水份控制對柑橘碳水化合物含量及花芽形成的影響[1)]

Effect of Water Control on Concentrations of Carbohydrates and Flower Formation of Citrus.

黃阿賢[2)] 鄭正勇[3)] 林 樸[3)]

Hwang A-shiang, Cheng Cheng-yung and Ling Pu

摘 要：以盆栽之柑橘苗進行試驗，調查水份控制對碳水化合物含量及開花的影響。六個月的粗皮檸檬實生苗，在逐漸乾旱的過程中，澱粉在葉片發生萎凋現象前即迅速減少，而可溶性糖含量略增加。乾旱之後再充份灌水，碳水化合物含量即開始增加，可達13%至17%，高於對照區的含量，此可能與再灌水後之生長停滯現象有關。碳水化合物含量的變化，在葉片與莖中均呈相同的趨勢，顯示其增減並非由於轉運的結果。碳水化合物含量差異大時，對葉片單位面積之乾重將有明顯的影響，營養成份以乾重率爲表示單位時，應注意其變化。二個月的水份控制，使柳橙幼株停止生長，可溶性糖在葉片中明顯累積，同時花芽大量形成。

關鍵字：柑橘、乾旱、碳水化合物、花芽形成

Key words: citrus, drought, carbohydrates, flower formation

前 言

許多熱帶及亞熱帶的果樹，常利用乾旱處理，以促進花芽分化，增加結果量或調節產期，如荔枝[(26)]、蓮霧[(1)]。柑橘類中檸檬果實的生長期較短，開花的潛力高。Eureka檸檬斷水58天後，以切片檢查，約有40%的花芽分化，而對照處理的極少[(27)]。本省南部地區的試驗顯示，檸檬在秋冬之際，經斷水四週後，其結實數明顯的增加，且

1)本文爲第一作者碩士論文之部份。This paper is a part of M.S. thesis (1987) of the senior author.

2)臺灣大學園藝系前研究生，現職臺灣省農試所嘉義分所助理。Former graduate student, Dept. of Horticulture, National Taiwan University, now Research assistant of Chia-Yi Agri. Exp. Stn, Taiwan Agri. Res. Institute.

3)臺灣大學園藝系教授 Professor, Dept. of Horticulture, National Taiwan University.

可提早20天採收，但斷水8週，落葉多而產量減少[6]，在義大利，實際利用於檸檬產期調節的技術爲：乾旱至早晨仍有部份葉片呈捲曲狀，此約需35至40天，而後充份灌水，並加施氮肥[23]。一般認爲碳水化合物含量的增加有利於柑橘[12,28]或其他果樹花芽的形成。然甚少報告有關乾旱情況下，柑橘碳水化合物含量的變化。據陳等[2]之研究，柑橘在土壤水份減少至當量點後，氣孔即趨於關閉，而土壤水份含量低時，增加空氣中的濕度，可增加光合能力[30]，增加空氣濕度，亦可使最大光合能力之溫度明顯提高[21]，陰雨天時乾燥的土壤，氣孔的開度反而增加[2]，但不同的品種間，其特性並不完全相同，惟較濕的土壤均不利於氣孔的開啓[2]與光合作用[7]。

材料與方法

一、材料：

試驗材料包括粗皮檸檬 (*C. jambhiri*) 實生苗、柳橙 (*C. sinensis* cv. Liu-cheng) 嫁接於廣東檸檬 (*C. limonia*)，粗皮檸檬及廣東檸檬之種子取自嘉義農試分所，柳橙接穗取自同一母株。1985及1986年4月初分別播種粗皮檸檬於蛭石中，三週後移植於2.8公升之塑膠盆中，培養土成份如表一。調配後之pH值爲6.4。移植後每週施以稀釋4倍的modified Johnson solution[4] 150ml二次，同年9至10月間進行乾旱試驗。移植之株數約三百株，逐漸淘汰至試驗前的一百株。植株均爲單幹而無分枝，且未經修剪。柳橙嫁接苗之繁殖，1985年4月播種廣東檸檬，管理方法與粗皮檸檬相同，1986年1月芽接，2月底萌芽，同年10月25日進行試驗。

表一、培養土之成份
Table 1. The Composition of Pot mixture

材料 Material		體積比 Ratio
水苔泥炭	peat moss	20
砂	sand	10
堆肥	compose	30
蛭石	vermiculite	15
腐熟鋸屑	decomposed sawdust	20
珍珠石	perlite	5

二、試驗方法：本試驗均於溫室內進行。

㈠乾旱對碳水化合物含量的影響　1985年4月播種的植株，於9月5日充份澆水後，乾旱處理者即不再供水，對照的植株每日給水一次。每週取樣一次，共四次，三重複，每重複一株。第三週時，自土壤中充份澆水後，第1、3、5、7、14、21日分別取樣，採取全株之葉片與莖。1986年的試驗，9月22日停止供水，一週後開始取樣，以後每隔4天取樣一次，同時調查株高，處理分4組，(1)乾旱處理，不供給水份(2)對照組，每日充份供水一次(3)乾旱至第16日後，自土壤充份供水(4)乾旱至第24日後，自土壤充份供水。採取葉齡約3個月者分析。

㈡水份控制對開花的影響1986年10月25日開始，柳橙分二組，每組4株，進行水份控制的試驗。依預備試驗，處理的植株乾旱至新展開的葉片於早晨有萎凋徵狀時，每株供給150ml的水。於開始處理後第20、40、60日分別採取分枝中間之葉片，分析碳水化合物及全氮的含量。處理的植株皆無新梢的生長、對照組陸續有新梢的發生。1987年1月初，處理的植株，已可觀察到小花苞的形成。1月8日起充份供水，調查開花的情形。

三、分析方法：

㈠碳水化合物及全氮的分析　葉片稱鮮重後，以蒸餾水擦拭，置於70°C的烘箱中48小時以上，莖72小時以上，至完全乾燥，稱乾重後磨粉，氮以 Kjedahl method 測定[5]。碳水化合物的分析，乾燥磨粉後的樣品，以80%酒精、80°C 抽取、過濾三次，濾液經濃縮除去酒精及以 PVP (Polyvinyl-polypyrolidone) 除去呈色干擾物質後爲酒精可溶性糖（簡稱可溶性糖 soluble sugar）之待測液。濾渣經輭化處理，α-amylase 水解後再過濾、濾液爲澱粉之待測液。待測液以 anthrone 溶液呈色後，以分光光譜儀（Double beam spectrophotometer, Shimadzu UV210）測波長 625nm 的吸收值，經由標準溶液之相關直線換算其濃度。可溶性糖與澱粉含量之和爲非結構性碳水化合物之總量（total carbohydrates）。

㈡相對水份含量（relative water content）的測定　完全展開的新葉稱鮮重（fresh weight）後，置於蒸餾水中 6 小時以上，使葉片呈膨潤狀態。擦乾水份後稱膨潤重（turgid weight），完全烘乾後稱乾重（dry weight）。

$$RWC=(FW-DW)/(TW-DW)$$

結　果

一、乾旱及其再供水對植株生長的影響：

1986年10月的試驗，在開始取樣的第 8 天，乾旱處理的植株，其生長速度已較充份供水者略爲減慢，在第11天時，完全展開的新葉出現萎凋徵狀（early wilting symptom），但較成熟的葉片則在第 15 至第 16 天才開始出現萎凋的徵狀。當乾旱至第16天（57% RWC）及第24天（38% RWC）後，自土壤中充份供水，隔天將植株搖動，前者幾無葉片脫落，後者在24株中，共有 8 個較老之葉片脫落，落葉率低於 1%。乾旱後再充份供水，有一明顯的生長遲滯期，約爲16天，接著植株快速生長，其生長速度甚至超過對照的植株。植株高度之增加情形如圖 1。

充份供水的粗皮檸檬完全展開的新葉，其相對水份含量約90%，在開始取樣的第 8 天，乾旱處理的植株，其相對水份含量仍在對照組之範圍內，此後逐漸減少。其中再充份供水者，隔天葉片之相對水份含量即已回復（圖 2），葉片之外觀也與對照組無異。

二、乾旱對碳水化合物含量的影響：

乾旱過程中，碳水化合物的總量，在葉片及莖中均同時減少（圖 3），而充份供水後亦同呈增加的趨勢（圖 4）。經更詳細的調查，碳水化合物含量在早期萎凋徵狀出現前已有明顯的變化，澱粉的含量由第 4 天的6.1%降至第 8 天的1.49%，此後，一直維持在 2%以下；可溶性糖含量之變化較小，在葉片開始萎凋後略有增加。碳水化合物的總量，在旱期萎凋徵狀出現前 4 天左右即迅速減少，此後乾旱處理者皆低於對照植株之含量（圖 5）。

當乾旱至57%相對水份含量再充份供水，澱粉含量即開始增加，在第 8 天達最高量，但碳水化合物總量在第 3 天即達最高量（圖 6）。而乾旱至38%的相對水份含量再充份供水，澱粉含量與碳水化合物的總量均在第 8 天達最高量，而可溶性糖略爲減少（圖 7）。不論較輕微的乾旱（57% RWC）或較嚴重的乾旱（38% RWC）後再灌水，碳水化合物的總量均可累積至高於對照植株的含量。正常供水的植株，其碳水化合物的總量一般均低於10%（圖 5），而乾旱後再充份供水，其碳水化合物可累積至13%至14%。

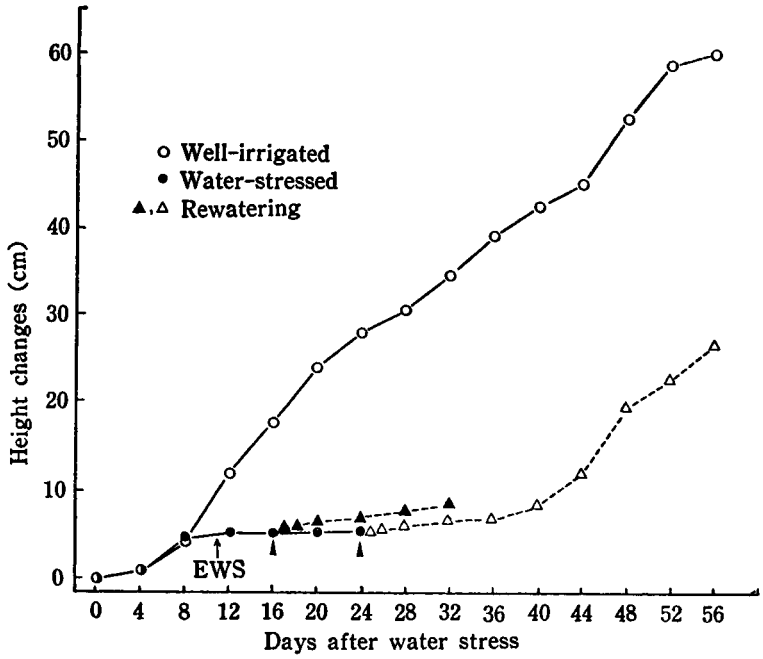


圖 1：粗皮檸檬實生苗在乾旱處理試驗中植株高度的變化情形。

Fig. 1. Height changes of Rough lemon seedling during a water-stressed period. (▲: rewatering after water-stress) EWS: early wilting symptom.

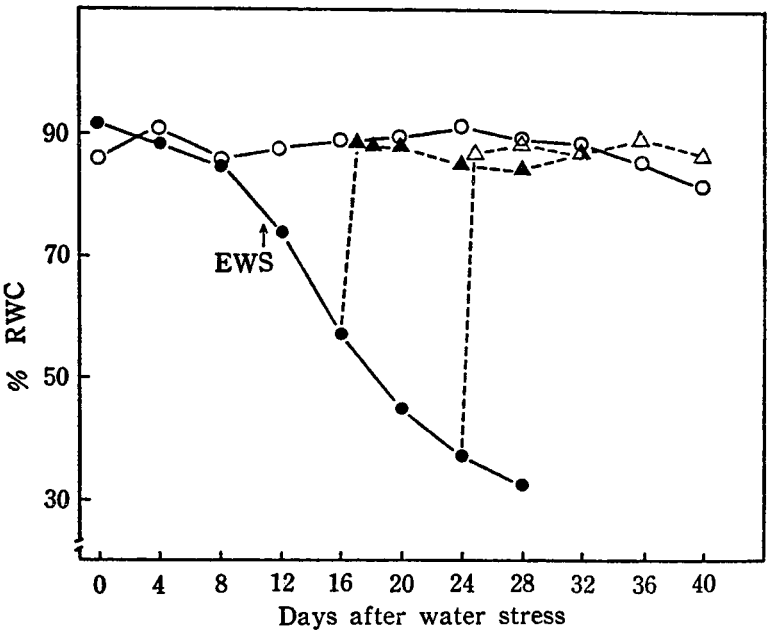


圖 2：粗皮檸檬實生苗充份供水（○—○）與乾旱處理（●—●）及其再充份供水（△……△，▲—▲）植株葉片相對水份含量的變化。

Fig. 2. Relative water content of Rough lemon seedlings of well-irrigated (○—○), water-stressed (●—●) and after rewatering (△…△ or ▲—▲).

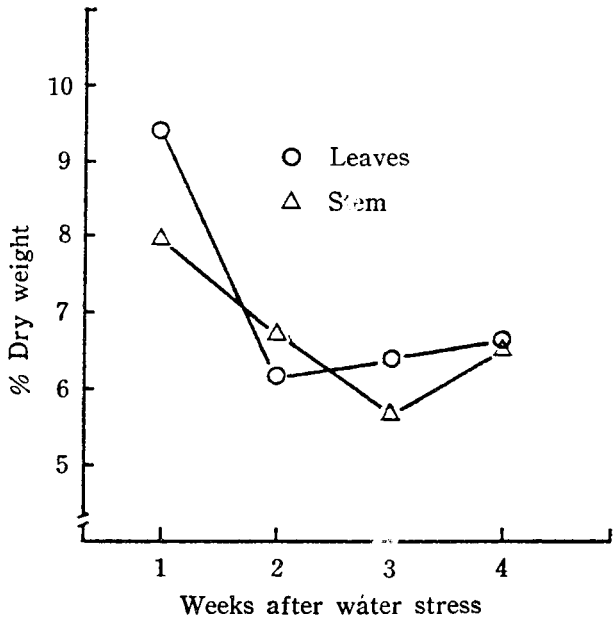


圖 3：粗皮檸檬實生苗在乾旱過程中，葉片及莖碳水化合物總量的變化。

Fig. 3. Changes of total carbohydrates concentration in leaves and stems of Rough lemon seedlings during a water-stressed period. investigated in 1985.

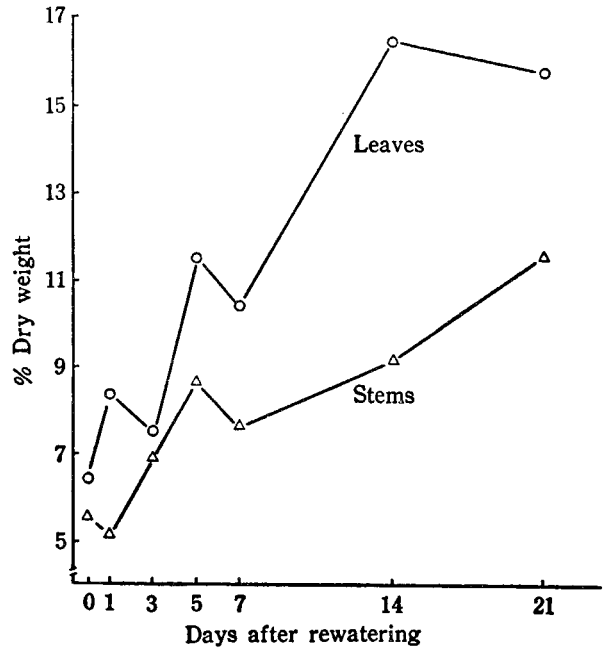


圖 4：乾旱處理之粗皮檸檬實生苗，在充份供水後，碳水化合物總量在莖及葉片中之濃度逐漸增加。

Fig. 4. Total carbohydrates concentration increased in leaves and stems of water-stressed Rough lemon seedlings after rewatering. investigated in 1985.

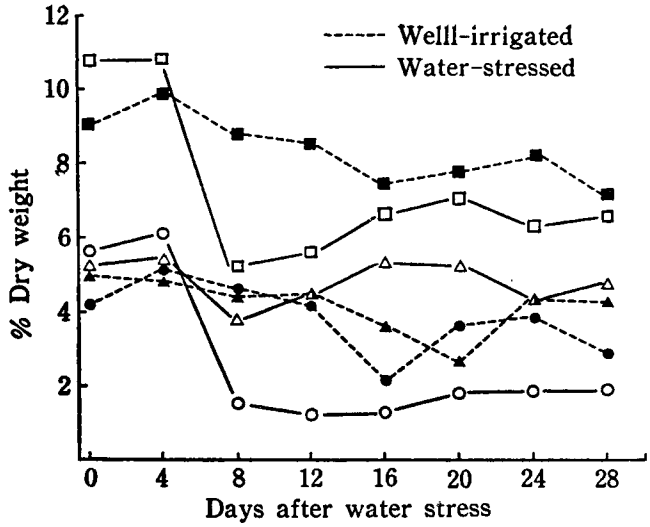


圖 5 ：粗皮檸檬實生苗在乾旱過程中，葉片碳水化合物含量的變化。

Fig. 5. Changes of carbohydrates concentrations in leaves of Rough lemon seedlings during a water-stressed period.

○, ● : Starch
△, ▲ : Soluble sugar
□, ■ : Total carbohydrates

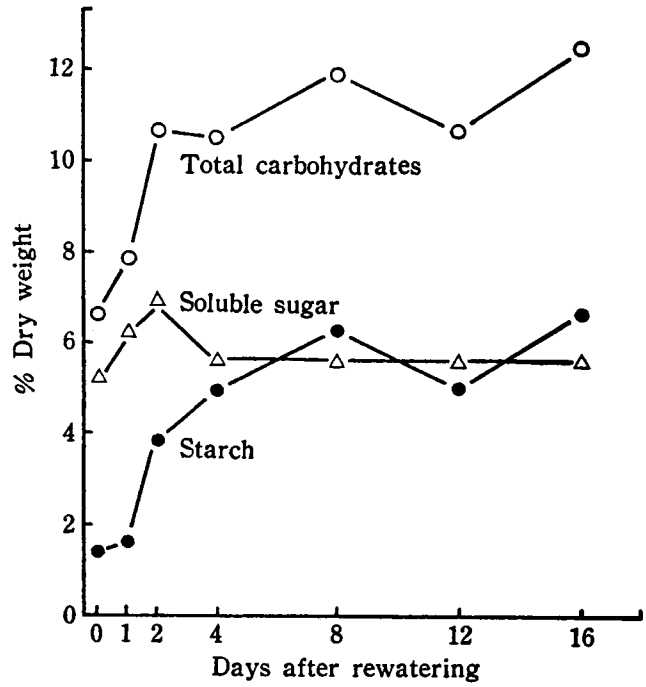


圖 6 ：粗皮檸檬實生苗乾旱至57%相對水份含量再充份供水後碳水化合物含量增加的情形。

Fig. 6. The carbohydrates concentrations of leaves of moderate water-stressed (57% RWC) Rough lemon seedlings increased after rewatering.

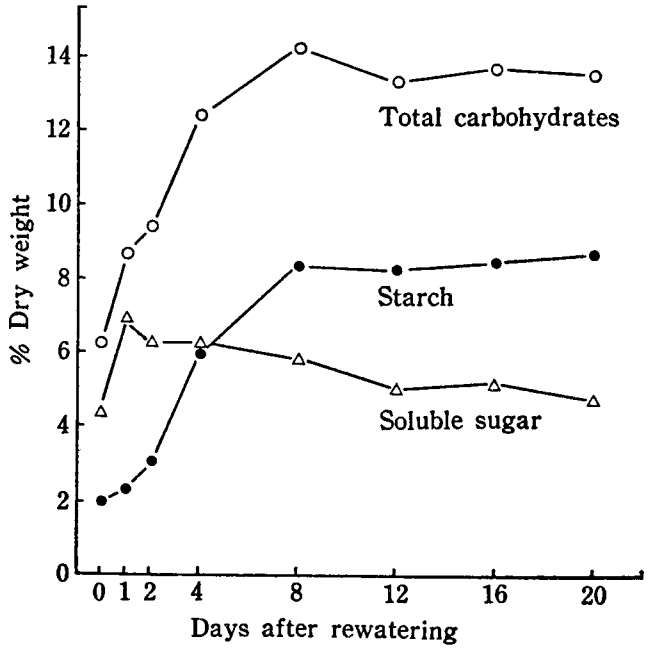


圖 7：粗皮檸檬實生苗乾旱至38%相對水份含量再充份供水後碳水化合物含量增加的情形。

Fig. 7. The carbohydrates concentrations of leaves of severe water-stressed (38% RWC) Rough lemon seedlings increased after rewatering.

表二、水份控制處理對柳橙幼樹花芽形成的影響

Table 2. Effect of water control on flower formation of young orange trees (*C. sinensis* cv. Liu-cheng) grafted on Rangpur lime.

	No. of flushes*			No. of flowers
	with flower	without flower	total	
Treatment	8.5	4.0	12.5	45.8
Well-irrigated	2.0	0.5	2.5	2.0

*Expressed as average number of shoots or flowers per young tree, which were calculated on Feb. 21, 1987.

Treatment: Each young tree was irrigated 150 ml water per weeks, and well-irrigated on Jan. 8, 1987.

表三、水份控制處理柳橙幼樹葉片氮素含量的影響

Table 3. Effect of water control on nitrogen concentration of young orange trees (*C. sinensis* cv. Liu-cheng) grafted on Rangpur lime.

	Days after treatment		
	20	40	60
Treatment	2.93	3.45	3.37
Well-irrigated	3.06	3.71	3.60

Concentrations were expressed as % of dry weight. Treatment as table 2.



圖 8：柳橙幼樹在 1½ 個月的水份控制處理後，再充份供水，有許多花芽形成（左四株），右邊四株爲對照處理，試驗過程中均充份供水。

Fig. 8. Many flowers developed in water-controlled young orange trees (left 4 trees) after 1½ months well-irrigation, right 4 trees were well-irrigated throughout the experiment. Photographed on Feb. 21, 1987.

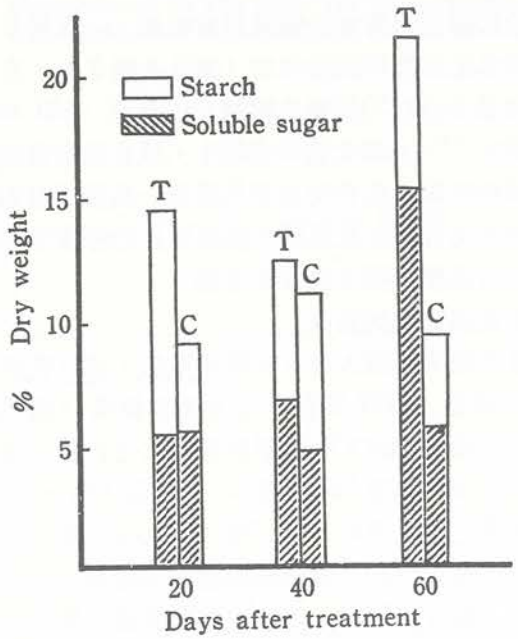


圖 9：水份控制處理柳橙幼樹碳水化合物含量的影響。

Fig. 9. Effect of water control on carbohydrates concentrations in leaves of young orange trees (*C. sinensis* cv. Liu-cheng) grafted on Rangpur lime.
T : Treatment, as table 2.
C : Well-irrigated.

三、水份控制對花芽形成的影響：

1986年10月，開始試驗時，處理與對照的植株皆無新梢在生長，二個月的試驗中，處理的植株均無新梢生長，對照的植株陸續有新梢長出。翌年1月初，處理的植株已可察觀到小花苞的形成，1月8日起充份供水，新梢、花朵明顯的生長，而於2月中旬達盛花期（圖8），其中處理的植株，平均每株開花45.8朵，而對照植株2.0朵；新梢數，處理的植株平均12.5，對照植株2.5。不論處理或對照組各約70%的新梢均帶花(表2)，所有的花數中，自成熟枝條之腋芽直接萌發與着生於新梢者各約一半。

在開始試驗的第20、40、60天，分別取樣，調查碳水化合物及全氮的含量。全氮含量處理植株略較對照組低（表3），而兩者在第20天至第40天之含量均增加。對照的植株，在第20、40、60天，碳水化合物的總量分別爲9.2%、11.1%及9.3%，處理的植株，在第20天時澱粉含量9.1%，較對照植株之3.6%明顯增加，可溶性糖含量5.5%與對照植株之5.6%差異小，而可溶性糖在第40至第60天中累積達乾物重的15.2%，爲對照組含量5.7%的2.7倍，三次取樣中，處理植株澱粉的含量皆在對照植株的範圍內。

討　論

一、乾旱及其再灌水對植株生長的影響：

粗皮檸檬植株在乾旱至40%的相對水份含量再灌水，雖然隔天植株之水份狀況即可回復（圖2），但植株之生長卻有16天的遲滯期（圖1），此可能與缺水引起 ABA 等生長抑制物質之累積[16,31,32]及生長促進物 Gibberellins 之減少有關。

柑橘碳水化合物的代謝作用對水份狀況相當敏感，在葉片沒有萎凋前已有明顯變化。乾旱後再灌水，碳水化合物即開始增加（圖6及圖7），在第4至第8天間達最高量，且較對照植株增加甚多(圖13)而粗皮檸檬在乾旱至 −40 bar 左右再灌水，氣孔在第2至第3天開度達最大[19]，因此乾旱過程中，碳水化合物的代謝作用可能沒有受到傷害或傷害少。柑橘植株在碳水化合物含量累積達一高量後有明顯的生長現象[10,18]，本研究中灌水後初期碳水化合物大量累積可能與生長的停滯有關，而灌水後第16天至24天間的快速生長也應與已累積的碳水化合物有關。

二、葉片碳水化合物含量與重量的關係

碳水化合物之總量於乾旱再灌水後有明顯的增加，當以乾重爲表示單位的碳水化合物含量增加時，乾重／鮮重（DW/FW）之比值亦提高（圖10）。當碳水化合物高達13.8%時，DW/FW之比值爲40%，而對照植株碳水化合物之含量介於5.7%至10.0%，其 DW/FW 之比值介於30.0%至35.0%間，平均32.9%。在另一獨立的試驗中，乾旱處理的初期，單位面積之乾重平均在63.7至 66.1g/m² 間，在旱期萎凋徵狀發生前，則迅速減少爲57.8至 58.5g/m² 間，此後變動極少（圖11），其減少之趨勢與碳水化合物在乾旱過程中之變化（圖5）相當，因此以乾重爲表示單位的營養成份含量，將受到碳水化合物含量變動的影響，此亦爲植物營養分析取樣標準化的理由之一，而在碳水化合物變動較大的試驗中，更應注意此一現象。

三、乾旱與柑橘花芽形成

影響柑橘開花的因子甚多[3]，本試驗結果，水份控制可誘導花芽大量形成，處理者平均每株開花數45.8，對照植株平均2.0，而處理的植株，可溶性糖大量累積。碳水化

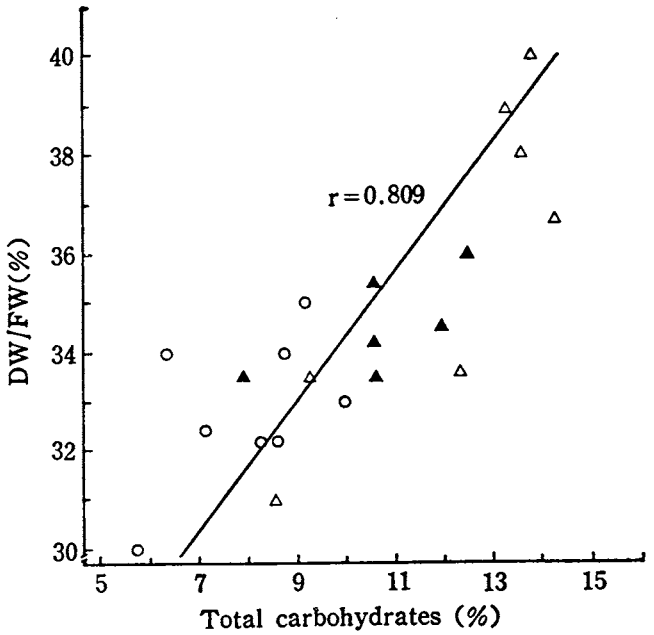


圖10：粗皮檸檬實生苗葉片碳水化合物總量與乾重／鮮重比的關係。

Fig. 10. Relationship between carbohydrates concentration and DW/FW ratio in leaves of Rough Lemon seedlings.

○ : Well-irrigated.

▲ : Water-stressed till 57% RWC and then rewatering.

△ Water-stressed till 38% RWC and then rewatering.

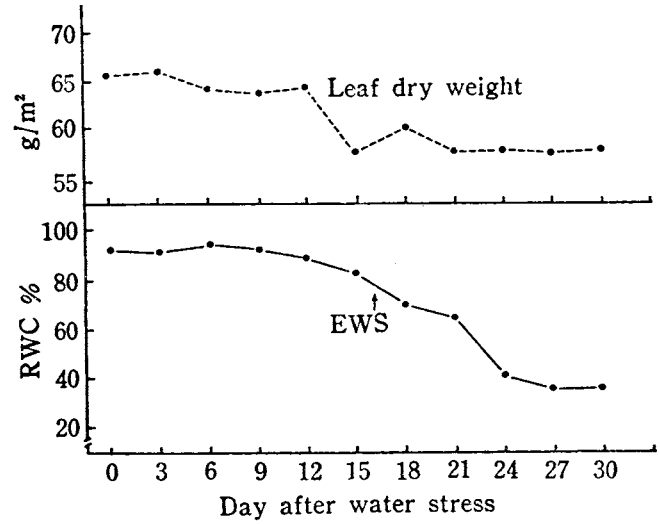


圖11：乾旱處理對粗皮檸檬實生苗葉片重量的影響。

Fig. 11. Effect of water stress on leaf dry weight of Rough lemon seedlings.

(Each value is the mean of 5 to 6 samples.)

Leave area was measured by portable area meter (Model LI-300. Lambda instrument corporation)

合物的增加有利於柑橘花芽的形成[12,28]，低溫處理亦可促進柑橘花芽形成[11,22]，但 Goldschmidt 等[11]，發現低溫處理者開花數多，但與澱粉含量並不相關，彼等並未分析可溶性糖的含量，而柑橘在低溫下澱粉會轉變成可溶性糖[29,33]，因此，低溫處理者之促進開花與碳水化合物含量仍應具有相關。此可能暗示，澱粉與可溶性糖對花芽形成有不同程度的影響。可溶性糖具滲透調節的作用[15]，本試驗結果，長期（二個月）的水份控制可使可溶性糖大量累積，短期（約一個月）而較快的乾旱處理，可溶性糖僅略增加。

Gibberellins 對柑橘花芽形成有抑制作用[9,14,24]，而生長抑制劑[24,25,27]、蛋白質合成抑制劑[13]及核酸之合成抑制劑[17]則有促進的效果，水份控制或乾旱處理的植株，其生長呈停滯狀態，具有類似生長抑制劑處理的效果。本試驗結果，柳橙幼株施行水份控制後約70天，由外表可見花芽形成；檸檬乾旱處理58天，以切片檢查，約有40%的花芽分化[27]；檸檬斷水四週後，結實數即有明顯的增加[6]，由此推測，柑橘以乾旱處理至花芽分化（flower initiation）約1至2個月。

碳／氮比被認爲與作物之花芽分化、開花有相當程度的關係，雖當初之試驗僅着重於開花[8]。本試驗結果，柳橙之氮素含量只在20天至40天間增加約17.7%，與對照組之增加量相近；而乾旱過程中，胺基酸之含量有甚大之變化[20]，因此氮素的型態對開花的影響，可能較其量更重要。

參考文獻

1. 王德男　1985　化學藥劑及耕作處理對蓮霧催花效果的影響。果樹產期調節研討會專集。臺中農改場特刊第一號。P. 109～121
2. 陳義清　陳忠男　張杏生　1974　臺灣數種果樹生理特性之研究第一報，柑桔及荔枝氣孔開閉習性、吸水作用及蒸散作用之研究，中國園藝20(3)：130～147。
3. 張育森　1986　柑桔之開花生理。中國園藝32(2)：71～84。
4. 黃瑞祥　1979　不同混合介質對廣東檸檬盆栽苗木生長的影響——觀察菌根菌與柑桔根部之共生現象。國立臺灣大學園藝研究所碩士論文。
5. 鄭正勇　1984　果樹營養分析法。國立臺灣大學園藝系果樹生理研究室。
6. 劉邦基　1985　檸檬產期調節，I 以乾旱和藥劑處理法提高 Eureka 檸檬冬花數量之研究。臺灣省臺中區農改場特刊第一號。P. 65～76。
7. Bielorai, H. and K. Mendel. 1969. The simultaneous measurement of apparent photosynthesis and transpiration of citrus seedlings at different soil moisture levels. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94 : 201—204.
8. Cameron, J. S. and F. G. Dennis, Jr. 1986. The carbohydrate-nitrogen relationship and flowering/fruiting : Kraus and Kraybill revisited. HortScience. 21(5) : 1099—1102.
9. Davenport, T. L. 1983. Daminozide and gibberellin effects on floral induction of *Citrus latifolia*. HortScience 18 : 947—949.
10. Dugger, W. M., Jr., and R. L. Palmer. 1969. Seasonal changes in lemon leaf carbohydrates. Proc. 1st. Citrus Symp. 1 : 339—343.

11. Goldschmidt, E. E., N. Aschkenazi., Y. Herzano., A. A. Schaffer and S. P. Monselise. 1985. A role for carbohydrate levels in the control of flowering in citrus. Sci. Hort. 26 : 159—166.
12. Goldschmidt, E. E. and A. Golomb. 1982. The carbohydrate balance of alternate-bearing citrus trees and the significance of reserves for flowering and fruiting. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107 : 206—208.
13. Goren, R. and M. Huberman. 1969. Promotion of flower formation and fruit set in citrus by antimetabolites of nucleic acid and protein synthesis. Planta 88 : 364—368.
14. Guardiola, J. L., C. Monerri, and M. Agusti. 1982. The inhibitory effect of gibberellic acid on flowering in Citrus. Physiol. Plant. 55 : 136—142.
15. Hanson, A. D. and W. D. Hitz. 1982. Metabolic responses of mesophytes to plant water deficits. Ann. Rev. Plant Physiol. 33 : 163—203.
16. Hsiao, T. C. 1973. Plant response to water stress. Ann. Rev. Plant Physiol. 24 : 519—570.
17. Jona, R., R. Goren. and S. P. Monselise. 1971. Further studies on the effect of nucleic acids on shoot and flower formation in citrus trees. Bot. Gaz. 132 : 332—336.
18. Jones, W. W., M. L. Steinacker. 1951. Seasonal changes in concentration of sugar and starch in leaves and twigs of citrus tree. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 58 : 1—4.
19. Kaufmann, M. R. and Y. Levy. 1976. Stomatal response of *Citrus jambhiri* to water stress and humidity. Physiol. Plant. 38 : 105—108.
20. Kesseler, D. C. B. and S. P. Monselise. 1965. Studies on water regime and nitrogen metabolism of citrus seedling grown under water stress. Plant Physiol. 39 : 379—386.
21. Kriedemann, P. E. 1968. Some photosynthetic characteristics of citrus leaves. Aust. J. Biol. Sci. 21 : 895—905.
22. Lenz, F. 1969. Effect of day length and temperature on the vegetative and reproductive growth of 'Washington' navel orange. Proc. 1st. Int. Citrus Symp. 333—338.
23. Maranto, J. and K. D. Hake. 1983. Verdillia method of forcing lemon production. Citrograph 68(4) : 141—142.
24. Monselise, S. P. and A. H. Halery 1964. Chemical inhibition and promotion of citrus bud flower induction. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 84 : 141—146.
25. Monselise, S. P., Goren, R. and A. H. Halevy. 1966. Effects of B-nine, Cycocel and benzothiazole oxyacetate on flower bud induction of lemon trees. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 89 : 195—200.

