台灣木瓜產業發展研討會專刊

行政院農業委員會農業試驗所特刊125號











行政院農業委員會農糧署 補助
行政院農業委員會農業試驗所 主辦
鳳山熱帶園藝試驗分所 主辦
台灣園藝學會 協辦

中華民國九十五年十二月



木瓜產業研討會合影留念　95.10.31

序　　言

今天很高興在鳳山分所舉辦「木瓜產業研討會」，我們都知道木瓜是台灣重要的熱帶果樹，透過以往各個試驗單位的努力，台灣不僅具有良好的栽培技術也選育了許多優良的木瓜品種，紮下了今天木瓜生產與外銷的基礎。我們都知道，在國際化的潮流之下，農產品貿易的自由化是全球趨勢，今後台灣的農業所面臨的不僅僅是國內的競爭對手，也面臨國外其他水果的競爭壓力，如何在國內農業所面臨的經營規模小，勞力短缺、高工資物價及颱風豪雨等天然災害所造成的生產成本過高的情況下仍維持台灣木瓜的競爭力，的確是一件不容易的事。因此，加強台灣木瓜品牌的建立，建立市場資訊與生產及進出口數量之預警制度，開闢運銷管道，輔導產銷班共同作業，強化運銷設施，建立現代化分級包裝作業將對台灣的木瓜產業有所助益。近年來農糧署訂定「優質供果園作業規範」、推動優良種苗選定、改進田間栽培技術、推動安全施用農藥、強化採收後處理技術、建立農藥殘留檢查制度及生產履歷記錄，建立可追溯系統之產銷履歷資料，建置條碼系統等工作都有助於提升台灣木瓜的競爭力，個人期待農委會能夠持續推動國內水果外銷之工作，將台灣水果之美讓全世界知道。

在各位的努力之下，台灣木瓜擁有與世界競爭的實力，也有多項傲人的研究成果，鳳山分所育成的台農一號更是南美洲的巴西等國家十幾年來最主要的栽培品種，這樣的結果顯示了台灣的木瓜研究與全世界相比較，是毫不遜色的，甚至是超前的。此次召開「木瓜產業研討會」，除了世界主要木瓜生產國家的生產狀況介紹，也針對育種、採收、儲藏運銷、病蟲害管理及轉基因木瓜的檢測管理等問題作一個分析介紹，並期待各位與會的先生、女士們能對台灣木瓜產業的未來發展提出各項看法與建議，提供能夠增進木瓜產業發展之各種想法。個人深深期盼在各位先進的引領下，台灣的木瓜產業可以更進一步，並帶動其他果樹產業蓬勃發展，揚名海外。希望各位農業先進，能多予我們指導。

鳳山熱帶園藝試驗分所分所長

劉政道 **謹識**

中華民國九十五年十一月

『木瓜產業研討會』議程表

日　　期：95 年 10 月 31 日(星期二)
地　　點：鳳山熱帶園藝試驗分所『會議室』
補助單位：行政院農業委員會農糧署
主辦單位：農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所
協辦單位：臺灣園藝學會

時　間	題　目	主　講　人	主持人
09:00~09:30	報到及資料領取		
09:30~10:00	開幕式及長官致詞	李前主委金龍　行政院農業委員會 林 所 長俊義　農業試驗所 劉分所長政道　鳳山熱帶園藝試驗分所	
10:00~10:20	合照與茶會		
第一節：國內外木瓜產業演進與現況			
10:20~10:45	台灣木瓜生產之變遷	王德男、李文立、劉碧鵑	農糧署 許主任秘書 漢卿
10:45~11:10	夏威夷之木瓜產業	陳京城	
11:10~11:35	馬來西亞的番木瓜產業	張龍生、李皇照、洪挺軒、王仁晃、謝慶昌、黃賢良、李山仁	
11:35~12:00	泰國之木瓜生產	齊納班、楊耀祥	
休息及午餐時間			
第二節：木瓜之育種			
13:00~13:25	番木瓜兩性株育種	邱展臺	中興大學 楊教授耀祥
13:25~13:50	雙抗木瓜輪點病毒與畸葉嵌紋病毒基因轉殖木瓜之育成	包慧俊、龔怡蓉、鄭櫻慧、葉錫東	
13:50~14:00	休　息		
第三節：木瓜種苗管理			
14:00~14:25	木瓜種苗管理與輸日優質供果園輔導措施	黃碧海	農委會科技處 黃處長子彬
14:25~14:50	木瓜基因組 DNA 快速萃取技術之開發與轉基因木瓜檢測技術之建立	李文立、王德男	
14:50~15:10	休　息		
第四節：木瓜病害與採後處理			
15:10~15:35	木瓜黑腐病之發生與防治	鄭安秀、吳雅芳	台灣大學 王教授自存
15:35~16:00	採收方法對模擬銷日番木瓜果實機械傷害的影響	王仁晃、邱展臺	
16:00~16:25	番木瓜果實之採收後處理及外銷作業	張書榮、謝慶昌	
16:25~16:45	休　息		
16:45~17:20	第四節：綜合討論	李前主委金龍、許主任秘書漢卿、楊教授耀祥、劉分所長政道、黃處長子彬、王教授自存	
賦　歸			

目　　錄

1. 台灣木瓜產業之變遷(王德男、劉碧鵑、李文立)…… 1

2. 夏威夷之木瓜產業（陳京城）…… 21

3. 馬來西亞的番木瓜產業（張龍生、，李皇照、洪挺軒、王仁晃、謝慶昌、黃賢良、李山仁） 30

4. 泰國之木瓜生產（齊納班、楊耀祥）……40

5. 番木瓜兩性株育種（邱展臺）……51

6. 抗輪點病毒與畸葉嵌紋病毒基因轉殖木瓜之育成（包慧俊、龔怡蓉、鄭櫻慧、葉錫東） 63

7. 木瓜種苗管理與輸日優質供果園輔導措施（黃碧海）……73

8. 木瓜基因組DNA快速萃取技術之開發與轉基因木瓜檢測技術之建立（李文立、王德男）…… 79

9. 木瓜黑腐病之發生與防治（鄭安秀、吳雅芳）……94

10. 採收方法對模擬銷日番木瓜果實機械傷害的影響（王仁晃、邱展臺）…… 98

11. 番木瓜外銷貯運技術之改進（張書榮、謝慶昌）……108

12. 綜合討論…… 131

台灣木瓜產業之變遷

王德男　劉碧鵑　李文立

鳳山熱帶園藝試驗分所

摘　　要

木瓜(番木瓜)在台灣的經濟生產始於1960年後，唯自1975年開始，由於受到輪點病毒病(PRSV)的影響，致單株產量減少，使整個產業經營受到嚴重的打擊，為滿足消費市場量的需求，栽培面積則快速上升，在最盛時曾達到6,268公頃(1986年)，1989年以後則大致維持在3,500公頃左右。此後仍因輪點病毒病一直無法有效被控制，不得不在栽培管理方面改變策略，包括由露天栽培演變為網室隔離的生產，另為配合網室的生產不得不控制株高，由單幹直立式轉變為倒株矮化的方式；同時為因應雨季田間作業的方便，作畦方式亦由單行高畦演進為雙行高畦；在栽培品種上自1975年以後，則由本地種轉變為以〝台農2號〞為主要生產品種，期間雖有其他品種的育成，但多年來此品種的地位至今仍屹立不搖，且佔生產面積的90%以上；育苗方式後來也由直播或床播改為塑膠袋育苗及穴盤育苗；在種苗的生產上亦由傳統種子育苗定植，每穴種植3株，再予以淘汰的方式，轉變為直接以扦插或嫁接苗定植，以確保全兩性株(100%)之生產；包裝方式上則由以往的大竹籠變成現行的紙箱加舒果網；催熟處理亦由運輸前處理，改變為在運輸途中進行；在消費地方面，近幾年不斷開拓外銷市場，除不需檢疫處理的國家(地區)以外，目前已可利用蒸熱處理作業外銷日本，為少數幾種成功打入日本市場之鮮果。

本文主要述明台灣木瓜產業近幾十年來因時代的變遷與栽培環境的改變，致使在生產及栽培管理上的演進，以提供後進研究者瞭解台灣的木瓜栽培史，見證台灣木瓜產業的興衰。

摘要：木瓜、產業、演進、輪點病毒病、網室栽培

一、前言

木瓜(番木瓜 *Carica papaya* L.)為熱帶及亞熱帶低海拔地區廣為栽培的半草本果樹，原產於熱帶美洲，早在清朝末年即由中國大陸引進。台灣因位處颱風帶，木瓜因莖單幹且直立，其生產受颱風、雨害等氣候條件的影響，每年的產量變化頗大。其栽培面積近年保持在3,500公頃左右，產區主要分佈於台灣中南部的平地，由於其植株忌連作，致利用自有的土地種植者較少，大多以承租的方式來經營。

目前主要經濟栽培品種仍為「台農 2 號」，以網室栽培同時進行植株倒伏矮化，全年皆可定植生產，但產量較集中於當年的7月至翌年的3月。木瓜由於栽培容易，生長迅速，栽植後9-10個月就可收穫，產量也高，其栽培面積和香蕉相似受到當年價格的波動影響頗大，如當年度的價格高時，常造成農民的一窩風搶種，產銷因而不甚穩定。

木瓜的營養價值高，除了含有蛋白質、脂肪、醣類、礦物質及維生素外，和其他水果相較，木瓜更可提供豐富的胡蘿蔔素，尤其是β-胡蘿蔔素，除此之外青果更含有幫助消化的木瓜酵素(papain)，是一種不易被取代的優良水果，東南亞各國則將木瓜當作蔬菜來食用，另外製作成木瓜牛奶，更是消暑解渴、營養豐富的飲品，廣受消費大眾的喜愛。

二、台灣木瓜產銷之變遷

(一) 生產面

1. 栽培面積與生產量之變化

台灣光復前及光復後10餘年間，因品種及栽培技術不良，肥料及農藥不足，營養管理知識較為欠缺，當時栽培面積僅有200~400公頃，收穫量在2,000~4,000公噸。隨著新品種陸續的引進、育成及推廣、栽培技術的改變、生產環境的改善、木瓜營養價值廣被宣傳，1966 年栽培面積首先突破1,000公頃，收穫量達13,672公噸，1978年超過2,000公頃，產量達26,066公噸，但1976~1977年開始受輪點病毒病危害影響，單位

面積產量劇降。1986 年栽培面積達到最高 6,268 公頃，收穫量增為 91,147 公噸。1988 年栽培面積稍降為 5,240 公頃，但生產總量反增加為 116,626 公噸，此係因耐輪點病毒病且高產之「台農 5 號」於 1987 命名推廣所致。更由於 1988 年後木瓜網室栽培試驗成功並大量推廣而穩定生產，1992 年以後，台灣木瓜栽培面積雖有少量起伏，但大都維持 3500 公頃上下，呈現較為穩定的狀態，然而產量依然受到氣候影響甚劇，特別是當年的颱風較多或有強烈的雨害時，所造成的災害往往會使當年的木瓜生產量銳減（圖 1）。

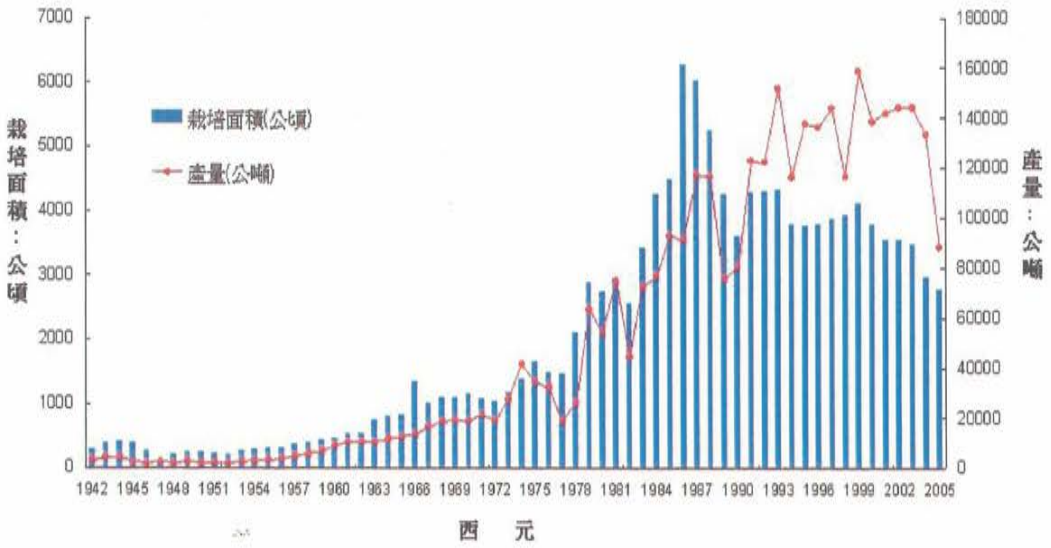


圖 1 、台灣光復後木瓜栽培面積及產量之變遷

2. 栽培分佈

台灣北回歸線以南地屬熱帶（Tropical Zone）最適合木瓜的生產，早期屏東、高雄及台南等三縣一直是台灣木瓜的主要產區，尤以屏東縣所生產的木瓜品質最佳，並以〝屏東木瓜〞聞名全省。但自 1975 年開始於高雄縣阿蓮鄉及燕巢鄉首次發現輪點病毒病之後，由於缺乏有效防治對策，以致蔓延迅速，短短兩年間即使整個西部地區皆陷入受害範圍，迫使台灣木瓜栽培產生兩大變革：(1)產區東移至台東、花蓮二縣新植地(2)市場需求不減之下，栽培面積急速擴增，以彌補生產量不足。屏東縣於

1978 年由全台灣木瓜栽培最多之縣降為五個主要木瓜產區栽培最少之縣(圖 2)；一直到 1987 年筆者育成耐病毒病品種—「台農 5 號」正式命名推廣及網室栽培之試驗推廣成功之後，栽培面積才又回升，而花東地區栽培面積反而巨減，致使屏東縣木瓜栽培面積又高居全台第一。以 2005 年的統計資料顯示(圖 3)，屏東縣栽培面積為最高 816 公頃(29.4%)，台南縣次之為 811 公頃(29.17%)，高雄縣第三為 379 公頃(13.63%)，再次為嘉義及雲林兩縣，而台東縣則已降為 28 公頃(1.01%)，顯示木瓜的栽培在這十幾年中又從東部地區移轉回西部地區。

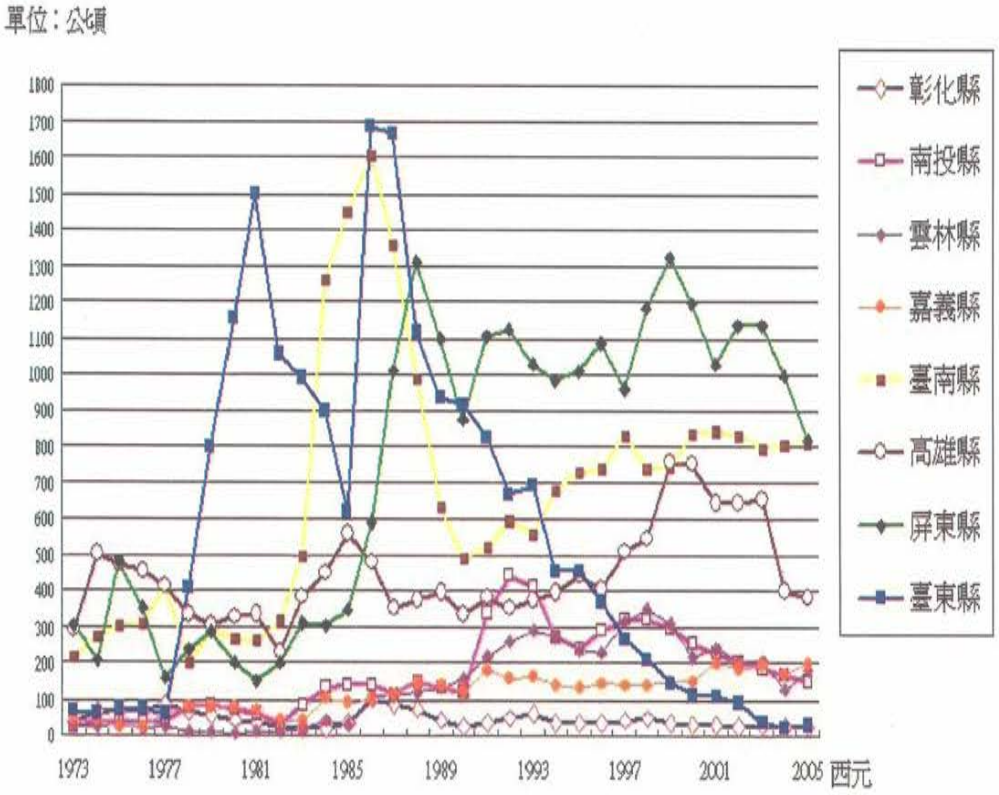


圖 2、1973～2004 年主要縣市種植木瓜栽培面積變化圖

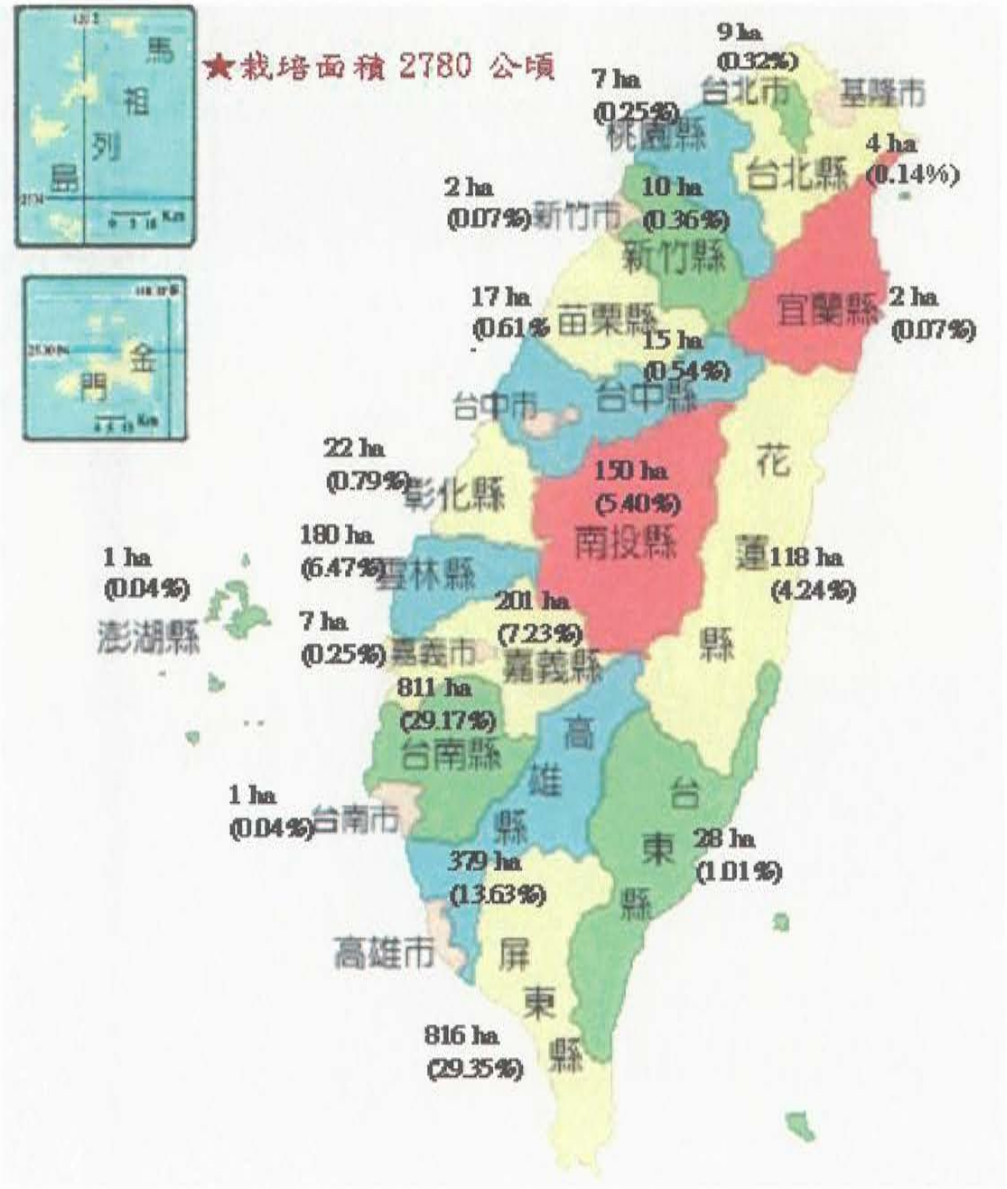


圖 3 、2005 年台灣各縣市木瓜栽培分佈情形

3. 生產成本

依據 2004 年農糧署農業生產統計資料，木瓜每公頃生產成本中以人工費所佔比例為最高(58.9%，每公頃 313,508 元/公頃)；其次為肥料費(16.9%，104,033 元/公頃)、材料費(11.5%，70,856 元/公頃)及農藥費(11.3%，69,967 元/公頃)。與 16 年前資料相較(1988 年)，人工費增加 19.1%(＋219,162 元/公頃)，肥料費增加 3.5%(＋72,170 元/公頃)，農藥費增加 2.2%(＋48,480 元/公頃)，而種苗費增加 14,659 元/公頃，(0.8%)，

而材料費雖增加 34,057 元/公頃，但比重減少(-4%)，地租等間接費用也減少了 12.6%。人工時數方面在 18 個月種植期間，每公頃共增加 1246 小時。(詳如表 1)

表 1、1988 年與 2004 年木瓜每公頃農產品生產成本與收益之比較

年度	1988 年		2004 年		2004 與 1988 年相較
項目	生產費用 (元/公頃)	比率 (%)	生產費用 (元/公頃)	比率 (%)	增減率 (%)
種苗費	6,176	2.6	20,835	3.4	+0.8
肥料費	31,863	13.4	104,033	16.9	+3.5
人工費	94,346	39.8	313,508	58.9	+19.1
畜(機)工費	11,857	5	19,074	3.1	-1.9
農藥費	21,487	9.1	69,967	11.3	+2.2
能源費	2,645	1.1	9,209	1.5	+0.4
材料費	36,799	15.5	70,856	11.5	-4
間接費	31,720	13.3	4,573	0.7	-12.6
人工時數 (含男女工)	1392.1 小時		2,638 小時		+1246 小時
農家賺款	211,117		1,084,208		+513

(二) 木瓜行銷

1. 木瓜國內價格

木瓜的市場售價受當年市場供應量的影響，觀察 10~20 年前的木瓜市場拍賣價，大致在 12~17 元/Kg，近 10 年則在 18~22 元/Kg 之間(詳見圖 4)。價格高低變化明顯受市場供應量的影響，如當年颱風雨害多，植株受損產量大減的結果，常會使產地售價大漲(如 2005 年)；倘若當年風調雨順，市場供應量大增，產地售價常有不敷生產成本的情事(如 2003 年)，此亦會影響瓜農繼續種植的意願，然而常有冒颱風財的投機生產者。以 2005 年來看，因颱風接連不斷入侵台灣，同時亦有多次的豪大雨，植株倒伏，網室受損，加上成功銷日的利多衝擊，產地價格突破 35 元以上，除果實供不應求以外，木瓜種苗亦甚為搶手。

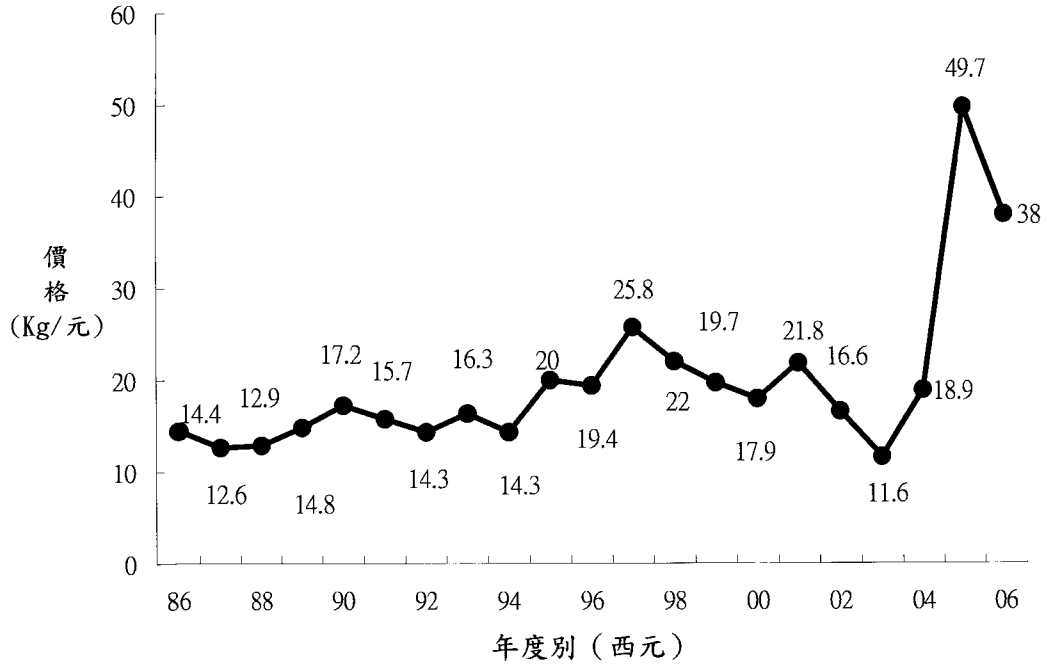


圖 4、近二十年來木瓜產地售價之變化

資料來源：整理自台北果菜運銷公司統計月報(1986~2006 年)

2. 木瓜近年出口量值及主要出口國家

台灣木瓜的外銷歷史甚早，1970 年即有外銷出口的記錄，後來也因為輪點病毒病的影響而暫停木瓜輸日。台灣為東方果實蠅疫區，這幾年來僅能輸出至不需檢疫處理作業的國家(如中國)或是以冷凍處理的方式輸日。1996 年開始台灣不斷透過中日貿易諮商，而於 2004 年 12 月通過日方檢疫條件，可以利用蒸熱處理的方式來完成殺蟲作業輸日，前後共歷時 8 年的時間才完成鮮果輸日的談判工作，成為台灣僅次於葡萄能成功輸日的果品，惟因 2005 年的產量太少，國內市場供應量尚嫌不足，外銷成本居高不下，僅能有少量出口。

台灣木瓜的外銷量(2005 年僅 0.1%)相對於其他果樹種類並不突出，主要乃木瓜的果皮薄，貯運性較差，催熟速度不易控制所致，在果型上也不切合國外消費人口的需求條件(果重 400~700g)的特性，外銷量目前仍以香港及中國大陸為最多。表 2 顯示近(2002~2005)年主要出口對象。

表 2. 近四年來木瓜主要出口國及出口數量

年度	2005 年		2004 年		2003 年		2002 年	
出口國家	數 量 (Kg)	比重 (%)	數 量 (Kg)	比 重 (%)	數量 (Kg)	比重 (%)	數量 (Kg)	比重 (%)
香港	26,138	30.01	98,813	72.06	318,362	75.64	44,904	65.56
中國大陸	40,979	47.14	20,308	14.81	12,337	2.93	18,360	26.80
加拿大	3,468	4.03	13,200	9.62	82,978	19.71	4,088	5.96
日本	16,087	18.51	—	—	—	—	—	—
澳門	240	0.28	—	—	—	—	—	—
新加坡	—	—	4,800	3.50	1,560	0.37	1,140	1.66
馬來西亞	—	—	—	—	600	0.14	—	—
總計	86,912	100	137,121	100	420,837	100	68,492	100

資料來源：中華民國財政部關稅總局網站(web.customs.gov.tw)—我國進出口貨物數量與價值查詢表。

三、台灣木瓜栽培品種之演進

台灣木瓜栽培品種隨著時代的變遷及消費者需求的風味改變，在不斷的進行品種改良之下，大致有下列三個階段：

（一）日據時期~光復時期：

在日據時期主要品種為本地種，其果形小、品質差且冬果帶苦味，乃為台灣最原始栽培品種，其後日人及美人前後二次引進夏威夷種及爪哇種1,2,3號，散栽全台各地，因果形、風味均已混雜，也被通稱為本地種。

（二）光復後~1970年：

光復後陸續由南洋及夏威夷等地引進墨西哥及蘇魯等品種，經分離純化選育出「蘇魯1號」及「蘇魯9號」，並於民國1953年代推廣種植，同時並以此為親本進行雜交育種，選育出『鳳山雜交1號』及『鳳山雜交2

號』於1960年代推廣。1967年農復會園藝引種考察團再由夏威夷及中南美洲引進25個木瓜品種，經鳳山分所選出引自夏威夷的「日陞」品種（sunrise solo），於1970年代推廣取代了「蘇魯1號」及「蘇魯9號」。另筆者又以日陞種作為親本分別與「哥斯達黎加」、「泰國種」、「菲律賓種」等雜交而育成「台農1號」、「台農2號」、「台農3號」等三個品種，於1975年代推廣而完全取代『鳳山雜交一號』、『鳳山雜交二號』。其中「台農2號」因生長強健，兩性果長型，單株產量高，果形美觀，大小適中，豐產，糖度平均11~12°Brix，最高達15°Brix，甚受生產者與消費者之喜愛，迄今生產面積仍佔80%以上，歷久不衰(圖5)。而「台農1號」的果皮厚，貯運性佳，近年更風行於中南美洲。



圖 5、台農 2 號木瓜為目前栽培面積最大的品種

（三）1980年~2006年

為選育抗(耐)輪點病毒病品種，筆者自1977年起收集國內外木瓜80餘品種，經人工接種病毒檢定抗(耐)病性，選出「佛州」和「哥斯達黎加種」兩耐病性強的品種為親本進行雜交育種，從雜交後代中選出二個耐病性強的紅肉系統再行互交，歷經十年於1987年育成台灣第一個耐病毒病的木瓜新品種「台農5號」。1998年另命名「台農6號」，商品名為〝

朱玉〞，乃利用「蘇魯1號」與「日陞」之雜交後代再雜交育成。該品種肉色橙紅豔麗，糖度平均高達12.3°Brix，果小(445g)，惟因貯運性較差，在推廣時較不受生產者喜愛。茲將近年來台灣育成推廣的優良木瓜品種特性列於表3。

表3、台灣育成推廣的木瓜優良品種特性表

品　種	台農1號	台農2號	台農3號	台農5號	台農6號
自播種至開花日數	218	220	230	205	
始果株高(cm)	91	73	72	56	68
肉　厚(cm)	2.3	2.2	2.8	2.9	2.0
肉　色	橙 紅	橙 紅	橙 黃	橙 紅	深橙紅
糖　度(Brix)	13.0	11.7	11.2	10.5	12.3
風　味	優	優	良	良	優
貯 運 力	強	中	中	弱	弱
平均果重(g)	918	1100	1324	1435	445
每株年產量(Kg)	30.9	32.6	34.9	56.5	24.8
耐輪點病毒病	中	弱	弱	強	弱

四、育苗方式及繁殖法之變遷

木瓜雖為多年生作物，但在台灣多栽植2年即進行換地更新種植，因此木瓜苗的需求量甚大，多年來為提高兩性株的出現比率，除以組織培養苗來供應以外，在育苗方式及繁殖方法的改變甚大。

（一）育苗方式：

早年台灣木瓜育苗均採直播或床播，前者管理不便，缺株多、生長參差不齊，雖直根發達，耐旱、且不易倒伏，但植株高，易徒長且結果部位高，採收不易。床播雖可集中管理，但需移植，致費工，苗木搬運不便，且移植成活率亦不高。1960年代以後，由於塑膠袋大量生產，經

試驗改用塑膠袋育苗後(圖6)，苗木的管理及搬運均方便，省工省錢，生長整齊，定植成活率也高，後來果農或業者已完全改用塑膠袋或穴盤育苗。



圖 6、塑膠袋育苗

（二）繁殖方法：

1. 實生苗

木瓜之栽培，長期以來均採用種子播種培養而得之實生苗來種植，其實生苗中僅約50~70%為兩性株，但因近年改採網室栽培，受限於風力授粉，則以使用兩性株苗較為有利，但在實生苗中，雌株、雄株及兩性株是有一定出現比例的，而通常在開花後才能判斷單株性別，農民必需砍除雌株或進行人工授粉的方式，確保兩性株的生產，將大幅提高生產成本。早期的作法為，通常每個植穴栽植2株以上的木瓜苗，待開花後可辨別性別後再加以拔除(圖7)，或事後再予以補植，因此每公頃需增加二倍以上的實生苗用量，如此且造成單株生育不整齊，增加木瓜苗木成本，並且浪費田間管理人力及土地資源等，且實生苗易有徒長，樹幹太高之困擾，近年大多改用扦插苗或嫁接苗。



圖 7、實生苗定植每穴植三株，開花之後再淘汰雌株

2. 嫁接苗及扦插苗

嫁接苗(圖8)可解決上述實生苗之問題，因採用的是兩性株頂芽繁殖的接穗，嫁接於實生砧木上，種植時一植穴栽種一株即可，且栽種後之生育表現，大致可提早1.5個月開花，同時具有降低生產成本，多產及生長健壯等優點。近年種苗的使用上漸漸有嫁接苗、扦插苗取代實生苗之情況，主因是網室栽培需要全兩性株及矮性之植株，嫁接苗的始果部位低，比較符合農民所需。採行嫁接苗及扦插苗亦可確保兩性株的比率，省掉淘汰雌株的種苗費及栽種空間。但扦插苗(圖9)因繁殖倍數低，插穗數量少及扦插存活率會受到氣候等不利因子的影響，近年已較少使用，另外以繁殖組培苗為接穗，而實生苗為砧木之嫁接苗生產方式，經種植於田間後與實生苗比較，生長初期之植株極為旺盛，著花高度較低且提早著花。



圖 8、嫁接苗為全兩性株



圖 9、扦插苗亦為全兩性株

3. 組織培養苗：

為生產同一性別的木瓜種苗，最早是利用組織培養繁殖苗，其繁殖倍數高且皆為兩性株是其優點，但生產成本高，售價約為實生苗的7倍，另由培植體建立到組培苗出瓶，其馴化需時較久，且培植體經多次繼代增殖之後性狀會較不穩定，常有幼苗發生變異與根系無明顯主根之缺點，為木瓜組織培養苗之缺點，近年已較少使用。

五、栽培管理方法之變遷

（一）防除雜草上

木瓜為淺根性果樹，雜草易與其競爭養分及水分，在幼苗階段除草是必需的。木瓜為肉質莖不能以除草劑除草，所以早期多在高畦面覆蓋稻草(圖10)，現代的防草方法是以黑色塑膠布覆蓋整個畦面(圖11)，同時並有兼具保溫、保濕的效果。



圖 10、早年畦面覆蓋稻草來防雜草



圖 11、近年改用畦面覆蓋塑膠布防除雜草並保溫、保濕

（二）作畦方式之變遷

早期台灣多以水牛或鐵牛等簡易農機具來作畦培土，現代演進為以怪手或曳引機來作畦及挖排水溝，怪手為作業上的方便，採行40~60公分高、6公尺寬之大畦(雙行式)，取代傳統2.5~3.0公尺寬之小畦(單行式)。

