifty years of creativity research. In: R.J. Sternberg, ed. Handbook of creativity. New York: Cambridge University Press, 449-460.
22. Mehrabian, A., & Russell, J. A. (1974). *An Approach to Environmental Psychology*. MIT Press.
23. Morris, J. D., Woo, C., Geason, J., & Kim, J. (2002). The power of affect: Predicting intention. *Journal of Advertising Research*, 42(3), 7-17.
24. Oliver, R. L. (1980). A cognitive model of the antecedents and consequences of satisfaction decisions. *Journal of Marketing Research*, 17(4), 460-469.
25. Oliver, R. L. (1993). Cognitive, Affective and Attribute Bases of the Satisfaction Response. *Journal of Consumer Research*, 20(4), 418-430.
26. Oliver, R. L. (1997). *Satisfaction: A behavioral Perspective on the consumer*. Boston: McGraw-Hill.
27. Park, Y. A., & Gretzel, U. (2007). Success Factors for Destination Marketing Sites: A Qualitative Meta-Analysis. *Journal of Travel Research*, 46(1), 46-63.
28. Qi, S., Law, R., & Buhalis, D. (2008). Usability of Chinese Destination Management Organization Websites. *Journal of Travel & Tourism Marketing*, 25(2), 182-198.
29. Rong, J., Li, G., & Law, R. (2009). A contrast analysis of online hotel web service purchasers and browsers. *International Journal of Hospitality Management*, 28(3), 466-478.
30. Russell, J. A., & Geraldine, P. (1980). A Description of Affective Quality Attributed to Enviroments, *Journal of Personality and Social Psychology*, 38(2), 311-322.
31. Russell, J. A., & Pratt, G. A. (1980). A description of the affective quality attributed to environments. *Journal of Personality and social Psychology*, 38(3), 311-322.
32. Schmidt, S., Cantallops, A. S., & dos Santos, C. P. (2008). The characteristics of hotel websites and their implications for website effectiveness. *International Journal of Hospitality Management*, 27(4), 504-516.
33. Shankar, V., Smith, A.K. and Rangaswamy, A. (2003). Customer satisfaction and loyalty in online and offline environments, *International Journal of Research in Marketing*, 20(2), 153-175.

34. Spreng, R. A., MacKenzie, S. B., & Olshavsky, R. W. (1996). A reexamination of the determinants of consumer satisfaction. *Journal of Marketing*, 60(3), 15-32.
35. Taylor, R. E. & Judd, L. L. (1989). Delphi method applied to tourism. In Witt, S. and Moutinho, L. (Ed.), *Tourism marketing and management handbook* (95- 99). New York: Prentice Hall.
36. Wang Y. (2008). Examining the level of sophistication and success of destination marketing systems: Impacts of organizational factors. *Journal of Travel & Tourism Marketing*, 24(1), 81-98.
37. Werthner, H., and S. Klein (1999). *Information Technology and Tourism*. Vienna, Austria: Springer Verlag.
38. Wirtz, J. (1994). The affect literature in psychology—A review for consumer behaviour. *Asian Journal of Marketing*, 3, 49-70.
39. Yoon, S. -J. (2002). The antecedents and consequences of trust in online-purchase decisions. *Journal of Interactive Marketing*, 16(2), 47-63.
40. Yoon, D. Y., & Jang, Y. S. (2010, 25-28 July). *A study on quality evaluation for travel agency's website*. Paper presented at the 40th International Conference on Computers and Industrial Engineering (CIE40), Awaji, Hyogo.
41. Yoon, S. and Kim, J. (2000). An empirical validation of a loyalty model based on expectation disconfirmation, *Journal of Consumer Marketing*, 17(2), 120-126.
42. Yuan YL, Gretzel U, Fesenmaier DR. (2006). The role of information technology use in American convention and visitors bureaus. *Tourism Management*, 27(2), 326-341.
43. Zeng, L., & Salvendy, G. (2008). How creative is your website? In Proceedings of the 2nd international conference on applied human factors and ergonomics (AEI 2008) (pp.1-10), Las Vegas, NV.
44. Zeng, L., Proctor, R.W., and Salvendy, G., (2009a). Integration of creativity into website design. In: Proceedings of the HCII 2009 Conference. San Diego, CA: Springer Berlin, 769-776.
45. Zeng, L., Salvendy, G., Zhang, M. (2009b). Factor structure of web site creativity. *Computers in Human Behavior*, 25(2), 568-577.
46. Zeng, L., Proctor, R. W., & Salvendy, G. (2010). User-based assessment of website creativity: a review and appraisal. *Behaviour & Information Technology*, 1-18.
47. Zhong, L., Wu, B., & Leung, D. (2011). Progress of attraction websites in Mainland China: From 2005 to 2010. In R. Law, M. Fuchs & F. Ricci (Eds.), *Information and Communication Technologies in Tourism 2011* (pp. 89-100): Springer Vienna.

The development of evaluation tool and model for creativity on recreation farms' websites

Chyong-Ru Liu; Wei-Rong Lin; Yi-Min Li

Abstract

Despite the extensive use of the Internet as a marketing tool by recreation farm destination, few studies have been conducted to measure the creativity performance of recreation farm's websites. Literature review and collection experienced experts were employed, through rigorous content analysis and two rounds of tests, a consensus was reached on the following set of 39 items grouped into five dimensions: technical merit (10 items), farm information (12 items), interactive communication (9 items), online transaction (5 items) and customer relationship (3 items). Among the five dimensions, the recreation farm's websites were using their websites creatively on transaction and information dimensions, while relationship and communication dimensions were the weakest areas of recreation farm's websites. The proposed framework was tested to evaluate the of creativity performance each of the dimensions of 12 recreation farm's websites. The results indicated that Flying Cow recreation farm website had the highest score, followed by Sheipa and Tsoumalai. This study also aims to explore evaluation model of recreation farm website creativity, categorizing those effects as emotional, satisfaction, and intentional. By understanding individuals' exposure to website creativity and that creativity influences the formation of behavior intention through emotional and satisfaction factors. It will look specifically at arrivals to the 12 most popular recreation farms in Taiwan, and 595 useable responses are obtained. Several empirical results were obtained. First, website creativity had a positive effect on website emotional. Second, website emotional had a positive effect on website satisfaction. Third, website satisfaction had a positive effect on travel intentions. Implications of these findings for application and areas for future research are also provided.

Key Words: Recreation farm; website creativity; website evaluation; behavior intention

附錄 休閒農場網站創意評量德爾菲法調查統計表

網站創意 組成成分	題項說明		可以衡量休閒農場網站創意性			
			第 1 階段 平均 值	第 2 階段 平均 值	成對 t -test 檢定之 t 值	幾何 平均 數
科技價值	1-1	網站的歡迎頁面是能傳達農場的特色	4.25	4.50	-1.149	4.45
	1-2	網站的頁面連結過程是有趣的	3.75	3.92	-0.692	3.80
	1-3	網站的版面設計是能呈現農場的魅力	4.25	4.50	-1.000	4.45
	1-4	網站的版面設計是能真實呈現農場意象	3.92	3.83	0.266	3.79
	1-5	網站提供的語言版本是特別的	2.75	---	---	---
	1-6	網站提供的語言版本超乎我的預期	2.92	---	---	---
	1-7	網站的讀取過程是有趣的	3.92	3.83	0.364	3.77
	1-8	網站的關鍵字搜尋能查詢到我想要的資訊	3.83	4.17	-0.715	4.09
	1-9	網站提供的下載方式符合時代潮流 (如 APP 應用程式、二維條碼等)	3.67	4.00	-0.842	3.96
	1-10	網站提供超乎我預期的其他功能 (如手機可讀頁面、語音辨識、即時影像、即時 客服互動、3D、虛擬實境)	3.58	3.92	-0.842	3.78
	1-11	網站的瀏覽過程是順暢的	---	4.08	---	4.01
	1-12	網站能適用於不同的裝置 (如手機或平板電腦等)	---	4.33	---	4.31
園區資訊	2-1	景點資訊的說明讓我感到愉快	4.08	4.08	0.000	4.03
	2-2	景點資訊的說明讓我感動	3.67	3.92	-0.672	3.84
	2-3	景點資訊的呈現豐富我的感官享受	4.33	4.33	0.000	4.31
	2-4	活動訊息是即時的	3.75	3.83	-0.200	3.72
	2-5	活動資訊的呈現是有趣的	3.83	3.92	-0.321	3.84
	2-6	主題遊程的呈現風格是獨特的	4.33	4.25	0.364	4.23
	2-7	遊程設計能讓我自行安排	3.67	3.58	0.209	3.49
	2-8	園區導覽的地圖或指引是互動的	3.92	4.25	-0.938	4.21
	2-9	餐飲資訊的呈現是吸引人的	4.08	4.25	-0.432	4.16
	2-10	住宿資訊的呈現是值得嚮往的	4.08	4.17	-0.321	4.09
	2-11	商品資訊的呈現是具有農場特色的	3.92	3.92	0.000	3.84
	2-12	交通資訊的呈現是貼心、好用的	3.67	3.92	-1.000	3.84
	2-13	旅遊須知的呈現是新奇的	3.25	3.33	-0.364	3.25
	2-14	氣候資訊是即時的	3.33	3.75	-1.239	3.65
	2-15	旅遊須知的訊息是即時的	---	3.50	---	3.36
互動溝通	3-1	網站提供的互動平台是具有多元選擇的	3.92	4.00	-0.364	3.96

	3-2	網站提供的互動平台是讓我想持續關注的	3.75	3.83	-0.290	3.79
	3-3	網站提供的互動功能是讓我樂在其中的	4.00	3.92	0.290	3.86
	3-4	網站提供的分享方式是好玩的	3.92	3.83	0.321	3.79
	3-5	網站提供的網路活動是新奇的	3.83	4.00	-0.432	3.94
	3-6	網站提供的網路活動是吸引我的	3.75	4.00	-0.761	3.91
	3-7	網站提供的線上服務是創新的	4.00	4.16	-0.518	4.11
	3-8	網站提供的諮詢平台是即時的	3.83	3.75	0.178	3.61
	3-9	網站提供的常見問答集(FAQs)是有用的	---	3.83	---	3.72
線上交易	4-1	網站提供的交易平台讓我感到安心	4.00	4.17	-0.394	4.05
	4-2	網站的線上交易過程是安全的	3.92	4.08	-0.518	3.93
	4-3	網站提供的線上交易在操作上是出乎意外的好用	3.92	3.67	0.897	3.61
	4-4	網站提供的線上預訂是即時的	3.92	3.75	0.394	3.63
	4-5	網站提供的付款方式是超乎我預期的多樣	4.00	4.08	-0.290	4.01
顧客關係	5-1	網站提供的優惠折扣是吸引我的	3.58	3.58	0.000	3.44
	5-2	網站提供的創作活動讓我想參與其中	3.75	3.75	0.000	3.61
	5-3	網站鼓勵顧客經驗分享的獎勵是令人興奮的	3.75	3.75	0.000	3.65
	5-4	網站提供快速回應的客訴管道	---	4.00	---	3.88
題項統計			41 項	43 項		

建立以蜆開闔律動行為模式作為監測水域水質關鍵指標之應用介面

周立強

國立宜蘭大學生物機電工程學系

摘要

本計畫以過去所開發之線上雙殼貝開闔行為監測系統裝置，觀測蜆羣暴露在不同水體環境(自來水、埤湖水、河水、地下水及灌溉水)中，每天開闔律動行為變化。我們將其所觀測之蜆殼開闔及暴露水質之資料，以統計方式建立其水中開闔行為模式與水質之相關性建立對應資料庫。在應用端結合此水域環境中雙殼貝開闔行為監測系統裝置，所發展的判別水域水質關鍵指標的應用介面模式，可作為未來水域環境之生物預警監測系統資料庫。

關鍵字：雙殼貝；淡水蜆；殼開闔行為量測裝置；生物預警系統

前言

農業生產所需要的科技技術結合工業產品使競爭力提昇是台灣當今農業三生(生產、生活及生態)變革的趨勢。根據2007年漁業年報台灣貝類水產養殖面積依序為牡蠣、文蛤、蜆、蚬、西施貝及九孔等，除生產目的中主要為食用外，更因生物科技的技術發展衍生為保健食品如蠔及蜆精之原料萃取來源。台灣水域生態養殖環境從過去到現在對工業生產或人類生活所伴隨的污染問題或多或少均有潛在威脅。過去傳統的水域水質監測方式大多以在現場採集水質樣本，在實驗室中進行化學分析以了解水域水質污染程度，這種水域環境監測方式的分析結果往往要在一段時間之後才會揭曉(Borcherding與Wolf, 2001)。當水域(包含河川溪流、灌溉圳溝、水源集水區等)一旦有重金屬等污染物時，這種監測方式並不能及時提出預警，當結果出爐時水域中的生物可能已經大量死亡或顯現病變而不知，然這些水產魚貝介類生物或因原料萃取提煉之保健食品早已經被消費者下肚多時，因此監測水域水質在遭受到污染時，能及時地提出預警是非常重要的問題。

過去有超過十年以上的時間，一些學者研發並使用水中動物(魚、貝類、水藻等)作為生物預警的指標物，因為它們非常敏感，在面對具有威脅的污染濃度發生時會產生立即的反應(Van der Schalie等, 2001)。貝類是最早被選來作為生物預警系統的哨兵生物(Doherty等, 1987; Sluyts等, 1996; Brocherding與Jantz, 1997; Curtis等, 2000; Tran等, 2003, 2004; El-Shenawy, 2004)。因為貝類具有廣闊的族群分布及固定棲息於地區的特殊習性和對於污染毒物具有累積性，因此常被選為水域生態系統中理想的污染指標生物(El-Shenawy, 2004)。貝殼的開闔活動是許多貝類的主要特色，也是他們自然行為反應的一部分，對於貝類這是一種不能被忽略的生命表現。貝類在面對污染物時會關閉它們的雙殼一段時間，藉此來抵抗外界污染物的侵入(Kadar等, 2001)。藉由連續監測貝類的開闔行為，對評估環境中污染的程度提供了一項可靠的依據(Sluyts等, 1996)。

Doherty 等(1987)指出亞洲蜆Asian clam (學名*Corbicula fluminea*)在台灣即一般俗稱黃金蜆，貝殼色澤呈暗黃褐色，其對於金屬Cu/Zn 具有較高的生物濃縮因子，因此監測亞洲蜆的行為活動就如同監測其體內金屬殘留量，是可以提供環境中重金屬濃度的資訊。統合以上觀點，以觀測亞洲蜆的開闔行為作為水質生物監測器的優點有四：第一、它們很容易觀測與評量。第二、它們具有生態相關性。第三、它們的族群、生化結構對於毒物污染程度具有較高關聯性。第四、不管是暴露在實驗室或者是野外它們都是很有用的污染指標生物(Weis等, 2001; Perez與Wallace, 2004)。淡水蜆藉由殼開闔律動，濾食水中浮游藻類，其殼開闔程度可用來反應出水域環境中汙染物之汙染程度。當水域環境發生汙染時，雙殼貝會立即關閉雙殼，藉以避開暴露於水中汙染物(Kadar等, 2001)。至目前為止，有許多研究證實淡水蜆開闔行為會因暴露於不同水域環境條件而改變(Ortmann與Grieshaber, 2003; Fournier等,

2004; Tran等, 2003、2004、2007)。因此淡水蜆為一良好的生物指標, 其開闔行為被許多研究學者用來評估水域中污染程度。

在生物監測器的構成, 主要是藉由量測生物體對於毒物立即的生理或行為反應來間接推求生物體所處環境下污染程度(Gruber與Diamond, 1988)。許多成功的水質生物監測器案例中, 以貝殼開闔行為量測儀(valvometer)技術的運用是可用方法之一, 係以貝類開闔活動作為生物哨兵來監測環境中特定污染物的濃度(Curtis等, 2000; Tran等, 2003、2004; 趙, 2008; Jou等, 2009)。貝類在環境生長中會有其開闔律動, 藉著觀察貝類的律動我們可以觀察環境中的污染程度, 建構一貝類活動為主之水域環境監測生物預警系統(Gnyubkin, 2009)。Sow等(2011)以一高頻非侵入式貝殼開闔量測儀(High Frequency-Non Invasive valvometer, HFNI valvometry)及其高頻傳輸資料, 採用非參數統計模式kernel估測法可在線上有效地評估水質, 這是目前文獻上所看到的最新技術方法。Ortmann與Grieshaber(2003)利用電磁感應原理, 量測線圈間互感程度, 量化淡水蜆個體平均開殼大小(%)及開閉殼時間, 進而觀測淡水蜆每日開闔律動。Tran等(2003)以輕質量白金材料製電極為基礎, 利用非固定式之量測技術觀測蜆不同開殼程度, 透過資料擷取介面卡將訊號傳至電腦並使用圖控式程式語言軟體LabVIEW進行資料處理與分析, 量化一群蜆之開/閉殼比例(%)。Basti等(2009)觀測有毒腰鞭毛蟲(*Heterocapsa circularisquama*)對於馬尼拉蜆(*Ruditapes philippinarum*)之殼律動影響, 使用商品化霍爾元件為感測器, 利用霍爾效應原理, 將量測之雙殼貝開閉殼產生霍爾電壓, 經由資料擷取卡傳輸至電腦內部, 其觀測指標分為(1)一群蜆之開殼比例(the duration of valve opening, DVO, %), (2)蜆開殼程度(the amplitude of valve opening, AV0, mm), (3)蜆開/閉殼頻率(the frequency of valve adductions, FVA, adductions h⁻¹)。Jou 等(2013)以微型電感線圈黏貼於蜆之雙殼上, 利用電感間互感應特性, 量測蜆之不同開闔程度造成電壓變化, 透過濾波放大器和資料擷取介面卡將訊號送至電腦, 並使用LabVIEW軟體量化蜆之開闔律動, 其量化指標有:(1) 一群蜆中其開/閉殼比例(%), (2) 一群蜆其平均殼開闔度(%), (3) 一群蜆之每日平均開/閉殼時間。