26. Nakata, S. and R. Suehisa. 1969. Growth and development of *Lichi chinensis* as affected by soil moisture stress. Amer. J. Bot. 56(10) : 1121—1126.
27. Nir, I. R. and B. Leshem. 1972. Effect of water stress, gibberellic acid and CCC on flower differentiation in 'Eureka' lemon trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97(6) : 774—778.
28. Ogaki, C., Fujita, K. and H. Ito. 1963. Investigation on the cause and control of alternate bearing in Unshiu orange trees. IV. Nitrogen and carbohydrate content in the shoot as related to blossoming and fruiting. J. Japan Soc. Hort. Sci. 32 : 157—167.
29. Sharples, G. C. and L. Burkhart. 1954. Seasonal changes in carbohydrates in the Marsh grapefruit tree in Arizona. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 63 : 74—80.
30. Thompson, C. R., L. H. Stolzy and O. C. Taylor. 1965. Effect of soil suction, relative humidity and temperature on apparent photosythesis and transpiration of Rough lemon. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 87 : 168—175.
31. Wright, S. T. C. 1969. An increase in the 'inhibitor-β' content of detached wheat leaves following a period of wilting. Planta 86 : 10—20.
32. Wright, S. T. C. 1977. The relationship between leaf water potential and the levels of abscissic acid and ethylene in excised wheat leaves. Planta 134 : 183—189.
33. Yelenosky, G. and C. L. Guy. 1977. Carbohydrate accumulation in leaves and stems of 'Valencia' orange at prograssively cold temperature. Bot. Gaz. 138(1) : 13—17.

Summary

Two experiments were conducted to investigate the effect of drought on carbohydrate content and flower formation of citrus. (1) Six months old Rough lemon seedlings were subjected to a water-stressed period of 28 days till 32% RWC of newly full expended leaves. (2) Liu-cheng orange buddlings of nine months old were water-controlled for 2 months.

When Rough lemon seedlings were water stressed, alcohol soluble sugar increased slightly, and starch decreased before the mature leaves wilted. After rewatering there was a lag period of growth, and starch accumulated, its concentration reached 13% to 17% of dry weight.

Because dry weight of leaf (g/m^2) of water-stressed seedlings and DW/FW ratio of rewatered seedlings changed in accordance with the content of total carbohydrate, it should be noticed that nutrient concentration may be

influenced if dry weight is used as a basis.

A significant effect of water control on flower bud formation was observed when container-grown Liu-cheng orange young trees were irrigated 150 ml/week for each tree. We found water-controlled trees produced 45.8 flowers per tree comparing with 2.0 flowers of well-irrigated trees after the treatment of 2 months. Soluble sugar content in water-controlled trees was 2.7 times higher than that of well-irrigated trees.

問 題 討 論

施昭彰：

請問你如何控制植物裡面的水分含量？

黃阿賢：

我們並不控制植株體內的水份含量，而是控制土壤的水份。前一個試驗是完全不供水。關於開花的試驗，曾做過預備試驗，在我們的試驗狀況下，每週澆 150cc 的水，可維持植株不生長，也很少有葉片萎凋的現象。

柑橘健康苗繁殖推廣現況

The Propagation and Extension Works of Citrus Healthy Budlings

施明山* 黃美華*

Shih Ming-Shan and Huang Mei-hua

摘 要：本省柑橘健康苗繁殖供應體系在各有關單位共同努力下，已建立完成，並自民國75年開始正常運作。每年繁殖之柑種及繁殖之數量均配合果農之意願及市場之需求決定，並循下述四種方法推廣：一、遴選隔離地區或無受病源汚染之地區建立健康產區。二、輔導多病、衰老、品質低劣產區更新。三、輔導地下水位低之水田轉作柑橘。四、輔導少病產區之病株拔除，並以接種之大苗補植。76年度已推廣50公頃，77年度預定推廣127公頃。

關鍵字：柑橘、健康苗、推廣

Key words: citrus, healtly budling, recomendation

一、前 言

目前本省尚無種苗法可資據以取締或禁止病苗、劣苗之繁殖及銷售，任一般苗圃不斷的繁殖，在此情形下，病毒經由種苗迅速蔓延，品種性狀亦漸趨退化。爲更新本省柑橘之品種品系，並抑制病毒經由種苗蔓延，自民國71年起臺灣大學、臺灣省農業試驗所、嘉義農業試驗分所及臺灣省青果運銷合作社等單位依據行政院農業委員會製訂之「臺灣柑橘產業發展輔導方案」積極建立柑橘健康苗繁殖供應體系，迄75年已建立完成並開始正常運作。

二、柑橘健康苗之繁殖

柑橘健康苗繁殖作業流程爲原種→採穗圃→苗木繁殖圃。茲將各項作業詳述如下：

㈠原 種：

原種有二個來源；一爲珠心胚原種，另一爲以頂梢微接及熱處理無毒化之原種。目前珠心胚原種正進行篩選中，未開始利用，主要利用以頂梢微接及熱處理無毒化之原種；該原種係由臺灣大學植病系自國內外遴選優良園藝性狀之植株採穗，以熱處理及頂梢微接法無毒化後供嘉義農業試驗分所增殖爲原種，保存於該所溪口農場之原種園。

* 省農林廳特產科股長、技士

Dept. of Agriculture and Forestry, Taiwan Provincial Government

㈡採穗圃：

採穗圃設置二處；分別設置於臺灣省農業試驗所及嘉義農業試驗分所之溪口農場。採穗圃自原種園採穗，繁殖爲採穗樹。目前該二採穗圃均培育有椪柑、桶柑、葡萄柚、文旦及麻豆白柚等採穗樹。

㈢苗木繁殖圃：

苗木繁殖圃由臺灣省青果運銷合作社負責營運，該社於宜蘭、臺北、新竹、臺中及嘉南等分社轄區之隔離地區各設置苗木繁殖圃一處，於苗圃內培育砧木，自採穗圃取穗，繁殖培育健康苗木。目前繁殖供應之柑種以椪柑及桶柑爲主，並有少量之葡萄柚、文旦及麻豆白柚。

上述各項繁殖作業均於網室內進行，爲便利追踪及管制，各項作業於繁殖材料流動時，應經抽樣檢疫，確定不帶病毒方准移出，移出時應隨材料之流動，將移出柑種、批號及數量函送農林廳登錄，青果社苗圃於出售苗木時亦填發柑橘健康苗管制卡予購苗者。

三、柑橘健康苗推廣方法

㈠柑橘健康苗依下述四種方法推廣：

1. 輔導建立健康產區：

依適地適作原則，遴選土層深厚、有水源且適當隔離地區或無受病毒汚染之產區推廣建立健康產區。

2. 輔導多病、衰老及品質不良之柑橘園更新：

⑴多病產區更新：多病產區內之病源分佈普遍廣泛，如將病株挖除後再補植，極易再受感染，無法用逐漸挖除補植的方法達到更新之目的。此種多病區之病毒，必待區內之柑橘樹全部消滅時始得消滅，故宜宣導區內柑農暫時不再補植，俟維持生產已不經濟時再全園挖除，以健康苗更新。

⑵衰老柑園更新：樹勢衰老之柑橘樹，以正常之方法管理，產量低，品質差，無法得到合理之報酬，輔導其全園砍除，以健康苗更新。

⑶品質低劣產區之更新：本省早期種植之桶柑爲低牆桶柑，果粒小，無商品價值，常當原料果供應加工，而近年本省加工廠基於成本問題，寧願自國外進口原汁稀釋，不願收購原料果自行加工，致原料桶柑常發生滯銷。此外，本省中部地區種植之椪柑大都爲低牆系，果型扁圓，外銷市場不歡迎。諸如此等品系不良及品質低劣，無經營價值之柑橘園，輔導其以健康苗更新。

3. 稻田試種柑橘：

本省柑橘園大都分佈於山坡地，作業不便，不易推行機耕作業，致生產成本偏高，如能利用平地經營柑橘，將利於推行省工經營，對生產成本之降低甚有幫助，惟種植於平地之柑橘園常因地下水位高，排水不良，導致柑樹壽命短，故擬配合稻田轉作政策，輔導地下水位低之稻田種植柑橘。

4. 輔導少病產區之病株拔除及補植：

本省許多柑橘園感染病毒之比率不高，在未來10年—15年內仍有相當之生產力，爲防止病源繼續擴大蔓延，減輕其受病毒之爲害，輔導其淘汰病株，並以接種

南非立枯病微弱系統之植株補植。

㈡執行方法：

1. 各產地農民團體 可配合當地果農 之意願及市場 之需求訂定推廣目標 並與農林廳連繫，將可納入柑橘生產改進計畫輔導。
2. 推廣地點須先經執行單位實地勘察，合乎規定，方可列入推廣。
3. 新建立之產區須事先經過農牧局妥爲規劃後方可種植，以便利各項作業。
4. 種植株數椪柑、桶柑等柑種，每公頃種植 400 株，即行株距 5 公尺；葡萄柚及柚類每公頃種植200株，即行株距約 7 公尺。

四、推廣現況

㈠75年度推廣情形：75年度由嘉義農業試驗分所育成健康苗 7,000株 ， 於全省選定隔離地區19處試種，目前發育情形良好。

㈡76年度推廣情形：青果運銷合作社培育之健康苗自76年度開始正式推廣。76年度於臺北、宜蘭、新竹、苗栗及嘉義等縣各選定隔離地區10公頃推廣，其中宜蘭、臺北、新竹種植桶柑，苗栗、嘉義種植椪柑，目前發育狀況均良好，抽樣檢定未發現有受病毒感染者。

㈢77年度推廣情形：

1. 建立健康產區：於宜蘭、新竹、苗栗、嘉義、臺南等縣各建立健康產區 8 公頃，臺北、臺中、南投、雲林、花蓮、臺東等縣各 5 公頃，合計70公頃，配合果農之意願種植椪柑、桶柑或柚類。
2. 稻田試種柑橘：於宜蘭、新竹、臺東、南投、雲林及嘉義等縣各遴選地下水位低之稻田 2 公頃試種柑橘。
3. 輔導多病區、衰老及品種不良柑園更新：輔導宜蘭、臺北、新竹、苗栗、臺中、南投、嘉義、臺南及臺東等縣實施衰老、多病及品種不良柑園更新示範各 5 公頃。

五、未來展望

㈠由於近年本省柑橘已有供過於求現象，爲平衡柑橘產銷，擬在維持本省柑橘現有面積之情況下輔導改進，故擬淘汰本省超限利用之柑橘園，諸如林班地及陡坡地上造林式經營之柑橘園，並將推廣重點放於更新及少病產區之補植上。

㈡本省多年來，柑橘栽培之柑種，一直以椪柑、桶柑及柳橙爲主，將來除改良更新現有柑種外，擬培育新興柑種之健康苗，以增加本省柑橘栽培種類。

㈢爲使健康苗推廣工作之效果能迅速且確實，以達到健康苗繁殖之目的，希望各基層單位均能參與推廣工作，並妥爲配合加强宣導。

㈣由於本省柑桔經營面積狹小，經營效率低，且易感受工資上漲之壓力，生產成本高，爲求改進，未來健康苗之推廣，應著重於規模較大之大面積推廣上，以有效配合運用果農組織，並實施共同運銷、共同作業等措施。

㈤加强宣導健康苗種植後之保護，以防再受感染。

Summary

By the closed coopration and works of citrus related institutions, the propagation of healthy citrus planting materials program was started in 1986 and going well. They propagated enough budlings for the farmers according to their requires and the demand of the markets. The recomendation of this practices were based on the following conditions :

1. Primarily for the establishment of new healthy citrus grove in selected isolate areas or on virgin lands.

2. For the replacement of aged, unproductive and heavily infested citrus area.

3. For the deeply water table paddy fields which switched to be citrus orchards.

4. For the replacement materials of the lightly infested areas, farmers to replace their infested trees by the healthy materials.

There were 50 Ha. in 1987 and will be 127 Ha. of citrus orchards using healthy budlings as planting materials in 1988.

圖一、設置在嘉義農業試驗分所溪口農場之原種園。

Fig. 1. The citrus stock mother trees in Chikou, CAES, TARI.

圖二、設置在嘉義農業試驗分所溪口農場之採穗圃。

Fig. 2. The scion grove in Chikou, CAES, TARI.

圖三、青果運銷合作社於全省設置5個柑桔健康苗繁殖圃。

Fig. 3. Taiwan Fruit Marketing co-opretive runs 5 citrus nurseries under screen.

圖四、新建立之健康產區，種植前應妥爲規劃。

Fig. 4. Newly established citrus grove should be properly ploted.

圖五、76年度建立的健康產區之一。

Fig. 5. One of the new healthy citrus plantation established in 1987.

圖六、77年度建立的健康產區之一。

Fig. 6. One of the new healthy citrus plantation established in 1988.



1.



2.



3.



4.



5.



6.

熱療法培育本省無病毒優良柑橘種苗

Heat Therapy for the Production of Virus-Free Citrus Plants in Taiwan

黃秋雄[1]　徐信次[2]

Huang Chiou-hsiung and Hsu Hsin-tszu

摘　要：本文主要討論熱療對本省柑橘三種系統性病害，即柑橘立枯病（黃龍病）、南非立枯病（tristeza virus）及鱗砧病（exocortis）之抑制效果。另從優良母樹選拔經熱療處理、苗木繁殖及指示植物檢定來培育無病毒種苗之經過與其間發現的問題也加以說明。綜合各項試驗所得結果，立枯病病原易於經由熱療處理而使之不活化，tristeza病毒雖然對熱較具耐性，但可經由新生芽條取得無病苗，鱗砧病似乎很難用熱療法去除之。自全省各主要柑橘產區所選出之優良母樹，經園藝特性分析，採穗嫁接後熱療，再繁殖幼苗經指示植物檢定，共選出椪柑及桶柑優良無病毒原種苗各11棵，目前部份尚保存於農試所。然而以相同方法施於柳橙及晚崙夏橙未獲成功，其因乃所有複選合格甜橙母樹均潛伏感染鱗砧病，熱療法難以將本病去除之。未來本省對於含有鱗砧病或其他不易以熱療去除之病毒的柑橘品種，勢必以熱療配合 shoot-tip grafting 或經由珠心胚系選拔來取得無病毒種苗。

關鍵字：熱療、無病毒苗、立枯病、南非立枯病、鱗砧病。

Key words : heat therapy, virus-free plants, likubin, tristeza, exocortis.

一、前　言

柑橘爲一種多年生常綠果樹且爲本省一種極爲重要的鮮果。多年來本省由於柑橘立枯病（俗稱黃龍病）及各種病毒的發生與爲害，使本省柑橘栽培事業面臨鉅大的威脅。本省柑橘主要包括椪柑、桶柑及甜橙類之柳橙，此外尚有零星栽培之檸檬、晚生橙、葡萄柚等。栽培地區因品種特性而略有差異，以椪柑言，主要分佈苗栗卓蘭、臺中東勢及嘉義竹崎、梅山等地區；桶柑因生長適應性較强，分佈於新竹、北宜及花東等地；柳橙則集中於中南部地區，目前以臺中、嘉義及臺南較多。就栽培品種言，目前尚未找到耐或抗立枯病品種；就發生情形言，則立枯病或 tristeza 病毒已普遍發生於全省。

由研究結果中可以獲知，立枯病罹病樹除含有南非立枯病（tristeza virus）外，尚發現有擬菌質體(mycoplasma-like organism, MLO)[6,13]／革蘭氏陰性細菌(phloem-limited gram-negative bacterium)[8,9]之存在。目前已確定後者爲其主病原[13]。此外，本省尚發現有鱗砧病（exocortis viroid）、鱗皮病（psorosis），凹面淤膠病（concave gum)[1,2,3]，木孔病(cachexia)[1]及晚近發現之破葉病(tatter leaf)等[17]。

[1] 臺灣省農業試驗所植病系　Dept. plant Pathology, TARI
[2] 嘉義農業試驗分所園藝系　Dept. Hoticulture, CAES, TARI

從田間調查及病毒檢定的結果，中南部所栽培之柳橙及東部之晚崙夏橙（valencia orange）罹患鱗砧病比率極高[2]。過去本省部份橙類果園由於未知接穗含有鱗砧病，採用廣東檸檬爲砧木，致使果園柑橘生長頹化，甚至整園廢耕，極爲可惜。

減少病毒爲害，除選拔優良抗病品種外，尋求健康無病毒苗來繁殖，亦爲一項重要的途徑。柑橘無病毒苗的培育就目前各國沿用的方法，乃由果園中選出外觀健全，品質優良的母樹，配合熱療或頂梢嫁接技術來取得無病毒苗。另外，以珠心胚系來繁殖，然需花費較長的時間。爲挽救本省柑橘產業，1973年農業試驗所與青果社在農復會（目前之農委會）經費補助下籌畫本省柑橘品種改良與無病毒苗培育計畫，該計畫所沿用的方法乃自全省柑橘園選出優良母樹，公開徵求提供優良芽變枝條，進而應用熱療技術與指示植物檢定以培育無病毒苗。詳細結果已發表於中華農業研究[4]。本文將概述有關過去熱療處理之經驗，無病毒培育之過程與結果，供今後本省進行相關工作之參考。

二、熱療技術與熱療效果

應用熱療（thermotherapy or heat therapy）法抑制植物體內的病毒增殖或使不活化，早已被人所知。一般常用的方法係將病植物組織浸於適當的熱水（hot water treatment）或將病植物培育於高溫（35°C～43°C）之熱療箱（heat chamber）處理（hot air treatment）[15]。熱療技術應用於柑橘無病毒苗之研究，早在 1956 年Price 與 Knorr 就嘗試過[16]，然他們將病穗浸於溫水，試圖去除鱗皮病與南非立枯病却未成功。1957年，Grant以相似方法，將病組織放在40～55°C之不同溫度與時間，發現成活接穗乃含有南非立枯病。從上述之結果，Grant推測南非立枯病（tristeza）病原致死所需溫度可能比組織致死之溫度高或時間更長，因而未獲成功[10]。相反地，若將病植物置於 35°C～43°C（95°～110°F）培育一段時間後，新生長的枝葉經檢定，却未發現有 tristeza 存在，但較老枝條仍含有病毒[11]。同年的報告，Desjardins [7] 以感染 tristeza 之墨西哥雷木（mexican lime）苗置於 40°C 之生長箱培育，經 3～4 週後，發現新生雷木葉片上 tristeza 病徵被抑制。很明顯地，熱療箱處理比熱水處理具較佳效果。然而溫度 35°C 以上，已逐漸不適於柑橘生長，因此應用熱療箱處理如能選擇較具抗／耐熱的柑橘品種，溫度再提高，則對於嫁接於耐熱之砧木上的接穗，必可增加成活與成功的機會。1972年，加州大學 Calavan 等[5]改進前人的缺點，將病穗先嫁接於耐熱的枳橙或廣東檸檬砧木上，再移於熱療箱每天給予照光16小時 40°C／無照光 8 小時 30°C 之循環交替溫度，經過 8～12 週的培育，可使數種病毒不活化，但鱗砧病、木孔病、脈黃病（yellow vein），破葉病及Dweet mottle病則不易以熱療處理去除之[5]。但最近 Miyakawa 謂感染破葉病之椪柑或桶柑培育於 40/30°C 交替之熱療箱三個月以上，可獲得無破葉病苗[14]。

爲應用熱療技術培育本省無病毒柑橘種苗，筆者曾就本省三種發生最爲普遍且嚴重的病害進行熱療處理，這三種病害即柑橘立枯病，南非立枯病（tristeza）及鱗砧病。所使用的熱療箱爲(1) Hotpack Model "352620" Programmed Refrigerated Incubator，溫度爲照光16小時40°C／無照光 8 小時30°C，(2) 爲木製熱療箱內鑲鋁片（3m×3m×2m），溫度調整 40°/30°C，但因無冷却系統裝置，因此實際溫度爲 39～45°C/29—33°C。由試驗結果（表一、表二）可以推知，立枯病之主病原（指 gram-negative bacterium）極易被高溫所抑制。帶有立枯病病原之接穗經嫁接於耐熱之廣東檸檬苗上，在 40/30°C 熱療箱處理 4 週以上，新生長的葉片即呈現健全，很顯然地，立枯病病原已被抑制，但 tristeza 病毒則對熱較具抵抗性。含有 tristeza 病毒之墨西哥雷木苗需較長時間之處理

(10～15週），才能獲得無病毒接穗。至於鱗砧病，供處理的廣東檸檬苗，雖然經過一年的熱療，但新生枝條乃然含有其病原。

表一　熱療箱處理法對立枯病複合病原之抑制效果[a] (Huang, 1978)

病穗品種	熱療時間（週）	溫度[b]（C）	結果	
			無立枯病症狀／處理病穗數	不含Tristeza穗數／處理病穗數
椪柑	4	40/30	6/6	0/6
椪柑	8	40/30	7/7	0/7
椪柑	13	40/30	3/3	1/3
桶柑	8	39—45/29—33	4/4	0/4
桶柑	18	39—45/29—33	3/3	3/3
椪柑（對照）	0		0/4	0/4

[a]：病穗係側接於廣東檸檬苗後，移入熱療箱處理。

[b]：熱療箱內溫度爲高溫16小時照光／低溫8小時無照光之交替循環，40/30°C 之熱療箱爲 Hotpack Model "352620", 39—45/29—33°C 爲 3m×3m×2m內鑲鋁片之木製熱療箱。

表二　熱療箱處理法對南非立枯病（tristeza）及鱗砧病（exocortis）之抑制效果[a] (Huang, 1978)

溫度 (C)[b]	熱療時間（週）	結果	
		不含tristeza嫩芽數／檢查之嫩芽數	不含exccortis嫩芽數／檢查之嫩芽數
38/28	15	1/3	—
38/28	20	4/11	—
40/30	10	0/8	0/7
40/30	15	9/10	0/9
40/30	20	6/7	0/8
40/30	30	—	0/6
40/30	52	—	0/8
39—45/29—33	10	9/10	—
39—45/29—33	16	9/9	0/7
39—45/29—33	20	8/8	0/9

[a] 熱療處理係將感染 tristeza之墨西哥雷木及感染exocortis之廣東檸檬苗移入熱療箱，經一段時間採新枝條檢定是否有病毒之存在。

[b] 熱療箱內溫度爲高溫16小時照光／低溫8小時無照光之交替循環，38／28及40／30 之熱療箱爲 Hotpack Model "352620"；39—45/92—33則爲3m×3m×2m內鑲鋁片之木製熱療箱。

一般言，熱療箱中的溫度以植物體生長周圍之溫度對病毒不活化影響較大。溫度38°C 以上不適於柑橘生長，因此箱內應保持充足的水份，防止因高溫所引起之水份過度蒸散，使植物萎凋。不可否認的，溫度愈高，療效愈好，但要考慮到植物對熱的忍受性。以38/28°C 交替循環溫度，獲得 tristeza-free 的枝條，可能要15～20週的處理時間；

溫度如提高到40/30°C，則15週後新生枝條（0.5～1公分長）已有90%不含 tristeza；如再將溫度提高爲 39～45°C/29～33°C，則病植物經10週之熱處理，新生枝條同樣有90%不含 tristeza。含有鱗砧病之病植物經過一年的熱療處理，却無法獲得無病穗。土壤溫度比植物周圍的溫度約低 5～6°C，以塑膠袋培育苗之土溫比用素燒盆的土溫約高1～2°C，然似乎對於病毒不活化無顯著影響，一般素燒盆較塑膠袋通氣好，但較易乾燥，因此要經常注意水份之供給。

三、熱療技術應用於本省柑桔無病毒苗之培育

前面已說明，熱療處理無法完全將病組織內所有的病毒不活化，因而1974～1976年間，本省進行之品種改良與無病毒培育工作，首先即進行優良母樹選拔，進而同時進行母樹園藝性狀調查、品質分析、熱療處理及初步病毒檢查（主要爲鱗砧病），最後再用指示植物複檢而獲得無毒苗，茲分述如下：

1. 優良母樹選拔： 母樹之選拔分初選與複選。初選係由青果社或有關改良場來協助。合於初選之條件爲樹齡在10年生以上，外觀無異狀且生長良好，整園無發現嚴重病蟲且管理良好，園中無間作其他雜果爲具備條件。另外，園主須熱心合作者。複選工作係由農試所與其他單位之園藝及病理專家組成，將初選合格母樹再到現場作嚴格的觀察，除具備初選條件外，尚應具備(1)無劣變或其他不良園藝性狀之枝條者，(2)附近無嚴重立枯病害者，(3)無其他可疑病毒（tristeza 除外）者。母樹經複選合格後，將各不同品種逐一編號掛牌，椪柑以 P爲代號，桶柑以 T爲代號，晚崙西亞橙以 V爲代號，柳橙則以L爲代號。

經過初選合格的母樹園共有22個，其中椪柑 9 園 180 棵，桶柑 4 園80棵，柳橙 4 園80棵，晚崙夏橙 5 園100棵。四個品種共計440棵母樹，但複選後僅剩 362 棵。椪柑選擇的園地集中於苗栗、南投及臺中地區，桶柑在新竹及苗栗，柳橙在臺中、南投及嘉義地區，而晚崙夏橙以臺東地區爲主。實際上，在整個初選與複選過程中，當時負責該計畫的農復會陳嘉吉技正及有關專家均已走遍全省主要柑橘產區，例如臺北陽明山，宜蘭地區所栽培之桶柑，由於品質及管理上均遜於苗栗地區，高屏地區的柳橙因罹患立枯病，因而摒棄。在砧木品種上，臺東一處晚崙夏橙以美女桔，南投一處椪柑及臺中一處柳橙爲廣東檸檬外，其餘均以酸桔爲砧木。

2. 園藝性狀調查、果實品質分析、熱處理及病毒初步檢定

經過複選合格的母樹，園藝性狀調查僅在每年採果時觀察是否異樣而已，最主要的乃果實品質分析。果品分析係每棵以逢機採取10枚果實(採自東、西、南、北及中等方位)攜回實驗室作果實特性與品質分析，包括果重、果實橫徑、果高、果形指數、果皮厚、果瓢數、果心、種子數、果肉重、果肉率、果汁重、果汁率，可溶性固形物，檸檬酸含量及糖酸比等項目。另外，自母樹採穗作熱處理及病毒初步檢定。熱處理係將接穗自母樹採回後，以芽接方式嫁接於二年生廣東檸檬苗上，經過 3～7 天後隨即移入熱療箱，每棵母樹以繁殖於 5 棵廣東檸檬上，每棵三穗，爲防止經由刀片或工具傳播之病毒，工具均以 0.5～1%漂白水消毒。熱療箱爲木製內面鑲有鋁片，大小爲 3m×3m×2m，溫度約爲 39～45°C 照光 16小時／29～33°C 無照光 8 小時之交替循環處理。至於病毒初步檢定，鱗砧病以 Etrog citron "861"，鱗皮病及凹面淤膠病以 Pineapple orange 及

Parson brown爲指示植物。

在三年先後調查母樹中，第一年所觀察樹齡强健，品質優，產量高且外觀無病蟲害者，均列爲母樹，且均採穗作熱療處理及病毒初步檢定。從病毒檢定的結果中，發現其中甜橙類之柳橙及晚崙夏橙兩品種之母樹均罹有鱗砧病，經熱處理所繁殖之幼苗，經檢定亦含有病毒，因此隨即將上述二品種母樹淘汰。故於第二年僅就椪柑及桶柑品種繼續調查，除發現有嚴重隔年結果者，亦予淘汰外，如南投魚池一處椪柑園，因園內混合栽培不同橙類且有鱗砧病、鱗皮病及凹面淤膠病之存在，該園也因而淘汰。本試驗經過三年來初選與複選，園藝性狀及品質分析，病毒初步檢定而列爲合格母樹，其果品分析如下表（三年平均值）：

表三　椪柑（P）及桶柑（T）之原種樹果實品質分析（1974—1976）（嚴等，1979）

品種	果重(g)	橫徑(cm)	果高(cm)	果形指數	果皮厚(mm)	果瓢數	果心(cm)	種子數(個)	果肉重(g)	果肉率(%)	果汁重(g)	果汁率(%)	可淳性固形物(g/100g)	檸檬酸含量(g/100g)	糖酸比
P-025	204.39	7.55	7.01	1.08	3.11	9.77	2.42	7.56	145.14	71.04	112.61	55.20	8.81	0.5107	17.64
P-044	201.86	7.55	6.85	1.10	3.20	9.86	2.34	9.10	148.50	73.58	111.45	55.23	8.71	0.4802	18.15
P-046	201.23	7.50	6.86	1.09	3.11	9.89	2.36	8.90	147.32	73.06	111.06	55.07	9.15	0.5292	17.42
P-049	213.98	7.68	7.05	1.09	2.98	9.72	2.08	8.65	157.51	73.57	121.74	56.84	8.57	0.5113	16.83
P-093	208.28	7.62	6.95	1.10	3.28	10.14	2.28	7.19	149.69	72.00	109.86	52.92	8.79	0.5364	16.55
P-101	224.38	7.75	7.14	1.08	3.34	10.41	1.91	9.29	160.88	71.77	121.14	54.02	9.27	0.5451	17.08
P-102	182.74	7.29	6.41	1.14	2.99	9.74	1.86	7.29	134.61	73.81	105.04	56.70	10.01	0.5620	18.24
P-103	189.73	7.34	6.63	1.11	3.00	9.98	1.86	9.15	137.46	72.64	104.22	55.11	9.62	0.5859	16.69
P-107	213.19	7.76	7.01	1.11	3.16	9.85	1.92	8.76	151.32	71.25	116.62	54.93	8.96	0.5120	17.78
P-115	188.89	7.57	6.85	1.11	3.15	10.42	1.98	8.33	141.92	75.61	109.80	58.62	9.27	0.4851	19.10
P-201	291.50	8.54	8.14	1.05	4.04	9.30		0.50	188.05	68.27				0.7833	13.48
T-017	228.92	7.83	6.71	1.17	3.47	9.95	1.37	0.53	179.45	78.40	136.37	58.26	9.10	0.6345	14.55
T-019	197.29	7.43	6.43	1.16	3.63	10.29	1.26	2.29	146.14	74.08	118.37	60.00	7.96	0.4326	18.40
T-023	179.63	7.17	6.34	1.13	3.16	10.45	1.21	2.21	137.37	76.54	105.27	58.37	10.19	0.5862	17.44
T-025	172.95	7.11	6.32	1.13	3.48	10.30	1.10	2.79	126.91	73.52	98.33	56.75	9.38	0.6341	14.72
T-027	209.26	7.59	6.80	1.12	3.88	10.28	1.15	1.20	155.39	74.25	117.32	56.01	9.39	0.5666	16.89
T-001	171.84	6.93	6.40	1.09	3.45	9.88	0.96	1.57	126.46	73.37	87.24	50.87	9.56	0.5786	16.40
T-008	183.77	7.02	6.58	1.07	3.10	9.85	0.99	2.16	144.83	77.57	104.62	52.82	9.03	0.5688	15.90
T-051	208.05	7.37	6.72	1.10	2.90	9.26	1.03	0.72	163.40	78.64	129.12	61.88	8.92	0.6569	14.05
T-058	228.07	7.52	6.85	1.10	3.12	9.23	1.12	0.66	176.25	77.48	128.85	56.68	10.42	0.6105	17.42
T-059	231.84	7.69	6.89	1.12	3.05	9.87	1.16	0.49	181.70	78.65	131.21	56.44	9.93	0.6083	16.36
T-060	195.95	7.30	6.65	1.10	2.88	9.64	1.03	1.32	153.80	78.54	118.00	59.54	9.02	0.5126	17.63

3. 病毒之再檢定與無病毒苗之培育成功

從優良母樹所採回之接穗乃然含有病毒，接穗經芽接於廣東檸檬苗，移入熱療箱

處理三個月以上（彩 8），椪柑與桶柑接穗比較耐熱，熱處理成活率可達50～60%，但柳橙及晚崙夏橙對熱適應性較低，故成活率達30%，且有不易產生新枝條之現象。無病毒苗之獲得即從新生芽條切取 0.5～1 公分長之枝條先繁殖於適當的砧木上，經過六個月後，進行病毒檢定，其所使用之指示植物及檢定之病毒如表四。如果檢定的結果不含病毒，配合三年來園藝性狀分析優良者，即選爲無病毒原種樹，而該編號之母樹即爲優良母樹。從三年所進行而獲得無 likubin, tristeza, psorosis, concave gum 及 exocortis 之椪柑原種樹32株，桶柑26株，配合優良園藝性狀最後選出10株椪柑及11株桶柑爲無病毒原種樹。另外，自臺中天冷獲一芽變枝條，雖然未有完整園藝特性資料，因果實不具種子或種子甚少，故已培育編號 P—201 之無病毒原種樹，其詳細結果列於下表：

表四、再檢定所使用之指示植物與病毒種類

病毒種類	指示植物
Likubin	Ponkan
Exocortis	Etrog citron 861
Tristeza, Yellow vein	Mexican lime
Psorosis, Concave gum	Pineapple orange, Parson brown
Cachexia (Xyloporosis)	Orlando tangelo, Parson's special mandarin

表五　經病毒檢定及園藝特性分析合格之椪柑及桶柑原種樹*（嚴等，1979）

園主姓名	果園地點	樹齡（年）	母樹號碼
徐坤益	臺東勢	15	P-025
林益嘉	臺東勢	15	P-044
林益益	臺東勢	15	P-046
羅益益	苗中東	15	P-049
詹益益	苗中西	10	P-093
詹益益	苗栗風	10	P-101
詹阿慶	苗栗風	10	P-102
詹廷一	苗栗風	10	P-103
林乾廷	臺中天	10	P-107
羅乾廷	苗栗大	10	P-115
羅乾廷	苗栗南	15	P-201
葉乾廷	苗栗南	10	T-001
葉乾煥	苗栗南	10	T-008
葉富煥	苗栗南	10	T-017
葉美煥	苗栗南	10	T-019
姜美煥	苗栗南	10	T-023
姜祺煥	苗栗北	10	T-025
姜祺煥	苗栗北	10	T-027
姜祺辰	苗栗北	10	T-051
姜辰辰	苗新埔	10	T-058
姜辰辰	苗新埔	10	T-059
姜辰	苗新埔	10	T-060

*原種樹係自園藝特性分析較佳之母樹採穗，經熱處理及病毒檢定而繁殖者。

四、無病毒原種樹之保存與現況

1976年首批無病毒苗培育成功後，隨即增殖，並將椪柑及桶柑各11棵無病毒原種樹移交農試所園藝系並擬長期保存於當時新建完成之不銹鋼網室，惜無後續計畫，終告吹毀。目前保存於農試所植病系網室之無病毒苗乃當時之部份增殖樹。由於歷經12年之盆栽培育，部份苗木因土壤與管理失衡而廢棄，然從多年的觀察，尚未發現有立枯病感染。根據本年2月（1988）調查的結果，尚保存之椪柑原種樹有22棵及桶柑14棵。園藝性狀分析合格者椪柑有 P—049, P—093, P—101, P—103, P—107，而桶柑有 T—001, T—008, T—023, T—025, T—017, T—051及 T—059。部份培育之原種樹已結果且園藝性狀亦甚佳（彩8）。此外，尚保存溫州蜜柑及1974年筆者自加州大學（Riverside校區）購回數個無病毒柑橘品系。茲列表於下：

表六、現存於農業試驗所之無病毒柑桔原種樹

品種	來源	編號
椪柑	本省複選合格樹母園	P—049, P—093, P—101, P—103, P—107
桶柑	本省複選合格母樹園	T—001, T—008, T—017, T—023, T—025, T—051, T—059
溫州蜜柑	苗栗三義	S—037, S—098
晚生橙	加州大學	V—181, V—214P, Cutter valencia
臍橙	加州大學	Forst Navel 26P

五、結　論

回顧第一次本省柑橘品種改良與無病毒苗培育，至今已歷14年。筆者深感當初參與初選、複選及無病毒苗培育的工作人員之辛勞精神，使本省首批無病毒苗得以成功，至爲敬佩。然而培育成功的無病毒苗未作進一步應用與栽培實在可惜。所幸去年（1987）八月在農委會召開柑橘產業發展輔導諮議委員會會中決議將該批無病毒柑橘苗移到嘉義分所再經檢定，確定不帶病毒後移入嘉義農試分所原種園。本省在1981～1982年間進行之第二次無病毒苗培育計畫，至今已5～6年，其所得結果如何，應與第一次所得結果作進一步的研商。另外，無病毒苗培育的成功，僅是發展本省柑橘產業所跨出的第一步，因爲經由媒介昆蟲傳播的病害問題尚未解決，未來乃需集合全省園藝學者，土壤管理及病蟲害專家，共謀解決，以挽救本省的柑桔產業。

參考文獻

1. 林樸・1969・臺灣柑橘毒素病問題及生產改進・中國園藝15（3,4）：80—82。
2. 黃秋雄、徐信次、陳蕙明・1977・柑桔鱗砧病在臺灣兩種主要甜橙品種之發生與危害。中華農業研究26(3)：251—254。
3. 黃秋雄・1978・臺灣柑橘鱗皮病與凹面淤膠病之發生調查。果農合作 363：10—12。

4. 嚴夢如、黃秋雄、徐信次・1979・臺灣柑桔品種改良與無病毒種苗之培育・中華農業研究28：35—44。
5. Calavan, E. C., C. N. Roistacher and E. N. Nauer. 1972. Thermotherapy of citrus for inactivation of certain viruses. Plant Dis. Reptr. 56 : 976—980.
6. Chen, M. H., T. Miyakawa and C. Matsui. 1972. Simultaneous infections of citrus leaves with tristeza virus and mycoplasma-like organism. Phytopathology 62 : 663—666.
7. Desjardins, P. R., J. M. Wallace, C. T. Langer and R. J. Drake. 1957. The suppression of tristeza virus symptoms in mexican lime seedlings by heat treatment. Plant Dis. Reptr 41 : 230—231.
8. Garnier, M., J. Lartille and J. M. Wallace. 1976. *Spiroplasma citri* and the organism associated with likubin: Comparison of their envelope systems. *In* E. C. Calavan (ed.) Proc. 7th Conf. Intern. Organization Citrus Virol. P. 13—17. Univ. Calif. Riverside.
9. Garnier, M., N. Daniel and J. M. Bove. 1984. The greening organism is a gram negative bacterium. *In* S. M. Garnsey *et al.* (ed.) Proc. 9th Conf. Intern. Organization Citrus Virol. P. 115—124. Univ. Calif. Riverside.
10. Grant, T. J. 1957. Effect of heat treatments on tristeza and psorosis virus in citrus. Plant Dis. Reptr. 41 : 232—234.
11. Grant, T. J. 1957. Effect of heat treatments for obtaining sources of virus-free citrus budwood. Proc. Fla. State Hortic. Soc. 70 : 51—53.
12. Huang, C. H. 1978. Effect of hot-air treatment on likubin, tristeza virus and exocortis viroid diseases of citrus. J. Agric. Res. China 27(2) : 193—198.
13. Huang, C. H., M. J. Chen. and R. J. Chiu. 1980. Separation of a mycoplasma-like organism from the likubin complex in citrus. Plant Disease 64(6) : 564—566.
14. Miyakawa, T. 1980. Thermo-therapy for some citrus cultivars infected by tatter leaf virus. Bull. Tokushima Hort. Exp. Sta. 9 : 7—11.
15. Nyland, G., and A. C. Goheen. 1969. Heat therapy of virus diseases of perennial plants. Ann. Rev. Phytopath 7 : 331—354.
16. Price, W. C. and Knorr. 1956. Kinetics of thermal destruction of citrus tissues in relation to the virus disease problem. Phytopathology 46 : 657—661.
17. Tsai, M. J. and H. J. Su. 1986. The nature of citrus tatter leaf virus. Plant Prot. Bull. 28(4) : 446—447 (Abstract).