（三）露天栽培演變為網室設施栽培

1985年起，農林廳當時由特產科果樹股施明山股長研提試驗計畫，在各地進行木瓜網室（32目防紫外線）栽培試作園，三年共試作31公頃19農戶，試作結果網室內種植六個月之木瓜，不論在株高、莖粗或葉片數均比對照區顯著良好，病毒病發病率僅0.3%，無網室之對照區則高達95%以上(圖12)；網室栽培之產量每公頃43,000公斤，為對照區之三倍。在收益方面，當時每公頃網室栽培雖增加設施成本約18萬元(目前每公頃網室栽培增加設施成本約25~30萬元)，但產量提早、果實品質優良、售價提高，每公頃收益高達50萬元以上，而對照區之收益則不及8萬元。網室栽培收益高且為目前生產高品質木瓜唯一最有效方法，雖成本高、風險大，且會因通風日照不良，植株易徒長，須行倒株栽培；紅蜘蛛、白粉病較嚴重；溫差大，至兩性株畸型果百分率高及雌株須行人工授粉才能結實等缺點，但在未有更確實有效的防治對策前，農民目前仍採行此栽培模式。



圖 12、木瓜的隔離網室與露天生產的比較

（四）單株直立式演變為倒株矮化栽培

早期露天栽培時為以單株直立式生產，木瓜株高在不加控制之下高達 5 公尺以上，因結果部位過高，採收不便且費工，且產量會有愈漸降

低等缺點。後因受輪點病毒病之影響，台灣木瓜改採網室的栽培模式，若網室高度超過 3 公尺，常有受損的風險，因此研究如何控制株高，設法保護網室設施，同時便於收獲採收作業，因此才有矮化倒株栽培的生產方式出現，此為台灣木瓜所特有的生產模式，矮化方法經多年來不斷試驗改進，大致有下列幾種：

1. 定植時即斜倒栽，雖易施行但矮化效果差。
2. 株高 30～40 公分時以塑膠繩及小竹子固定拉倒。(圖 13)
3. 株高 40～50 公分時摳倒，費工且會因角度彎曲過大而延遲開花。(圖片 14)
4. 株高50公分以上扭倒，樹幹木質化後先以刀子將幹基縱切3-4刀，再將植株扭倒。(圖15)



圖 13、植株矮化倒伏方式－拉倒



圖 14、植株矮化倒伏方式－摳倒



圖 15、木瓜矮化倒伏方式－扭倒

（五）摘除兩性株或畸形花

1988年以前的台灣木瓜均為露天栽培，溫差小且近半植株為無畸型花雌株，因此田間管理上並沒有摘除兩性株之畸型花這一道作業程序。自1988年推廣網室栽培後，因空間隔離，網室內之雌株因需採行人工授粉才能結實，太過費人力及浪費種苗等原因紛遭砍除；另若網室內全植兩性株，亦會因網室內之溫差比露天高(7℃左右)，且日夜溫變化大，導致畸形花(果)的百分率提高，為提高果實品質，必須多出摘除中央畸形花(果)這一道作業程序，管理上較為費工。(圖16)



圖 16、網室栽培的畸型花多，須人工摘除

（六）缺硼症之發現與硼素的施用

1973年以前的台灣木瓜在每年10月至次年4月乾旱期間，果實普遍發生畸型怪狀，果實表面凹凸不平，成腫瘤狀，俗稱〝起雷〞，筆者稱之為塊腫病。嚴重者會先流乳漿 (Latex)，隨後果面呈凹凸不平腫瘤狀，完全失去商品價值，只能將其供作豬的食料或廉價賣給加工廠，果農損失慘重。筆者先以套袋及晝夜觀察，斷定其並非蟲害所致即以各種藥劑處理證明亦非病害引起，再行莖部解剖及組織切片，顯示生長及莖中心

髓部呈淡褐色，局部組織壞死，幼嫩種子褐化、不發育或不結實，但罹病株外觀與正常無異，乃推斷可能係缺乏某種微量元素而引起之生理病。故再行葉片分析及田間試驗，發現正常株之葉片中硼素含量皆在32ppm以上，而病株之葉片或葉柄中硼素含量低於20ppm即發生塊腫病，此乃國內外首次發現並證明塊腫病為缺硼症。筆者進一步由田間硼素施用量及施用法試驗得知用硼砂0.25%行葉面噴佈或用硼砂每株2.5~5公克行土壤施用，即幾乎可完全防止木瓜缺硼症之發生。

六、木瓜採後處理及包裝之變遷

(一)採收後處理

1975年前為先經催熟後再裝箱運銷的方式，主因當時的包裝資材沒有密閉，而無法利用電石催熟；近代則改為先包裝整理後，再於箱內置放電石進行催熟之運銷方式，開箱時恰為可食用狀態。

（二）包裝方式

隨著時代的進步，不斷有新包裝資材的推出，為增加產品的美觀與商品價值，在包裝型式上也有一些變化。1975年前大多採竹籠上覆稻草的包裝型式(圖17)，之後則改採紙箱包裝(箱/公斤)，近年逐果並加套舒果網，以保護果實避免受到傷害。(圖18)



17、早期木瓜的包裝型式－用竹籠裝且填充物為稻草



圖 18、現代的包裝多逐果包舒果網裝箱

七、木瓜新病蟲害發生與防治之變遷

(一)輪點病毒病的防治歷史

台灣自 1975 年首次發現輪點病毒病(Papaya ringspot, PRSV)後，鳳山熱帶園藝試驗分所等有關單位即先後分別進行反光布、反光帶、礦物油、系統殺蟲劑、忌避劑等方法來防治媒介蚜蟲，但皆因防不勝防、殺不勝殺，防治效果均不顯著，而後再鍥而不捨的研究，分別推出下列三種防治對策，但目前仍以網室栽培最為有效。

1. 套袋並間作玉米：1979 年現高師大王教授惠亮利用生物防治途徑，在木瓜苗定植畦面時隨即套以大型透明塑膠布，並於行間間作玉米(東西走向)保護，如此可延遲並降低發生病毒病的機率。另於行間栽植玉米所增加的玉米收入，亦可抵銷增加之套袋成本支出，但此法會因木瓜植株的日照受影響，而有徒長、延遲開花，並提高結果部位等缺失，目前採行者甚少。
2. 接種弱毒進行交叉保護(cross-protection):1983 年王教授再利用葉氏提供之弱毒素 HA5-1、HA6-1 系統於木瓜幼苗前期(發芽後二週)接種，此種輕症病毒，可延遲並降低感染重症之輪點病毒病之機會。並自 1986 年開始在農委會及農林廳補助計畫下示範推廣了近 1500 公頃。病毒病罹病率由 85%降低為 39%，每公頃產量 27 公噸，較一般栽培增產 49%，每公頃純收益 18 萬元，較一般栽培增加 10 萬元。目前發現，交互保護雖有顯著保護效果，但仍有大量接種困難、輕症系統回變、維持接種原來源及輕症系統病毒仍會引起輕微損失等缺點，近年已不再採行。
3. 網室栽培：利用 32 目塑膠網搭建 12 呎高，進行物理性的隔絕方法，使媒介昆虫無法侵入危害，根據試作區調查，植後 4 個月均未罹病，第 5 個月罹病 0.3%，至第 6 個月亦僅 1.9%，對照區第 1 個月就開始輕微發病，至第 6 個月已達 96.2%，顯示網室栽培對預防病毒病之發生非常有效。另外有產期提早、產量增加及果實品質提昇等優點。但亦有設施成本高、植株易徒長、兩性株畸形花百分率高、白粉病及紅蜘蛛發生率高及雌株開花不結果等缺點。

4. 栽植抗 PRSV 基因轉殖苗：基因轉殖技術為將外來基因以各種方式植入植物體染色體內，經由遺傳工程方式導入外來抗性基因，使轉基因植物能表現外來基因之特性，並具有不改變作物原有性狀，且不增加生產成本之優點。為目前不用網室栽培的唯一替代方法，但其安全性仍備受爭議，尚待經過評估之後才能推廣種植。

（二）黑腐病

去(2005)年連遭 3 次颱風侵襲後，從彰化以南的西部各縣均普遍發生細菌性黑腐病，此病早期曾於台東地區發現，因易產生抗藥性，藥劑防治效果不彰。有關此病的防治措施，目前正由防檢單位進行相關研究中。

八、結語

木瓜在台灣經濟栽培已有 50 年以上的歷史，隨著栽培技術日趨純熟，單位面積產量逐年增加，栽培面積近年大致維持在 3,500 公頃左右。但台灣木瓜的生產受到颱風、雨害的影響很大，常有產銷失衡的問題發生，市場價格起落甚巨，逢盛產之期常有不敷生產成本的情事，常使農民血本無歸，若僥幸能躲過風災雨害，卻常可發一筆天災財。因此如何確實掌控台灣木瓜的生產量，同時穩定各月別木瓜的生產，常是內外銷市場能拓展並穩定的要素之一。木瓜可透過種苗的供應數量來評估當年及各月別的產量，農政單位應可透過種苗商來做好計畫產銷的工作。

木瓜栽培品種多年來在台灣的變化並不大，「台農 2 號」已屹立台灣 30 多年，近年雖亦有不少選育品種出現，但在貯運性、產量、抗病蟲性及品質等方面特性，並未能完全超越”台農 2 號”的優點，以致生產面積少。未來，在品種改良方面，除需鞏固台灣的消費市場以外，積極開發抗病且具國際市場導向的品種應為研發重點，如中國大陸的木瓜大多是做為餐廳宴客的材料，搭配魚翅成高檔的菜色，極少當鮮果直接食用，其果型、大小需近似馬來西亞“Exortica”品種，否則價格難以維持。台灣若能育出抗病且具“Exortica”之形、質的木瓜品種來外銷大陸，未來的外銷量將能有所突破。

另外日本市場的果型則要求小型(400~700g)，糖度要高，以符合當地的消費習慣，因而在育種上也需考量當地對果型及貯運性的要求。

在生產管理及栽培技術方面，則應從降低生產成本來著手，研究病毒病更為有效的防治策略，才能夠廢除網室的經營模式，降低生產成本；加強產銷班或合作社場的功能，統購生產資材來減少中間價差，將可使生產成本降低；另外克服繁殖技術，建立優良、健康之種苗生產體系以生產全兩性果；改進肥培管理技術，克服冬季果實寒斑，夏果疫病，缺硼及橡皮肉等生理障礙；同時重視生態環境保護，避免園地、水源及農藥的污染；在種苗生產上應確保種苗親本的純正，避免被基改的木瓜花粉污染；配合生產履歷制度的實行，以生產健康、安全、衛生之果品為目標，將可為台灣的木瓜產業開創新的春天。

參考文獻

1. 王德男。1991。台灣木瓜栽培之回顧與展望。台灣果樹之生產及研究發展研討會專刊 p. 357~371。
2. 王德男、翁瑞亨、徐秀鳳。1994。網室木瓜倒株栽培之研究。台灣經濟果樹栽培技術及應用研討會專集 p. 31~39。
3. 王德男、徐秀鳳。1997。網室木瓜兩性花畸形化之探討。提昇果樹產業競爭力研討會專集 p. 147~146。
4. 王德男、黃基倬、劉政道。2001。番木瓜之保健膳食。農友 51(8)：62~65。
5. 王德男、黃基倬。2002。木瓜經營管理策略。永續農業新興果樹專輯 16：27~29。
6. 王德男、李文立。2006。園藝之友 115：12~17。
7. 余聰安、包慧俊、鄭櫻慧、楊居成、葉錫東。2003。木瓜之基因轉殖技術。植物基因轉殖與分子檢測技術　教育部顧問室生物科技教育改進計畫。
8. 農業生產統計年報。2005。行政院農委會農糧署。
9. 張明聰。1994。談番木瓜實生苗與扦插苗。台南區農業專訊 8:13~14。

夏威夷之木瓜產業

陳京城

國立中興大學園藝學系

摘　　要

夏威夷番木瓜早期主要栽培在歐胡島(Oahu island)，到了 1950 年代在歐胡島上的主要番木瓜產區均被木瓜輪點病毒(PRSV)入侵後，夏威夷番木瓜栽培漸漸移至夏威夷島(Hawaii island)。但 1992 年輪點病毒入侵了夏威夷島上最主要的番木瓜產區 Puna，重創夏威夷木瓜產業。1998 年夏威夷基因轉殖木瓜通過審查，可開始經濟栽培，適時解救了夏威夷番木瓜產業。

夏威夷番木瓜 2005 年栽培面積為 2395 英畝(969 公頃)，總產量 3290 萬英磅(14,923 公噸)，產值 1124 萬美元(約 3 億 7 千萬台幣)，為僅次於鳳梨之第二重要的果樹作物。目前主要栽培品種為’Rainbow’(58%)、’Kapoho’(25%)及’Sunrise’(11%)。其中’Rainbow’為基因轉殖木瓜，目前可外銷至美國本土及加拿大，日本市場則正協議中。

夏威夷番木瓜產業近年來正面臨相當嚴峻的挑戰，原因乃產地價格一直滑落，栽培面積及產量均下滑，外銷市場競爭力也逐年下降，再加上觀光業在過去 5 年來帶動夏威夷之經濟起飛，一些原本在番木瓜產業之生產者與工人轉往其他產業發展，更使得番木瓜產業之發展相當困難。

雖然夏威夷番木瓜產業發展近年來遭遇了一些問題，夏威夷仍是世界上最主要的番木瓜研究發展重鎮，除了發展出全世界第一個商品化的基因轉殖木瓜外，近年來更進一步定序番木瓜之全基因組 DNA 序列，亦將成為第一個完成整個基因組定序之果樹作物，對未來果樹之品質、產量、抗病蟲害及逆境之研究及育種將有很大的幫助，也對高等植物基礎生物學之研究提供一個良好的工具。

前　言

夏威夷番木瓜產業雖然栽培規模不大，但其栽培技術與研發能力在世界上一直居於領先地位。夏威夷於 1998 年率先商品化全世界第一個抗輪點病毒(PRSV)的基因轉殖木瓜，適時解救了夏威夷番木瓜產業。不過，基因轉殖木瓜雖然解決了輪點病毒病的問題，但部分消費者對基因轉殖木瓜安全上的疑慮，加上主要外銷市場日本仍禁止基因轉殖木瓜之進口，以及反 GMO 團體的壓力與非基因轉殖木瓜田被基因轉殖木瓜污染等問題，均相當棘手。

近年來美國經濟復甦，加上日本也走出經濟泡沫低潮，因此到夏威夷之美國本土及日本觀光客之消費能力大增，觀光業在過去 5 年來帶動夏威夷之經濟起飛，一些原本在番木瓜產業之生產者與工人轉往其他產業發展，使得番木瓜栽培面積及產量均下滑，加上 GMO 衍生出來的問題，對夏威夷番木瓜產業發展困境更是雪上加霜。另外，領導夏威夷番木瓜產業發展超過 30 年的 Payaya Administrative Committee (PAC)於 2002 年 10 月 1 日解散，其工作改由 Papaya Industry Association(PIA)接手，此領導團隊的改變也讓很多番木瓜生產者對未來的發展感到憂心。因此，如何帶領夏威夷番木瓜產業走出困境再創新局是 PIA 及相關人員目前急需思考及解決的問題。

夏威夷番木瓜栽培演進及產業現況

夏威夷番木瓜栽培歷史超過 100 年，早期主要栽培在歐胡島(Oahu)，1937 年 7 月番木瓜輪點病毒病首度在歐胡島被發現，不過到了 1945 年才有第一個發現木瓜輪點病毒的正式報告，到了 1950 年在歐胡島上的主要木瓜產區均被輪點病毒入侵，因此將木瓜生產移至夏威夷島/大島(Hawaii/Big island)，但到了 1962 年，輪點病毒病也入侵了夏威夷島，到了 1970 年，一些夏威夷島木瓜產區均已被入侵，因此夏威夷州政府農業部(Hawaii Department of Agriculture) 開始執行木瓜輪點病毒病防治計畫挖除所有受感染的木瓜株以防止擴散至主要產區 Puna，但 1992 年輪點病毒病還是入侵了 Puna 地區，1997 年夏威夷最主要的木瓜產區 South Puna 整個淪陷，從 1993 至 1998 年間，夏威夷木瓜因為輪點病毒病的危害

總產量降低 39%，其中 Puna 地區更高達 52%。1996-1997 年間木瓜生產者雖然曾試著利用休耕甘蔗田來種木瓜以遠離輪點病毒病之疫區，但病毒很快就蔓延過來，到了 1999 年原本 8 個木瓜包裝場只剩 3 個還在運作。1998 年基因轉殖番木瓜通過審查，可開始經濟栽培，適時解救了夏威夷番木瓜產業。

全世界番木瓜產量在過去 10 年來持續的增加，主要生產國包括巴西、墨西哥、奈及利亞、印度、印尼等(表 1)。夏威夷是美國最主要的木瓜產區，其 2005 年總栽培面積為 2,395 英畝(969 公頃)，總產量 3290 萬英磅(14,923 公噸)，產值 1,124 萬美元(約 3 億 7 千萬台幣)(表 2)，為僅次於鳳梨之第二重要的果樹作物。主要栽培在夏威夷島(Hawaii island)(佔 90%以上)，其他島嶼如茂宜島(Maui island)、莫洛凱島(Molokai island)、歐胡島(Oahu island)及可愛島(Kauai island)等均有零星栽培(表 3)，而主要栽培品種為’Rainbow’(58%)、’Kapoho’(25%)及’Sunrise’(11%)(表 4)，其他品種包括’SunUp’、’Sunset’及‘Waimalalo’均只有零星栽培。其中’Kapoho’原為最主要的栽培品種，近幾年已漸漸被抗 PRSV 的’Rainbow’所取代。’Rainbow’為基因轉殖木瓜’SunUp’與’Kapoho’之 F1 雜交種。’Rainbow’木瓜 1998 年開始可銷至美國本土，加拿大則從 2003 年開始，日本市場正協議中。日本農林水產省(Ministry of Agriculture Fisheries and Forestry)已於 2002 年 12 月通過夏威夷基因轉殖木瓜的進口審查，目前日本厚生省(Ministry of Health Labor and Welfare) 正審核中。

夏威夷番木瓜外銷主要市場為美國本土、加拿大及日本，近年來日本市場受輸入菲律賓木瓜的嚴重威脅呈持續下降的趨勢，北美洲市場主要的競爭對手則是墨西哥、貝里斯及巴西。加拿大市場因基因轉殖木瓜推出後外銷一度受阻，目前有漸漸恢復的跡象(表 5 及表 6)。

美國番木瓜進口量從 1990 年以來逐年增加，至 2005 年進口量已增加超過 5 倍，是目前世界上最大之番木瓜進口國及消費國，總消費量達 28,091 萬磅，其中進口 25,374 萬磅(主要進口國為墨西哥、貝里斯、巴西)(表 7)，佔 90.33%，因此夏威夷未來需努力增加美國本土之番木瓜市場佔有率。

夏威夷番木瓜外銷至美國本土及日本均需要通過果實蠅檢疫處理，夏威夷果實蠅有四種:瓜實蠅 Melon fly (1895), 地中海果實蠅 Mediterranean fly (1907), 東方果實蠅 Oriental fly(1944) and 馬來西亞果實蠅 Malaysian fly (1983)。在夏威夷島有 3 個蒸熱處理廠(Vapor heat)及 1 個放射線處理廠(irradiation)，Molokai 島也有一個乾熱式處理廠，目前在 Kauai 島正在興建一個新的木瓜蒸熱廠(Forced hot-air)，將在明年夏天啟用。Kauai 島沒有 PRSV 問題，主要市場將放在日本。

夏威夷於 1971 年成立番木瓜之市場行銷、產業發展及研究計畫之 Payaya Administrative Committee (PAC)，負責每年約有 1.1 百萬美元的經費在運作，經費主要來源為美國農業部。但 PAC 於 2002 年 10 月 1 日解散，其工作改由 Papaya Industry Association(PIA)接手。

近年來夏威夷番木瓜產地價一直滑落，還有美國經濟復甦，加上日本也走出經濟泡沫低潮，因此到夏威夷之美國本土及日本觀光客之消費能力大增，觀光業在過去 5 年來帶動夏威夷之經濟起飛，原本在木瓜產業之生產者與工人轉往其他產業發展，使得木瓜栽培面積及產量均下滑，如何恢復生產者之信心是目前夏威夷番木瓜產業相關人員急需思考及解決之問題。

表 1. 世界番木瓜主要生產國之產量(million pounds)。

Year	2001	2002	2003	2004	2005
Brazil	3283	3522	3780	3555	3748
India	1543	1543	1543	1543	1543
Indonesia	1104	1334	1382	1615	1426
Mexico	1926	1932	2107	2107	2107
Nigeria	1649	1664	1664	1664	1664
Thailand	265	265	276	276	289
USA	55	46	43	36	32
Other	3932	4058	4143	4100	4206
Total	13756	14365	14938	14896	15015

Source: (FAOSTAT, 2006)

表 2. 夏威夷番木瓜生產情形

Year	Farms	Acreage (acres)		Production	Value
		In crop	Harvested	1000lb	1000USD
1995	244	3740	2435	50800	18494
1996	281	3610	1835	41800	17054
1997	241	4055	1985	28800	18978
1998	262	3555	2120	29900	12589
1999	222	3500	1940	42400	15929
2000	236	2845	1650	54500	16007
2001	221	2860	1950	55000	14598
2002	164	2320	1720	45900	11924
2003	163	2240	1565	42600	13069
2004	207	2105	1235	35800	12361
2005	205	2395	1480	32900	11241

Data were compiled from USDA Statistical Reports of Papaya grown in Hawaii.

表 3. 夏威夷各主要島嶼 2005 年番木瓜栽培情形。

Island	Farms	Acreage (acres)		Total
		Bearing	Non-bearing	
Hawaii	156	1330	870	2200
Maui/Molokai/Oahu	38	110	55	165
Kauai	11	25	10	35
State	205	1465	935	2400

Data were compiled from USDA Statistical Reports of Papaya grown in Hawaii.

表 4. 夏威夷 2005 年番木瓜主要栽培品種所佔百分率。

Variety	Percentage		Total
	Bearing	Non-bearing	
Kapoho	20	44	30
Rainbow	61	41	53
Sunrise	8	10	9
Others	11	5	8

Data were compiled from USDA Statistical Reports of Papaya grown in Hawaii.

表 5. 美國主要外銷之番木瓜量(公噸)

	Year				
Country	2001	2002	2003	2004	2005
Canada	2330	2033	2397	2679	2576
Japan	2955	2531	2541	1613	1430

Department of Commerce, U.S. Census Bureau, Foreign Trade Statistics.

表 6. 美國主要外銷之番木瓜值(千美元)

	Year				
Country	2001	2002	2003	2004	2005
Canada	3990	3552	4470	4756	4853
Japan	7860	6218	6310	4956	4673

Department of Commerce, U.S. Census Bureau, Foreign Trade Statistics.

表 7. 美國番木瓜進口情形(million pounds)

Year	2001	2002	2003	2004	2005
Mexico	151.9	147.6	164.5	207.7	176.8
Belize	12.9	24.3	34.7	53.4	61.1
Brazil	11.2	12.8	15.8	10.7	10.1
Jamaica	3.5	4.2	3.3	2.2	2.3
Dominican	6.3	5.3	5.5	2.6	2.4
Guatemala	0.3	0.7	0.8	0.9	2.7
Other	0.1	0.3	*	0.3	0.5
Total	186.2	195.2	224.6	277.8	255.9

*: Less than 100,000pounds.

基因轉殖木瓜之研發

夏威夷於 1998 年發展出全世界第一個商品化的基因轉殖木瓜，其過成係夏威夷木瓜研究團隊於1986年開始進行基因轉殖木瓜的研發，1991年找到一個抗PRVS的品系 Line 55-1。Line 55-1 是由紅肉品種’Sunset’基因轉殖而來，後來命名為’SunUp’，因為夏威夷木瓜生產者較喜歡黃肉品種’Kapoho’，因此研究團隊利用傳統雜交技術生產’SunUp’與’Kapoho’的F1雜交種’Rainbow’。

’Rainbow’ 是黃肉品種，其抗輪點病毒病的能力較’SunUp’差，但其在萌芽後7週之抗性則顯著增加，如果在萌芽後3個月後才感染輪點病毒病則徵狀非常輕微，因此’Rainbow’成為目前夏威夷基因轉殖木瓜之主要栽培品種。此研發經驗很值得參考，主要事件如下：

- 1937 PRSV首次在夏威夷被發現(Oahu island)
- 1945 PRSV開始在Oahu island木瓜產區蔓延
- 1978 開始進行PRSV之研究
- 1986 開始進行基因轉殖木瓜的研發
- 1988 開始利用基因槍進行轉殖
- 1991 找到一個抗PRSV的品系Line 55-1
- 1992 進行第一個田間試驗(Oahu island)
- 1992 PRSV正式報告出現在Puna, Hawaii island
- 1995 進行大面積田間試驗(Puna, Hawaii island)
- 1997 通過審查(USDA-APHIS, EPA, FDA)
- 1998 獲得生產執照正式商業化生產
- 1999 第一批基改木瓜（‘Rainbow’）開始採收並銷至美國本土
- 2002 日本農林水產省通過’Rainbow’木瓜銷日審查，緊接著向厚生省提出申請，目前仍在審查中
- 2003 加拿大允許’Rainbow’木瓜進口

抗PRSV基改木瓜雖然提高抗PRSV的能力，但也產生了一些問題，包括：

1. 基因污染：交叉授粉(cross pollination)或人為疏失。
2. 失去市場：外銷市場接受度低。
3. 果農喪失獨立性：受制於專利權，沒有自主權。
4. 成本及利潤：基改木瓜售價較低。
5. 責任與義務：因人為疏失可能造成之基因污染及侵權問題。

基因轉殖木瓜之管理

夏威夷基因轉殖木瓜必需在嚴格規範下生產，主要規範包括：1.基因轉殖木瓜只限於夏威夷州生產。2.只有 PAC(目前改為PIA)可以販售基因轉殖木瓜種子 3.基因轉殖木瓜只能在可接受之國家販售。4.生產者必須接受教育課程學習如何管理抗PRSV之相關問題。5.生產者必需與PAC(目前改為PIA)簽約以購得基因轉殖木瓜種子。種子原先由PAC免費提供給果農，但目前PIA考慮向果農收取費用。而種子生產乃以’Kapoho’花粉來授’SunUp’雌花生產’Rainbow’種子，’SunUp’種子則以兩性株自然雜交來生產。

夏威夷番木瓜栽培目前也面臨一些基因污染問題，依據Greenpeace的調查發現夏威夷島及歐胡島的非基因轉殖木瓜均有受到基改木瓜基因污染情形，夏威夷大學生產之種子（‘Waimanalo’ Solo）也被發現有基因污染情形。因此島內反GMO的團體的反對壓力愈來愈大，特別是有機木瓜田被基因轉殖木瓜污染所造成的法律與賠償問題。

目前進行中之番木瓜相關之研究

夏威夷是世界上最主要的番木瓜研究發展重鎮，除了在1998年發展出全世界第一個商品化的基因轉殖木瓜之外，目前也正針對另一個新的基因轉殖木瓜Line 63-1的抗病性進行評估。Line 63-1可抗巴西、泰國、及亞買加的木瓜輪點病毒病，將來可利用來與Line 55-1雜交以獲得更好的品系。因為基因轉殖木瓜的栽培，一些原本被放棄的木瓜田均重新獲得新生，而種植非基因轉殖木瓜的田也因臨近基因轉殖木瓜田可形成保護屏障，病毒壓力較輕，因此可維持生產。

近年來夏威夷木瓜研究團隊更進一步定序番木瓜之全基因組，將成為第一個完成整個基因組定序之果樹作物，對未來果樹之品質、產量、抗病蟲害及逆境之研究及育種將有很大的幫助，也對高等植物基礎生物學之研究提供一個良好的工具。目前進行中之木瓜相關研究主要為：

1.Papaya genome project :全基因組定序。

2.基因功能研究。

3. Primitive Y 染色體研究。

4. 分子標誌開發：花性、抗病蟲害、耐逆境標誌。

5. 新抗 PRSV 品系選拔: Line 63-1。

6. 開花基因研究。

7. 抗病蟲害基因轉殖。

8. 系統性獲得抗病機制(SAR) 。

9. 果實軟化基因研究及耐貯運品種選育。

結　　語

雖然夏威夷番木瓜產業發展近年來遭遇了一些問題，夏威夷仍是世界上最主要的番木瓜研究發展重鎮，目前相關之研究主要包括：全基因組定序、分子標誌開發、基因功能研究、新的抗 PRSV 品系選拔等。其中番木瓜全基因組定序，將成為第一個完成整個基因組定序之果樹作物，對未來果樹之品質、產量、抗病蟲害及逆境之研究及育種將有很大的幫助，也對高等植物基礎生物學之研究提供一個良好的工具。

馬來西亞的番木瓜產業

張龍生[1]，李皇照[2]，洪挺軒[3]，王仁晃[4]，謝慶昌[5]，黃賢良[6]，李山仁[7]
[1]國立台灣大學園藝學系，副教授；[2]國立中興大學運銷學系，教授；[3]國立台灣大學植物病理與微生物學系，副教授；[4]高雄農業改良場，助理研究員；[5]國立中興大學園藝學系，副教授；[6]高雄農業改良場，研究員兼場長；[7]前福爾摩沙物產國際股份有限公司執行秘書

一、全球番木瓜生產與貿易概況

全球生產番木瓜(*Carica papaya* L.)的地區分佈涵蓋中南美洲、亞洲和非洲等地區。全球總收穫面積於 2005 年為 390,000 公頃，生產量 6,730 千公噸；其中收穫面積最多的前五名分別為奈及利亞，印度，巴西，墨西哥和印尼，若將收穫面積和產量換算為每單位收穫面積產量，顯示最近幾年全球番木瓜的單位收穫面積產量，大約在每公頃 17 公噸至 18 公噸，且各年間變化幅度不大。單位收穫面積產量最高的國家是巴西，每公頃收穫面積產量 45.2 公噸，第二名是墨西哥 36.3 公噸，再其次是中國 27.6 公噸，印尼 26.9 公噸和哥倫比亞 24.8 公噸，而以奈及利亞每公頃收穫面積產量 8.30 公噸最低。單位面積產量的高低可能受品種、生產技術、生產環境，以及生產組織與管理知識等因素影響。

全球番木瓜出口數量於 2000 年的出口總量為 177.00 千公噸， 2004 年增加為 276.68 千公噸，四年間全球木瓜出口數量增長率達 56%。全球番木瓜出口金額 2000 年為 111.83 百萬美元，2004 年進一步增加為 202.59 百萬美元，四年間全球木瓜出口金額增長率高達 81%。2000 年全球番木瓜出口單價平均每公斤 0.63 美元，2004 年出口單價已提高為每公斤 0.73 美元，平均出口單價顯著提高。

番木瓜外銷出口國家市場集中度相當高，前三名分別為為墨西哥、馬來西亞、巴西；於 2004 年其番木瓜外銷數量分別是 96,525 公噸，58,149 公噸和 35,930 公噸，分佔全球木瓜出口量的 35%、21%和 13%，累計前三大出口國外銷數量合佔全球番木瓜出口市場的 69%。若以番木瓜出口金額來看，名次為墨西哥、巴西、馬來西亞，於 2004 年墨西哥 72,722 千美元，巴西 26,563 千美元，再其次是馬來西亞 21,893 千美元，這三個國家出口金額分別佔該年全球木瓜出口總額的 36%，13%和 11%。

美國、香港和新加坡是進口番木瓜數量最多的國家（或地區），於2000年美國番木瓜進口量69,887公噸高居第一位，約佔全球進口數量的44%；其次是新加坡進口量25,359公噸佔全球進口量的16%；香港進口量18,612公噸居第三位，佔全球進口量的12%左右；同年度進口金額的前三位，依序是：美國53,140千美元佔全球番木瓜進口金額的38%；日本16,503千美元佔全球木瓜進口金額的12%；香港15,389千美元佔全球番木瓜進口金額的11%。2000年各國番木瓜進口單價最高是日本每公斤2.85美元，最低是新加坡每公斤0.16美元，兩國進口番木瓜的單價高達17.8倍。香港和新加坡是屬自由港，檢疫程序較為簡化，其番木瓜進口數量的變化應與轉口貿易數量多寡有著密切關係，他們輸入的番木瓜進口來源國家都是馬來西亞，平均進口單價明顯地低於其它主要番木瓜進口國家的平均單價。

二、馬來西亞番木瓜產業

馬來西亞位處赤道附近，四季變化不明顯，僅依雨量多寡分為乾季及濕季，終年溫度大約在25~35℃，日照長度約12~14小時，為典型熱帶氣候，而且沒有颱風侵襲，相當適合木瓜生長。馬來西亞是亞洲地區最重要的番木瓜外銷國家，這幾年開發香港和大陸出口市場，外銷績效顯著，其番木瓜出口數量位居世界第二。

雖然番木瓜生產量僅佔馬來西亞水果總生產量的5%左右，但出口數量卻佔該國水果總出口量的18%。馬來西亞水果產量呈現緩和增長趨勢，水果總生產量從2000年1,182千公噸至2004年增加為1,307千公噸，增長11%；2004年水果其出口數量316千公噸，佔該年水果生產總量的24%。整體而言，馬來西亞番木瓜生產最近幾年是維持穩定增加的情形。2000年番木瓜收穫面積6,000公頃，生產數量60千公噸；2002年收穫面積增加為6,500公頃，生產數量也增加為65千公噸；2005年收穫面積進一步擴大為7,200公頃，生產數量同幅度增加為72千公噸。過去六年間平均每公頃收穫面積產量並無變化，表示生產技術條件並沒有隨生產經驗的累積而改進。2000年至2005年馬來西亞番木瓜生產概況詳列於表一。

表一、馬來西亞番木瓜生產統計（2000年～2004年）

項目 \ 年別	2000	2001	2002	2003	2004
收獲面積（公頃）	6,000	6,500	6,500	7,100	7,200
生 產 量（千公噸）	60	65	65	71	72
平均產量（公噸/公頃）	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0

資料彙整自 FAO 資料庫

（一）生產概況

馬來西亞栽種的番木瓜品種主要為小果種之 EksoticaⅡ，中大果為一呎瓜（又名香港瓜），以及大果種（吉隆坡瓜）。農民多為自行留種，因此植株表現存在差異，果實整齊度不一。Eksotica 之果肉鮮紅，果實為梨型到橢圓形，但因農民自行留種，果型與重量的差異很大，從 200 公克～1,000 公克均有，糖度高（大約有 15°Brix），在無病害與良好的栽培管理下單株年產量甚高，每公頃種植 1,500-2,200 株；果實果腔較深，部分種子易深陷果腔，果柄短、結果節位高較不利於採收，但可能較耐疫病。

一呎瓜種的果肉紅色，果型為橢圓形，果底部平坦，畸形瓜少，果腔平滑，種子容易挖取，糖度高，肉質細，每株可生產 80～100 粒，單粒果重約 1,500～2,000 公克，結果節位低，目前為外銷香港及內銷的主力品種。吉隆坡瓜其果重約 3 公斤，糖度稍低，果肉淡紅，果型為橢圓形，果腔平整，結果節位低，有二段結果現象，產量高，枝幹細容易受風害或過於高產而折斷，該品種木瓜採收果實大多作為供應飯店、飛機餐點，亦適合加工之用。

馬來西亞以露天栽培生產番木瓜，栽培管理重點為施肥與病虫害防治，約每 3～4 週施放一次有機肥和化學肥的混合肥料且幾乎每週噴藥。果園多位在較隱密的田野間，多數番木瓜果園只作淺溝排水；雜草一般以施用殺草劑為主。田間作業所需勞力，除管理者自家人工外，也聘用來自印尼、孟加拉等外勞，勞動成本相對較低。馬來西亞番木瓜生產在田間作業的栽培管理方面較粗放，田間作業的工作人員多倚賴肥料和農藥公司業務人員提供資訊，或同業間相互意見之交流。