由此可知, 倘若要發展一套以雙殼貝為標的生物之即時且長時間監測水域環境生物預警系統, 其研究分析雙殼貝開闔行為量化指標與水域環境之相關性, 是一個不容忽視的問題, 故本計畫運用 98 及 99 年度計畫研發之「模組化」線上即時監測雙殼貝開闔行為之量測裝置, 進而觀察淡水蜆暴露於五種不同現地水域環境中, 分別為自來水、湖水(宜蘭大學)、河水(宜蘭河)、地下水(宜蘭縣員山鄉阿蘭城)及灌溉水(安農溪), 共五種水樣之每天自然開闔律動行為。並對照暴露水質參數資料, 以統計方式建立其水中開闔行為模式並逐步建立資料庫, 在應用端結合此水域環境中雙殼貝開闔行為監測裝置, 建構發展監測水域水質關鍵指標之應用介面。

材料與方法

圖 1 為本計畫建立以蜆開闔律動行為模式作為監測水域水質關鍵指標之應用介面的架構方法流程, 以下分別詳述於各節。

(一) 即時雙殼貝開闔行為監測系統建置

圖 2 為本計畫雙殼貝開闔行為監測裝置架構, 此雙殼貝開闔行為監測裝置係採用一對電感線圈分別固著於蜆之雙殼, 運用兩電感線圈間之互感應原理, 在一次側線圈通以由訊號產生器所產生之高頻 4 kHz、10 V 正弦電壓訊號(V_{m2}), 而二次側線圈之感應電壓則經由差動放大器濾波放大後接至資料擷取卡傳輸至電腦內部。本裝置係以圖控式程式語言軟體 LabVIEW (Laboratory virtual instrument engineering workbench)作為監測系統之數值運算核心。當蜆殼開闔活動時, 二次側線圈之感應電壓會隨其開闔度大小而變, 依此進一步量化蜆殼開闔間距(mm)之變化, 作為計算每隻蜆開闔度之依據。本裝置係以不固定雙殼貝之量測方式, 提供一個低緊迫環境作為量測蜆殼開闔程度變化之平台, 可即時紀錄雙殼貝每日開闔度律動

變化之趨勢。

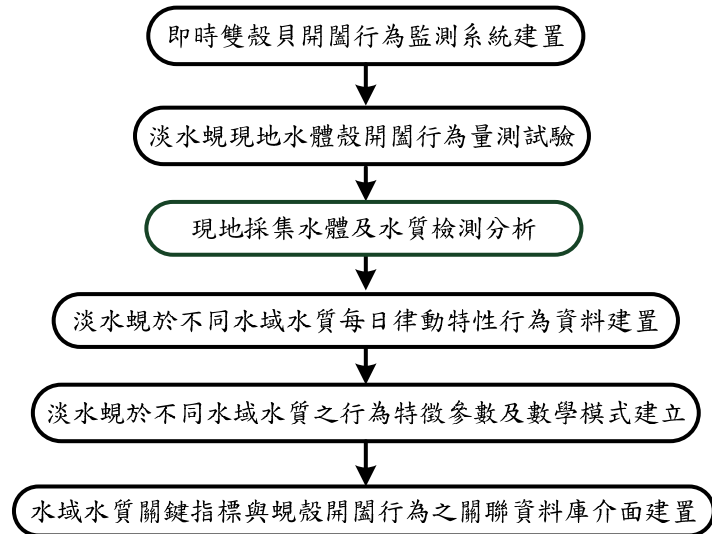


圖 1 建立以蜆開闔律動行為模式作為監測水域水質關鍵指標之應用介面之方法流程

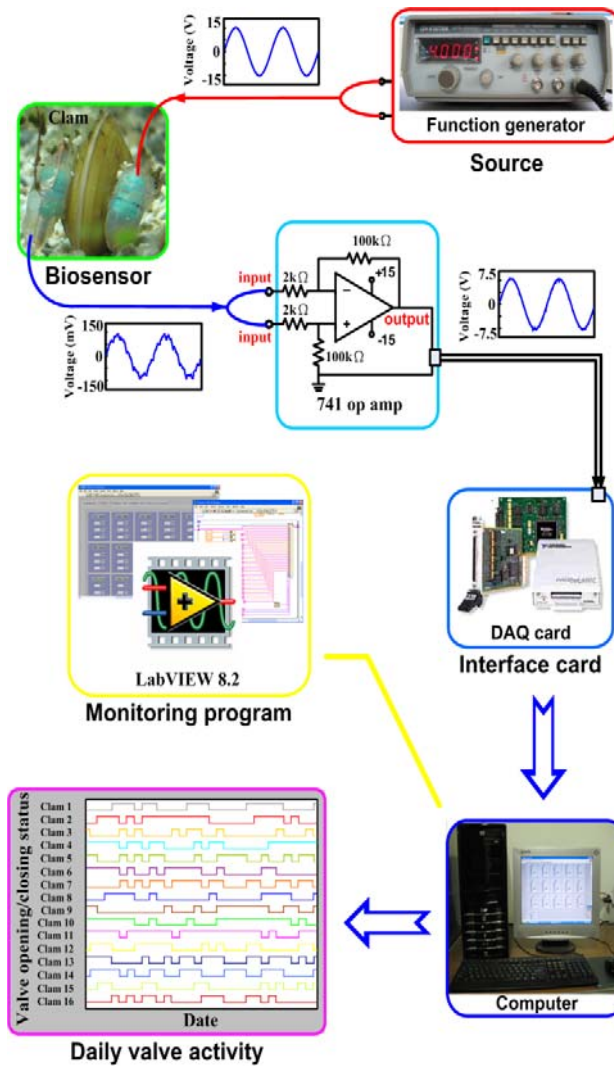


圖 2 雙殼貝開闔行為監測裝置架構

圖 3 為淡水蜆殼開闔行為判別流程，本計劃根據過去研究成果(Jou 等, 2013)定義當殼開闔度 $m_i(t) < 20\%$ 為閉殼狀態(valve closing, VC)，反之為開殼狀態(valve opening, VO)，當 $m_i(t) > 50\%$ 為開殼濾食活動狀態(siphon extension, SE)，反之為無伸出濾管狀態(siphon withdrawal, SW)，以上定義狀態如圖 3A 所示。圖 3B 為每一隻蜆殼即時資訊開闔度百分比大小，根據圖 3A 之蜆殼開闔狀態判定門檻值(20 及 50 %)，可將淡水蜆開闔變化予以數位化型式 0 及 1 表示，呈現單位步階函數型式(圖 3C)。根據圖 3C 每一隻蜆的即時數位化歷線資料可即時顯示 16 隻蜆隻在判定是 VC 及 SE 狀態下所呈現之百分比，分別為圖 3D 及 E 所示。

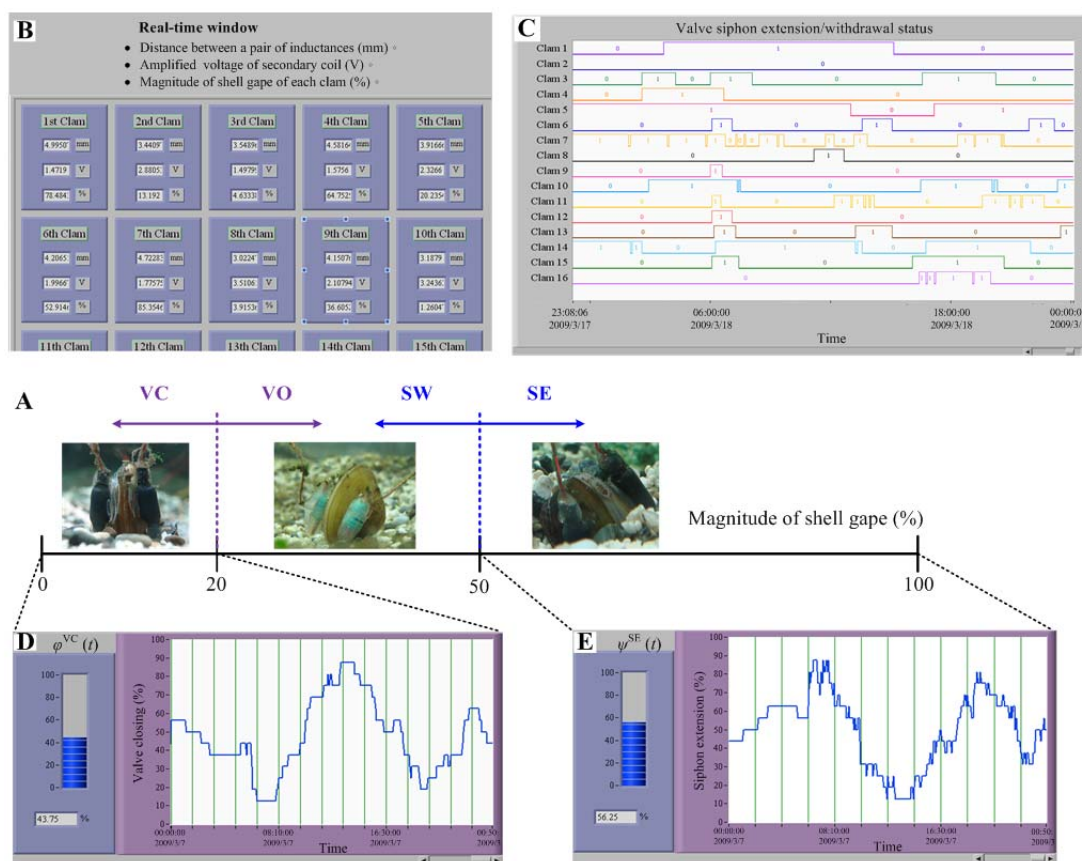


圖 3 淡水蜆殼開闔行為判別流程

(二) 現地採集水體及水質檢測分析

常見的灌溉水體有地下水、地表水中之渠道或埤，本計劃現地採集之試驗水體分別取自於自來水、地下水(員山阿蘭城)、河水(宜蘭河)、灌溉水(安農溪分洪堰)、湖水(宜蘭大學湖泊)五種不同灌溉水體，圖 4 為現地實驗各暴露水體之地理環境區域圖。本計劃將蜆隻暴露於以上引取自野外灌溉水域環境之水體，可求得此不同水域環境下蜆殼開闔律動情形。在進行不同水體暴露實驗時，藉由雙殼貝開闔行為量測裝置可將蜆隻殼開闔變化訊號擷取至電腦，以利後續分析，並同時量測暴露水體之酸鹼度值(pH)、電導度(EC)、濁度、溶氧(DO)、總硬度及溫度。本計劃進行量測試驗之水體皆由國立宜蘭大學檢驗及技術服務中心(National Ilan University Analysis and Technology Consulting Center)進行水質離子成分化驗分析，其水質檢測項目包含水中各離子 Cl^- , SO_4^{2-} , NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cu^{2+} , Zn^{2+} 。藉由各不同暴露水體之蜆殼律動與水質間之相關性，可進而建立蜆隻自然開闔行為律動模式及區域性資料庫。

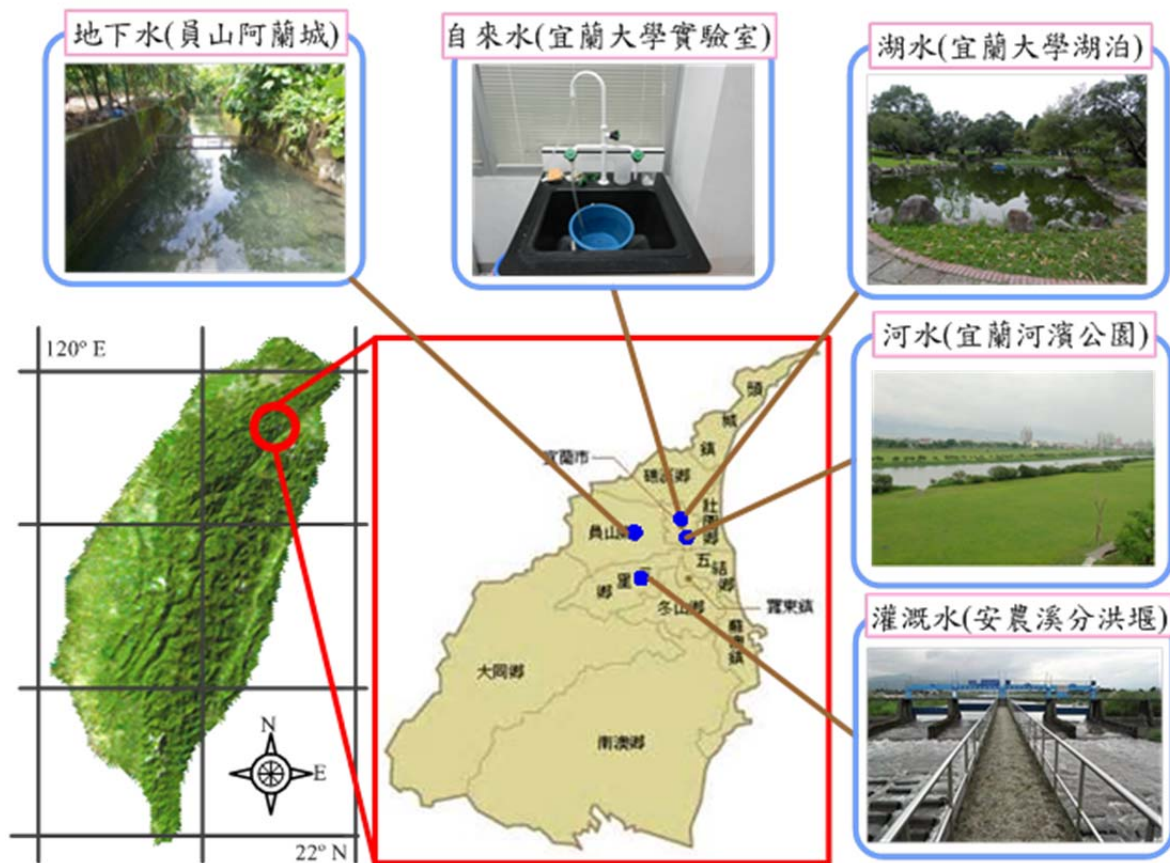


圖 4 現地實驗各暴露水體之地理環境

(三) 蜆殼開闔行為律動特徵模式

雙殼貝之殼開闔行為律動特徵模式主要為了量化一群淡水蜆暴露於不同水域環境中，其殼開闔行為變化。本研究藉由蜆殼每日律動(非污染環境下之空白實驗)之結果，以提供評估水域環境中水質關鍵指標。本研究使用一非線性三參數 SinWave 模式描述淡水蜆每日殼律動變化([1]式)，然而 Liao 等(2005)，Jou 與 Liao(2006)及 Jou 等(2009)曾經採用一非線性三參數 Lognormal 模式([2]式)描述一群淡水蜆，其每日殼開闔行為律動變化，因此本研究將以此兩種不同模式擬合實驗中在不同水域環境中下所量測之時變淡水蜆殼開闔行為為 $(\Psi^{SE}(t))$ 及 $(\Phi^{VC}(t))$ 變化之數據，藉以交互觀察比對其差異：

$$f(t; A_{\sin}, B_{\sin}, C_{\sin}) = A_{\sin} + B_{\sin} \sin\left(\frac{2\pi t}{C_{\sin}} + D_{\sin}\right), \quad [1]$$

式中 t 為時間， $A_{\sin}$ 為振幅之偏移量， $B_{\sin}$ 為波形之振幅， $C_{\sin}$ 為波形週期， $D_{\sin}$ 為初始相位角。

$$f(t; A_{\log}, B_{\log}, C_{\log}) = A_{\log} \times \exp\left[-0.5 \left(\frac{\ln\left(\frac{t}{B_{\log}}\right)}{C_{\log}}\right)^2\right] + D_{\log}, \quad [2]$$