Summary

This paper deals with the effect of heat treatment on likubin pathogen, tristeza virus and exocortis viroid, and the use of heat therapy for the production of virus-free citrus plants in Taiwan. Based on the reports, likubin diseased buds grafted on Rangpur lime seedlings exposed to the alternative temperatures of daytime 40°C for 16hr and night time 30°C for 8hr for 4 weeks or longer, new growth from the diseased buds showed no likubin symptoms, indicating that likubin pathogen was inactivated. However, tristeza virus was not inactivated by the same treatment. When young shoots from tristeza infected mexican lime seedlings which were placed at alternative temperatures of 40/30°C for 15 weeks or 39—45/29—33°C for 10 weeks could be free from tristeza virus. Alternative temperatures of 38/28°C seemed not sufficient for the inactivation of tristeza. Because none of the heat-treated cuttings were free from exocortis even the treatment was prolonged up to 52 weeks, heat treatment at the above conditions seemed difficult to inactivate the exocortis. Application of heat therapy for the production of virus-free plants has been succeeded in some citrus cultivars. According to the field selection of parent source trees, analysis of horticultural characters, and indexing results, virus-free citrus plants for Ponkan and Tankan cultivars were obtained. However, due to the latent infection of exocortis in Liuchen and Valencia orange, no virus-free plants were obtained in these two cultivars.

問　題　討　論

問：鱗砧病是僅有核酸，沒有外鞘蛋白，對不對？那麼爲什麼用熱療法反而沒有效果？

黃秋雄：

鱗砧病是由一種不含外鞘蛋白的核酸所引起的。一般病毒含有外鞘蛋白，加熱後蛋白質變性就無法恢復，病毒也就不活化，而鱗砧病不含蛋白，當加熱後，雖然核酸會分開，然冷却後，核酸又恢復。所以熱療法無法把鱗砧病病原致死或不活化。這種試驗在國外有報告，我們在臺灣所進行的亦獲相同結果。

問：Trsteza 有 protein coat（外鞘蛋白），熱療是否有效？

黃秋雄：

Tristeza 病毒有外鞘蛋白，熱療可使該病毒不活化。

趙世通：

剛才所說的都是用苗木熱療，假使全部園子，怎麼熱療法？

黃秋雄：

這個問題，實際上我很早就想過了。在南非，他們曾經用一個大網罩去熱療一整棵的樹。我不曉得有沒有辦法設計一個大網罩，在夏天把有病的樹罩起來，如果溫度能達到四十度以上，經過一週或二週，或許可將立枯病病原不活化。另外，在田間進行，可能比較困難與控制。

蘇鴻基：

今天所提那些母樹來源可否可以追踪到？

黃秋雄：

我們的母樹都有編號，記載在那裡，那一位園主，那一個果園。只要母樹不死或果園未被廢棄，號碼牌未掉落，都可以追踪的。

蘇鴻基：

我的問題是，說不定現在還可以 trace，假若這些母樹特性好，過去熱療成功的苗還存在，那再檢定很好，則可提供給嘉義分所去做原料。

黃秋雄：

剛才已說過，母樹都有編號記載，只要母樹未死或果園未廢棄，應該可以 trace。至於母樹的特性均有園藝性狀分析且已發表。另外，在去年的柑橘諮議委員會討論中已決議將這些苗移給嘉義分所，已在去年12月嘉義分所派員來採穗回去繁殖。

頂梢微體嫁接法技術改進及應用

Improved Technique of Shoot-tip Grafting for Obtaining Citrus Foundation Stocks Free of Viruses and Likubin Organism

蘇　鴻　基*

Su Hong-Ji

摘　要：本省各種柑橘品種母樹普遍感染立枯病(黃龍病、Likubin)、萎縮病 (Citrus tristeza virus)、破葉病 (Tatter leaf virus) 及鱗砧病 (Exocortis viroid) 等系統性似毒素病或毒素病，而一般供繁殖用接穗均帶有一種以上之病毒，以致於柑苗之生長與結果頗受影響。Murashige 等 (1972) 開發之倒T型頂梢嫁接 (Shoot-tip grafting) 技術廣用於柑橘原種之無毒化，但其成功率低而費時。經本試驗所得下例修改法，其成功率從低於 20％可提高達 60％以上，並可加速所得無毒芽之增殖效率。將試管中培養 4～20 天砧木實生苗枳橙切頂，距切端 2～3 公厘處切 0.3～0.4公厘口徑之直角三角形，挖除皮層成小穴，另用皮層做與穴同大之覆蓋，在無菌箱內操作，將消毒過之柑橘原種幼芽生長點 (0.2公厘) 切取，切面向下放入穴中，然後加蓋。嫁接幼苗放於含液體培養試管中，經二天暗處理後，用紗布包蓋移於溫室培養，二週後除紗蓋，培養 2～3 週後生長點長出幼芽，就可取出，供爲幼苗接穗 (1～1.5 公分長)，使用臘膜 (Parafilm) 包被，以旁接法 (Side graft) 嫁接到缽植粗皮檸檬實生苗 (20～30 公分) 之上方幼莖上。在溫室中培養 3 個月左右，長出幼芽後，其腋芽，可供芽接增殖每 3～4 個月可重覆一次芽接增殖。在一年間從一生長點，可期獲得 500個左右之無毒芽。此改進法併用熱療法，更可增加無毒化效果。

關鍵字：頂梢嫁接、無毒化、柑橘病毒。
Key words: shoot-tip grafting, virus-freeing, citrus viruses.

前　言

爲了獲得無病毒之柑橘繁殖用接穗，以降低經由病毒及似病毒所造成之經費損失，在1972年Murashige等人發展出頂梢嫁接(STG)技術，這是第一次嘗試在試管內完成。

* 國立臺灣大學植物病蟲害學系教授兼系主任
Dept. of Plant Pathology and Entomology, National Taiwan University.

利用熱療及珠心胚苗亦能獲得無病毒之柑橘植株，但前者對鱗砧病及鱗皮病病原消除效果不佳，後者則需要較長的時間來消除如植株有刺等幼年期不利特性。利用 STG 技術則可有效消除病毒而且沒有幼年期的問題。經由 Navarro等人 (1981) 進一步研究與技術改進，可獲得30～50%的嫁接成活率，移植到土中存活率達95%，而此大部分經顯微嫁接的植株都不再帶有病毒及似病毒且沒有幼年期特性，因此STG技術被廣泛應用於消除原種柑橘所帶之病毒及似病毒 (Virus and virus-like pathogens)。爲了提高嫁接成活率，操作簡易化、及頂梢嫁接後之快速生長，經由多次STG實驗，完成目前所使用的改進方法，包括嫁接位置、切割方式、砧苗品種、進一步高成功率增殖和加速生長及繁殖。

材料與方法

STG改進法：自 Navarro等人(1975)所用之倒T型切割法改進爲直角三角型挖穴法。砧苗方面，除目前所使用之枳橙外柳橙亦可。在無菌狀態下移出二週大之砧苗，距子葉上端1.5～2公分處切除頂端，距切口 2～3 公厘處自皮層挖出長寬約 0.3～0.4公厘之直角三角形的洞，再將商業品種(表 1)頂端生長良好的幼芽生長點切下約 0.2公厘大小，移入先前挖好的洞裏，讓芽的切面和洞裏的維管束表面或皮層的切面接觸（圖 1），

表 1. 用來做爲 STG 來源之柑橘品種經檢定其感染病害的情形

Table 1. Citrus cultivars used as sources of shoot-tips and infections of citrus pathogens shown by indexing

品種 Variety	病害感染 imtective Pathogtns
椪柑 Ponkan	萎縮病、立枯病、破葉病 CTV, Likubin, CTLV
桶柑 Tan kan	萎縮病、立枯病、破葉病 CTV, Likubin, CTLV
柳橙 Leucheng	萎縮病、立枯病、破葉病 CTV, Likubin, CTLV
葡萄柚 Grapetruit	萎縮病、立枯病 CTV, Likubin
文旦 Buntan Pum.	立枯病 Likubin
白柚 Peiyu Pum.	立枯病 Likubin
Eureka 檸檬 Eureka lemon	立枯病、萎縮病 Likubin, CTV
茂谷柑 Murcott	萎縮病、破葉病 CTV, TLV

再蓋上和洞相同大小的皮層組織。用以STG的接穗品種經檢定往往帶有萎縮病毒、破葉病毒及立枯病病原(表 1)。嫁接幼苗放於含液體培養液之試管中，經二天暗處理後，用紗布包蓋移入 23～35°C 溫室培養，二週後除紗蓋，培養 2～3 週。另依照 Navarro 等人之方法進行STG做爲對照組。

雙嫁接法：過去一般方法在 STG 5～8 週後，嫁接成功且在接穗處長 2 片葉子的 STG 苗才能自試管移出行鉢植。改進方法在 STG 4～6 週後將砧木上之接芽切下直接嫁接到溫室生長良好之鉢植砧苗上可促進接芽生長。將自 STG 苗莖頂 1～1.5公分處，帶有已發芽之接穗或癒合良好但尚未發芽的一段切下，利用蠟膜，以旁接法嫁接到鉢植

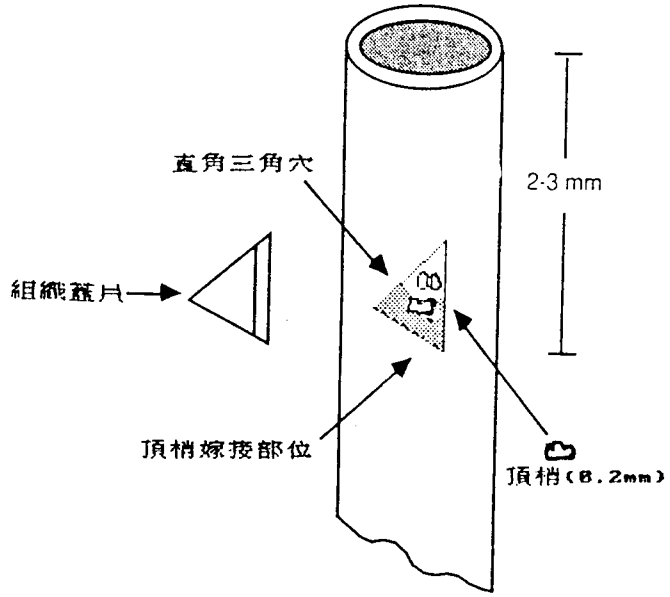


圖1　柑橘頂梢嫁接改進法

Fig. 1. Diagram showing modified technique of shoot-tip grafting by means of rectangular triangle-hole cut and tissue covering.

粗皮檸檬或柳橙實生苗之上方幼莖上，外圍以 PE 塑膠袋包被，置於溫室內培育。並於 STG 後不同時間間隔（4～6週）取出做旁接成功率之比較。

快速繁殖苗木：頂梢芽經STG及旁接到鉢植苗，於溫室內生長約3～4個月可抽出幼枝條。

結果與討論

將自芽頂切下含三葉原體之芽點（生長點）置入倒T字型切口時極容易受到傷害，可能是造成嫁接成活率偏低之原因，一般低於20%（表2）。經實驗操作得知，要將芽點正確置入倒T字型切口並不容易，反之可輕易地將芽點置入直角三角形洞穴內，且切口可正確貼附維管束表層或皮層切口上而不受到傷害，另在洞穴外輕覆皮層組織，不會對芽點產生壓傷。此外，此薄層覆蓋組織部分常會和洞穴壁的組織再癒合，可維持芽點和砧苗癒合期間內足够的濕度，而芽點發芽時可突破覆蓋組織長出（圖2—A、B））。自砧苗切頂下2～3公厘處挖穴，保持穴與切頂間的一段，有助於 STG 芽的照顧（圖2—C、D）。和倒T字型法比較，本改進法可有效提高嫁接成活率，且高達60%以上（表2）。

以本改進法利用多種柑橘接穗品種以柳橙爲砧苗之嫁接成活率（75.8%）較目前常用之枳橙的成活率（60%）爲高，以倒T字型法利用枳橙爲砧苗之嫁接成活率則較低（18.5%）（表2）。大部分的接穗品種，包括椪柑、桶柑、柳橙及白柚，在柳橙砧苗上的STG 成活率極高，但文旦則無論以何者爲砧苗皆低於 50%。無論將芽點置於維管束

表 2. 倒T字型與直角型STG法之嫁接成功率比較

Table 2. Percentage of successful grafts affected by shoot-tip grafting methods, inverted-T cut in comparison with rectangular triangle-hole

嫁接品種 Variety	倒T字型法 枳橙* Inverted-T Citrange	正直角 枳橙* R. triangular Citrange	三角型法 柳橙* Triangular Leucheng
椪柑 Ponkan	2/23	3/5	4/5**
桶柑 Tankan	2/15	4/5	5/5
柳橙 Leucheng	3/10	3/5	5/5
葡萄柚 Grapetruit	5/11	4/6	5/8
文旦 Buntan Pum.	1/12	1/4	2/5
白柚 Peiyu Pum.	2/10	3/5	4/5
總數 Total	15/81(18.5%)	18/30(60%)	25/33(75.8%)

* 做爲STG砧木之品種。 As rootstock of STG

**嫁接成功數目／嫁接總數。 No. of successful grafts／Total STG done.

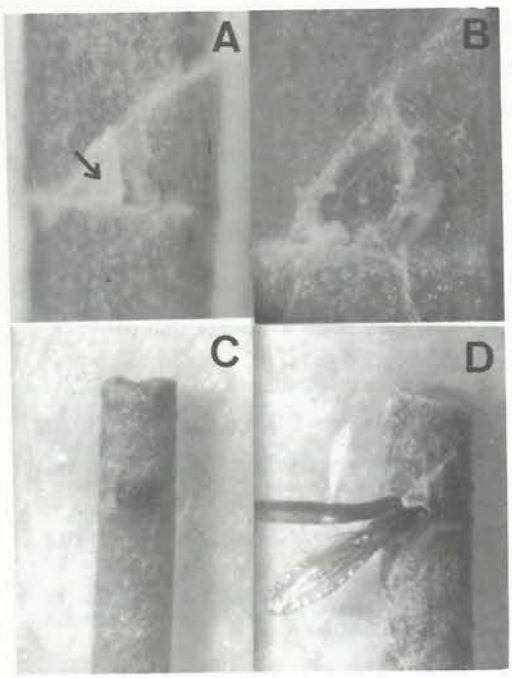


圖 2 在皮層的直角三角形穴內嫁接頂芽的生長情形

Fig. 2. Growth of shoot-tip (ST) in rectangular triangle-hole of cortex.

A. 椪柑頂芽嫁接在柳橙砧木上4週後。
4 wks. after ponkan STG on leucheng.

B. 桶柑頂芽嫁接在枳橙砧木上4週後。
4 wks. after tankan STG on citrange.

C. 葡萄柚頂芽嫁接在柳橙砧木上2週後。
2 wks. after grapefruit STG on leucheng.

D. 桶柑頂芽嫁接在柳橙砧木上6週後，桶柑芽自直角三角型洞內長出葉子。
6 wks. after tankan STG on leucheng, tankan was germinated from the triangular-hole.

表面或皮層切口上，其STG之成功率並無差別。

從整個試驗來看，一個適當的STG程序建議如下。經STG的苗於二天暗處理後，以紗布覆蓋移入溫室培養2週，再移除紗布蓋培養2～3週。依據過去方法，此時自接芽處至少會長出2片葉子，則可將此自STG後生長5～8週的砧苗自試管移出行缽植。經試驗發現，直接將含STG芽的一段嫁接到缽植實生苗的砧木上，可使接穗生長良好，與De Lange (1978) 的報告相符。從表3中得知，STG 砧苗經2週成熟期，再加上4週健化期可獲得成功的再嫁接效果。其中再嫁接於粗皮檸檬時需要5週培養期而柳橙則需

6週。下列所建議之再嫁接方式較爲理想。自 STG 砧苗頂端以下 1～1.5公分處切下帶 STG芽一段，將其旁接到生長良好之缽植粗皮檸檬或甜橙實生苗幼莖上，由於蠟膜具柔靱性，適於捆綁幼芽而不造成傷害，並可讓新生芽突破生長。假如旁接的 STG 芽已發

表 3. 自STG苗頂端切芽做雙嫁接之成功率

Table Successful grafts of doublemicrografting with apical stem-scions derived from STG.

缽植砧木品種	STG後至雙嫁接之時間(週)		
	4	5	6
粗皮檸檬	4/5	5/5	5/5
柳橙	3/5	4/5	5/5
總數	7/10	9/10	10/10

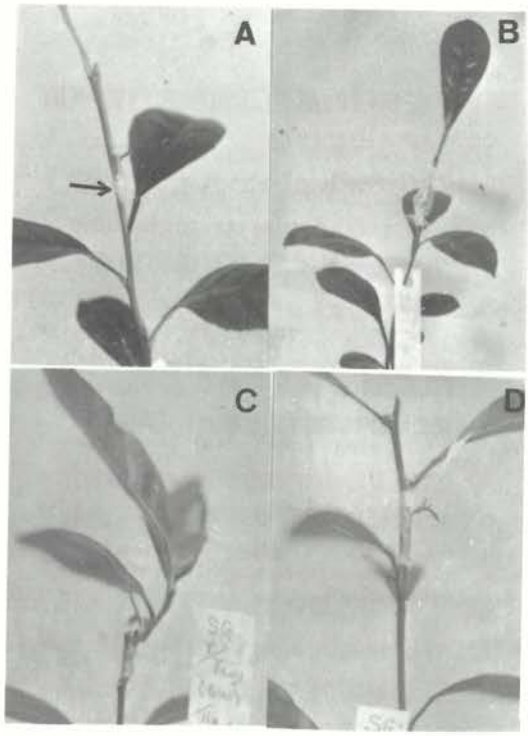


圖 3 STG苗穗再嫁接之過程

Fig. 3. Procedure of double grafting with STG grafted stem-scion.

A. STG苗莖穗（椪柑／枳橙，經STG 5週後）用蠟膜固定旁接在粗皮檸檬砧木上（箭頭所指處）。
Tiny STG budling (Ponkan 5 wks after STG on citrange) were Sipe-grafted on R. L. rootstock with parafilm.

B. 以PE塑膠套住。
Bag with P. E. film.

C. 經旁接6週後，自嫁接處長出生長良好的椪柑枝條。
Souand ponkan twig developed from the graftage 6 wks later

D. 經旁接8週後，STG白柚芽（嫁接在枳橙砧上，再旁接到柳橙）自蠟膜包圍處抽出。
Peiyu Pummelo shoot grew up 8 wks after STG bulndig were side-grafted to leucheng stoek.

芽，則外層再包覆一層 PE塑膠袋（圖3B），沒有發芽者，則完全以蠟膜包圍，新生的芽將會突破蠟膜伸長出來（圖3D）。於 STG 後 3～4 個月，再嫁接的植株將可提供繁殖用芽。

大部分經STG處理所獲得的苗木，經檢定及 ELISA 測試，不再帶有萎縮病毒、破葉病毒、鱗砧病病原和立枯病病原。從嘗試自 STG 後快速增殖足够量的苗木之經驗中發現，自STG後 3～4 個月長出之尙未成熟的芽，其硬度已可以取下再進一步嫁接到粗

皮檸檬或甜橙幼莖上，做大量繁殖之工作。如果將接芽上方的莖葉朝另一方向反折，則可以加速接芽的發芽速率。於 STG 後一年內，每隔 3 ～3.5個月幼芽轉嫁接一次，共三次後，可獲得500個以上的供繁殖的芽體。

參考文獻

1. De Lange, J. H. 1978. Shoot-tip grafting—A modified procedure. *Citrus and Subtron. Fruit I* 539 : 13—15.
2. Hollings, M. 1965. Disease control through virus-free stock. *Ann. Rev. Phytopathol.* 3 : 367—396.
3. Murashige, T., W. P. Bitters, E. M. Naver, C. N. Roistacher, and P. B. Holliday. 1972. A technique of shoot apex grafting and its utilization towards recovering virus-free *Citrus* Clones. *Hort Science* 7 : 118—119.
4. Navarro, L. 1981. Citrus shoot-tip grafting *in vitro* (STG) and its application: A Review. *Proc. Int. Soc. Citriculture* 452—456. 1981.
5. _____C. N. Roistacher, and T. Murashige. 1975. Improvement of shoot-tip grafting *in vitro* for virus. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 100 : 471—479.
6. Roistacher, C. N. 1977. Elimination of citrus pathones in propagative budwood. I. Budwood selection, indexing and thermotherapy. *Proc. Int. Soc. Citriculture* 3 : 965—972.
7. _____and S. L. Kitto. 1977. Elimination of additional citrus viruses by shoot-tip grafting *in vitro*. *Plant Dis. Reptr.* 61 : 594—596.
8. _____, L. Navarro, and T. Murshige . 1976. Recovery of citrus cultivars free of several viruses, exocortis viroid and *Spiroplasma citri* by shoot-tip grafting *in vitro* pp. 186—192. *In* E. C. Calavan (ed.), *Proc. 7th Conf. Int. Organ. Citrus Virol. IOCV*, Riverside.

Summary

The mother tree of the all citrus commercial varieties have been commonly affected by the systemic virus diseases caused by citrus tristeza virus, tatter leaf virus and exocortis viroid, and virus-like disease caused by likubin fastidious bacteria in Taiwan. Most of the bud-woods used for propagating citrus seedlings are generally infected with more than one virus pathogens mentioned above, and consequently the growth and fruiting of the citrus budlings are affected. The inverted-T method of shoot-tip grafting described by Murashige et al (1972) has been widely applied for freeing viruses of citrus foundation stocks, however the successful graft percentage is lower and time-consuming. More than 60% of successful graft was obtained by the present modified technique while the inverted-T method yielded less than 20%. A shoot-tip (about 0.2mm) was placed into rectangular triangle-

hole (0.3–0.4mm) cut at 2–3mm from the top of decapitated rootstock epicotyl instead of inverted–T cut. The hole was covered with a thin triangular epidermal tissue as large as the hole, derived from the same rootstock seedling. The micrografted seedlings were allowed to develop in *vitro* under cheese–cloth–shaded condition for 2 weeks after 2–days incubation in the dark, and uncovered condition for another 2–3 weeks in greenhouse instead of growth–chamber condition. The apical stem–scions (1–1.5 cm long) from micrografted rootstock seedlings were directly side–grafted onto younger portions of potted seedlings of rough lemon or sweet orange which showed fast growth, and yielded propagative buds 3–4 months after STG. More than 500 propagative buds free of citrus viruses and likubin organism could be obtained from one shoot–tip of STG through 3 cycles of the young–bud grafting at 3–3.5–month interval within one year.

問　題　討　論

黃秋雄：

現園裏到底有幾個品種？破葉病 (tatter leaf virus) 事實在 New Comb他有一份報告是可以用血清 (serum) 的方法把它做出來，大概沒問題。我們唯一的問題是鱗砧病 (Exocortis) 我想這是比較大的問題。

蘇鴻基答：

他們用的品種不像臺灣這樣少，臺灣的破葉病大概是原生於中國 (origin) 因宮川 (Miyagawa) 他們是從臺灣引進去的，桶柑裏面他們馬上測到 (check) 一個地方，所以他們全國的許多品種沒有破葉病，現美國也一樣，破葉病是從北京檸檬 (meyer lemon) 無意中帶入的，他們沒分散去，但是臺灣的柑橘大概是中國系統的，在田間這樣久了。但不同的品種裏面用熱療不見得有效，臺灣的狀況下品種這樣多，我這次作的有的品種不容易去除 (elminate) 。還有在美國 Roistacher 也有同樣的結果，因破葉病可機械傳染，故在頂梢微體嫁接 (STG) 時所拿的嫩芽，它的頂梢在切時一定要從底下稍爲切進去，因你用的刀易碰到，若你用熱療嫁接了以後長出的芽不會帶毒，所以切時不會切到毒。但假如你用芽進去，他長出之芽頂端沒有病毒但底下還是帶有病毒。所以他們用熱療的結果也不可能把破葉病毒去除。

高清文：

無病毒苗移至田間應如何避免再感染？

蘇鴻基答：

我們已出有一本小册子，裏面有寫了，我把它放在下一個題目內再詳細說明，怎樣去避免再感染是可以做得到的，雖然不是很完善，但是也可以做得到。

柑橘無病毒原種圃和採穗園之建立與運作[1)]

The Establishment and Management of the Citrus Foundation Block and the Citrus Scion Nursery

徐　信　次[2)]

Hsu Hsin-tszu

摘　要：政府爲解決臺灣地區柑橘事業遭受立枯病及病毒病害造成之危機，民國70年5月間前行政院農業發展委員會成立「柑橘產業諮議委員會」，並經行政院核准「臺灣柑橘事業發展輔導方案」。民國71年農林廳依據上述輔導方案，提出柑橘品種品系改進計畫，有關生產健康苗部份，由臺灣大學植病系以熱處理及頂梢嫁接法，將椪柑、桶柑、柳橙、麻豆文旦、麻豆白柚、萊姆、檸檬、茂谷柑及葡萄柚等優良品種品系無毒化，建立原原種。農試所嘉義分所園藝系在溪口農場設立隔離網室，利用上述原原種嫁接建立原種園及增殖母樹，提供農試所園藝系在隔離網室內建立無病毒柑橘採穗園，供應青果社苗圃及其他試驗場所，所需繁殖健康苗，作爲推廣種植及試驗研究之材料。

從民國72年冬至74年，本分所陸續自臺大植病系取得無毒化之原原種接穗，建立原種園，至76年累計培育保存椪柑、桶柑、麻豆文旦、麻豆白柚、葡萄柚、萊姆、優利卡檸檬及茂谷柑等品種品系原種樹各10～20株。採穗增殖樹各20～40株。76年嫁接保存椪柑及桶柑之CTV微弱系統原種各17株和14株。供應農試所採穗園之接穗累計共3,935芽，分別爲椪柑1,800芽、桶柑1,655芽、葡萄柚220芽、麻豆文旦110芽、麻豆白柚150芽。

農試所嘉義分所除保存上述之原種外，民國73年3月開始，亦採用頂梢嫁接或熱處理併用之方法，將本分所保存之柑橘種原逐步予以無毒化保存。至民國76年累計獲得36品種97株之頂梢嫁接苗，該批苗已陸續移請臺大植病系協助病毒之檢定。

農試所第一柑橘採穗園，從民國74年8月間，開始陸續供應青果社苗圃、關西柑橘工作站、臺東區農業改良場及臺大園藝系無毒化接穗，數量分別爲：74年椪柑14,249芽、桶柑51,377芽；75年椪柑167,271芽、桶柑165,259芽、葡萄柚326芽、麻豆白柚27芽、麻豆文旦37芽；76年椪柑24,250芽、桶柑12,400芽。三年累計椪柑205,770芽、桶柑229,036芽、葡萄柚326芽、麻豆白柚27芽、麻豆文旦37芽，總計435,196芽。

---

1)承蒙行政院農業委員會補助計畫經費，特表致謝。
本報告之資料，係由嘉義分所林瓊玖副研究員及農試所葉節耀先生、劉玉花小姐共同提供，謹此致謝。
2)臺灣省農業試驗所嘉義分所園藝系、副研究員。　Dept. Horticulture, CAES, TARI.

民國75年8月農試所採穗園網室遭韋恩颱風吹損，由嘉義分所協助供應椪柑19,500芽、早生桶柑8,000芽。

民國76年7月，爲確保供應無毒化接穗，在嘉義分所溪口網室再闢第二柑橘採穗園，同年供應椪柑 7,000 芽，兩年累計供應椪柑26,500芽、桶柑 8,000芽，合計 34,500芽。

關鍵字：柑橘、原種、無病毒接穗
Key words: citrus, foundation block, virus-free scion

一、前　言

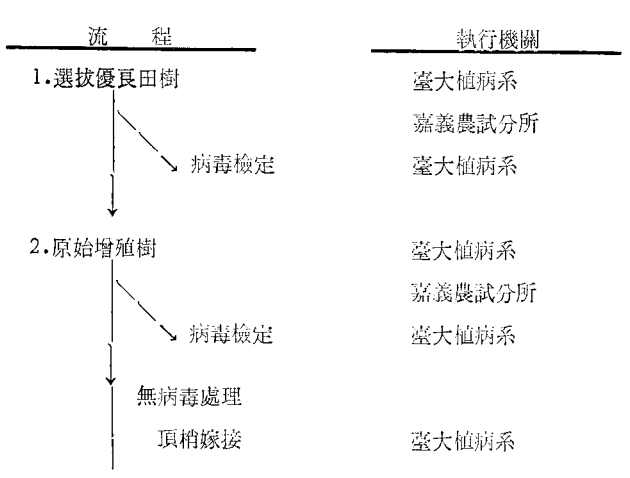
柑橘是臺灣之主要常綠果樹之一，現有栽培面積約有 38,000 公頃。近年來由於長年之無性繁殖及病毒爲害，造成品種退化，經濟樹齡變短，產量及品質亦受到嚴重影響[2]。加以臺灣尚無健全之種苗制度，無法培育健康之無病毒苗木，提供果農栽種，而且由於缺乏優良母樹園，民間之一般嫁接繁殖柑苗，更有助於柑橘毒素病，如南非立枯病、鱗砧病、破葉病、鱗皮病、木孔病等及立枯病之散佈[1,2,3]。

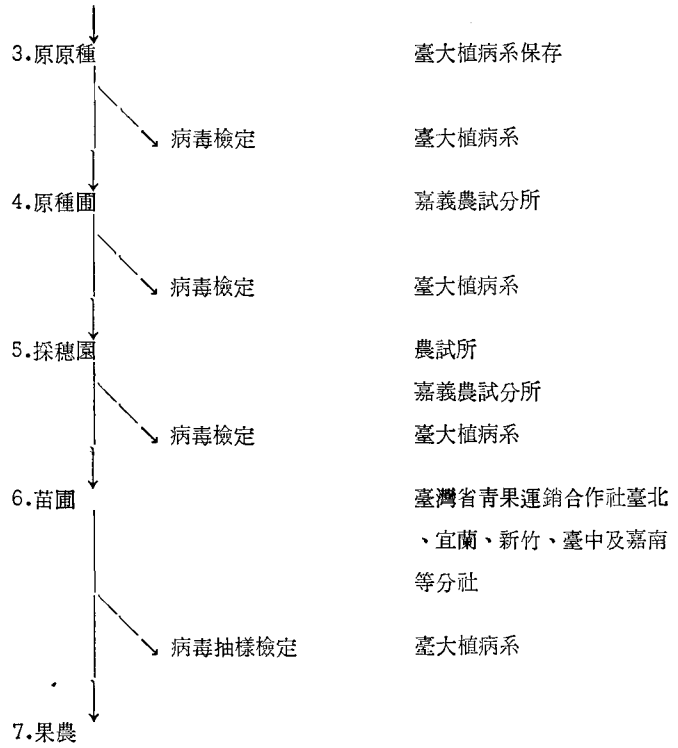
農發會有鑑於此，在民國69年邀集全省柑橘專家舉辦柑橘試驗研究檢討會，會中決議由農發會等籌組「臺灣柑橘產業輔導方案研擬小組」。民國70年5月該小組完成「臺灣柑橘產業輔導方案」由農發會召集組成「臺灣柑橘產業諮議委員會」負責生產目標之訂定與整個產業方針及重大策略之擬訂諮議與審核。下設四個指導小組，其中種苗小組擔負柑橘之更新計畫，督導執行柑橘無病毒苗之培育。

農發會針對柑橘無病毒之生產，曾派專家赴美、日實地考察及研習柑橘頂梢嫁接及無病毒之培育生產技術，規劃完成臺灣目前所採行之方法。本篇即爲數年來執行之成果報告。

二、柑橘無病毒苗之培育流程

取得柑橘無病毒繁殖材料之途徑，一般可有三：(1)珠心胚系法[2]，(2)熱療法與化學療法[2,3]，(3)頂梢嫁接法[2,4]。本報告所取用之材料，全取自頂梢嫁接法，培育之流程可歸納如下：





三、無病毒原種圃之建立與運作

㈠無病毒原種圃之建立及運作

本報告所獲得之無病毒原原種是由臺灣大學植病系蘇鴻基教授藉頂梢嫁接及病毒檢定所獲得，再提供臺灣省農業試驗所嘉義分所無病毒接穗在溪口隔離網室內，芽接建立各柑種之原種株系。

溪口隔離網室係嚴密防蟲之鋼筋水泥不銹鋼網之建築，所有育苗器具材料，均經殺蟲滅菌處理，砧木在此網室內播種培育。小苗先移植到特製之黑色塑膠育苗筒，其內盛裝新鮮蛭石和泥炭土混合而成之介質。定時施肥及噴藥，促進砧木正常發育。民國72年冬至73年春陸續自臺大植病系取得無毒化原原種椪柑、早生桶柑、桶柑、麻豆文旦、麻豆白柚兩系統、葡萄柚三品種等，74年冬至76年間又取得萊姆、優利卡檸檬及茂谷柑等接穗，先後芽接在健壯之砧木上。由上述芽接苗中各柑種及品種分別選取十株爲原種樹。其餘則爲採穗增殖樹。兩者均再分別繁殖於較大之白色樹脂育苗容器及鐵筒，保存於網室內。