馬來西亞栽種的番木瓜果園極少有植株罹患木瓜輪點病毒病（Papaya ringspot virus disease, PRSV），推斷病毒病的危害可能尚不嚴重，故可露天栽植。馬來西亞政府訂定法律，若田區發現一株確定感染PRSV病例，方圓一公里內的木瓜樹要強制全數砍除。但根據當地農民表示，大多為農民自發性的砍除。黑腐病、葉斑病及花薊馬為主要的病蟲害，黑腐病為首要的病害，目前尚無法有效控制，葉斑病自苗期便發生使葉片早落。花薊馬危害幼果，造成果實表面不完整的凹陷傷害，農藥大約每週噴施一次，農藥不當使用的問題嚴重，部分違禁藥劑甚至被濫用。

Eksotica 品種（小型果）每公斤生產成本大約馬幣 0.5～0.6 元，換算台幣是 4～5 元；一呎瓜品種（木瓜大型果）每公斤生產成本大約馬幣 0.2～0.3 元，換算台幣是 2～3 元。生產成本主要是購買肥料和農藥的費用，人工勞動成本不高，惟這些農場所提供的生產成本中，可能並未納入土地和自家勞動投入等機會成本。若就所提供的生產成本來看，馬來西亞和菲律賓在小型果木瓜的生產成本並無太大差距，然而兩國生產的番木瓜品質卻有相當程度差距，可見生產技術和管理知識對於番木瓜產品在國際市場售價和競爭力之重要性。

馬來西亞政府對於農業安全用藥的管理，也有類似台灣吉園圃的制度與標章，稱之為「Malaysia Best」，申請方式採取二階段審查程序，首先必須取得「準申請者」資格，並接受政府的各項檢驗，如：田間衛生、用藥、重金屬及水的測定等，符合各項條件的二年後，才可以申請「Malaysia Best」，申請審查核可後發給標章，標章上有製作防偽線。然而馬國政府很少進行藥檢及用藥輔導，馬來西亞目前尚無執行產銷履歷制度，唯一可以追溯的資訊是循包裝箱上標示的田間或供應者號碼。

（二）採收及採後處理階段

番木瓜果實約為 10%轉色（Break stage）時予以採收，採收裝籃後送到集貨場。參與外銷生產契約的合作農場將採收後的果實送到外銷包裝場，先以報紙

包裹，再置放入大型塑膠籃，每籃裝3層重量大約40公斤左右，再用大型運輸車運到包裝場。鮮果若要外銷到香港市場，鮮果在果園集結成運輸單位後，用貨車運到外銷包裝場；番木瓜自塑膠籃筐從貨車卸下，除去包裝報紙後，放入已泡藥水的大桶，經過藥水清洗，再行選別，可供外銷的番木瓜裝入籃框，推進催熟室催熟，催熟條件並無一套標準，全靠經驗累積執行，一般催熟時間8小時後出庫。推出經催熟的番木瓜，先在合的果粒貼出口貿易商標籤，然後以報紙包裹果頂處半粒果實，再放進包裝紙箱內，整齊排列擺置，再堆放到40呎冷藏貨櫃，貨櫃溫度設定於12℃。

馬來西亞番木瓜外銷之出口包裝，並無一套標準分級規格與作業制度，由出口貿易商按照市場交易習慣作業。外銷包裝場的作業人員依經驗用目視法決定番木瓜是否符合外銷規格，並依果粒大小決定等級，再依等級分別裝入紙箱。外銷香港的木瓜每箱重量16～20公斤不等，木瓜粒數7粒至17粒不等。

（三）運銷通路

馬來西亞番木瓜生產農戶可分為是參與外銷契約生產合同的農戶與個別生產農戶。參與外銷契約的農戶，採收的果實須由外銷廠商集運送到外銷包裝處理場，合格品就進行採後處理和外銷包裝作業，不符合外銷規格的果品，則供應國內消費市場。個別生產農戶則將採收的果實，各自運到產地集中交易市場販售，或賣給前來收購的產地販運商，交易價格決定係個別議價方式。內銷的果實經由產地集中交易市場進行批發，再由批發商轉運到全國各地批發和零售市場。

馬來西亞番木瓜小型果的產地交易價格（或契約收購價格）大約每公斤0.8～0.9馬幣；消費地零售價格每公斤大約馬幣1.5～2.0元；產地價格與消費地價格之運銷價差每公斤約為0.6～1.2元。一呎瓜產地交易價格每公斤馬幣0.4～0.5元，消費地零售價格每公斤馬幣1.0～1.5元，運銷價差0.6～1.0元，

番木瓜外銷由於目標市場不同，運輸方式採用海運和空運兩種。外銷香港市場的番木瓜大多採用海運方式，其作業和時程安排大致是：採收、催熟、包裝作業完成約2天，海運時間3～5天，入關手續和國內運輸到零售商店上架約1天，

總計由採收到零售貨架約需一星期。在目前外銷作業處理條件下，估計自採收後仍具食用價值的期間約可維持 10～12 天。依此，馬來西亞番木瓜在香港零售階段的儲架壽命期約為 3～5 天。

銷往中國大陸深圳的木瓜，主要用途是供作料理燕窩木瓜盅所需果實，屬於小型果木瓜品種，銷售價格相對較高，為爭取時效，以維持果品鮮度，延長在消費地市場零售儲架期間，大多以空運方式運送。採收的鮮果木瓜以飛機貨運方式，由採收處理到送抵深圳零售點販售僅需 1～1.5 天時間，因此零售商有效儲架壽命約可維持一星期左右。

目前馬來西亞番木瓜外銷商業活動主要是由華裔貿易商經營。外銷香港的番木瓜採取代理制度，運抵香港後，由香港進口商全權負責市場銷售和行銷事務，進口番木瓜主要販售給連鎖超市和大型商場。香港代理商在番木瓜完成銷售後，按收到售價的 12%抽取代理佣金。外銷中國大陸深圳的鮮果番木瓜，交易則採賣斷方式，出口商與深圳進口商簽訂出口契約（售價、數量、品質條件），馬國出口商按出口契約條件內容，進行番木瓜外銷作業，果品在運抵深圳後，進口商報關提貨取得貨物所有權，如果進口番木瓜有品質不符合契約內容的規格，再由雙方協議處理方式。

（四）零售階段

馬來西亞販售番木瓜的零售業型態相當多元，主要包括：傳統市場販售水果的水果攤位，沿路販售的推車小販，連鎖超級市場、量販店，百貨公司生鮮超級市場。由於目標顧客群不同，番木瓜品質、包裝方式和銷售價格有明顯差異。吉隆坡四家現代零售商店型販售木瓜的品種、包裝和零售價格；一呎瓜每公斤售價：日系伊士丹百貨是 RM2.0 元，法系家樂福量販商售價 RM1.29 元；Jusco 量販店售價 RM1.5 元。散裝小型果木瓜每公斤售價：Jusco RM2.2 元，家樂福 RM1.69 元，Cold Storage RM2.21 元，Isetan RM3.0 元。Jusco 銷售的包裝小型果番木瓜每公斤售價 RM5.99 元。

（五）貿易

表二：馬來西亞番木瓜外銷出口量與金額以及對新加坡、中國出口數量與單價

年別	出口數量（公噸）	出口金額（千美元）	美元/公噸	*對新加坡出口數量*	*美元/公噸*	對中國的出口數量	美元/公噸
2000	44,134	18,201	0.41	*25,349*	*162*	18,326	756
2001	52,883	23,619	0.45	*26,543*	*159*	18,882	741
2002	60,892	26,247	0.46	*33,227*	*121*	24,916	870
2003	71,473	26,356	0.43	*27,519*	*169*	42,263	485
2004	58,149	21,893	0.38	*21,786*	*164*	31,061	565

馬來西亞外銷番木瓜出口單價以2002年每公斤0.46美元最高，2003年降為0.43美元，2004年每公斤0.38美元，相對於其它番木瓜出口國家，其出口單價水準偏低，這與該國番木瓜品質，以及出口目標市場主要集中於新加坡、香港等自由港，檢疫條件較不嚴格，市場競爭較激烈有關。而且馬來西亞以海運方式外銷香港的木瓜，入關後，損耗率高達三成，這也是其出口單價無法提昇的另類因素。馬來西亞外銷番木瓜主要出口國家是新加坡和中國，2000年出口新加坡的番木瓜數量佔57%，外銷中國木瓜數量佔42%；2003年外銷中國的出口數量首度超越外銷新加坡的出口數量；2004年外銷中國番木瓜出口數量，佔總出口數量已高達57%，外銷新加坡數量佔比重降為40%。2000年外銷中國出口單價每公噸756，而外銷新加坡的出口單價僅162美元，兩者間差距近四倍；2004年出口中國番木瓜單價每公噸565美元，新加坡單價每公噸164美元，出口單價差距雖已縮小，但仍有2.5倍之多。馬來西亞番木瓜亦有外銷印尼、汶萊、沙烏地阿拉伯、阿拉伯聯合大公國和荷蘭等市場，然而，出口到這些國家的番木瓜數量不多。

三、我國與馬來西亞番木瓜產業之比較

就馬來西亞與我國番木瓜產業做比較，以探討產銷條件與競爭優勢因素，做為台灣拓展提升番木瓜國際市場之競爭力，制定行銷策略之參考。

（一）番木瓜品種與果品特性

台灣目前種植最多的品種是台農二號和日陞種，馬來西亞以 Eksotica 之延生後裔和一呎瓜為兩大種植品種。種苗來源台灣果農主要向種苗場購置，馬來西亞則多由農戶自行留種。由種植到可採收果實期間，台灣大約歷時 9-11 個月，馬來西亞大約 10~18 個月。每公頃網室台農二號木瓜收穫量我國約 50 公噸；馬來西亞 Eksotica 種約 40 公噸，一呎瓜約 100 公噸左右。

台灣目前生產的番木瓜果實屬於長尖型，馬來西亞的小型木瓜果實屬於圓、鈍型。每顆木瓜果實重量，台農二號木瓜果重在 0.7～1.5 公斤之間，馬來西亞小型木瓜果重 0.4～0.7 公斤間，一呎瓜果重 1.2～1.5 公斤之間。番木瓜果實糖度，台灣 9~12°Brix；馬來西亞小型瓜 12-15°Brix，一呎瓜 10°Brix 左右。番木瓜果實採收後耐貯性，台灣約 4~6 天，馬來西亞約 6~8 天。每公斤番木瓜果實生產成本，台灣約為新台幣 9~10 元，馬來西亞 Eksotica 種約為新台幣 4~5 元，一呎瓜約為新台幣 2~3 元。

（二）果園管理

果園管理分果園型態、經營方式、肥培和病蟲害防治四個項目做比較。台灣番木瓜果園為防禦病蟲害大多採用網室栽培，而馬來西亞果園都以自然田野露天栽種。台灣番木瓜生產農戶自己管理自家果園，勞力密集且積極管理；馬來西亞番木瓜生產農戶有二類：參加外銷契作生產者和自己個別管理果園農戶，果園經營相對較為粗放，生產者的技能和知識相對不足。肥培作業方面，台灣每兩～三週施用化學肥料一次，每三～六個月施放有機肥一次，馬來西亞番木瓜果園每三～四週施放一次混合化學肥料和有機肥之肥料。病蟲害防治作業，台灣每兩～三週噴施農藥一次，馬來西亞外銷農戶之番木瓜田約每一至兩週噴施農藥一次。

（三）番木瓜病蟲害

相對於馬來西亞，台灣番木瓜生產環境遭受病蟲害威脅較嚴重。台灣受 PRSV

嚴重危害，馬來西亞生產地區雖是病毒病疫區，然油棕隔離屏蔽佳。細菌性病害外，亦有斑點病。番木瓜真菌性病害都有疫病，炭疽病，蒂腐病和白粉病。害蟲方面，台灣受蝴危害嚴重，薊馬危害相對較為輕微，馬來西亞受薊馬危害相對較為嚴重。

（四）番木瓜外銷運作與管理

馬來西亞番木瓜外銷主要是由五家左右華人貿易商運作，多屬家族企業；外銷番木瓜供果來源除自家農場外，亦與番木瓜農戶訂定合同，以契約生產合作方式，貨源集中。番木瓜生產技術和栽種知識由貿易商和販售肥料和農藥的業務員提供指導，並無定期正規的教育訓練，田間生產管理作業是個別農戶依經驗和能力進行，貿易商對契約農戶的要求，僅是生產的番木瓜果實要符合一定比率的外銷條件。貿易商對於外銷目標市場，也只是公司負責人員不定期的前往外銷國家市場了解情況，順便收集資訊，並無一套系統性的市場研究調查方式。然馬國政府對於番木瓜外銷宣稱要全力發展木瓜產業。

台灣番木瓜外銷主要是貿易商向生產果農收購鮮果外銷，外銷貿易商參與番木瓜生產作業現階段不多，番木瓜生產管理和外銷作業兩階段是分離的。番木瓜生產技術和栽種管理知識，除果農自我研究外，亦可透過產銷班、農會、改良場、大學院校等管道，不定期的推廣教育體系獲得相關資訊。番木瓜生產的田間作業由個別農戶自主獨立管理運作。經營番木瓜外銷的貿易商大多屬於中小型獨資或合夥企業，並無豐沛的資金和人力，進行定期的市場調查研究，隨時掌握外銷目標市場消費和競爭態勢之變動資訊。目前政府政策是積極拓展番木瓜外銷，加強國際行銷。

（五）結論

比較台灣與馬來西亞番木瓜產業經營現況，馬來西亞在番木瓜生產都以田野自然露天栽種，不需要網室栽培，而且溫度日照也都相當適合番木瓜栽培的氣候條件。馬國生產具外銷品質規格的小型果實，其每公斤生產成本都在新台幣 5 元

左右，台灣生產之大型’台農二號’的成本約在10元左右，生產成本是他們的兩倍。國內台農二號冬季之糖度亦不及馬國木瓜。然而，為防阻木瓜輪點病的侵害，探究我國番木瓜生產現況，生產成本中投資於網室設施搭建的成本佔有相當高的比重，利用網室栽培番木瓜每公頃網室搭建約需耗費30～40萬元，若以2004年每公頃番木瓜總生產成本66.7萬元來看，初期投資於網室的成本幾乎佔一半。網室栽培番木瓜不論在設施投資、人工勞動、採摘以及規模化相較不利於露天田野栽種的番木瓜生產方式。

台灣目前番木瓜生產使用的品種約80%是台農二號，台農二號不耐儲運，果型長尖，果重700~1,500公克，若要拓展台灣木瓜外銷首要之務應朝不需網室可露天栽培，具耐木瓜輪點病毒的品種方向努力，減少網室設施成本，降低施用農藥頻率，節省勞力投入，以提昇外銷市場競爭力。除此，目前台灣木瓜果型太大，也不利於外銷檢疫蒸熱之作業成本，由於蒸熱籃的規格與大小，必須受輸入國之限制，因此，以固定規格的蒸熱籃作業，大果型番木瓜每次每籃可置放的粒數相對較少，相對蒸熱成本也就提高。在包裝規格制訂上，若果重差距過大，恐於裝箱時有整體重量不足或超過情形，也易衍生日後貿易糾紛。另外，若外銷目標市場是日本，消費市場販售番木瓜是以每粒為計價單位，而非以重量為基礎，大型果也不利於零售階段銷售。因此，若要台灣番木瓜順暢外銷，應以滿足目標市場消費需求條件來慎選外銷番木瓜品種。

台灣目前外銷番木瓜之運作方式係屬貿易商結合生產果農的單兵獨立作戰方式，若就外銷作業全程各階段的工作內容來看，在品種育成與研發能量方面，國內大學院校、農業研究機構之研究人力與能力，絕對不亞於別人，生產技術和栽培知能、田間作業管理、採收與採後處理等階段工作亦都有相關單位輔導和辦理推廣講習，生產番木瓜農戶經驗和教育程度亦都優於馬來西亞生產者，而且政府在政策上也積極支援研究與發展外銷。因此，如何有效整合國內番木瓜產業各方優勢人力和資源，匯集形成一有效的外銷供應價值鏈體系，制定各階段標準作業程序，並輔導外銷業者參與並確實貫徹執行標準作業程序，相信我國番木瓜在國際水果市場，將會有一寬廣空間。

泰國之木瓜生產

齊納班　楊耀祥

國立中興大學園藝系博士班學生　國立中興大學園藝系教授

摘要：木瓜（*Carica papaya* L.）的泰名為「Ma la gol」，其在泰國普遍地被種植。在 2005 年，泰國木瓜栽培的主要地區為中部的 Kanchanaburi，東部的 Sa Kaew、 Chanthaburi、Chon Buri，及南部的 Chumphon 省，其栽培總面積為 20,374 公頃（約佔泰國果樹栽培面積之 4%），單位面積的平均產量為 17.9 公噸/公頃，總產量為 277,923 公噸，總產值為五千萬美金。主要經濟栽培品種有'Khaek Dam'、'Khaek Nuan'、'Sunrise'、'Red Lady'（紅妃）、'Pak Chong'、'Pak Chong No. 1'、 'Marley'、 'Se Thong'及在 2004 年命名的新品種 'Klang Dong'。泰國木瓜主要產季為 11 月至翌年 6 月，7～8 月為淡季。在泰國，未成熟的木瓜果實被用來做沙拉（Som Tam）、烹煮及生產 papain，成熟之果實供鮮食及加工成果汁、醬料、果醬及粉末，鮮果的產地平均價格為 3～8 銖/公斤（台幣 2.5-6.5 元/公斤）。在泰國，97.3%的木瓜於國內市場銷售，僅 2.7%作為外銷。鮮果主要外銷至香港、中國、斯里蘭卡、義大利及英國，加工產品則外銷至日本、美國、澳洲、加拿大、德國、法國、義大利及荷蘭。泰國木瓜生產的主要問題為生產成本高、價格低廉、競爭作物種類多、輪點病毒及病害為害、基因改造障礙、採前及採後處理技術落後及缺乏優良的外銷專用品種。

關鍵字：泰國、木瓜

前　言

木瓜(*Carica papaya* L.)，為番木瓜科（*Caricaceae*），泰名為「Ma la gol」，又稱為 Papaw 或 Paw Paw（澳洲）、Mamao（巴西）及 Tree Melon。木瓜生長於熱帶地區，主要由於其植株生長及果實生產對氣候要求嚴格。

在泰國，無法追溯木瓜何時被引進，由於其價格低廉，無法引起栽培者的興趣，並且不被提供作為餐後水果使用，但仍常見於全國各地，如住家庭院中。直到二次世界大戰，日本的軍人喜歡食用木瓜才引起泰國人對栽種木瓜的興趣。1947 年後，木瓜在泰國變成經濟作物，栽植面積大增。未成熟的木瓜果實被用來做沙拉（Som Tam），該沙拉原始於泰國東北部，而目前則風行於整個泰國。未成熟的木瓜果實亦被使用於油炸及煮酸辣湯（Kang Som）。

生產概況

由於輪點病毒病的為害，泰國木瓜主要的栽種地區並不固定，在 2000～2002 年間，主要栽種於泰國東北部及中部，但在 2003～2004 年，主要栽種地區則變為中部、東部及南部。在 2005 年，泰國木瓜栽培的主要地區為中部的 Kanchanaburi，東部的 Sa Kaeo、Chanthaburi、Chon Buri，及南部的 Chumphon 省（圖 1），其栽培面積為 20,374 公頃（約佔泰國果樹栽培面積之 4%），單位面積的平均產量為 17.9 公噸/公頃，總產量為 277,923 公噸（表 1），總產值為五千萬美金。主要經濟栽培品種有'Khaek Dam'、'Khaek Noun'、'Sunrise'、'Red Lady'（紅妃）、'Pak Chong'、'Pak Chong No. 1'、'Marley'、'Se Thong'及'Klang Dong'。

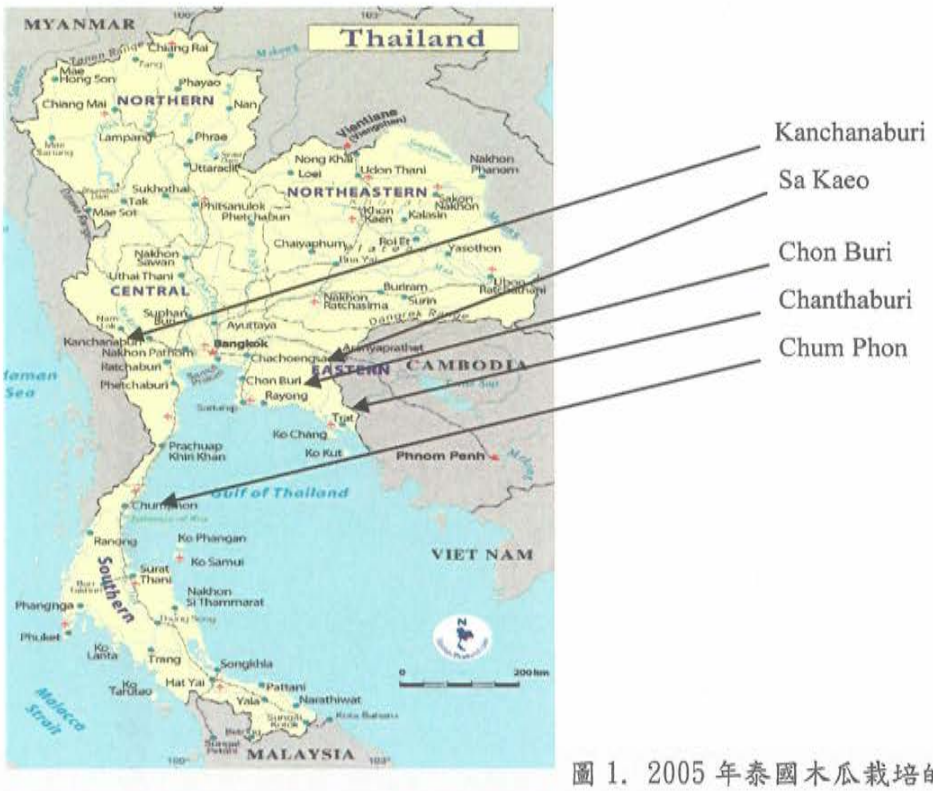


圖 1. 2005 年泰國木瓜栽培的主要地區

表 1. 泰國主要木瓜產地之氣候及栽培面積與產量

省　　別	氣　溫（℃）			雨量	栽培面積	產量
	最高溫	最低溫	平均溫	(mm)	(公頃)	(公噸)
Kanchanaburi	41.9	15.7	28.3	1,207	2,162	34,426
Chanthaburi	35.5	17.0	27.5	2,950	1,577	16,000
Sa Kaeo	39.4	15.2	28.5	1,544	1,413	25,020
Chon Buri	37.5	17.4	28.8	1,491	815	14,972
Chum Phon	36.7	18.7	26.9	2,457	1038	16,476
其　他	—	—	—	—	13,373	171,024
合　計	—	—	—	—	20,374	277,923

Sources: Dept. of Meteorological and Dept. of Agri. Extension, Thailand, 2005

栽培品種

泰國的木瓜品種繁多，一般長形品種被用於料理、加工及鮮食用，而圓形及橢圓形之果實則為鮮食用，主要品種如下。

一、本地種

以種子繁殖，多栽植於住家庭園，對泰國區域及環境適應性強，但果實品質差，僅用於一般家庭料理食用。

二、經濟栽培品種

主要經濟栽培品種有'Khaek Dam'、'Khaek Noun'、'Sunrise'、'Red Lady'（紅妃）、'Pak Chong'、'Pak Chong No. 1'、 'Marley'、 'Se Thong'及在2004年命名的新品種 'Klang Dong'。

(一)、Kheak Dam ：為泰國最主要的栽培品種（表1），由實生苗選拔出來，抗輪點病。屬矮性品種，產量高，果實重量約1,000～2,000g，為中至大型果，長形，果長27～40cm。幼果果皮呈墨綠色，果實成熟時果皮為橘紅色，果肉呈橘紅色，果肉厚（2.3～3.2cm）且硬，帶甜味（糖度13° Brix），供沙拉、鮮食及加工用（圖2A）。

(二)、Kheak Nuan：由'Khaek Dam'實生苗選育出來，屬矮性品種，產量高，果重約 1,000～1,500g，為中至大型果，長形，長度約 25～35cm。果皮呈橘色且具光澤，果肉呈深黃至深橘色，果肉厚實，帶甜味（糖度13.4° Brix），供鮮食及加工用（圖2B）。

(三)、Sunrise：為中小型果，果重約 550g，果實呈梨形，果皮平滑，呈橘色且具光澤，果肉為橘紅色，肉質硬，供鮮食用（圖2C）。

(四)、Red Lady(紅妃)：由台灣引進，屬矮性品種，產量高。中型果，果重約700～1,000g。果皮平滑，呈橘紅色，果肉為橘紅色，果肉厚且硬，果腔窄，呈星形，帶甜味，供鮮食用（圖2D）。

(五)、Pak Chong：中型果，果重約500～1,000g。果實呈橢圓形，果長20～25cm，果皮呈橘色，果肉為橘紅色，果肉厚且硬，果腔呈星形，帶甜味(糖度12.5° Brix)，供鮮食及加工用（圖2E）。

（六）、Pak Chong No. 1：為'Sunrise' 與'Solo F5' 雜交種，屬矮性品種，產量高產，抗輪點病。小型果，果重約 250～400g。果皮平滑，果肉呈橘黃色，質地佳，帶甜味（糖度 14° Brix），風味佳，供鮮食用（圖 2F）。

（七）、Marley：由馬來西亞引進，屬矮性品種，產量高產。小型果，果重約 300～600g。果實呈圓形，果皮平滑，果皮呈橘黃色，果肉為橘黃色，肉質硬，帶甜味（糖度 12.5° Brix），供鮮食用（圖 2G）。

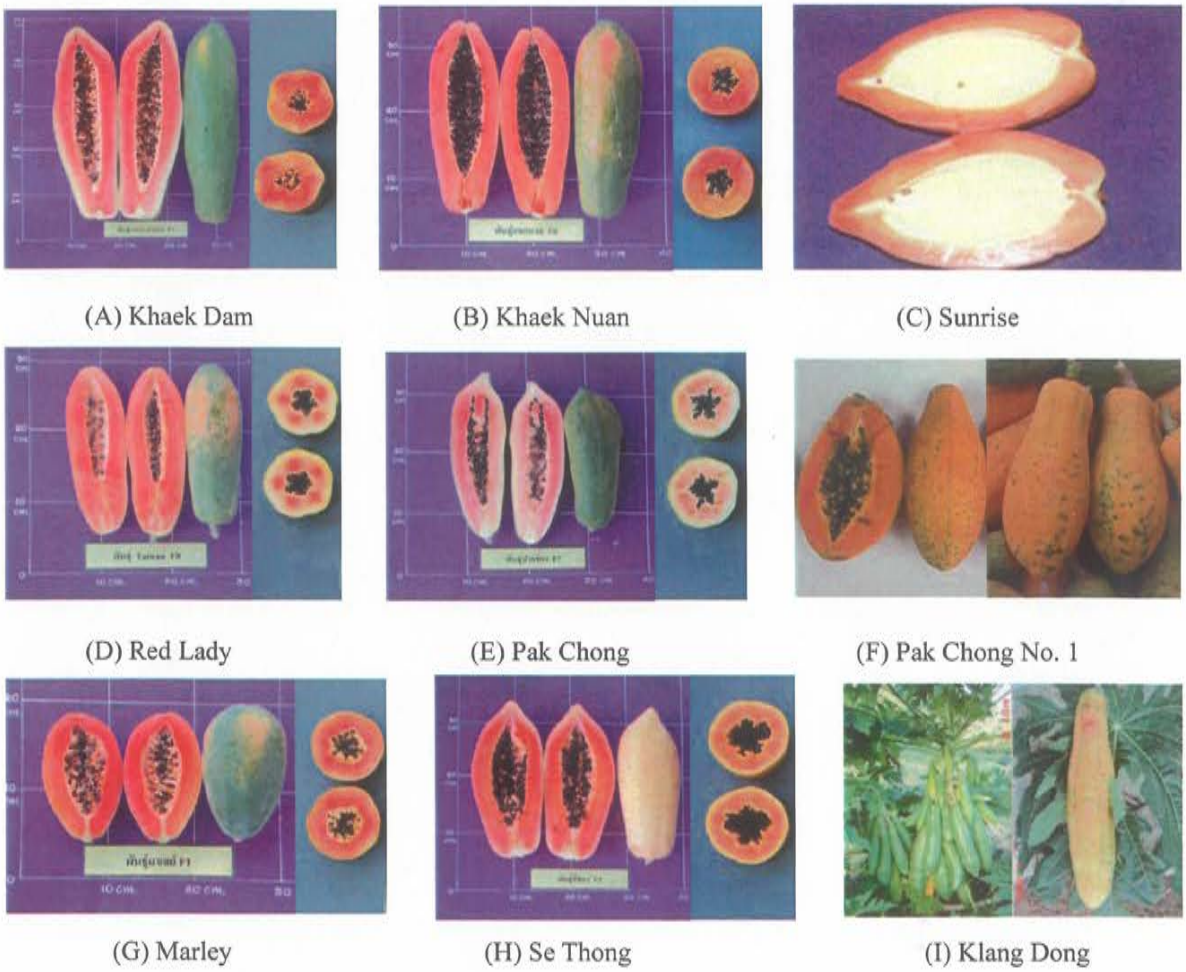
（八）、Se Thong ：中型果，果重約 500～800g。果皮平滑，果皮呈金色且具光澤，果肉為橘黃色，帶甜味，供鮮食用（圖 2H）。

（九）、Klang Dong：由'Khaek Dam'實生苗選育出來，屬矮性品種，產量高產，大型果，果重約 1,000～2,000g。果實呈筒形，果長 35～45cm，果皮呈暗黃色至暗紅色，果肉為橘黃色，果肉厚且硬，果腔窄，帶甜味，供鮮食及加工用（圖 2I）。

表 2. 泰國主要木瓜品種之栽培面積與產量

品　種	栽培面積（公頃）	產　量（公噸）	單位面積產量（公噸/公頃）
Khaek Dam	12,499	183,480	19.0
Khaek Nuan	2,549	42,214	19.6
其　他	5,327	48,672	13.0
合　計	20,375	27,7923	—

Sources: Department of Agriculture Extension, Thailand, 2005



(A) Khaek Dam　(B) Khaek Nuan　(C) Sunrise

(D) Red Lady　(E) Pak Chong　(F) Pak Chong No. 1

(G) Marley　(H) Se Thong　(I) Klang Dong

圖 2. 泰國主要的木瓜品種

栽　培

一、繁殖

在泰國，木瓜主要以實生苗、嫁接及組織培養繁殖。實生苗生長速度快且生產成本低，泰國木瓜種子多由 Chai Tai（正大）及 Know You（農友）公司生產。無性繁殖之嫁接苗及組織培養苗品質佳，且成活率較高，但生產成本高，不易推廣。 而目前泰國木瓜組織培養苗由 Know You（農友）公司生產（圖 3）。



(A) 組織培養苗



(B) 組織培養木瓜園

圖 3. 木瓜組織培養苗之生產及果園（Know You 種苗公司提供）

二、栽植

木瓜性喜土層深、富含有機質之壤土，而低窪地或淹水之土地則採 Ridge system（高畦深溝）方式，行株距為 2.5 x 3 m（圖 4A）。雨量適中的平地或坡地，行株距為 3～3.5 x 4 m（圖 4B 及 C）。乾季時必須配合灌溉以供給水分。為了避免強日曬在結果期產生造成危害，需以紙包覆果實（圖 4D）。



(A) Ridge system 高畦深溝-行株距 2.5 x 3 m



(B) 平地-行株距 3 x 4 m



(C) 坡地-行株距 3.5 x 4 m



(D) 以紙覆蓋果實，防日燒

圖 4. 木瓜於不同地區之種植情形

採收與銷售

一、採收

在泰國，木瓜可周年生產。幼果可周年採收用作木瓜沙拉（圖 5），成熟之果實則在果皮由黃綠色轉橘色 5～10%時採收。在室溫下後熟幾天後，果皮完全轉為橘黃色或橘紅色，果肉變軟。成熟的果實可在室溫下貯藏數週。一般木瓜切成薄片於餐後食用，或製作成甜點及加工成果汁、醬料、果醬及粉末 。



(A)販賣青木瓜沙拉之小店



(B)青木瓜沙拉（Som Tam）



(C)青木瓜酸辣湯(Kang Som)

圖 5. 泰國青木瓜沙拉販售與成品

二、銷售

泰國木瓜主要供鮮食及加工用，供料理用之青木瓜必須在果皮呈墨綠色時採收，而成熟之果實則供鮮食及加工用。青木瓜清潔後包裝於 10 公斤裝之塑膠袋，並運至市場（圖 6），成熟之果實則置於竹簍或塑膠籃中，並以紙覆蓋每顆果實以避免運輸時果實撞傷（圖 7A）。97.3%之木瓜於國內市場銷售，在室溫下可貯藏數週。外銷用之果實以外銷箱子包裝，並貯藏於低溫下，僅 2.7%作為外銷，其中以加工用佔多數（表 3）。鮮果主要外銷至香港、中國、斯里蘭卡、義大利及英國，加工產品則外銷至日本、美國、澳洲、加拿大、德國、法國、義大利及荷蘭。





(A) 供沙拉使用之未熟果包裝 (10 Kg/袋)　　(B) 國內市場之運輸

圖 6. 青木瓜之包裝及運輸



(A) 批發市場



(B) 零售市場



(C)外銷用木瓜



(D) 因 GMO 之影響而拋棄的木瓜

圖 7. 成熟木瓜之銷售

表 3. 泰國木瓜外銷量

（公噸）

種　類	2001	2002	2003	2004	2005
鮮　果	495	2,681	2,123	2,417	1,747
加工用	2,851	2,642	2,955	5,076	5,542
合　計	3,346	5,345	5,078	7,493	7,289

Sources: Department of Agriculture Extension; Thailand

主要問題

一、銷售價格低，同時期有許多其他種類之果樹生產，消費者選擇性多。

二、輪點病毒病及其他病害為害，必須每 2～3 年輪作或改變種植區域。

三、基因改造障礙，消費者擔心基因改造作物，並且無法分辨是否為基因改造或一般之木瓜，因而影響木瓜之銷售（圖 7D）。

四、缺乏採收前及採後處理技術。

五、缺乏優良的外銷專用品種。

結　語

一、泰國之木瓜生產需加強採收前及採後處理技術之改進，以改善果實品質。

二、在育種方面，應以抗病性、品質優良、耐貯運及櫥架壽命長品種之育成為目標。

三、有必要尋找適合外銷或適合生產 papain 之新品種。

四、組織培養苗不帶病毒且產量高，可改善木瓜之生產效益，應可考慮推廣。

五、應加強與美國、馬來西亞及台灣等國家作技術及品種之交換合作。

參考文獻

1. Babprasert C. 1992. Papaya cultivation and Pak Chong No.1. Advance Agricultural Journal, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. 3(5).
2. Derussamee S. 2000. Papaya cultivation. Handbook, Bangkok, Thailand. 118 p.
3. Department of Extension Agriculture. 2000-2005. Papaya planted area and papaya export database. Bangkok, Thailand.
4. Department of Meteorological. 2004-2005. Meteorolgical database. Bangkok, Thailand.
5. Utchares T. and S. Thamdee. 2000. Commercial fruit tree cultivars. Cultivar Selection for Grower Handbook, Horticulture Department, Agriculture Faculty, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand. p. 160-165.
6. Sriwichai S. 2002. Papaya handbook, Agricultural Community Project Book, Bangkok, Thailand. 103 p.