式中 t 為時間， $A_{\log}$ 為曲線之振幅， $B_{\log}$ 為發生最大機率值之時間， $C_{\log}$ 可由曲線下面積，求得 $Area = abc\sqrt{2\pi \exp(c^2)}$ ， $D_{\log}$ 為 y 軸之偏移量。

(四) 實驗資料統計分析

本計畫採用統計分析軟體 Crystal Ball®(Version 2002.2, Decisioneering, Inc., Denver, Colorado, USA) 求得樣本之最佳分佈，其中樣本數小於 40 筆採「Kolmogorov-Smirnov Test」；樣本數大於 40 筆採「Chi-Square Test」，其中所有檢定之 P 值皆小於 0.05。接著假設樣本之母體分佈遵循其最佳分佈及最大概似法則，藉由蒙地卡羅分析法(Monte Carlo analysis)透過電腦模擬隨機 10,000 筆資料以推估其母體分佈情形。亦使用 TableCurve 2D 軟體(Version 5, AISN Software Inc., Mapleton, OR, USA)進行模式之數據擬合及推擬出函數曲線之重要參數。透過 LabVIEW 圖控式軟體將雙殼貝開闔行為感測器之電壓訊號換算成其開闔度大小，並儲存成電子試算表檔案類型 Microsoft Office Excel 2007 以進行後續分析。

(五) 建立水域水質關鍵指標與蜆殼開闔行為之關聯介面模式

根據本計劃蜆羣暴露於五種不同水體下之個別蜆殼律動曲線及對應此暴露水質資料，由統計方式獲得宜蘭縣五個不同區域之水質關鍵指標與對應蜆殼開闔律動行為特徵參數之關聯矩陣。其中溫度(Temp.)及溶氧(DO)於本計劃中之暴露水體為控制項目使蜆羣於滿足存活條件(溫度 20 -25°C，溶氧為幾近飽和 6-8 ppm)。圖 5 為暴露水域水質關鍵指標與蜆羣殼開闔行為特徵參數之關聯示意。

結果與討論

(一) 現地水體水質檢測分析

表 1 為自來水、地下水、埤水、河水及灌溉水五種不同蜆羣暴露水體環境水質資料，其水質條件皆符合飲用水水源水質標準

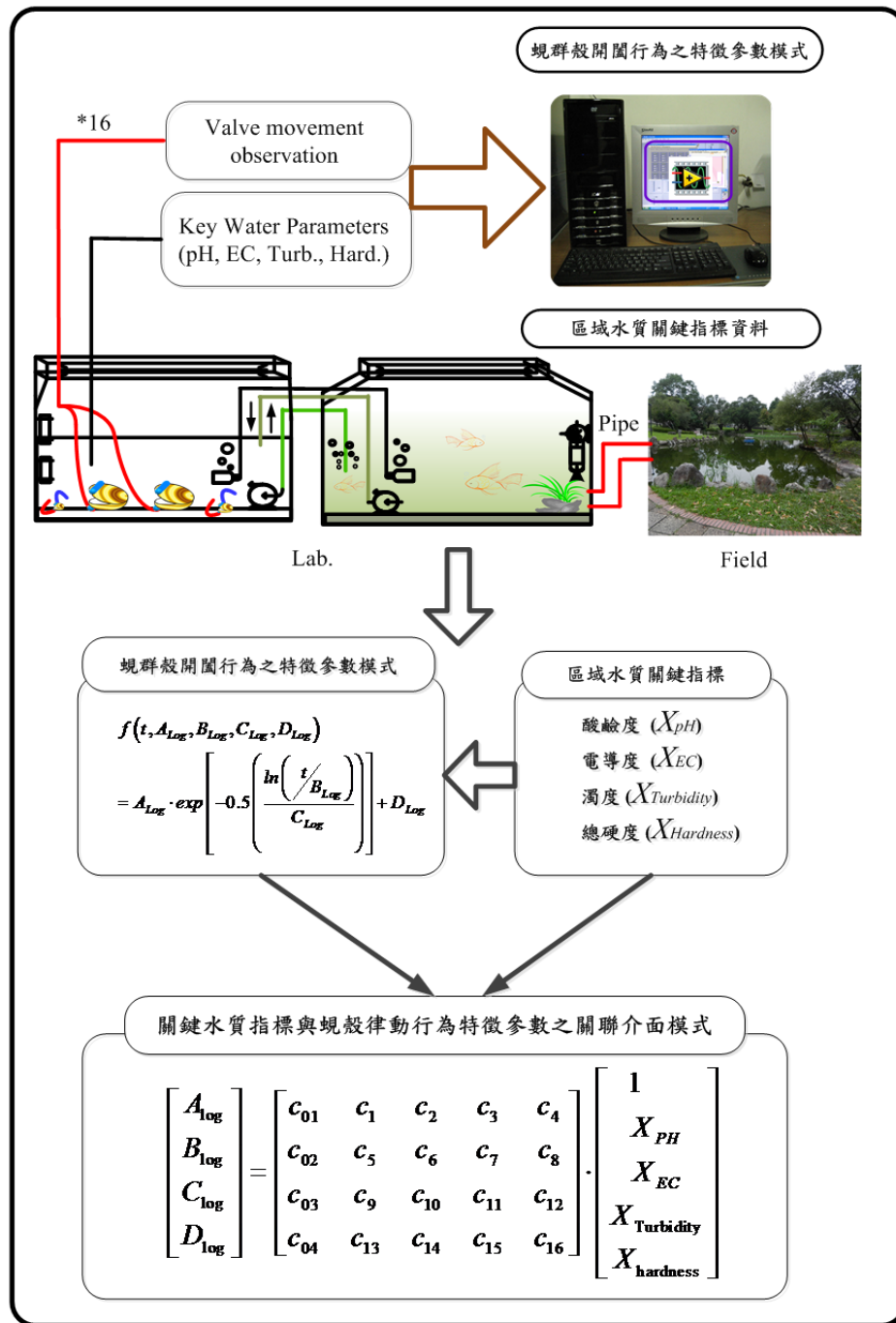


圖 5 暴露水域水質關鍵指標與蜆羣殼開闔行為特徵參數之關聯示意

(<http://ivy5.epa.gov.tw/epalaw/search/LordiDispFull.aspx?ltype=09&lname=0030>)。本研究結合蜆隻暴露於五種不同水體下之個別蜆殼律動曲線及對應此暴露水質資料，以求得宜蘭縣五個不同地理區域之水質條件及對應蜆殼開闔律動行為之區域性資料庫。

表 6 蜆羣暴露各灌溉水體水質一覽表

Parameter	Water Samples				
	自來水 (Tap-water)	地下水 (Groundwater)	埤湖水 (Lake water)	河水 (River water)	灌溉水 (Irrigation water)
PH	7.76	7.43	7.55	7.39	7.42
EC	287	308	229	374	509
DO	5.95	6.03	5.98	6.04	6.01
Temp.	24.8	24.6	24.3	24.6	24.8
Salinity	0.1	0.16	0.1	0.2	0.3
Turbidity	0.76	0.94	0.77	1.32	0.2
Hardness	9.7	58.6	95.2	77.8	199.8
NH ₃	0.12	ND	0.22	0.13	0.06
NO ₃	3.8	6.9	2.35	9.15	23.4
NO ₂	ND	ND	ND	ND	ND
SO ₄	26.2	50	6.13	37.26	50
Cl	7.44	17	2.03	1.24	22.7
Fe	ND	ND	ND	0.029	ND
Mn	ND	ND	ND	0.001	ND
Ca	22.12	20.32	27.7	28.32	20.35
Mg	5.52	1.88	5.67	1.883	43.64
Na	6.59	14.3	20.22	16	15.48
K	1.7	9.2	33.4	12.22	13.83
Zn	0.02	ND	ND	ND	ND
Pb	ND	ND	ND	ND	ND
Cd	ND	ND	ND	0.002	ND
Cr	ND	ND	ND	ND	ND
Cu	ND	ND	ND	ND	ND
Ni	ND	ND	ND	ND	ND

Units: pH (standard units), electrical conductivity (μ s/cm), DO (ppm), Temp. ($^{\circ}$ C),
Salinity (ppt), Turbidity (NTU), hardness (as CaCO₃) (mg/L), ion concentrations (mg/L).

(二) 蜆殼開闔行為律動特徵模式

1. 蜆群濾管伸出律動比例

本計畫分別求得蜆群暴露於自來水、地下水、湖水、河水及灌溉水五種水體下，每日各時段開殼濾食($\psi^{SE}(t)$)比例之律動變化曲線 (圖 6-10)。圖 6-10 顯示蜆羣每日伸出濾管比例律動，呈現一類似雙峰曲線之型式，於每日 06:00-08:00 及 20:00-22:00 與 07:00-09:00 及 21:00-23:00 可達最大伸出濾管比例值。圖 6-10 中紅色虛線範圍，乃係將淡水蜆一日中各時段比例開殼濾食($\psi^{SE}(t)$)原始殼律動開闔數據，採用 K-S Test 檢定(每點蜆之開殼資料，有 7 筆資料，共 288 點)為 β 連續分佈型式，接著將每一點蜆隻開殼 7 筆資料之平均值及標準差進行蒙地卡羅分析法(Monte Carlo analysis)以推估其 95 % 信賴區間下(confidence interval, CI)之濾管伸出

比例分佈範圍。本研究以非線性三參數 SinWave 及 Lognormal 模式([1] 及[2]式)擬合淡水蜆一日中各時段濾管伸出 $\psi^{SE}(t)$ 比例之數據。根據之雙峰開闔殼律動特性，將 24 小時殼律動觀測資料，分成兩時段之非線性三參數 SinWave 及 Lognormal 模式加以描述，其分別暴露於自來水、地下水、埤湖水、河水及灌溉渠水水體下，蜆殼律動模式擬合函數式分別顯示表二及三，

表 2 黃金蜆暴露於各水體之蜆隻濾管伸出律動 SinWave 模式參數一覽表

$$f(t; A_{sin}, B_{sin}, C_{sin}) = A_{sin} + B_{sin} \sin\left(\frac{2\pi t}{C_{sin}} + D_{sin}\right)$$

水樣	t	A_{Sin}	B_{Sin}	C_{Sin}	D_{Sin}	R^2
自來水	0-18	40.05	10.16	16.52	5.07	0.85
	18-24	35.41	9.52	7.411	2.98	0.99
地下水	4-16	21.58	7.66	9.99	2.51	0.82
	16-04	21.93	9.61	15.69	5.17	0.92
湖水	1-10	27.76	11.08	20.87	6.12	0.62
	10-1	33.34	10.20	10.64	2.73	0.84
河水	0-13	28.11	5.29	10.11	3.76	0.47
	13-24	17.36	8.34	20.18	2.13	0.80
灌溉水	4-16	47.32	9.36	7.66	2.04	0.74
	16-04	46.72	11.57	11.73	2.66	0.93

表 3 黃金蜆暴露於各水體之蜆隻濾管伸出律動 Lognormal 模式參數一覽表

$$f(t; A_{Log}, B_{Log}, C_{Log}) = A_{Log} \times \exp\left[-0.5 \left(\frac{\ln\left(\frac{t}{B_{Log}}\right)}{C_{Log}}\right)^2\right] + D_{Log}$$

水樣	t	A_{Log}	B_{Log}	C_{Log}	D_{Log}	R^2
自來水	0-18	25.79	5.76	0.063	25.34	0.91
	18-24	25.0	20.5	0.091	20	0.83
地下水	4-16	18.17	8.17	0.201	13.75	0.95
	16-04	18.48	21.66	0.102	14.47	0.91
湖水	1-10	12.61	6.42	0.107	33.36	0.77
	10-1	20.43	19.18	0.061	29	0.81
河水	0-13	16.71	6.05	0.109	26.95	0.66
	13-24	9.14	18.15	0.112	16.96	0.83
灌溉水	4-16	24.39	7.01	0.13	39.14	0.85
	16-04	23.84	21.75	0.15	33.51	0.87

以非線性三參數式 Lognormal 及 SinWave 模式描述淡水蜆每日濾管伸出開闔狀態，SinWave 模式中 $\frac{2\pi}{C_{\sin}}$ (式 1) 與 Lognormal 模式中 $C_{\log}$ (式 2)，可視為一日中蜆殼行為律動模式之週期頻率，其週期值越大代表蜆隻濾管伸出變化曲線其值上升速率較為緩慢，亦即一群蜆中濾管伸出比例值達最高時需較久時間累積。從式 3-12 中可明顯地得知，淡水蜆一日中殼開闔行為律動頻率並非一致，也就是說淡水蜆暴露於不同水域環境下其蜆殼開闔律動雙峰曲線皆由不同週期頻率生物律動所造成。

圖 6-10 分別為淡水蜆暴露於不同水體下，每日一群蜆開殼律動變化曲線，可發現蜆隻暴露於自來水體中，開殼律動在波峰曲面下之時間最多，然而以宜蘭河水樣波峰曲面下包圍面積最小，自來水、地下水、灌溉水及埤湖水皆有明顯之兩個雙峰曲線，唯有宜蘭河水樣較不明顯，其約發生在早上五至七點時有一明顯波峰，其餘時間幾近水平線，無特別明顯之變化曲線，推估造成之原因蜆隻在馴養期間已習慣人工模擬之太陽日晝變化而造成開闔律動。曲線 Y 軸偏移量(offset)可視為淡水蜆暴露於水體中一群蜆基本活動力判斷指標，也就是說一群蜆一日中濾管伸出隻數最少比例，從不同暴露水體殼伸出律動曲線中(圖 6-10)可知，其蜆隻暴露於不同水體中開殼律動曲線 Y 軸偏移量(offset)大小依序為：灌溉渠水>埤湖水>自來水>河水>地下水，亦即不同水體下蜆隻活動力大小為：灌溉渠水>埤湖水>自來水>河水>地下水。

藉由暴露一群蜆於不同水體下觀測七天之蜆隻開殼變化資料，進而求得一群蜆一日開闔律動變化曲線，可明顯的發現每日一群蜆濾管伸出律動變化於不同水體下並非一致，其兩波峰時間點皆不相同，推測不同水體水質環境造成蜆隻律動曲線偏移，也就是蜆隻律動週期時間原點偏移，亦即存在一相位差，故我們使用 Lognormal 模式擬合時，並非皆以每日零點為起時點擬合蜆隻律動變化數據，例如灌溉水樣中，可以明顯的看出，第二個波峰下降趨勢接續至 0-4 時資料點中，才構成一完整之波峰曲線，因此我們將四點當作擬合蜆隻開殼變化之起始點，並將 0-4 時之資料點移置 24 時後面接連，故在擬合函數中需加一個一天 24 小時之每日週期(T)，也就是說以 Lognormal 模式推測淡水蜆暴露於灌溉水體中蜆殼律動變化，係以每日之 4 時為濾管伸出變化之起始點至隔日之 4 時結束，完成蜆隻每日 24 小時一個週期性濾管伸出律動曲線。然而 SinWave 模式中 $D_{\sin}$ 為初始相位角，初始相位角可以解決存在於人類時間與生物週期間時間差問題，與 Lognormal 模式中，藉由將存在相位差之資料點，移置 24 時後形成一完整波峰有異曲同工之處，故本文以 Lognormal 與 SinWave 兩者模式擬合蜆殼律動變化，以求證此觀點。從擬合函數中，可得證，在 Lognormal 模式中藉由將相位差資料點挪移，其 R^2 較高者並不亞於 SinWave 模式，甚至於宜蘭河水體中，解釋及推測蜆隻每日殼變化能力高於 SinWave 模式。