目前保存於溪口網室之無病毒柑橘原種種類及株數見表一。此等原種樹，每年均由臺大植病系，負責病毒之檢定，以確保無病毒狀態。

表一　無病毒柑橘原種圃之柑種及株數

柑橘種類	株數
椪柑	10
桶柑（2系統）	20
麻豆文旦	10
麻豆白柚（2系統）	20
葡萄柚（3品種）	30
萊姆	10
檸檬	10
茂谷柑	10
合計	120

嘉義分所溪口網室之原種圃自建立以來，已先後提供省農試所園藝系所主持之柑橘無病毒採穗園之無病毒原種接穗計椪柑等五種，共3,935芽（見表二）

表二　嘉義分所原種圃供應農試所採穗園之柑種及芽數

柑橘種類	芽數（芽）
椪柑	1,800
桶柑	1,655
葡萄柚	220
麻豆文旦	110
麻豆白柚	150
合計	3,935

㈡柑橘健康苗試種

民國75年2—6月間在宜蘭、臺北、新竹、南投、彰化、嘉義、臺南、高雄及花蓮等縣遴選隔離且適合栽種柑橘之地區19處，首次試種嘉義分所溪口隔離網室育成之柑橘健康苗 7,000株，以探討今後大規模繁殖及推廣柑橘健康苗時可能遭遇之問題。此批健康苗以酸橘及實生柚爲砧木，嫁接原種增殖樹之無病毒接穗，在網室內培育而成（見表三）。

表三　無病毒柑橘健康苗試種之柑種、株數及砧木

試種柑橘種類	砧木	試種株數（株）
椪柑	酸橘	2,000
桶柑	酸橘	2,000
麻豆白柚	實生柚	1,000
麻豆文旦	實生柚	1,000
葡萄柚	實生柚	1,000
合計		7,000

㈢無病毒原種高接觀察

爲觀察經由頂梢嫁接取得之無病毒原種，有無發生變異之可能，民國76年起，在全省柑橘主要產區選取目視健壯之柑橘樹實施高接，以期提早開花結果、調查變異性及評估無病毒樹種與一般繁殖植株所表現之優劣差異。高接之柑橘品種品系及高接園地（見表四）。

表四　柑橘無病毒原種高接柑種及株數

柑橘種類	高接園地代號	高接株數（株）
椪柑	1	5
	2	5
	3	5
桶柑	1	5
	2	6
	3	5
麻豆文旦	1	5
	2	5
麻豆白柚	1	5
	2	5
萊姆	1	5
	2	5
葡萄柚	1	5
合計	13	65

㈣CTV微弱系統原種

CTV (Citrus Tristeza Virus) 已普遍存在於臺灣之柑園[2,3]。爲減輕此種經由蚜蟲傳播，不易滅絕之柑橘毒素病。繁殖接種 CTV 微弱系統之柑橘苗木，巴西、南非等國均認是一種有效之交叉保護方法。嘉義分所獲得臺大植病系之協助及提供 CTV 微弱系統在溪口隔離網室之原種圃內增添 CTV 微弱系統椪柑原種樹17株、桶柑14株，以期提供採穗園繁殖推廣此種交叉保護之苗木，以減輕CTV之爲害。

四、柑橘無病毒採穗園之建立與運作

㈠建立柑橘無病毒採穗園之目的

其目的在負責生產并供應臺灣省青果運銷合作社之五個分社地區苗圃及其他大專院校試驗場所需求之健康接穗，作爲繁殖推廣種植健康苗及試驗研究之用。

㈡採穗園之建立

1. 最初規劃之採穗園構想：係分批培植採穗樹，採穗樹所需之無病毒接穗由嘉義分所之原種圃提供。每批採穗樹之培植時間共爲四年。第一、二年爲培育期，第三、四年爲供穗期，四年後予以更新。從第三年起每年供給接穗，並於第三年另行培育第二批採穗樹，往後每隔兩年重新培植採穗樹一批，以達長期交互供穗之目的。供穗目標訂爲每年三十萬芽。

2. 現有採穗園之建立

⑴第一採穗園（農試所園藝系）：承農委員之經費補助，於民國72年在農試所建立五棟不銹鋼網，雙重門之隔離採穗網室，並培育 6,000株酸橘砧木苗。網室內以木板拼訂兩行栽培床。以泥炭土，蛭石及田土混合而成之栽培介質，填充栽培床後，經殺蟲殺菌劑薰蒸處理後，定植酸橘砧木。採自動灌溉，定期施用液態肥料，並噴施殺菌殺蟲藥劑。一年後自嘉義分所原種圃分批採取無病毒接穗。芽接優良之無病毒原種、品種及芽數（見表五）。成活後之植株，依培育砧木之例行作業繼續培育。

表五　嘉義分所原種圃供應農試所之柑種及芽數

柑橘種類	芽數
椪柑	1,800
桶柑（2品系）	1,655
葡萄柚	220
麻豆文旦	110
麻豆白柚	150
合計	3,935

⑵第二採穗園（嘉義分所園藝系溪口農場）：民國75年8月間第一採穗園網室遭韋恩颱風吹損，當時緊急搶救一棟採穗母樹網室，其餘之母樹，由柑橘種苗小組議決交由青果社擇地試種。次年，農委會撥款重修受損之網室。在此期間內由嘉義分所溪口柑橘原種圃及採穗增殖樹，協助供應青果社苗圃所需之無病毒接穗（見表一）。爲確保供應無病毒接穗，民國76年7月開始之農委會補助計畫中，增闢嘉義分所柑橘第二採穗園。

3. 採穗園之運作

⑴採穗柑種之編號：取自原種圃保存之原種接穗，依其柑橘及來源分別編號，如椪—1—1—000（嘉義分所提供之優良椪柑品種），桶—1—1—000（宜蘭早生桶柑），桶—2—1—000（廣島選耐寒桶柑），葡—2—1—000（Ruby 葡萄柚），葡—3—1—000（Marsh葡萄柚），麻白—1—1—000（民國70年麻豆選出之麻豆白柚），文—1—1—000（民國70年麻豆選出之麻豆文旦）等。

⑵供穗：採穗園之無病毒接穗，提供大專院校試驗改良場所試驗及教學所需，以及臺灣省青果合作社所屬五個分社之柑橘健康苗圃繁殖健康苗（表六）。

各機關徵得採穗園執行人同意後，派人前往農試所及嘉義分所洽領。採取日視健康無毒素病及立枯病病徵之芽穗，經登錄柑種數量，取穗單位及供穗批號後，即予放行。採穗園負責人需分批向主管單位農林廳特產科行文報備。歷年提供之芽穗分別列於表七及表八。

表六　歷年申請提供柑橘無病毒接穗之機關及用途

申請機關	用途
臺灣青果運銷合作社	
臺北分社	
宜蘭分社	繁殖健康苗
新竹分社	
臺中分社	
嘉南分社	
農試所關西柑橘工作站	教學訓練及繁殖試驗材料
臺東區農業改良場	繁殖試驗材料
臺灣大學園藝系	繁殖試驗材料

表七　農試所第一採穗園，74年至76年三年累計供穗柑種及芽數

柑橘種類	累計供穗芽數（芽）
椪　柑	205,770
桶　柑	229,036
葡萄柚	326
麻豆白柚	27
麻豆文旦	37
合　計	425,196

表八　嘉義分所第二採穗園累計供穗柑種及芽數

柑橘類別	累計供穗芽數（芽）
椪　柑	30,500
桶　柑	19,000
麻豆文旦	500
麻豆白柚	550
合　計	50,550

五、結　論

柑橘是臺灣目前之重要果樹之一，由於長年之嫁接繁殖，導致品種退化，且又遭受數種毒素病及立枯病之爲害，品質低落，產量銳減，及樹齡縮短。政府爲重建本省柑橘

事業，推動更新無病毒優良苗木，期能改善現有之種苗之繁殖方法，以達到改善柑橘果實品質及延長柑橘經濟樹齡之目的，本報告所揭示之柑橘無病毒原種圃及採穗園，尚在繼續推行中，除已供應毒果社苗圃生產椪柑、桶柑、葡萄柚、麻豆文旦、麻豆白柚等健康苗外，茂谷柑，無酸橙、萊姆、檸檬及其他新品種，將會陸續提供苗圃繁殖，推廣果農更新果園，以開創臺灣地區柑橘產業之新面貌。

參考文獻

1. 黃秋雄、徐信次、陳憲明 1977 柑橘鱗砧病在臺灣兩種主要甜橙品種之發生與爲害。中華農業研究26：251—254
2. 蔡竹固、林瓊玖 1986 柑橘病毒與無病毒苗之培育。科學農業 34（9—10）：223—234
3. 嚴夢如、黃秋雄、徐信次 1979 臺灣柑橘品種改良與無病毒種苗之培育。中華農業研究28(1)：35—44
4. Navarro, L., C. N. Roistacher and T. Murashige. 1973. Improvement of Shoot-tip-grafting In-Vitro for Virus-free Citrus. Hort Science (15)：471—479.

The virus-free Citrus Foundation Block was established at Chiayi Agricultural Experiment Station of Taiwan Agricultural Research Institute in 1984. Virus species and cultivars, including ponkan, early tankan, tankan, Matou Wentan, Matou Peiyu, grapefruit, lime, Eureka lemon, and Murcott orange, have been budded and maintained in screen houses at CAES. Two Citrus Scion Nurseries are located at TARI and CAES respectly. Up to now, totally 435,196 virus-free buds of ponkan, tankan, grapefruit, Matou Wentan, Matou Peiyu, etc., had been released to five citrus nurseries operated by Taiwan Provincial Fruit Marketing Cooperative in the past years. The virus-free buds of other cultivars will also be released to them in the near future. Seven thousand budling plants of different major commercial cultivars, as ponkan, tankan, Matou Wenten, Matou Peiyu and grapefruit, had already been sent to 9 locations in 1986 for trial and investigating the problems possibly occurred when these virus-free materials are over-whole released to the growers.

問 題 討 論

林　樸問：

你剛才所說的很多數字的東西，還有所推廣出來的苗還有蘇教授給你的椪柑、桶柑接種微弱病毒的有沒有呢？

徐信次答：

沒接種過，76年底才繁殖ＣＴＶ，以前沒有以後會大量接種繁殖於採穗園裏。

林　樸問：

因此無毒苗正確的名字應叫—毒健康苗是嗎？

徐信次答：

請蘇教授表示意見。

蘇鴻基答：

好，可以。

吳明哲問：

黃秋雄先生提到今年２月把那些無毒化材料皆移交給你，請問你們是如何處理？

徐信次答：

我們拿回去都已嫁接，實際情形請林小姐說明一下。

林瓊玖答：

今年２月問黃先生拿了無毒化原種材料，拿回在溪口農場隔離網室內嫁接，每株原種都接活保存着有的10株有的２株，品種有桶柑、椪柑、晚崙夏橙都有。部份沒接活的想再跟黃先生剪枝條回去接。

柑橘健康苗之生產

The Production of Healthy Citrus Nursery Plants.

陳志宏　李榮俊

Chen Chi-hung* and Lie Rong-chün*

摘　要：臺灣柑橘生產上之最大問題爲病毒及病毒類緣微生物所引起之病害（合併簡稱病毒）。爲了減輕病毒之危害，於民國七十年八月成立「臺灣柑橘產業發展諮議委員會」，並隨即推動「臺灣柑橘產業發展輔導方案」，希望以無病健康苗取代病株，以減低柑橘園之病毒感染率，促進柑橘產業之長期健康發展。

青果社負責柑橘健康苗之繁殖與推廣，自74年迄今已投資興建網室12座1265坪，培育砧木苗113,200株，完成嫁接42,508株健康苗供果農種植。以現有之設備，每年可繁殖健康苗約 150,000 株。目前繁殖苗最大的問題是網室夏季高溫無法克服，刻正與臺大農工系研擬通風軟管改善中。

關鍵字：柑橘、健康苗、生產、臺灣

Key words:Citrus, Healthy Nursery Plants Production, Taiwan.

一、緣　起

本省柑橘普遍罹患毒素病及立枯病（一種 fastidous bacteria），尤以後者更爲嚴重，著名的麻豆文旦即因此而一蹶不振，而其他的柑橘類果樹也因此而縮短樹齡，使得本省柑橘產業面臨覆滅的危機。有鑑於此，政府於民國七十年五月間成立了「柑橘產業諮議委員會」，並完成了「柑橘產業發展輔導方案」，對毒素病害的防治提出新的對策：

1. 病毒既已普遍存在於臺灣柑橘植株中，想要完全消滅實在不可能。如果想要另外新闢柑橘產區以逃避病毒的侵襲，也因爲臺灣可種柑橘的地區有限而無法達成。加上目前尚無抗病性砧木，抗病性接穗品種，也沒有高效率的化學藥劑以資對抗。幸好立枯病原，僅存在於帶病寄主（若干芸香科植物）和媒介昆蟲（木蝨）體內，因此可行的基本防治策略爲充分供應不帶病原的健康苗木，逐漸淘汰病株，然後用健康苗取代，使柑橘樹罹病率逐年降低，並縮小疫區範圍。這種策略是用圍堵方式來消滅病原，並可以避免採用急劇手段—全面砍除病株，當可較易爲農民所接受，而利工作的推展。
2. 柑橘病毒通常不能以種子傳播，因此實生砧木只要保護良好，防止媒介昆蟲爲害，即可健康不帶毒，因此只要能够供應無毒接穗，接在實生砧木上，就可獲得無病毒健康

* 臺灣省青果運銷合作社　Taiwan Friut Marketing Cooperatives

苗。因此第一步驟急需取得少數無病毒苗作爲原種樹，種植在隔離網室內，並嚴防媒介昆蟲侵入傳毒，第二步驟由原種樹取穗，繁殖無病的採穗樹（圃）第三步驟由採穗圃採取接穗供應苗圃，繁殖健康苗木以供推廣。上述三步驟都在網室內進行，並嚴加保護以防止媒介昆蟲傳毒爲害。第一步驟由臺大植病系負責，第二步驟由省農試所與嘉試分所負責。第三步驟由青果社負責辦理。本文重點即在說明第三步驟的辦理情形。

二、興建育苗網室

七十四年元月間，第一步原原種材料生產及第二步無病毒接穗生產，已由政府投資實施並已接近完成。第三步農民用柑苗之增殖與推廣，因涉無病毒品質之維持，增殖數量及種植座落之管制，經政府有關單位協議，交由青果社辦理。遂在政府補助下成立「建立青果運銷合作社柑橘健康苗繁殖體系」計畫，積極建立繁苗專用簡易網室及繁苗設備，以期能由青果社作有系統地大量繁殖健康柑苗供應柑農，以改善臺灣柑橘毒素病罹病率，提高生產力，增加柑農所得。青果遂於74年間分別在宜蘭、臺北、新竹、臺中及嘉南分社轄區建立育苗網室共五座495坪（原計畫5座250坪）、七十五年建立六座640坪（原計畫6座600坪），七十六年再建一座130坪（原計畫1座100坪），共計12座1,265坪（原計畫12座950坪），詳如下表：

年度別 / 分社別	74 / 75		75 / 76		76 / 77		合計	
	座	坪	座	坪	座	坪	座	坪
宜蘭	1	60	1	130	1	130	3	320
臺北	1	75	1	110	—	—	2	185
新竹	1	80	2	200	—	—	3	280
臺中	1	50	1	100	—	—	2	150
嘉南	1	230	1	100	—	—	2	330
合計	5	495	6	640	1	130	12	1,265

三、育苗土的製作

柑橘健康苗的生產，用缽苗方式進行，而缽中育苗土性質的優劣，決定砧木苗發育的好壞，爲利將來砧木苗的生長，青果社在74、1、29邀請各有關單位學者、專家、研討出如下配方，並委由南海蛭石公司調製供應：

1. 砂　20%
2. 堆肥　10%
3. 沙壤土　20%
4. 蛭石　20%
5. 眞珠石　20%
6. 泥炭土　10%

本項配方因爲採用砂，有機肥和土壤等材料，在大量配製時發現消毒效果不佳，青果社遂在74、5、9再邀請各有關單位會商後，仿美國佛州配方製作一半需用量，仍委由南海蛭石公司配製，並觀察比較兩者對柑橘苗培育的效果，以便作爲今後採用的參考。美國佛州配方如下：

1. 蛭石　20%
2. 眞珠石　20%
3. 泥炭土　50%
4. 人工堆肥　10%

上述二種育苗土配方使用結果，以美國佛州配方的發育較好，不過成本過高，每缽需20元以上，遂建議省農試所研究開發低成本育苗土配方，以降低健康苗繁殖成本。74年10月間省農試所關西柑橘工作站建議採用該站當時調配育苗土配方如下：

1. 牛糞　40%
2. 泥炭土　16%
3. 細砂　32%
4. 眞珠石　8%
5. 碎石　4%
6. 四十三號複肥1公斤／M^3及美力王100cc/M^3

新竹青果分社仿上述配方，僅未添加美力王於75年調製使用，惟由於經驗不足，未經充分發酵而致成活率僅20%，其後再自行添加砂10%、黃土5%，使用效果反較74年者爲佳，成本亦降低爲每缽5元。至76年10月間採用臺大蘇鴻基教授推薦之配方（NTU—5），由於至今尚未大量播種，是以暫時無法評估其效果，惟經小規模試驗，發現柑苗成活率超過93%，且發育良好，其配方如下：

1. 泥炭土　15%
2. 砂　20%
3. 堆肥　30%
4. 蛭石　15%
5. 鋸木屑　10%
6. 眞珠石　10%

宜蘭、臺北、臺中、嘉南分社亦於75年間仿蘇教授推薦配方，並參照當地較易取得之材料，調整其育苗土配方，以求增進苗株發育並降低成本，各分社調整之配方如下：

㈠宜蘭分社：

1. 牛糞　30%
2. 蛇木屑　35%
3. 壤土　20%
4. 砂　15%

上述配方吸排水性强、發育較南海調製者佳，成本降低每缽約4元，惟易生雜草爲其缺點。

㈡臺北分社

1. 砂　20%

2. 牛糞　30%
3. 蛭石　15%
4. 鋸木屑　10%
5. 眞珠石　10%
6. 壤土　15%

上述配方成本每缽約4元，柑苗發育良好。

㈢臺中分社

①75年配方：

1. 腐熟鷄糞　39%
2. 心土　23%
3. 砂　19%
4. 蛭石　19%

上述配方成本每缽約3.6元，柑苗發育良好。

②76年配方

1. 砂　75%
2. 蛭石　20%
3. 豆餅　4%
4. 過磷酸鈣　1%

本項配方成本更低，每缽約2.8元，柑苗發育良好。

㈣嘉南分社：

1. 砂　30%
2. 鋸木屑　25%
3. 乾豬糞　10%
4. 蛭石　5%
5. 壤土　25%
6. 四十三號複肥　1%
7. 燻稻穀　4%

本項配方使用效果較美國佛州者爲佳，成本亦低，每缽約2元，惟重量高達每缽2.4公斤，致操作不便爲其缺點。

上述諸配方調勻後之育苗土，需經消毒以避免苗枯病（疫病）等危害，至其消毒方法如下：

澆水並覆蓋ＰＥ塑膠布，發酵15～20天，打開塑膠布，翻堆一次，每80,000公斤育苗土添加福馬林 1,000倍液4,000公升，再覆蓋ＰＥ布燻蒸消毒7～10天，掀開ＰＥ布透氣並翻堆排氣7天，覆蓋ＰＥ布繼續發酵，每10～15天翻堆一次，其間當視育苗土乾濕狀況酌予補充水份，前後共翻堆四次，費時共60天，即可充份發酵而可裝缽供苗種植。

四、砧木培育

爲了便利砧木苗的培育，以塑膠箱或木箱當作育苗箱，底舖一層報紙，其上覆蓋珍珠石和最細的蛭石約10公分厚，再將浸漬巴斯汀 2,000倍消毒二小時後之酸橘種子撒種

於其上，再覆一層珍珠石與蛭石混合物，以剛好淹沒種子爲度，每二～三天灑水一次，直到報紙出水爲止。發芽後繼續灑水，至長出三枚葉片時，即可移植到育苗缽內。這段期間僅灑水而不施任何肥料，移植後視氣溫高低，每二～三天灑水一分鐘，並酌施液體肥料，如5號液肥 100倍或1%尿素，培育期間除了注意補充肥料外，尙需做妥病蟲害防治工作，其中蟲害以紅蜘蛛、潛葉蛾最易發生，幸皆可用殺蟲劑予以有效防治。至於病害，如苗圃期最令人頭痛的疫病，則因砧木的消毒及懸空下噴式灑水系統、苗缽的墊高以利排水等措施而有效地預防。俟苗莖較原子筆桿略大時（約0.5～0.7公分）即可嫁接，茲將青果社近年來培育砧木數量列表如下：

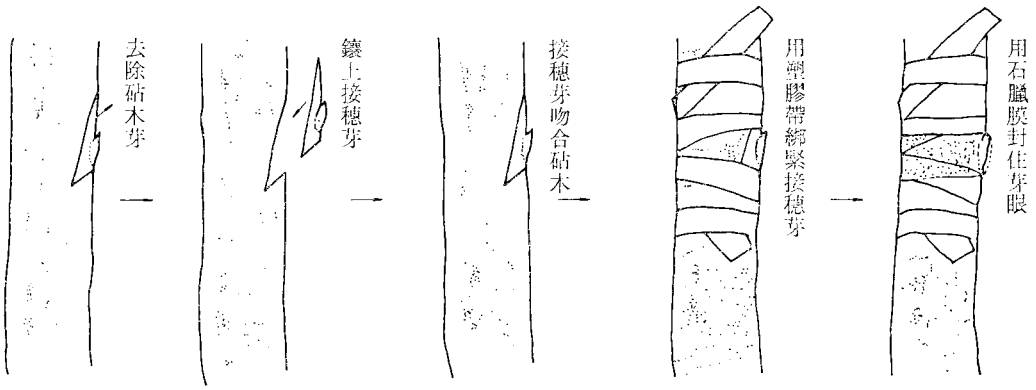
分社別 ＼ 年度別	74 / 75	75 / 76	76 / 77 (3月止)	小計
宜蘭	10,000	16,500	30,000	56,500
臺北	12,000	12,300	26,200	50,500
新竹	12,000	15,000	45,000	72,000
臺中	3,600	5,000	21,500	30,100
嘉南	15,000	10,000	47,000	72,000
合計	52,600	58,800	169,700	281,100

五、嫁接技術的提昇與成苗的養成

爲了提高繁苗技術，74年5月21～22日，各青果分社苗圃管理人員赴嘉義農試分所研習有關技術，同年8月19～20日赴關西柑橘工作站研習芽接技術，嫁接成活率僅25～53%，鑑於嫁接成活率太低會嚴重影響日後的繁苗工作，是以在74年10月21～22日再度派員赴關西工作站研習嫁接技術，其後並陸續邀請省農試所專家分赴各分社示範，逮至75年間，嫁接成活率即已提高至九成以上。

至於嫁接方式則端視砧木莖圍與接穗粗細而定，通常於砧木苗莖圍較粗大時，採用較普遍的切接法，而莖圍細小時，則採用芽接法，目前青果社採用的芽接法，係採用臺大蘇鴻基教授指導的置代式，芽接法（如下圖），成活率最高，且可在一年任何月份進行，而倒T型或正T型芽接法則於春季較易接活。

置代式芽接法示意圖



青果社培育健康柑苗數量如下：

分社別 \ 年度別	74 / 75	75 / 76	76 / 77 (77年3月止)	小計
宜蘭	4,000	12,500	25,000	41,500
臺北	4,000	6,500	9,753	20,253
新竹	7,764	4,500	30,000	42,264
臺中	—	6,008	9,980	15,988
嘉南	—	13,000	34,000	47,000
合計	15,764	42,508	108,733	167,005

六、推廣與定植

柑橘健康苗經過上述繁複的過程，最終目的就是交由農民種植，以便逐漸淘汰病株，降低毒素病發病率，並縮小疫區範圍，重建臺灣柑橘產業。爲了使農民瞭解健康柑苗的重要性，青果社透過各種資訊管道，將此訊息廣介給果農，並在政府的輔導下，製作了「柑橘無毒健康苗栽培保護要點」宣傳小册15,000份，發給果農參考。册中除了明列各種主要毒素病的病徵、病原與傳播途徑，並介紹無毒健康苗栽培與保護應注意事項，只要果農仿照實施，當可提高其效果。

爲了確保無毒健康苗的安全，在政府的輔導下，青果社製作了「柑橘健康苗貼紙」與「柑橘健康苗木管制卡」。前者係標明此等健康苗木之特殊性與安全性，以別與一般普通之柑苗，而後者則專供柑橘健康苗之流向追踪與品質保證，每一批苗木之批號、株數、種植果農之姓名、園址、地址，以及砧木、接穗之品種都詳載於柑橘健康的苗木管制卡上。（格式如下表）

柑橘健康苗木管制卡

年　月　日

批號	臺灣省青果運銷合作社　分社　批號	
株數	（大寫）	
種植果農	姓名　園址	地目
	住址	所屬集貨場
品種	砧木　接穗柑別 品系代號	
備註	本管制卡一式三聯，由種植農民青果總社與育苗之青果社地方分社各妥善保存，俾便日後追踪調查。	

第三聯種植農民收執

（本管制卡應加蓋省青果社健康種苗專用印信及育苗分社之印信）

七、檢討與改進：

七十五年七月間柑桔諮議委員會邀請劉富文博士，就臺灣柑橘產業輔導方案各環節之執行現況作全面性之評估並提出報告，列舉各青果分社苗圃設備之缺陷及管理上之缺失：

1. 宜蘭分社：管理不佳，病蟲害太多，苗木發育不良。
2. 臺北分社：隔離不良，緊鄰現存柑橘園；蟲害防治亦不週。
3. 新竹分社：合格，苗木生育中等。
4. 臺中分社：網室不合要求，網眼太大，管理不善，苗木發育不良。
5. 嘉南分社：苗床光照不足，管理亦不善，苗木發育不良。

爲改善上述諸項缺憾、青果社於75、8、7召集各分社會商，並議定如下改進措施：

1. 宜蘭分社：網室連接通路加置紗網，以達防蟲效果。
2. 臺北分社：網室四周之柑樹予以砍除及搬離現場。
3. 臺中分社：苗圃網室增設雙房門，更換30～40目之紗網。
4. 嘉南分社：屋頂更換透光度佳之塑膠板。

以上之改進項目限於75年8月20日前完成，此外，各分社均應加强肥培管理及病蟲害防治工作，至生育不佳之苗木立即廢棄，以維苗木之品質。此外並由總社赴美研習健康苗培育之專家黃思雄先生，自75年9月起，每月至少一次赴各分社苗圃指導並協助解決有關作業。

經過多次的改進，目前青果社在柑橘健康苗的育苗作業上，所遭遇的困難，已大多在政府有關單位輔導下予以克服，目前尚有下述問題亟待解決：

1. 網室夏季高溫，苗株發育受阻：

   爲解決上項高溫傷害，青果社曾邀請臺大農業工程研究所王鼎盛教授，前往新竹分社苗圃實地勘察二次，並蒙其協助設計軟管通風，後因本社使用一般風扇而致效果不彰，今已改裝壓力風扇，俟今年五月間再裝通風軟管，觀察能否奏效，若然，則其他分社即著可仿效實施。

2. 苦柚種子欠缺，影響砧木之培育：

   近年來一般柑橘售價偏低，因此果農種植椪柑、桶柑或柳橙的意願不高，而柚類則因價格好而爭相種植，目前爲培育健康柚類，亟需多量作砧本用苦柚之種子。以便培育果農需要之柚類。

3. 苗木根腐病之預防：

   部份分社培育之無毒柑橘苗，因罹患根腐病而致廢棄，生產成本因而增加，爲降低生產成本，並提高柑苗之品質，在培育柑苗過程中，如育苗土的消毒與調製，灌排水的管理等，應如何避免根腐病菌的汚染，尚待學者、專家的指正，以資改進。

Summary

The maladies caused by the citrus viruses and virus-like organisms (simply called here viruses) are the major problem in citrus industry in Taiwan. For minimizing this destructive situations, The Consultant Commitee of Taiwan Citrus Industry Development was established, in 1981 and then The Taiwan Citrus Development Consulting Program was put under way after then. The aims of the program are using healthy nursery's trees to replace the diseases infected ones, and minimizing the infection rate of viruses in the citrus groves. It will promote the industry to be more healthy developed in the future. The Taiwan Fruit Marketing Cooperatives are responed to propagate and recoment the healthy citrus nursery's plants to the growers. From 1985 till now the cooperatives constructed 12 screen-houses with total space of 1,265 pins (1 pin equal to about 36 sp. ft.), had raised 113,200 rootstocks and produced 42,508 budling trees for the farmers as healthy planting materials. According to the present fascilities, the cooperatives have the capacities to produce about 150,000 trees annually. The recent problem of the nurseries are the overheating in the growing spaces under the screen houses during the summer. To inprove this a project to use wind tunnel cooling system is going on under the tecnical aid by The Department of Agricultural Engineering, National Taiwan University.

問 題 討 論

吳文川問：

剛看到柑橘培育温室進口放了一盤固體硫酸銅，如此能達消毒效果嗎？消毒應用硫酸銅溶液吧！

李榮俊答：

通常温室內較濕，我們在走道上也噴灑硫酸銅溶液，我只是說明一個事實，目前眞菌性疫病類的到目前爲止對我們不成問題，因爲我們有多種措施，疫病類並沒有威脅到我們健康苗的生產。

吳文川問：

苗圃防治不應只是疫病菌，一般農場消毒都用液體，不管是人的鞋子、車輪也須通過藥水池消毒過，只要消毒得當還可減少其他病害問題對嗎？

李榮俊答：

確實硫酸銅液溶才有效。謝謝吳老師，以後要改進。

柑橘健康種苗制度之管制與檢疫

The Management and Inspection of Citrus Bud-wood Certification Program in Taiwan

蘇 鴻 基*

Su Hong-Ji

摘 要：柑橘系統性毒素病及似毒素病由帶病母樹經接穗傳播到苗木，而爲害果樹生長影響本省柑橘生長頗大。早於1938年美國 Fawcett 爲防治此類病害提倡健康母樹註册辦法，近年來其他國家相繼推行無毒種苗制度。美國現今採用開放性多元辦法，由各州政府以單行法規推行柑橘無病種苗制度。我國目前仍採取保守性單元辦法，擬由立法（防疫法及種苗法）來規範推行，尚在規劃中。鑒於土地狹窄而嚴重之立枯病普遍傳播於全島各地，目前採用集約精密制：網室原原種庫—網室原種圃—網室採穗苗圃—網室鉢植育苗圃。本制度之執行基於各病毒病原已建立之血清生化速檢法、生物檢定法及病徵檢疫法等定期或不定期檢疫，健康苗種植田間後加予預防以避免再感染。

關鍵語：健康種苗制度、柑橘檢疫、無毒苗

Key words: bud-wood certificate program, citrus disease indexing, virus-free budling

本文與討論

Fawcett (1933) 在美國首次證實柑橘鱗皮病 (Psorosis) 起因於病毒，認定由帶毒母樹接穗傳播。因此1938年提倡母樹註册辦法 (Parent-tree registration program)，由加州農部種苗局負責推行健康母樹之檢疫、登錄與管理，係健康種苗制度之開始。其後佛羅里達州及德州相繼推行。近年來其他國家也認定柑橘生產上必需採行無毒種苗制度 (Bud-wood certificate program)，辦法內容因各國病害情況及栽培實況不同，各有不同。美國現今採用開放性多元辦法，由地方州政府以單行法規規範推行。但我國目前仍採取保守性單元辦法，擬由國家立法（檢疫法及種苗法）來規範推行，尚在規劃中。在會中將中外制度辦法加予比較討論。

本省鑒於土地狹窄而傳播性普遍之嚴重立枯病已分佈各地，目前採用集約精密制：網室原原種庫--網室原種圃—網室採穗苗圃—網室鉢植育苗圃。其作業流程如下：臺灣

* 國立臺灣大學植物病蟲害學系
Dept. of Plant Pathology and Entomology, National Taiwan University

大學植病系自國內外蒐集各種優良柑橘品種，經改良頂梢嫁接法及熱療法無毒化爲原原種→嘉義農試所保留原原種及增殖爲原種→省農試所及嘉義分所經營採穗苗圃→青果社網室育苗圃生產健康苗（無毒苗）。

本制度之執行由省農林廳特產科統籌推行，基於下列檢疫方法（表一、二）由臺大植病系及嘉義分所協助檢疫推行管理。

表一　各病原之檢疫法

Table 1. Disease-indexing methods of each Pathogen

病害（原）(Pathogen)	生物檢定 (Bioassay)	生化檢驗 (Lab-assay)	病徵檢疫 (Field inspection)
立枯病 (GFB)	√	電顯/ELISA	√
破葉病 (CTLV)	√	ELISA	√*
萎縮病 (CTV)	√	ELISA	√
鱗砧病 (CEV)	√	電泳/HPLC	√*
木孔病 (Cachexia)	√		
鱗皮病 (Psorosis)	√	ELISA	

*用枳殼或枳橙爲砧木時觀察穗砧癒部異常及矮化以判定CTLV之感染，而用枳殼類及廣東檸檬爲砧木時依鱗砧病徵判CEV。

兩種病害在田間定植後繼年觀察。

表二　各階段之檢疫方法

Table 2. Disease-indexing methods for individual stages of budling production

階段 Stage	檢疫時期 Inspection time	生物檢定 Bioassay	生化檢驗 Lab-assay	病徵檢疫 Field inspection
原原種 Stock mother trees	四季定期 seasonal	√	√	√
原種 Stock trees	供芽前 before bud-woods cutted		√	√
採穗樹 Scion trees	供穗前半個月 half month before bud-woods cutted		√	√
無毒苗 Virus-free budling	生長中後期 later growing stage		√（抽查）(random)	√
	供苗前 just before the budlings released			√

本省柑橘普遍受立枯病（黃龍病、Likubin=greening）及數種毒素病感染而致樹齡縮短、植株矮化、果實變小或形狀不整、而且產量偏低，嚴重者萎黃枯死。普遍爲害本省柑橘之主要毒素病種類有：萎縮病（Citrus tristeza virus）、破葉病（Tatter leaf virus）、鱗砧病（Exocortis viroid）、鱗皮病（Psorosis virus）、木孔病（Xyloporosis virus）及似毒素病之立枯病（黃龍病），此類病害係系統性爲害（全身爲害），植株被感染後難以用藥劑治療，且其植株之枝條、芽體永帶病原，不宜當苗木繁殖用之接穗。使用無毒化原種育苗是對此類病害之最重要基本防治法。多年來經各單位通力合作，於網室下，使用容器培育之新育苗法育成無毒健康苗。

爲確保無毒健康苗種植後不再受感染，務必選無病區或病株已清除之乾淨地區種植，且種植後之保護工作極爲重要。其綜合預防、保護法如下：

㈠種植前砍除已發病之立枯病病株及生長不良矮化之植株，以減少立枯病及毒素病之傳染源，種植後新發病植株隨時砍除。

㈡在萌芽期（春、夏季）施殺蟲劑（如大滅松 1000倍，馬拉松 800倍，加保扶 1200倍）防除木蝨及蚜蟲等媒介昆蟲，以預防立枯病及萎縮病之傳染。種植於果園附近之芸香科植物如月橘應同時施藥以撲滅木蝨。

㈢用於修剪或摘果之剪刀及其他工具每次使用前應加以消毒，以防止破葉病、鱗砧病及木孔病之傳染，尤其剪過帶毒老柑樹或可疑之矮化植株時，應特別注意。消毒步驟如下：

1. 家庭用漂白液 1 份加 4 份清水稀釋（1％次氯酸鈉）浸 1—2 秒。
2. 食用醋 1 份加水 3 份及 2 湯匙夏油乳劑（稀釋成 1 公升），浸 1—2 秒以中和第 1 步驟中氯之生銹作用，浸後擦乾使用。

參 考 文 獻

1. 農委會、農林廳、臺灣大學、省青果社印；1988，柑桔無毒健康苗栽培保護要點。
2. Roistacher, C. N. 1986. Indexing and control of citrus viruses and virus-like diseases. FFTC Book Series No. 33, pp. 127—135.
3. Su. H. J., J. U. Cheon, and M. J. Tsai. 1986. Citrus greening (Likubin) and some viruses and their control trials. FFTC Book Series No. 33, pp. 142—147.
4. USDA-ARS. 1968. Indexing Procedures for 15 Virus Diseases of Citrus Trees. pp. 96.