番木瓜兩性株育種

邱展臺

種苗改良繁殖場

前　言

番木瓜（*Carica papaya* L.）屬番木瓜科（*Caricaaceae*）番木瓜屬（*Carica*）（Storey, 1953, 1984），生長於南北緯 32° 之間，為許多熱帶及亞熱帶國家重要的經濟果樹。番木瓜具有雄株（staminate）、雌株（pistillate）、兩性株（hermaphrodite）等三種基本樹型，兩性株的果實呈長形或梨形，具有果腔小，方便包裝、運輸等優點，較受消費者與生產者喜愛。在夏威夷、巴西、印度、東南亞、台灣等都以栽培兩性株為主，做為國內市場及出口之用。迄今尚未發現任何於苗期植株形態與植株性別間有連鎖的情形，亦無法以化學或生化方法於早期判別植株性別，惟有等到花朵抽後出方能辨認。目前國內農民購買之番木瓜實生苗其兩性株比例約為 67%，必須一穴種植 2-3 株，待植株花蕾抽出能辨明性別時，再行砍除雌株，以達到全園均為兩性株的目的。如此不但增加成本，且果園管理不易。嫁接、扦插（張及廖, 1994）或組織培養等營養繁殖方式雖能得到 100%的兩性株，但是苗木價格十分昂貴。全兩性株的發現可改善上述的問題。番木瓜種子發芽後 4-8 個月即會開花，幼年期短，經選拔的兩性株只需將接近成熟尚未開放的花朵套袋即可獲得自交種子，授粉良好的兩性株的果實約有 300-700 粒有活力的種子（Storey, 1969），在育種上不但方便分離選拔，亦可自交固定。兩性株與雌株比較，雖有許多優點，但兩性株仍有兩性花雄蕾心皮化、雌蕾退化，結果不穩定，種子易陷入果肉內等缺點有待育種上改進。全兩性株品系除了植株的性別比例與一般品種不同外，其他的性狀與一般品種並無差別，在育種上可運用同樣的方法。

番木瓜性別的演化

Storey(1967, 1969b)提倡番木瓜科植物其雌雄異株為漸進演化說(progressive evolution)，他假設一未知的祖先具有完全花，子房周位或子房上位，5心皮雌蕊，5枚花瓣下半部合生成筒狀花，冠筒內之喉部著生10(2x5)枚雄蕊，在 *Carica papaya* L. 此種花型稱為 elongata。現今雄花的來源係經古典演化路徑而來，即由完全花具功能性雌蕊退化演變而來。雌花係由一系列形態異常的變化所致：其雌蕊由原始完全花的外輪雄蕊心皮化而成，而原始完全花的內輪雄蕊及心皮則退化消失而形成現今的雌花。雌雄異株的形態隨著單性花的演進而來，至今雌雄異株似乎是番木瓜科演化的基準，因此現今的兩性花可能是人類不斷選拔的結果。在自然的狀態下(或許有些人為干擾的結果)，隔離的族群可能只由雄株及雌株組成(雌雄異株 dioecious)，或只由兩性株及雌株組成(gynodioecious)，或包含所有3種性型(trioecious 或 polygamous) (Storey, 1969a)。

番木瓜的性別遺傳

Hofmeyr (1938, 1967)及 Storey (1938, 1941,)分別分離木瓜植株性別比例，同樣推論番木瓜性別依照簡單孟德爾遺傳因子所決定；其單一基因具有三個對偶因子 M_1、M_2及 m，顯性對偶因子 M_1m 控制雄株，M_2m 控制雌株，隱性對偶因子 mm 控制雌株，而 M_1M_1、M_1M_2及 M_2M_2結合則致死，無法產生種子。Storey (1953) 進一步增訂假說，以 Mp 代表長花序梗、分枝、多數花(sg)代表抑制雌蕊發生的基因，(sa)代表抑制雄蕊發生的基因，(C)代表抑制性別決定基因與致死基因間的互換，(ℓ)代表隱性連接合子致死基因，性別決定之基因型表示如下：

$M_1 = Mp\ell\ C\ sg$　　$M_2 = +\ell\ C\ sg$　　$m = ++sa+$

雄株：$\dfrac{M_1}{m} = \dfrac{Mp\ \ell\ C\ sg}{+\ +\ +\ sa}$　　兩性株：$\dfrac{M_2}{m} = \dfrac{+\ \ell\ C\ sg}{+\ +\ +\ sa}$

雌株：$\dfrac{m}{m} = \dfrac{+\ +\ +\ sa}{+\ +\ +\ sa}$

Storey (1958, 1969a, 1984) 後來修訂假說，以(*SA*)代表轉變原始雄蕊為現今雌蕊所有因子的總和，(*sa*)代表正常的雄蕊發育，(*SG*)代表雄花中抑制雌蕊的一個或多個因子，(*sg*)代表允許(*SA*)的作用發生蛻變為心皮化而取代原始雌蕊，'*ℓ*'代表隱性性連結合子致死基因，而使雌株及雄性兩性株形成異型結合體狀態；*C* 代表抑制性決定基因與致死基因間之互換(cross-over)，此可解釋雌株不帶有 '*ℓ*' 致死基因。如同前述假說，兩性株、雄株以異型結合狀之存在，雄株與兩性株之主要差別在於聚散花序(cyme)之長度及花序花分枝數與花朵數目的不同，此為第二性徵，它是由單一因子之兩個對偶基因所決定，*Mp* 為長的雄性花梗，*mp* 為較短的兩性株(及雌株)花梗，其調控基因係位於性染色體上，但並不絕對與性別決定基因連鎖；其性別決定之基因型表示如下：

雄株與兩性株：(*sa*)*ℓ C*(*SG*)／(*SA*)＋＋(*sg*)

雌株　　：(*SA*)＋＋(*sg*)／(*SA*)＋＋(*sg*)

為了方便，仍以 M_1m，M_2m mm 分別表示雄株、兩性株、雌株的基因型。

由授粉組合可生產不同性別比例的種子。其各種性別間交配所產生的後代，有 2 種或 3 種樹型，至少有 33%以上的雌株 (表 1)。由番木瓜的性別演化過程、兩性株性別基因異質結合及多對基因控制，或可說明兩性花的容易變異。

表1、番木瓜不同授粉組合之後代性別分離比例

Pollinaion		Segregation					
		Viable seeds			Nonviable seeds		
		mm	M_2m	M_1m	M_1M_1	M_2M_1	M_2M_2
1.	$mm \times M_1m$	1		1			
2.	$mm \times M_2m$	1	1				
3. selfed	M_1m	1		2	1		
4.	$M_1m \times M_1m$	1		2	1		
5. selfed	M_2m	1	2				1
6.	$M_2m \times M_2m$	1	2				1
7.	$M_2m \times M_1m$	1	1	1		1	
8.	$M_1m \times M_2m$	1	1	1		1	

Note: *mm*=♀.　　M_1m=♂.　　M_2m=☿ (Storey, 1969b)

全兩性株番木瓜的性別遺傳

全兩性株品系於1985年在種苗改良繁殖場屏東種苗研究中心發現,其自交後代為100% 兩性株，經性別遺傳分析結果推論，全兩性株品系於其控制雌性的因子'm' 的附近有一隱性致死因子'ℓ_1'與其連鎖,(mℓ)。當雌性因子同質結合時 (mℓ_1 mℓ),隱性致死因子亦同質結合而發生致始死作用，使得雌株無法成活 (Chiu, et al., 2003)，族群中只下兩性株，其自交後代基因型分離如圖1。

	日陞種	SR*
	兩性株	全兩性株
	M_2m	$M_2m\ell$
	↓	↓ selfing
基因型	$1M_2M_2$：$2M_2m\ell$：1mm	$1M_2M_2$：$2M_2m\ell$：1mℓmℓ(致死)
表現型	(致死)2♀： 1♀	100%㊌♀

mℓ帶有隱性致死因子，$m_\ell m_\ell$同質結合後致死

圖1、一般品種(系)與全兩性株品系(SR-mu-1-1-1-1)之兩性株自交後代性別分離模式比較

果實產量構成因子

番木瓜兩性株的果實產量係由每株的結果花序數、每花序的分枝數及每分枝的結果數組成，可經由育種上考慮下列性狀而獲得改進，如低始果節位數及始果高度、每花序的分枝數、雄蕾心皮化及雌蕾退化的比例、果實重量、雜種優勢的利用等 (Giacometti, 1987 ;Storey, 1969, 1984)。

雄蕾心皮化及雌蕾退化

番木瓜兩性花易因季節改變或天氣變化發生變異。番木瓜兩性的花於花芽創始期受到低溫的影響，易由正常的兩性花轉變為雄蕾心皮化（stamen carpellody），而產生畸形花。於花芽創始期受到高溫的影響，則易發生雌蕾退化，形成香蕉形花(banana-shaped flower)或不完全花(imperfect flower)(Nakasone and Lamoureux, 1982)。此外，土壤水分、氮肥、日夜溫差、植物生長調節劑（王, 2003；Allan, 1987；Awada, 1957;Lange , 1961b；Sharan et al., 1994）、密植、遮蔭、除葉等因子均會影響花性的表現。除了環境因子外，內在的遺傳因子扮演重要角色，Storey （1953, 1969b）認為其受到兩組基因作用的結果，一組導致雄蕾心皮化；另一組影響雌蕾退化，兩組因子均受第三組因子的影響，於特定時間表現。番木瓜兩性花發生變異的程度因品種（系）有所差異，兩性株花序軸頂花芽正常兩性花的表現之狹義遺傳力達 0.801，一般組合力（GCA）效應顯著（謝, 1987）。在育種上可選擇兩性株正常花比例高的品系為雜交親本，以譜系法（pedigree）連續自交選拔數代，或用回交法（back cross）以兩性株正常花比例高的品系為輪迴親（recurrlent）回交，應可獲得結實性優良的品系。為了排除兩性花性別的轉變，選拔植株時吾人最少應觀察一整年，最好能持續觀察兩年。Storey（28）認為番木瓜育種必需在生產區當地進行是很重要的觀念，因為木瓜對微氣後的影響非常敏感，有可能在甲地育成很好的品種，在乙地有時候會因些微環境的差異而失敗。

雜種優勢

番木瓜雌株需接受其它兩性株或雄株的花粉，兩性株或雄株則可自花授粉或異花、異株授粉，風及昆蟲為等重要的授粉媒介。番木瓜雖然被視為異交作物，但也可由單株自交而發展成一個品系，而不會失去活力，Solo'種即為其一例。'Solo'自 1910 年被從 Barbados 引進夏威夷已近百年，自交數十代，產量從 1936 年的 11.5 公頓/公頃/年到 1965 年 44.5 公頓/公頃/年。番木瓜不僅沒有自交若勢，同時也有顯著的雜種優勢，Vasconcelos（1982）曾報告，雜交種'Sunrise'

x 'A-6' 之果樹產量每公頃可達 68 公噸，為其兩親之 350% （表 2）。由鳳山熱帶園藝試驗所育成的臺農一、二、三號三個雜交一代品種，在經濟生產的果園中為至今表現最高產量的品種，其中臺農二號在巴西第一年產量每公頃可達 80 公噸。雜種優勢在木瓜品種的育成上應善加利用（Chan, 1992. Giacometti, 1987，Marin, et al. 2006）。

表 2、番木瓜品種間及其雜交一代果實產量之差異

品種	種植地區	產量（噸/年）
Solo	Hawaii	44
TS	Brazil	67
Thailand	Brazil	62
Sunrise	Brazil	37
Tainung No. 2	Brazil	80
Sunrise × 'A-6'	Brazil	68(350%)

（資料摘錄自 Giacometti, 1987）

始果的早生性及始果高度

番木瓜植株一般呈單幹直立生長，每一節長一葉片，平均每週約長出 2 個葉片，從播種發芽後至開花，約需 4-8 個月，每一葉腋依序著生一聚繖花序（cyme），之後如生育情況及環境良好，可連續開花結果。番木瓜的始花早晚依品種而定。木瓜果園的經濟壽命較短約 2-3 年，始果的早晚及始果高度為兩個重要性狀。始花的早生性與始花節位數（子葉至始花的節數）有高度的相關，早開花的品系其始花節位數少（Nakasone, 1952）、始果高度低，亦即其結果的節數多，結果區域長，開始採收的時間早，可採收的時間長，單株產量高。植株的高度大部分由節間長度所決定，此為受多因子影響的性狀。節間長度雖然稍為會影響始花高度，但其對始花抽出的早晚並沒有明顯的影響。植株高度除了數量遺傳外，Hofmyer

（1945）曾提及尚有由單一隱性基因'd' 所控制的矮性株，Nakasone（1980）強調區分低使始果節位與矮性株的重要性，因為矮性株雖有低的始果高度，然其始果節位數未必會少，結果時間未也必早，但其結果區域必定短，而為低產量的植株。在育種上可選擇始果節位低的品系與果實性狀優良但始花節位高的品系雜交，藉以改善其始花節位的問題，其雜交一代的始花性狀約在兩親中間，如表 3。

表 3 番木瓜不同品系及其雜交一代始花性狀之差異

品種	始花週數 (weeks)	始花節位數 (nodes)	始花高度 (cm)
Betty	25	23	38
Solo	33	49	145
hybrid (Waimanalo)	28	32	71

（摘錄自 Storey, 1969）

果實大小及果實形狀

番木瓜果實的大小，在不同品種間有很大的差異。有些品種的果實直徑小於 5cm，重量小於 50g，而有些品種之果實長度 50cm，重量達 10kg 或超過。一些熱帶國家種植 2.5-6kg 大型果的品種，做為國內家庭食用。1.5kg 左右的中型果實較受東南亞國家喜愛；臺灣種植臺農二號，大部分行銷國內市場，少部外銷日本。夏威夷、菲律賓則生產 400-500g 洋梨形的兩性果做為出口品種，它的果形已成為高品質的商標。果實的重量係由多個遺傳因子控制，根據夏威夷農業試驗所的研究，雜交一代的果實重量約等於兩親果重的幾何平均數[28]。據此，育種者可選擇適當大小的雜交親本，育成所希望的果實重量。兩性株的果實形狀大略可分為長條形、洋梨形及橢圓形，長條形的果頂又有圓鈍形及長尖形。國外大部分的栽培地區以栽培橢圓形或洋梨形為主，國內則較喜愛長條尖尾形。果實的形狀為數量性狀，雜交一代的長、寬、果頂形狀約為兩親中間。' Solo' 及' Sunrise' 兩個品種因含可溶性固形物高，果形、大小、品質整齊均一，可做為雜交品種的一親。

花序長度

兩性株的聚花序長度約有 2.5-25cm 長（Storey, 1985），著生 1-7 朵花，通常第一、二分枝的頂端為完全花，可以著生 1、2 個果實，有些品種甚至可著生 4、5 個果實。衆多的果實擠生在樹幹周圍如無理想的空間分配，不但會採收困難，果實也會因擠壓成畸形果而失去商品價值。花序的長度為一數量性狀，雜交一代之果柄長度約為兩親的平均值。果柄長 10-14cm 為一理想長度，可使每一花序著生的 3-4 個果實有充足的空間供其生長。

種子腔

種子腔或果腔的大小由心皮的大小及形狀決定，一般同一品種雌株之圓形果果腔較兩性株的長形或梨形果果腔大。最常見的兩性果果腔橫切面呈星形，最理想的應呈圓形便於挖除種子。

風味及氣味

大部分的番木瓜風味較為溫和平淡，氣味則從不可察覺到有高度的芳香氣味，依品種而定。一般風味在果實完全後熟時最佳，有些品系具有強烈的似麝香（musky）的氣味，此種氣味令許多人有不愉快的感覺。'Sunrise'品種則有較強得香氣，受到各國消費者喜愛。上述性狀受到多因子的控制。台農一號、紅妃因具有強烈的似麝香（musky）的氣味，大部分的國內消費者都不太喜歡，但在巴西及東南亞卻頗受歡迎，取捨之間可視栽培地區而定。

果肉顏色

番木瓜果肉顏色變化從黃色到紅色，國內及國際外銷市場較傾向粉紅色或紅色果肉，美國的消費者則喜歡橘色果肉（Giacometti, 1987）。根據 Hofmeyr（1938）報告，木瓜果肉顏色的遺傳遵循孟德爾定律，是由一對對偶基因控制，黃色為顯性，紅色為隱性。應注意的是紅色及黃色為基本色，在黃色及紅色中各自仍有顏色深淺的不同，此為一些修飾基因表現的效應。不同品種間果肉顏色的深淺與果實的糖度、風味、香氣等性狀並無明顯的相關或連鎖，如何取捨可視市場需求而定。

果實糖度

總可溶性固形物為測量果實有用的指標，接近木瓜果實的糖分含量值，充分後熟的果實糖分含量約有 12-15% ，大部分的消費者對於木瓜果實最重要的評價即為甜或不甜，為木瓜果實重要的性狀。總可溶性固形物含量為一數量性狀，主要為加成性的效應（additive effects），可以糖度高的品系為一雜交親本，經由連續選拔達成目標。

果皮質地

果皮質地為可遺傳的性狀，果實中肋的皮膚平滑的為顯性，粗糙的為隱性（Nakasone, 1980）。具光滑果皮的果實其整粒果實後熟較均勻，但後熟後的果肉果肉較軟。

育種方法

由番木瓜果實產量及果實品質性狀的組合力的分析，果實數目、果實長、寬、果肉厚度、總可溶性固形物及果腔指數等性狀之一般組合力及特殊組合力變方均顯著，其比值（GCA/SCA）大於 1，此顯示上述性狀是由加成性效應控制，針對這些性狀的選拔是有效的。而果實產量、單果重量及果實體積則為非加成性效應所控制(Dinesh, 1991; Subhadrabandhu et al.,1997)，無法經由選拔獲得效果，可利用雜種優勢達成目的。在育種程序上，可以引進品種或某些優良特性的品系雜交後以譜系法或回交法育成優良自交系，再進行雜交組合育成高產、高品質的雜交一代品種。

結　　語

根據世界糧農組織資料，全球番木瓜鮮果的出口量，近五年來呈穩定成長，臺灣亦於 2005 年開始番木瓜鮮果外銷日本，栽培優良的番木瓜品種益形重要。臺灣雖有全球產量最高的品種臺農一、二、三號，但均為 0.7-1.5kg 長尖形的中大果，不適於出口。面對其它出口國的競爭，我國應視國際市場的需求，調整育種方向，育成適合出口的品種，除了提高品質及單位面積產量，降低生產成本外，需針對果實大小、形狀、耐儲運性、抗病性等性狀加強努力。

參考文獻

1. 王德男. 1980. 影響番木瓜兩性株株型表現之因子研究. 中華農業研究(29)：225-237.
2. 張明聰, 廖松淵. 1994. 番木瓜扦插繁殖及生長結實特性之研究. 中國園藝40(1):11-28.
3. 謝明憲. 1997. 品種、全互交及溫度於番木瓜兩性株型之表現. 國立台灣大學園藝學研究所碩士論文 pp.91.
4. Allan, P., J. Allan, Mc Chlery, and D. Biggs. 1987. Environmental effects on clonal female and male *Carica papaya* L. plants. Sci. Hort. 32:221-232.
5. Awada, M. and W. Ikeda. 1957. Effects of water and nitrogen application on composition growth, sugars in fruits, yield and sex expression of the papaya plants. Hawaii Agr. Exp. Stn. Tech. Bull. No. 33, p16.
6. Awada, M. 1958. Relationships of minimum temperature and growth rate with sex expression of papaya plants. Hawaii Agr. Exp. Stn. Tech. Bull. 38:1-16.
7. Chiu, Chan-Tai , C.R.Yen , L.S.Chang , C. H.Hsiao , and T.S.Ko. 2003. All hermaphrodite progeny are derived by self-pollinating the sunrise papaya mutant. Plant Breeding 122： 431-434
8. Chan, Y. K. 1992. Progress in breeding of F_1 papaya hybrids in Malaysia. Acta Hort. 292:41-49.
9. Dinesh, M.r. , C.P.A. Iyer. and M.D.Subramanyam. 1991 Combining ability studies in *Carica Papaya* L. with respect to yield and quality Characters. Gartenbauwissenschaft 56 (2)：81-83
10. Ghosh, S.P. and S.P.Sen. 1975. The modification of sex expression in papaya. J. Hort. Sci. 50:91-96.

11. Giacometti, D.C. 1987. Papaya breeding. Acta Hort. 196:53-60.
12. Hofmeyr, J.D.J. 1938. Genetical studies of *Carica papaya*. South Afr. J. Sci. 35:300-304.
13. Hofmeyr, J.D.J. 1945. Inheritance of dwarfness in *Carica papaya* L. South Afr. J. Sci. 41:225-230. (cited in Giacometti, 1987)
14. Hofmeyr, J.D.J. 1967. Some genetic and breeding aspects of *Carica papaya*. Agromonia Tropical (Maracay)17, 345-351.
15. Lange, A.H. 1961. Factor affecting sex changes in the flowers of *Carica papaya* L., Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 77:252-264.
16. Marin, SLD., M.G.Pereira., Do. Amaral, Jr. AT., L.A.P. Martelleto, and CD. Ide. 2006 Heterosis in papaya hybrids from partial diallel of 'Solo' and 'Formosa' parents. Crop Breeding and Biotechnology 6 (1) :24-29.
17. Nakasone, H.Y. 1952. Inheritance of fruiting height in papaya. M.S. thesis, Univ. of Hawaii p.36.
18. Nakasone, H.Y. 1980. Melhoramento do mamao no Hawaii. Culture do Mamoeiro. Livroceres Piracicaba p.315 (cited as Giacometti, 1987)
19. Nakasone, H.Y. and C. Lamoureux. 1982. Transitional forms of hermaphroditic papaya flowers leading to complete maleness. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107(4): 589-592.
20. Sharan, R., P. R. Prasad, and K. Mohan. 1994 Influence of nitrogen, phosphate, growth regulator and animal sex horone on sex expression in papaya. Advance in Plant Science.7 (2) :273-279.
21. Storey, W.B. 1938. Segregations of sex types in Solo papaya and their application to the selection of seed. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 35:83-85.
22. Storey, W.B. 1941. The botany and sex relations of the papaya. Hawaii Agr. Exp. Sta. Bull. 87:5-22.(cited in Storey 1953)
23. Storey, W. B. 1953. Genetics of papaya. J. Hered. 44:70-78.

24. Storey, W.B. 1958. Modifications of sex expression in papaya. Hort. Adv. 2:49-60.(cited in Storey,1976)

25. Storey, W.B. 1967. Theory of the derivations of the unisexual flowers of *Caricaceae.* Agronomic. Tropical. 17:273-321.

26. Storey, W.B.1969a. Pisitillate papaya flower: a morphological anatomy. Science 163:401-401.

27. Storey, W.B. 1969b. Papaya (*Carica papaya*). In F.P.Ferwerda and F.Wit (eds), Outlines of perennial crop breeding in the tropics. Waageningen, The Netherlands, 389-407.

28. Storey, W.B. 1984. Papaya. In: Evolution of Crop Plants. Edited Simmonds, W. New York p21-24.

29. Storey, W.B. 1985. *Carica papaya.* CRC Handbook of Flowering. volume II, p147-157.

30. Subhadrabandhu, S. and C. Nontaswatsr. 1997. Combining ability analysis of some characters to introduced and local papaya cultivars. Scientia Horticulturae 71:203-212.

抗輪點病毒與畸葉嵌紋病毒基因轉殖木瓜之育成

包慧俊[1]　龔怡蓉[2]　鄭櫻慧[3]　葉錫東[2]

[1]環球技術學院生物技術系　[2]國立中興大學植物病理學系　[3]農委會農業試驗所植物病理組

摘　要

抗輪點病毒鞘蛋白基因轉殖木瓜於霧峰農試所進行四年的隔離田間試驗後，顯示對木瓜輪點病毒（*Papaya ringspot virus*; PRSV）具有極佳的抗病特性。就在即將結束田間最後一期的觀察時，卻發現轉基因木瓜出現異常的病徵，且蔓延迅速。經病原分離與鑑定後，確認此病徵是由木瓜畸葉嵌紋病毒（Papaya leaf-distortion mosaic virus; PLDMV）所引起。此病毒之前未曾於台灣有詳細的記載，且與輪點病毒屬不同種病毒，因此輪點病毒鞘蛋白轉基因木瓜所有品系對其毫無抗病能力。所幸在中興大學葉錫東教授研究團隊努力研發下，新一代雙抗基因轉殖木瓜於兩年內培育成功。此一雙抗轉基因木瓜仍以病原誘導抗病（pathogen-derived resistance）及基因沉寂（posttranscriptional gene silencing）理論為基礎，利用輪點病毒與畸葉嵌紋病毒之兩鞘蛋白基因複合體為轉殖標的，並配合精湛的木瓜基因轉殖及微體繁殖技術下所建構而成。在經過溫室反覆的挑戰接種病毒後，目前已獲得 38 個同時具有抗輪點病毒與畸葉嵌紋病毒之轉基因木瓜品系。在分子層次的分析上，也證明了如預期的「抗病能力是由基因沉寂所驅動」，且與轉基因的插入套數（copy number）成正相關性。雙抗轉基因木瓜目前已選定三個品系於中興大學北溝農業試驗場進行抗病、遺傳特性及園藝性狀隔離田間試驗評估，也同時於霧峰農業試驗所隔離試驗田進行生物安全評估。不同的基因構築方式、不同的轉殖親本木瓜品種，所組合成的新雙抗基因轉殖木瓜品系，正陸續的由葉錫東教授實驗室培育而出。

關鍵詞：木瓜輪點病毒、木瓜畸葉嵌紋病毒、基因轉殖木瓜

緒言

植物一旦被病毒危害，即無任何化學農藥可供治療，甚至預防。除了育成抗病品種以外，長久來一直找不到一個治本的策略。近年來植物遺傳工程技術之精進，以基因轉殖手法（transgenic approach），將外源基因導入植物染色體中所構築成的轉基因作物，確實表現出其強大的抗病成效，讓防治植物病害，開啟了一個嶄新的里程碑。尤其在防治病毒病害上，更是無往不利，成功的案例極多。本文即介紹台灣所開發的基因轉殖木瓜應用於防治目前兩個木瓜栽培上最大的限制因子－木瓜輪點病毒與木瓜畸葉嵌紋病毒，之成功實例。

木瓜為重要經濟果樹

木瓜（*Carica papaya* L.）是熱帶及亞熱帶低海拔地區廣為栽培的重要果樹。它是多年生半木本的雙子葉植物，生活史比一般熱帶果樹短，種植後 9-10 個月即可採收果實。在土壤養分及環境條件適宜下不會斷果，可終年採收。其熟果富含維他命 A、C 及多種礦物質和有機酸，除鮮食，亦可加工製成蜜餞。其青果為生產木瓜酵素（papain）的主要原料，頗具經濟價值。因為營養價值高，所以木瓜也是一種很好的食療果品，其功效有健脾胃、助消化、通便、降血壓、通乳、驅蟲等。

台灣目前每年平均栽培面積為約為三至四千公頃，主要集中於高雄、屏東、台南、嘉義及南投等地。栽培品種以台農二號為大宗，而以網室栽培方式為主。近年來在政府大力推展下，已打開輸日管道，讓木瓜逐漸成為台灣之重要出口水果。

木瓜輪點病毒

木瓜輪點病毒（*Papaya ringspot virus*; PRSV）屬於馬鈴薯 Y 病毒科（the family *Potyviridae*）之馬鈴薯 Y 病毒屬（the genus *Potyvirus*）。具有長絲狀顆粒，大小約 780×12 nm，可經由機械接種或蚜蟲傳播[14]。Jensen（1949）報告[9]有六種蚜蟲可以非永續性方式（non-persistant type）傳播此病毒。Wang 等

人（1978）報告[16]，在台灣有 *Aphid gossypii*、*A. madieaginis*、*A. nerii*、*Myzus persicae*、*Rhopalosipham madis* 及 *Sinomegousa citricolor* 等六種蚜蟲均可傳播木瓜輪點病毒，其中以桃蚜（*Myzus persicae*）和棉蚜（*Aphid gossypii*）傳播效率最高，可達到 90% 。

木瓜輪點病毒之寄主範圍相當狹窄，僅限於番木瓜科（*Caricaceae*），藜科（*Chenopodiaceae*）及葫蘆科（*Cucurbitaceae*）等雙子葉植物。此病毒在番木瓜科和葫蘆科植物上引起系統性感染，在藜科上則造成局部病斑。

台灣木瓜輪點病害及防治策略

台灣於 1975 年最先在高雄縣的燕巢、阿蓮、大樹等地區發現輪點病毒，之後於短短二、三年內輪點病毒便摧毀全省各地大部份的木瓜栽培園區[16]。木瓜罹病後，新葉黃化萎縮，成熟葉上產生黃綠相間的嵌紋及葉緣乾枯，嚴重者葉片扭曲變形，莖及葉柄出現水浸狀斑點或條斑，其在果實上引起輪環狀之圓斑因而得名輪點病毒。罹病植株生長受阻、結果量大減，果實品質變差並帶有苦味，毫無商品價值。由於本病害無藥劑可供防治，因此田間綜合防治管理，如畦間栽植高莖作物玉米阻隔蚜蟲傳毒、覆蓋有忌避病株性的銀色塑膠布於畦上、栽培時避開秋季蚜蟲高峰期，並配合田間嚴格砍除病株等綜合管理，曾風行一時[17, 19]。但在田間感染源壓力逐年增加下，此種方式最後只能獲得延緩發病，搶收首季果實，於嚴重之疫區幾乎毫無成效。

鳳山園藝試驗所曾不斷的努力於抗病育種研究，育成台農五號耐病性極佳產量亦豐的品種，曾大量推廣一時[1]。可惜因此品種後熟迅速、不耐疫病，且風味不及台農二號，故不為一般消費者所喜，而一直未能成為市場主流。

1984 年中興大學葉錫東教授引進夏威夷輕症病毒系統 PRSV HA5-1，以交互保護（cross protection）原理來防治本省木瓜輪點病害[17,18]。此輕症病毒於夏威夷行之有年且效果良好，因此此方法成為 1984-1993 年間台灣防治輪點病毒的一項重要措施[17, 19]。但因處理幼苗須有熟練技術，及木瓜栽植時間過於集中，此法每年只能提供 200-300 公頃保護的苗木。且又因病毒類緣關係，即所謂系統

專一性保護作用（strain-specific protection），如果不配合田間確效的病株砍除，或在感染病原充斥的環境下，保護效果往往大打折扣[19]。

民國七十七年鳳山試驗分所發展出的網室栽培技術，以抗紫外線尼龍細網覆蓋果園，阻隔蚜蟲傳毒，成效極佳[3]。在各方面技術的提昇下，如利用草蛉捕食紅蜘蛛，網室搭建的企業化，網室設施遂成為木瓜栽培的主流。但由於成本高，颱風季節風險大，病蟲害的管理需要有專門知識，在木瓜產量日增下，農民獲取利潤亦日漸困難。

抗輪點病毒基因轉殖木瓜之育成

1985 年 Sanford 和 Johnston 提出病原誘導抗病性理論（parasite-derived resistance），即將病原基因體的一部份轉移至寄主染色體內，此寄主便能產生對抗該病原感染的能力[15]。次年 Powell Abel 等人利用農桿菌基因轉殖技術，首先將菸草嵌紋病毒（*Tobacco mosaic virus*；簡稱 TMV）之鞘蛋白基因導入菸草染色體中，所構築出的轉基因菸草確實能表現出對 TMV 的抗性[13]。此一技術與觀念，開啟了防治植物病毒病害之一新契機。因此葉錫東教授實驗室於民國七十七年即著手基因轉殖木瓜培育之規劃，以分離自台南永康的典型嵌紋病徵輪點病毒 PRSV YK 之鞘蛋白基因，為轉殖之外源基因。在農桿菌轉殖系統下，配合高效率的木瓜組培技術，總共獲得了 30 個以上之抗病轉基因木瓜品系[2]。這些品系除了能對抗本地之 PRSV 系統外，同時亦能對抗來自 3 個不同地域的 PRSV 系統；HA（夏威夷系統）、TH（泰國系統）和 MX（墨西哥系統）[2,6]。而其抗病機制是由 RNA 媒介之基因沉寂所誘導（RNA-mediated gene silencing）[11]。

轉基因木瓜田間試驗

在農委會的核准下，轉基因木瓜於 1996 年春天開始進行田間抗病及園藝性狀評估。試驗田設在台中霧峰農業試驗所當時國內唯一的基因轉殖作物隔離試驗田。從 1996 至 1999 年共進行四次的隔離觀察。

經由溫室檢定轉基因木瓜的抗病能力後，挑選了 4 個高度抗 YK 系統的轉基因品系進行田間測試。在第一次試區及第二次試區的觀察中，於 18 個月後，受測的四個轉基因木瓜品系無一出現被病毒感染的嚴重型症狀。而對照組非轉基因木瓜在種植四個月後就已遭全數感染，並表現出典型的嚴重病徵。在試驗期間各品系雖有 20-30%的轉基因木瓜葉片出現輕微的斑駁，然這些受感染植株並不影響其生長與產果量，尤其果實皆無輪點病斑，亦未扭曲變形。在仔細觀察後，多數表現輕微病徵的轉基因植株在夏季生長旺盛時，病徵會消失。顯示轉基因木瓜在田間的抗病能力與植株的生長狀況和環境的條件有關[7]。

1999 年 9 月，轉基因木瓜在第四次田間試驗即將結束評估時卻發現轉基因木瓜有逐漸發病的情形，得病株新葉黃化萎縮（圖一）、莖及葉柄出現水浸狀條斑，果實有塊狀隴起與明顯輪斑，而且病勢蔓延迅速，經 ELISA 檢測發現呈 PRSV 負反應。與此同時，我們從台中縣大里市一帶非網室木瓜栽培園亦分離到一與 PRSV 無血清學關係的病毒分離株。兩者在溫室接種實驗中，皆能對所有的抗輪點病毒轉基因木瓜品系造成嚴重病徵。後經病毒鞘蛋白基因選殖、解序及比對後，證實其為木瓜畸葉嵌紋病毒(*Papaya leaf distortion mosaic virus*, PLDMV)[10]

木瓜畸葉嵌紋病毒

木瓜畸葉嵌紋病毒亦屬馬鈴薯 Y 病毒屬，為長絲狀顆粒，大小約為 750x12 nm，其內包含一個正極性單股核糖核酸。於感染木瓜細胞內會形成風車狀、螺旋狀、薄層狀等內含體。可經由機械接種及蚜蟲以非永續性方式傳播。此病毒最早於 1954 年於日本之琉球島發現，目前以為該島栽培木瓜之最大限制因子。其寄主範圍不如輪點病毒廣泛，僅能感染木瓜及少數葫蘆科瓜類。推測此病毒在台灣之所以一直未被重視，可能是網室栽培盛行或長期被 PRSV 所掩蓋而忽略。目前台灣 PLDMV 系統全長度基因體序列已解讀完成[4]，總共由 10153 個核苷酸所構成，而與日本系統之 PLDMV[12] 比較，其核苷酸序列相似度高達 94%。

雙抗病毒基因轉殖木瓜之育成

Jan 等人 (2000)[8] 藉由結合 *Tospovirus* N 基因片段和 *Potyvirus* CP 基因片段，所構築之轉基因植物，能同時抵抗 *Tospovirus* 與 *Potyvirus*。因此利用相同之策略，將 PRSV 與 PLDMV 之 CP 各四分之三長度片段，同時構築於一轉譯架構中（圖二），並在轉譯起始點部位以定點突變方式製造連續兩個轉譯終止碼 (TGA)，以避免轉基因蛋白質之累積，再藉由農桿菌為媒介將此基因構築轉殖入泰國品種木瓜中。經由組織再生及微體繁殖技術，共獲得 38 個品系之轉殖木瓜。於溫室挑戰接種 PRSV 及 PLDMV 後，證實皆可同時抵抗此兩種病毒之感染，在分子層次上亦證明抗病機制是由基因沉寂作用所驅動[5]。目前此雙抗病毒型轉基因泰國品種木瓜已於中興大學北溝農業試驗場隔離試驗田完成第一期之田間評估，結果顯示各品系抗病性狀優良 (圖三)。而與日陞品種雜交後之子代亦於溫室完成抗病篩選，將於下一期之田間試驗進行優良商業品系之選拔。

結　　語

以基因轉殖策略防治植物病毒病害，目前已在多種病毒上得到驗證。而同時能抵抗兩種以上病毒之基因轉殖植物，雙抗型木瓜就是最好的實例。在傳統抗病育種尚無建樹之時，基因轉殖策略提供一個快速又有效之良法。然田間病毒相複雜難測，可能還存在第三個、第四個病毒。但在深入瞭解轉基因植物的抗病機制後，決定就是在基因的選擇與如何構築了。不同的基因構築方式、不同的轉殖親本木瓜品種，所組合成的新雙抗基因轉殖木瓜品系，正陸續的由葉錫東教授實驗室培育出。

謝　　辭

以基因轉殖技術防治木瓜輪點病毒之研究為過去國科會及農委會補助之研究成果，特此一併致謝。其中包含 1987-1990，三年國科會計畫，木瓜輪點病毒互補核糖核酸之選殖。 1989-1993，四年中美合作計畫(美國農部與農委會)，直接獲取康乃爾大學及夏威夷大學之資訊，將台灣木瓜輪點病毒株鞘蛋白基因構築

於 Ti 載體，發展出農桿菌轉型法，並以組織再生成一轉基因木瓜。1993-2002，九年農委會合作型(興大植病系，植物系，農試所園藝系) 計畫，轉基因株系之確認與篩選，溫室及田間之評估，以及目前（2005-2006，國家型計劃辦公室）雙抗轉基因木瓜之構築與田間評估。

引用文獻

1. 王德男 1987 耐毒素病木瓜—台農五號。豐年 37(20): 20-21。
2. 包慧俊 2000 木瓜輪點病毒鞘蛋白轉基因木瓜抗病性狀之研究。國立中興大學植物病理系博士論文。
3. 施明山、陳吉雄、鄧如蘭 1990 木瓜設施栽培。台灣農業 26(5): 101-106。
4. 廖翊廷 2006 台灣木瓜畸葉嵌紋病毒全長度基因體序列之解讀。大葉大學生物產業科技學系碩士論文。
5. 龔怡蓉 2004 木瓜輪點病毒及木瓜畸葉嵌紋病毒雙重抗性轉基因木瓜之育成及木瓜畸葉嵌紋病毒單株抗體之製備。國立中興大學植物病理系碩士論文。
6. Bau, H. J., Chang, Y. H., Yu, T. A., Yang, J. S., and Yeh, S. D. 2003. Broad-spectrum resistance to different geographic strains of *Papaya ringspot virus* in coat protein gene transgenic papaya. Phytopathology 93: 112-120.
7. Bau, Huey-Jiunn, Cheng, Y. H., Yu, T. A., Yang, J. S., Liou, P. C., Hsiao, C. H., Lin C. Y., and Yeh, S. D. 2004. Field evaluations of transgenic papaya lines carrying the coat protein gene of *Papaya ringspot virus* in Taiwan. Plant Disease 88: 594-599.
8. Jan, F. J., Fagoaga, C., Pang, S. Z., and Gonsalves, D. 2000. A single chimeric transgene derived from two distinct viruses confer multi-virus resistance in transgenic plant through homology-dependent gene silencing. J. Gen. Virol. 81:2103-2109.
9. Jensen, D. D. 1949. Papaya ringspot virus and its insect vector relationships. Phytopathology 39: 212-220.

