

台灣柑橘品種改良之回顧與展望

Citrus Cultivar Improvement in Taiwan

黃阿賢¹、陳祈男²、楊儒民²、唐佳惠²

A-Shiarn Hwang, Chi-Nan Chen, Ru-Min Yang and Chia-Hui Tang

摘要

台灣柑橘產業近五十年來迅速發展，栽培面積曾達五萬公頃，在引種、選種、健康種原培育與雜交育種等品種改良工作皆有所成果。至今引進 170 品種品系，為品種多樣化推行、健康種原培育與雜交育種之基礎。原生種扁實檸檬 (*Citrus depressa* Hay.) 近年來逐漸發展成保健果汁。主要栽培品種包括椪柑、桶柑及柳橙均有發現自然變異者，部份並已發展成重要的栽培品種。柑橘類品種多，種間乃至屬間之親和力佳，有利於雜交育種，但生育上普遍存在幼年期長及多胚性的現象，則減低了雜交育種的成效，目前已育成 1 實生選拔品種及 2 雜交品種。未來之發展可朝主要栽培之品種品系改良，即自然變異品種與優良母樹選拔、寬皮柑類特定性狀之改良包括無籽、果皮可食用、大果型或低酸早熟。

關鍵字：柑橘、品種改良、育種、台灣

Key word: Citrus, Cultivars improvement, Breeding, Taiwan

前言

台灣栽培柑橘已有三百年的歷史，近 50 年來柑橘產業迅速發展，成為最重要的果樹，栽培種類包括寬皮柑、甜橙、柚類、檸檬、萊姆、金柑及雜交種。柑橘類品種系多，產地遍佈全島之低海拔坡地，栽培面積曾達五萬公頃。台灣的原生柑橘有南庄橙 (*Citrus taiwanica* Tan. & Shim.)、番柑 (*C. tachibana* (Mak.) Tan.)、扁實檸檬 (*C. depressa* Hay.) 及蘭嶼酸橙 (*C. aurantium* L.)，近年來扁實檸檬逐漸發展成保健果汁，其他三者尚非栽培品種。現有台灣柑橘品種之改良之方法主要為引種、選種、雜交育種、及健康種原培育。

育種特性

¹農業試驗所嘉義分所園藝系副研究員。Associate Horticulturist, Chia-Yi Agric. Exp. Stn. Taiwan Agric. Res. Institute. Email: hwangas@dns.caes.gov.tw

²農業試驗所嘉義分所園藝系助理研究員。Assistant Horticulturist, Chia-Yi Agric. Exp. Stn. Taiwan Agric. Res. Institute.



一、幼年性

幼年期 (Juvenile period) 長為柑橘的生育特性之一，除較慢開花外且枝梢多刺。種類間以柚類、甜橙的幼年期較長，四季橘、金柑及檸檬的幼年期較短。幼年期之長短似與母本的特性有較大的關係。主要雜交組合間以四季橘、Fortune、桶柑為母本者，定植後五年之開花率均高於 50%，文旦與 Hamlin、Marrs Early 甜橙之雜交苗僅 25.5%。檸檬與甜橙之雜交苗定植三年後之開花率達 28.5%。同一雜交組合之後代間，分枝性較強者，也有提早開花的傾向。故單幹整枝後，經常短剪促進分枝，以擴大樹冠，有加速渡過幼年期的效果。Encore 及 Clementine 之雜交後代於幼苗期淘汰多刺之植株，第四年的開花率可達 80% 以上 (表一)。

表一、柑橘雜交實生苗之開花率

Table 1. Flowering rate of hybrid citrus seedlings.

Seed parent	Pollen parent	No. seedling	Flowering ratio (%)		
			3 rd -year	4 th -year	5 th -year
Tankan	Valencia	146	-	23.2	50.0
	Hamlin				
	Pineapple				
Fortune	Chandler	25	-	32.1	60.7
Wentan	Hamlin	815	-		25.5
	Marrs Early				
Calamondin	Wam-pai	15	-	46.7	71.4
	pummelo				
	Mi-pummelo				
Calamondin	Liu-cheng	15	73.3	-	-
Lemon	orange	28	28.5	-	-
Encore *	Ponkan	225		90.1	
Clementine*	Murcott	195	38.5	79.5	-
Clementine*	Ponkan	281	39.1	82.7	-

*Thorny seedling were eliminated in nursery, eliminated ratio 50%.