Summary

The systemic virus and virus-like diseases of citrus trees have been affecting the citrus industry considerably by causing great damage to citrus

growth in Taiwan through pathogen-infected budlings derived from parent trees carrying the causal viruses. Fawcett initiated bud-wood certificate system by registration of healthy citrus parent trees in order to control the virus diseases as early as in 1938. The pathogen-free foundation stock and budling programs have been commonly performed in the other countries in recent years. The diversified system has been adapted at present in the United States as individual regulation for citrus bud-wood certificate program has been performed in each state government. However, a conservative policy has been performed in monopolistic way of pathogen-free stock and budling program before the establishment of plant protection and quarantine regulations in Taiwan. In view of the serious epidemic of citrus likubin on the narrow island, the intensified stock and budling production system was proposed as follows: foundation stock collection in screen house…… scion-production in screen house……screen nurseries of potted budlings free of pathogen. The current system has been executed through periodical and prompt quarantine by serological and biochemical techniques, indexing with indicator plants and symptomological inspection. The pathogen-free budlings are well protected from reinfection according to the integrated measures of prophylaxis after transplating in the field.

問 題 討 論

林宗賢：

制度是問題，但如臺灣目前的栽培面積3萬多公頃，根據農林廳施股長報告77年度將推廣 120公頃的計畫來看，如此下去是否要幾百年才能把臺灣的柑橘栽培面積更新？

蘇鴻基：

在美國是開放性多元性，有很多苗圃商可以大量處理健康苗，若我們也能開放給苗圃商經營說不定更好，但現我們無此法律，在美國一個州政府可以把法令定下來，他們很簡單，叫大學教授把結果拿來看，並可直接送到議會馬上通過馬上執行。我們不能，所以沒辦法。我想現供穗沒問題，問題是現苗圃商只靠青果社，量尚不足，以後合作社若能企業化經營做好，說不定可以。現主要是經營方式，我們未有防疫法不能去取締沒按國家規定的！若可像美國開放多元化是可以的。

柳科長補充：

若我們要鼓勵農民做推廣，幾年後賺錢沒話說，只要一年虧損即怪政府，我們目前的做法是不要推廣面積，希望能把那些更新掉，但若請他把壞的弄掉把好的給他，他又要要求政府，你是不是給我們，所以現在我們不積極把面積擴大，而是要鼓勵農民自願

來更新的辦法。

林宗賢：

若農民要積極更新是否短期提供足够的種苗？檢疫是否須蘇教授一個人做，蘇教授從原原種到健康苗皆須參與，精神上體力上是否可以勝任？

蘇鴻基：

我想檢疫的問題最後應該是農林廳本身的檢疫人員就够了。只有原原種及原種要出去時須定期去處理，這倒是符合沒問題的，因原原種和原種若健康的話，大量繁殖在温室內不會再感染，此點倒不會因檢疫而把推廣速度降下來。不會負荷不了的，現在只是合作社本身的經營的負荷量問題。

林　樸：

我想講的是純理論的事，講出也許會得罪人，但我純爲臺灣柑橘事業着想，此方法應更有效，我的意思是既然微體嫁接或熱療的方法都很好，若能將微體嫁接給有興趣的苗圃或新進的苗圃也做這種工作，此工作只須經一段訓練即可以做，可能是女孩子會做得更好，若這種苗圃大家自己有這個設備或條件，他把所有有興趣的好的種自己去做，不管他做什麼種，我有什麼種、他有什麼種或者我有5個種他有5個種都做出來，然後請政府檢定，只要政府檢定都健康的話，這苗圃可以推出這5個一毒苗，我有5個一毒苗，大家都來做應很快很快的。

蘇鴻基補充：

這是政策問題而管理是個頭痛的問題，這個頭痛的問題還是交給農委會去處理。

吳明哲：

我想我對這個再做個解釋，爲什麼做這個大家已瞭解，最主要是因爲立枯病或南非立枯病的問題，是非常嚴重的問題，我想由政府來做最主要是起一帶頭作用，一開始當然須做個類似示範，我們這個工作大約是從1980年開始，這牽涉到整個非常大的人力，需要很多人力在一齊配合，所以我想我們起示範作用是最大的目的。將來若要達到像林宗賢副教授所提的那種作法，或許將來再看情況來配合，到時開放給民間或是怎樣再說。

柑橘健康苗田間實際栽培觀察

Field Survey of Healthy Citrus Budlings as Planting Materials

黃美華* 施明山*

Huang Mei-hua and Shih Ming-shan

摘要：爲探討大規模繁殖及推廣柑橘健康苗時可能遭遇之問題，並供正常運作之參考，民國75年由嘉義農業試驗分所於該所溪口農場網室，育成柑橘健康苗7,000株，包括椪柑2,000株、桶柑2,000株、白柚1,000株、文旦1,000株、葡萄柚1,000株，於宜蘭、臺北、新竹、南投、彰化、嘉義、臺南、高雄、花蓮等縣遴選隔離且適宜種植柑橘之地區計19處試種，每處種植面積1～2公頃，於75年2～6月間種植完成。

觀察其種植後之生長情形，獲得下述結論：一、健康苗之生長勢較一般非無毒化苗木有顯著之强勢。二、健康苗種植於田間後，如無適當之保護與防治，其罹病蟲害之機率與一般非無毒化苗木相同。三、如種植方法不當，與一般苗木同樣易發生根腐病。四、目前尚未發現有罹患立枯病或毒素病之植株。

關鍵字：柑橘、健康苗、試種

Key words: Citrus, healthy budling, ualidation

一、前　言

在柑橘健康苗正式推廣以前，爲探討未來大規模推廣可能遭遇之困難問題，以供改進之參考。民國75年由嘉義農業試驗分所於該所溪口農場之網室內育成柑桔健康苗一批，由農林廳輔導於全省選定隔離地區試種觀察。

二、種植情形

該批健康苗係由嘉義農業試驗分所於民國73年5、6月進行砧木播種；椪柑及桶柑以酸桔爲砧木，葡萄柚、白柚及文旦以苦柚爲砧木，於74年3月自國立臺灣大學植病系取經頂梢微接及熱處理無毒化之接穗嫁接，於民國75年培育椪柑2,000株、桶柑2,000株、白柚1,000株、文旦1,000株、葡萄柚1,000株，合計7,000株。當時規定試種地點須具備下列條件：㈠具有天然屏障或適當隔離，附近至少1公里內無種植柑橘類。㈡土層深厚，風土適宜。㈢有水源供灌溉及病蟲害防治。由臺灣省青果運銷合作社各地方分社初選後，經農林廳會同專家前往複選；經數次複選後，於全省選定19位農戶試種，試種地點詳如下表：

*省農林廳特產科技士、股長
Dept. of Agriculture and Forestry, Taiwan Provincial Government

健康苗試種園座落地點表

The Locations of Healthy Citrus Budlings Observational Orchards

縣別 County	柑園座落地點 The orchards' locations	種植品種 Variety planted	種植面積（公頃） acreage (Ha)
宜蘭縣 Yu-lan	三星鄉清水湖	桶柑	2
	頭城鎮金面山	白柚	1
臺北縣 Tai-pei	坪林厚德岡山	桶柑	1
新竹縣 Hsin-chu	寶山鄉	椪柑	1
	〃	桶柑	1
南投縣 Nan-tou	水里鄉匏子頭	椪柑	2
	〃	白柚	1
彰化縣 Chang-hwa	員林	葡萄柚	2
	〃	文旦	1
嘉義縣 Chia-yi	梅山中坑	白柚	1
	梅山鄉	白柚	1
	中埔鄉埔尾	椪柑	1
	〃	文旦	2
	〃	葡萄柚	2
臺南縣 Tai-nan	關仔嶺	椪柑	1
高雄縣 Kao-hsiung	杉林十張犁	葡萄柚	1
	〃	白柚	1
	旗山溪州	文旦	1
花蓮縣 Hua-lien	石雨傘	桶柑	1
	豐裡	文旦	1

各試種園陸續於75年2～6月間種植完成，種植之行株距，椪柑、桶柑爲5公尺×5公尺，即每公頃種植 400株；文旦、白柚及葡萄柚爲7公尺×7公尺，即每公頃種植200株。

三、觀察柑橘健康苗種植於田間後之發育情形

柑橘健康苗自種於田間迄今已有2年，綜合2年間之生長發育狀況如下：

㈠健康苗之生長勢較一般非無毒化苗木有顯著之强勢，此可能因健康苗不帶病毒，能充分吸收養分及生長，故生長速度甚速。

㈡健康苗之特點爲植株具優良園藝性狀，不帶任何病毒，其不會特別容易感病，但亦無特殊之抗病性或耐病性。健康苗種植於田間後，如無適時防治病蟲害，其發生病蟲害之情況與一般非無毒化苗木相同。例如種植於宜蘭縣頭城之白柚觀察園，因防治不當而感染潰瘍病。許多試種園發現有受蚜蟲、紅蜘蛛、星天牛、潛葉蛾爲害現象。

㈢部分果農因種植方法不當，致植穴穴面低於土面，而罹患根腐病，植株亦下沈，致樹幹基部埋入土中，影響其生長發育；由於試種之果農均依照規定，於種植前掘穴，並填加堆肥及基肥後再種植，但部分果農種植時，植面無加高，且無充分踏實，種植後，穴上疏鬆之堆肥、基肥及土壤經多次下雨及澆水後，不斷下陷、密實，致植穴穴面呈凹陷現象。由於穴面凹陷，易積水而罹患根腐病，且植株亦逐漸下沈，致較原盆苗之種植深度爲深，因而窒息致發育不良。種植於嘉義縣埔尾之椪柑試種園即因爲種

植方法不當，使植穴下陷，致76年6月發現有4株罹患根腐病，經輔導以利露滅1,000倍灌注土壤後，已恢復良好生長，77年3月間復於嘉義縣梅山鄉之白柚試種園發現有3株植株黃化徵狀擬似黃龍病，但經臺灣大學植病系取樣檢定結果，並無帶病毒，而是罹患根腐病所致。

㈣77年3月間在彰化縣員林鎮試種之葡萄柚觀察園，發現植株普遍呈現營養不良的現象，經取枝條及土壤測定結果，並沒有罹病，但是土壤pH值爲4.8太低，因土壤在偏酸性的情況下，部分營份容易流失，且肥料之有效性下降，致植株呈現營養不良的現象。由此可見，種植健康苗與種植一般非無毒化苗木一樣，須注意維持土壤適當之pH值。

㈤各試種之健康苗，目前經臺灣大學植病系抽樣檢定結果，均沒有帶病毒，此顯示健康苗種植於田間後2年間尚未受病毒汚染。

四、今後推廣健康苗應注意事項

㈠應愼選種植園地，以便利保護：爲便利健康苗種植於田間後實施保護工作，並防止種植後短期內受病毒感染，應選擇具有天然屏障，或與柑桔產區有適當隔離之乾淨地區種植；如果要在柑桔產地鄰近增植時，該柑桔產地內之植株應先行抽樣檢定，經檢定，無帶病毒者，方可於其鄰近增植，已罹患病毒者，應將病株拔除，病原菌清除乾淨之後再種。

㈡應指導正確之種植方法：爲防止健康苗種植後植株下沈，植穴之穴土下陷，應指導果農於定植前半年至1年間先行掘穴，植穴大小約爲1立方公尺，穴土須拌和腐熟堆肥及有機肥。提前掘穴之目的，係使穴土有充裕的時間消降、著實，不致有日後穴土下陷之現象。此外，定植時，苗木種植深度應較盆苗時之種植深度略爲提高，使以後沈降後，能恢復原盆苗時之種植深度。

㈢健康苗種植時應保持適當之行株距，切勿密植：因健康苗之生長勢强，將來成樹之植株必然很高大，爲使植株有充分之生長空間且便利作業，切勿密植；葡萄柚及柚類行株距以7公尺×7公尺爲宜，其他柑橘類爲5公尺×5公尺。幼齡期爲利用其植株間之空間，可暫時間作短期作物。

㈣宣導適當之保護，以防止種植於田間後受病毒感染，爲防止健康苗種植於田間後受病毒感染，應加强果農教育，宣導果農注意下列數項：

1. 注意木蝨及蚜蟲等媒介昆蟲之防治，以預防立枯病及南非立枯病之傳染。
2. 健康苗肥培管理之修剪、採果及其他作業所使用之剪刀及工具，應使用新的且只供健康苗專用，勿與非健康產區之植株混用。
3. 種植健康苗，建立健康產區之區內柑農應互相合作，共同維護區內植株之健康；區內柑農應經常巡視柑園，如發現有疑似受病毒感染之植株，應請其就近與青果社地方分社或農會等基層單位連繫，基層單位宜儘速會同專家前往檢定或取樣送臺灣大學植病系或嘉義農業試驗分所檢疫站檢定，經檢定結果，如果罹病，應立即砍除，並用健康苗補植。此外，健康產區區內柑農切勿任意取非健康苗至區內種植，以防止將病原菌帶入區內。

㈤應注意肥培管理：種植健康苗已爲種植柑橘奠定良好的基礎，爲確保種植後發育良好，仍應注意土壤pH之調整、施肥、整枝、修剪、灌溉及病蟲害防治等肥培管理作業。

Summary

For collecting the datas on management of citrus orchard with healthy budlings as planting materials in Taiwan, that will help to solve some problems may be faced in the further recomendation of the practice. There were 2,000 of ponkan, 2,000 of tankan, 1,000 of paiyu (white pummelo), 1,000 of wentan (buntan pummelo) and 1,000 of grapefruit budlings were raised in Chikou farm of Chia-yi Agricultural Experimental Station, TARI. Then distributed and planted in famers' orchards with the acreage about 1—2Ha. each in different parts of the island including Yu-lan, Tai-pei, Hsin-chu, Nan-tou, Chang-hwa, Chia-yi, Tai-nan, Kao-hsiung and Hua-lien County during the period around February to June 1986. The general performances of these trees were as followed:

1. The healthy materials are more vigorously grown than the ordinary ones.
2. The healthy and ordinary materials will be infected by pests and pathogens in equally level if they did not properly managed.
3. Both materials will be infected by Phytophthora fungus if planted too deep or at water-log spots.
4. None of the healthy materials planted in 1986 showed any Likubin or other virus infected symptons in the fields since April, 1988.

問　題　討　論

蘇鴻基教授：

健康苗的推行，黃小姐她盡了很大的力量，這麼好的成果。值得我們高興的是，最近在外頭看到的，檢疫的統統是健康沒有再感染。但是在梅山的看起來黃顏色的那些，經過檢查的結果，還是沒有感染，但是大家會誤認。但是在那裡有一個很大的暗示，在合作社育苗的網室裡面，前一次我們到嘉南去看的時候，裡面很多苗有根腐，長的不好，問題是根腐的他們沒有拿走，一直在傳播細菌，還有一部份感染了一點點，但是這苗後來長的不好，已經帶菌了；拿到田間變黃的那些，很有可能從苗的時候拿進去，拿進去了以後它就在那裡寄生，從小即被感染、營養不良的小苗病徵就出現了，所以他們在防治方面，生病的不馬上拿走，又是放在地面，所以很容易傳染，昨天談過以美國的例子，他們都是要架空的、架高的，因爲疫病都是從土壤來的，這個大家很了解。所以這件事情，我想黃小姐也是很了解，並且也是一直鼓勵他們做。所以我想今後對於疫病防治要馬上加强。聽說妳有一個公函要給他們，叫他們拿走；我想這件事情要加强，還有安小姐今後對於疫病的處理，可以另外花一點時間去協助妳，把事情做好一點。另外就是土壤的消毒一直做得不好，所以這個培養土很重要，就是妳的培養土做得不好，結果帶菌的大概統統都消毒不良，還有以後進去的。還有昨天說的那進門的地方，放一個硫酸銅，我記得吳教授也有提起，實際上那個做法，我們也曾經不是教他們這樣做的。所以我想細節的、對於健康苗的管理過程，說不一定必要時我們再開一個比較詳細的研討會，把每一個細節做一個重新的評估和重新改進的研討會，以足够的時間，參與的人再來討論，是不是這一點我建議在你的行政管理的立場，積極的傳達，必要時開一個研討會。

黃美華：

好的、謝謝蘇教授，我們今天能有這麼好的成果，都是蘇教授及各位專家指導的結果。剛剛蘇教授提供的寶貴意見，當然都會採納。我們最近邀請蘇教授及安小姐去看幾個苗圃，結果發現嘉南青果社的苗圃確實有受到嚴重的疫病感染。農林廳在最近發公文，請青果社要特別注意疫病的防治工作，並要做一些妥善的處理，把那些比較嚴重的，已經有罹病的植株淘汰掉。剛剛我們在幻燈片上所看到有黃化的現象之植株並不是從青果社拿來的，而是由嘉義農試所所培育的，那一批苗木相當健壯，絕對無罹病，而是種植之後管理不當所導致的黃化現象。

林　樸教授：

現在田間已經有發病的，妳怎麼樣處理？

黃美華：

田間我們去年發現在中埔也有這種情形，後來蘇教授指導我們用利露滅 1,000倍來灌注，灌注的結果，效果相當良好。

林樸教授：

我就是要問這個問題，因爲在觸口也有這個現象。我是說要怎麼樣處理，妳沒有提起，謝謝！



1.



2.



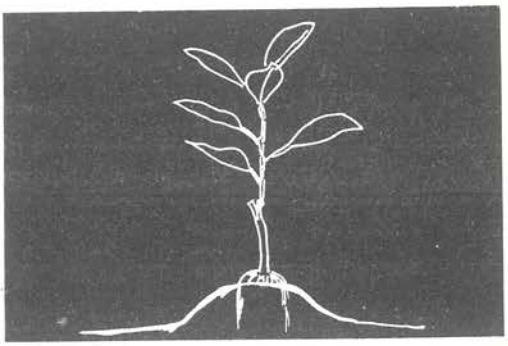
3.



4.



5.



6.

圖一、文旦健康苗植種後6個月之發育情形。

Fig. 1. The healthy Wentan budling 6 months after planting.

圖二、文旦種植後第2年，留2粒果實觀察其品質，發現其果形及品質均良好。

Fig. 2. Wentan budling tree 2 years after planting with good fruit quality.

圖三、文旦健康苗種植2年之發育狀況。

Fig. 3. Wentan healthy budling trees 2 years after planting.

圖四、健康苗因種植方法不當，致穴土下陷，易積水，罹患根腐病之情形。

Fig. 4. Healthy budling infected by Phytophthora root rot for too deeplyplanted.

圖五、健康苗種植太深，致植株窒息，發育不良。

Fig. 5. Healthy budling too deeply planted was safocated and badly grew.

圖六、正確之種植穴土應略高於地面，植株種植之深度應較盆苗的種植深度略爲提高。

Fig. 6. The proper planting method is planting the budlings on the soil previously banged.

珠心胚系柑橘之培育與評估

The Breeding and Evaluation of Citrus Nucellar Lines

葉節耀[2)]　劉玉花[2)]

Yeh Light Chie-yauw and Liu Eva Yu-hua

摘　要：本省柑株因多年來在無病毒管制下輾轉嫁接繁殖，戶外的植株大部份感染一至數種病毒，造成產量低、品質良莠不齊及短命的現象。利用柑橘能產生珠心胚的特性及絕大部份病毒不經由種子傳染的原理，由田間優良植株予人工授粉、採果、播種於隔離網室，在與媒介昆蟲隔絕的狀態下，培育成無病毒之珠心胚系候選母樹。

經由單幹整枝法盡早逾越柑苗之幼年期，達到具開花能力的轉型期即採穗高接田間成年柑株。由五年來高接後所得部份果實資料，初步選出10個椪柑珠心胚株系，現正繁殖中，預定明年起進行區域試種。

珠心胚系若未完全逾越幼年期，枝幹因其無病毒化及回春作用（Rejuvenility）常着生甚多大而銳利的刺，使栽培者不便於作業。本研究室利用單幹整枝及多次的頂梢回接方式初步發現得以解決此項缺點。

關鍵字：柑橘、育種、珠心胚、無病毒化

Key words: citrus, breeding, nucellar, virus-free

前　言

柑橘一般都是經由嫁接繁殖，部份有利用壓條或扦插繁殖的而極少數商業化柑種使用實生繁殖的，在這種狀況下來自接穗、壓條或插穗的柑橘植株其確實樹齡，也隨着輾轉嫁接的結果，逐漸老化。目前栽培的柳橙、椪柑、高牆桶柑等，可能有的已超過一百歲的高齡，在以往並不瞭解病毒的生態及防治法下繁殖結果，大部分都罹染病毒而造成低產、品質差或早夭等現象[1.2.3.4.5.6]。幸好柑橘類果樹除少數種類如柚、文旦等單胚性品種之外，大部分都具有多胚的特性，因此每粒種子都可能含無性胚的機會，無性胚是由柑橘母體中雌花子房內株心組織發育而成的體胚，俱有與母體完全一樣的細胞質。這種假胚亦就是俗稱的珠心胚，由珠心胚苗培育而成的品系就叫珠心胚品系或簡稱珠心系。珠心胚苗雖由體細胞發育而成，但是舉凡一般實生種苗的特性完全都有，例如生長勢特別旺盛、達結果期非常久、多刺、病毒含量非常非常低，一般可低到幾乎呈無病毒的狀態，這種特性園藝學上稱之爲回春作用或回祖作用（Rejuvenility）。[6.7.8.9.13]爲了解決本省逐漸老化的柑橘品種，本所自65年起着手培育珠心胚系，以替代目前逐漸老

[1)] 本計畫承農委會補助、農林廳、本所諸長官支持及柑橘研究室同仁共同努力得以工作順利進行，特此感謝。

[2)] 臺灣省農業試驗所園藝系 Dept. Horticulture TARI

化的柑橘品種品系，使本省柑橘產業擁有本土化的珠心胚品系以提高品質及生產力。減低柑農的生產成本增加收益[1.4.5.6.12.13]。

柑橘子房的發育、受精與珠心胚的生成

在討論柑橘珠心胚的生成，首先要研討柑果的發育過程。柑橘的葉是輪生的，其葉序數是$\frac{8}{8}$亦即柑橘每長8片葉子是繞着柑橘枝條三圈，第九片葉子正好與第一片葉子着生在同一個角度上。柑橘的枝條經過低溫或乾旱的刺激之後，原來圓圓的生長點，開始向橫的方向增殖而呈盾形（Dome-shape）再分化成爲花芽，葉原體亦轉化爲花器。從解剖學的看法，花器中的子房是由兩輪的葉子熔合而成，下一輪形成果皮，上一輪葉原體互相熔合成爲子室，亦就是後來形成瓢囊着生胚珠或種子的部位，這種分化情況與一般植物進化時生成孢子葉的原則相當吻合。首先在胚座的部位分化出幾層細胞，然後很快的向上發育形成胚珠（Ovule），而珠柄外側細胞分裂發育較快，最後形成典型的倒生胚珠，成熟的胚珠是由珠柄（Funicullus）、珠心（Nucellus）、胚囊（Embryosac）及內外珠被（inner-and outer-integuments）所組成，在珠心的尖端有個開口叫珠孔（micropyle），是柑橘授粉後其花粉管是經由此孔進入胚囊與卵結合完成受精作用。一般來說柑橘的受精作用與產量沒一定的關係，視品種特性而異。對於無子品種如蜜豆文旦屬自花或同品系（實爲來自同株亦應屬自花）不稔性且不會結子，但若受其予他花粉，則會受精就可產生很多種子進而使果實變大，但品質却劣化。而一向有種子的品種如柳橙、椪柑往往因授粉後生成較多的種子使果型較大而增產，然種子多不見得對售價有利。正常的狀況下柑橘授粉後仍須經過2至28天的時間花粉管才能到達胚珠完成受精作用（Fecudation）而結合成配子或受精卵（Zygote）。在大部份的柑橘類植物包括柑橘屬 Citrus、金柑屬 Fortunella 和枳殼屬 Poncirus 等，在受精卵開始分裂前後，珠心部份的體細胞會增殖而向胚囊中發育成體胚，（大部份集中在珠孔附近）它們與正常由受精卵發育的有性胚同時擠在胚囊中一起發育成胚。珠心胚的形成時期在不同的種類或品種品系間有所差異，形成不同的多胚性及珠心胚率。但大部份的珠心胚在受精卵開始分裂發育時，早已分化形成多層的珠心胚，因此除了，具有雜種優勢的有性胚若其生長速度特快者以外，往往在發育途中抵不過較早分化的珠心胚而被擠在角落呈瘦弱胚發芽率極低。這種現象在椪柑等寬皮柑類尤其明顯。至於珠心胚到底何時開始發育，則視品種而異[6.8.9]。爲了獲得珠心胚的苗，近來各國包括中央研究院植物研究所等研究機構亦着手研究，將自然界只呈單胚性的柚類利用組織培養技術培育人工珠心胚苗，期望以人工方法將品質優良的文旦等柚類試管培育其珠心胚以改良品種體質獲得無病毒之珠心系[9.13]。

柑橘種子的形態、發芽與胚性的鑑別

柑橘的種子是由外種皮、內種皮與胚所組成，萌芽時種子吸收大量的水分後膨大發芽，先自胚根部伸展，接着胚芽伸出土面、子葉則殘留土中，正常狀況子葉是不會展開出土的。在實驗室中，少量種子若將內、外種皮剝離後置培養皿中濕潤濾紙上播種，可將所有的胚分離萌芽，且時間可縮短1—2週，可能是因爲解除了物理性的擠壓，減少乙烯的抑制生長作用或者是種皮中具有抑制生長物質的原因吧！柑橘胚的形狀一般都是很不規則，且大部份僅一個子葉發育，這種現象尤其在胚數甚高的寬皮柑類最明顯。在

本所的育種計畫，起初爲了辦別胚性使培育出與母體完全遺傳性狀相同的珠心胚苗。因此利用具有顯性因子的枳殼、晚白柚或檸檬花粉授粉，所結的果實取出種子以人工剝皮催芽播種使各胚盡量發育成苗，由幼苗葉片形狀區分有性胚苗與無性之珠心胚苗。枳殼爲父本者，其雜交苗會長出三片複葉 trifoliate 、以晚白柚者會表現出巨大的翼葉 big leaf-wing、而以檸檬爲父本者會表現出嫩芽帶有紅色色素。

各品種間的珠心胚率、雜交率、種子發芽後之苗數，請詳見表1及表2。

表1. 柑橘種子平均胚數與成苗數

Table 1. The Average Number of Embryos and Seedlings Grew from Citrus Seeds

品種 Variety	胚數／種子 No. of embryos/seeds	成苗數／種子 No. of seedlings grew per seed	成苗數／胚數 No. of seedling/No. of embryos
姬秀橘 Kishiu Mandarin	1.02	1.00	0.98
王橘 King Mandarin	1.10	1.03	0.94
勝利葡萄柚 Triumph Grapefruit	1.18	1.08	0.92
伊倫葡萄柚 Ellen Grapefruit	1.32	1.20	0.91
萊姆 Lime	1.50	1.03	0.69
帝勝橘 Tison Mandarin	1.64	1.08	0.76
麥凱帝葡萄柚 McCarty Grapefruit	1.70	1.23	0.72
廣東檸檬 Rangpur Lime	1.70	1.08	0.63
新港橘 Szimkom Mandarin	1.78	1.38	0.76
巴坦加橘 Batangas Mandarin	2.01	1.23	0.61
拉都橘 Ladu Mandarin	2.64	1.78	0.67
中國橘 China Mandarin	2.72	1.42	0.52
甜橙 Sweet Orange	2.79	1.31	0.47
粗檸檬 Rough Lemon	2.90	2.00	0.69
四季橘 Calamondin	3.95	1.70	0.47

資料錄自The Citrus Industry VOL II 1968

表 2. 使用雜交授粉檢定法各種柑橘品種胚性比較

Table 2. The Different Embryony between Citrus Varieties by Using Hybrid Indicating Pollinators

母本品種 Mother plant variety	資料來源** Information source	父本品種數目 Variety number of pollinators	調查種子數 Seed no. observed	成苗數 Seedling grew	成苗數／種子 Seedling grew/seed	有性胚苗數 No. of gametic seedling	有性胚苗／種子 gametic seedling/seed	珠心胚苗數 No. of nucellar seedling	珠心胚百分率* % of nucllar embryony
優利加檸檬 Eureka Lemon	CRC	5	210	223	1.06	150	0.71	73	33
里斯本檸檬 Lisbon Lemon	CRC	6	703	741	1.05	500	0.71	241	32
粗皮檸檬 Rough Lemon	TORRES	1	819	1,607	1.96	38	0.05	1,569	98
	CRC	1	127	158	1.24	72	0.57	86	54
墨西哥萊姆 Key Lime	CRC	1	14	18	1.29	4	0.29	14	78
紅皮萊姆 Red Lime	CRC	1	130	152	1.17	86	0.66	66	43
椪柑 Ponkan	CRC	1	79	113	1.42	2	0.02	111	98
	TARI, CJCA	1	150	188	1.25	0	0	188	100
福橘 Dancy Tangerin	CRC	6	193	265	1.37	0	0	265	100
王橘 King Mandarin	CRC	7	387	391	1.01	308	0.80	83	21
桶柑 Tankan	TARI	1	179	291	1.63	64	0.36	227	78
瑪熙葡萄柚 Marsh Grapefruit	CRC	6	207	223	1.08	10	0.05	213	96
	TARI	1	34	66	1.94	32	0.94	34	51.5

魯比葡萄柚 Ruby Grapefruit	TARI	1	37	45	1.23	19	0.51	26	57.2
柚 Pummelo（4品種）	TORRES	14	1,954	1,955	1.001	1,955	1.001	0	0
柚 Pummelo（7品種）	CRC	8	610	610	1.00	610	1.00	0	0
柚 Pummelo（白柚）Peiyu	CJCA	1	20	20	1.00	20	1.00	0	0
柚 Pummelo（文旦）Buntan	CJCA	1	20	20	1.00	20	1.00	0	0
柚 Pummelo（苦柚）Kuyu	TARI	1	78	69	0.88	69	1.00	0	0
晚崙夏甜橙 Valencia	CRC	8	106	143	1.35	22	0.21	121	85
華盛頓臍橙 Washington Navel	CRC	6	24	32	1.33	1	0.04	31	97
柳橙 Leu cheng	CJCA	1	20	24	1.20	0	0	24	100
南庄橙 Citrus taiwanica	CRC	1△	594	755	1.27	403	0.68	352	47
爪哇檸檬 C. amblicarpa	CRC	1△	54	69	1.28	0	0	69	100
大葉橘 C. macrophylla	CRC	1△	139	198	1.42	2	0.01	196	99
枳殼 Trifoliate Orange	CRC	1	228	236	1.03	203	0.89	32	13
枳殼 Trifoliate Orange	CRC	1⊗	80	101	1.26	8	0.10	74	73

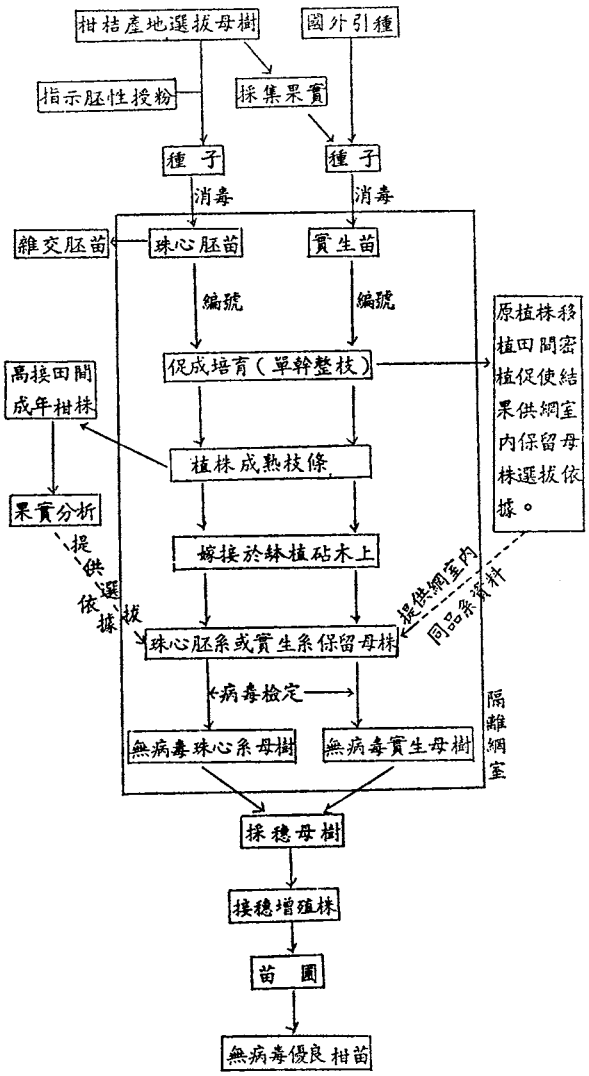
註明：*$\frac{\text{珠心胚苗數}}{\text{成苗數}}\times 100\%$ $\frac{\text{No. of nucellar seedling}}{\text{No. of seedling grew}}\times 100\%$

Notes：** TARI：臺灣省農業試驗所 Taiwan Agricultural Research Institute
CRC：美國加州柑橘研究中心 Citrus Research Center, Riverside, Ca.
CJCA：省立嘉義農業專科學校 Chiayi Junior College of Agriculture
TORRES：多烈士1938年報告 Reports of Torres, 1938.