10. Kawano, S., and Yonaha, T. 1992. The occurrence of papaya leaf-distortion mosaic virus in Okinawa. Tech. Bull. of FFTC 132: 13-23. Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Regions, Taipei, Taiwan, ROC
11. Lomonossoff, G. P. 1995. Pathogen-derived resistance to plant viruses. Ann. Rev. Phytopathol. 33: 323-343.
12. Maoka, T. and Hataya, T. 2005. The complete nucleotide sequence and biotype variability of Papaya leaf-distortion mosaic virus. Phytopathology 95:128-135.
13. Powell Abel, P., Nelson, R. S., De, B., Hoffman, N., Rogers, S. G., Fraley, R. T., and Beachy R. N. 1986. Delay of disease development in transgenic plants that express the tobacco mosaic virus coat protein gene. Science 232: 738-743.
14. Purcifull, D. E., Edwardson, J. R., Hiebert, E., and Gonsalves, D. 1984. Papaya ringspot virus. CMI/AAB Descriptions of Plant Viruses, No. 84.
15. Sanford, J. C. and Johnston, S. A. 1985. The concept of parasite-derived resistance : deriving resistance genes from the parasite' s own genome. J. Thero. Biol. 113: 395-405.
16. Wang, H. L., Wang, C. C., Chiu, R. J., and Sun, M. H. 1978. Preliminary study on papaya ringspot virus in Taiwan. Plant Prot. Bull. 20: 133-140.
17. Wang, H. L., Yeh, S. D., Chiu, R. J., and Gonsalves, D. 1987. Effectiveness of cross-protection by mild mutants of papaya ringspot virus for control of ringspot disease of papaya in Taiwan. Plant Dis. 71: 491-497.
18. Yeh, S. D., Gonsalves, D., Wang, H. L., Namba, R., and Chiu, R. J. 1988. Control of papaya ringspot virus by cross protection. Plant Dis. 72: 375-380.

19. Yeh, S. D., and Gonsalves, D. 1994. Practices and perspective of control of papaya ringspot virus by cross protection. Adv. Dis. Vector Res. 10: 237-257.



圖一、抗輪點病毒基因轉殖木瓜於田間被木瓜畸葉嵌紋病毒感染之情形。新葉黃化萎縮。



圖二、雙病毒鞘蛋白基因雜合體轉基因之構築。PLDMV stop 及 MO1008 為專一性引子對，可批出一約 1.3 kb 大小之 DNA 片段，用以偵測轉基因之存在。★表轉譯終止碼（TGA）。



圖三、雙抗型轉基因木瓜於田間栽培八個月後之情形。
左為轉基因木瓜；右為對照組非轉殖木瓜。

木瓜種苗管理與輸日優質供果園輔導措施

黃碧海

行政院農業委員會農糧署

壹、 輔導建立優良木瓜種苗供應體系

目前基因轉殖木瓜禁止在國內繁殖、推廣及販賣，亦禁止輸出至日本。為避免果園種植基因轉殖木瓜，本署自 94 年 10 月起在主要產地配合種苗管理、栽培技術改進及採收後處理辦理 26 場講習說明會。為避免基因轉殖木瓜銷日，請各區改良場（所 ）於植株定植及果實輸出前加強抽檢，經檢驗為基因轉殖木瓜者本會農糧署不得核發同意文件並不得出口；其中高屏地區由農試所鳳山園藝試驗分所負責檢驗，台南縣、嘉義縣及雲林縣由台南區農業改良場擔任，南投、彰化地區由台中區農業改良場處理。

為輔導生產優質木瓜，結合外銷優質供果園，輔導建立優良木瓜種苗供應體系，提供農民購買優良種苗，生產優質木瓜，供消費者選購。接受輔導之苗商，應按簽署意願書內容切實辦理：包括不生產或銷售基因轉殖木瓜種苗；應按繁苗生產批次或進苗批次，主動聯繫農委會檢測監測單位進行抽檢後建檔備查；為維繫供苗體系商譽，願配合主管機關進行不定期抽檢；違反意願書規定者，自優良供苗體系除名。迄今，經抽檢合格納入輔導之種苗業者有大立種苗（負責人：江豐敏，電話：05-2752671，經營產品：台農 2 號、紅妃、日陞木瓜之組織培養苗）、益栽種苗（負責人：葉天益、電話：05-2391289、經營產品：台農 2 號扦插苗）。

貳、 木瓜外銷簡況

94 年我國外銷果品，冷凍水果如荔枝、鳳梨、芒果等，幾乎以日本市場為主；鮮果類佔外銷總量六成以上。其中鮮芒果、木瓜、荔枝外銷日本必須經過蒸熱處理，葡萄、椪柑須經冷藏處理，香蕉及鳳梨不需經檢疫

處理即可輸日。94 年國產木瓜外銷量 86.9 公噸，以中國大陸、香港、日本為大宗。近（91-94）年木瓜外銷量值統計表，詳附。

91 年至 94 年木瓜外銷量值統計表

單位：公噸、千台幣

國別	91 年		92 年		93 年		94 年	
	外銷量	外銷值	外銷量	外銷值	外銷量	外銷值	外銷量	外銷值
加拿大	4.1	167	83.0	881	13.2	294	3.5	179
香港	44.9	911	318.4	3,156	98.8	2,256	26.1	989
日本	—	—	—	—	—	—	16.1	1,562
澳門	—	—	—	—	—	—	0.2	6
中國大陸	18.4	457	12.3	388	20.3	405	41.0	1,827
新加坡	—	—	1.6	83	4.8	102	—	—
馬來西亞	—	—	0.6	15	—	—	—	—
合計	67.4	1,535	415.9	4,523	137.1	3,057	86.9	4,563

參、日本農藥殘留檢驗新制

日本於本（95）年 5 月 29 日起實施新修正之食品衛生法，對食品之農藥、動物用藥及飼料添加物（簡稱農藥等）之殘留基準，採行正面表列制度，即含有未設定殘留基準農藥等之食品，原則上將禁止在市面流通；依該法第 11 條第 1 項規定，目前訂有殘留基準的農藥品項有 250 項，正面表列制度實施時將增為 586 項，未個別訂定殘留基準之農藥，其殘留容許量一律訂為 0.01ppm。

日本實施正面表列制度後，同一國家同藥劑品項有 2 件以上農藥殘留問題，該品項將全面進行農藥殘留檢測，即採命令檢查。目前日方所訂果

品農藥殘留標準，其中香蕉 342 種、荔枝 366 種、木瓜 302 種、芒果 332 種、鳳梨 337 種、葡萄 379 種、椪柑 369 種。依日本厚生勞動省醫藥食品局統計資料指出，對照施行農藥殘留新基準，不論國家別、產品別或農藥別，檢驗不合格之件數均明顯增加，衝擊輸日農產品產業及外銷之發展。

肆、 政府因應措施

一、加強用藥管理

二、充實農藥殘留檢驗設備與能量

三、全面落實生鮮水果出口前檢驗

四、積極辦理農民教育

五、加強出口業者宣導

伍、 外銷水果輔導管理措施

一、建置優質供果園

優質供果園選設條件：以登記有案之產銷班為必要條件，吉園圃班優先列入；93、94 年原設且落實推動之優質供果園及具有吉園圃認證或為吉園圃養成班者，始納入輔導。95 年輔導木瓜設置優質供果園，面積 239 公頃；辦理出口業者登錄 15 家。未來，申請登錄之供果園每筆面積 0.5 公頃以上，且不得混植其他果樹或品種

二、制定台灣良好農業規範

輔導木瓜推動全程品質管理，由產、官、學專家成立技術輔導小組， 訂定「優質供果園作業規範」，印製手冊及紀錄簿，並配合農時辦理講習及說明會，推動種苗選定、田間栽培技術、病蟲害防治、合理施肥、安全施用農藥、果品採收後處理、農藥殘留檢查及建立生產履歷記錄等。針對檢疫需求之國家，指導符合輸入國之防治技術與檢疫需求。建立可追溯系統之產銷履歷資料， 同時建置條碼系統 ，以供追溯。

三、供果園用藥管理

供果園農友確實撰寫生產履歷紀錄，請外銷業者與產地供果單位共同督導、查核，由藥物毒物試驗所加強檢測，並建立供果園、集貨場、檢疫處理場通報系統。

輸日前 15 日，由業者採樣送藥物毒物試驗所檢驗，符合日本農藥殘留規定者，檢附藥毒所核發之檢驗證明，連同交易紀錄及生產履歷資料向農糧署申請輸出同意證明書後，始得出口；檢驗結果若不符國內規定者， 依農藥管理辦法規定送罰；若不符日方規定者，除於 3 個月內不得輸日供果外，且將取消輸日供果園之登錄，停止供果。

木瓜因具連續性開花及結果之生長特性，其供果園農藥殘留檢測報告有效期限為 1 個月。

四、集貨作業條碼追溯管理

請工研院規劃 EAN-128 條碼系統。條碼內容包括生產者電話、出貨集貨場、出口業者、蒸熱處理場、生產履歷追溯號碼、裝箱數、等級、日期、國際流通產品碼、品種名稱等資訊。安裝條碼機並同步進行條碼追溯管理，由農糧署規劃建置資訊平台，並將生產紀錄上傳「台灣農產品安全資訊網」追溯平台，以供生產者追蹤，消費者追溯其資料。

五、輸日果品查核與核發出口文件

出口業者須出示個別果農符合日方農藥基準之檢驗單影本，始予以檢疫處理，果實經檢疫處理作業後再選別、包裝箱貼條碼、冷藏裝櫃出口，出口期間由農糧署各分署派員進駐蒸熱處理場，受理申請審查及核發同意文件。

此外、依據貿易法第 11 條訂定「芒果、木瓜、荔枝鮮果及其冷凍果品出口日本同意文件核發注意事項」，由農糧署函請經濟部國際貿易局修訂輸出規定，並於 6 月 20 日公告實施，出口上開六項貨品至日本應檢附農糧署同意文件；另請財政部關稅總局於該貨品通關時，僅以書面資料審查 (C2)方式辦理，免除實務勘查。

依照「芒果、木瓜、荔枝出口日本同意文件核發注意事項」之規定，出口業者申請出口芒果、木瓜、荔枝鮮果，應檢附：貨品出口同意申請書、農民供果園及其條碼資料、由農委會藥物毒物試驗所出具符合日本農藥殘留檢驗新制之合格文件、出口商與供貨單位交易紀錄三聯單，向農糧署申請核發貨品出口同意書，始得出口。若出口冷凍加工品應檢附:貨品出口同意申請書、由農委會藥物毒物試驗所出具符合日本農藥殘留檢驗新制之合格文件、出口商與供貨單位交易紀錄三聯單，始得出口。

截至 95 年 11 月 3 日止，輸日木瓜檢驗批數 67 件，符合日方規定 59 件，出口 29.2 公噸。

六、違規處分

基因轉殖木瓜禁止在國內繁殖、推廣及販賣，亦禁止輸出至日本，果農採收前 1-1.5 個月由出口業者向農糧署分署申請採樣，送區改良場（所）檢驗是否為基因轉殖木瓜，若為基因轉殖木瓜，不得輸出至日本。

若日方檢出該批貨品未符農藥基準者，對該果園將取消列入優質供果園登錄及輔導，並建議日方由條碼追溯該批貨供果果農及出口業者，提供我方釐清貿易責任。

倘若業者違規，停止受理申請核發出口同意證明書 3 個月；倘若農民團體違規，將取消其登錄資格；日本將對違規業者及農民團體實施命令檢查。目前木瓜出口日本仍採監測檢查。

陸、未來加強重點工作

一、供貨單位務必由合格登錄之供果園集貨供果，嚴禁混合非條碼編號之供果園果品，且嚴禁條碼不當使用； 供果園不當供果或條碼不當使用經查獲者，應負相關損失及法律責任；另嚴禁使用高風險農藥，經查獲違規使用之供貨單位由農糧署調訓。

二、出口商於果品爭熱處理申請核發同意證明後，不得變更出口商名稱。經取消登錄之出口商、供貨單位若能提出具體改進措施，經農糧署確認後，得向日方提出申請停止命令檢查。違規業者停止命令檢查後，後續貨品

出口時，於蒸熱處理場逐批抽樣檢驗，經檢驗合格始核發出口證明。一年內無再被檢出違規案件，得恢復隨機抽樣。

登錄之供貨單位因其合作之出口商違規被取消登錄時，得另尋原已登錄出口商檢附合作意願書，依序申請登錄。登錄之出口商因其合作之供貨單位違規被取消登錄時，得另尋原已登錄之供貨單位檢附合作意願書，依程序申請登錄。

柒、未來改進措施

一、加強供貨農民團體自律：供貨農民團體不得混裝非農藥檢驗合格果園之果實或收購非登錄供果園之果實。

二、落實履歷條碼追溯：由合格之登錄供果園供果，嚴禁混合非該條碼編號之其他供果園果實，並宣導果農勿將條碼流供他人使用。

三、加強出口業者監督：不得於蒸熱處理後變更出口業者名稱。

四、加強檢疫處理場控管：送蒸熱處理之果品，逐籃放置條碼卡，不得有擅自放置條碼卡或變更出口業者名稱等情事。農糧署分署駐場人員於檢疫處理場蒸熱處理前確實核對條碼卡上紀錄之出口業者是否為登錄出口業者名單，詳細檢核藥毒所合格農藥檢驗報告、交易三聯單、供果園名單及生產履歷編號。

五、加強檢疫場抽樣再檢驗。

六、鼓勵互相監督檢舉不法。

七、建議業者逐粒貼條碼。

捌、結語

未來，對輸日果品擴大輔導優質供果園生產面積及登錄種類，以拓展外銷規模，普及於國內消費大眾。輔導生產者確實全程品質管理，且落實產銷履歷資料紀錄，俾利發現問題立即解決；加強消費者對可追溯履歷資料之教育與認知，俾利全力配合。

木瓜基因組DNA快速萃取技術之開發與轉基因木瓜檢測技術之建立

Rapid DNA Extraction Method and Transgenic Papaya Detection.

李文立[1] 王德男[2]

Wen-Li Lee[1], Der- Nan Wang[2]

[1]助理研究員，鳳山熱帶園藝試驗分所，農業試驗所，農業委員會，鳳山，高雄，台灣；通訊作者，電子郵件：leewenli@fthes-tari.gov.tw

[2]研究員兼熱帶果樹系主任，鳳山熱帶園藝試驗分所，農業試驗所，農業委員會，鳳山，高雄，台灣。

[1] Assistant Researcher, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan, Fengshan, Kaohsiung, Taiwan

[2] Researcher and head of department of tropical fruit, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan, Fengshan, Kaohsiung, Taiwan.

摘　要

自1975年起，台灣木瓜因遭受病毒病的危害而使木瓜產業衰退，雖然採用網室栽培可以防杜病毒病危害，但也會使栽培成本增加，成為栽培上的一項限制。近年來，生物技術的快速發展及轉基因作物的商業化，利用基因工程育成之抗病毒病轉基因木瓜分別在夏威夷、台灣及泰國等地被開發。然而生物安全性議題備受重視，世界先進國家均訂定轉基因作物之生物安全評估與管理制度。因此檢測技術的開發在世界各國均受到重視，又因為國際貿易上，農產品的輸出入為重要一環。快速而正確的檢測方法將會是一項重要關鍵。目前在轉基因作物檢測上仍以PCR法為最常用之方式，然而檢測前的DNA萃取工作往往耗時甚久（一般約2-8小時），成為檢測上主要的成本支出與限制，本研究利用不同比例之界面活性劑及緩衝液作為萃取液，可以大幅減少基因組DNA萃取時間，增進工作效率，此一快速萃

取方式也同時可以用在不同種類的果樹及蔬菜作物上，是一種方便且廣效的創新方法。另外，依照目前的檢測流程在檢測工作上，必須同時分別進行外源基因（轉殖入的基因）檢測以判定是否為轉基因木瓜及papain基因之擴增，以確認實驗是否有誤差。分別檢測的方式不僅，在人力、物力上需耗費許多的檢測成本，本研究中也發展多重PCR檢測方式，在同一試管中進行多引子對同時偵測外源基因及papain基因，不僅可以去除偽陰性也同時可節省檢測時間與經費。

關鍵字：木瓜，DNA萃取，快速，轉基因，檢測，聚合酵素鍊鎖反應。
Keywords: papaya, DNA extraction, rapid, transgenic, detection, PCR.

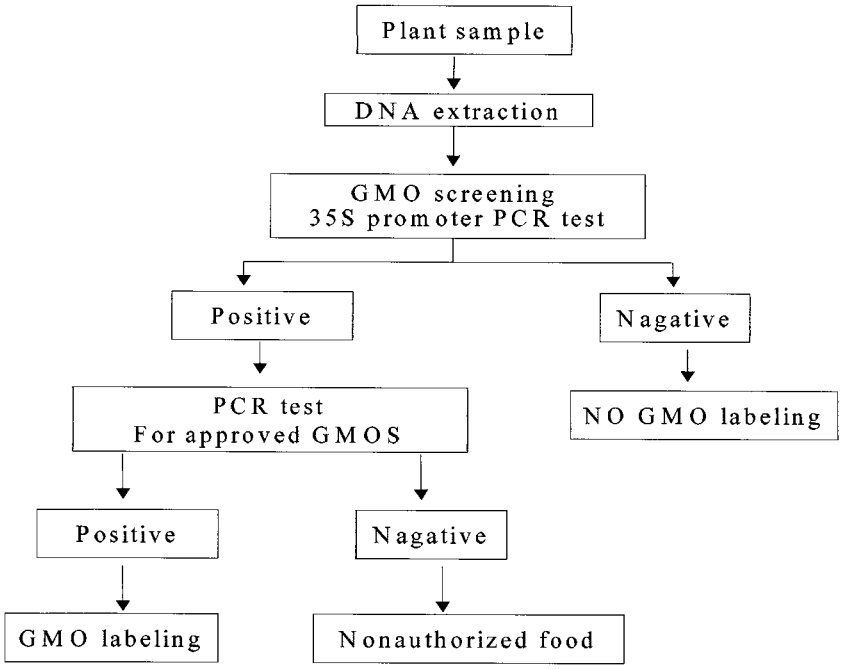
前　言

自從 1975 年以來，台灣的木瓜產業嚴重受到輪點病毒病的危害，既使在栽培上使用網室栽培方式以克服蚜蟲的媒介傳播仍不免造成田間工作的成本與不便。近年來因為分子生物學的發展，生物技術的應用，轉基因作物(Genetically Modified Crop, GMC)的開發與商業化過程的加速，全球轉基因作物栽培面積不斷的增加，根據 ISAAA 的統計資料顯示，至 2005 年全球所栽培的轉基因作物種類雖然仍是大豆、玉米、油菜及棉花等作物為大宗，但是其生產面積已經達到 240 百萬公頃，相當於二分之一中國大陸的國土面積或二十個英國國土面積，種植轉基因作物的國家也增加為 21 個國家。正因為轉基因作物在全球的種植快速增加，但是其爭議性不斷，生物安全性的議題受到全球各個先進國家的重視，為了避免基因轉殖作物對生態環境及人類健康產生負面的影響，世界各國均制訂 GM 生物安全評估與管理制度，希望能有效管理基因轉殖作物，其檢測，監測與管控等工作也一直為各國主管該業務部門的重視。實務上，轉基因作物的檢測可以採用 DNA、RNA 或蛋白質作為檢測對象，但是以檢測與基因表現及轉錄調節有關之啟動子(promoter)如 CaMV35S 啟動子或終止子(terminator)如 NOS 終止子，或則是直接檢測篩檢標誌與報導基因為叫常見之檢測方式，RNA 因為結構上比較不穩定因此

較少成為大量篩檢之標的，僅在轉基因作物研究或基因表現分析時作為偵測之對象(沈等人，2006)，因此在國際上，主要的檢測方法仍是利用「聚合酵素鏈鎖反應法」(PCR)進行 DNA 定性篩檢，或是由「即時聚合酵素鏈鎖反應法」(Real-time PCR)進行定量篩檢，判定檢體樣品中含有 GMO 的比例。若檢測外源基因所產生之蛋白質時可利用抗體抗原反應機制藉由酵素連結免疫球蛋白法(ELISA)進行檢測，而在這些檢測方法中，以 PCR 的方式進行為多數國家採行，檢測流程如圖一。

進行 PCR 檢測時首先需進行 DNA 的萃取工作，以分離標作物的 DNA 作為 PCR 反應的模版，一般在進行 DNA 萃取時必須先解離細胞組織並讓 DNA 溶於萃取液中，然後以酵素或化學方法移除溶液中的蛋白質、RNA 及其他巨分子以避免在 PCR 反應之干擾。植物因細胞壁及含有許多二次代謝物質，其 DNA 萃取較困難，因此一般採行四個步驟：解離或破碎細胞、沈降、移除雜質、清洗 DNA 及重新溶解 DNA。依所使用的方法不同，其萃取過程約需時 2-8 小時或更高，在轉基因作物檢測上是一項耗時費財的工作項目(Clancy, 1996; Lin, 2001; Horne, 2004)，也往往限制了檢測的速度，若能建立快速萃取基因組 DNA 的技術將可以大幅減少轉基因作物檢測所需之時間與費用。本研究中試圖打破以往的 DNA 萃取方式，減少 DNA 萃取所需之時間並建立各種植物通用之快速 DNA 萃取方法以作為大量篩檢轉基因作物及快速檢測之用途。

除此之外，本文中也一併探討在 PCR 的檢測方法之下，不同引子所擴增之不同長度之 DNA 片段對於轉基因木瓜檢測知影響，探討多重 PCR 應用於轉基因木瓜之效果。



圖一：利用 PCR 進行 GM 作物檢測流程圖　　(Adapted from Huebner et al, 1999)

材料與方法

1、植物材料：

本研究中所使用之新鮮植物材料（表一）均收集自鳳山熱帶園藝試驗分所，其栽培場所各異，包含溫室、網室、生長箱與田地並按一般方式進行栽培管理。

2、DNA 的萃取：

a. 植物材料之分離以打孔機取得葉圓片。

b. 利用不同萃取溶液（表二）及溫度條件進行上述植物材料之萃取。

c. 對照用傳統 DNA 的萃取採 Dellaporta 等（1983）所發表方法稍加修改，其大要如下：取植株嫩葉 100mg，加液態氮於研缽中磨碎，以 2 ml 萃取液（10mM Tris-HCl pH8.5, 10mM NaCl ，80mM Na_2EDTA, 10mM, 2-mercaptotethanol 0.1%(v/v), sodium sarkosyl 2%(w/v)）破壞細胞，釋出基因組 DNA，65℃ 水浴以抑制酵素活性，並促使 DNA 溶入萃取液中，以 12000 rpm 離心十分鐘，上清液到入新離心管中並加入

等體積（ 10 ml ）酚 / 氯仿（ phenol / chloroform ）混合液去除蛋白質，離心後取上清液加入 0.6 倍體積的異丙醇（ isopropane），在室溫下沈澱 DNA 20 分鐘，離心後去除上清液，以 70 % 酒精清洗兩次，風乾後加入適量的 1X TE 溶液（ 10 mM Tris-HCl, pH8.3 , 1 mM Na_2EDTA ）使 DNA 完全溶解後於 -20℃ 儲存備用。

3、DNA 之定量：

本實驗中所有 DNA 之定量以 Qubit 螢光定量儀（Invitrogen Co.）螢光定量方式進行，參照用之標準溶液及螢光物質亦購自該公司。

4、PCR 條件：

聚合酵素連鎖反應溶液為 1 X PCR 緩衝液（ 10 mM Tris-HCl pH 8.3 at 25℃, 50 mM KCl, 1.5 mM $MgCl_2$, 0.1 %（ w / v ）Triton X-100 ），dATP、dCTP、dGTP及 dTTP 各 200 μM。引子（ primer ）濃度為 1 mM，百合基因組 DNA 50 ng，1.2 U DNA polymerase（ *Thermus brockianus*, DynaZyme™II ），總反應體積為 25 μl，所有溶液混合後，覆蓋上 50 μl 礦物油（ Sigma mineral oil M3516 ）以避免水汽蒸發，以ABI2400(ABI, thermal cycler ）進行加熱與降溫反應。聚合酵素連鎖反應程式設定為 95℃，90 sec 使基因組 DNA 變性，95℃，30 sec.、55℃，30 sec.、72℃，60 sec.，總共進行 40 次循環，最後以 72℃，600 sec. 使反應完全。反應結束後加入 2.5 μl 10 X sample loading dye（ 1.0 mM EDTA-Na_2, 0.4 % bromophenol blue（ w / v ）, 0.4 % xylene cyand（ w / v ）, 50 % glycerol ）混合後進行電泳分析，未能及時進行電泳分析之樣品則冰存於-20℃留待後用。

5、電泳分析：

PCR 產物以 1X TAE 溶液（ 44.5mM Tris, Acetic acid 2ml, 1mM EDTA-Na_2, pH8.3 ），以 1.5 % Agarose gel（ Boehringer Mannheim Crop. Cat. No. 100 439 ），電流強度為 2.7 V / cm，（ Pharmacia Electrophoresis Power supply EPS 500/400 ）於室溫下電泳 30 分鐘。電泳結束後以 0.05 mg /

ml 溴化乙錠(Ethidium Bromide) 染色 30 分鐘，再用蒸餾水退染 15 分鐘，然後在 260 nm 波長紫外光下觀察(Transilluminator UVP inc.) DNA 條帶型，並照相記錄之。

6、資料分析：

利用 IS-1000 數位化影像分析系統 (Clontech Co.) 進行電泳片段之相對螢光量分析，並以 100bp ladder 之 3kb 片段為參照定量標準，所到之數據以 Costat 軟體進行分析並以 Sigma plot 軟體進行分析及繪製圖表。

表一、 本實驗中參試之植物種類及其學名

中　名	學　名
青梗白菜	*Brassica chinensis* L. CV. hing-Geeng
小白菜	*Brassica rapa chinensis*
萵苣	*Lactuca sativa* Linn
文心蘭	*Oncidium* spp.
空心菜	*Ipomoea aquatica* F.
煙草	*Nicotiana tabacum* L
油菜	*Brassia campestris* var.napus
百香果	*Passiflora edulis*
木瓜	*Carica papaya* Linn.

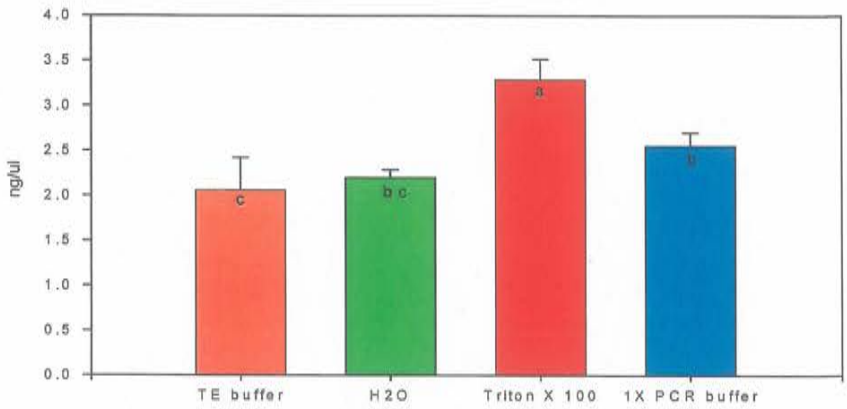
表二、本研究中使用之萃取溶液成分表

代號	普通名	組成份
A	1X TE buffer	1M Tris, 0.5M EDTA
B	Water	100% H_2O
C	界面活性劑	2% Triton X 100
D	1X PCR buffer	50mM KCl, 10mM Tris 1.5mM $MgCl_2$, 0.1% Triton X 100

結果與討論

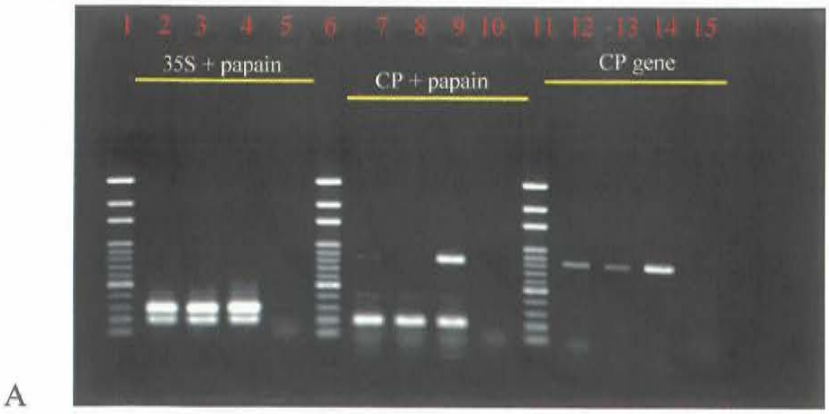
1. 不同萃取液組成對 DNA 萃取之效果：

在本研究的構想中希望突破 DNA 萃取之限制，採取簡單、易進行及可以進行 PCR 檢測之 DNA 萃取方式，因此在萃取步驟之設計上以打孔機剪取葉圓片作為植物材料定量之方式，平均一個葉圓片重約 0.3mg。為簡化植物組織破碎所耗費的時間，故不採用研磨方式，期能減少 DNA 萃取時間。本研究中以 PCR 為檢測方式，因此在萃取液的設計上以 PCR buffer 中已經使用且不影響 PCR 反應之成分作為萃取液，各代號之萃取液成分如表二。在參試的四種萃取液中均能萃取出 DNA，平均可以萃取之 DNA 量 2.5 ng/ul，其中以 C 組的萃取效率最佳，可以達 3.28 ng/ul，在 5%顯著水準下與其他各組比較，具有顯著之差異（圖二）。將這些不同萃取液所得到之 DNA 進行 PCR 反應並以 35S 及 papain 基因做為檢測的標準，仍以 C 組的 Trixton x100 的效果最好，該處理之 PCR 反應後目標條帶的擴增量亦較叫其他組高。此外，若比較不同偵測的基因片段，PCR 擴增片段較小之 35S 基因片段較常片段的 CP 基因容易檢出，不論單獨或以多重 PCR 方式進行 CP 片段之檢測時其基因生成量不若 35S，此結果也可能是 35S 在外源基因構築時有 2 個 copy 數，在基因轉殖木瓜中相對較容易被擴增之緣故。