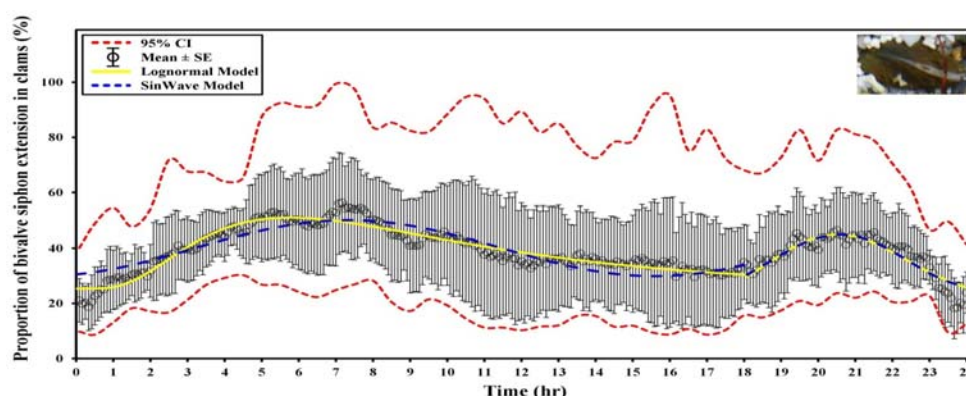


圖 6 淡水蜆羣暴露於自來水水體下一日中各時段之開殼濾食狀態比例律動，並以非線性三參數 Lognormal 及 SinWave 函數擬合其殼律動開闔變化。

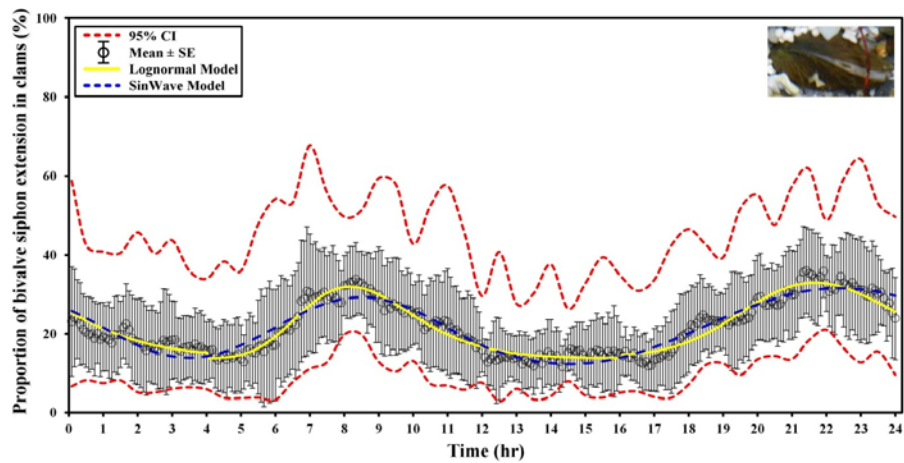


圖 7 淡水蜆羣暴露於地下水水體下一日中各時段之開殼濾食狀態比例律動，並以非線性三參數 Lognormal 及 SinWave 函數擬合其殼律動開闔變化。

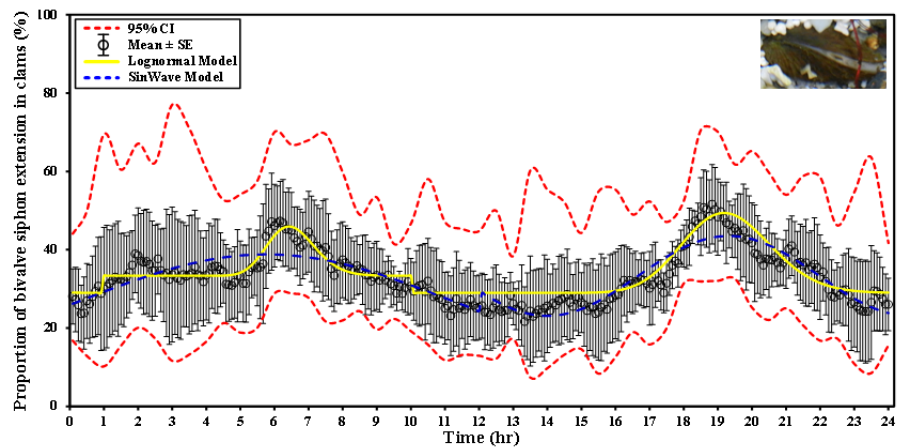


圖 8 淡水蜆羣暴露於湖泊水體下一日中各時段之開殼濾食狀態比例律動，並以非線性三參數 Lognormal 及 SinWave 函數擬合其殼律動開闔變化。

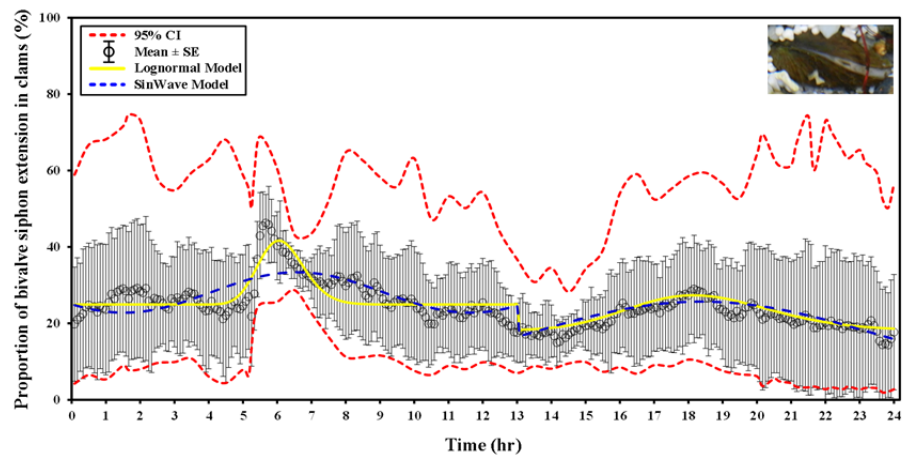


圖 9 淡水蜆羣暴露於宜蘭河水體下一日中各時段之開殼濾食狀態比例律動，並以非線性三參數 Lognormal 及 SinWave 函數擬合其殼律動開闔變化。

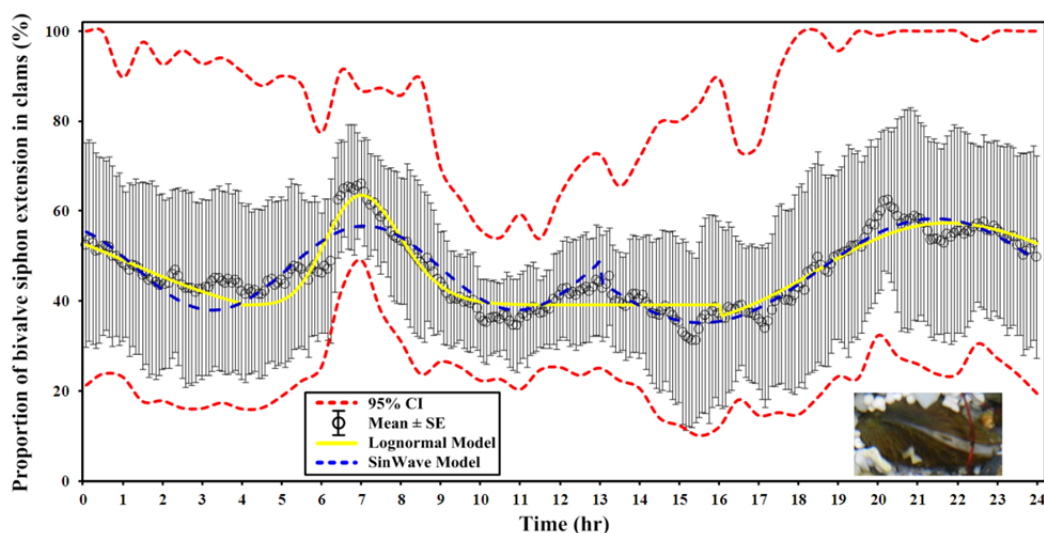


圖 10 淡水蜆羣暴露於灌溉渠水水體下一日中各時段之開殼濾食狀態比例律動，並以非線性三參數 Lognormal 及 SinWave 函數擬合其殼律動開闔變化。

2. 蜆群閉殼律動比例

本計畫分別求得蜆群暴露於自來水、地下水、湖水、河水及灌溉水五種水體下，每日各時段閉殼($\phi^{VC}(t)$)比例之律動變化曲線(圖 11-15)。圖 11-15 顯示蜆羣每日閉殼比例律動，呈現一類似雙峰曲線之型式。本試驗亦使用 K-S Test 檢定淡水蜆一日中各時段蜆羣原始殼律動閉殼比例($\phi^{VC}(t)$)數據(每點蜆之開殼資料，有 7 筆資料，共 288 點)，接著進行蒙地卡羅分析法推估其 95 % CI 之閉殼比例分佈範圍(圖 11-15 中紅色虛線範圍)。最後本計畫根據雙峰開闔殼律動特性，將觀測蜆隻暴露於五種水域環境下殼律動資料分成兩時段，以非線性三參數 SinWave 及 Lognormal 模式([1] 及[2]式)擬合蜆羣一日中各時段閉殼 $\phi^{VC}(t)$ 比例之數據，自來水、地下水、埤湖水、宜蘭河及灌溉渠水共五種水體下，蜆殼律動模式擬合函數式分別顯示表四及五。

非線性三參數式 SinWave 及 Lognormal 模式中 $\frac{2\pi}{C_{\sin}}$ (式 1)與 $C_{\log}$ (式 2)，皆可視為一日中蜆殼行為律動模式之週期頻率，其週期值越大代表蜆隻閉殼比例變化速率較為緩慢，亦即一群蜆中閉殼比例值達最小時需較長久時間累積。同樣的，從暴露於五種水體下，蜆殼律動兩時段擬合模式函數中(式 13-22)，與上述小節中描述之蜆隻濾管伸出行為律動模式一致，皆由兩不同之週期頻率所組成之

表 4 黃金蜆暴露於各水體之蜆隻濾管伸出律動 SinWave 模式參數一覽表

$f(t; A_{\sin}, B_{\sin}, C_{\sin}) = A_{\sin} + B_{\sin} \sin\left(\frac{2\pi t}{C_{\sin}} + D_{\sin}\right)$							5 金 暴 露 於 水 之 蜆 殼 Logno rma l 模 式
水樣	t	$A_{\sin}$	$B_{\sin}$	$C_{\sin}$	$D_{\sin}$	R^2	
自來水	0-18	48.01	10.67	16.06	1.53	0.88	
	18-24	51.68	9.61	7.35	5.97	0.99	
地下水	4-16	59.91	10.41	10.31	5.83	0.88	
	16-04	60.22	11.83	14.76	1.63	0.94	
湖水	1-10	43.32	7.36	9.35	0.45	0.64	
	10-1	44.56	9.12	11.17	0.14	0.84	
河水	0-13	55.12	7.04	10.08	0.51	0.49	
	13-24	64.77	3.90	12.01	1.17	0.82	
灌溉水	4-16	37.08	11.03	7.46	4.84	0.79	
	16-04	39.28	8.78	14.29	1.40	0.91	

參數一覽表

$f(t; A_{\text{Log}}, B_{\text{Log}}, C_{\text{Log}}) = A_{\text{Log}} \times \exp\left[-0.5 \left(\frac{\ln\left(\frac{t}{B_{\text{Log}}}\right)}{C_{\text{Log}}}\right)^2\right] + D_{\text{Log}}$						
水樣	t	A_{Log}	B_{Log}	C_{Log}	D_{Log}	R^2
自來水	0-18	-25.9 8	6.83	0.54	62.97	0.88
	18-24	-25	20.5	0.09	67	0.88
地下水	4-16	-24.1	8.18	0.21 4	70.63	0.96
	16-04	-23.4 2	21.4 4	0.11 3	70.66	0.92
湖水	1-10	-18.0	6.55	0.13 8	47.95	0.83
	10-1	-19.1	19.2	0.06 7	49.37	0.87
河水	0-13	-21.6 5	6.10 7	0.12 5	59.69	0.73
	13-24	-7.04	18.7 1	0.09 6	67	0.77
灌溉水	4-16	-28.2 2	7.14	0.12	47.35	0.94
	16-04	-24.7 5	21.6 3	0.19	55.17	0.86

生物律動訊號。由實驗結果可說明，兩種觀點(一群蜆濾管伸出、閉殼比例)皆是由兩不同生物律動週期頻率所構成之淡水蜆蜆隻殼開闔行為律動雙峰曲線，皆可反應一群蜆之每日殼開

閩行為律動模式。

將黃金蜆暴露於五種不同水體下，觀測其殼開閩變化之實驗數據，以殼開閩度 20% 為閩值，求得一群蜆閉殼比例，圖 11-15 分別為蜆隻暴露於自來水、地下水、埤湖水、宜蘭河及灌溉渠水五種水體下，一群蜆每日閉殼比例變化曲線。從圖 11-15 可清楚地得知，每日蜆殼律動曲線皆由兩波峰及一段變化較為緩和的線段構成，然而暴露於五種水體下其律動曲線皆不相同。緩和變化律動線段可視為 Y 軸平移量(offset)，也就是說，一群蜆每日閉殼基本比例值，隨著一天 24 小時之生理律動，一群蜆閉殼比例消長變化，形成雙峰波型曲線變化，故其值越大代表蜆隻暴露於此水樣下，閉殼基本比例越高，亦即蜆隻開殼濾食活動隻數較低，因此蜆隻暴露於五種水體下，其閉殼基本比例值依序為：地下水、自來水、宜蘭河、埤湖水及灌溉渠水。蜆殼雙峰曲線中，發生波峰之時間較短小者，代表蜆隻濾食活躍期較為短促；波峰之振幅越大，代表於濾食活躍期內，有較高比例蜆隻開殼濾食，因此本文以波峰所包圍之曲面面積大小視為一群蜆每日濾食活動旺盛程度，從暴露於不同水體下，一群蜆閉殼比例曲線圖中，可得知宜蘭河水體下其值最低，也就是說淡水蜆暴露於宜蘭河水域環境中，每日蜆殼律動以緊閉雙殼狀態居多，以減少開殼濾食活動特性反應此暴露水質條件。

從一群蜆每日閉殼比例曲線圖中(圖 11-15)，同樣地可發現，蜆隻暴露於不同水體下，其雙峰曲線存在一相位差，我們以灌溉水體為例，可發現第二個波峰曲線是從 24 時持續至 0 時直到 4 時終止，故以 Lognormal 模式擬合時，藉由雙峰曲線特性，將 0-4 時之觀測點移至 24 時後面，以構成完整之雙峰曲線蜆殼律動，因此，擬合函數須加上一日 24 小時之週期(T)於平移資料點，用以解決 Lognormal 模式無法表示相位差之問題，本文推測淡水蜆每日殼律動為一雙峰曲線與一平緩線段構成，然而不同暴露的水質環境會影響蜆隻殼律動情形，使得雙峰曲線有偏移的現象(相位差)、波峰週期、波峰振幅與緩和線段之位準(offset)高低。雙峰曲線之週期大小進而影響緩和線段區間大小，週期越大，發生緩和線段之律動時間越小(自來水水樣，圖 11)；相反的週期越小，其緩和線段之殼律動區間越長(宜蘭河水樣，圖 14)。

圖 6-10 對應圖 11-15 分別為蜆群暴露於自來水、地下水、埤湖水、河水及灌溉渠水五種水體下，伸出濾管及閉殼之比例律動曲線，可發現蜆群濾管伸出比例高時，其閉殼為低比例，兩曲線間存在一無形的對稱軸。故兩觀點所顯現出，蜆殼律動特性皆為反向關係，因此以開殼或閉殼比例觀點皆可有效評估淡水蜆於不同水體下之每日律動行為。亦再次說明，從一群蜆濾管伸出與閉殼比例兩觀點，皆可反應一群蜆之每日殼開閩行為律動模式。

綜合上述，根據本實驗所設定之光照週期(06:00-18:00 白晝，18:00-06:00 夜晚)可得知，淡水蜆殼律動隨著時間有週期性的變化，且於每日晝夜替換時段之律動曲線變化最為明顯。Garcia-March 等(2008)亦指出雙殼貝類於日出與日落時會有明顯開閉殼反應。淡水蜆為定棲型貝類，大多定棲於河床底層泥沙裡且鮮少移動，需藉由伸出濾管以攝取水中浮游生物為食，因此每日開閩律動會隨著濾食行為呈現週期性變化。此亦為現地環境下之自發性伸出濾管($m_i(t) > 50\%$)及緊閉雙殼($m_i(t) < 20\%$)的開閩行為特性。