臺灣省農業試驗所柑橘珠心胚系長程選育工作

本所自民國65年起，農復會的經費補助興建不銹鋼隔離網室，隔離栽培無病毒柑桔珠心胚系長程選育。選育流程如下圖：

柑桔珠心胚系（實生系）選育流程圖



自66年春起每年至各主要產地選拔優良母樹進行人工授粉，並於66年底開始播種，經過胚性分辨，將雜交苗當作柑橘砧木育種之材料，而珠心胚苗則留置網室中培育成候選母樹。70年春起剪取已開花的椪柑、桶柑、柳橙等枝條作爲接穗開始進行高接工作。其品種及地點分別爲：椪柑在南投縣仁愛鄉及集集鎮鹽埔山鄧宗慶先生柑園，桶柑在苗栗縣卓蘭鎮西平詹家修先生柑園、宜蘭縣南澳鄉臺灣土地銀行示範農場、章榮宗先生柑園及礁溪鎮林信吉先生柑園，柳橙在卓蘭、臺南縣白河鎮蔡茂盛先生及林清松先生柑園，進行不同株系之高接試驗及嫁接苗試驗。除仁愛、卓蘭、南澳土銀農場及白河林清松先生等處因老株本身毒素病病徵發作無法採收果實外，目前集集、白河、南澳、礁溪等地高接樹仍每年採收果實繼續分析觀察中。民75年起將在本所柳橙實生選拔試區中淘汰株作爲砧木，進行高接珠心胚各珠系枝條，預定78年起可陸續採收果實分析，作爲選拔依據。椪柑經五年的記錄觀察，初步選出編號001等21株系（見表三），現正以不同砧木育苗供不同地區農民試種，蒐集各地區的栽培資料，作爲將來命名、推廣的依據。農試所在無病毒珠心胚系柑桔長程選育計畫下，目前在隔離網室中保留候選珠心胚系母樹椪柑223株、桶柑224株、柳橙303株、葡萄柚146株。及其他包括雪柑、晚崙夏甜橙、柚類、檸檬、萊姆、枸櫞、寬皮柑類等40幾品種的實生苗系候選樹約1,000株。

柑橘珠心胚的幼年性及加速逾越對策

柑橘的植株性狀隨着樹齡的增長而發生變異，一般幼苗都會表現特殊的性狀，如多刺、生長非常旺盛、易發生不定根、達結果年齡較晚、產量高、果實較大、隔年結果傾

向較明瞭等，這些特性稱爲幼年性 Juvenility。幼年性中最無法讓柑農接收的特點是多刺性。因此在本所十幾年來的努力，發現使用單幹整枝法（Monotrunk-Training）與重覆將頂梢回接植株基部的方式 (Repeated top shoot grafting to its own root) 已可使多種的珠心胚系及實生苗系候選母樹獲得無刺化的母樹，同時爲了操作時不致因刀具傳染病毒，故每嫁接或剪定一個單株前後，皆須以鹼化福馬林消毒以防汚染 [10,11]。但對於部份品種如葡萄柚、檸檬等仍不易獲得無刺的植株。本所往後試種或觀察植株都將以無刺化者爲主。

柑橘珠心胚系候選母樹園藝性狀之評估

柑橘自種子萌芽達到可以結果的年齡，若在自然的狀況下生長至少須3—5年，且須佔用相當的面積，因此本育種計畫初期先利用成熟枝條（尚未完全成熟但已可開花結果之枝條）高接田間成年柑株。於高接後第三年開始結果，再經過果實品質分析、比較其品質。初步先選出椪柑珠心胚系品質最優的21個候選品系(見表3)，再利用酸橘、廣

表 3. 臺灣省農業試驗所初選珠心胚系椪柑果實品質

Table 3. The Fruit Qualities of TARI Nucellar Ponkan Selections 1988

採收年份 Year of Harvest / 株系編號 Clone no.	平均糖度 Average S.S. %					平均果重 Average soluble solid° Brix	平均糖酸比 S.S. acid ratio	平均果重 Average fruit wt (g)	備註 Notes
	72 1983	73 1984	74 1985	75 1986	76 1987				
001					13.4	13.4		256.5	大果
004	12.4	14.7		12.6	11.8	13.2	18.2	209.3	
006	13.0	14.5	11.0		12.1	12.8	23.3	214.0	
010	13.0	14.6	11.0	12.2	11.5	12.7		213.5	
012	12.2	14.3	12.0	12.6	11.5	12.7	18.1	200.2	
013	13.3	14.3	11.1		12.9	12.9	16.2	230.4	
018	13.4	15.4	11.6	12.2	13.1	13.1	20.7	241.1	
042	12.8	15.9		13.1	13.2	13.9	19.9	238.1	
046	13.0	13.8				13.4	16.0	163.8	
065	13.1	14.2			13.5	13.7	18.0	217.5	
031	13.5	13.4		12.2	13.6	13.0	21.2	200.0	
103	13.3	13.0	11.0	11.8	13.2	12.2	19.2	239.4	
120	12.6	15.1		13.2		13.6	19.4	193.4	
142			11.0	10.6	11.6	10.8	23.9	262.7	
155	10.0		10.3	11.1	10.5	10.7	21.6	302.4	
179	13.3	14.7	11.4	11.9	13.1	12.8	20.6	209.4	
180	13.1	14.4			14.1	13.8	20.2	188.3	
189	12.9	14.5	12.2	12.3	12.8	13.0	21.7	203.7	
201				10.4		10.4	24.8	182.2	
216			9.0	11.0		10.0	28.9	265.9	特大果
228			10.0	10.8		10.4	22.3	263.1	特大果
233				11.3	10.6	11.3	28.3	178.6	不酸

東檸檬、枳殼、枳橙、枳柚及福爾佳粗檸檬作爲砧木加以繁殖成苗木預定於78年春季起在本省各地進行區域試種，以更深入評估珠心胚椪柑之栽培性狀，同時也觀察各種砧木對他們的影響。期望儘早獲得最佳的產量、品質及穗砧組合的資訊。在農委會的計畫補助下本所亦自75年度起分別在本所關西柑桔工作站、本所果樹試驗區栽植以10種不同砧木的珠心胚系柑橘，包括椪柑、桶柑、柳橙及葡萄柚等品種的觀察園，近日並將在斗六古坑農場另闢觀察園以期獲得更爲實際的性狀資訊。截至本研討會爲止初步發現以珠心胚無病毒的材料作爲接穗，所培育的苗木，以枳殼爲砧木的椪柑生育非常旺盛，而異於一般的猜測。所以無病毒柑橘苗的栽培性狀非常值得吾人深入探討，以備將來我國栽植珠心胚系柑橘之參考。

珠心胚系柑橘選育的重要性及對柑橘產業改進的展望

柑橘植物因其俱有多胚性，可以產生與母體遺傳性質非常相似的珠心胚，且經由種子播種所穫得的苗木，幾乎可得到完全沒病毒的植株，因此目前世界最主要的柑橘產區如美國佛州，加州及德州、巴西、南非及以色列等國在幾十年前就培育出珠心胚系來替代帶病毒程度較高的老品系。使其單株或單位面積產量都遠比仍然使用老品系的產區高出很多。我國雖在此方面起步亦不晚，但往日因無長期計畫的支援，半途而廢，50年代所培育的珠心胚品系，目前僅在臺東區農業改良場斑鳩工作站還保留幾株而已。直到近年來於本所有系統的培育下，利用隔離網室培栽，至目前方有第一批椪柑珠心胚苗木試種，期望3—5年後開始正常結果，屆時即可大量繁殖試種，至於在本計畫設施中同時培育的柳橙、葡萄柚、桶柑、檸檬等珠心胚系及來自世界各地所蒐集的主要品種實生品系，亦將陸續推出試種，提供我國柑橘業者更多清潔的珠心胚或實生苗系品種品系之選擇機會，以達品種多元化且充分供應純正品種的繁殖材料及種源的目的。增加果農們選擇的機會，降低生產成本、保障果農收益。

參考文獻

1. 行政院農業發展委員會 1982 臺灣柑橘產業輔導方案。
2. 林樸 1962 柑橘栽培指南，中南柑橘苗圃推廣手册。
3. 林樸 1984 臺灣柑橘事業　國立臺灣大學農推手册第15號。
4. 蔡疇 1985 臺灣柑橘產業之發展　青果研究資料79：1—41。
5. 諶克終 1964 柑橘栽培學，正中書局。
6. 葉節耀 1983 柑橘珠心胚、珠心胚苗、珠胚心系品種果樹栽培—柑橘栽培管理1—9 農發會與臺灣省山地農牧局。
7. Bridges, G. D. & C. O. Youtsey 1974
   Yield Variations among Citrus Nucellar Seedling Clones at The Florida State Budwood Foundation Grove. Fla. Sta. Hort. Soc. Proc. 87 : 85—87
8. Cameron, J. W. & H. B. Frost 1968
   Genetics, Breeding and Nucellar Embryony The Citrus Industry vol. II p. 325—371 rev. edtn. UCR
9. Frost, H. B. & R. K. Soost 1968

Seed Reproduction: Development of Gametes and Embryos. The Citrus Industry vol. II p. 290—324 rev. edtn. UCR

10. Garnsey, S. M. 1967
Mechanical Transmission of Exocortis Virus with Contaminated Budding Tools . Plant Dis. Rep. 51 : 410—413.

11. Garnsey, S. M. 1968
Exocortis Virus of Citrus Can Be Spread by Contaminated Tools. Citrus Industry 49 : 13—16.

12. Reuther, W. 1959
A Program for Establishing and Maintaining Virus-Free Citrus Stock. in Wallace , J. M. (ed.) Citrus Virus Diseases p. 215—17 UC Berkeley.

13. Weathers, L. G. & E. C. Calavan 1959
Nucellar Embryony-A Mean of Freeing Citrus Clones of Viruses. in Wallace, J. M. (ed.) Citrus Virus Diseases p. 197—202 UC Berkeley.

Summary

Most of the field grown citrus trees in Taiwan were more or less infected by several citrus viruses that caused the low productivity, less vigour, inferior qualities and relatively short lived. By using the natural characters of citrus which can produce nucellar embryos and most citrus viruses would not passed through the seeds to the seedlings. TARI began the citrus nucellar breeding prograon under screen in 1976. The selected superior fruit qualities' trees in the field were artificially pollinated with trifoliate orange, pummelo or lemon pollen to identify the nucellar seedlings from the zygotic ones by leaf appearances after seeds germinated. All the seedlings were potted and grown in the screenhouse as virus-free nucellar candidate stock-mother trees. They are mono-trunk-trained to accelerate maturity. Some budwoods took from already flowered twigs were topworked to the field grown trees. According to 5 harvesting years and fruits analysis records, there are 21 best fruit clones of ponkan were selected and are propagated in the screenhouse. They will be validated in the citrus groves around the island. Because the healthiness of virus-free and rejuvenility, the nucellar citrus trees are very thornny and were rejected by the farmers. By using mono-trunk-training and repeatedly shoot top grafting to their own roots, TARI had successfully overcome this practical problem.

范念慈教授：

關於珠心胚幼年期的問題，剛才已經找到珠心胚以後，它現在有刺出現也開花結果，這個時間大概有多長？

葉節耀：

以我這幾年裡工作的觀察，椪柑這段時間短。柑桔幼株因爲它很多刺，所以用單幹整枝法，到了網室頂上再取它的頂梢，回接到本身的樹幹基部，如此重複幾次頂梢逐漸成熟就可以穫得無刺化的接穗了。以椪柑來講，第一次回接後，也就是按照它的長（高）度，大概在株高 4.5公尺以後，或者是說從播種一直到 4.5公尺的位置，枝條上應該就已經沒有刺了。可是桶柑要長一點，而柳橙我們有的接到第三次還有刺。至於說葡萄柚，到目前還未發現一棵沒有刺的。

范念慈教授：

它的開花結果期呢？

葉節耀：

它的結果期到第三公尺的時候，椪柑、桶柑、柳橙都開花了，葡萄柚的話大概要三公尺以上，到第四第五公尺左右才開花，可是開花並不表示沒有刺，還有刺的時候它繼續會開花。

范念慈教授：

這時候的着果率怎麼樣？

葉節耀：

我們在網室內因空間有限，不讓它開花，但在戶外，就椪柑來說，曾經在白河有幾株椪柑 P-238 株系的嫁接苗交給農民試種，因爲那時交給他們的苗接穗還在轉型期（Transistion Stage），這個株系並非最好的一個，只是想看一看會怎樣！經我們觀察後的感覺是，它的生長勢特別旺盛，刺也很多，開花期比一般品系晚 1 到 2 年，可是一開花就結果相當豐富。去年結了40幾個果實而今年我想會結得更多。

范念慈教授：

最後一個問題。着果率情形還好吧？

葉節耀：

我想着果率應該是不會有問題，而是說主要達到結果的年齡，因爲我們拿出去的並不是眞正珠心胚成熟的枝條，現在拿過去接木，在戶外給農民的，不管是高接的或是讓他們初步試種的，那都是提早二、三年前我去繁殖的，也就是說，那個時候根本就沒有成熟的枝條去繁殖。我們接上去的芽條，那個部位是轉型期枝條的位置，接上去的話，那個樹也應該是屬於轉型期階段的東西（Transision Stage），因此它目前的表現跟在英文書裡面所描述的很接近。

林樸教授：

關於這個珠心胚的事情，在果農自己也有做。那天，我跟嘉義林小姐他們去看竹崎那個地方，有一個姓林的農民，他很早自己就做了，他自己山上種很多珠心胚柳橙，已經很大了，所以這個是不是你也可以給它注意一下，可以調查他們的，可能還不錯的樣

子。已經很大了，都是實生苗種的，有很多刺之類的現象。他自己也做過很多甜橙自己砧木的系統。用自己的砧木再去接自己做的種類，你去看一下！

葉節耀：

謝謝老師，我會去看一下。不過因爲他是長在外面，我們可能會拿回來種，假定是說它確實表現得非常好的話，我們拿回來做 shoot-tip grafting 的材料，可能是很好的。

林樸教授：

對啊！你這是講珠心胚的年齡，它的年齡是很新，是不是？所以它這個也是很新的東西，所以我告訴你。

葉節耀：

謝謝老師。



1.



2.



4.



3.

圖 1　本所供柑橘珠心胚系培育用之隔離網室。

Fig. 1. The isolation screen-house used for nucellar citrus breeding in TARI.

圖 2　珠心胚系候選母樹的單幹整枝情形。

Fig. 2. Mono-trunk-training of candidate trees in citrus nucellar breeding program.

圖 3　成熟珠心胚系枝條高接在成年柑株。

Fig. 3. The citrus tree was top-worked by mature twigs taken from nucellar candidate trees as scion woods.

圖 4　椪柑樹高接珠心胚系接穗三年後結果的情形。

Fig. 4. The ponkan tree fruited 3 years after top-worked with nucellar scionwoods.

柑橘珠心胚之試管培養及網室栽培[1)]

Nucellar Embryogenesis of Citrus In Vitro and Extended Growth in Screen House

黃麗春[2)]　葉節耀[3)]　林瓊玖[4)]

Huang Li-chun, Yeh Light Chie-yauw, Lin Chiung-chiuo

摘　要：單胚及多胚柑橘皆可由試管內珠心組織的培養，誘導珠心胚的分化、珠心胚可進而分化植株，試驗之單胚柑橘爲麻豆白柚及麻豆文旦、多胚柑橘爲粗皮檸檬、黎檬、酸橙、酸橘、美女橘、枳殼、椪柑及柳橙。珠心胚之分化因樹種不同，須要之 cytokinin 及濃度亦不相同。自珠心胚分化之珠心苗，理論上爲健康苗，恢復植物的生長勢，並具植物幼年期的特徵但有相當程度變異，本試驗的目的爲利用珠心苗之天然變異，選育變異品系。

關鍵字：單胚及多胚柑橘、珠心胚、莖頂嫁接、植株變異

Key words: monoembryonic and polyembryonic citrus, nucellar embryogenesis, shoot-tip grafting, somatic variants.

概　論

柑橘種子的多胚性自1719年即有記載 [7] 種子內之無性胚可由花苞及幼果中未受粉的子房或胚珠 [4,8] 或已受精的胚珠或珠心組織誘導產生 [6,11,12,13]，Starrantino & Russo [16] 及Moore [8] 以成熟果實內未發育之胚珠爲材料，誘導不定胚。Maheshwari & Ranga Swamy [6], Rangan, Murashige, & Bitters [12,13], Mitra & Chaturvedi [7] 從事培養試驗及細胞觀察說明柑橘不定胚的分化，實由珠心組織內的特殊細胞分裂而來，因此不論以何種材料從事培養，珠心組織實爲不定胚的眞正來源，因此柑橘之不定胚一般係指珠心胚，珠心胚發育之苗，同如實生苗可恢復植物之生長勢，挽救植物長久行無性繁殖，導致活力之逐漸衰退，珠心苗爲健康苗 [6]，但具變異 [11]，及幼年期的性徵，故以頂梢嫁接法 [11,15] 培養健康苗時，則縮短植物的幼年期，可提前開花結實，但自高齡之優良母樹，取其頂芽，從事頂梢嫁接時不易立即獲得結果，以珠心苗爲健康苗，並由其變異從事選種及育種，珠心苗之培養仍具價值。

多胚柑橘珠心胚的誘導、繁殖及植株分化

粗皮檸檬 (*Citrus jambhiri* Lushinton, Rough Lemon)，黎檬 (*C. limonia* Osbeck, Rangpur Lime)，酸橙 (*C. aurantium* Linn, Sour Orange)，酸橘 (*C. sunki* Hort. ex Tan.)，美女橘 (*C. reshni* Hort. ex Tan. Cleopatra)，枳殼 (*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.) 及椪柑 (*C. reticulata* Blanco, Ponkan Mandarin)

1)此研究工作得農委會專案補助。This work was funded by Council of Agriculture.

2)中央研究院、植物研究所。Inst. of Botany, Academia Sinica.

3)臺灣省農業試驗所園藝系。Dept. Hort. TARI.

4)臺灣省農業試驗所嘉義分所園藝系。Dept. Hort., CAES, TARI.

柳橙（*C. sinensis* Osbeck）爲試驗樹種，開花後4—8週之幼果爲試驗材料，先將果實清洗及表面殺菌（5倍稀釋之家用漂白水，含 1% NaClO，泡30分鐘），於無菌箱中取出胚珠，再置於解剖顯微鏡下切除有性胚（此時之有性胚爲球體期及心臟期）、內外珠被，及 Chalazal end 之珠心組織後，將珠孔端之珠心組織置於培養基上，培養基爲 Murashige & Skoog 鹽類[9]，1mg/l Thiamine HCl, 0.5mg/l Pyridoxine HCl, 0.5mg/l Nicotinic acid, 2mg/l L-Glycine, 100mg/l i-Inositol, 10mg/l Adenine Sulfate, 500mg/l Malt Extract, 50,000mg/l Sucrose, 0.8% TC Agar 或 0.2% Gelrite pH5.7，培養2週後珠心組織逐漸分化珠心胚，珠心胚先期分化迅速，但於8週後逐漸減慢，終至停止分化及生長，此衰退的趨勢，於培養基中加入 BA 或 2ip 而消失，以60mg 之培殖體置於不同濃度之 BA 或 2ip (0, 0.3, 1, 3, 10mg/l) 中，試驗結果顯示酸橙之最適濃度 0.3mg/l BA 可使珠心胚增殖20倍，自原來之 60mg 增殖至1260±0.4 mg，美女橘於 1mg/l BA 增殖4倍產生 243±0.0mg 之不定胚，粗皮檸檬於 0.3mg/l BA 增殖43倍產生 2619±0.3mg，酸橘於 10mg/l 2ip 中增加9倍，產生 526±0.1mg，椪柑及柳橙在 0.3mg/l BA 中各增加27及29倍，產生 1611±0.2 及 1764±0.3mg，黎檬則無須加入任何 Cytokinin，可維持22倍之增殖率，如彩9、1及表一。

表一、不同橘種所須 cytokinin 之濃度以維持珠心胚之不斷分化和生長

Table 1. Cytokinin requirements for maintenance of nucellar embryogeny in vitro of *Ctirus* species.

Rootstock Species	Cytokinin Supplement, mg/L
Citrus aurantium	0.3 BA
C. jambhiri	0.3 BA
C. limonia	None
C. reshni	1 BA
C. sunki	10 2iP
Scion Species	
Citrus grandis	
cv. Ma Dou Bai You	0.3 2ip
cv. Ma Dou Wen Dan	0.3 BA
C. reticulata	0.3 BA
C. sinensis	0.3 BA

BA=N^6—benzyladenine, 2iP=N^6—isopentenyladenine

移殖於新鮮培養基時，若不將舊胚切割，而由其逐漸老化，則珠心胚逐漸成熟、分化植莖，將培養基中之 Cytokinin 去之，並加入 0.5mg/l 之 NAA，則促進發根，形成植株（圖1. 2.）。

珠心胚之培養環境 25°C 恆温，16小時光照及 30μE m^{-2} sec^{-1} 光强，發根時之光强爲 42μE m^{-2} sec^{-1}。

單胚柑橘不定胚之誘導、繁殖及植株分化

麻豆白柚及麻豆文旦的幼果如多胚柑橘的處理方法切取珠孔端之珠心組織，培養於不同濃度之 2ip (0, 0.03, 0.1, 0.3, 1, 3mg/l) 及 NAA (0, 0.01, 0.1, 1mg/l) 之上述

培養基中，發現 0.3mg/l 2ip 及 0—0.1mg/l NAA 可誘導30%麻豆白柚形成珠心胚，將此濃度應用於麻豆文旦時，僅獲得0.4%的成功。

麻豆白柚珠心胚誘導後，繁殖迅速，於四個月後自行分化根、莖或植株，將植株移植於花盆中，易於成活（95%以上），並繼續生長茁壯於臺灣省農試所隔離網室內。

麻豆文旦珠心胚誘導後繁殖迅速，唯植株分化甚難，曾以各種條件試之，如低溫（6°C 處理0，1，2，4週，及17°C 處理4週），高溫（37°C 處理0，3，5，10，20日），GA_3 (0, 0.1, 1, 10mg/l)，BA (0, 0.3, 1, 3, 10, 30, 100mg/l)醣類如蔗醣、葡萄醣、半乳醣（0，1，2，3，5，7.5，10%），甘油 (glycerol) (0, 100, 200, 300, 400, 800mM)，TC Agar 與 Gelrite 之比較，及培養基更新時間(Starvation)（4，8，12，24週）等，皆無植莖分化的效果，僅偶爾見根分化，若將幼胚不予切割繁殖，其體積逐漸增加，並逐漸老化成扁平狀，自基部處分化1—5莖，將植莖切下，誘導發根，未能成功並逐漸落頂落葉而枯萎，若於落葉前將頂芽切下嫁接於 Troyer Citrange 之無菌播種之種子苗上，嫁接芽則迅速抽長生長，將整株嫁接苗移植於花盆中，或僅切下試管中的頂芽，再次嫁接於網室內之柚類砧木上，成活率高(95%以上)，可繼續生長茁壯（圖3），於臺灣省農試所、嘉義分所、及臺南農改場的網室內。

麻豆白柚之試管株心苗於臺灣省農試所網室內生長至今已三年餘（圖4），葉節耀先生並將長至屋頂（約3公尺）之頂芽取下嫁接於同珠之基部砧木上，使其再次生長以促進開花，至今尚未見開花結實，依葉形、葉針等外表形態觀察分析未見變異，麻豆文旦則顯出植株間葉形及厚度相異的情形，麻豆文旦於農試所及臺南農改場生長已近兩年，仍繼續進行生長觀察及變異調查。

討　論

本試驗之多胚及單胚橘種來自臺灣省農業試驗所嘉義分所園藝系之果園，麻豆白柚及麻豆文旦得以順利誘導珠心胚及珠心苗實銘感於該單位之熱心協助，慷慨供給各種試驗材料。多胚柑橘試驗甚易，此與天然產生無性胚的能力有關，無性胚分化源自珠心組織，誘導後逐漸衰退，不能繼續分化新胚，而產生癒合組織 (Callus) [5,6,17]，此可能與細胞內之 Auxin/Cytokinin 比率有關，珠心組織分化珠心胚後，珠心胚繼續分生的能力逐漸降低，培養基中若加入適量的 Cytokinin 則恢復其繼續分化繁殖的能力，及產生新胚至今已六年未見衰退，推測培養基中加添之 Cytokinin 可維持此二種植物生長素之生理平衡，故而促使胚體不斷增殖，有趣的是橘種不同時，所須 Cytokinin 之種類及濃度各異，經一系列的試驗遂而建立各橘種之最適濃度及各橘種穩定之試管生長。

單胚柑橘不易以人工方法誘導無性胚，推測此與其天性不能分化無性胚有關，Esan [2] 對此問題加以探討，認爲單胚柑橘種子內不產生無性胚，可能與種子內分泌之抑制物質有關，他發現此物質分泌自 Chalazal end，將 Citron (*C. medica*) 去珠孔端之胚珠與椪柑胚珠共同培養 (Co-culture)，椪柑珠心胚的分化則顯著減少，且減少程度與 Citron 胚珠數成正比，將椪柑珠孔端嫁接於 Citron chalazal end，則導致椪柑珠心胚的產生能力減低2倍以上，Esan 又比較美女橘 (Cleopatra Mandarin) 的胚珠其切除 Chalazal end 與否，或僅培養珠孔端之珠心組織，或僅培養 Chalazal end 之珠心

織四種試驗，發現僅培養珠孔端之產生最多珠心胚，其次爲去除 Chalazal end 之胚珠組織，僅培養 Chalazal end 時珠心胚分化最少，此試驗可推測胚珠內 Chalazal end 會分泌某種物質，可抑制無性胚的分化，此物質爲何，至今尚不清楚。

珠心組織分化之珠心胚及珠心苗，理論上爲健康苗，不含任何病毒或其他病原體，本試驗之10種柑橘比較僅蔴豆文旦外型顯出變異，其他樹種則頗爲穩定，其他如開花、結實等內在變異尚待繼續評估。Navarro, Ortiz and Juarez[11] 比較 Clementin 8品系之珠心苗發現有29%之變異，珠心苗變異時可否產生重要農業性狀之改變如抗病、耐旱、耐鹽、耐殺草劑或改善果實品質及改變花期等並無不能，唯其屬於育種選種的範圍須較長時間從事之。

參考文獻

1. BUTTON, J. & C. E. J. BOTHA. 1975. Enzymatic maceration of citrus callus and the regeneration of plants from single cells. J. Exp. Bot. 26 : 723—729.
2. ESAN, E. B. 1973. A detailed study of adventive embryogenesis in the Rutaceae. Ph. D. Dissertation, University of California, Riverside.
3. KOBAYASHI, S., I. IKEDA, & M. NAKATANI. 1979. Studies of nucellar embryogenesis in citrus. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 48 : 179—185.
4. KOCHBA, J. & P. SPIEGEL-ROY. 1977. Cell and tissue culture for breeding and developmental studies of citrus. HortSci. 12 : 110—114.
5. KOCHBA, J., G. BEN-HAYYIM, P. SPIEGEL-ROY, S. SAAD, & H. NEUMANN. 1982. Selection of stable salt-tolerant callus cell lines and embryos in *Citrus sinensis* and *C. aurantium*. Z. Pflanzenphysiol. 106 : 111—118.
6. MAHESHWARI, P. & N. S. RANGA SWAMY. 1958. Polyembryony and in vitro culture of embryos of *Citrus* and *Mangifera*. Indian J. Hort. 15 : 275—282.
7. MITRA, G. C. & H. C. CHATURVEDI. 1972. Embryoids and complete plants from unpollinated ovaries and from ovules of in vivo grown emasculated flower buds of *Citrus* spp. Bull. Torrey Bot. Club 99 : 184—189.
8. MOORE, G. A. 1985. Factors affecting in vitro embryogenesis from undeveloped ovules of mature *Citrus* fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110 : 66—70.
9. MURASHIGE, T. & F. SKOOG. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assay with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15 : 473—497.
10. NAUER, E. M., C. N. ROISTACHER, T. L. CARSON, & T. MURASHIGE. 1983. In vitro shoot-tip grafting to eliminate citrus viruses and virus-like pathogens produces uniform budlines. HortSci. 18 : 308—309.

11. NAVARRO, L., J, M. ORTIZ, & J. JUAREZ. 1985. Aberrant citrus plants obtained by somatic embryogenesis of nucelli cultured in vitro. HortSci. 20 : 214—215.
12. RANGAN, T. S., T. MURASHIGE, & W. P. BITTERS. 1968. In vitro initiation of nucellar embryos in monoembryonic citrus. HortSci. 3 : 226—227.
13. RANGAN, T. S., T. MURASHIGE, & W. P. BITTERS. 1969. In vitro studies of zygotic and nucellar embryogenesis in citrus. Proc. First Intl. Citrus Symp. 1 : 225—229.
14. ROISTACHER, C. N., L. NAVARRO, & T. MURASHIGE. 1976. Recovery of citrus selections free of several viruses, exocortis viroid, and *Spiroplasma citri* by shoot-tip grafting in vitro. In F. C. Calavan ed. 7th Conf. Intl. Organization Citrus Virol. IQCV, Riverside pp. 186—193.
15. SPIEGEL-ROY, P. & J KOCHBA. 1973. Stimulation of differentiation in orange (*Citrus sinensis*) ovular callus in relation to irradiation of the media. Radiation Bot. 13 : 97—103.
16. STARRANTINO, A. & F. RUSSO. 1980. Seedlings from undeveloped ovules of ripe fruits of polyembryonic citrus cultivars. HortSci. 15 : 296—297.

Summary

Nucellar embryogenesis of citrus enabled to induce with different cytokinins at various concentrations depending on species. Plant regenerations were obtained after prolonged consecutive cultures in the same medium. Tested species included monoembryonic: *Citrus grandis* cvs. Ma-Dou-Wen-Dan and Ma-Dou-Bai-You, polyembryonic: *C. aurantium*, *C. jambhiri*, *C. limonia*, *C. reshni*, *C. reticulata*, *C. sinensis*, *C. sunki*, and *Poncirus trifoliata*. Theoretically plants differentiated from nucellar embryos were free of pathogens and regained tree vigor showing juvenile traits. Somatic variations appeared in vitro on morphology were selected for variants on crop breeding program.

問 題 討 論

范念慈：

請教一個問題。剛才你實驗研究裡面談到怎麼樣把單胚性的柚子引誘成珠心胚，我的問題是問怎麼樣鑑別單性胚的柚子裡面的有性胚與珠心胚的方法。

黃麗春：

這個問題是我在報告過程中漏掉的，這是在我們取材時候的階段上最重要的一段。我們要在四週到八週的幼果時期，把它的胚珠取出來，在顯微鏡底下一定要看它有性胚的發育出現，有性胚這個時候發育，是在球體期以及前期的心臟期，這個時候有性胚看得很清楚，我們在這個時候把有性胚挑掉，剩下的珠心組織拿來培養。這個時候無性胚還沒有發育。

范念慈：

利用時期的早晚，是吧？

黃麗春：

對。所以我們必須很早時期做這個。

林 樸：

關於單胚柑橘得到珠心胚，在幾年前是很新奇的東西，就是 Murashige 他們做的 orange 也是單胚的，它變成珠心胚柑橘是一個很大的突破，也是一個很大的新聞。今天現在臺灣也有單胚的白柚跟文旦變成珠心胚的東西，這表示我們臺灣在這方面也有很大的進步，也是在世界上居於領導的地位，所以今天非常恭喜黃小姐。

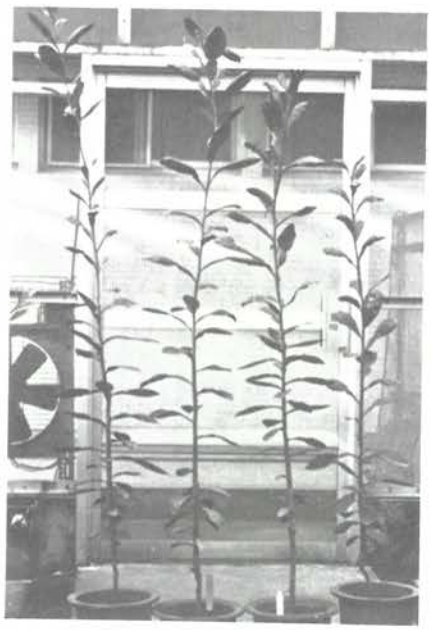
黃麗春：

謝謝林教授鼓勵。





1. 2.



3.

4.



圖 1、粗皮檸檬珠心胚分化之珠心苗。
Fig. 1. Plants differentiated from nucellar embryos of rough lemon. (1X)

圖 2、枳殼珠心苗之分化。
Fig. 2. Plants originated from nucellar embryos of *P. trifoliata*. (1X)

圖 3、麻豆文旦試管嫁接珠心苗之頂芽再次嫁接於網室柚類砧木上之二年生長。
Fig. 3. Two-year-old plants of *C. grandis* cv. Ma-Dou-Wen-Dan in screen house with shoot tips from in vitro regrafted onto green house growing shaddock rootstocks. Plants being first grafted onto troyer citrange in vitro.

圖 4、麻豆白柚珠心苗自試管移植於網室後三年之生長。
Fig. 4. Three years old plants from nucellar embryos of *C. grandis* cv. Ma-Dou-Bai-You in screen house.

柑橘毒素病、似毒素病與速檢法之研究

The Studies on Citrus Virus and Virus-Like Diseases and Their Speed Indexing Technique

蘇 鴻 基

Su Hong-Ji

關健語：柑橘毒素病、似毒素病、速檢法

Key woods: citrus virus and virus-like diseases, disease indexing,

從1951年代新竹地區柑樹開始受立枯病爲害，隨年蔓延爲害嚴重，引起吾人注意，開始研究其病因，經病接穗嫁接之傳染試驗認定係系統性之毒素病或似毒素病。爾後經年研究證實本省各品種柑樹普遍感染下列多種病毒與擬細菌。爲推展健康苗制度以防治此類系統病，對病因病毒之鑑定與病理學研究及檢疫技術之研究係首要，概況如下。

㈠病因與病理學之研究：

⑴立枯病 (Likubin=greening) 電顯觀察及傳染試驗證實此病起因於長桿狀 (350—550×600—1500nm) 之擬細菌 (Fastidious bacteria=GFB)，此原核菌以出芽式繁殖。受害嚴重之品種有椪柑、桶柑、柳橙及葡萄柚；中度罹病性有檸檬；而金柑呈抗病性，病株中病菌含量低。至於原來抗病性之文旦及白柚，近10年來變爲感病而已普遍嚴重受害。推測起因於病菌系統之變異而毒性改變。本省此病菌系統（型）屬耐熱型，在低、高溫均適宜生長爲害柑樹。此菌往往與萎縮病毒 (CTV) 複合感染，但此菌占優勢而後者略有協力作用。根腐疫病菌有促進此病之發展加重。

⑵破葉病起因於 Citrus tatter leaf virus (CTLV)，係 650nm 長絲狀病毒，其特性及所屬病毒類別尚在研究中。此病毒可經機械傳染到白藜。經指示植物 Rusk 枳橙檢定，發現桶柑、海梨柑、椪柑及甜橙（柳橙、雪柑、臍橙）等較普遍感染，在葡萄柚、白柚、茂谷及溫州柑等樹中也可檢出。此病毒在本省各柑橘產地均可測到，但一般在溫度較低之北區較普遍。由於本省普遍種植抗病性之酸橘砧木，一般不呈穗砧癒合部異常病徵。改用枳殼與枳橙 (Troyer) 時此病毒嚴重使植株矮化，以無毒苗爲對照比較，兩者生長差異顯著。

⑶萎縮病起因於Citrus tristeza virus(CTV)，屬長 2000nm 絲狀病毒之 Closterovirus。通常用 ELISA 血清法及 Mexican lime 指示植物檢定，本省各種柑株普遍受潛伏感染，尤其是椪柑、桶柑、甜橙及金柑等很普遍受感染 (90%以上)，葡萄柚及檸

* 國立臺灣大學植物病蟲害學系
Dept. of Plant Pathology and Entomology, National Taiwan University

檬株受染半數左右而文旦及白柚株很少檢到此病毒（5%以下）。人工接種試驗證實柚類實生苗接種後呈顯著病徵，但一年後就測不到病毒，推想柚類具有過敏性抗病性。但本省發現一新系統（CTV-D）却在柚類及葡萄柚呈嚴重萎縮病徵，續留於病株中。本省一般之 CTV 系統屬於苗黃系統（Seedling-yellow strain）。受染柑樹之果實呈畸形而萎縮，其中病毒含量較正常果爲高。此病毒推定對本省易感品種之產量及品質有影響，因此需選定適宜於各個別品種之交叉保護用弱毒系統，已初選對椪柑、桶柑及柳橙無毒性之弱系統，已開始對無毒化原種及健康苗做交叉保護試用中。

⑷鱗砧病起因於 Citrus exocortis viroid（CEV），爲單股之 RNA 次病毒。此次病毒經機械傳染，用指示植物 Citron 861-S 檢定結果，此病爲害分佈不廣。在甜橙（柳橙、Valencia、Jaffa）及檸檬之少數植株中檢查到。其他品種中尚未檢到。本省一般用耐病性之酸橘砧木，田間植株看不到病徵，唯上述品種之廣東檸檬砧上少數可觀察到鱗砧病徵，病株矮化衰萎。爲改進柑橘品質普遍改用枳殼、枳橙及廣東檸檬時此病可能成爲問題。

⑸其他病毒及螺旋菌質：經指示植物 Pineapple 甜橙檢定，只在 Valencia 之很少樣本中檢到 Psorosis（鱗皮病）之陽性反應。使用 Parson special mandarin 指示植物之粗皮檸檬砧苗檢查結果，本省各種品種柑株中尚未發現有 Cachexia 次病毒（木孔病）。利用培養法及血清 ELISA 法檢查 Stubborn 病菌 *Spiroplasma citri* 菌質，均得負結果。上述三種病需再進一步研究。

㈡檢疫技術改進之研究：

⑴立枯病，一般利用感病性之椪柑及桶柑實生苗做生物檢定，但潛伏期往往半年以上，很費時。Zinkom 認爲最感病性，正試驗中。利用薄切片之電顯觀察，最爲正確，但煩雜費時。爲建立簡速ELISA法，單元抗體之製備試驗已獲得分泌陽性反應抗體之融合瘤細胞株，唯細胞系不穩定，尚在改進試驗中。

⑵破葉病（CTLV）：本省柑樹此病毒普遍與 CTV 複合感染，因此不能利用Excelsa 爲指示植物，而使用枳橙 Rusk 爲宜。使用酸橘、粗檸檬或柳橙爲台木苗而上方芽接 Rusk 芽做爲指示苗時，反應最敏感，4～6星期後呈現病徵，但用枳殼或枳橙苗時不易顯出病徵而費3至6個月，甚至不現出病徵。此生物檢定必需在 22°C 低溫之空調室進行，對此病毒已製成特異性之單元抗體，利用於 ELISA 檢驗正改進試驗中，因病株中病毒濃度低，一般採冬春季之成熟葉檢驗效果較好。

⑶萎縮病（CTV）：此病毒向來用多元抗體之 ELISA 法檢疫爲主，但檢定病毒系統及毒性仍使用指示植物，Mexican lime, Eureka lemon，酸橙及廣東檸檬苗。在進行交叉保護時宜製備對强弱毒性不同之病毒系統分別具有特異性之單元抗體或基因探針（c-DNA），以便追踪保護用弱系統及交叉保護效果。此試驗擬在新計畫中進行。

⑷鱗砧病（CEV），向來使用指示植物Citron 861-S來檢驗爲主，費時往往半年以上，並需在溫暖環境。利用核酸之電泳法或 HPLC 法也可行，但技術細節仍需改進試驗。國外已有基因探針製成，爲建立速檢法，吾人有必要試製。

參 考 文 獻

1. Matsumoto, T., M. C. Wang, and H. J. Su. 1961. Studies on likubin. p. 121—125. In Proc. 2nd Conf. IOCV, Univ. Florida Press, Gainesville.
2. Roistacher, C. N. 1986. Indexing and control of citrus viruses and virus-like diseases. FFTC Book Series No. 33, pp. 127—135.
3. Su, H. J. 1981. A tristeza virus strain causing dwarf of pummelo and grapefruit. Proc. Int. Soc. Citriculture. 423—426.
4. _____ and J. U. Cheon. 1984. Occurentce and distribution of tatterleaf citrange stunt complex on Taiwanese citrus. Proc. Int. Soc. Citriculture. (In press).
5. _____ J. U. Cheon, and M. J. Tsai. 1986. Citrus greening (Likubin) and some viruses and their control trials. FFTC Book Series No. 33, pp. 142—147.
6. _____ and S. C. Leu. 1972. Study on the pathogen complex causing likubin of citrus in Taiwan. 1. Nature of mycoplasma-like organism associated with the disease. Proc. National Science Council (R. O. C.) No. 5: 109—126.
7. _____ and R. Y. Wu. 1979. Preliminary study on the etiology of Wentan pummelo decline. p. 45—47. In Proc. R. O. C.-U. S. Cooperative Sci. Seminar on Mycoplasma Diseases of Plants. NSC, Symposium Series No. 1., Taiwan, R. O. C.
8. USDA-ARS. 1968. Indexing Procedures for 15 Virus Diseases of Citrus Trees. pp. 96.