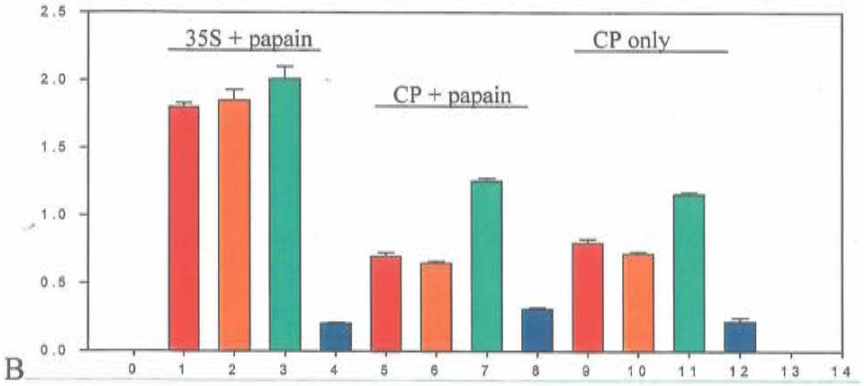


圖二、不同萃取液對轉基因木瓜萃取效率。

*在 5%顯著水準之下不同字母代表具有顯著之差異。



A



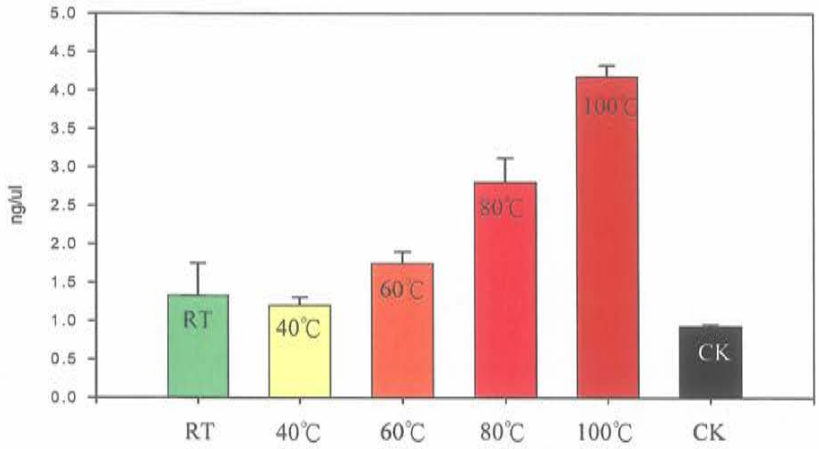
B

圖三、不同萃取液組成對 DNA 萃取之影響

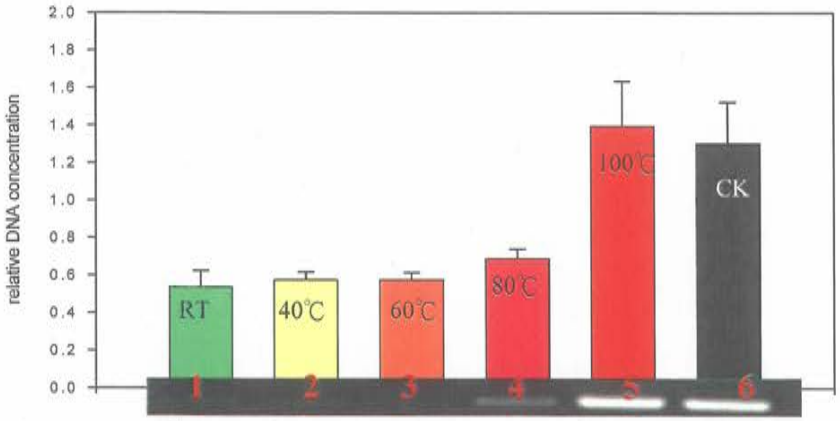
2. 不同萃取溫度對 DNA 萃取之效果：

在 DNA 萃取步驟中，增加萃取液溫度處理具有增加 DNA 溶解於萃取液中及使細胞中蛋白質變性，破壞其功能避免 DNA 遭降解之作用，減少 PCR 反應時的干擾。在本實驗中進行五種不同溫度之處理，隨著溫度的增加，所萃取之 DNA 含量也相對增加，以室溫與 40℃處理組 DNA 萃取濃度為 1.3 ng/ul，1.2 ng/ul，60℃ 與 80℃處理組為 1.7 及 2.8 ng/ul 至，100 ℃處理組為 4.1 ng/ul，溫度越高則 DNA 萃取量越多（圖四），若以這些快速萃取之 DNA 進行 papain 基因片段之 PCR 檢測，在相同條件下擴增產物量相差較遠，而 80 ℃以下較低的萃取溫度其 DNA 濃度為 1.8ng/ul 以下，與傳統萃取方式（1ng/ul）相比較仍較高，而 PCR 生成物較少，顯然在 80℃以下溫度處理時所萃取之 DNA 中含有干擾 PCR 生成之物質存在，而 80℃與沸水處理組其 DNA 萃取之濃度分別為 2.80 ng/ul 及 4.17 ng/ul，除了 DNA 濃度較高以外，顯然干擾物質也較少。以實際操作面而言，利用 100℃水浴作為操作溫度具有免利用儀器控制水溫之優點，只需進行適當的加熱即可，利於實驗

之進行。這些 PCR 生成片段與 100 bp DNA ladder 之 3kb 片段相比較，沸水處理組，PCR 反應後 DNA 生成量為其 1.25 倍，其總 DNA 生成量甚至比傳統的 DNA 萃取方式的 1.3 倍為佳。與 60 ℃以下溫度處理組的 0.5 倍相比較，DNA 生成量高約 2 倍（圖五），此 DNA 生成量有利於後續的電泳檢測。



圖四、不同溫度對 Triton X100 DNA 萃取效率之比較。

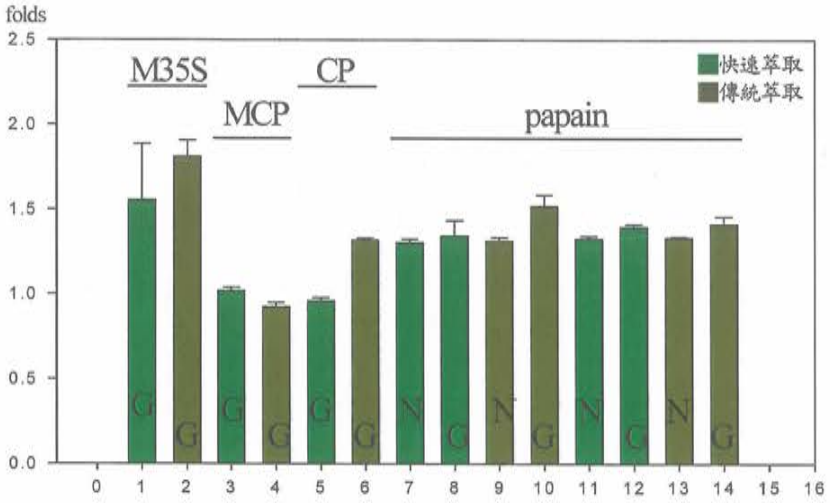


圖五、不同萃取溫度對 PCR 擴增 papain 基因片段之影響。

3. 檢測片段對不同萃取方式 DNA 之影響:

在轉基因木瓜檢測中，常使用 35S 啟動仔子區域及轉入之外源基因，CP 基因區域作為檢測之標的，此兩基因之 PCR 片段長度並不相同，35S 片段之擴增長度為 213 bp 而 CP 基因之擴增長度為 817 bp。本研究中以此兩個基因進行比對，探討不同擴增片段長度對上述之快速 DNA 萃取方式之影響，其結果如圖六。結果顯示當目標基因片段較短時，PCR 的產物量會增加，當目標基因片段較長時，PCR 產物量會

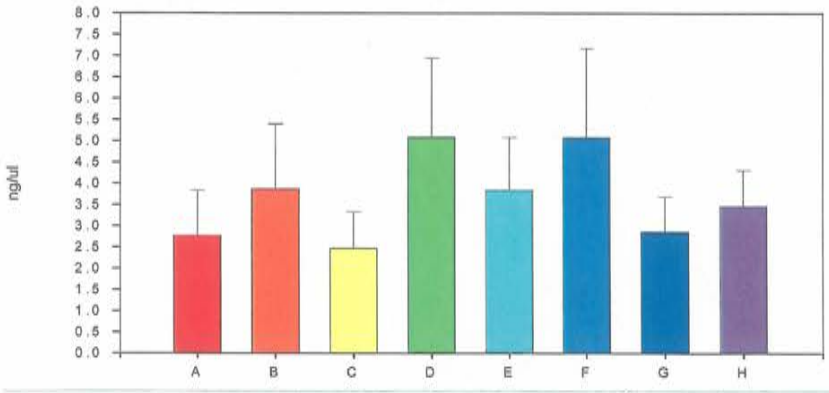
減少且當進行多重 PCR 與單獨 PCR 之相同基因片段產量並無差異性，顯示在多重 PCR 實驗中兩個基因之合成並無相互干擾與競爭而使產量降低，表明了在本研究中的多重 PCR 實驗為合適且適當。而本研究中發展之快速萃取方法與傳統萃取方法比較其相同目標基因之 PCR 產量時不論是否為轉基因木瓜其差異性不明顯，顯示本快速萃取方法確實為可靠，不干擾實驗結果之良好 DNA 萃取方法。



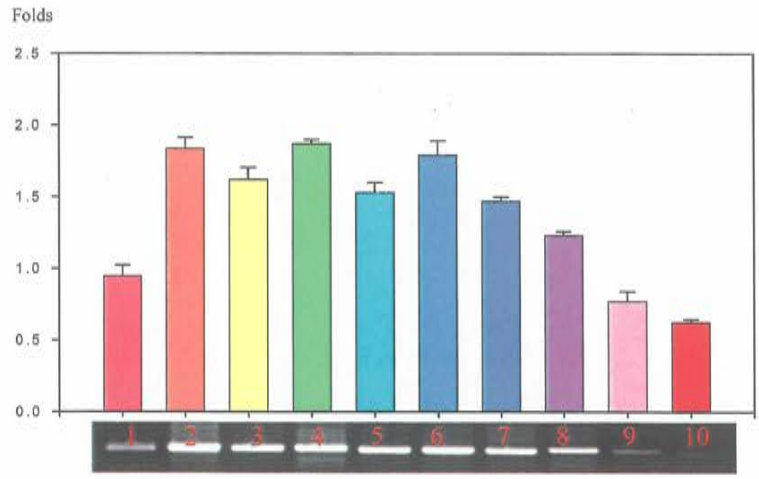
圖六、不同 DNA 萃取方法與不同基因片段 PCR 擴增產量。

4. 作物種類對快速萃取方式之影響

本研究之 DNA 快速萃取方法對於不同種類之植物材料同樣具有良好的萃取效果，這些參試材料可以萃取得到 2.5ng/ul 至 5ng/ul 濃度之 DNA（圖七 A），若以這些快速萃取之 DNA 進行 PCR 反應，以 ITS 片段作為檢測之標的，則所有的植物材料均可以擴增出該片段（圖七 B），顯示所有參試材料未來均可利用此一快速萃取方法作為轉基因作物篩檢或其他以 PCR 作為實驗方法之研究，可應用範圍甚廣。



圖七 A、不同種類植物材料以本研究之快速萃取方式進行 DNA 萃取之濃度
樣品由右而左依序為：A. 百香果，B. 煙草，C. 萬苣，D. 空心菜，E. 文心蘭，F. 油菜，G. 小白菜及 H. 木瓜。

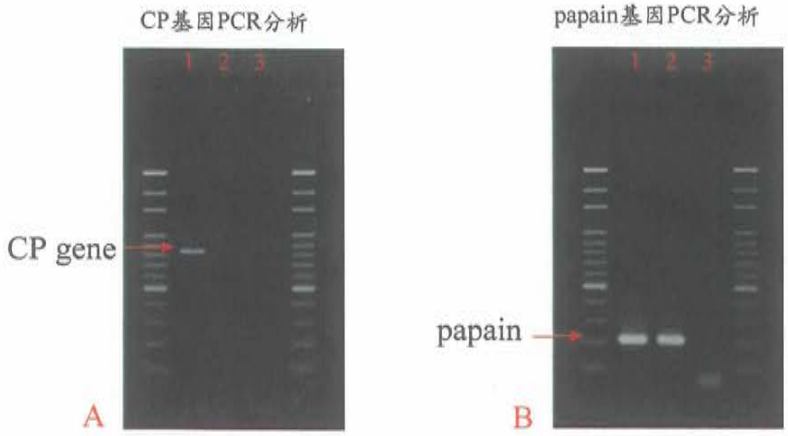


圖七 B、不同種類植物材料以本研究之快速萃取方式萃取 DNA 後以 ITS 為標的進行 PCR 反應之結果。
樣品由右而左依序為：A. 百香果，B. 煙草，C. 萬苣，D. 空心菜，E. 文心蘭，F. 油菜，G. 小白菜及 H. 木瓜。

5. 轉基因木瓜檢測技術之建立

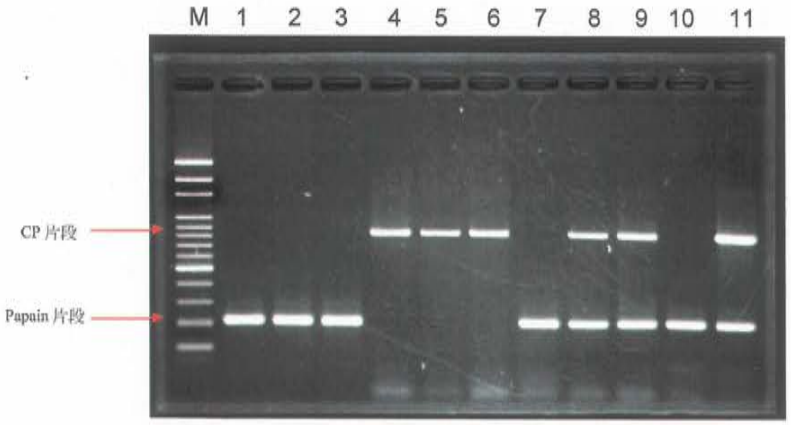
轉基因木瓜品系所含有之外源基因為木瓜輪點病毒之鞘蛋白(PRSV, CP)，完整的轉基因木瓜外源基因包含有前端的 35S 啟動子（promoter），後端具有 nos 終止子(terminator)並具有 npt II 基因以抵抗 neomycin 類抗生素，因此這些外源基因均可作為檢測的標的。以往在進行轉基因木瓜的檢測時往往採用單引子對的 PCR，然而進行單引子對的檢測時因為需確認檢體 DNA 的有效性，需另外進行對照實驗，此對照實驗常採用 papain 基因作為對照，若外源基因未被檢測出來而 papain 基因片段可以被檢出則表示該 DNA 檢體無異常，實驗結果可以信賴，若

papain 基因無法檢出則顯示實驗過程有瑕疵（圖八），應進行重複以確認實驗結果。這樣的檢測流程往往耗費時間與人力，若能採用多重聚合酵素鏈鎖反應（multiplex PCR），同時進行 papain 內對照與外源基因之檢測則可以節省時間與經費又可以確保檢驗之正確性（圖九），是一舉數得的美事。



圖八、轉基因木瓜檢測時以外源基因作為檢測之標的（A），並另外進行對照（B）以確認檢測結果無誤。

A. 以 CP-MO926/CP-M1008(840bp)引子對進行 PCR 分析，進行轉基因木瓜檢測。Lane 1 為 GM 木瓜；Lane 2 為一般木瓜；Lane 3 為 Negative control, H_2O。
B. 以 papain-F/papain-R(211bp) 引子對進行 PCR 分析，進行轉基因木瓜檢測之檢體確認。Lane 1 為轉基因木瓜；lane 2 為一般木瓜；lane 3 為 Negative control (H_2O)。



圖九、以多重 PCR 進行轉基因木瓜檢測，可以快速、方便且正確的提供檢測結果。Lane 1 為基改木瓜；Lane 2 為基改木瓜；Lane 3 為基改木瓜；Lane 4 為基改木瓜； Lane 5 為基改木瓜；Lane 6 為基改木瓜；Lane 7 為非基改木瓜；Lane 8 為基改木瓜；Lane 9 為基改木瓜；Lane 10 為傳統木瓜； Lane 11 為傳統萃取法之基改木瓜。Lane1～3 Primer (Papain F+R). Lane 4~6 Primer (CP F+R). Lane7~11 primer(papain F+R + CP F+R)。

結　　語

生物技術快速的發展使許多帶有新基因的作物陸陸續續被創造，而由於人們對這些攜帶外源基因的作物存有疑慮，也造成現今轉基因作物檢測及生物安全之議題，在以往轉基因檢測時需花費許多時間進行檢體 DNA 的萃取，本文所提出之 DNA 快速萃取方式將會是一種具有高效率，經濟性及可同時進行大量篩檢之方法，不僅是在轉基因作物之檢測上具有相當良好之應用性，在基因轉殖初期篩檢之過程也具有相當良好之篩檢功能，可以節省大量之經費與時間。此外，在以往進行 PCR 檢測轉基因作物時，對照與檢測標的基因分開進行之方式不僅使人力與經費增加，也具有檢測不確定之風險，利用多重 PCR 的檢測方式不僅可以解省經費減少檢測時間也去除檢測之不確定性，實為一值得採行之方法。

參考文獻

1. Hsu-Yang Lin, Hsiu-An Wei, Fu-Pang Lin, and Daniel Yang-Chih Shih (2006) Study of PCR Detection Methods for Genetically Modified Soybeans with Reference Molecules. Food and Drug Analysis 14:194-202 .
2. Erinc. Horne, Siva P. Kumpatla, Koni A. Patterson, Manju Gupta and Steven A. Thompson (2004) Improved High-Throughput Sunflower and Cotton Genomic DNA Extraction and PCR Fidelity. Plant Molecular Biology Reporter 22:83a-83i .
3. Lenka Drábková, Jan Kirschner and Cestmir Vlcek (2002) Comparison of Seven DNA Extraction and Amplification Protocols in Historical Herbarium Specimens of Juncaceae. Plant Molecular Biology Reporter 20: 161 - 175.
4. Rong-Cheng Lin, Zai-Song Ding, Liang-Bi Li and Ting-Yun Kuang . (2001) A Rapid and Efficient DNA Minipreparation Suitable for Screening Transgenic Plants . Plant Molecular Biology Reporter 19: 379a - 379e.

5. Eve Dilworth and Juerg E. Frey (2000) A Rapid Method for High Throughput DNA Extraction from Plant Material for PCR Amplification . Plant Molecular Biology Reporter 18: 61 - 64 .
6. J. lancy, V. . itkov, F. Han and S. E. Ullrich (1996) Barley tissue as direct template for PCR: a practical breeding tool. Molecular Breeding 2:181-183.
7. J. J. Steiner, C. J. Polemba, R. G. Fjellstrom, and L. F. Elliott (1995) A rapid one-tube genomic DNA extraction process for PCR and RAPD analyses . Nucleic Acids Research 23: 2569 - 2570 .
8. http://plantsciences.utk.edu/pdf/rapiddnaextractionfromplants.pdf
9. 羅致逑 (2006) 基改植物之環境安全風險評估。科技發展政策報導。SR9505.
10. 沈翰祖、陳駿季、邱展台、羅致逑、李文立、張隆仁、林新強、楊藹華、王雲平、陳富永、王啟正、方　繼、郭寶錚、包慧俊 (2006) 基因轉殖作物檢測監測體系之建立. 農業生技產業季刊. Vol.5, P.35-40.

Abstract

Since 1975, the industry of papaya was series damage by papaya ring sport virus in Taiwan. Although the net house culture techniques are a good practice to protect papaya avoid virus infection, but the production cost was higher than tradition method and became a limited factor of papaya industry in Taiwan. In these years, biotechnology is growth faster and transgenic crops were commercialized. The transgenic papayas are released to Hawaii, Taiwan and Thailand, respectively. In the other hand, the biosafety issues are more and more importance in global. Most of the developed country established evaluation and management system for GMOs, How to detect GMOs rapidly and economy is a key point in biosafety issues. In this moment, polymer chain reaction (PCR) is the major technique of GMOs

detection but the DNA extraction spend too much time (2-8 hr.) is a limited factor of this technique. In this study, using different solutions for DNA extraction and by pass grinding make DNA extraction easy and quickly. This easy quickly DNA extraction method is also suitable for other plants is a convenient, wide use and high throughput new method.

木瓜黑腐病之發生與防治

鄭安秀　吳雅芳

行政院農業委員會台南區農業改良場

摘　　要

由 *Erwinia cypripedii* 引起之木瓜黑腐病，在台灣於 1979 年春，台東地區首次發現。文獻記載黑腐病病徵初在木瓜葉片呈現水浸狀斑點，高濕時泌膠，最後病斑組織壞疽枯死。植株心部呈水浸狀病斑，隨即葉柄下垂，葉片呈黃色，植株心部內部變褐色，葉片未脫落前植株心部轉黑枯死。病徵由植株心部向下擴展，但在成熟組織上進展緩慢。無論成熟株、幼株或幼苗皆可被感染。被害果果皮上有明顯水浸狀黑色角病斑。又該病害只在台東地區及屏東縣內埔山區發現。

2005 年 6 月至 9 月南部地區連續遇到三個颱風及豪雨重創，網室栽培之木瓜園不止是次次掀網，有些果園甚至淹水數尺，使沉寂多年的木瓜黑腐病由屏東縣新埤地區爆發後，在南部地區木瓜栽培區快速蔓延。本研究室於 2006 年元月起分別由台南縣玉井鄉、大內鄉、嘉義縣中埔鄉及雲林縣林內鄉木瓜栽培區採集罹病葉、莖及果實，共分離純化得 15 個病原細菌菌株。田間觀察，罹病植株葉片黃化後落葉，黃化葉柄橫切面可見褐化維管束，有菌泥泌出；病原細菌可於莖部維管束上、下蔓延，造成更多黃化落葉、植株心部黑腐及果梗腐爛落果。

木瓜黑腐病病原細菌接種試驗

木瓜黑腐病病原細菌於 NA 培養基上呈現乳白色菌落，菸草葉肉接種 24 小時後呈現過敏性反應。將病原細菌調製成 10^8cfu/ml 之細菌懸浮液，分別以噴霧接種及針刺接種法接種木瓜幼苗(紅妃品種)；觀察結果顯示，將細菌懸浮液均勻噴霧於木瓜株苗，接種後 3-4 天植株葉背即出現水浸狀斑點，斑點漸擴大、癒合，葉片捲曲、下垂、萎凋。以滅菌過之牙籤沾菌液針刺接種於木瓜株苗完全展開葉往下第二葉葉柄基部，接種後 3 天於接種葉柄基部及莖表出現水浸狀，接種後 4

天，該接種葉葉背出現水浸狀斑點，葉片漸下垂，接種後 14 天，由接種部位莖部往上或往下 1cm 及 2cm 橫切面，褐化之維管束均可分離到病原細菌。病原細菌由莖部維管束往上蔓延至株心部，呈現水浸狀後變黑進而壞死，病原細菌亦往下蔓延至地際部及根部。

木瓜品種感受性測定

由農試所鳳山分所王主任德男提供 11 個木瓜品種(系)及台農 2 號、紅妃、日陞(B1)之幼苗進行植株抗感性測定，每品種(系)接種 6 株，噴霧接種後每 7 天調查植株罹病級數，罹病級數分 5 級表之，0 級表未發病， 1 級表葉面有水浸狀小斑點，2 級表莖部有水浸狀，3 級表 1-2 葉片黃化萎凋，4 級表 3 片以上葉片黃化萎凋，5 級表全株死亡。接種後 40 天調查結果顯示台農 1 號、台農 2 號及代號 17 及 28 者罹病級數較低(0.3-0.8)，紅妃及日陞(B1)兩品種罹病指數為 2.5，代號 19 及 23 者罹病級數分別為 4.8 及 5。

不同作物感受性測定

以滅過菌之牙籤沾取黑腐病病原細菌針刺接種於不同作物，包括蝴蝶蘭、文心蘭、拖鞋蘭、國蘭、番茄、菸草、甘藍、小白菜、青花菜、蘿蔔、結球白菜、茄子、葵藜、鼠尾草、火鶴花、嘉德里亞蘭、琴葉榕等，接種後 2 天在蝴蝶蘭、文心蘭、拖鞋蘭植株接種處呈現水浸狀暈環，但 5 天後觀察，只有拖鞋蘭上之病斑有擴展，10 天後病斑褐變。

藥劑試驗

利用濾紙圓盤法及液體培養法於實驗室中進行藥劑篩選，供試藥劑包括 37.5%氫氧化銅水懸劑、85%鹼性氯氧化銅可濕性粉劑、20%歐索林酸可濕性粉劑、40%銅快得寧可濕性粉劑、35%護粒丹可濕性粉劑、68.8%多保鏈黴素可濕性粉劑、10%鏈四環黴素可溶性粉劑、10%維利黴素溶液、81.3%嘉賜銅可濕性粉劑、72%波爾多可濕性粉劑、27.12%三元硫酸銅水懸劑等 11 種，結果顯示抑菌效果以 85%鹼

性氯氧化銅可濕性粉劑、20%歐索林酸可濕性粉劑、68.8%多保鏈黴素可濕性粉劑及10%鏈四環黴素可溶性粉劑較佳。

以20%歐索林酸可濕性粉劑1000倍稀釋液、10%鏈四環黴素可溶性粉劑1000倍稀釋液、81.3%嘉賜銅可濕性粉劑1000倍稀釋液及68.8%多保鏈黴素可濕性粉劑1000倍稀釋液進行溫室木瓜苗藥劑防治試驗。以牙籤針刺接種法接種紅妃品種之木瓜苗之葉柄基部，分接種後立即施藥及接種後兩天施藥兩種處理，每隔7天施用一次，連續三次，每處理8株，結果發現接種後10天，無論噴施何種藥劑其罹病度均與無藥劑處理相同，顯示幼苗只要病原細菌侵入組織後，藥劑防治不易。

另以噴霧接種法取代針刺接種法，供試藥劑為20%歐索林酸可濕性粉劑1000倍稀釋液、10%鏈四環黴素可溶性粉劑1000倍稀釋液、81.3%嘉賜銅可濕性粉劑1000倍稀釋液及10%維利黴素溶液600倍稀釋液進行溫室木瓜苗藥劑防治試驗，待噴霧接種之菌液乾後施藥，每隔7天施用一次，連續三次，每處理5株，三重複，依上述罹病級數調查後計算罹病度，初步結果顯示，第三次施藥後18天，四種藥劑處理及對照無藥劑處理的罹病度分別為12.3%、6.4%、9.5%、28.2%及41.0%。田間成株之藥劑防治效果，尚待進一步評估。

結　論

94年的颱風對木瓜植株造成的傷害使木瓜黑腐病在南部地區大肆蔓延，依本試驗初步結果顯示，病原細菌侵染木瓜葉片後，在葉片呈現水浸狀斑塊，藉由維管束往上或往下蔓延，如遇不適之環境，病勢進展會停止，有時株心已呈現黑腐狀，但會長出未罹病之側芽。罹病後藥劑防治不易，建議清除罹病組織後再行藥劑防治。又木瓜品種間顯示對黑腐病病原細菌有不同的感受性，培育抗病品種將是木瓜黑腐病積極的防治對策。

參考文獻

1. 呂理燊、李啟彰、黃德昌，1980，*Erwinia cypripedii* 引起之木瓜黑腐病，植保會刊 22：377-384。



木瓜黑腐病引起之株心黑腐病徵



木瓜黑腐病造成維管束褐化



木瓜黑腐病危害果實



木瓜黑腐病造成葉背水浸狀病斑

採收方法對模擬銷日番木瓜果實機械傷害的影響

王仁晃、邱展臺

行政院農委會高雄區農業改良場、種苗改良繁殖場

摘　要

台灣外銷日本的番木瓜必須經過檢疫蒸熱處理及貯運，果實機械傷害的發生將造成處理成本巨大的損失。本試驗擬評估不同的採收農民、採收方法及採收籃對番木瓜果實機械傷害的影響。結果顯示，採收人員對機械傷害的發生率有顯著的影響；在採收方法的部分，以「採收棒」採果者，果實機械傷害顯著高於以刀切或徒手推折方式，若以果皮表面積輕微擦傷達1%為1級，並以1級以下作為外銷標準，達外銷標準果實比率只有55.2%。以傳統採收籃採收堆積方式，達外銷標準果實比率只有46.3%，而採收後立即以23公分的「舒果套」套住果實，並以單層放置於採收籃的方式，果實達外銷標準比率則有69.2%。根據以上結果，建議外銷日本採收作業，採收人員必須先經過訓練，田間採收只能以徒手採收，採收後立即以23公分以上的「舒果套」套住果實，並單層放置於採收籃，應可有效減輕果實機械傷害的發生。

前　言

番木瓜（*Carica papaya* L.）為台灣重要熱帶果樹，近5年來栽培面積約為2800－3500公頃，年產量約有14萬公噸，每公頃單位面積產量更可達45公噸以上（農業統計年報, 2005），產值佔果樹重要地位，其外銷潛力更被視為重要外銷旗艦農產品之一。台灣番木瓜經歷8年的申請後終於在93年12月核准外銷日本，銷日品種為‘台農二號’，但由於台灣為果實蠅疫區，因此所有銷日的番木瓜果實均需經由蒸熱檢疫處理，由於該處理係將番木瓜果實中心溫度蒸熱至47.2℃（謝, 2001），除檢疫處理造成成本的增加以外，也可能會加重番木瓜果實機械傷害表現影響（Quintana and Paull, 1993）。

番木瓜果實在採後處理階段相當容易造成機械傷害（Mechanic injury），機械傷害在番木瓜果實的基本表現為在受傷部位出現綠島（Green island），亦即隨果實轉黃，但受傷果皮部位不轉色而呈現綠色。番木瓜果實的機械傷害又可包含擦傷（Abrasion injury）、挫傷（Puncture injury）及碰撞傷(impact injury)，由於碰撞傷在果實表皮轉黃果肉軟化之前較不易發生，而擦傷及挫傷在採後處理各階段都會發生，而整個果實採後處理階段多為未軟化、轉黃果實，因此番木瓜果實擦傷及挫傷的表現較碰撞傷重要，且隨著採後處理時間延長及步驟愈多而增加果實擦傷及挫傷的發生率（Quintana and Paull, 1993）。根據估計，因果實機械傷害所造成的損失，在菲律賓約有 10%，而夏威夷船運到美國本土紐約則有 14.8%（Paull, et al., 1997），果實機械傷害與過熟、儲藏病害等更並列為夏威夷番木瓜重要儲運問題（Cappellini, et al., 1988）。

台灣目前內銷番木瓜採收方法，在伸手可搆及的部分，採取徒手採摘，在無法搆及之高處，則以杯狀「採收棒」採摘。採摘後將果實以直立排列方式，3-4 層堆疊於塑膠籃中，部分農民於每層果實間隔報紙。完成採收後，將番木瓜運至集貨場等待分級包裝。然而，以目前的採收及載運作業，每個採收籃大約放置 30-40 公斤的番木瓜果實，果實間無個別保護，可能易造成果實機械傷害。為減少果實機械傷害的發生，根據目前「優質木瓜供果園作業規範」規定，外銷番木瓜果實在採收時，就須先套上舒果套，以個別保護果實；菲律賓及美國夏威夷外銷日本採收作業也是利用相同作業方式（Paull, et al., 1997）。然而上述的採收作業，可能會因為栽培品種、農民、採收工具、採收方法等因子而有所改變，因此更需要田間試驗數據加以說明。對於過去以內銷為主的台灣番木瓜栽培者而言，番木瓜欲外銷日本是採用過去的採收方法，抑或發展出一套更便利且能減少番木瓜果實機械傷害的採收作業，值得進一步研究，提供採收作業建議與分析。因此本試驗將探討不同的採收方法及採收籃對果實機械傷害的影響，並檢視對果實貯藏性病害的影響，以嘗試提供番木瓜外銷日本採收作業之建議。

材料與方法

一、試驗材料及採收作業

本試驗番木瓜果園植株定植日期約 2004 年 5 月，品種為‘台農 2 號’，栽培方法以一般農民慣行方式實施。2005 年 4 月在高雄縣美濃鄉陳氏果園進行採收試驗，採收時間從 8 時 30 分到 11 時 30 分，採收當日晴朗。番木瓜果實採收成熟度約 25%－50%轉黃（約 3-5 溝黃），果重約 600-1000 公克。採收處理區分為不同裝載容器及採收方法共五個處理。處理 A1：傳統塑膠籃二層堆疊，塑膠籃內層周圍舖棉布，採收番木瓜後堆疊於傳統塑膠籃中，番木瓜第一層以直立填塞，第二層朝向心圓斜插，層間以報紙間隔。處理 A2：果實套 23 公分「舒果套」單層放置傳統塑膠籃，塑膠籃同處理 A1。處理 B1：以徒手推折採收，採收後直接放至「好運籃」中，處理 B2：以刀切番木瓜果蒂採收，留 1 公分果蒂，放置於「好運籃」中，處理 B3：以「採收棒」推擠採收果實，採下後放置在「好運籃」中。

處理 A1、A2 採收時一台手推車放置兩個傳統塑膠籃，一籃放置符合試驗規格的番木瓜果實（外銷規格品），另一籃放置格外品，每個處理規格品採收至 30 粒時，計算每個採收處理所使用時間，處理 B1、B2、B3 方法相同，唯傳統塑膠籃改為「好運籃」。採收時將試驗人員進行分組，共分為三組，每一組視為一個重複，成員包含：採收者 1 名、正手推車操作者 1 名、副手推車操作者 1 名及計時者 1 名。採收者由美濃地區番木瓜農民擔任，遴選至少 7 年以上實務經驗者，採收者負責果實採收成熟度及外銷合格品（大小及果型）判斷。正手推車操作者負責將果實正確堆積到採收籃中，並負責確認果實規格。副手推車操作者，負責將正手推車上已經裝滿果實的籃子，送到網室外，並協助將空籃子送給正手推車。計時者，負責記錄每一個處理所花費的時間，並監督所有採收流程是否一致。每個採收組的採收處理順序以逢機排列。此外為避免試驗以外果實擦壓傷出現，參與試驗人員全程戴軟棉質手套。

二、番木瓜模擬銷日處理流程

完成採收後，果實運至美濃果樹產銷班第 6 班集貨場，利用傳統塑膠籃之處理 A1、A2，將番木瓜換至蒸熱場運輸籃，並計算使用時間。處理 B1、B2、B3 不

換籃直接送至位於台南縣左鎮鄉蒸熱場，在蒸熱場所有的果實均換至蒸熱籃，採用蒸熱場運輸籃運輸者（A1、A2），加計番木瓜由運輸籃換籃至蒸熱籃時間。進行蒸熱直至果實中心溫度達47.2℃後開始降溫，總時程約4.5小時。出蒸熱庫後，番木瓜放置在包裝場以室溫25℃隔夜晾乾，隔天完成包裝後運輸到高雄區農業改良場冷藏庫，進行海運模擬運輸，貯藏溫度14℃，共貯藏7天，後續以25℃放置，模擬櫥架環境，3天後調查其貯藏病害機械傷害發生率。

三、機械傷害級數訂定及資料分析

機械傷害之級數訂定如下：0級：果實表皮無任何機械傷害。1級：果實表皮面積1%（約6 cm^2）以下擦傷，無凹陷挫傷。2級：果實表皮面積1-3%（約6-18 cm^2）擦傷，無凹陷挫傷。3級：果實表皮有1%（約6 cm^2）的擦傷，且有1處以上陷入果肉的凹陷挫傷。4級：果實表皮面積1-3%（約6-18 cm^2）的擦傷，且有1處以上陷入果肉的凹陷挫傷。5級：果實表皮面積有3%以上的擦壓傷或凹陷，失去商品價值。百分率資料以arcsin進行資料轉換後，以SAS GLM分析。

結果與討論

試驗結果顯示，不同的採收方法及採收籃對番木瓜果實5、4、3、1級機械傷害發生率均無顯著的影響（表1）。但是以徒手採收後放到傳統採收籃（A1）及以「採收棒」採收後放到「好運籃」（B3）的處理組有較高的機械傷害發生率，累積第2級以上機械傷害（亦即在果實上可見的擦傷面積至少在1%以上）發生率分別達到53.8%及44.7%，而該差異最主要的原因來自於A1及B3處理的2級機械傷害發生率均顯著高於其他處理，該結果表示A1及B3的處理組合會增加果實機械傷害的發生率。利用舒果套逐粒套果實後放置到傳統採收籃(A2)及徒手採摘果實(B1)或以刀切果實（B2）後放到「好運籃」中，累積發生率則分別只有30.8、15.0及20.2%（表1）。若以機械傷害級數1級以下作為番木瓜外銷日本的標準，A2、B1及B2等處理組合均有很好的保護作用，分別可達到69.2、85、79.8%。由於A1與B1的處理差別在於採收籃，因此推估利用「好運籃」裝載果實可以增加30.7%的保護（B1－A1），舒果套可增加22.9%的保護（A2－A1），利用採收棒則會

減少 29.8%可銷日果實比例(B3－B1)，而刀切採收比徒手採收少 5.2%(B2－B1)。由於利用「好運籃」裝載的 B1、B2 處理均有很好的保護作用，可推論「採收棒」採收後放置在「好運籃」的處理組 (B3)，其果實機械傷害應來自於「採收棒」，因為其使用方法為套住果實後向上推擠，因此果實機械傷害有可能來自「採收棒」本身或推擠採收時果實互相摩擦所造成的擦傷或挫傷。相同的推論，因為 A1 及 B1 處理都是採用徒手採摘，因此可推論 A1 處理果實機械傷害主要的來源為採收籃本身及果實間的互相摩擦。