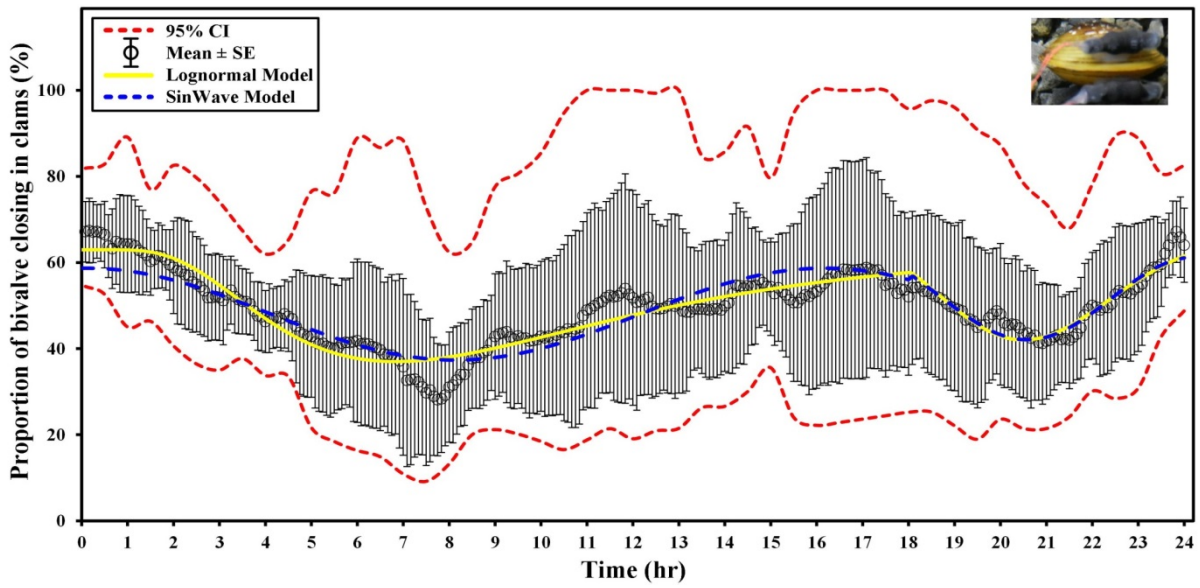


圖 11

淡水蜆羣暴露於自來水水體下於一日中各時段之閉殼狀態比例律動，並以非線性三參數 Lognormal 及 SinWave 函數擬合其殼律動開闔變化。

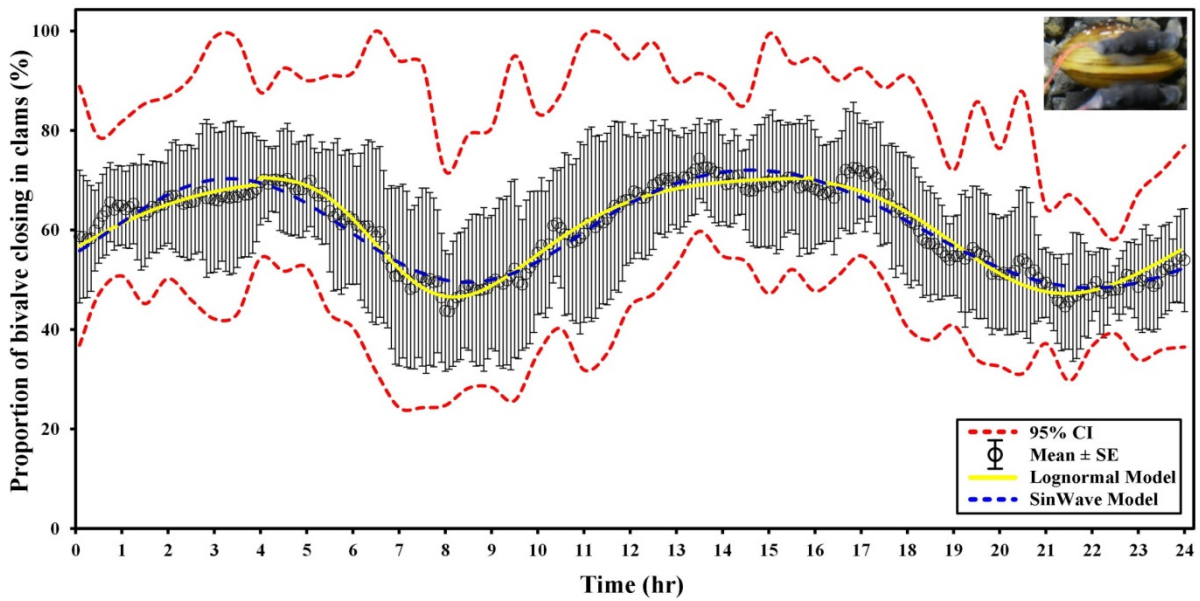


圖 12 淡水蜆羣暴露於地下水水域下於一日中各時段之閉殼狀態比例律動，並以非線性三參數 Lognormal 及 SinWave 函數擬合其殼律動開闔變化。

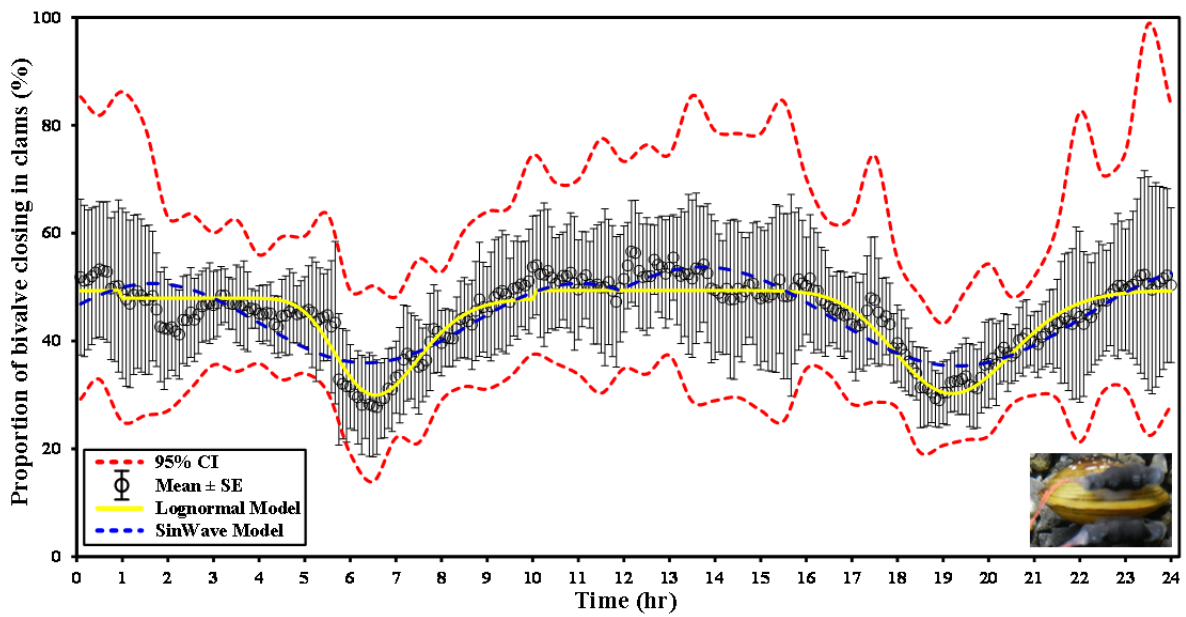


圖 13 淡水蜆羣暴露於湖泊水域下於一日中各時段之閉殼狀態比例律動，並以非線性三參數 Lognormal 及 SinWave 函數擬合其殼律動開闔變化。

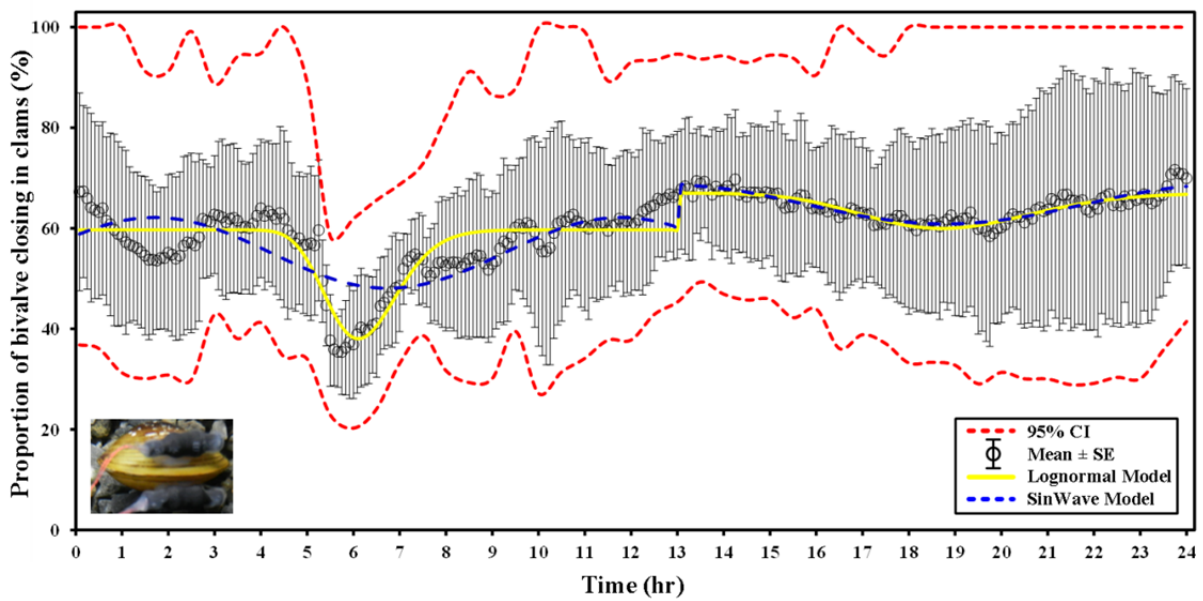


圖 14

淡水蜆羣暴露於宜蘭河水域下於一日中各時段之閉殼狀態比例律動，並以非線性三參數 Lognormal 及 SinWave 函數擬合其殼律動開闔變化。

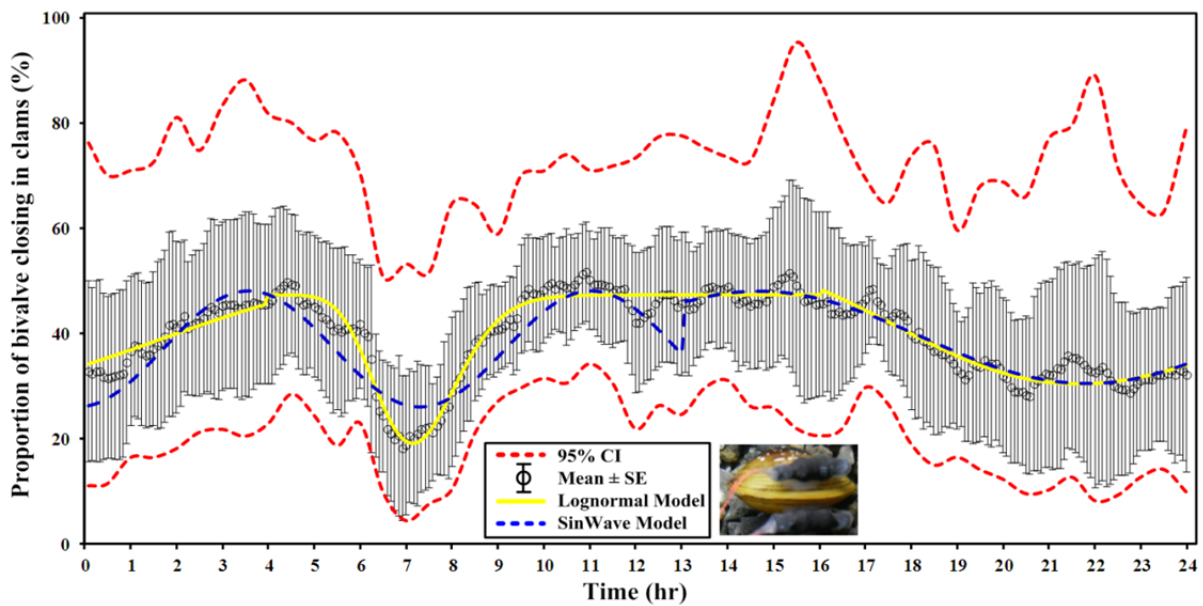


圖 15

淡水蜆羣暴露於灌溉水水域下於一日中各時段之閉殼狀態比例律動，並以非線性三參數 Lognormal 及 SinWave 函數擬合其殼律動開闔變化。

(三) 水域水質關鍵指標與蜆殼開闔行為之關聯介面模式

由前述實驗結果可發現，在不同暴露水質條件下，其蜆群蜆殼律動曲線亦不相同，亦即水域環境之水質條件參數變化會影響蜆隻體內生化代謝過程(metabolic-biochemical process)、濾食能力(ventilator activity)、開闔情形與重金屬累積程度等(Markich 等, 2000; Tran 等, 2000 - 2004、2007)。蜆羣暴露於宜蘭河水體環境下，其蜆殼開闔律動曲線(圖 9 及圖 14)，其雙峰振幅顯著程度較其它水體低，亦即其一日中蜆群蜆殼開闔行為並無特別活躍期，幾乎維持一高閉殼比例(低濾管伸出開闔比例)進行一日濾食行為，對照暴露水質一覽表，宜蘭河水體之金屬含量較高，其餘四個水體環境皆未偵測出鐵(Fe^{2+})、錳(Mn^{2+})及鎘離(Cd^{2+})子成分，故推估此三種金屬離子造成蜆隻高閉殼比例，以減少外界金屬污染物的入侵；反觀在五種暴露水體中，黃金蜆暴露於灌溉水體之蜆殼開闔率最高(圖 7 與圖 12)，從暴露水質資料中，可發現，灌溉水體其水質電導度(EC)、總硬度、鎂(Mg^{2+})及鉀(K^{+})離子含量較高，推測蜆隻於高硬度含量水體中，其蜆殼律動行為較為活躍；蜆隻暴露於地下水與灌溉水體下其蜆殼律動曲最為相近(圖 7 與圖 10)，地下水體之律動曲線約乘上兩倍即可得到一相似灌溉水樣蜆殼律動曲線，對照暴露水質參數，其電導度、總硬度差異較大，其餘離子組成相近；然而地下水水樣中總硬度、硫酸根(SO_4^{2-})及氯(Cl^{-})離子較自來水水質參數高，其蜆隻殼開闔率反之較自來水體低。

從上述可知，淡水蜆主要濾食水中藻類為食，當水域環境中遭受金屬離子含量較高時，貝類濾食速率將明顯影響體內重金屬累積之程度。Tran 等(2003、2004、2008)也指出每日同一時間一群蜆當中的開闔比例(%)與濾食能力跟水域中重金屬含量有著極度密切的關係，當暴露的重金屬濃度越高時，蜆閉殼率會於短時間內上升，反之則需較久的時間；於重金屬錳之累積實驗中，蜆閉殼行為只與重金屬濃度及暴露時間有關，跟水中有機酸濃度(model FA, COOH)影響不顯著(Markich, 2000)；Doherty 等(1987)也於毒物試驗中發現，淡水蜆暴露於鎘與鋅污染環境中，其會藉由持續緊閉雙殼一段時間，以降低或避開外界污染物的侵入，而開/閉殼累積時間的長短與重金屬濃度呈現線性負/正相關。

本研究整合各擬合函數特徵參數與水中酸鹼度(X_{pH})、電導度(X_{EC})、濁度($X_{\text{Turbidity}}$)及總硬度(X_{Hardness})關鍵水質之相關性，本計畫同樣地將一日蜆殼律動分成兩時段(t_1 及 t_2)，並藉由統計分析求得各擬合特徵參數與關鍵水質指標之關係式如下($R^2 > 0.99$)：

t₁ 時段(濾管伸出，SE)：

$$\begin{bmatrix} A_{\log} \\ B_{\log} \\ C_{\log} \\ D_{\log} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -51.8 & 8.73 & 0.061 & -9.03 & -0.09 \\ 125.2 & -14.74 & -0.0036 & -4.98 & -0.03 \\ 6.22 & -0.763 & -0.00017 & -0.219 & -0.0015 \\ -779.1 & 100.5 & -0.00069 & 28.42 & 0.34 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ X_{pH} \\ X_{EC} \\ X_{Tur.} \\ X_{Har.} \end{bmatrix}$$

t₂ 時段(濾管伸出，SE)：

$$\begin{bmatrix} A_{\log} \\ B_{\log} \\ C_{\log} \\ D_{\log} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 45.86 & -0.33 & -0.008 & -20.33 & -0.057 \\ 150.9 & -15.97 & 0.003 & -8.92 & -0.052 \\ 0.54 & -0.0676 & 0.00034 & -0.026 & -0.00028 \\ -358.3 & 48.9 & -0.0026 & 5.86 & 0.21 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ X_{pH} \\ X_{EC} \\ X_{Tur.} \\ X_{Har.} \end{bmatrix}$$

t₁ 時段(蜆隻閉殼，VC)：

$$\begin{bmatrix} A_{\log} \\ B_{\log} \\ C_{\log} \\ D_{\log} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -103.4 & 10.4 & -0.043 & 10.6 & 0.089 \\ 100.6 & -11.53 & -0.0012 & -4.85 & -0.032 \\ -3.61 & 0.524 & 0.0009 & -0.185 & -0.003 \\ 768.9 & -89.36 & 0.039 & -26.49 & -0.366 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ X_{pH} \\ X_{EC} \\ X_{Tur.} \\ X_{Har.} \end{bmatrix}$$

t₂ 時段(蜆隻閉殼，VC)：

$$\begin{bmatrix} A_{\log} \\ B_{\log} \\ C_{\log} \\ D_{\log} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -381.9 & 41.8 & -0.0097 & 37.04 & 0.174 \\ 124.5 & -12.8 & 0.0043 & -7.11 & -0.043 \\ 1.375 & -0.168 & 0.00033 & -0.097 & -0.00045 \\ 505.2 & -57.5 & 0.0757 & -13.94 & -0.29 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ X_{pH} \\ X_{EC} \\ X_{Tur.} \\ X_{Har.} \end{bmatrix}$$