Summary

The virus and virus-like diseases of citrus trees had become seriously epidemic since the first outbreak of Likubin (greening) in 1951, and called public attention in citrus industry of Taiwan. The etiological studies on the systemic virus and virus-like diseases of citus trees have been made through transmission experiments with the diseased scions and vector insects. Citrus trees of the all commercial cultivars grown on the island were proved to be commonly infected by the virus and fastidious bacteria pathogens. In order to promote the pathogen-free foundation stock and budling program for controlling the systemic diseases of citrus trees, the identification of causal viruses, their pathological studies and development of disease-indexing techniques were realized to be primarily important. The etiolngical natures and diagnostic technology of the citrus virus and virus-like diseases were briefly described.

問 題 討 論

黃美華：

請問蘇教授，目前臺灣有那幾個病毒可以用 ELISA 來檢定。

蘇鴻基：

目前 tristeza 還有 tatter leaf，大概這二種是比較穩定，還有黃龍病還不穩定，希望這個很快就可以穩定，其他的就用別的方法。

柑橘立枯病媒介蟲傳播試驗之過去與現況

The Past and Present Status of the Vector Transmission of Citrus Likubin in Taiwan

黃 秋 雄*

Huang Chiou-hsiung

摘 要：柑橘立枯病之媒介昆蟲傳播試驗隨著病原觀念之改變，試驗方向亦因而改變。1940年以前，立枯病的研究係以探討病因爲主，尚未眞正進行媒介傳播試驗。1940～1970 年間，由於立枯病被認爲由 tristeza 病毒或 tristeza 病毒相似之病原所引起，媒介昆蟲傳播均以蚜蟲爲試驗對象。1970 年前後，由於擬菌質體 (mycoplasma-like organism, MLO) 被發現於立枯病組織體內，柑橘木蝨 (*Diaphorina citri*) 則懷疑爲其媒介昆蟲。由於木蝨傳病能力極低，因此至1982年才被證實。有關木蝨蟲體獲得病原所需時間或病原在蟲體之潛伏期等基本資料目前均未獲得。立枯病在田間之發生蔓延與木蝨族羣消長之關係，尚未有資料。但在溫室的情況下，柑橘萌芽影響木蝨族羣之消長，萌芽期木蝨之若蟲及成蟲密度均有顯著增加，立枯病發生率亦增加。一年當中，以春芽期木蝨族羣密度最高，立枯病發生率亦最高。

關鍵字：柑橘立枯病（黃龍病）、媒介傳播、擬菌質病原、南非立枯病。

Key words : likubin (Huanglungpin), vector transmission, mycoplasma-like organism (MLO), tristeza virus.

前 言

柑橘立枯病 (citrus likubin)，一般稱它爲黃龍病，爲本省柑橘栽培業中較爲古老且嚴重的病害。由於本病曾數次在本省造成爲害，使本省柑橘栽培事業幾近於毀滅，因此有關立枯病的研究也普遍受到重視。早在1913年日人澤田氏[10]就提出有關本病之研究與調查報告。1953年以後立枯病可能又發生猖獗。根據羅清澤教授等[15]之全面性調查，發現當時全省各地普遍發生立枯病，其中以彰化之永靖、埔心及大村等平地鄉鎮之果園發生最爲嚴重。名噪一時的員林椪柑，就是因爲本病之加害而成絕跡。1973年，筆者亦曾參加本省柑橘無病毒種苗繁殖計畫，負責有關病毒檢定的工作，有機會前往全省各主要柑橘產區選拔健康優良母樹，發現立枯病到處可見，尤其中南部地區無數柑橘園因本病之感染與爲害，幾成廢耕。晚近麻豆文旦發生之立枯症狀，據推測其主因可能爲立枯病病原所造成[8]。

*臺灣省農業試驗所植物病理系 Dept. Plant Pathology, TARI

一般言，造成立枯病在田間之發生蔓延，主要係由帶病柑橘接穗經嫁接繁殖後栽培或由媒介昆蟲來傳播。立枯病可經由病穗傳播早已證實[6,31,38]。然而媒介昆蟲傳播則爲近四十年來一直在研究與爭論的問題。立枯病由何種昆蟲來傳播，爲何遲遲無法證明，主要係受立枯病病原研究過程之複雜性及傳播本病之柑橘木蝨 (*Diaphorina citri* Kuwayama) 之傳播能力極低所造成。本文將概述過去有關本病媒介昆蟲傳播的經過及其結果，現在與未來應進行之研究，以期供未來擬定防治對策之參考。

立枯病病原觀念之改變與媒介昆蟲傳播之研究

由早期至現今，筆者曾將有關立枯病病原研究過程分爲五個研究階段[7]，但眞正涉及媒介昆蟲傳播試驗主要在 1960 年代以後之蚜蟲傳播 tristeza 病毒及1970年代以後之木蝨傳病試驗。爲便於連貫，筆者將它分爲三個時期來說明：

一、早期 (1910—1940年)

早期對於立枯病的研究，主要以探討病因爲首。例如 1913年及1916年澤田氏[10,11]的二篇報告，根據試驗結果推測本病可能係線蟲爲害造成。1936年三宅勛與櫻井芳次郎[2]，在宜蘭一帶所進行之溫州蜜柑立枯病發生調查，則認爲立枯病起因於園地之過份潮濕，根系發育不良。由於這段期間，立枯病病因不明，尙談不到媒介傳播之試驗。

二、中期 (1940—1970年)

1. Tristeza病毒 (或稱南非立枯病) 之證實與蚜蟲傳播試驗

根據 1943 年陳其儆氏在中國大陸對廣東潮柑黃龍病病原可經由嫁接傳播之事實，認爲黃龍病病穗之帶菌因子具有傳播能力[15]。又從南非立枯病 (tristeza 或謂 quick decline) 可經由嫁接及蚜蟲傳播[21]之事實。本省立枯病由線蟲或不適土壤造成之假說也逐漸引起懷疑。從1950～1960年間，由於立枯病之發生再度猖獗，因而引起當時在臺灣大學任教的松本教授等[12]人着手於本病的研究。從 Matsumoto 與 Su[31]的報告中可以獲知，利用大橘蚜 (*Toxoptera citricidus*) 傳播此病，可在墨西哥雷木 (mexican lime) 幼苗上產生葉片透明化，木質部凹陷等典型 tristeza 病毒之病徵 (表一)，進而證明本省柑橘立枯病病原可能與 tristeza 病毒引起者極爲相似。這篇報告爲目前可查到，而且也較爲完整的媒介蚜蟲傳播之試驗報告。

表一　大橘蚜 (*Toxoptera citricidus*) 傳播柑橘立枯病試驗
(Matsumoto and Su, 1966)

試驗	罹病苗／接種苗	潛伏期 (天)
1	5/9	39—50[1)]
2	4/6	53—87
3	5/5	22—113
4	1/2	76
5	6/15	40—45

[1)] 墨西哥雷木之葉片呈現葉脈透化病徵 (vein-clearing) 所需之天數

2. Tristeza 與另一未知因子之複合感染

根據南美方面的報告，利用酸橘或廣東檸檬爲砧木，對當地 tristeza 病呈現耐病性[33,34]。然而本省果園已普遍採用此二種砧木[14]，但罹病率仍高，究屬何種病原，則

令人懷疑。1970年代初期，筆者曾自外觀健全及立枯病罹病枝條採集接穗，經嫁接於墨西哥雷木上，發現兩者在指示植物上均呈現 tristeza 病毒之病徵，然立枯病病穗嫁接於酸桔或廣東檸檬砧木上經四個月後，在椪柑葉片上就呈現立枯病病徵，而外觀健全者則否[6]。由是可知，兩者含有不同病原。蘇鴻基氏[13]稱它爲 "unknown component"。在這段期間，可能有些學者嘗試本病媒介蟲傳播之探討，但均未提出具體的研究報告。

三、近期（1970年以後）

1. 立枯病病原觀念再度澄清與東方柑橘木蝨之傳播試驗。

自從1967年 Doi 等[22]發現擬菌質體之微生物(mycoplasma-like organism, MLO)可能爲萎黃型（yellows-type）病害之病原後，此類病原即廣受植病學者之重視。美國加州之 stubborn 病[27]及南非之柑橘 greening 病[28]相繼被認爲由擬菌質體病原所引起。本省柑橘立枯病也隨着被發現有此類病原之存在，並推測可能爲其主因[13,18,38]. 黃秋雄等[25]利用枳殼爲過濾植物，將前類病原與 tristeza 病毒自立枯病罹病植株分開，比較兩種不同病原與複合感染在主要柑橘品種之爲害情形，進一步證明在田間觀察到的立枯病主要由擬菌質體病原所致。目前 stubborn 病已再證實由 *spiroplasma citri* 引起[23,37]，而媒介昆蟲則爲浮塵子類[29,35]，而南非之 greening 及本省之立枯病則可能屬於一種較特殊的革蘭氏細菌（gram-negative bacterium）[23,24]。Greening 病早已證明由一種南非木蝨（*Trioza erytreae*）來傳播[32]。與 greening 相似之病害爲菲律賓之 leaf-mottling[30]，印度之 greening 病則由東方柑橘木蝨來傳播[17,36]。至於本省之立枯病媒介蟲呢？在1970年蘇鴻基氏[13]曾在一篇論文摘要上提到立枯病經二年的傳播試驗，發現它的 "unknown component" 由柑橘木蝨所傳播，可惜缺乏完整的資料足够證明。隨後雖然不少學者嘗試本病媒介昆蟲之傳播，但仍然沒有突破性的結果提出報告。在1980年張安富氏[5]發表的「柑橘菌質病媒介昆蟲之研究」論文中，可謂一篇包括範

表二　東方柑橘木蝨傳播柑橘立枯病之試驗結果（Huang等，1984）

試驗	病株葉片成熟度（週）	蟲期	傳播方法	傳播方法 蟲數	罹病苗／供試苗
PT—1	1	若蟲	飼養傳播[1]	6	1/12
	5	若蟲	飼養傳播	〃	1/8
	9	成蟲	飼養傳播	〃	0/27
PT—2	3	若蟲與成蟲	飼養傳播	〃	1/15
	8	成蟲	飼養傳播	〃	0/11
PT—3	1	若蟲	飼養傳播	〃	0/20
	5	若蟲	飼養傳播	〃	0/24
	9	成蟲	飼養傳播	〃	0/25
PT—4	3	若蟲	飼養傳播	〃	1/17
	8	成蟲	飼養傳播	〃	0/25
	12	成蟲	飼養傳播	〃	0/24
PT—5		若蟲	直接傳播[2]	15	1/12
PT—6		成蟲	直接傳播	15	0/12

1)木蝨飼養於病株一個月後，移入供試椪柑苗吸食一個月。
2)木蝨直接自病株上捉取後，移入供試椪柑苗吸食一個月。

圍較廣的研究報告，張氏曾自田間收集10種不同的昆蟲進行傳播試驗，由結果中推測木蝨可能具有傳病能力，由於該報告僅作接種植物生長觀察，未再進一步將可疑病株作組織切片觀察或檢定之工作，因而缺乏强而有力的證據，實爲可惜。爲再進一步求證，筆者等[9]於1981年開始本病媒介蟲傳播試驗，經過二年的研究，終於在1982年底獲得初步結果，提出較爲完整的試驗證據證明柑橘木蝨爲本病之媒介昆蟲，然木蝨之傳病能力極低[26]（表二）。

根據中國大陸對木蝨傳播黃龍病之報告，發現不同地區收集之木蝨傳病能力似有顯著差異[4]。健康苗經接種木蝨後至立枯病呈現病徵，其潛伏期爲三～六個月，但亦曾發現經一年始呈現病徵（黃秋雄，未發表），而大陸的報告，其潛伏期有二～八個月，但亦有五年者[4]。爲探討影響木蝨傳病能力之因子，筆者曾進行木蝨若蟲與成蟲傳病能力之比較，木蝨傳病能力是否受柑橘品種，不同地區之立枯病病原，立枯病單一病原（指僅含革蘭氏陰性細菌）或立枯病複合病原（指革蘭氏陰性細菌與 tristeza 病毒）之影響亦進行探討，惜未獲具體結論。

2. 木蝨族羣密度之消長與立枯病發生關係之研究

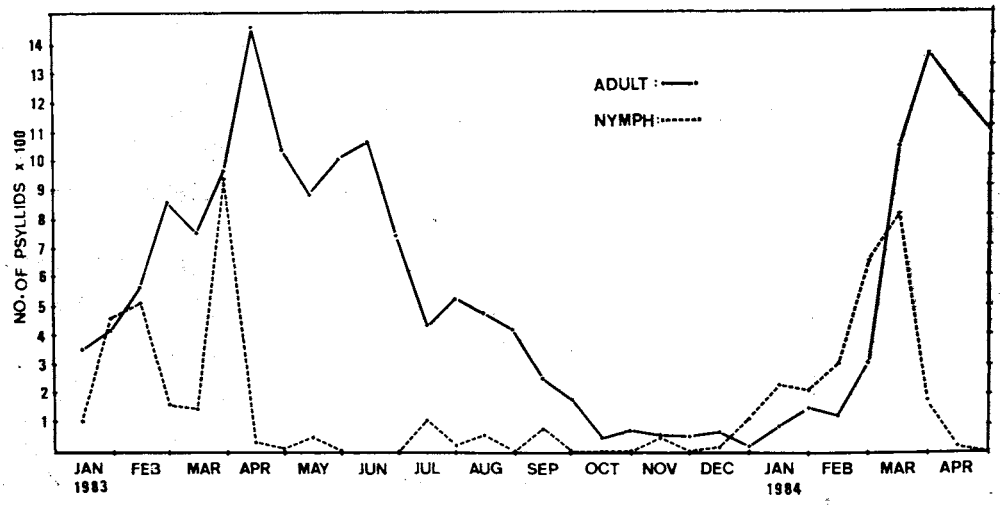
過去木蝨爲害柑橘並非一種重要害蟲，然由於它扮演媒介傳播立枯病的角色，因而成爲柑橘上的重要害蟲。有關木蝨族羣在田間之週年消長，目前資料尚未齊全。然根據1973年林秀貞等[3]在北部調查的結果，木蝨消長主要受柑橘之發芽情形而影響，促使柑橘萌芽，有利於木蝨產卵繁殖。爲探討木蝨族羣之週年消長與立枯病發生之關係，筆者曾積極從事於這方面的試驗，惟目前有關田間之資料尚未完成，但在溫室內所進行的初具結果，茲簡述於下：(1)本試驗係將二年生盆栽之立枯病罹病柑苗先放置於 2m×3m 大小之溫室內，共計15棵分成二排，試驗前一個月先飼放木蝨成蟲４～５百隻。然後將一年生之健康椪柑苗分成四批，每批十棵依不同時期混置於病苗區中。當病株與健苗混合栽培經過一段時間後，將健苗移出並噴灑殺蟲劑以殺死可能存活之木蝨，最後移於溫室觀察及檢定。從結果中顯示，四批供試柑苗，以1982年２月15日～５月５日及５月15日～７月31日兩批被感染，其感染百分率分別爲20%及30%，另二批苗則未被感染（表三）（黃秋雄，未發表）。(2) 爲求更進一步瞭解，1983年又仿照[1]項試驗，將20棵預先接種立枯病之椪柑苗培育於 3m×3m 之溫室地面上，分成４排，每月移入健苗10棵，並分別於每月15及30兩天調查木蝨若蟲與成蟲在病區內的蟲口數。試驗起自1983年元月至

表三　健康柑橘苗在不同時期與病苗混置栽培於溫室內立枯病之發生情形[1]
（黃秋雄，未發表）

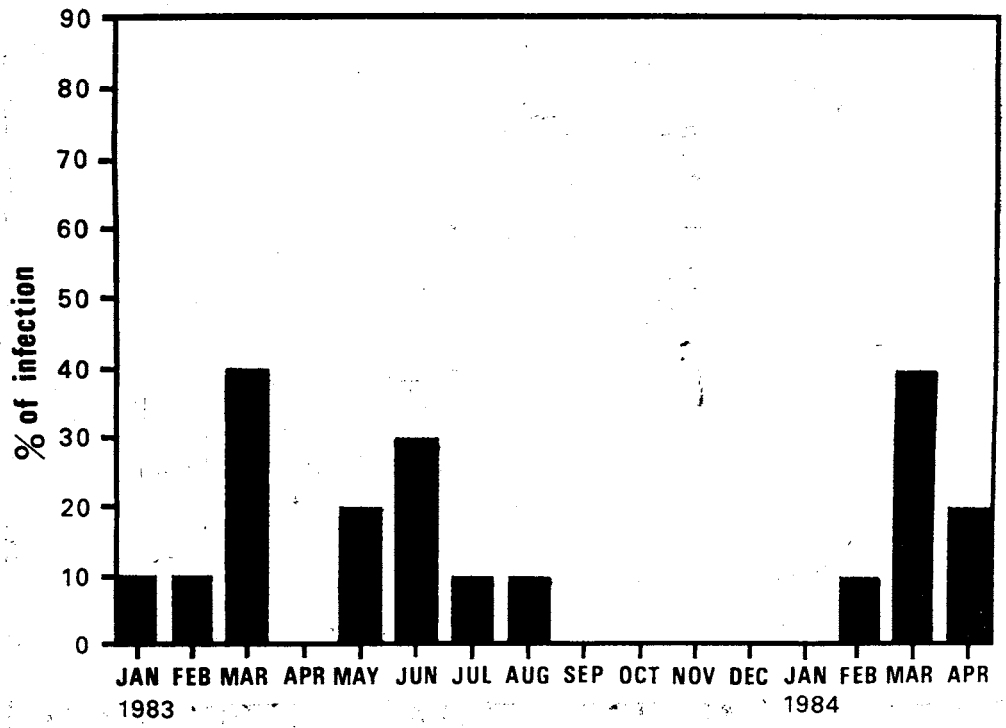
混置栽培時期（月／日／年）	罹病苗／供試苗
11/01/81— 1/30/82	0/10
2/15/82— 5/05/82	2/10
5/15/82— 7/31/82	3/10
8/10/82—10/30/82	0/10

1)試驗前一個月，飼養木蝨成蟲四—五百隻。

1984年4月底。根據調查之結果，木蝨若蟲主要受柑橘萌芽而影響，一般以二月下旬至四月初的蟲口密度最高，而成蟲密度之增加約晚若蟲二週，而以三月至四月最高，但可維持到五月～六月，然後漸漸降低（圖一）。健康苗被感染的情形，似以三月份最高（40%），九月至十二月期間所有供試苗均未被感染，其餘月份則有10～30%不等之感染率（圖二）（黃秋雄，未發表）。



圖一、柑橘木蝨（*Diaphorina citri*）在溫室內栽培之立枯病罹病苗之週年消長情形（1983年元月至1984年4月）（黃秋雄，未發表資料）



圖二、不同時期之健康柑橘苗混置於溫室內飼有媒介蟲柑橘木蝨（*Diaphorina citri*）之立枯病病區其健康苗的被感染率。（黃秋雄，未發表資料）。

討論與結論

至目前，本省柑橘立枯病雖然已證實由柑橘木蝨 (*Diaphorina citri* Kuwayama) 來傳播[26]，但由於木蝨傳病能力極低，尚有一些極待瞭解的問題。有關木蝨之傳病能力，國內外報告均有不同。在印度，Capoor 等[17]謂本蝨成蟲在病組織吸食15分鐘以上，經過一段潛伏期後移到供試柑苗吸食15分鐘以上就有傳病能力，病原可保留在蟲體終身，且4～5齡若蟲亦可傳播。又 Raychaudhuri 等[36]報告 greening 病原在媒介昆蟲體的潛伏期約8～12天，且單隻東方柑橘木蝨即可傳病。這種高度傳病能力恰與本省者相反。柑橘黃龍病在大陸的研究情形，根據許等[4]報告，木蝨傳病能力因地區不同而有差異，其傳病率有0.5%，亦有高達66%，然它的平均發病率在福州地區爲12.2%，而在饒平地區則有47.1%。本省立枯病經由木蝨傳病能力低是否因立枯病病原與木蝨之地域性差異，或尚有其他因子之影響，似有待於加强之探討。

從溫室內進行之木蝨週年消長結果來推測，木蝨之消長主要受柑橘萌芽而影響，此與林等[3]報告相同。一般言，二月～三月爲柑橘開始萌芽期，木蝨蟲口密度就漸漸增加，成蟲最高密度約晚若蟲二～三週，但成蟲可維持較久的時間。以 1983 年之調查結果，木蝨若蟲在三月底最高，而成蟲約在四月中旬，但可維持到五月或六月。再從發病的結果來看，健苗被感染的比率以三月份最高（40%），以九月至十二月份最低（未發現感染）。比較木蝨蟲口密度與立枯病發生之關係，健苗被感染則以若蟲密度較高的月份較大。因從1983年元月至1984年4月間，成蟲在四月份密度最高，但健苗被感染的比率反少。Chen等[19]報告，應用電顯觀察木蝨蟲體組織切片，發現立枯病病原主要分佈於唾液腺。從許等[4]的結果，唾液腺內的病原體是分佈在外皮層細胞，內皮層和腺腔內，推測木蝨獲得病原和傳病方式與蚜蟲傳播病毒中的持續性類型非常相似。但木蝨傳播立枯病是否若蟲獲得病原，再以成蟲來持續傳播，或兩者均可，目前則尚不清楚。從四月份成蟲密度最高，但健苗之感染率反低的結果觀之，柑橘萌芽初期可能易於木蝨吸食病原來傳播，或病原在蟲體內繁殖可能影響木蝨之存活壽命，有關這方面的問題均有值得推敲之必要。

應用抗生素四環素來治療柑橘立枯病[20]，過去曾在本省推行，然却無法收到良好的治療效果。Aubert 等[16]曾在 Reunion 島上利用寄生蜂來降低田間木蝨族羣密度，進而降低 greening 病的傳播速率，目前似已收到很好的預防效果。在防治應用上，本省未來除應積極加强木蝨族羣在田間之週年消長與立枯病發生關係之研究外，如何應用生物或化學防治來減少木蝨族羣密度，亦另一項重要研究主題。能够綜合上面各項資料，擬定一套有效防治對策，最後配合健康苗木推廣與田間病株剷除，相信可以挽救本省柑橘栽培事業。

參考文獻

1. _____ 1983・柑橘立枯病與木蝨族羣消長之關係・臺灣省農業試驗所72年年報。
2. 三宅勛，櫻井芳郎・1936・宜蘭地方ン於ケル温州蜜柑之枯ン關スル調查・臺北州農會出版（引自文獻15）。
3. 林秀貞、柯永發、陶家駒・1973・柑橘木蝨之生態觀察及其防除試驗・中國園

藝19：234—242。
4. 許長藩、李升本、柯冲、廖錦澤・1985・木蝨傳播柑橘黃龍病及電鏡檢驗報告・植物病理學報 15（4）：241—245。
5. 張安富・1980・柑橘菌質病害媒介昆蟲之研究・檢驗月刊 223：23—31。
6. 黃秋雄・1972・柑橘毒素病之研究・農業研究 21（1）：62—70。
7. 黃秋雄・1979・臺灣柑橘立枯病之發生、病原與防治・科學農業 27（5－6）：157—159。
8. 黃秋雄、張清安・1980・菌質與麻豆文旦立枯症兆發生關係之研究・中華農業研究29：13—19。
9. 黃秋雄、王清玲、蔡梅玉・1982・柑橘立枯病媒介昆蟲傳播試驗・植保會刊24（4）：282—283（論文摘要）。
10. 澤田兼吉・1913・柑橘立枯病・臺農事報 7（10）：903—914。
11. 澤田兼吉・1916・柑橘立枯病の病原蟲及其豫防法の一端・臺農事報10（5）：342—364。
12. 蘇鴻基・1969・臺灣柑橘黃龍病之病因問題・柑橘保護第八期・7～8。
13. 蘇鴻基・1970・柑橘立枯病複合病因之進一步研究・植保會刊 12：190（論文摘要）。
14. 羅宗爵・1963・柑橘黃龍病之病原・臺灣省農業試驗所特刊第四號・58～59。
15. 羅清澤、張書忱、貢穀紳、邱人璋・1952・臺灣柑橘病蟲害調查報告・農林學報第一輯78—126。
16. Aubert, B. and S. Quilici. 1984. Biological control of the african and asian citrus psyllids, through eulophid and encyrtid parasites in Reunion island. *In* S. M. Garnsey et al. (ed.). Proc. 9th Conf. Intern. Organization Citrus Virol. P. 100—108, Univ. Calif. Riverside.
17. Capoor, S. P., D. G. Rao and S. M. Viswanath. 1974. Greening disease of citrus in the Deccan Trap county and its relationship with the vector, *Diaphorina citri* Kuwayama. *In* L. G. Weather and M. Cohen (ed.) Proc. 6th Conf. Intern. Organization Citrus Virol. p. 43—49. Univ. Calif. Riverside.
18. Chen, M. H., T. Miyakawa and C. Matsui. 1971. Mycoplasma-like bodies associated with likubin-diseased Ponkan trees. Phytopathology 61：598.
19. Chen, M. H., T. Miyakawa and C. Matsui. 1973. Citrus likubin pathogens in salivary glands of *Diaphorina citri*. Phytopathology 63：194.
20. Chiu, R. J., M. Y. Tsai and C. H. Huang. 1978. Tree transfusion with tetracyclines as a measure for citrus likubin control. The ASPAC Food and Fertilizer Technology Center Book Series 13：91—103, Taipei, Taiwan.
21. Dickson, R. C., R. A. Flock, and M. McD. Johnson, 1951. Insect transmission of citrus quick-decline virus. J. of Economic Entomology

44(2) : 172—176.

22. Doi. Y., M. Teranaka, K. Yora and H. Asuyama. 1967. Mycoplasma or PLT group like microorganisms found in the phloem elements of plants infected with mulberry dwarf, potato witches' broom, aster yellows or paulownia witches' broom. Ann. Phytopath. Soc. Japan. 33 : 259—266.
23. Garnier, M., J. Latrille and J. M. Bove. 1976. *Spiroplasma citri* and the organism associated with likubin:comparison of their envelope systems. *In* E. C. Calavan (ed.) Proc. 7th Conf. Intern. Organization Citrus Virol. p. 13—17. Univ. Calif. Riverside.
24. Garnier, M., N. Daniel, and J. M. Bove. 1984. The greening organism is a gram negative bacterium. *In* S. M. Garnsey et al. (ed.). Proc. 9th Conf. Intern. Organzation Citrus Virol. p. 115—124. Univ. Calif. Riverside.
25. Huang, C. H, M. J. Chen and R. J. Chiu. 1980. Separation of a mycoplasma-like organism from the likubin complex in citrus. Plant Disease 64(6) : 564—566.
26. Huang, C. H., M. Y. Tsai and C. L. Wang. 1984. Transmission of citrus likubin by a psyllid, *Diaphorina citri*. J. Agric. Res. China 33(1) : 63—72.
27. Igwegbe, E. C. K., and E. C. Calavan. 1970. Occurrence of mycoplasma-like bodies in phloem of stubborn-infected citrus seedlings. Phytopathology 60 : 1525—1526.
28. Lafleche, D. and J. M. Bove. 1970. Structures de type mycoplasme dans les feuilles d'orangers atteints de ls maladie du "greening". Compte rend. Acad. Sci. Paris 270 : 1915—1917.
29. Lee, I. M., G. Cartia, E. C. Calavan and G. H. Kaloostian. 1973. Citrus stubborn disease organism cultured from beet beet leafhopper. Calif. Agri. 27(11) : 14—15.
30. Martinez, A. L. and J. M. Wallace. 1967. Citrus leaf-mottle-yellows disease in the Philippines and transmission of the causal virus by a psyllid, *Diaphorina citri*. Plant Disease Reporter 51 : 692—695.
31. Matsumoto, T. and H. J. Su. 1966. Likubin or Huanglungpin, citrus virus disease closely related to tristeza(1). J. Agric. Assoc. China, New Series 56 : 1—12.
32. McClean, A. P. D. and R. E. Schwarz. 1970. Greening or Blotch mottle disease of citrus. Phytophylactica 2 : 177—195.
33. Moreira, S., T. J. Grant, A. A. Salibe and C. Roessing. 1965. Tristeza tolerant rootstocks—their behavior after twelve years in orchard. *In* W. C. Price (ed.) Proc. 3rd Conf. Intern. Organization Citrus Viol. p.

18—24. Univ. Fla. Press, Gainesville.
34. Moreira, S. and C. Roessing. 1965. Behavior of 77 tristeza tolerant rootstocks with old and nucellar clones of barao orange scions. *In* W. C. Price (ed.) Proc. 3rd Conf. Intern. Organization Citrus Virol. p. 299—301. Univ. Fla. Press, Gainesville.
35. Oldfield, G. N., G. H. Kaloostian, H. D. Pierce, E. C. Calavan, A. L. Granett, R. L. Blue, G. L. Rana, and D. J. Gumpf. 1977. Transmission of *Spiroplasma citri* from citrus to citrus by *Scaphtopius nitridus*. Phytopathology 67 : 763—765.
36. Raychaudhuri, S. P., T. K. Nariani, V. C. LeLe and C. R. Singh. 1972. Greening and citrus decline in India. *In* W. C. Price (ed.) Proc. 5th Conf. Intern. Organization Citrus Virol. p. 35—37. Univ. Fla. Press, Gainesville.
37. Saglio, P., M. Lhospital, D. Lafleche, G. Dupont, J. M. Bove, J. G. Tully, and E. A. Freundt. 1973. *Spiroplasma citri* gen. and sp. n:a mycoplasma like organism associated with "stubborn" disease of citrus. J. of Systematic Bacteriology 23 : 191—204.
38. Su, H. J. and S. C. Leu. 1972. Study on the pathogen complex causing likubin of citrus in Taiwan. I. Nature of mycoplasma-like organism associated with the disease. Proc. Natl. Sci. Coun. 5 : 109—126.

Summary

Studies on vector transmission of citrus likubin change mainly by the concepts of the causal agent of the disease at different stages during the past six decades. In 1913-1940, most work on likubin research were focused on identification of the causal agent. There was no report on insect transmission. During the years of 1940 to 1970, because likubin was considered to be caused by a virus which was closely related to tristeza, and therefore aphid was suspected to be the vector. Report of aphid transmission showed that likubin diseased citrus trees contained tristeza virus and one unknown component. In 1970's, the finding of mycoplasma-like organism (MLO) in likubin-affected citrus trees and reports from other countries, scientists started to suspect psylla(*Diaphorina citri*)would be the vector of the disease. It was not proved until 1982 Huang *et al.* reported that likubin was transmitted by *D. citri* from diseased citrus plants to healthy citrus seedlings. Because the transmission efficiency by the vector was low, the acquisition feeding time and incubation period are still undetermined. At present, ecological studies on likubin and its vector, and evaluation of biological control of *D. citri* in fields are in progress.

問 題 討 論

趙世通：

柑橘黃龍病除了可經由媒介昆蟲來傳播外，像過去應用四環素治療本病必需用鑽頭來鑽樹，採果或修剪必需用剪子，是否會經由上述工具來傳播？假若會傳播，我們要如何來消毒或預防，或者工具用一次就丟掉？

黃秋雄：

根據目前所知，柑橘黃龍病僅由病穗或媒介昆蟲（柑橘木蝨）來傳播。它是不會經由工具來傳播的。但是柑橘另一種病害即柑橘鱗砧病（citrus exocortis viroid）則可經由工具來傳播。我們過去曾報告本省甜橙類果園罹患鱗砧病比率很高，爲防止工具傳播，本病經使用過的工具可用淡薄的漂白水（0.5%）來消毒，或用福馬林與氫氧化鈉混合液亦可消毒。

趙世通：

工具浸消毒液的時間多長？

黃秋雄：

浸一下就可以（10秒）。

蘇鴻基：

我想對於黃龍病的機械傳播我們做過實驗，國外也做過，無論你用打針，或是用工具都不會傳播。黃龍病的病原是很特殊的，暴露在外面很容易就失去它的活力，所以不會。至於說，當然剛才黃先生講的其他毒素病，這個在健康苗的保護裡面，略寫辦法出來，大家都已看過。用那個方法就可以預防其他機械可以傳播的毒素病，如破葉病和鱗砧病。

柑橘害蟲及蜱類綜合防治

Integrated Control of Insect and Mite Pests on Citrus

羅幹成　吳子淦*

Lo Kang-chen and Wu Tze-kann

摘　要：柑橘害蟲（蜱）種類非常多，每種害蟲（蜱）各有其獨特的天敵，構成嚴密的果園生態系統，我們若能以整個生態系統爲著眼點，適當的運用綜合防治，害蟲根本不易發生成災，因此綜合防治可以使我們逐漸擺脫對藥劑的依賴，維持環境生態系統的穩定，但是綜合防治涉及的理論、技術、步驟、經緯萬端，雖然目前已有很豐碩的研究成果，然而離眞正的應用尙有很大的距離，目前急需加强的工作是：

㈠發展綜合防治用藥劑，這類藥劑可以長時間使害蟲（蜱）生理或行爲發生改變，具有這種特性的藥劑不一定要有致命的毒性，但是可以降低害蟲（蜱）的棲羣密度，因而減少損害程度[16]。

㈡加强對二次性天敵的研究，引進二次性天敵在某種條件下可增加系統的安定性，但在其它試驗中卻證明其可提高平衡密度而得不到防治效果[1]，對土產二次性天敵而言，如何減少其加諸於一次性天敵的限制，在在都是需要突破的問題。

㈢强化天敵的保育工作，天敵保育工作是否適當，常常是生物防治成敗的關鍵，如何提供天敵棲息場所，維持適量食餌，破壞或重新建立害蟲（蜱）一次性天敵和二次性天敵之間的平衡關係，使一次性天敵能在田間維持一定數量可隨時發揮防治效果，應爲重要工作。

關鍵字：綜合防治、生物防治、選擇性藥劑、天敵保育、第二次天敵

Key words: integrated control, biological control, selective insecticide, augmentation, secondary parasitoid.