學者曾以番木瓜果實表面機械傷害「綠島」顏色深淺訂定級數，顏色愈深表示機械傷害愈嚴重，但並未訂定受傷面積的多寡 (Quintana and Paull, 1993)。而巴西聖保羅市場的番木瓜分級規範，則以番木瓜受到深傷 (含挫傷及刀傷等) 及撞擊傷所佔果實表面積的比例來訂定分級標準。但是若以 Quintana 和 Paull 等學者的研究，番木瓜果實擦傷及挫傷的表現較碰撞傷重要，在訂定果實機械傷害的標準上，擦傷及挫傷應為重要考量，而且應該將擦傷的面積一併列入考量，因為擦傷面積的多寡除嚴重影響果實外觀外，也造成果實失水的增加 (Paull, et al., 1997)。此外，挫傷更易造成細菌侵入傷口，儲運過程的腐敗(Kader, 2002)。為減少番木瓜果實在採收集運期間發生機械傷害的比率，夏威夷調查’Solo’果實機械傷害主因源自於番木瓜果實與採收籃周圍摩擦，因此建議在籃體的周圍加上保護襯墊 (Quintana and Paull, 1993)，目前巴西也是如此 (筆者觀察)。台灣內銷市場的採收集運方法如處理 A1，籃體周圍亦加上保護襯墊，但根據觀察在一般零售市場所販售的番木瓜果實，其機械傷害發生率幾乎達 100%，且至少在 2 級以上，推究其因，一般農民所使用的採收籃周邊雖有用帆布或棉墊等保護，但是每一籃裝載重量可達 40 公斤，大約堆積 3－4 層，送到集貨場後，又必須等到隔天才進行分級包裝，因此在放置期間番木瓜果實堆積在籃中，將加速後熟作用的進行，並可能加劇機械傷害的發生。菲律賓輸日番木瓜果實的採收方法採逐粒套舒果套後單層放在採收籃中如處理 A2 (筆者觀察)，這種方法每一粒果實可以得到獨立的保護，確實可減少果實機械傷害的發生，但是因為舒果套體積龐大，且送到蒸熱場後又必須取出丟棄，會增加生產成本及製造污染，值的進一步改進。

「好運籃」的研發便是利用相同的概念，將每一粒果實定位區隔開來，除了利用可重複使用的材質以外，試驗證實也有很好的保護作用。以刀切果蒂採收雖然不影響果實機械傷害的發生，但是結果初期‘台農二號’果房結果較緊密，不易以刀割採收果實，且常發生更多的切傷或誤割鄰果，因此宜再加以評估其功效。

不同的採收人員對番木瓜果實機械傷害發生率也有顯著差異，本試驗乙員在1級機械傷害的發生率顯著高於其他2位採收人員(表2.)，可能與採收速度過快造成小擦傷的增加有關，乙員每採收30粒番木瓜果實平均只花了459秒，顯著高於甲員626秒及丙員564秒，換算甲、乙、丙三位採收人員的採收效率分別約為1380、1882及1531Fruits8-hDay^{-1}(表3)。參考夏威夷的採收效率約360-450Kg8-hDay^{-1}(Nakasone and Paull, 1998)，若以Solo種約0.5公斤/粒計算，約720-900Fruits8-hDay^{-1}相較之下，台灣農民的採收速度似乎過快，有可能在講究速度的過程，增加小擦傷的發生。根據田間觀察結果，採收番木瓜果實應盡量雙手並用，一手輕托起上層果實，另一手手掌深入果頂處以推折方式採收，若採單手旋轉果實採收，除將造成目標果實頸部旋轉性嚴重擦傷以外，同時影響鄰近果實。本試驗在進行前已先教育採收人員，一律採雙手並用推折果實方式採收，因此應可將採收過程因採摘手法不同所造成的差異減至最輕。而實際進行外銷日本番木瓜採收作業時，採收人員必須先經訓練，應可有效減少番木瓜果實機械傷害的發生。

果實疫病、蒂腐病及炭疽病等為番木瓜重要的貯藏性病害(Cappellini, et al., 1988；Kader, 2002)，本試驗亦調查不同的採收方法及採收籃對模擬銷日番木瓜果實貯藏性病害發生率的影響，結果顯示僅有少數果實貯藏性病害的發生，其中以蒂腐病發生率最高，雖然不同處理組間均無顯著差異，但以傳統採收籃堆積方式A1處理，有較高的蒂腐病發生率達6.7%(表4)，是否與果實堆積有關則需進一步證實。此外，除了少數炭疽病以外，並無果實疫病發生。以上的果實貯藏性病害的發生都與採收期的多濕環境有關(Kader, 2002)，本試驗果實貯存性病害發生率並不高，可能與採樣季節為台灣旱季少雨有關。

根據以上結果，針對目前番木瓜外銷日本採收作業，提供以下建議：採收人員必須先經過訓練，田間採收時採收者戴軟棉質塑膠手套，只能以徒手或刀切果蒂採收，嚴禁使用「採收棒」採收，採收後立即以 23 公分以上（或適當長度，以超過番木瓜長度為原則）的「舒果套」套住果實，並單層放置於採收籃，或可選擇使用「好運籃」，應可有效減輕果實機械傷害的發生。

表 1、採收方法及採收籃對模擬銷日番木瓜果實機械傷害級數的影響。

	果實機械傷害級數(%)[Z]					
採收方式	0 級	1 級	2 級	3 級	4 級	5 級
塑膠籃[X]						
A1-堆積	15.6[cY]	30.7[a]	27.8[a]	24.9[a]	1.1[a]	0[a]
A2-舒果套	33.1[abc]	36.1[a]	12.6[bc]	16.9[a]	1.3[a]	0[a]
好運籃						
B1-手採	50.3[ab]	34.7[a.]	6.7[c]	8.3[a]	0a	0[a]
B2-刀切	51.3[a]	28.5[a]	8.0[b]	12.2[a]	0a	0[a]
B3-採收棒	24.0[bc]	31.2[a]	20.8[ab]	20.6[a]	2.2a	1.1[a]

[X]：A1：塑膠籃內層周圍鋪棉布，採收番木瓜後堆疊於傳統塑膠籃中，番木瓜第一層以直立填塞，第二層朝向心圓斜插，層間以報紙間隔。A2：果實套 23 公分「舒果套」單層放置傳統塑膠籃。B1：徒手推折採收，採收後直接放至「好運籃」中。B2：刀切番木瓜果蒂，留 1 公分果蒂，放置於「好運籃」中。B3：「採收棒」推擠採收果實，採下後放置在「好運籃」中。

[Y]：各欄英文字母相同者，表示 L.S.D. 測驗 5%機率之差異不顯著。

[Z]：數字經 arcsin 資料轉換。

表 2、採收人員對番木瓜果實機械傷害的影響。

採收員	果實機械傷害級數(%)[Z]					
	0 級	1 級	2 級	3 級	4 級	5 級
甲員	36.5[aY]	26.9[b]	17.1[a]	17.5[a]	1.3[a]	0.7[a]
乙員	26.4[a]	40.2[a]	12.8[a]	19.1[a]	1.4[a]	0.0[a]
丙員	41.7[a]	29.6[b]	15.5[a]	13.1[a]	0.0[a]	0.0[a]

[Y]：各欄英文字母相同者，表示 L.S.D. 測驗 5%機率之差異不顯著。

[Z]：數字經 arcsin 資料轉換。

表 3、採收者採收 30 粒番木瓜果實所需時間(秒)及採收效率（Kg8-hDay-1）

採收時間及效率	採收者		
	甲員	乙員	丙員
採收時間（秒）	626[aZ]	459[b]	564[a]
採收效率[Y]（Kg/8h Day）	1380[a]	1882[b]	1531[a]

[Y]：採收效率＝（28800 秒/各員採收時間）x30。假設台農二號平均果重為 1 公斤。

[Z]：各列英文字母相同者，表示 L.S.D. 測驗 5%機率之差異不顯著。

表 4、採收方法及採收籃對模擬銷日番木瓜果實貯藏性病害發生率的影響。

採收方式	果實病害發生率（%）		
	炭疽病	疫病	蒂腐病
塑膠籃[z]			
A1-堆積	1	0	6.7
A2-舒果套	1	0	0
好運籃			
B1-手採	2	0	4
B2-刀切	0	0	1
B3-採收棒	2	0	2

[z]：A1：塑膠籃內層周圍鋪棉布，採收番木瓜後堆疊於傳統塑膠籃中，番木瓜第一層以直立填塞，第二層朝向心圓斜插，層間以報紙間隔。A2：果實套 23 公分「舒果套」單層放置傳統塑膠籃。B1：徒手推折採收，採收後直接放至「好運籃」中。B2：刀切番木瓜果蒂，留 1 公分果蒂，放置於「好運籃」中。B3：「採收棒」推擠採收果實，採下後放置在「好運籃」中。

致　　謝

本試驗期間，蒙杜普國際股份有限公司提供蒸熱設備，台大園藝系林宗賢教授、張龍生副教授提供試驗諮詢，美濃果樹產銷班第六班劉尚輝班長、陳劭旻先生全家等大力協助，特致謝忱。

參考文獻

1. 行政院農業委員會. 2005. 九十四年農業統計年報. 台北. 台灣.
2. 行政院農業委員會農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所. 2004. 優質木瓜供果園作業規範. 高雄. 台灣.
3. 謝慶昌. 2001. 採收成熟度、儲藏溫度、後熟溫度及強烈熱風處理對‘台農 2 號’番木瓜品質之影響. 中國園藝 47 (4)：391-408.

4. Alvarez, A. M. and W. T. Nishijima. 1987. Postharvest disease of papaya. 71 : 681－686.

5. Cappellini, R. A., M. J. Ceponis, and G. W. Lightner. 1988. Disorders in apricot and papaya shipments to the New York market 1972－1985. Plant Dis. 72 : 366－368.

6. Kader, A. A. 2002. Postharvest technology of horticultural crops. 3rd. ed. p. 218-219.

7. Nakasone, H. Y. and R. E. Paull. 1998. Papaya. In:H. Y. Nakasone and R. E. Paull. Edit. Tropical Fruits. CAB International Press, Wallingford. UK. p. 239-269.

8. Paull, R. E., W. T. Nishijima, M. Reyes, and C. Cavaletto. 1997. Postharvest handling and losses during marketing of papaya (*Carica papaya* L.) Postharvest Biol and Technol. 11 : 165－179.

9. Quintana, M. E. G., and R. E. Paull. 1993. Mechanical injury during paostharvest handling of Solo papaya fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118 : 618-622.

番木瓜外銷貯運技術之改進

張書榮、謝慶昌
國立中興大學園藝系

摘　要

蒸熱處理對 3 月份的果實會產生熱傷害，後熟及轉色皆受到抑制。蒸熱後降溫的水溫也影響了番木瓜果實的後熟，以 0℃冰水降溫者，果皮易產生燙斑，以 27℃水降溫者，腐爛率較高。蒸熱處理後之果實以 15、18、21 及 24℃運輸之後再催熟，隨著貯運溫度上升，其後熟軟化愈快，但卻分別有 44.4、100.0、30.0 及 100.0%的比例出現腐爛。蒸熱後再經溫湯處理，有降低腐爛發生的效果，但卻也使 12 月份採收之果實產生不同程度的熱傷害。以運輸時催熟的方式，在 15 至 30℃間，隨貯運溫度愈高，後熟軟化速度愈快，轉色愈快。於 30℃下約 56 小時接近完熟；於 25℃下第 84 小時接近完熟；於 20℃下第 7 天接近完熟；於 15℃下第 10 天接近完熟。以先催熟再運輸的方式，超過 33℃的催熟溫度，果實的後熟軟化逐漸受到抑制。蒸熱後再經催熟 24、36 及 48 小時後，以 1℃貯運 7 天後尚可持續後熟，但亦有腐爛的情形出現，且 12 月採收之果實，仍有後熟不完全之情形。以催熟 24 小時之番木瓜貯運，則 1、3、6、9、12 及 15℃貯藏 7 天後，果實隨著貯運溫度上升，其後熟軟化程度愈高。

Important of postharvest technology of papaya fruit for exporting

Shu-Jung Chang and Ching-Chang Shiesh

SUMMARY

The fruits harvested in March occurred heat injury and abnormal ripening after vapor heat treatment. Hydrocooling with 1℃ cold water caused scald in peel of papaya fruit after vapor heat treatment, and with 27℃ water caused severe decay. After vapor heat treatment, the fruits were stored at 15℃, 18℃, 21℃, and 24℃, respectively. Increasing the storage temperature decreased the time of softening. The incidence of decay was higher when the fruit was held at higher temperature. Hot-water immersion could decrease the rate of decay. Complete ripening occurred after 56 hours at 30℃, 84 hours at 25℃, 7 days at 20℃, and 10 days at 15℃, respectively. Ripening temperature at or over 33℃caused abnormal ripening, as poor coloring and hard pulp. The fruits ripened at 30℃ for 24 hours were transported at 1℃, 3℃, 6℃, 9℃, 12℃, and 15℃, respectively, for 7 days and there was no significantly different in fruit quality among the transportation temperature from 3℃ to 15℃, but faster softening was occurred in higher temperature.

前　言

台灣番木瓜曾於民國六十四年獲准進入日本市場，原應讓台灣多一項創匯之農產品，可惜卻自當年起，木瓜輪點毒素病蔓延全國，又缺乏有效之防治策略，危害嚴重，使單位面積產量急速下降，果實品質低劣，影響番木瓜產業至劇（王，1991），因此數十年來仍無番木瓜外銷之相關統計。至 2002 年 1 月起台灣加入世界貿易組織（WTO），開放自由貿易（王和劉，2002），開始以網室栽培之安全衛生番木瓜拓展外銷市場。

近年來由於基因改造作物發展迅速，基因改造食品快速進入市場，但基因改造作物是否對健康及生態造成影響仍是未知數，夏威夷所生產之基因改造番木瓜，雖可對抗輪點毒素病（Papaya ring spot virus，PRSV）的危害，但其主要消費地日本市場，對基因改造食品多所顧慮（邱，2004），因此在 2004 年 12 月日本通過對台灣蒸熱檢疫的認證後，開始轉而向台灣採購網室栽培之‘台農二號’番木瓜，但由於番木瓜較不耐貯運，易發生生理障礙，以及貯藏病害所造成之影響不容忽視（Paull et al, 1997; Sankat and Maharaj, 1997），因此對‘台農二號’番木瓜之品種特性在貯運品質上的影響，仍急需進行探討及研究（謝，2001）。

台灣番木瓜銷往日本的航程雖不長，但在不同船期或航程下，仍需進一步探討最適當之處理流程，除了解如何保持番木瓜之品質外，對於處理流程之管控，皆影響了番木瓜外銷日本的收益。因此本研究除探討‘台農二號’番木瓜果實後熟過程之品質變化，亦將從不同貯運溫度與不同催熟條件下配合不同的運輸時間，找尋適合之貯運流程。

材料與方法

1. 材料來源

本試驗以雲林縣林內鄉高姓農民所栽培之‘台農二號’網室番木瓜為試驗材料，供試果實皆逢機採自同區番木瓜植株，採收方式為輕轉果實不留果蒂直接採下，採收之成熟度選擇有 1 至 2 條果溝呈黃色，已 10-20%轉色之果實為判斷依據，採收後套上保麗龍舒果網，再以直立方式裝入 20kg 裝紙箱，運送回實驗室。

2. 試驗方法

(1)蒸熱對番木瓜果實品質之影響

本試驗番木瓜果實於 2005 年 3 月採收，其中部分果實運送至台灣省青果運銷合作社豐原蒸熱檢疫廠，於蒸熱處理設施中在相對溼度 40~60%下，使果心溫度達 43℃後，再於飽和相對溼度下加熱至果心溫度 47.2℃，果心溫度達 47.2℃後迅速將果溫降至常溫，檢疫處理後送回實驗室，部分不經檢疫處理，直接送回實驗室，以比較蒸熱處理對果實品質是否造成影響。蒸熱處理的觀察試驗是將果實於 12℃貯藏 7 天後，裝入原 20kg 裝紙箱中，於 30℃下以 50g 電石催熟 3 天，取 2 組各 16 顆果實調查品質，對照組則不經蒸熱處理及貯藏，直接於原 20kg 裝紙箱中，於 30℃下以 50g 電石催熟 3 天後調查果皮顏色、果肉硬度及糖度。

(2)蒸熱後冷卻水溫對‘台農二號’番木瓜果實品質之影響

蒸熱處理後不同的冷卻水溫，果實降溫所需時間亦不同，因此需了解冷卻水溫對果實品質的影響。本試驗於 2005 年 9 月採收果實，運送回實驗室進行蒸熱處理，共兩個蒸熱籃計 24 顆果實，其中 4 顆插入溫度感測探針，達果心溫度 47.2℃後取出冷卻，冷卻方式分為 0℃冰水冷卻以及 27℃水冷卻兩組處理，待果心溫度降至 30℃後停止，每組各取 10 顆果實裝入原 20kg 裝紙箱，於 30℃下以 50g 電石催熟 3 天後，調查品質。

(3) 貯運溫度對‘台農二號’番木瓜果實品質之影響

本試驗在探討番木瓜果實省略催熟程序時，於不同貯運溫度下，到貨是否具商品價值，於 2004 年 12 月果實採收後，運送至台灣省青果運銷合作社豐原蒸熱檢疫廠，於蒸熱處理設施中在相對溼度 40~60%下，使果心溫度達 43℃後，再於飽和相對溼度下加熱至果心溫度 47.2℃，果心溫度達 47.2℃後迅速將果溫降至常溫，檢疫處理後送回實驗室。處理方式分別以 15、18、21 及 24℃貯藏 7 天之後全部取出，並各取 18 顆果實調查品質，其餘果實於 23±3℃回溫 2 天後，再各取 17 顆果實調查品質。

(4) 溫湯處理對‘台農二號’番木瓜果實品質及腐爛之影響

由於番木瓜易發生蒂腐病及炭疽病等貯藏病害，本試驗嘗試以溫湯處理方式

觀察對病害發生的影響，於 2004 年 12 月果實採收後，運送至台灣省青果運銷合作社豐原蒸熱檢疫廠，於蒸熱處理設施中在相對溼度 40~60%下，使果心溫度達 43℃後，再於飽和相對溼度下加熱至果心溫度 47.2℃，果心溫度達 47.2℃後迅速將果溫降至常溫，檢疫處理後送回實驗室。處理方式分為對照組及溫湯處理組，每處理 11 顆果實，對照組不經溫湯處理直接置室內通風處，於 23±3℃下第五天調查果皮顏色；第七天調查果皮顏色、硬度、糖度及腐爛率。溫湯處理組共分為 50.0、52.5、55.0、57.5 及 60.0℃五種溫度，浸置時間分別為 10、20、30、40 及 50 分鐘；3、5、10、15 及 20 分鐘；1、3、5、10 及 15 分鐘；1、3、5、10 及 15 分鐘；30 秒與 1、3、5 及 10 分鐘處理。溫湯處理後，於 23±3℃下置室內通風處，第五天調查果皮顏色；第七天調查果皮顏色、硬度、糖度及腐爛率。

（5）運輸時催熟－貯運溫度對番木瓜果實後熟速度之影響

本試驗在觀察番木瓜以不同溫度貯運時同時進行催熟，何者到貨後之品質適合陳列於櫥架，接著再觀察於不同催熟溫度下，果實完熟所需的時間，藉以尋找出在特定的貯運時間內，果實所需之催熟溫度。第一部分實驗於 2005 年 3 月採收番木瓜果實後，部分果實運送至台灣省青果運銷合作社豐原蒸熱檢疫廠，於蒸熱處理設施中在相對溼度 40~60%下，使果心溫度達 43℃後，再於飽和相對溼度下加熱至果心溫度 47.2℃，果心溫度達 47.2℃後迅速將果溫降至常溫，檢疫處理後送回實驗室，部分不經檢疫處理，直接送回實驗室。實驗組先全部噴施 1000 倍益收，再分別裝入原 20kg 裝紙箱，以 15、18、20、22 及 25℃貯藏 7 天，貯藏後各溫度分別取 16 顆果實調查品質，對照組則不經蒸熱處理，直接裝入原 20kg 裝紙箱，於 30℃下電石催熟 3 天後調查品質。

本試驗第二　部分實驗於果實採收後，送回實驗室進行實驗。共分為 4 組處理，分別於 30、25、20 及 15℃下裝入原 20kg 裝紙箱，以電石催熟，以觀察其後熟之變化。30℃處理者於 2005 年 4 月 6 日採收並開始進行後熟觀察，分別於第 0、8、16、24、32、40、48、56、64 及 72 小時，各取出 15 顆果實調查其品質；25℃處理者於 2005 年 4 月 26 日採收並開始進行後熟觀察，分別於第 0、12、24、36、48、60、72 及 84 小時，各取出 11 顆果實調查其品質；20℃處理者於 2005

年5月10日採收並開始進行後熟觀察，分別於第0、1、2、3、4、5、6、7及8天，各取出16顆果實調查其品質；15℃處理者於2005年5月31日採收並開始進行後熟觀察，分別於第0、1、2、4、6、8、10及12天，各取出17顆果實調查其品質。

(6)先催熟再運輸－催熟溫度及貯運溫度對‘台農二號’番木瓜果實品質之影響

本試驗第一部分嘗試以較高的溫度催熟番木瓜果實，觀察是否可加快後熟以及對品質的影響。於2005年4月果實採收後，送回實驗室。處理方式為於30、33、36、39及42℃下，分別以電石催熟24小時，各取15顆果實調查品質。

本試驗第二部分則觀察番木瓜果實經不同的催熟時間後，比較於貯運後之品質差異，以尋找較適合運輸之果實成熟度。其於2004年12月果實採收後，運送至台灣省青果運銷合作社豐原蒸熱檢疫廠，於蒸熱處理設施中在相對溼度 40~60%下，使果心溫度達43℃後，再於飽和相對溼度下加熱至果心溫度47.2℃，果心溫度達47.2℃後迅速將果溫降至常溫，檢疫處理後送回實驗室。處理方式為分別裝入原20kg裝紙箱，以電石於29±1℃下催熟24、36及48小時，以1℃貯藏7天之後全部取出，並各取17顆果實調查品質，其餘果實於23±3℃回溫2天後，再各取17顆果實調查品質。

第三部分試驗則選擇一適合運輸之果實成熟度，觀察於不同溫度貯運後之品質。於2005年4月果實採收後，送回實驗室。處理方式分為對照組及處理組，對照組裝入原20kg裝紙箱，於30℃下以電石催熟24小時後，取14顆果實調查品質。處理組裝入原20kg裝紙箱，於30℃下以電石催熟24小時後，分別於1、3、6、9、12及15℃下，貯藏7天後各取14顆果實調查品質，其餘果實於24±1℃回溫3天後，再各取14顆果實調查品質。

3. 調查項目及方法

(1)果皮顏色之測定

在番木瓜果實運回實驗室之後即於其赤道部標記測定部位，以色差儀(Handy colorimeter, Nippon Denshoku 出品，Model NR-3000) 測定果皮顏色，分別測

定L、a*、b*、C、H值。L(Lightness)值表示果實明亮度，100為白色，0為黑色；a*值表紅綠程度，a*值為正代表顏色偏紅，a*值為負代表顏色偏綠；b*值表黃藍程度，b*值為正代表顏色偏黃，b*值為負代表顏色偏藍；C 值為彩度(Chroma)，數值愈高代表顏色愈濃；H值為色相角度(Hue angle)，表示果實顏色色相之變化，0度為紅色-紫色(red-purple)，90度為黃色(yellow)，180度為藍色-綠色(bluish-green)，270度為藍色(blue)。

(2)果肉顏色之測定

將番木瓜果實自果肩下約2/3處橫切，以色差儀(Handy colorimeter, Nippon Denshoku出品，Model NR-3000)測定果實切面中間之顏色，分別測定L、a*、b*、C、H值。

(3)果肉硬度之測定

將番木瓜果實自果肩下約2/3處橫切，於切面中間處以硬度計(Penetrometer F327)測定單位面積內穿刺果肉所需最大力量，平頭探針直徑為7.97mm，每個果實測量切面上對應之兩點求其平均值。讀取單位為kg，讀值乘以9.8後換算為牛頓力(N)，作為表示硬度之單位。

(4)果實全可溶性固形物之測定

於番木瓜果實自果肩下約 2/3 處橫切，將果肉壓擠出果汁，以手持折射計(Hand refractometer, Atago Model N1)，測定果汁中全可溶性固形物(total soluble solid, TSS)的含量為代表，本項測定皆於 25℃下進行，單位以°Brix表示之。

(5)蒂腐病發生率之判斷

番木瓜果實蒂部外觀出現凹陷之水浸狀斑點，即視為蒂腐病之病徵，以平均發生率表示之。

結　果

（一）蒸熱處理對番木瓜果實品質之影響

觀察蒸熱處理對番木瓜果實品質的影響，發現果實先蒸熱處理再經 12℃貯藏 7 天並催熟後（表 1），果皮顏色 L 值與 C 值與對照組無顯著差異，處理組 a*值較低，顯示果皮顏色仍偏綠色。處理組 b*值較低，顯示轉黃程度不如對照組，由色相角度 H 值而言，亦顯示其轉色不如對照組。處理組之果肉硬度較對照組為高，糖度則無顯著差異。在食用風味方面，與對照組略有不同，果肉質地較硬，且接近果皮之果肉有苦味。

表 1. 蒸熱處理對 12℃下貯藏 7 天後以電石催熟之'台農二號'番木瓜果實果皮顏色、硬度及糖度的影響。

Table 1. Effects of vapor heat treatment on the peel color, firmness, and total soluble solid(TSS) of 'Tainung No.2' papaya fruits stored at 12℃ for 7 days and then ripened with CaC_2 at 30℃ for 3 days.

Treatments	Peel color[y]					Firmness	TSS
	L	a*	b*	C	H	(N)	(°Brix)
Control	55.9 a[z]	8.9 a	45.3 a	46.2 a	79.0 b	23.8 b	8.4 a
Vapor heat(lot 1)	53.6 a	4.3 b	39.9 b	40.2 a	83.7 a	36.8 a	8.2 a
Vapor heat(lot 2)	52.0 a	5.4 b	39.1 b	39.6 a	82.0 a	33.1 a	8.6 a

[z] Mean separation within column by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.
[y] L= lightness; C= chroma, $(a^2 + b^2)^{1/2}$; H= hue angle, $\tan^{-1}(b/a)$.

（二）蒸熱後冷卻水溫對 '台農二號' 番木瓜果實品質之影響

觀察蒸熱處理後不同的冷卻水溫對番木瓜果實品質的影響，進一步了解適當之冷卻水溫，以控制蒸熱後的等待時間。發現以 0℃冰水冷卻 15 分鐘後果心溫度降至 30℃，27℃水冷卻 75 分鐘後果心溫度降至 30℃。以電石在 30℃下催熟 3 天後，果皮顏色 L 值與 C 值無顯著差異，0℃冰水預冷處理者其色相角度 H 值較高，顯示其轉色不如 27℃冷水預冷者，且果實外觀出現轉色不均之燙斑。兩組處理之果肉顏色無顯著差異，果肉硬度皆軟化無法測得，而 0℃預冷處理者糖度較高(表 2)。0℃預冷處理者有 40%出現蒂腐病病徵，27℃預冷處理者有 60%出現蒂腐病病徵，但所有處理組發病症狀輕微，發生面積皆在 5%以下。

表 2. 蒸熱處理後冷卻水溫對'台農二號'番木瓜果實果皮顏色、果肉顏色、糖度及蒂腐病的影響。

Table 2. Effects of hydrocooling temperature on the peel color, pulp color, total soluble solid(TSS), and stem-end rot of 'Tainung No.2' papaya fruits after ripened with CaC_2 at 30℃ for 3 days.

Hydrocooling	Peel color[z]			Pulp color[z]			TSS	Stem-end	Peel[y]
temperature	L	C	H	L	C	H	(°Brix)	rot(%)	scald
0℃	61.9 a[x]	55.1 a	72.4 a	47.0 a	52.8 a	47.6 a	10.8 a	40.0	+
27℃	62.6 a	57.8 a	70.0 b	49.0 a	51.8 a	49.4 a	10.0 b	60.0	—

[z] L= lightness; C= chroma, $(a^2 + b^2)^{1/2}$; H= hue angle, $\tan^{-1}(b/a)$.

[y] + = serious scald on peel surface; — = no scald symptom.

[x] Mean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

（三）貯運溫度對'台農二號'番木瓜果實品質之影響

為節省包裝作業之過程，不經電石催熟之'台農二號'番木瓜果實，在提高貯運溫度下，觀察果實品質是否具商品價值。發現番木瓜果實蒸熱處理後，再以不同溫度貯藏，果皮顏色大致有貯藏溫度愈高則轉色愈快的趨勢（表 3），即明度愈高、彩度愈高，色相角愈偏向橙黃。經 15、18 及 21℃貯藏 7 天之後，果肉硬度仍超過 196.4N，顯示果肉皆無軟化跡象，以 24℃貯藏 7 天後，果肉則已軟化，硬度為 24.8N。貯藏 7 天之後各處理皆有炭疽病及蒂腐病的腐爛病徵出現，經 18℃貯藏後腐爛率達 100%。在食用風味方面，無腐爛之果實風味正常。

貯藏後再於 23±3℃下回溫 2 天後，果皮顏色大致亦依貯藏溫度愈高則轉色愈多的趨勢（表 3）。果肉硬度亦大致依貯藏溫度愈高則硬度愈低的趨勢，但各處理皆出現果肉軟化不均，有硬塊存在的現象，且經 15℃貯藏者，有 5 顆果實硬度尚超過 196.4N；18℃貯藏者，有 7 顆果實硬度尚超過 196.4N；21℃貯藏者，有 4 顆果實硬度尚超過 196.4N；24℃貯藏者，有 8 顆果實硬度尚超過 196.4N。經 15、18 及 21℃貯藏並回溫後，糖度無顯著差異，經 24℃貯藏並回溫後，糖度較低，為 9.4°Brix。經貯藏並回溫之後各處理皆有炭疽病及蒂腐病的腐爛病徵出現。在食用風味方面，無腐爛之果實風味正常。

表 3. 貯藏溫度對蒸熱處理後的'台農二號'番木瓜果皮顏色、硬度、糖度及腐爛率之影響。

Table 3. Effects of storage temperature on the peel color, firmness, total soluble solid(TSS), and decay of 'Tainung No.2' papaya fruit treated with vapor heat.

Storage temperature (℃)	Peel color[z]			Firmness (N)	TSS (°Brix)	Decay[y] (%)
	L	C	H			
Storage for 7 days						
15	41.0 c[x]	16.3 c	91.3 a	>196.4	ND	15.0
18	46.2 b	25.8 b	89.1 a	>196.4	ND	100.0
21	39.4 c	16.4 c	91.5 a	>196.4	ND	36.8
24	63.2 a	54.9 a	73.5 b	24.8	9.8	35.0
Rewarmed at 23±3℃ for 2 days following storage						
15	43.9 c	23.7 c	87.0 a	52.5 a	10.2 a	44.4
18	58.1 a	45.9 a	79.7 b	30.2 b	10.0 ab	100.0
21	47.9 b	29.4 b	87.7 a	58.8 a	10.1 a	30.0
24	59.4 a	51.0 a	70.8 c	21.0 c	9.4 b	100.0

[z] L= lightness; C= chroma, $(a^2 + b^2)^{1/2}$; H= hue angle, $\tan^{-1}(b/a)$.

[y] Anthracnose and stem-end rot.

[x] Mean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

（四）溫湯處理對'台農二號'番木瓜果實品質及腐爛之影響

由於番木瓜果實易發生貯藏病害，因此以溫湯處理後之果實觀察其腐爛情形。番木瓜果實先蒸熱處理再經不同溫度溫湯處理後（表 4），各處理組果皮均出現燙斑，如圖 5 所示各處理第 7 天之果實，均出現熱傷害而使果皮轉色不均，部分熱傷害嚴重之果實亦出現褐斑，如 50.0℃下超過 40 分鐘的處理、52.5℃下超過 10 分鐘的處理、55.0℃下超過 5 分鐘的處理、57.5℃及 60.0℃下各組，嚴重影響外觀及商品價值。以果皮顏色來看，第 7 天之果皮 L 值以 57.5℃-15min、60.0℃-5min 以及 60.0℃-10min 處理者明顯較對照組為低，分別為 41.1、44.1 及 38.3，其餘各處理組 L 值雖與對照組相近，但因果皮轉色的不均勻分佈，果皮色差值已無法顯示其間的差異。第 7 天之果皮 C 值以 57.5℃-15min、60.0℃-5min 以及 60.0℃-10min 處理者明顯較對照組為低，分別為 23.6、25.3 及 18.0，其餘

各處理組C值雖與對照組相近甚至更高，但亦因果皮轉色的不均勻分佈，果皮色差值的取樣方式無法顯示其間的差異，果實外觀已不具商品價值。

以果肉硬度來看，50.0℃-50min、57.5℃-15min、60.0℃-1min、60.0℃-5min及60.0℃-10min處理者明顯較對照組為高，分別為32.3、32.4、35.2、34.9及35.8N。以病害發生率而言，對照組有 80%的炭疽病及蒂腐病的腐爛病徵出現，其他各處理組腐爛率皆不若對照組高，但各處理組間無一致性的表現，腐爛率似與溫湯處理之時間無關。

表 4. 溫湯處理對'台農二號'番木瓜果實果皮顏色、硬度、糖度及腐爛的影響。

Table 4. Effect of hot-water treatment on the peel color, firmness, total soluble solid(TSS), and decay of 'Tainung No.2' papaya.

Hot-water treatment		L^x		C^x		H^x		Firmness	TSS	Decay[y]
Temperature	Duration	5days[z]	7days	5days	7days	5days	7days	(N)	(°Brix)	(%)
25.0℃	0 min	52.1	54.4	33.2	38.1	85.3	78.2	25.0	9.6	80.0
50.0℃	10 min	50.9	52.6	33.4	37.4	84.9	75.1	29.4	10.0	25.0
	20 min	55.9	55.1	36.0	42.4	85.4	75.7	30.0	10.0	10.0
	30 min	49.6	51.0	32.6	36.7	84.7	76.3	29.8	9.7	36.4
	40 min	49.8	50.6	33.7	36.9	85.1	76.0	29.8	9.4	77.8
	50 min	48.9	51.7	31.9	36.5	85.9	77.8	32.3	10.1	18.2
52.5℃	3 min	57.4	61.2	42.6	49.5	82.1	73.8	25.0	9.9	30.0
	5 min	60.8	62.6	46.5	52.5	79.4	71.8	25.0	10.3	0.0
	10 min	54.4	55.3	40.4	43.1	83.8	76.4	29.7	9.2	0.0
	15 min	50.9	51.2	37.3	39.3	82.5	72.4	29.9	10.1	22.2
	20 min	54.7	56.3	41.7	45.3	79.4	71.6	23.3	10.4	8.3
55.0℃	1 min	55.7	59.1	41.0	48.3	84.3	76.9	21.8	10.0	50.0
	3 min	57.0	58.0	42.9	46.1	79.6	70.9	21.5	10.3	0.0
	5 min	57.8	58.9	44.1	47.4	80.7	72.9	19.2	10.4	11.1
	10 min	58.4	62.8	44.9	53.0	85.9	76.9	19.2	10.1	0.0
	15 min	60.1	61.4	46.2	49.8	79.6	72.0	21.4	10.5	0.0
57.5℃	1 min	60.4	62.9	44.8	51.0	83.6	75.2	20.3	10.5	0.0
	3 min	56.1	57.9	39.8	45.2	83.0	75.5	26.9	9.9	9.1
	5 min	56.4	58.0	39.0	42.9	81.9	73.8	22.8	10.6	0.0
	10 min	49.1	50.4	30.1	33.3	83.4	75.0	29.8	10.7	0.0
	15 min	41.3	41.1	22.2	23.6	80.3	73.1	32.4	10.5	10.0
60.0℃	30 sec	56.5	60.2	40.1	47.4	84.4	75.9	27.6	10.8	0.0
	1 min	47.4	50.8	27.4	32.8	85.0	77.7	35.2	10.7	41.7
	3 min	53.1	55.6	35.9	40.1	84.2	77.1	29.8	10.7	0.0
	5 min	39.9	44.1	19.2	25.3	75.4	77.4	34.9	9.8	18.2
	10 min	37.7	38.3	16.8	18.0	72.0	66.5	35.8	10.5	0.0
LSD(0.05)		5.44	5.70	7.52	8.52	3.99	4.51	4.59	0.64	

[z] Day at 23±3℃.