綜合上述，研究分析關鍵水質變化對雙殼貝類開闔行為之影響，是一個不容忽視的問題，故本計畫以自來水及宜蘭縣四個戶外灌溉水體作為蜆羣之暴露水體，觀測其蜆殼律動行為，結合先前研發之水域環境中雙殼貝開闔行為監測裝置及本計畫以統計方式求得之關鍵水質指標與蜆殼(開/閉殼)律動特徵參數之關聯介面模式，建構發展以雙殼貝類開闔行為模式為基礎的推估水質關鍵指標之應用介面，結合蜆羣開闔律動行為與水質相關性，將現地水質分成佳、良、普通、不良、劣共五等第，作為未來水域環境預警系統之指標。

結論與建議

綜合上述，本計劃執行成果有以下結論：

1. 以雙殼貝開闔行為監測系統記錄黃金蜆分別暴露於自來水及宜蘭縣四個戶外灌溉水體共五種，為期 7 天之蜆殼每日律動試驗，經統計分析得知蜆羣於不同水體下每日殼開闔律動皆呈現雙峰型式；但其殼開闔律動曲線不相同，亦即水域環境之水質條件會影響蜆隻體內生化代謝過程(metabolic-biochemical process)、濾食能力(ventilator activity)、開闔情形與重金

屬累積程度等。

2. 蜆隻開闔律動變化曲線由殼律動較為活躍之波峰區間及一段較為緩和之區段構成，亦即一日中蜆隻律動並非皆是相同，以殼律動旺盛期及緩和期輪替一日蜆隻開闔律動變化。
3. 蜆隻一日開闔律動曲線中，濾管伸出及閉殼反應存在一無形對稱軸，亦即兩觀測指標皆可反應雙殼貝行為律動。
4. 本計畫藉由兩種非線性三參數 SinWave 及 Lognormal 模式擬合一群蜆之濾管伸出及閉殼律動，以利後續分析淡水蜆暴露於不同水域環境之蜆殼開闔律動行為反應。從模式擬合函數中，可觀察知蜆隻每日殼開闔律動行為，皆分成兩階段生物律動，亦即並非單一律動週期進行每日蜆殼開闔濾食。
5. 黃金蜆暴露於電導度(EC)、總硬度、鎂(Mg^{2+})及鉀(K^{+})離子含量較高之水體，其蜆殼律動行為較為活躍。
6. 本計畫以酸鹼值(PH)、電導度(EC)、濁度(Turbidity)及總硬度(Hardness)為水體中關鍵水質指標，重建蜆羣殼開闔律動行為 Lognormal 模式，建立因地而異之蜆羣殼開闔律動關聯機制介面模式，進而提出未來應用於戶外水域環境之以雙殼貝類為基礎之水質關鍵指標生物預警系統。

參考文獻

1. 行政院環境保護署。 <http://www.epa.gov.tw>。
2. 行政院農委會漁業署。 <http://www.fa.gov.tw>。
3. 趙聖峰。2008。淡水蜆暴露於砷之殼律動毒性反應及生物動力。台灣大學生物環境系統工程學系碩士論文。114 頁。
4. Borcharding J, Jantz B. 1997. Valve movement response of the mussel *Dreissena polymorphae*-the influence of pH and turbidity on the acute toxicity of pentachlorophenol under laboratory and field conditions. *Ecotoxicology* 6: 153-165.
5. Borcharding J, Wolf J. 2001. The influence of suspended particles on the acute toxicity of 2-chloro-4-nitro-aniline, cadmium, and pentachlorophenol on the valve movement response of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 40: 497-504.
6. Basti, L., Nagai, K., Shimasaki, Y., Oshima, Y., Honjo, T., Segawa, S., 2009. Effects of the toxic dinoflagellate *Heterocapsa circularisquama* on the valve movement behaviour of the Manila clam *Ruditapes philippinarum*. *Aquaculture* 291: 41-47.
7. Curtis TM, Williamson R, Depledge MH. 2000. Simultaneous, long-term monitoring of valve and cardiac activity in the blue mussel *Mytilus edulis* exposed to copper. *Marine Biology* 136: 837-846.
8. Doherty FG, Cherry DS, Cairns J Jr. 1987. Valve closure responses of the Asiatic clam *Corbicula fluminea* exposed to cadmium and zinc. *Hydrobiologia* 153: 159-167.
9. El-Shenawy NS. 2004. Heavy-metal and microbial depuration of the clam *Ruditapes decussatus* and its effect on bivalve behavior and physiology. *Environmental Toxicology* 19: 143-153.
10. Fournier E, Tran D, Denison F, Massabuau JC, Garnier-Laplace J. 2004. Valve closure response to uranium exposure for a freshwater bivalve (*Corbicula fluminea*): quantification of the influence of pH. *Environmental Toxicology and Chemistry* 23: 1108-1114.
11. Garcia-March JR, Solsona MAS, Garcia-Carrascosa AM. 2008. Shell gaping 104 behaviour of *Pinna nobilis* L., 1758; circadian and circalunar rhythms revealed by in situ monitoring. *Marine Biology* 153: 689-698.
12. Gruber D, Diamond J. 1988. Automated biomonitoring living sensors as environmental monitors. Ellis Horwood, Chichester, UK.
13. Gnyubkin, 2009 V.F. Gnyubkin An early warning system for aquatic environment state monitoring based on an analysis of mussel valve movements *Russian Journal of Marine Biology*, 35 (5) (2009), pp. 431-436

14. Jou LJ, Liao CM. 2006. A dynamic artificial clam (*Corbicula fluminea*) allows parsimony on-line measurement of waterborne metals. *Environmental Pollution* 144: 172-183.
15. Jou LJ, Chen WY, Liao CM. 2009. Online detection of waterborne bioavailable copper by valve daily rhythms in freshwater clam *Corbicula fluminea*. *Environmental Monitoring and Assessment* 155: 257-272.
16. Jou LJ, Lin SC, Chen BC, Chen WY, Liao CM, 2013, Synthesis and measurement of valve activities by an improved online clam-based behavioral monitoring system, *Computers and Electronics in Agriculture*, 90, pp106-118
17. Kadar E, Salanki J, Jugdaohsingh R, Powell JJ, McCrohan CR, White KN. 2001. Avoidance responses to aluminium in the freshwater bivalve *Anodonta cygnea*. *Aquatic Toxicology* 55: 137-148.
18. Liao CM, Jou LJ, Chen BC. 2005. Risk-based approach to appraise valve closure in the clam *Corbicula Fluminea* in response to waterborne metals. *Environmental Pollution* 135: 41-52.
19. Markich SJ, Brown PL, Jeffree RA, Lim RP. 2000. Valve movement responses of *Velesunio angasi* (*Bivalvia: Hyriidae*) to manganese and uranium: An exception to the free ion activity model. *Aquatic Toxicology* 51: 155-175.
20. Ortmann C, Grieshaber MK. 2003. Energy metabolism and valve closure behaviour in the Asian clam *Corbicula fluminea*. *Journal of Experimental Biology* 206: 4167-4178.
21. Perez MH, Wallace WG. 2004. Differences in prey capture in grass shrimp, *Palaemonetes pugio*, collected along an environmental impact gradient. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 46: 81-89. Poulter SR. 1998.
22. Sluyts H, van Hoof F, Cornet A, Paulussen J. 1996. A dynamic new alarm system for use in biological early warning systems. *Environmental Toxicology and Chemistry* 15: 1317-1323.
23. Sow et al., 2011 M. Sow, G. Durrieu, L. Briollais, P. Ciret, J.C. Massabuau Water quality assessment by means of HFNI valvometry and high-frequency data modeling *Environmental Monitoring and Assessment*, 182 (2011), pp. 155–170
24. Tran D, Boudou A, Massabuau JC. 2000. Mechanism for maintaining oxygen consumption under varying zxygenation levels in the freshwater clam *Corbicula fluminea*. *Canadian Journal of Zoology* 78: 2027-2036.
25. Tran D, Boudou A, Massabuau JC. 2001. How water oxygenation level influences cadmium accumulation pattern in the Asiatic clam *Corbicula fluminea*: a laboratory and field study. *Environmental Toxicology and Chemistry* 20: 2073-2080.
26. Tran D, Boudou A, Massabuau JC. 2002. Relationship between feeding-induced ventilatory activity and bioaccumulation of dissolved and algal-bound cadmium in the Asiatic clam *Corbicula fluminea* at 15 and 25°C. *Environmental Toxicology and Chemistry* 21: 327-333.
27. Tran D, Ciret P, Ciutat A, Durrieu G, Massabuau JC. 2003. Estimation of potential and limits of bivalve closure response to detect contaminants: application to cadmium. *Environmental Toxicology and Chemistry* 22: 914-920.
28. Tran D, Fournier E, Durrieu G, Massabuau JC. 2004. Copper detection in Asiatic clam *Corbicula fluminea* optimum valve closure response. *Aquatic Toxicology* 66: 333-343.
29. Tran D, Fournier E, Durrieu G, Massabuau JC. 2007. Inorganic mercury detection by valve closure responde in the freshwater clam *Corbicula fluminea*. *Environmental Toxicology and Chemistry* 26: 1545-1551.
30. Tran D, Fournier E, Jacqueline GL. 2008. Impact of hypoxia on hemolymph contamination by uranium in an aquatic animal, the freshwater clam *Corbicula fluminea*. *Environmental Pollution* 156: 821-826.
31. Van der Schalie WH, Shedd TR, Knechtges PL, Widder MW. 2001. Using higher organisms in biological early warning systems for real-time toxicity detection. *Biosensors and Bioelectronics* 16: 457-465.
32. Weis JS, Samson J, Zhou T, Skurnick J, Weis P. 2001. Prey capture ability of mummichogs (*Fundulus heteroclitus*) as a behavioral biomarker for contaminants in estuarine systems. *Fisheries and Aquatic Sciences* 158: 1442-1452.

Modeling clam behavioral rhythm as a key index for an interface implement of monitoring water quality

Li-John Jou

Department of Biomechatronic Engineering, National ILan University

Abstract

By employing our past developed clam rhythm-based online behavioral monitoring system, valve daily rhythmic responses of bivalves exposed to various aquatic environments (piping, lake, river, groundwater and irrigation canal) were observed to construct the database for a comparison of various water quality parameters. With the integration of a statistics-based approach and a four-parameter lognormal model, bivalve behavioral rhythms of *C. fluminea* exposed to various unpolluted environments were described to obtain the according relationship between valve rhythmic features and various water quality conditions. Our outcomes reveal that a clam rhythm-based online behavioral monitoring system can be used to further develop an interface implement for monitoring and identifying the level of water quality status. In the future, the developed interface model describing the according relationship between water quality parameters (pH, turbidity, hardness and electrical conductivity) and valve rhythmic features can be used as a database of a clam-based early warning system for monitoring and identifying the level of water quality status.

Keywords: Bivalve, Freshwater clam, Valvometric apparatus, Bio-monitoring system

乳酸菌 *Lactobacillus mucosae* A157 與異黃酮素 對減緩卵巢切除大鼠骨質流失具加乘效應

汪嵩遠教授

實踐大學食品營養與保健生技學系

摘要

異黃酮素的結構與雌激素類似，有研究推測異黃酮素類似雌激素，具調節細胞激素的作用，可減緩骨質流失，有助於降低骨質疏鬆的發生。本實驗室已由素食者檢體中分離出對配醣體異黃酮素具高水解效率之乳酸菌菌株，本研究將這些菌株進行菌種鑑定，益生菌特性分析已鑑定之菌株 *Lactobacillus casei* A13、*Lactobacillus mucosae* A157 發現其具耐酸、耐膽鹽及具有吸附 Caco-2 細胞之特性。過去研究顯示乳酸菌吸附小腸細胞會經由刺激細胞激素分泌誘發免疫功能，並且細胞激素也可調節骨質代謝細胞的活性。因此本研究在於探討益生菌與異黃酮素共同作用對減緩卵巢切除大鼠骨質流失之效果。研究分成 7 組，每組以 12 隻 SD 大鼠經處理後分別餵食：(A) SHAM，(B)-(G) OVX，(B) Control，(C) ISO，(D) A13，(E) A157，(F) A13+ISO，(G) A157+ISO 12 週。分析大鼠股骨骨質密度、血清細胞激素促發炎因子 TNF、IL-1 α 及抑發炎因子 IL-4、IL-10 濃度與骨髓中骨代謝標誌 osteocalcin、RANKL、OPG 及 TRAP 基因表現量。DEXA 結果顯示，餵食益生菌 A13、A157 及異黃酮素組骨質密度高於 OVX 組，而同時餵食乳酸菌及異黃酮素之 A13+ISO 組及 A157+ISO 組其骨質密度更顯著高於 OVX 組。血清細胞激素分析顯示，益生菌與異黃酮素介入後，其促發炎細胞激素 TNF 及 IL-1 α 濃度皆顯著低於 OVX 組，然而對抗發炎細胞激素 IL-4 及 IL-10 分泌並無顯著的影響。骨質代謝標誌基因表現分析顯示，益生菌與異黃酮素介入除 A13 組外皆顯著提高骨質生成標誌 osteocalcin 及 OPG 基因表現量，其中又以 A157 組及 A157+ISO 組的表現量最高。而骨質流失標誌 TRAP 及 RANKL 基因表現量在介入後有降低的現象，其中又以 A157+ISO 組 TRAP 及 RANKL 最低。綜合以上結果可知，*L. casei* A13 菌株及 *L. mucosae* A157 菌株兩者皆為具益生菌特性之乳酸菌，其可經由刺激腸道細胞激素分泌，如同異黃酮素調節骨質代謝，有效延緩實驗動物因失去卵巢功能所造成之骨質流失；研究結果更顯示 *L. mucosae* A157 與異黃酮素共同作用對減緩實驗動物骨質流失具加乘效果。

關鍵字：異黃酮素 (isoflavones)、乳酸菌 (lactic acid bacteria)、益生菌 (probiotics)、細胞激素 (cytokines)、骨質疏鬆症 (osteoporosis)

前言

骨質疏鬆係指骨質與骨結構之改變，會導致患者容易骨折。但是，骨質疏鬆並沒有明顯的症狀，因此時常受到人們忽視。一般來說，人過了三十三歲後，每年大約會以 1~2% 的速度流失骨質，若流失的速度大於 4% 時，則骨折的機會就會大增，而脊椎骨、股骨以及肩關節等都是身體常見較容易發生骨折的部位。根據 1997 至 2000 年老人國民營養健康狀況變遷的調查結果顯示，台灣地區老年人骨質疏鬆症盛行率男女分別為 48.8% 及 52.9% (林等，民 92)。根據 1993 年第四屆國際骨骼疏鬆症研討會的報告指出，2050 年時全世界的骨質疏鬆性骨折將會有二分之一出現在亞洲 (Anderson, 1999)。此外，由中華民國老年醫學會九十二年資料統計得知五十歲以上的骨質疏鬆症女性發生骨折的機會約 40%，男性約 30%。影響骨質健康相關的危險因子十分廣泛，如：抽菸、體重、荷爾蒙、疾病、運動、藥物、慢性病及飲食等因素 (Raisz and Prestwood, 2000)。其中，飲食因子扮演著相當重要的角色，同時也是一個可以就個人而做調整的因子。有鑑於停經後婦女的慢性疾病及骨質疏鬆症的罹患率偏高，故有研究推測大豆當中的異黃酮素可能可以促進骨質的恆定 (Vincent and Fitzpatrick, 2000)，而在臨床試驗證實，富含大豆的飲食可能有助於停經後婦女強化骨骼 (Messina, 1999)，降低他們

發生骨折與骨質疏鬆症的機率 (Tham et al., 1998)。大豆或異黃酮素的攝取也可以增加女性骨質密度，減緩骨質的流失 (Anderson and Garner, 1998)。一般我們所熟知的植物性雌激素又可分為異黃酮素 (Isoflavones)、木質酚類 (Lignans) 及香豆素 (Coumestans)，其中異黃酮素主要存在於大豆及大豆製品；木質酚類主要存在於黑麥、小麥、麥麩、玉米、芝麻與橄欖油中；香豆素則主要存在於豆芽、紅三葉草 (red clover) 與葵花籽當中。本實驗中所選用之異黃酮素包括 genistein 及 daidzein，genistein 是黃豆中含量最多的異黃酮素，佔 65%，研究顯示它的結構與雌激素類似 (Nikov et al., 2000)，有研究發現 genistein 對於卵巢切除的動物有維持其骨質密度的效果 (Anderson et al., 1995; Ishimi et al., 2002)。此外，也有研究證明了大豆異黃酮素可以預防骨質流失 (Anderson et al., 1999)，及證明大豆異黃酮素可促進骨質同化代謝 (Mei et al., 2001)。對個人及家庭而言，骨折的問題造成許多老年人骨骼疼痛與家屬照顧的負擔；對社會而言，骨質疏鬆所引發的骨折也會增加許多醫療成本。因此，預防骨質疏鬆已經成為目前公共衛生的重要課題之一。然而影響骨質健康相關之危險因子甚為廣泛，如：抽菸、體重、荷爾蒙、疾病、運動、藥物、慢性病及飲食等因素都具有影響力 (Raisz and Prestwood, 2000)，其中，營養更是佔了相當重要的角色 (Albertazzi, 2002)。因此本研究之動機在於選殖具有高 genistin 及 daidzin 配醣體代謝活性並可促進異黃酮素吸收之菌株；針對個別菌株進行腸道耐受性試驗及動物實驗，以期篩選出具有益生菌特性並且具有促進異黃酮素吸收進而降低骨質流失速度之乳酸菌。