二、多胚性

柑橘類中，除柚類、Clementine 寬皮柑、Temple 及 Ellendale 橘橙以及少數雜交品種為單胚性外，其他絕大多數品種均屬多胚性 (Hodgson, 1967)。每個種子中，除雜交胚 (通常僅有一個) 外，其餘為無性胚。柑橘的無性胚由珠心組織直接分化而來即珠心胚 (nucellar embryo)，不經授精作用，遺傳上與母本相同。多胚性導致雜交後代成活率低，並須鑑別雜交苗，是雜交育種上的困擾。

按胚數的多寡，多胚性可再區分為高度（胚數十個以上）、中度（五至十個）與低度多胚性（五個以下）。甜橙為高度的多胚性，某些品種平均胚數可達四十。多胚性柑橘品種之雜交苗率與其胚數有關（表二）。柳橙的平均胚數可達 20 個以上，因此雜交苗率甚低（黃與岳, 1989），檸檬類與桶柑屬於低度多胚性，前者胚數通常在五個以下，後者低於二個，均可獲得一定比率的雜交後代（黃, 1991）。多胚性是少數因子所控制的遺傳特性。調查顯示（表三），單胚性與多胚性（麻豆文旦與甜橙）之組合，單胚性後代佔 70 至 80%；單胚性與多胚性（Wilking 與柳橙、椪柑）之組合，單胚性後代佔 20 至 23%，推測麻豆文旦之單胚性應多屬同質顯性基因，Wilking 之單胚性應多屬異結合基因。均為多胚性之桶柑與甜橙雜交，單胚性後代約佔 4%。單胚性組合之 Fortune × Chandler，其雜交後代均為單胚性。

以形態差異判別雜交苗較簡易，除葉片型態外，些雜交組合間可以胚色、新梢顏色（黃, 1991）及胚的位置等方法鑑別雜交苗。胚數多寡是影響雜交胚成活的主要因素，高度多胚性的品種，在雜交育種時，通常不做為母本。隨著分子生物技術的進展，珠心胚苗與雜交苗，可準確的判定。然對苗木數量甚多的育種操作，以形態差異判別雜交苗仍具有實用性。

表二、多胚性柑橘品種之雜交苗率

Table 2. Ratio of zygotic seedling in polyembryonic seed parents.

Seed parent	Pollen parent	Embryo/seed	Monoembryo seed (%)	Ratio of zygotic seedling ^z (%)
Tankan	Trifoliolate	3.8	16.7	66.7
Tankan	Sweet orange (1985)	3.9	0	20.6
Tankan	Sweet orange (1986)	2.1	40.0	64.9
Calamondin	Wan-pai pummelo	4.1	15.5	56.9
Calamondin	Mi-pummelo	2.4	46.9	57.6
Eureka lemon	Trifoliolate	1.4	67.9	73.2
Lisbon lemon	Sweet orange	1.4	64.6	37.5
Liu-cheng orange	Chandler pummelo	9.5	0	6.6
Liu-cheng orange	Trifoliolate	6.5	0	0

^z Ratio of zygotic seedling = No. zygotic seedling / no. seed



表三、柑橘特定雜交組合之多胚性的遺傳

Table 3. The hereditary of embryony between certain citrus cross combinations.

Cross combination	No. hybrid seedling	Monoembryony (%)	Polyembryony (%)
Monoembryony × Polyembryony			
Wentan x Marrs Early	10	70.0	30.0
Wentanx Hamlin	11	81.8	18.2
Wilking x Liu-cheng	13	23.1	76.9
Wilking x Ponkan	5	20.0	80.0
Polyembryony × Polyembryony			
Tankan x Hamlin	50	4.0	96.0
Tankan x Valencia	55	3.8	96.2
Monoembryony × Monoembryony			
Fortune x Chandler	11	100	0

三、雜交親和力與自交不親和性

不論親源遠近，柑橘類品種間相互授粉，雖著果率有所差異，但應無不親和的現象。反而是部分品種為自交不親和，需他品種授粉以提高產量。絕大多數葡萄柚品種、部分柚類品種，包括麻豆文旦均具有一定程度的自交不親和性。僅具有自交不親和而無單偽結果特性者，若無異品種授粉，則無法結實或產量低。近三十年來，柑橘雜交品種陸續育成，其中以自交不親和性強之 Clementine 為母本者，包括 Fairchild、Page、Nova、Robinson、Osceola、Fortune 皆具有一定程度的自交不親和性。由 Robinson 與 Osceola 育成的艷陽柑(Sunburst)為高度的自交不親和 (Hearn, 1979)，顯示柑橘類的自交不親和性是少數基因所控制的遺傳。椪柑、柳橙及白柚均無單偽結果與自交不親和現象；茂谷、白柚、柳橙及文旦均可有效的促進艷陽柑的著果 (黃, 2006)；椪柑、柳橙及茂谷柑可促進 Fairchild 的著果。某些自交不親和的品種，在異品種授粉時，種子數明顯增加，如麻豆文旦與前述之 Clementine 柑與 Minneola 橘柚等。無籽桶柑、無籽柳橙、萊姆、晚倫西亞橙、臍橙、溫州蜜柑等品種無正常功能的花粉與 (或) 胚珠，在異品種授粉時，通常種子數僅稍增加。