一、前　　言

所謂害蟲（蜱）綜合防治，就是運用一切合理可行的方法如：種植具有抗蟲（蜱）能力的作物品種，採用剪枝、燒毀、輪作、轉作、休耕等耕作技術中斷蟲（蜱）害的來源，以及利用生物的力量克制害蟲（蜱）的生物防治，運用農藥撲滅害蟲（蜱）的化學防治等方法以求控制蟲（蜱）害的發生，使其不致於在經濟上造成損失，而最重要的一個要求是這些方法在田間運用時必須能彼此配合，發揮整體性的防治力量，然而不幸的是，在綜合防治工作中運用最多最廣的生物防治及化學防治，卻常常是互相衝突的兩種方法，原因在於多數的農藥本質上就是一種對生物都具有毒性的物質，除了能撲滅害蟲（蜱）之外，也同時毒殺生物防治所需要的有益生物，干擾生態系統的平衡，引起害蟲

*臺灣省農業試驗所研究員及助理。　Entomologist and Assistant, TARI.

（蟎）產生抗藥性及再猖獗現象[2]，對環境造成汚染、食物殘毒、潛在的遺傳毒性等現象[16]。有了這些問題以後，逼使我們不得不斷的發展新藥劑來因應，但是新農藥的開發工作愈來愈困難，農藥的使用期限也愈來愈短，我們發覺如果再不能及時脫離這種惡性循環，害蟲（蟎）的防治工作將會益形困難，因此發展出害蟲（蟎）綜合防治的觀念，以期彌補過度依賴農藥所造成的缺失。本篇報告即以化學防治及生物防治爲討論的重點。文中所提之「天敵」，除另有說明外，概指一次性天敵（Primary natural enemy）而言。

二、農藥的選擇性

在農藥未發展使用以前，農業幾乎是在沒有任何保護的情況下進行，只要一發生病蟲（蟎）害，就等於是宣佈農友投注在土地上的汗水白流了。歉收、飢荒、將是無法避免的一場浩劫。農藥開始使用以後，人們才從心裏揮去歉收的陰霾，似乎農藥變成我們克服病蟲（蟎）害問題最有效的武器。農藥有它的優點：能迅速、有效的保護作物，有多種劑型可以讓我們選擇以配合不同的作物及環境需求，更可以配合如施肥等耕作技術使用和隨時可以取用等優點[16]。由於這些優點，農藥成爲豐產的保證，因此農民完全依賴農藥來進行蟲（蟎）害防治工作，然而過度依賴農藥的結果，逐漸衍生出來的副作用，使我們不得不將對農藥的概念「撲滅病蟲（蟎）害的藥品」，「解決病蟲（蟎）害問題的惟一工具」修正爲「控制病蟲（蟎）害發生的藥品」，「解決病蟲（蟎）害問題的工具之一」。由「撲滅」到「控制」的歷程中，我們體會了「選擇性使用農藥」的重要[11]，以蟲（蟎）害管理的觀點來看，我們不必要求澈底的撲滅害蟲（蟎），反映在田間的實際工作就是減少用藥濃度及減少用藥次數，講究合理，正確的用藥方法[5]，將害蟲（蟎）密度壓抑至某一程度，使能殘存相當數量的害蟲（蟎）以供天敵捕食或寄生[9]。由「解決病蟲（蟎）害問題的「惟一工具」到「工具之一」，促使我們正視包括天敵在內的一切力量，爲了保育天敵，就需要使用「有選擇性的農藥」[11]，也就是對天敵低毒性，但對害蟲（蟎）具有相當防治效力的藥劑。如此，將可以避免害蟲（蟎）和天敵同時喪生在農藥的毒性之下，不致抵消化學防治和生物防治的效果。

(一)一般選擇性藥劑的決定

本省柑橘園一直依賴藥劑進行柑橘害蟲（蟎）的防治工作，不同地區的柑橘園用藥歷史，用藥種類都不儘相同，害蟲（蟎）遭受到的選汰壓力也不一樣。因此，害蟲(蟎)對藥劑的抗性程度也不一樣。在某一地區能發揮防治效果的藥劑，在另一個地區可能已經失效。以柑橘葉蟎（*Panonychus citri*）藥劑防治爲例，竹崎地區柑橘葉蟎對 Ethion 46.5 EC, Azocyclotin 25 WP；關西地區葉蟎對 PPPS 55 EC, Oxythioquinox 25 WP有10倍以上的抗藥性比值[3]，這四種藥劑能否繼續在該區使用，將值得進一步檢討。竹崎地區對 Cyclohexatin 50 FP, Amitraz 20 EC, 及 Oxythioquinox 25 WP 等藥劑有 5—10倍之間的抗性比值，而在關西地區僅對Ethion 46.5 EC有 5—10倍的抗性[3]。一旦害蟲（蟎）產生抗藥性，農民在田間用藥次數，用藥種類，用藥濃度均將提高，某些藥劑在正常的用藥濃度下對天敵無害，一旦提高了濃度或混合其他藥劑，對天敵極爲不利[10]，抗藥性對藥劑的選擇性能力影響極大。田間毒效指數[3]係代表農藥在田間推荐使用濃度／該藥劑對柑橘葉蟎之 LC75 值，毒效指數值愈大，表示其

LC75 值愈小，即對柑橘葉蟎愈有藥效，或田間推荐使用濃度過高，應該降低使用濃度，以配合生物防治，田間毒效指數不失爲一種衡量藥劑是否合理使用的標準，指數值隨著各地區葉蟎對藥劑抗性程度不同而有差異，以此標準配合藥劑對天敵的毒性，我們可以知道若在竹崎、霧峰、關西地區使用Nissol 25 EC、Benzomate 20 EC對柑橘葉蟎進行綜合防治時，可以考慮降低用藥量，而使用 Amitraz 20 EC、Fenpropathrin 10 EC 時要預先給天敵避難場所，或是選擇性的使用藥劑（如分區施藥、重點塗佈等）[5]，否則不宜和天敵同時使用防治柑橘葉蟎。

㈡新類型選擇性藥劑的發展

將用於防治柑橘害蟲（蟎）的新類型藥劑包括：Hexythiazox、Abamectin[10]及一些生長調節（IGR）類型的藥劑。Hexythiazox 是殺卵劑，對捕植蟎（Phytoseiid mites）、草蛉（*Chrysopa* spp.）等天敵更具有選擇性，同時受 Hexythiazox 影響不能孵化的卵亦可提供天敵取食，具有保育天敵的作用[10]。Abamectin 對本省柑橘葉蟎有非常好的藥效，對捕植蟎具有中等選擇性[12]，對草蛉毒性很低，然而對捲葉蚜（*Aphis citricola*）等柑橘害蟲效果並不佳，需要與一些天敵配合，共同發揮防治力量，生長調節類藥劑對本省柑橘害蟲（蟎）及天敵的選擇性如何則尚待評估。

三、生物防治

有許多國家的一些柑橘害蟲問題，已經藉由引進外來天敵進行生物防治而得以解決[15]，在臺灣對柑橘害蟲的生物防治起步最早；1909年從紐西蘭引進澳洲瓢蟲（*Rodolia cardinalis*）防治柑橘吹綿介殼蟲（*Icerya purchasi*）成效卓著，創下本省害蟲生物防治成功的先例，以後又陸續引進數種天敵防治柑橘害蟲，皆有相當的成效[6]。

㈠引進天敵的效果

澳洲瓢蟲（*Rodolia cardinalis*）：吹綿介殼蟲由澳洲侵入本省後的最初幾年嚴重爲害柑橘，1909 年由紐西蘭引進澳洲瓢蟲在臺灣北部飼養和釋放，該蟲迅速立足，棲羣很快的增加，快速散佈（彩10），它和另一種土產天敵——小紅瓢蟲（*Rodolia pumila*）成爲吹綿介殼蟲的主要控制因子。以後吹綿介殼蟲棲羣密度逐漸降低，成爲次要害蟲[7]。

蒙氏瓢蟲（*Cryptolaemus montrouzieri*）（彩11）：在引進澳洲瓢蟲時亦趁便引進蒙氏瓢蟲供防治柑橘球粉介殼蟲（*Nipaecoccus filamentosus*），雖然蒙氏瓢蟲不是一種强有力的天敵，但至今仍然活躍於本省柑橘園，捕食粉介殼蟲，其重要性不容忽視[6]，在柑橘花謝至幼果形成，正是柑橘粉介殼蟲的發生盛期，蒙氏瓢蟲隨即出現，捕食並產卵，但在自然情況下，常需 1 個半月至 2 個月才能將粉介殼蟲完全抑制，爲了確保柑橘幼果不受損失，應在粉介殼蟲發生初期，以人工飼育法大量繁殖蒙氏瓢蟲，進行田間釋放[6]。

木蝨釉小蜂（*Tetrastichus radiatus*）：1983 年臺灣省農業試驗所自法屬留尼旺（Reunion）島引進本省，該蜂已經在田間立足成功（彩12），目前正繼續進行該蜂的繁殖和田間釋放工作，並評定其對本省柑橘木蝨（*Diaphorina citri*）的防治效果（私人通訊）。

㈡土產天敵的利用

本省柑橘害蟲（蟎）種類甚多，多數害蟲（蟎）的爲害，並未嚴重到非用藥劑防治不可的程度；或藥劑具有選擇性，對同時發生的害蟲（蟎）未必都有藥效；或害蟲生態特殊，一般的防治方法無法奏效，對這些害蟲（蟎）最好的防治對策之一是利用本土原有的天敵進行生物防治。

潛葉蛾（*Phyllocnistis citrella*）：柑橘嫩芽期的重要害蟲，幼蟲潛在葉片組織內啃食葉肉，造成蜿蜒曲折的隧道，被害葉片多呈縱向捲曲，不過受害葉的總面積如果在20%左右尚不致於造成明顯的經濟損失[6]，故適合利用天敵來防治此蟲，其寄生性天敵有：串繭跳小蜂（*Ageniaspis citricola*）、黃釉蜂（*Cirrospilus ingennus*）（彩13）和黑釉蜂（*Tetrastichus* sp.），夏季後，潛葉蛾的被寄生率高達90%，所以秋芽時期潛葉蛾有寄生天敵控制，不必施藥防治[6]。

有殼介殼蟲類：包括褐圓介殼蟲（*Chrysomphalus ficus*）、牡蠣介殼蟲（*Lepidosaphes backii*）、黃點介殼蟲（*Parlatoria pergandei*）、黑點介殼蟲（*Parlatoria zizyphi*）等，有殼介殼蟲類，除了初孵化若蟲及雄成蟲之外，其體背皆分泌有保護作用的介殼，可以避免蟲體和藥劑直接接觸而遭受毒害。因此，若未能配合適當的防治方法，只一味進行藥劑防治往往無法獲得良好效果，更由於此類害蟲體軀細小，不易察覺，待於葉上、枝上或果實發現蟲跡時，已過防治適期，不易防治成功，再則介殼蟲若受藥劑毒害死亡，其介殼仍能牢牢附著於枝、葉、果實上，易被認爲藥劑失效，而加重藥劑使用濃度及次數，造成環境汚染等問題，擴大藥劑的負面效果，因此介殼蟲的防治工作應以無介殼保護的初齡若蟲爲藥劑防治適期，並配合天敵對老齡幼蟲進行生物防治工作，重要寄生性天敵有：好勞黃金小蜂（*Aphytis holoxanthus*）（彩14），柑桔跳小蜂（*Aspidiotiphagus citrinus*）、牡蠣黃金小蜂（*Aphytis lepidosaphes*）、黃點蚴黃金小蜂（*Aphytis proclia*），另有數種寄生菌如 *Fusarium coccophilum* 在多雨潮濕的季節寄生率甚高。

葉蟎（Tetranychid mites）類：因葉蟎容易對藥劑產生抗藥性和再猖獗現象，因此以天敵進行防治工作是很理想的方式，其天敵有：小黑瓢蟲（*Stethorus loi*）（彩15）、小黑隱翅蟲（*Oligota oviformis*）、薊馬（*Scolothrips* sp.）、安平草蜻蛉（*Chrysopv boninensis*），捕植蟎（*Amblyseius* sp.）等。

鳳蝶（Papilionid butterflies）類：本省爲害柑橘的鳳蝶有八種，但以無尾鳳蝶（*Princeps demoleus libanius* Fruhstorfer）最重要，無尾鳳蝶除成蟲期外，各蟲期都有天敵：卵期有赤眼卵蜂（*Trichogramma chilonis*）和黑卵蜂（*Telenomus* sp.），幼蟲期有寄生蠅（*Exorista sorbillans*）和姬蜂（*Melalophacharops papilionis*），蛹期有蛹金小蜂（*Pteromalus puparum*），其中以赤眼卵蜂和蛹金小蜂最重要。

㈢土產天敵的保育

在昆蟲相豐富而複雜的臺灣，被引進之昆蟲，首先遇到高溫，潮濕的氣候及代替寄主不廣置乏等有利條件，但相對的同時也會遭遇到嚴厲的種間競爭[1]，引進天敵能否立足已是疑問，況且引進天敵主要用在對入侵害蟲的防治上，其對入侵害蟲防治成功率較高[1]，對本地害蟲（蟎）的防治仍然要依賴土產天敵，土產天敵是生物防治工作上不可忽視的力量，柑橘害蟲（蟎）綜合防治的重點之一，即是如何讓土產天敵發揮力量，目前立即可作的有：

1. 配合選擇性藥劑的使用

根據許多柑橘生態方面的研究顯示，生物防治的效果可能被加諸於天敵的不利環境因子抵消掉，這些因子主要包括藥劑的使用(直接接觸，被風吹來)，不利天候，灰塵，某些耕作方式等，藥劑的使用是最重要的副作用因子，藥劑的長期使用更造成對藥劑的依賴[15]，若能配合生物防治或綜合防治，用選擇性藥劑或降低藥劑的使用濃度，則一定數量的害蟲（蟎）被殺死，是屬於直接效益，同時殘留下來的害蟲（蟎）可供作天敵的食餌，如此既降低了對害蟲（蟎）的藥劑選汰壓力，延緩抗藥性的產生，亦可保護天敵，誘發天敵產生抗藥性，維持生態系統的穩定。已有報告指出，藥劑的使用會破壞葉蟎和天敵間的平衡關係，需要長時間才能回復到原有的平衡[14]，況且天敵抗藥性的產生往往只針對少數相關的藥劑而已，對不同類別的藥劑則無抗性，釋放抗藥性天敵常遭失敗，最重要的原因是未能選用適當的藥劑及濃度以配合天敵的釋放工作，故注意選擇使用藥劑較有可能使天敵產生抗藥性，發揮生物防治的效果[3]，以葉蟎重要天敵——長尾捕植蟎（*Amblyseius herbicolus*）爲例（彩16），常用的殺蟎劑如 Citrazon 20 EC, Nissol 25 EC對其相當安全，但是不同作用類型的 Fenpropathrin 10 EC, Amitraz 20 EC 則毒性很高[3]。因此，在田間工作時更須要注意到藥劑對天敵的選擇性。

2. 維持天敵在田間的棲羣密度

「數量太少」或「棲羣增長太慢」是天敵不能有效防治害蟲（蟎）的主因，天敵在時間、空間上，不能和它的食餌配合，或是繁殖速度較慢不能有效阻止害蟲（蟎）棲羣密度增加，這種天敵和食餌脫節的原因有：(1)作物區離天敵存在區相距過遠，(2)使用非選擇性藥劑，使天敵遭毒殺和食餌不足而遷移，(3)某些種類天敵成蟲和幼蟲期相似需要捕食害蟲（蟎），某些種類則只需要攝食花粉、蜜露等即可以繁殖生存，某些種類則二者都需要，在某些寄生性的膜翅目，雙翅目昆蟲，除了寄主之外，尚需要其它食物才能有生殖活動[13]，作物種類太少或清園常常會減少成蟲食物甚至幼蟲食物，以致於天敵無法長存在園中，維持一定數量，隨時發揮生物防治力量，一但害蟲棲羣增高，就更顯得天敵「太少」，發生「太慢」，因此提供天敵必要食物（諸如撒佈蜜露、酵母、糖水等人工飼料）是維持並吸引天敵的重要措施[13]。此外，可以在特定地方大量繁殖天敵，定時或需要時大量釋放，亦可在短時間內改善田間天敵數量不足的缺點。

3. 減少二次性天敵（Secondary natural enemy）的干擾

草蛉捕食葉蟎、蚜蟲、介殼蟲、木蝨；瓢蟲則捕食蚜蟲，二者是柑橘害蟲（蟎）的重要捕食性天敵，然而亦有許多捕食性和寄生性的二次性天敵會爲害不同齡期的天敵，以最常在本省柑橘園出現的安平草蛉（*Chrysopa boninensis*）（彩17、18）爲例，依據 1988 年二月份由東勢柑橘園採回的草蛉卵調查結果，卵期寄生二次性天敵至少有 *Telenomus* 2 spp., *Trichogramma* sp. 三者合併寄生率共達67%，同時亦發現蛹期有寄生蜂（*Brachycyrtus mawaii*）[8] 嚴重爲害；瓢蟲類其蛹期則有釉小蜂（*Tetrastichus* sp.），蚤蠅 *Megaselia* sp. 成蟲有小繭蜂（*Perilitus caccinelliae*）等之寄生，食蚜虻蛹有姬蜂（*Diplazon laetatorius*）、跳小蜂（*Syrphophagus* sp.）及蛹小蜂（*Pachyneuron* sp.）等三種寄生蜂寄生[4]，有這些二次性天敵的存在，無疑的使天敵生物防治的效果遭受到很大的限制。

參考文獻

1. 朱耀沂。1986。對臺灣生物防治工作的建議。植保會刊 28：71—80。
2. 鄭清煥、何坤耀。1985。農藥引起之害蟲再猖獗，農藥毒性研討會論文專集。中央研究院動物研究所專刊，周延鑫等合編。pp. 93—120。
3. 吳子瀅、羅幹成。1987。柑橘葉蟎之抗藥性及其防治，中華農業研究。36(4)：421—428。
4. 陶家駒。1982。害蟲防治法。農業昆蟲。p. 148—207. 中國文化大學出版部，臺北，臺灣。
5. 羅幹成、陶家駒。1964。柑橘紅蜘蛛天敵調查及藥劑防治對其安全之檢討。中華農學會報新，48：35—49。
6. 羅幹成、邱瑞珍。1986。臺灣柑橘害蟲及其天敵圖說，臺灣省農業試驗所特刊第二十號，臺灣省農業試驗所出版。臺中，臺灣。
7. Chiu, S. C., K. C. Lo, C. C. Chien, C. C. Chen, and C. F. Chen. 1985. Biological control of citrus pests in Taiwan. *In*: A Review of the Biological Control of Crop Pests in Taiwan (1981—1984). Special publication No. 19. Published by the Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan. R. O. C.
8. Chiu, S. C., L. Y. Chou, and K. C. Chou. 1984. A Check List of Ichneumonidae (Hymenoptera) of Taiwan. Special Publication No. 15. Published by the Taiwan Agricultural Research Institute. Taichung, Taiwan. R. O. C.
9. Croft, B. A., and K. Strickler. 1983. Natural enemy resistance to pesticides: Documentation, Characterization, Theory and Application. *In*: "Pest Resistance to Pesticides". pp. 669—702. Georghiou, G. P., and T. Saito. eds. Plenum Press. New York.
10. Croft, B. A., S. C. Hoyt, and P. H. Westigard. 1987. Spider mite management on pome fruits, revisited: organotin and acaricide resistance management. J. Econ. Entomol. 80：304—311.
11. Davis, D. W. and S. C. Hoyt. 1979. Selective pesticides. pp. 72—79. *in*: Biological Control and Insect Pest Management. University of California, Berkeley, California.
12. Grafton-Cardwell, E. E. and M. E. Hoy. 1983. Comparative toxicity of avermectin B1 to the predator, *Metaseiulus occidentalis* Nesbitt (Acari: Phytoseiidae) and the spider mites *Tetranychus urticae* Koch and *Panonychus ulmi* (Koch) (Acari: Tetranychidae). J. Econ. Entomol. 76：1216—1220.
13. Hagen, K. S., and G. W. Bishop. 1979. Use of supplemental foods and behavioral chemicals to increase the effectiveness of natural enemies. in:

Biological Control and Insect Pest Management. University of California, Berkeley, California.
14. Huffaker, C. B., M. van de Vrie., and J. A. McMurtry. 1970. Ecology of tetranychid mites and their natural enemies: A review II. Tetranychid populations and their possible control by predator: an evaluation. Hilgardia. 40 : 391—458.
15. Riehl, L. A., R. F. Brooks, C. W. McCoy, T. W. Fisher, and H. A. Dean. 1980. Accomplishments toward improving integrated pest management for citrus. *in*: New Technology of Pest Control". pp. 319—363. Huffaker, C. B. ed. A Wiley-Interscience Publication. New York.
16. Yamamoto, I. 1987. Pesticides-From Kill to Control. Japan Pesticide Information No. 50. pp. 3—5.

Summary

The insect pests of citrus comprise many diverse groups, the most important of which are the aphids, scale insects, mealybugs, cottony-cushion scale, citrus psylla, leaf miner, citrus red mite, and citrus rust mite. These pests almost invariably have a long list of parasites and predators attacking them. Biological control work on the insect pests of citrus has been under way in Taiwan since 1909, and since that time, the majority of the studies have been devoted almost entirely to the cottony-cushion scale and mealybugs. Recently, in order to develop a more available integrated citrus pest management program. This program involves: (1). Screening the selective insecticides that favor natural enemies, yet control the pest, or reducing the dosages of pesticides to favor natural enemies of the pest insect. (2). Increasing predation and parasitization through use of supplementary foods and kairomones where naturally-occurring biological control agents require augmentation. They can be used in conjunction with releases of natural enemies. (3). The role of the secondary parasitoids should be investigated.

問 題 討 論

吳文川：

羅主任，我今天非常高興你爲我介紹一個名詞，你是用 LC 來表現農藥的資訊，但是你的 LC 的單位有時候用75，有時候用50，你可以告訴我爲什麼這樣做？第二個問題，因爲在一般的這種單位的用法，我們所知道的大概都是用 LD，在我們昆蟲界都是用 LD，這幾個問題可以告訴我一下嗎？

羅幹成：

C 就是 Concentration, LC 就是致死濃度，剛剛講到爲什麼用50跟75的問題，LC 75表使害蟲產生75%個體死亡之藥劑濃度，在田間比較試驗使用，如果僅用50%死亡之藥劑濃度的話，殺蟲效果太低，故起碼要達到75%以上致死率，才能算有效；但我們在實際實驗室做毒性測定的時候，我們仍然還是用 LC 50做比較。

孫守恭：

抗藥性的問題，怎麼樣研究解決？

羅幹成：

抗藥性的問題，可從兩方面研究解決，其一是找新的藥劑屬短程目標；其二是運用生物防治屬長程目標，剛才我們講的特別是殺蟎的藥劑特別多，有三、四十種，可是我們現在找的新藥劑如 Hexythiazox 是殺卵和殺幼蟲劑，對成蟎沒有效，而且它的藥效很長，一年最多只要用二次藥劑就可以了，現在我們用藥劑次數太多了，每年用十幾、二十次，所以我想短程的還是找新型藥劑，長程的是運用天敵的生物防治，是解決害蟲抗藥性的兩個措施。

柑橘木蝨之生物防治

Biological Control of Citrus Psyllid

錢景秦*

Chien Ching-chin

摘　要：柑橘木蝨（*Diaphorina citri*）與南非木蝨（*Trioza erytreae*）均爲柑橘立枯病之媒介昆蟲。本文分別列述彼等寄生性與捕食性天敵之種類及其應用於木蝨防治之實例。並就其生物或綜合防治成功之原因略加探討。

關鍵字：柑橘木蝨、南非木蝨、生物防治、寄生性天敵、捕食性天敵、重複寄生蜂

Keywords: *Diaphorina citri*, *Trioza erytreae*, biological control, parasitoids, predators, hyperparasitoids

柑橘木蝨（*Diaphorina citri* Kuwayama）除直接吸食柑橘嫩芽或嫩葉，分泌蜜露誘發煤病外，Huang氏等更證實其能傳播柑橘立枯病病原，嚴重影響臺灣柑橘產量[4]。本省一向使用農藥防治木蝨，管理良好之橘園，木蝨族群密度均低，且多集中在柑橘之春、夏、秋芽期爲害。另外在月橘（*Murraya paniculata*（L.）Jack）、黃皮（*Phellodendron chinense* Schneid）及一些芸香科植物上，木蝨也可繁衍後代[1]。因此，普遍用作綠籬之月橘和疏於管理及廢耕之柑橘園，便成爲木蝨孳生之溫床和柑橘立枯病的傳播站。

法屬留尼旺島（Reunion Is.）在 1974 年至 1983 年，曾利用寄生蜂防治柑橘木蝨與南非木蝨（*Trioza erythreae* (Del Guercio)），成效卓著[3]。臺灣省農業試驗所有鑑於此，乃透過美國夏威夷州農業廳植物病蟲害課長賴博永博士，函請留尼旺島果樹農業試驗研究所（IRFA）之 B. Aubert 博士，引進亮腹釉小蜂（*Tamarixia radiata*（Waterston）），以加强本省木蝨之生物防治。

本文內容包括柑橘木蝨之天敵種類及其應用實例，並就其生物或綜合防治成功之原因略加探討。

柑橘木蝨之寄生性天敵

柑橘木蝨之寄生性天敵，全球已記錄者包括亮腹釉小蜂與紅腹跳小蜂（*Diaphorencyrtus diaphorinae* (Lin & Tao)）[1,3]。均寄生於木蝨若蟲期。筆者曾進行該兩種蜂之生物習性觀察。

亮腹釉小蜂：該蜂原產於印度，近年來已被引進至法屬留尼旺島、臺灣、中國大陸

* 臺灣省農業試驗所助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
Assistant Entomologist, Department of Applied Zoology, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan, 41301, ROC.

及菲律賓等地。行單元、外寄生。在 25°C 時，腹亮釉小蜂完成一代需 8－9 天，性比爲 2.6 雌：1 雄。雌蜂產卵時對寄主第 5 齡若蟲有顯著偏好性。每雌蜂一生平均產卵量爲 422.4±118.6 粒。產卵期長達 22.0±2.3 天，未交尾雌蜂所產子代均爲雄性。僅餵食純蜜且無寄主存在時，雌蜂壽命爲 33.6±1.0 天。雌蜂除產卵外，亦有取食寄主現象。

紅腹跳小蜂：分布印度洋區。行孤雌生殖，雌性占98.2%。單元、內寄生。在25°C 時，完成一代需 16–17 天。雌蜂雖可在第 1 至第 5 齡木蝨若蟲上產卵，但顯著偏好第 4 齡若蟲。雌蜂一生平均產卵量爲 334.8±90.6 粒，產卵期長達 22.6±2.2 天。僅餵食純蜜且無寄主存在時，壽命爲 56.5±2.5 天。雌蜂除產卵外亦有取食寄主現象。

柑橘木蝨之捕食性天敵

柑橘木蝨之捕食性天敵，全球已記錄者包括瓢蟲、食蚜虻、草蛉、椿象及盲椿等[1,3]。臺灣則有捕食木蝨若蟲之安平草蜻蛉（*Chrysopa boninensis* Okamoto）、六條瓢蟲（*Menochilus sexmaculatus* Fabricius）及巨眼椿象（*Geocoris* sp.）；捕食木蝨卵與若蟲之粉白小黑瓢蟲（*Srangium* sp.）。但文獻記載上述天敵之繁殖速率較慢，當春季木蝨族群激增時，無法控制木蝨之爲害[1,2]。

木蝨之生物防治實例

法屬留尼旺島

該島位於印度洋上，1960年代即發生柑橘之 Greening 病害，此病之流行使島上柑橘無法生長。該地共有 4 種木蝨，即柑橘木蝨、南非木蝨、*Trioza eastopi* Orian 及 *Mesohomatoma lutheri* Enderlein。其中前 2 種被證實爲此病之媒介昆蟲。該島針對柑橘之 Greening 病所採行之防治方法包括自科西嘉（Corsica）引入無病毒苗木、受害植株抗生素處理及媒介昆蟲之生物防治。

島上原有 5 種木蝨捕食性天敵及 1 種寄生性天敵一紅腹跳小蜂。但當春季柑橘發芽時，木蝨族群達高峰，捕食性天敵因族群上升緩慢無法抑制木蝨族群，而寄生性天敵又僅對木蝨之防治稍具效果。因此，遂於1978年分別自非洲與印度引入釉小蜂*Tamarixia dryi* Waterston與亮腹釉小蜂進行南非木蝨與柑橘木蝨之生物防治，2年後即戲劇性地減少木蝨族群密度。今將天敵防治實例略述於後。

柑橘木蝨：喜發生於乾熱氣候、下風處。若蟲 5 齡。1 至 5 齡自由生活，分泌之蜜露易誘發煤病。寄主植物除柑橘外，尚有月橘屬之月橘與山黃皮（*Murraya koenigii*（L.）Spreng），尤其偏好月橘。成蟲產卵受新芽刺激，一生產 200–800 粒卵，若蟲期 16–18天，成蟲在休眠柑橘之老葉、枝上取食，壽命可長達 3－4 個月，此時易造成媒介病害。

1978 年 4 月自印度 Punjab 省引進亮腹釉小蜂 8 隻。增殖後在島上低地，柑橘木蝨發生普遍之家庭後院果樹與荒廢果園13處，共釋放 4,600 隻蜂。至 1980 年，約經 2 年釉小蜂才眞正立足，顯著降低木蝨族群。1980–1981 年果園採行綜合防治成功，木蝨之發生限於荒廢之果園及家庭後院。1982 年由於亮腹釉小蜂與紅腹跳小蜂之寄生，柑橘木蝨被移轉侷限於 2 處月橘上，幾星期後亮腹釉小蜂開始寄生，隨後紅腹跳小蜂亦發生，至 1983 年 1 月，該處木蝨族群幾乎沒成蟲出現，若蟲被寄生率達 92.5%。

留尼旺島之低地因氣候溫暖，柑橘園必須施用選擇性藥劑，採行綜合防治數種柑橘害蟲，並保護彼等之天敵。因而橘園中之柑橘木蝨可藉此法達到防治。綠籬用月橘上之木蝨則全靠兩種寄生蜂之控制。

南非木蝨：最常發生於海拔 500 公尺以上之高冷地，寄主植物爲柑橘與檸檬，尤其偏好後者。若蟲有 5 齡，第 2 次蛻皮後不再爬行而固定在蟲瘿或穴內爲害。雖然一生能產 2,500 粒卵，但眞正產下者不及半數。若蟲發育期、成蟲產卵及越冬習性與柑橘木蝨相似。

1974 年 12 月自南非 Transval 引進釉小蜂 *T. dryi* 與跳小蜂 *Psyllaephagus pulvinatus* Waterston 成蜂各 3,092 與 51隻。經室內增殖後，每月定期釋放 2 至 3 次。甚至在柑橘園中看不到南非木蝨時，亦行釋放成蜂。每次釋放釉小蜂 *T. drui* 30–50 隻/km²，跳小蜂 *P. pulvinatus* 15–250 隻/km²。釋放地點選在南非木蝨嚴重爲害區、家庭後院果樹及不施藥之荒廢柑橘園。經 2 年後，釉小蜂 *T. dryi* 立足良好，海拔 500 公尺以上高地南非木蝨即戲劇性地減少，僅在一些零散地區之檸檬枝條有被害葉片。1978–1979年，在海拔900公尺高地，很潮溼氣候下，南非木蝨爲害低。1980至1982年該木蝨發生特別少，有時 5 棵檸檬中僅發現 1 片被害葉，幾達完全防治。偶而在零散地區南非木蝨發生，亦很快被釉小蜂 *T. dryi* 寄生。至於跳小蜂 *P. pulvinatus* 不能在島上立足，釋放後幾個月即消失。

在留尼旺島之高地，由於柑橘害蟲（昆蟲與蟎）爲害低，化學藥劑一直很少施用，因此該區南非木蝨完全在釉小蜂 *T. dryi* 控制下防治成功。

臺 灣

爲害臺灣柑橘之木蝨僅有 1 種，即柑橘木蝨。其天敵種類雖包括 5 種捕食性天敵與 1 種寄生性天敵—紅腹跳小蜂，但均無法控制春季激增之木蝨族群。因爲捕食性天敵繁殖速率慢；紅腹跳小蜂對木蝨之寄生率 1－5 月僅 0.1–15.1%，6–12月維持在 15.0–56.9%，木蝨重複寄生種類多達 10 種，其寄生率 4–12月爲 25.0–70.0%，74 年 12 月與 75 年 1 月竟更高達 88%，嚴重影響紅腹跳小蜂抑制柑橘木蝨之潛能。

1983 年 12 月農試所經 Aubert 博士之助自法屬留尼旺島首次引進亮腹釉小蜂，進行臺灣柑橘木蝨生物防治試驗。首批成蜂在寄遞途中，全部死亡，後以被釉小蜂寄生之木蝨乾屍寄遞。1983 年 12 月至 1986 年 5 月共引進 4 批，62 隻活成蜂，均經檢疫處理以隔離木蝨之重複寄生蜂。

亮腹釉小蜂引進臺灣後，初期表現不甚理想。直至 1986 年 3 月，才在萬豐釋放地月橘綠籬上回收到釉小蜂寄生之木蝨乾屍。此後將田間回收到之釉小蜂行室內增殖，於 1986 至 1987 年分別在霧峰、田尾、烏山頭、大埔、澄清湖、屏東農專、高雄區農業改良場、麟洛及潮州等地月橘綠籬上陸續釋放 9 次，計 714隻蜂。結果發現雖僅釋放十餘隻至百餘隻，經過 1 至 3 個月就可在各釋放點採到被該蜂寄生之木蝨乾屍。1987 年 11月追蹤調查時，發現該蜂已自行分散至臺灣各地。截止 1988 年 6 月，總計在臺灣共釋放蜂數 21,164 隻。

筆者依據月橘上被兩種蜂寄生之木蝨乾屍數之比，評定亮腹釉小蜂與本地紅腹跳小蜂間之族群消長。發現臺中地區因釉小蜂放蜂時間較早、量較多之故，目前該蜂已居優勢。彰化地區跳小蜂佔優勢，但在 2 至 5 月間跳小蜂發生少時，釉小蜂能發揮寄生力。

至於嘉義、高雄、屏東三地區因釉小蜂放蜂時間尚短，兩蜂互有消長，尚未定型。

亮腹釉小蜂已在臺灣立足。其發生期較早，能在每年5月以前紅腹跳小蜂發生少時發揮其對木蝨若蟲之抑制。同時，釉小蜂受本地木蝨重複寄生蜂之寄生率僅 1.0%，顯示該蜂可增强臺灣木蝨之生物防治。至於該蜂能否有效抑制柑橘木蝨之族群、與紅腹跳小蜂之競爭結果以及受本地木蝨重複寄生蜂寄生之情形等，仍有待時間證明。

結　論

綜觀留尼旺島與臺灣進行柑橘木蝨生物防治之現況，筆者認爲自外地引進有效寄生蜂防治本省柑橘木蝨確爲可行之方法，且最適用於綠籬之月橘。至於柑橘園內，因蟲害發生種類及數量很多，柑橘立枯病之防治必須採用綜合防治。故應深入瞭解木蝨在橘園中之發生消長，並建立預測方法以採取適當措施。積極發展高敏感性之血清以鑑定病株，並確實執行果園之栽培管理，如注意肥培、枝條適時修剪、病株拔除、無病毒苗木栽種、及選擇性藥劑適時適量之施用等。

參考文獻

1. 林秀貞、柯永發、陶家駒。1973。柑橘木蝨之生態觀察與其防除試驗。中國園藝 19(4)：234-242。
2. 錢景秦、邱瑞珍、古琇芷。1988。柑桔木蝨之生物防治1.亮腹釉小蜂 (*Tamarixia radiata*) 之引進繁殖與釋放試驗。中華農業研究37(4)：430-439。
3. Aubert, B. and S. Quilici. 1984. Biological control of the African and Asian citrus psyllids (Homoptera: Psylloidea), through Eulophid and Encyrtid parasites (Hymenoptera:Chalcidoidea) in Reunion Island. *In* S. M. Garnsey (ed.) Proc. 9th Conf. IOCV : 100-108.
4. Huang, C. H., M. Y. Tsai and C. L. Wang. 1984. Transmission of citrus likubin by a psyllid, *Diaphorina citri*. Jour. Agric. Res. China 33(1) : 65-72.

Summary

The citrus psyllids, *Diaphorina citri* and *Trioza erytreae*, are the vectors of a bacterium-like organism known as the citrus likubin. This paper included the descriptions of their parasitoids and predators, the case studies of using these natural enemies for their control, and the causes of success in their biological control or integrated pest management.