研究目的

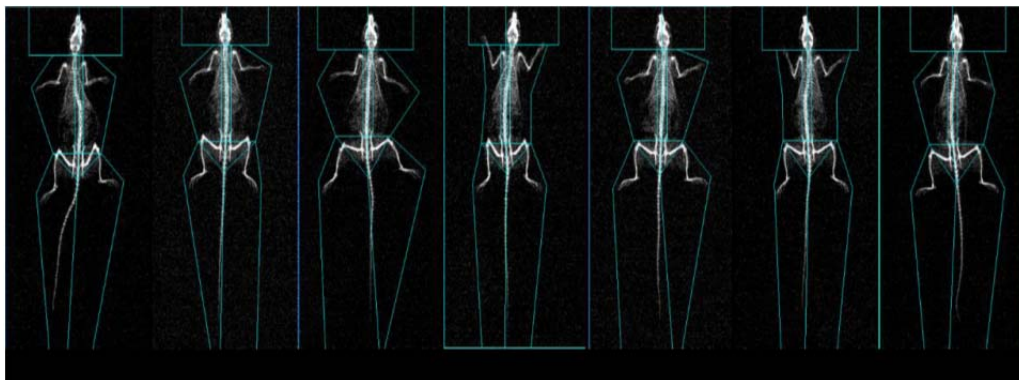
綜合以上的文獻探討可以知道，許多益生菌可刺激宿主產生多種的細胞激素，而異黃酮素類似雌激素，具調節細胞激素的作用，可減緩骨質流失，有助於降低骨質疏鬆，但因其結構的不同，對於人體的消化吸收程度也不盡相同；本實驗室的研究發現自素食者檢體篩選出的部分乳酸菌菌株是具有高配醣體異黃酮共軛糖苷水解效率的，異黃酮素與這些乳酸菌共同使用應可提高異黃酮素的生物利用率。因此本研究將這些乳酸桿菌株進行益生菌特性分析及菌種鑑定，以水解配醣體異黃酮共軛糖苷效率較佳的菌株，與異黃酮素合併投予卵巢切除大鼠，分析大鼠骨密度、血清骨代謝標誌細胞激素濃度變化及骨髓中影響骨代謝之基因表現，探討乳酸菌對於配醣體異黃酮共同作用對大鼠骨質代謝的影響。

結果

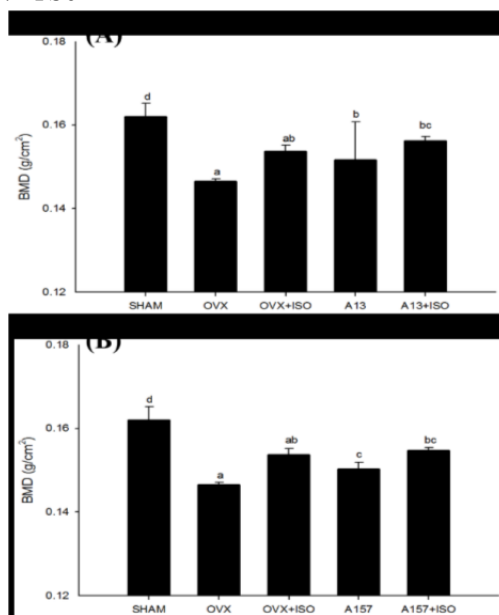
動物實驗

骨質密度分析

一般來說，骨質疏鬆症的患者最容易發生骨折的部位為手腕骨、股骨、及脊椎骨，因此我們利用雙能量吸收儀來檢測大鼠股骨的骨質密度(圖一)。由結果可以發現 OVX 組 (0.1465 ± 0.0006 g/cm²) 骨質密度顯著比 SHAM 組 (0.1620 ± 0.0032 g/cm²) 要來的低，在餵食了異黃酮素之後的 OVX+ISO 組 (0.1537 ± 0.0015 g/cm²) 骨質密度也比 OVX 組高，而同時餵食了乳酸菌及異黃酮素的 A13+ISO 組 (0.1562 ± 0.0010 g/cm²) 及 A157+ISO 組 (0.1547 ± 0.0007 g/cm²) 其骨質密度則是顯著的比 OVX 組高 (圖二)。



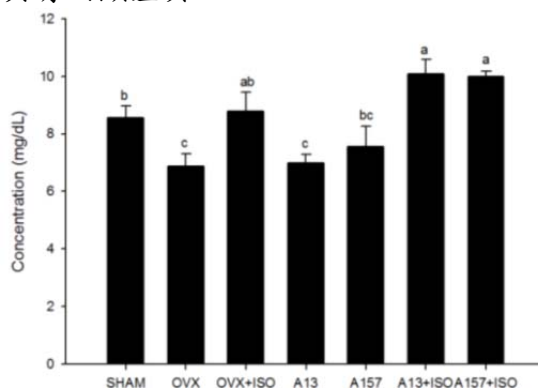
圖一、骨質密度雙能量骨質密度儀影像圖。餵食異黃酮素及乳酸菌 A13 或 A157 三個月後，以雙重能量骨質密度儀測大鼠全身與股骨骨質密度(A) SHAM (B) OVX (C) OVX+ISO (D) A13 (E) A157 (F) A13+ISO (G) A157+ISO



圖二、利用雙能量骨質測定儀測定大鼠股骨中骨質密度(A) A13 (B)A157

血清鈣離子濃度

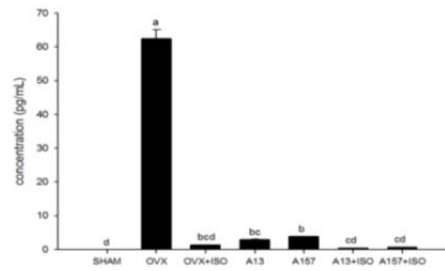
由圖三發現在實驗尚未開始介入時，切除卵巢的六組其血清鈣離子濃度平均約為 9.98 ± 0.92 mg/dL，分別也都較 SHAM 組 (6.74 ± 0.87 mg/dL) 要來的高。而到了實驗終點時，則可以發現，OVX 組之血清鈣離子濃度 (6.87 ± 0.44 mg/dL) 較其他組來的低，尤其與同時攝取了乳酸菌及異黃酮素之 A13+ISO 組 (10.08 ± 0.50 mg/dL) 及 A157+ISO 組 (9.99 ± 0.18 mg/dL) 相比時更在統計上具有明顯差異。



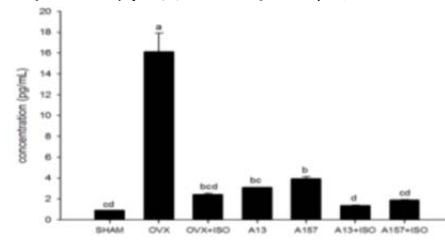
圖三、大鼠介入三個月後血清中鈣離子濃度

細胞激素與骨質代謝

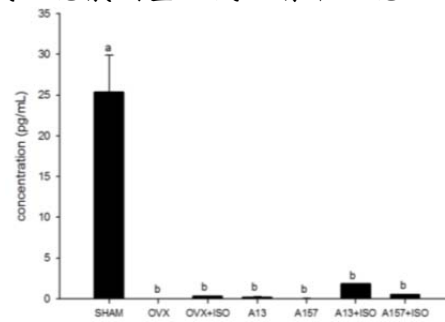
由過去研究可以知道，由人體或動物的試驗中發現許多益生菌可以刺激宿主產生多種的細胞激素，例如：interferon- α (IFN- α)、interferon- β (IFN- β)、interferon- γ (IFN- γ)、interleukin 1 α (IL-1 α)、interleukin 1 β (IL-1 β)、interleukin 1 γ (IL-1 γ) 及 tumor necrosis factors (TNF- α)等 (Solis-Pereyra et al., 1997)。而同時藉由這些發炎反應因子及細胞激素作用可達到抑制蝕骨細胞生成的作用，其中 TNF 及 IL-1 α 可刺激蝕骨細胞活性及蝕骨細胞生成作用，而 IL-4 及 IL-10 則反之 (Datta et al., 2008)。因此本實驗就利用流式細胞儀來偵測大鼠血清當中的 TNF、IL-1 α 、IL-4 及 IL-10 濃度。而由結果可知，OVX 組的 TNF 及 IL-1 α 濃度皆顯著高於其他六組 (圖四、圖五)，而 IL-4 及 IL-10 的濃度與其他六組在統計上則是無明顯差異 (圖六、圖七)。



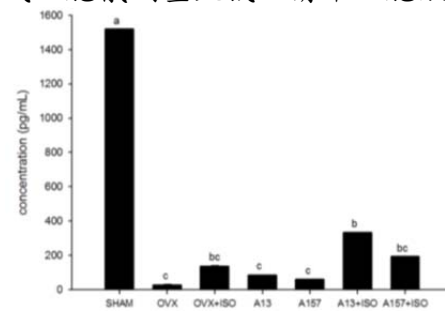
圖四、利用流式細胞儀測量大鼠血清中細胞激素 TNF 的濃度



圖五、利用流式細胞儀測量大鼠血清中細胞激素 IL-1 α 的濃度



圖六、利用流式細胞儀測量大鼠血清中細胞激素 IL-4 的濃度

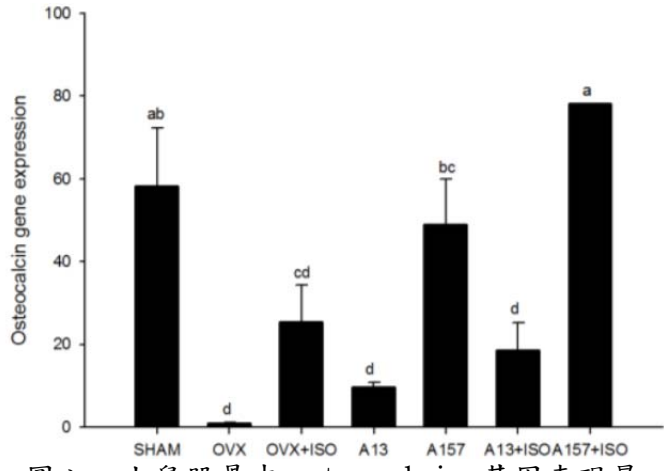


圖七、利用流式細胞儀測量大鼠血清中細胞激素 IL-10 的濃度

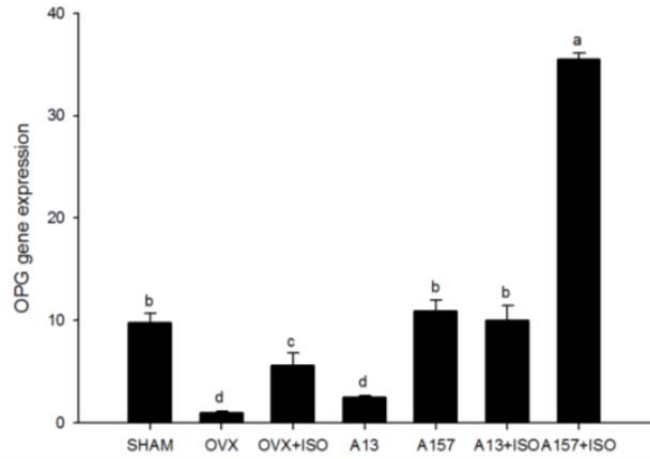
造骨細胞代謝 — Osteocalcin 和 OPG

骨鈣素 (Osteocalcin)是目前研究最透徹的骨骼特異性蛋白質，且對於造骨細胞的成熟而言，是一個相對較晚期的指標。細胞分化的末期，造骨細胞開始逐漸礦化成 osteocyte，此時則會大量分泌骨鈣素。在實驗終點分別取出各組大鼠的股骨，抽取其中 RNA 後測量 OD260 及 OD280 以確認萃取物品質之有機鹽類、蛋白質殘留量為可容許範圍並換算 RNA 濃度，最終取 250 ng RNA 藉 RT-PCR 反轉錄成 cDNA 後，以 GAPDH 為 reference gene，利用 Q-PCR 測得 osteocalcin 的基因表現量。OVX 組的 osteocalcin 基因表現量明顯低於其他六組，其中又以 A157+ISO 組的表現量最高（圖八）。

OPG 是一種誘餌受體，由造骨細胞所分泌，其作用是透過結合或中和蝕骨細胞分化因子 (RANKL)，抑制 RANKL 和它的接受器 RANK 結合，以達到抑制蝕骨細胞活化的效果。在實驗終點分別取出各組大鼠的股骨，抽取其中 RNA 後測量 OD260 及 OD280 以確認萃取物品質之有機鹽類、蛋白質殘留量為可容許範圍，比值皆於 1.8~2.0 之間，並換算 RNA 濃度，最終取 250 ng RNA 藉 RT-PCR 反轉錄成 cDNA 後，以 GAPDH 為 reference gene，利用 Q-PCR 測得 OPG 的基因表現量。結果顯示，只有 A157 及 A157+ISO 組其 OPG 基因表現量明顯高於 OVX 組，其他組別之間則無顯著差異（圖九）。



圖八、大鼠股骨中 osteocalcin 基因表現量

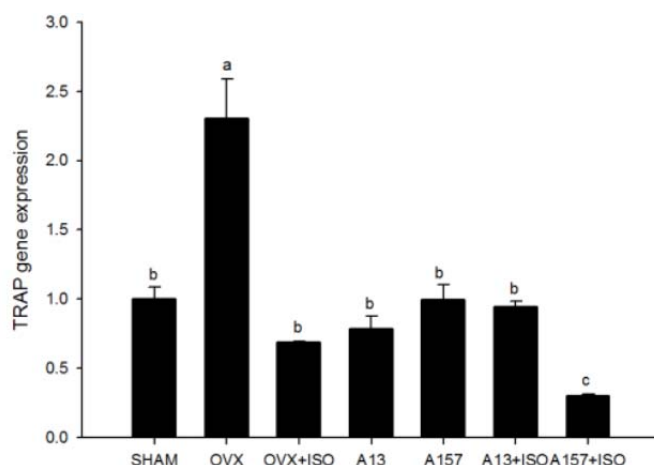


圖九、大鼠股骨中 OPG 基因表現量

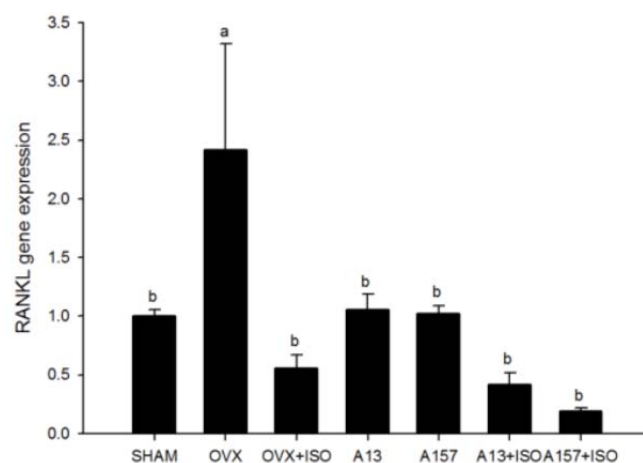
蝕骨細胞代謝 — TRAP 和 RANKL

TRAP (Tartrate-resistant acid phosphatase) 為骨細胞分化過程中所分泌的酵素，可作為骨質流失的標誌。在實驗終點分別取出各組大鼠的股骨，抽取其中 RNA 後測量 OD260 及 OD280 以確認萃取物品質之有機鹽類、蛋白質殘留量為可容許範圍並換算 RNA 濃度，最終取 250 ng RNA 藉 RT-PCR 反轉錄成 cDNA 後，以 GAPDH 為 reference gene，利用 Q-PCR 測得 TRAP 的基因表現量。結果顯示，OVX 組的 TRAP 表現量最高且明顯高於 SHAM 組、OVX+ISO 組、A13 組、A157 組、A13+ISO 組及 A157+ISO 組，且皆具顯著差異（圖十）。

RANKL 是由造骨細胞分泌的一種蝕骨細胞分化因子，RANKL 一旦與 RANK 結合就會刺激前驅蝕骨細胞分化，及活化成熟的蝕骨細胞，引起骨吸收。在實驗終點分別取出各組大鼠的股骨，抽取其中 RNA 後測量 OD260 及 OD280 以確認萃取物品質之有機鹽類、蛋白質殘留量為可容許範圍並換算 RNA 濃度，最終取 250 ng RNA 藉 RT-PCR 反轉錄成 cDNA 後，以 GAPDH 為 reference gene，利用 Q-PCR 測得 RANKL 的基因表現量。結果顯示，OVX 組的 RANKL 基因表現量最高，其中又明顯高於 OVX+ISO 組、A13+ISO 組及 A157+ISO 組，具顯著差異（圖十一）。