[y] Anthracnose and stem-end rot evolved at the 5+2 days.

[x] L= lightness; C= chroma, $(a^2 + b^2)^{1/2}$; H= hue angle, $\tan^{-1}(b/a)$.

（五）運輸時催熟－貯運溫度對番木瓜果實後熟速度之影響

以運輸時同時進行催熟的貯運方式下，發現‘台農二號’番木瓜果實蒸熱處理後，處理 Ethrel 在不同貯運溫度下 7 天之後，果皮的轉色大致隨溫度愈高轉色愈快(表 5)，但處理組果皮 H 值皆較對照組為高，顯示其尚未完全轉色。在 15℃(表 9)及 18℃下貯藏，果肉皆未軟化，硬度達 196.4N 以上，在 20、22 及 25℃下貯藏者，則隨溫度上升果肉硬度愈低，以 25℃貯藏者果肉已軟化適合食用。在各處理溫度下糖度則無顯著差異（表 7）。

在番木瓜果實不經蒸熱處理，以不同溫度下電石催熟的觀察試驗，於 30℃下果皮顏色之 H 值於第 56 小時接近 80（表 6）；於 25℃下果皮顏色之 H 值於第 84 小時接近 80（表 7）；於 20℃下果皮顏色之 H 值於第 7 天接近 80（表 9）；於 15℃下果皮顏色之 H 值於第 10 天接近 80（表 8），此時可視為完熟，適合食用。由此 4 組試驗，顯示貯藏溫度愈高，番木瓜後熟速度愈快(圖 1)。

表 5. 後熟溫度對蒸熱處理及益收催熟後之‘台農二號’番木瓜果實果皮顏色、硬度及糖度之影響。

Table 5. Effects of ripening temperature on the peel color, firmness, and total soluble solid(TSS) of ‘Tainung No.2’ papaya treated with Ethrel after vapor heat treatment and then ripened at various temperature for 7 days.

Ripening	Peel color[w]					Firmness	TSS
temperature(℃)	L	a*	b*	C	H	(N)	(°Brix)
CK[x]	55.9 a[y]	8.9 a	45.3 a	46.2 a	79.0 d	23.4 c	8.4 a
15	39.2 c	-1.6 d	27.9 b	28.0 b	92.8 a	>196.4[z]	8.2 a
18	39.8 c	-2.3 d	28.0 b	28.1 b	94.5 a	>196.4	8.9 a
20	46.4 b	0.4 c	31.2 b	31.4 b	89.2 b	80.7 a	8.6 a
22	46.3 b	0.5 c	30.8 b	30.7 b	89.1 b	51.6 b	8.6 a
25	56.0 a	5.8 b	46.1 a	46.5 a	82.7 c	29.3 c	8.4 a

[z] The firmness are over 196.4N.

[y] Means separation within column by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

[x] The control fruits were ripened with CaC_2 at 30℃ for 3 days.

[w] L= lightness; C= chroma, $(a^2 + b^2)^{1/2}$; H= hue angle, $\tan^{-1}(b/a)$.

表 6.‘台農二號’番木瓜果實在 30℃下電石催熟期間果皮顏色、果肉顏色、硬度及糖度之變化。

Table 6. Changes in peel color, pulp color, firmness, and total soluble solid(TSS) of ‘Tainung No.2’ papaya fruits during ripening treatment with CaC_2 at 30℃.

Time(hr)	Peel color[z]			Pulp color[z]			Firmness	TSS
	L	C	H	L	C	H	(N)	(°Brix)
0	40.8 d[y]	21.0 e	94.9 a	ND	ND	ND	>196.4	7.8 b
8	43.1 cd	26.0 d	95.4 a	ND	ND	ND	>196.4	8.2 ab
16	44.8 c	29.2 d	92.5 ab	ND	ND	ND	66.5 a	8.3 ab
24	50.3 b	35.3 c	90.7 bc	55.3 a	41.8 e	59.3 ab	34.5 b	9.1 a
32	50.7 b	36.2 c	88.0 cd	ND	ND	ND	33.1 b	7.8 b
40	54.8 a	42.3 b	85.9 d	55.7 a	44.1 d	61.3 a	23.5 c	9.0 a
48	56.9 a	45.1 ab	85.7 d	51.6 b	45.5 c	58.8 b	24.3 c	8.7 ab
56	55.0 a	44.0 ab	81.1 e	55.4 a	46.2 bc	59.5 ab	24.2 c	8.4 ab
64	57.8 a	48.4 a	77.4 e	54.1 a	48.2 a	59.5 ab	22.7 c	8.7 ab
72	57.1 a	48.4 a	77.5 e	55.4 a	47.5 ab	59.3 ab	19.6 c	8.5 ab

[z] L= lightness; C= chroma, $(a^2 + b^2)^{1/2}$; H= hue angle, $\tan^{-1}(b/a)$.

[y] Mean separation within column by Duncan’s multiple range test at $p \leqq 0.05$.

表 7.‘台農二號’番木瓜果實在 25℃下電石催熟期間果皮顏色、果肉顏色、硬度及糖度之變化。

Table 7. Changes in peel color, pulp color, firmness, and total soluble solid(TSS) of ‘Tainung No.2’ papaya fruits during ripening treatment with CaC_2 at 25℃.

Time(hr)	Peel color[y]			Pulp color[y]			Firmness	TSS
	L	C	H	L	C	H	(N)	(°Brix)
0	39.2 e[z]	21.9 e	97.3 a	56.5 b	34.0 e	49.3 bc	>196.4	7.5 bc
12	41.3 e	24.4 e	95.5 a	60.1 a	34.0 e	51.7 ab	130.8 a	7.9 ab
24	44.7 d	28.8 d	92.4 b	52.7 d	41.1 c	48.6 c	35.2 b	8.1 a
36	45.3 d	29.7 d	91.7 b	55.0 bc	38.3 d	52.1 a	26.6 c	7.7 abc
48	49.5 c	36.4 c	91.0 b	53.1 cd	41.3 c	52.3 a	22.1 cd	7.4 c
60	52.7 b	41.9 b	88.1 c	52.5 de	43.2 bc	52.0 a	18.7 d	7.4 c
72	55.1 a	44.9 b	84.9 d	53.5 cd	44.4 b	52.5 a	12.2 e	7.5 bc
84	57.5 a	48.8 a	79.4 e	50.8 e	47.1 a	51.2 ab	11.8 e	7.9 ab

[z] Mean separation within column by Duncan’s multiple range test at $p \leqq 0.05$.

[y] L= lightness; C= chroma, $(a^2 + b^2)^{1/2}$; H= hue angle, $\tan^{-1}(b/a)$.

表 8.‘台農二號’番木瓜果實在 20℃下電石催熟期間果皮顏色、果肉顏色、硬度及糖度之變化。

Table 8. Changes in peel color, pulp color, firmness, and total soluble solid(TSS) of ‘Tainung No.2’ papaya fruits during ripening treatment with CaC_2 at 20℃.

Time	Peel color[y]			Pulp color[y]			Firmness	TSS
(days)	L	C	H	L	C	H	(N)	(°Brix)
0	37.7 g[*]	20.1 g	95.9 a	54.6 a	37.3 e	49.2 e	>196.4	8.5 b
1	40.7 f	24.5 f	92.4 b	52.1 bc	41.5 d	49.5 de	50.9 a	8.9 a
2	44.7 e	31.3 e	89.5 c	52.7 b	43.2 d	50.6 bcde	19.9 b	8.3 bc
3	49.7 d	39.0 d	85.7 d	50.4 cd	45.7 c	50.3 cde	16.2 c	8.3 bc
4	51.6 d	40.7 d	85.8 d	50.7 cd	47.4 abc	50.9 bcd	14.5 cd	8.3 bc
5	55.1 bc	47.0 c	82.5 e	50.8 cd	47.0 bc	52.9 a	13.5 cd	8.0 bcd
6	53.9 c	44.5 c	82.9 e	50.7 cd	47.1 bc	51.9 abc	12.8 d	7.6 d
7	56.9 b	50.3 b	81.8 e	50.4 cd	48.1 ab	51.6 abc	13.4 cd	8.0 bcd
8	59.7 a	54.2 a	76.9 f	49.6 d	49.3 a	52.3 ab	12.1 d	8.0 cd

[z] Mean separation within column by Duncan’s multiple range test at $p \leq 0.05$.
[y] L= lightness; C= chroma, $(a^2 + b^2)^{1/2}$; H= hue angle, $\tan^{-1}(b/a)$.

表 9.‘台農二號’番木瓜果實在 15℃下電石催熟期間果皮顏色、果肉顏色、硬度及糖度之變化。

Table 9. Changes in peel color, pulp color, firmness, and total soluble solid(TSS) of ‘Tainung No.2’ papaya fruits during ripening treatment with CaC_2 at 15℃.

Time	Peel color[y]			Pulp color[y]			Firmness	TSS
(days)	L	C	H	L	C	H	(N)	(°Brix)
0	36.9 f[z]	18.9 g	91.6 a	54.8 a	42.6 d	47.7 b	>196.4	8.3 bc
1	38.8 e	26.4 f	89.3 b	52.2 bc	47.1 c	48.5 b	32.0 a	8.7 b
2	41.6 d	32.4 e	86.9 c	53.1 b	46.6 c	51.1 a	15.9 b	9.5 a
4	44.9 c	37.8 d	86.2 c	52.3 bc	49.6 b	51.2 a	11.5 c	8.6 bc
6	45.8 c	38.2 d	84.0 d	50.7 cd	50.7 ab	50.7 a	12.2 bc	8.4 bc
8	49.3 b	42.4 c	83.1 d	50.1 d	50.1 b	50.5 a	12.5 bc	8.4 bc
10	50.5 b	46.1 b	82.8 d	50.9 cd	51.0 ab	51.3 a	12.1 bc	8.0 c
12	55.7 a	50.1 a	74.8 e	50.8 cd	52.7 a	51.8 a	12.8 bc	8.6 bc

[z] Mean separation within column by Duncan’s multiple range test at $p \leq 0.05$.
[y] L= lightness; C= chroma, $(a^2 + b^2)^{1/2}$; H= hue angle, $\tan^{-1}(b/a)$.

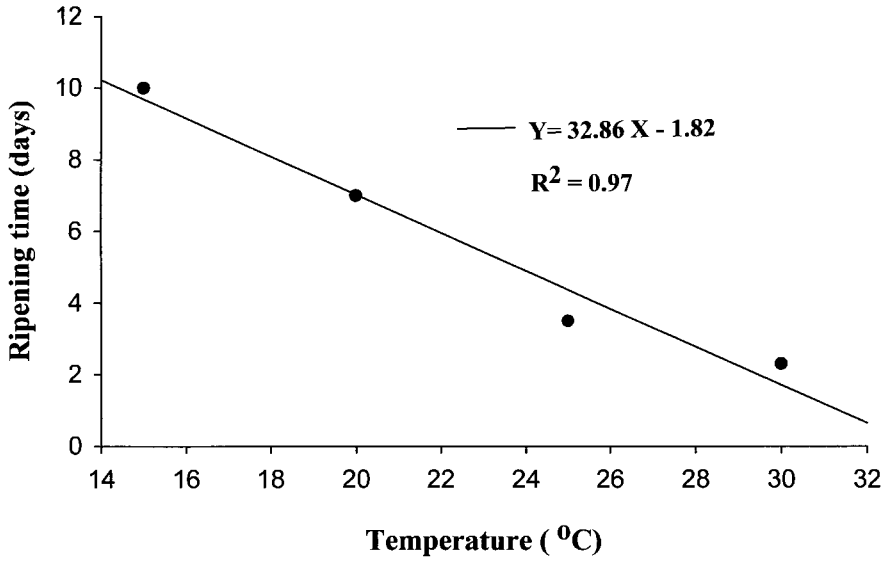


圖 1. 貯藏溫度與完熟所需時間之關係，以 H 值接近 80 時視為完熟。

Fig. 1. The relationship between storage temperature and ripening time. Ripening time were the days needed for fruit to reach a H value of 80.

（六）先催熟再運輸－催熟溫度及貯運溫度對‘台農二號’番木瓜果實品質之影響

觀察‘台農二號’番木瓜果實在較高的溫度下以電石催熟，是否可加速後熟，以進一步節省貯運之等待時間，於試驗中發現，各組之間果皮顏色無顯著差異（表 10），於 42℃下催熟之果實果肉顏色 L 值較高、C 值較低。果肉硬度則以 30℃下催熟之果實最軟，其值為 34.5N，於 33、36 及 39℃下催熟之果肉軟化明顯較為緩慢，42℃下催熟之果實果肉軟化不均，果肉有大量硬塊存在，平均硬度仍超過 196.4N，且有異味出現。

再以 29±1℃下不同時間的電石催熟後，發現先經過 47.2℃蒸熱處理的果實，催熟 48 小時再經 1℃貯藏 7 天後（表 11），果皮顏色 L 值及 C 值皆較高，催熟 24 及 36 小時後再貯藏者果肉硬度皆超過 196.4N，催熟 48 小時再貯藏者，果肉軟化不均，其中 8 顆果實硬度超過 196.4N，表 11 所示 54.2N 為另外 9 顆果實之平均硬度。貯藏後再於 23±3℃下回溫兩天，其果肉軟化不均，均有硬塊出現，催熟 24

小時處理組硬度皆超過 196.4N，催熟 36 小時處理者，其中 11 顆果實硬度超過 196.4N，表 13 所示 80.1N 為另外 6 顆果實之平均硬度。催熟 48 小時處理者，其中 2 顆果實硬度超過 196.4N，表 11 所示 28.6N 為另外 15 顆果實之平均硬度。

接著以不同貯藏溫度對電石催熟24小時的‘台農二號’番木瓜貯藏7天之影響試驗中，果皮顏色及果肉硬度不論是貯藏後或貯藏後再回溫，其變化大致依貯藏溫度愈高轉色愈快、硬度愈低（表 12）。果肉顏色部分，不論是貯藏後或貯藏後再回溫，其變化大致依貯藏溫度愈高轉色愈快（表 13）。

表 10. 不同催熟溫度下，以電石催熟 24 小時對‘台農二號’番木瓜果皮果肉顏色、硬度及糖度的影響。

Table 10. Effects of ripening temperature on the peel color, pulp color, firmness, and total soluble solid(TSS) of ‘Tainung No.2’ papaya fruits ripened with CaC_2 for 24hr.

Ripening	Peel color[y]			Pulp color[y]			Firmness	TSS
temperature(℃)	L	C	H	L	C	H	(N)	(°Brix)
30	50.3 a[z]	35.3 a	90.7 a	55.2 b	41.8 a	59.3 a	34.5 b	9.1 a
33	46.3 b	29.4 b	90.5 a	54.8 b	40.5 a	59.5 a	45.6 a	8.4 b
36	48.9 ab	33.2 ab	93.0 a	54.0 b	42.4 a	59.7 a	45.6 a	8.1 b
39	49.2 ab	34.8 a	92.5 a	55.0 b	43.0 a	60.6 a	52.6 a	7.9 b
42	47.8 ab	31.8 ab	93.0 a	62.9 a	35.7 b	60.5 a	＞196.4	8.8 a

[z] Mean separation within column by Duncan’s multiple range test at $p \leq 0.05$.
[y] L= lightness; C= chroma, $(a^2 + b^2)^{1/2}$; H= hue angle, $\tan^{-1}(b/a)$.

表 11.貯運前不同的催熟時間對貯運後'台農二號'番木瓜果皮顏色、硬度、糖度及腐爛率之影響。

Table 11. Effects of ripening time before storage on the peel color, firmness, total soluble solid(TSS), and decay of 'Tainung No.2' after storage.

Ripening time[x](hr)	Peel color[z]			Firmness	TSS	Decay[y]
	L	C	H	(N)	(°Brix)	(%)
Stored at 1℃ for 7 days						
24	39.9 b[w]	29.6 b	86.9 a	>196.4	ND	0.0
36	36.3 b	26.9 b	83.7 a	>196.4	ND	25.0
48	45.9 a	40.8 a	84.2 a	54.2	9.0	41.2
Rewarmed at 23±3℃ for 2 days following storage						
24	43.8 c	22.5 c	90.6 a	>196.4	ND	42.9
36	46.8 b	30.2 b	85.8 b	80.1 a	11.1 a	52.6
48	57.2 a	41.4 a	81.2 c	28.6 b	11.1 a	35.7

[z] L= lightness; C= chroma, $(a^2 + b^2)^{1/2}$; H= hue angle, $\tan^{-1}(b/a)$.

[y] Anthracnose and stem-end rots.

[x] Fruits were ripened with CaC_2 at 29±1℃.

[w] Mean separation within period by Duncan's multiple range test at 5% level.

表 12. 貯藏溫度對經 30℃下電石催熟 24 小時的'台農二號'番木瓜貯藏 7 天之果皮顏色、硬度及糖度之影響。

Table 12. Effects of storage temperature on the peel color, firmness, and total soluble solid(TSS) of 'Tainung No.2' papaya fruits ripened with CaC_2 at 30℃ for 24 hours.

Storage	Peel color[y]					Firmness	TSS
temperature(℃)	L	a*	b*	C	H	(N)	(°Brix)
After ripened at 30℃ for 24 hours							
	45.2 c[z]	-1.7 c	30.70 c	30.8 c	92.9 a	32.1 b	8.0 ab
After 7 days storage							
1	41.0 d	1.2 ab	33.5 c	33.6 c	88.5 bc	43.5 a	7.9 b
3	45.8 c	-0.4 bc	40.2 b	40.3 b	90.7 ab	26.8 c	7.9 b
6	46.5 bc	-0.3 bc	43.0 ab	43.1 ab	90.8 ab	26.0 c	7.8 b
9	48.9 ab	0.6 bc	44.8 ab	44.9 ab	89.5 bc	24.8 cd	8.3 a
12	49.2 ab	1.0 b	45.3 a	45.5 a	89.1 bc	22.7 d	7.9 b
15	51.5 a	3.2 a	42.6 ab	42.9 ab	86.4 c	19.3 e	7.9 b
Rewarmed at 24±1℃ for 3 days following storage							
1	49.8 c	4.1 b	37.6 d	37.9 c	84.0 b	21.9 b	7.9 ab
3	51.7 bc	3.4 b	39.5 cd	39.8 c	85.3 b	16.6 cd	7.6 b
6	53.0 b	3.4 b	41.6 bc	42.0 bc	85.8 b	18.4 c	7.9 ab
9	54.2 b	5.0 b	43.4 bc	43.9 b	84.1 b	18.0 cd	7.8 ab
12	54.0 b	4.6 b	43.9 ab	44.2 b	84.5 b	17.6 cd	7.9 ab
15	56.7 a	8.8 a	47.3 a	48.3 a	79.6 c	15.5 d	7.7 ab

[z] Mean separation within column by Duncan's multiple range test at $p \leqq 0.05$.

[y] L= lightness; C= chroma, $(a^2 + b^2)^{1/2}$; H= hue angle, $\tan^{-1}(b/a)$.

表 13. 貯藏溫度對經 30℃下電石催熟 24 小時的'台農二號'番木瓜貯藏 7 天之果肉顏色的影響。

Table 13. Effects of storage temperature on the pulp color of 'Tainung No.2' papaya fruits ripened with CaC_2 at 30℃ for 24 hours.

Storage temperature	Pulp color[y]				
(℃)	L	a*	b*	C	H
After ripened at 30℃ for 24 hours					
	54.1 a[z]	25.6 c	30.8 e	40.1 c	50.5 a
After 7 days storage					
1	49.9 c	25.5 c	31.2 de	40.3 c	50.6 a
3	52.3 ab	26.8 bc	32.0 de	41.8 c	50.2 a
6	52.8 ab	26.5 bc	32.6 cd	42.1 bc	51.0 a
9	52.0 b	28.6 ab	33.6 bc	44.1 ab	49.6 a
12	51.7 b	28.0 ab	34.6 ab	44.5 a	51.0 a
15	51.6 b	29.4 a	35.7 a	46.3 a	50.5 a
Rewarmed at 24±1℃ for 3 days following storage					
1	49.1 d	27.8 b	31.3 d	41.9 de	48.4 c
3	52.0 bc	28.5 b	32.7 c	43.4 cd	49.0 bc
6	51.9 bc	29.1 ab	34.8 ab	45.4 ab	50.1 ab
9	51.4 bc	29.0 ab	33.7 bc	44.7 bc	48.9 bc
12	52.5 b	28.8 ab	35.3 a	45.6 ab	50.8 a
15	50.8 c	30.5 a	36.0 a	47.2 a	49.7 abc

[z] Mean separation within column by Duncan's multiple range test at $p \leqq 0.05$.
[y] L= lightness; C= chroma, $(a^2 + b^2)^{1/2}$; H= hue angle, $\tan^{-1}(b/a)$.

討　論

觀察‘台農二號’番木瓜 12 月與 3 月採收之果實，經蒸熱處理後於 12℃下貯藏 7 天後以電石催熟，果實較不易後熟軟化，轉色亦較差（表 1）。且再經溫湯處理之後，影響的程度更加嚴重，均出現熱傷害而使果皮轉色不均，部分熱傷害嚴重之果實更出現褐斑（表 4）。Paull（1995）指出番木瓜冬季的果實的中果皮鈣含量較高，對熱處理敏感性較高，因此在後熟期間會因加熱而無法軟化，1 月份採收之果實在 49℃27 分鐘處理後，即誘使中果皮無法軟化，而 4、7、8、9 月份的果實則可承受達 45 分鐘的處理。在 Qiu 等人(1995)的實驗亦指出‘Sunset’番木瓜果實的後熟過程，中果皮的鈣濃度明顯與成熟果實硬度及中果皮軟化率有關，且果實中鈣濃度若在 130 $\mu g \cdot g^{-1}$ 以上，則果實軟化速率較慢，因此冬季減少鈣肥的施用，或為可行之方式。在腐爛的發生方面，雖然蒸熱處理後再以溫湯處理果實，腐爛率較對照組為低，Melvin（1986）亦指出番木瓜以 49℃溫湯處理 20 分鐘能有效降低腐敗的發生，但在本實驗中溫湯處理後之腐爛率，各組之間似無規律可循，且並無法完全抑制病害發生，熱傷害也影響了果實外觀（表 4）。

‘台農二號’番木瓜果實在蒸熱處理後皆需進行冷卻，而冷卻時間直接影響了貿易商的出貨速度，因此需比較蒸熱後冷卻水溫的差異對果實品質的影響。以 0℃冰水降溫 15 分鐘後，再於 30℃下以電石催熟 3 天，果皮顏色轉色較差且有輕微燙斑出現（表 2），推測其原因可能為寒害所造成。而 27℃冷水降溫者蒂腐病發生率較高，推測可能因浸泡水中長達 75 分鐘，而增加了病原菌進入傷口的機會。因此尋找高於 0℃的冷卻水溫，避免寒害發生，又能快速降溫，仍需繼續探討。12 月採收之果實雖在蒸熱處理後，不經熟處理，以 24℃貯運可持續後熟轉色，但仍有 35%的病害發生率（表 3），若欲以蒸熱處理後再經溫湯處理殺菌，雖有降低病害發生之情形，但卻使熱傷害之情形更加嚴重，因此如何於栽培期間降低冬季果實之鈣含量，以進一步降低對熱的敏感性，似為可行之方向，且於田間管理即開始預防病害的感染，亦為重要的關鍵。由前述結論，番木瓜在蒸熱處理後，於 12℃的貯運溫度下運輸 7 天，再以 30℃催熟 3 天後可上架銷售。若於蒸熱處理後，不經催熟，於 24℃下貯運 7 天亦應為可行的輸日流程。

以運輸時催熟的方式，按照運輸航程的差異，所需的催熟溫度亦有所差異，於實驗中，從 15 到 30℃的貯藏溫度，隨溫度愈高，後熟軟化速度愈快，轉色愈佳。以 7 天的貯運期來說，5 月份採收之果實於 20℃下催熟，可在 7 天後完熟，以 7 天至 11 天的貯運時間，則可以選擇 15 至 20℃的催熟溫度進行運輸。由前述結果，尚可由一公式推斷適合之催熟溫度及貯運時間，並直接於櫥架銷售，其式如下

溫度(℃)= (天數+1.82)/32.86

以先催熟再運輸的方式，則須注意番木瓜果實經催熟後是否耐貯運，以及到貨後是否適合銷售與可否繼續後熟，於實驗中，高於 33℃的後熟溫度，經電石催熟 24 小時候，會使果實出現後熟異常的情況（表 10），An 和 Paull（1990）即指出番木瓜超過 32.5℃的後熟溫度，易造成不正常後熟、延遲軟化、果肉出現硬塊、果肉顏色不佳、果皮轉色不佳、果表有陷點（pitting）等等，且風味也會受到影響。因此於 30℃下催熟番木瓜速度最快，亦不致造成後熟障礙，因此於 30℃下催熟 24 小時後再進行 7 天的貯運，以 12 月份之果實而言，1℃下的貯運溫度雖仍無法達到完熟品質，且軟化速度明顯不如 4 月份採收之果實。4 月份之果實，於 30℃下以電石催熟 24 小時後，以 12 或 15℃之溫度貯運 7 天，果肉已軟化適合食用，惟果皮轉色仍稍嫌不足。由前述結論，若於蒸熱檢疫後，經 30℃下催熟 24 小時後，再以 3-12℃之貯運溫度下運輸 7 天，再於櫥架銷售，亦為可行之流程。

參考文獻

1. 王德男、劉政道。2002。台灣加入 WTO 後木瓜產業之因應調整對策。農業世界 223: 10-11。
2. 王德男。1991。台灣木瓜栽培之回顧與展望。台灣果樹之生產及研究發展研討會專刊。pp. 357-371。
3. 邱耀瑞。2004。臺灣木瓜外銷探討。農業世界 254: 76-79。
4. 謝慶昌。2001。採收成熟度、貯藏溫度、後熟溫度及強制熱風處理對‘臺農二號’番木瓜品質之影響。中國園藝 47: 391-408。

5. An, J. F. and R. E. Paull. 1990. Storage temperature and ethylene influence on ripening of papaya fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115: 949-953.
6. Paull, R. E. and N. J. Chen. 1990. Heat shock response in field-grown, ripening papaya fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115: 623-631.
7. Paull, R. E., W. Nishijima, M. Reyes, and C. Cavaletto. 1997. Postharvest handling and losses during marketing of papaya (*Carica papaya* L.). Postharvest Biol. Techn. 11: 165-179.
8. Qiu, Y., M. S. Nishina, and R. E. Paull. 1995. Papaya fruit growth, calcium uptake, and fruit ripening. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120: 246-253.
9. Sankat, C. K. and R. Maharaj. 1997. Papaya. p.167-189. In: S.K. Mitra (ed.)Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits.CAB International, NY.

◎ 綜 合 討 論 ◎

劉分所長政道：

感謝各位很有耐心的聆聽今天所安排的課程，短短的一天，安排了與木瓜有關的產、官、學、策略與運銷等議題，都獲得一致的共識與成效。我要藉此機會感謝各位主持人與主講人來參加這個研討會，現在開放給各位做最後討論，因為在討論中往往可以得到更好的方向。

林副教授正忠問：

鳳山分所目前在做木瓜 GMO 檢測時，是否發現有空氣、花粉的污染，影響健康株的現象？杉林鄉有一段時間均是露天栽培的，而且栽培面積也不小，請問該地區的木瓜苗品質如何，是否會對大環境有所衝擊？

劉分所長政道：

目前實地抽查國內的木瓜產地，是有發現有 GMO 的苗，但目前檢測到的場所，都交由當地縣政府前往列管勸導改善，對外並不公開。

李助理研究員文立：

我們實驗室目前正對全台木瓜種植農戶，實地去抽檢其種苗品質，當然有發現少數幾戶是有 GM 木瓜。若沒有採用網室栽培的木瓜可以懷疑是 GM 的，但卻不能以此做為判斷的標準。像在彰化田中地區有些農戶種植”紅妃”這個品種，主要是用做蔬菜用，因此未搭網，其木瓜也是非 GM 的。

杉林鄉有些產區的確沒有採用網室來種植，但我們認為，台灣的 GMO 苗主要是來自種苗商，種苗商有可能其親本為 GM 木瓜而不自知，其種苗當然會有被污染的情形，所以目前我們的做法是以從種苗商的控制著手。台灣農民自己留種的很少，加上網室栽培應該不會有基因污染的問題。

歐組長錫坤問：

1. 抗輪點病毒病基因木瓜主要是利用 CP 片段，那麼崁紋病毒是否也能檢測得到？
2. 鳳山分所分生實驗室是否有申請認證的準備？

李助理研究員文立：

1. 利用 CP 片段無法鑑定雙抗品系，若使用 35s 為檢測目標，可判定為轉基因木瓜，但無法確定是單抗轉基因木瓜或雙抗轉基因木瓜。
2. 目前鳳山分所與台南場及種苗場這 3 個場所，是有在規劃進行實驗室認證的工作，預定明年可以申請通過 TIF 認證，所檢測的結果報告，將可以獲得 60 幾個國家的認可。

包教授慧俊：

用單引子是檢測不出來的，而此引子專利權目前也在中興大學葉教授手中(除非他願意將此引子的序列開放出來)。

王助理研究員仁晃問：

王主任上午的報告中，經驗分享—蓮霧部分因時間有限未述完部份能否再次公開，給後輩一點啟發。

王主任德男：

蓮霧的產期調節技術發現是很偶然的，大約是在 1970 年代末年的一次颱風之後，接連大雨不斷，鳳山分所的蓮霧樹被風給吹斜了且整個園區因排水不及而浸水幾天，沒過幾週之後，居然發現受損的蓮霧樹居然出現花苞來了，當下我認為似乎斷根與浸水可以誘導蓮霧樹的開花，所以開始設計實驗去證實產期調節的效果，很幸運的真的可以如此的控制。加上日後不斷的設計出其他的方法來搭配，如控制氮肥施用、環狀剝皮、剃光頭、敲頭處理等等，可以使處理效果更好，最近幾年又流行用蓋黑網的方式，處理效果更為穩定。我想蓮霧因為這項技術使蓮霧聲名大噪，經濟價值大漲，帶動整個產業的發展。我要說的是在田間的任何一個觀察與發現，要想辦法去證實或研究，均可能會有對產業有所突破之處。

※ 學 員 名 錄 ※

行政院農業委員會科技處	黃子彬、湯惟真
行政院農業委員會農糧署	黃碧海
台灣肥料股份有限公司	黃耀興
行政院農業委員會農業試驗所	陳炳輝、歐錫坤、施昭彰、宋家瑋、陳烈夫、劉嘉仁、蔡金川、劉木金、吳錫家
行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所	程永雄、房金翔、徐信次、楊宏仁、鍾志明官清杉、張哲瑋、楊儒民、張淑芬、唐佳惠蔡惠文、岳慶熙
農業藥物毒物試驗所	蘇秋竹
台灣香蕉研究所	陳志宏
花蓮區農業改良場	李國明
桃園區農業改良場	施伯明
台中區農業改良場	廖萬正、張致盛、張林仁、楊祐俊
台南區農業改良場	鄭安秀、林棟梁、林明瑩
高雄區農業改良場	王仁晃、黃賢良、張耀聰、黃明雅、陳志帆賴榮茂
種苗改良繁殖場	蕭吉雄、徐照堂
種苗改良繁殖場屏東種苗研究中心	邱展臺、劉麗珠、黃天民、戴雍發
國立台灣大學	王自存、張龍生、蔡嘉祐
國立中興大學	楊曜祥、陳京城、齊納班、謝慶昌、張書榮、謝慶昌、林慧玲、周靖凱、黃琇亭、秦丹筑、林瑞家、吳典佑、王茗慧、劉名旂、林梅月、林玉浩、陳昆陽、王歆婷、黃謥文、范俊傑、林玉茹、林建志、呂姿儀、潘美汶、陳誌健、李文豪、吳國政、張玉菁、羅惠萍、郭碧珊、鍾曉玲、曹家嬋

國立嘉義大學	李堂察、王怡尹
國立屏東科技大學	顏昌瑞、柯立祥、傅炳山、林正忠
環球技術學院	包慧俊、林信山
宜蘭大學	郭純德
美和技術學院	許仁宏
交通部觀光局	陳煜川
台灣種苗改進協會	王金池、許宏賓
農業世界(雜誌)	謝秀娟、郭志榮、李文的
福爾摩沙貿易公司	李政瑋、佐久間愛子
美加農產公司	邱順南
農興貿易公司	王振茂、李秀真
其　　他	陳光正、陳合成、盧希增
行政院農業委員會農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所	劉政道、王德男、溫宏治、陳甘澍、陳玲瑛、陳秋容、林榮貴、李文立、劉碧鵑、謝鴻業、張麗華、黃基倬、賴幸宜、呂鳳鳴、郝秀花、陳文華、曹麗玉、李碩朋、邱金春、許淼淼、潘全明、林淑卿、溫錦清、陳先利、林素花、鄭金蟬、黃曜宗、張仁宗、翁儷芳、林于倢陳文得、張惠雲、劉妍玲、張進財、翁國斌盧福成、林合發、劉文哲、黃伍郎、廖美惠連麗仙、謝素韶、劉美鳳、楊淑惠、佘蓮桂鄭清輝、鍾勝發、黃東煜、黃秀灝、劉秀雲歐嘉成、張鳳娥、張貴綿、王姿萍、薛玉卿黃錦繡、蔡東龍、魏秋藤、胡漢元、林琪瑞張鳳琴、謝淑婷、蔣雅如、王靜懿、郭春生吳麗錦

國家圖書館出版品預行編目資料

木瓜產業研討會專刊 ／ 王德男，李文立主編.
臺中縣霧峰鄉 ： 農委會農試所，民 95
面； 公分.（行政院農委會農業試驗所特刊 125 號）

ISBN-13：978-986-00-7399-7(精裝) NT$：350
ISBN-10：986-00-7399-6(精裝) NT$：350

1.果樹類－論文，講詞等

951113 0124

木瓜產業研討會專刊
發 行 人：林俊義、劉政道
主　　編：王德男、李文立
籌備委員：劉政道、王德男、林榮貴、劉碧鵑、謝鴻業、張麗華、
　　李文立、黃基倬、賴幸宜
審　　查：劉政道、王德男、溫宏治、楊耀祥、黃子彬、謝慶昌、
　　柯立祥、顏昌瑞
校　　對：李文立、薛玉卿
出版機關：行政院農業委員會農業試驗所
地　　址：台中縣霧峰鄉萬豐村中正路 189 號
網　　址：http://www.tari.gov.tw
電　　話：Tel：(04)23302301
設計承印：昕運國際有限公司
　地　址：高雄縣鳳山市中山西路 219 號
　電　話：(07) 7432773
發行日期：民國九十五年十二月
定　　價：350

ISBN-13：978-986-00-7399-7（精裝）
ISBN-10：986-00-7399-6（精裝）



行政院農業委員會農糧署 補助
行政院農業委員會農業試驗所 主辦
鳳山熱帶園藝試驗分所 主辦
台灣園藝學會 協辦

中華民國九十五年十二月

ISBN 986007399-6
9 789860 073997