圖十、大鼠股骨中 TRAP 基因表現量



圖十一、大鼠股骨中 RANKL 基因表現

討論

本研究目的為探討乳酸菌菌株在動物體內是否可以有效促進異黃酮素吸收率進而延緩卵巢切除大鼠之骨質流失。過去本實驗室由人體腸道中分離出 299 個純種菌株並進行乳酸菌初步鑑定，最後篩選出其中 9 株乳酸桿菌株，而本實驗再進一步將這些菌株進行益生菌特性分析，首先進行膽鹽耐受性試驗，確定菌種可以存活於不利生長之膽鹽環境下，在過去研究中均以接近人體膽汁的 0.3 % 牛膽鹽濃度來模擬人類腸道環境 (Chateau et al., 2008; Noh and Gilliland, 1993)。而由結果也可以發現此 9 株菌株是可以於 0.3 % 膽鹽環境下生存的。接著再進行耐酸、腸道模擬消化分析，在過去臨床的研究顯示胃酸的 pH 值是會隨著進食時間或食物種類等因素而有所變動，而它所變化的範圍大約為 pH 1.5 ~ pH 4.5 之間 (Berrada et al., 1991)。此外，過去研究也指出乳酸菌於磷酸緩衝溶液中的存活率與胃液當中差異性並不大 (Conway et al., 1987)，也因此，本次耐酸性試驗即選擇 pH 2.0 與 pH 3.0 兩種磷酸緩衝溶液分別處理 3 小時，結果顯示此 9 株菌株大多可以在此兩種緩衝溶液中生存，其中特別是 pH 3.0 的生存率尤佳。最後為了模擬乳酸菌通過腸胃道時會遭遇到的環境，我們連續進行了耐酸及耐膽鹽的試驗，結果也顯示出此 9 株菌的存活量還是可以維持在 $10^6 \sim 10^9$ CFU/mL 之間。因此由此實驗也可確立此 9 株菌是具有益生菌特性之乳酸菌。

本實驗之 A4、A12、A13、A19、A39、A157、A225、A256 及 A260 此 9 株菌株，經革蘭氏染色確立皆為革蘭氏陽性桿菌，進一步利用引子對 27F 與 519B、519BF 與 1525R 增幅擴大並進行定序及分析發現，A4、A12、A13、A19、A39、A225 菌株，其 16S ribosome RNA 基因片段與 *Lactobacillus casei* 16S ribosome RNA 部分序列皆有百分之九十五以上一致性，而 A157、A256、A260 菌株，其 16S ribosome RNA 基因片段與 *Lactobacillus mucosae* 16S ribosome RNA 部分序列則皆有百分之九十九以上一致性。

Lactobacillus casei 是能在腸道內定殖的乳酸菌種中，能力最強的一株乳酸菌，也因其具耐酸特性，因此也能通過胃酸膽鹽試驗並且繁殖；另外，研究指出 *Lactobacillus casei* 具有助於減少引起人體腸道脹氣的化合物產生，並協助維持腸道免疫功能等作用 (Honda et al., 2007)。*Lactobacillus mucosae* 帶有黏液結合蛋白 (mucus-binding protein)，因此能於人體腸道中適應生存、繁殖，為一潛在的益生菌。根據另一項研究亦顯示來自於人體糞便中之 *Lactobacillus mucosae* 具有高 β -galactosidase (β -半乳糖苷酶) 酵素活性，在人體腸道中對乳糖的利用扮演重要的角色 (Cai et al., 2007)。

大豆中的異黃酮約有 12 種形式，主要以配醣體 (glycosides) 的形式存在，其中主要為 genistin 及 daidzin，glycosides 經由腸道中的 β -glucosidase 將配醣體水解形成活性形式 (aglycones) 的 genistein 及 daidzein 後經被動運輸由腸胃道進行吸收，而主要的吸收部位在十二指腸和空腸 (Heinonen et al., 2003)。由於大豆成分中有 97 ~ 98% 的異黃酮是以含葡萄糖基的形式存在，而以無糖基的形式存在的異黃酮僅有 2 ~ 3% (Eldridge and Kwolek, 1983)。但是乙醯和丙二醯葡萄糖基的異黃酮素，則因不是葡萄糖苷酶良好的受質，故不易被有效的吸收 (Barnes, 1995; Farmakalidis and Murphy, 1984)。因此，當人體

服用未發酵的大豆食品後，含糖基之異黃酮，也就是乙醯和丙二醯葡萄糖基的異黃酮素會先在小腸中被微生物所分泌的葡萄糖苷酶（ β -glucosidase）切除糖基，這些微生物包括 *Lactobacilli*、*Bacteroides* 和 *Bifidobacteria* 等以使其較容易被吸收（Hawksworth et al., 1971）。之後再由肝臟中的微粒體（microsome）代謝成為更具親水性的鍵結形式於血液中運送，之後釋放於尿液中排出體外（Heinonen et al., 2003）。

在將 A4、A12、A13、A19、A39、A157、A225、A256 及 A260 此 9 株菌株經過一連串耐膽鹽、耐酸、模擬腸道及定序等步驟後，我們將 9 株菌株分別管餵於小鼠體內，並測定其血清中 daidzein 及 genistein 濃度，由結果顯示在管餵了異黃酮素、乳酸菌之後，A13I 組及 A157I 組在血清中 daidzein 及 genistein 濃度都較其他組要來的高，特別是 A157I 組在和 A157 組比較時發現，只有攝取乳酸菌時血清中 daidzein 及 genistein 濃度分別為 62.39 ng/mL 及 76.44 ng/mL，而同時攝取了乳酸菌及異黃酮素時，血清中 daidzein 及 genistein 濃度則分別提升到 325.57 ng/mL 及 343.62 ng/mL，增加的幅度約為 4 ~ 5 倍之多，由此也可以推測是因為 A157 菌株能夠在小鼠體內產生足夠之 β -glucosidase，以增加了將配醣體水解成活性形式 daidzein 及 genistein 的量，進而增加了小鼠對於異黃酮素的吸收。接著針對 A13 及 A157 兩株菌株進行 API 50 菌種鑑定及吸附試驗，由 API 50 菌種鑑定的結果發現，A13 及 A157 菌株經由反應結果皆被判定為 *Lactobacillus brevis*，然而在 16S rDNA 基因序列比對時發現，A13 菌株與 *Lactobacillus casei* 16S ribosome RNA 部分序列有百分之九十六以上一致性，而 A157 菌株則是與 *Lactobacillus mucosae* 16S ribosome RNA 部分序列有百分之九十九以上一致性。因 API 50 係利用對碳源發酵之表現型菌種鑑定方法，其容易受到操作、培養基種類與培養環境等的不同而有所差異，進而影響生化分析結果，此外，本次試驗所使用 API CHL 套組並無法鑑別出 *Lactobacillus casei* 及 *Lactobacillus mucosae* 兩種乳酸菌，故藉由 A13 及 A157 利用 API 50 試劑條各個不同總類碳水化合物試驗孔結果可推論，*Lactobacillus casei* 及 *Lactobacillus mucosae* 兩種乳酸菌菌株可能與 *Lactobacillus plantarum* 具有類似的醣類利用特性，因此認為使用 16S rDNA 基因序列分析雖較 API 50 套組鑑定複雜並且耗時，但依舊為必須且可信度較高之鑑定方式。根據過去研究認為，良好的益生菌必須具備以下條件：(1)有能力對於宿主進行已經證實之有益影響；(2)非病原菌且無毒性；(3)須為可以大量存活之菌株；(4)可於腸內生存及代謝；(5)於儲存情況下可穩定長期菌株存活數目（Pathmakanthan, 2000）。因此我們利用人類結腸癌細胞 Caco-2，作為腸上皮細胞的模型來進行益生菌的吸附試驗，而由圖三即可以發現無論是 A13 菌株或 A157 菌株皆可以有效吸附在 Caco-2 細胞上，也因此認為此兩種菌株是具有吸附在小腸細胞上之能力並且進而生長繁殖之益生菌。

過去有許多學者研究證實大豆異黃酮素可以預防骨質流失（Anderson et al., 1999）。異黃酮素可改善小腸鈣吸收，很有可能是藉由類似雌激素的機制，特別是針對了卵巢切除大鼠額外給予雌激素後更可增加其鈣吸收（Chen and

Kalu, 1998; Liel et al., 1999; Ten Bolscher et al., 1999)。而這最主要的原因很可能是因為異黃酮素其結構似於雌激素 (Arjmandi et al., 1993)，其可透過雌激素接受器來增加小腸鈣吸收，進而降低骨質流失 (Arjmandi et al., 2000)。而由我們的試驗也可以發現，在實驗終點利用雙能量測定儀測量大鼠股骨密度，切除卵巢之 OVX 組其骨質密度較其他有攝取異黃酮素或 A13 菌株及 A157 菌株的組別要來的低。

而血清中鈣離子濃度在尚未介入時，有切除卵巢的六組其血清鈣離子濃度平均約為 9.98 ± 0.92 mg/dL，分別也都較 SHAM 組 (6.74 ± 0.87 mg/dL) 要來的高，其原因可能是因為當血液中之鈣離子濃度偏低時，會增加副甲狀腺激素(PTH)之分泌，刺激腎臟內的 25-(OH)-D3 活化，使之轉變成具生理活性之 1, 25-(OH) $_2$ -D3，PTH 和 1, 25-(OH) $_2$ -D3 共同改變了骨骼中 hydroxyapatite 的離子價，此現象導致使 orthophosphate 轉變成 pyrophosphate，以致 hydroxyapatite 變得易解離而排出鈣離子，進而提升了血清鈣離子濃度。而到了實驗終點時，則由圖可以發現，OVX 組之血清鈣離子濃度 (6.87 ± 0.44 mg/dL) 較其他組來的低，尤其與同時攝取了乳酸菌及異黃酮素之 A13+ISO 組 (10.08 ± 0.50 mg/dL) 及 A157+ISO 組 (9.99 ± 0.18 mg/dL) 相比時更在統計上具有明顯差異。因此也證實了在同時攝取異黃酮素及乳酸菌後，可以有效提升大鼠體內骨質密度及其血清鈣離子的濃度，但單獨使用乳酸菌時卻不具有明顯差異，因此也證實了乳酸菌的作用可促進異黃酮素的吸收。

由先前研究可以知道，益生菌必須於腸道中存活並定殖於體內腸道細胞上，才可誘導免疫系統活化，或促進細胞免疫反應，活化巨噬細胞及淋巴細胞，增進 NK cell 及輔助型 T 細胞的活性，並促進細胞激素的產生，以發揮調節宿主免疫反應的功能 (Zhang et al., 2011)。而在骨頭的重塑過程當中，會影響骨吸收的因子有很多，其中也包含了細胞激素對於蝕骨細胞、造骨細胞及其前驅因子的影響 (Zhao and Ivashkiv, 2011)。雖然由這些研究可以分別知道益生菌在免疫上的作用以及細胞激素對於骨吸收的影響，但針對益生菌所產生的細胞激素其對於骨質代謝之影響的研究卻較少，也因此我們將已經過益生菌特性測試且在小鼠血清中 daidzein 及 genistein 濃度較高之 A13 菌株與 A157 菌株再進行大鼠體內骨質代謝試驗，細胞激素的測定是利用流式細胞儀測定大鼠血清中促發炎因子包含 IL-1 α 與 TNF 及抑發炎因子 IL-4 與 IL-10，由結果可知 OVX 組其 TNF 及 IL-1 α 濃度皆顯著高於其他六組，而 IL-4 濃度，OVX 組與有餵食乳酸菌及異黃酮素的組別相比，雖然在統計上無明顯差異，但其差異也高達 50 倍以上，IL-10 濃度差也有 7 到 12 倍之多，因此如圖十六我們所建立的模式所示可以知道在分別攝取了 A13 菌株、A157 菌株及異黃酮素後，可以有效抑制此三組別動物血清中 TNF 及 IL-1 α 濃度，而同時攝取乳酸菌及異黃酮素的組別，抑制 TNF 及 IL-1 α 濃度與刺激 IL-4 及 IL-10 濃度的效果更為顯著，因此也可以知道，若只單獨使用乳酸菌時並不能有效促進抗發炎的現象，但在同時攝取了乳酸菌及異黃酮素後可以有效抑制蝕骨細胞活性及蝕骨細胞生成作用並且具有加乘的作用，很可能是因為乳酸菌分解了異黃酮素上的糖基使之成為無糖基異黃酮素，使其易為人體所

吸收，進而延緩了骨質流失的速率。

Osteocalcin 是一個骨骼特异性蛋白質，且對於造骨細胞的成熟而言，是一個相對晚期的指標。細胞分化的末期，造骨細胞開始逐漸礦化成 osteocyte，此時則會大量分泌 Osteocalcin。本實驗萃取大鼠股骨中 RNA 並轉成 cDNA 後利用 Q-PCR 進行分析，結果顯示，OVX 組的 Osteocalcin 基因表現量明顯低於其他六組，其中又以 A157+ISO 組的表現量最高。而 OPG 是一種誘餌受體，由造骨細胞所分泌，其作用是透過結合或中和蝕骨細胞分化因子 (RANKL)，抑制 RANKL 和它的接受器 RANK 結合，以達到抑制蝕骨細胞活化的效果，結果顯示，只有 A157+ISO 組其基因表現量明顯高於 OVX 組，其他組別之間則無顯著差異。由此結果證實了乳酸菌菌株可藉由影響細胞激素的分泌而提升骨質中 Osteocalcin 及 OPG 的基因表現量。此外，TRAP 為骨細胞分化過程中所分泌的酵素。同樣萃取大鼠股骨中 RNA 並轉成 cDNA 後利用 Q-PCR 進行分析，由此結果顯示，OVX 組的表現量最高且明顯高於 SHAM 組、OVX+ISO 組、A13 組、A157 組、A13+SOI 組及 A157+ISO 組，且皆具顯著差異。而 RANKL 為蝕骨細胞分化因子，RANKL 一旦與 RANK 結合就會刺激前驅蝕骨細胞分化，及活化成熟的蝕骨細胞，進而引起骨吸收作用，而由結果發現，OVX 組的基因表現量最高，其中又明顯高於 OVX+ISO 組、A13+ISO 組及 A157+ISO 組，且具顯著差異。根據過去研究顯示，TNF- α 及 IL-1 同時都會經由活化 NF- κ B，進而促進蝕骨細胞生存及增加 RANKL 在造骨細胞上的表現，此外，IL-4、IL-13 及 IL-10 則是會抑制蝕骨細胞生成作用及蝕骨細胞的活性 (Datta et al., 2008)，其中 IL-10 更可抑制 RANKL 表現及增加 OPG 表現 (Zhao and Ivashkiv, 2011)。綜合血清中細胞激素測定及骨髓中骨質代謝標誌分析的結果更證實，大鼠在單獨使用異黃酮素或乳酸菌時並不完全有效達到延緩骨質流失現象，但同時攝取乳酸菌菌株及異黃酮素後則可有效提升體內促使造骨細胞成熟之基因表現，以及抑制蝕骨細胞分化因子的表現，其中血清中細胞激素 TNF- α 、IL-1、IL-4 及 IL-10 更在此途徑當中扮演重要角色，協助調節骨質代謝標誌基因表現，影響蝕骨細胞生成作用，進而延緩了大鼠因卵巢切除，失去雌激素保護而造成的骨質流失。

結論

本研究將篩選自健康素食兒童糞便中，具高 β -葡萄糖苷酶活性並異黃酮素水解產物效率高之乳酸桿菌 A13、A157 管餵模擬更年期之卵巢切除大鼠，並針對其血清鈣離子、股骨骨質密度、骨代謝標誌及骨髓中影響骨代謝之基因表現進行檢測，結果發現管餵了異黃酮素及 A13 與 A157 菌株的組別其血清鈣離子濃度及股骨骨質密度皆較其他組別要來的高，且可抑制血清中細胞激素促發炎因子包含 IL-1 α 與 TNF 及抑制抑發炎因子 IL-4 與 IL-10 的分泌，同時也具有提升骨質中 Osteocalcin 與 OPG 的基因表現量及降低 RANKL 與 TRAP 基因表現量的作用。綜合以上結果，具益生菌特性之乳酸菌 *Lactobacillus casei* A13 與 *Lactobacillus mucosae* A157 菌株不僅可藉由切除含糖基異黃酮素上之糖基使之成為無糖基異黃酮素而促進異黃酮素的吸收，且同時攝取此乳酸菌及異黃酮素時更會促進細胞免疫反應並調節骨質代謝標誌基因表現。本研究發現

Lactobacillus mucosae A157 與異黃酮素共同作用所產生的抑制骨質流失的加乘效應，對延緩大鼠因卵巢切除，失去雌激素保護而造成的骨質流失最具功效。因此未來也許也可以將此發現運用在異黃酮素及乳酸菌保健食品的開發上。