改良成果

一、引種

台灣柑橘引種，始於清康熙 40 年 (1701 年)，文旦柚自大陸傳入臺南安定，1840 年再傳至台南麻豆栽培 (陳, 2000)。清朝年間，閩粵沿海居民大量遷居台

灣，柑橘種苗亦陸續引入，當時有關柑橘栽培之紀錄，包括柚、佛手柑、香櫞、番柑、公孫橘、椪柑、蜜柑、紅柑、雪柑、橙等（胡，1949）。

民國前一年，自日本引入溫州蜜柑、華盛頓臍橙，種植於宜蘭。民國12年，自美國引入晚倫西亞橙（胡，1949）。日本據台後，因日本國內之需要增加，柑橘由庭園樹漸成為經濟果樹，此期間，檸檬、葡萄柚自華南及南洋等地輸入。日據時期所栽培之柑橘，有記錄者已達47種類或品種（未具名，1944）。

民國四〇年代，農復會與省農林廳所屬單位積極推行柑橘之生產改進，舉辦椪柑、桶柑、雪柑等主要栽培品種之母樹選拔，至少有二千株以上之母樹登錄，並繁殖苗木。此外並繁殖優良甜橙苗木，主要品種為晚倫西亞及雪柑（Luh, 1965）。

民國52年農復會自美國引進 Parson Brown 等七甜橙品種與 Orlando、Minneola Tangelo。55年引進 Armstrong seedless Valencia、Frost Eureka 檸檬、Prior Lisbon 檸檬、Ruby 葡萄柚，經多年選出 Liu-Gim Gong、Parson Brown、Pineapple、Dream Navel 及 Jaffa 推廣。這是光復後正式引種的開始。53年台灣大學又自美國引進 Fairchild、Fremont、Fortune、Page、Hamlin、Ruby Blood、Murcott 與尾張溫州蜜柑等10品種（林，1966）。56年及59年農復會引種考察團計引進88品種系。台灣大學於64年及70年分別引進45品種系，其中6品種為健康接穗。71年赴美日受訓人員引進74品種系，另有國外贈送或交換種原者，上述種原部分因嫁接未成活或多採露天種植，感病死亡（林等，1989）。76年園藝及特用作物引種團自哥斯大黎加及巴拿馬計引進28品種之種子（未具名，1986）。

光復後，台灣柑橘品種保存的主要單位為農業試驗所及所屬之士林分所、嘉義分所及關西柑橘工作站，嘉義分所現保存160品種品系，為雜交育種與健康種原培育之重要基礎。民國81至82年間自日本引進高糖系溫州蜜柑與日本選系的臍橙。上述品種中，茂谷柑（林，1984）、臍橙、Minneola、Fremont、Ruby 葡萄柚已成為重要栽培品種。

二、選種

本省主要栽培品種，引進後亦選得優良變異品種系。民國43年間，台北林口粉寮發現矮性系統之椪柑（林，1966），其枝條較普通椪柑柔軟而開張，在管理上較為方便，但至目前為止，栽培數量仍然有限。目前普遍栽培之無籽桶柑，是在宜蘭莊氏園中所發現之優良品系，苗木多數來自大春農園，又稱大春種（翁，1978）。此外，尚有晚熟之六月桶柑（林，1966）。麻豆白柚為一實生變異品種（陳，1997），目前栽培面積是僅次於麻豆文旦之柚類。民國八〇年代在嘉義梅山與雲林古坑一帶發現無（少）籽之柳橙品系，可能因產量不穩定，栽培面積尚未增加。



三、健康種原培育

柑橘健康母樹培育始自民國 62 年，由農試所園藝系及植病系執行，其程序為選拔優良母樹，熱處理後（黃與徐，1989），以指示植物檢定，而獲得健康之品系。此外，並公開徵求無籽椪柑、無籽桶柑之系統，所培育之品種主要為椪柑及桶柑（嚴等，1979）。實施中的健康種苗繁殖體系主要以頂梢嫁接消除病原（黃與楊，2004）。檢定之嫁接傳染病原包括黃龍病、南非立枯病（Tristeza）、破葉病（Tatter-leaf）。目前已在嘉義分所培育原種樹 98 品種品系、採穗樹 50 品種品系，以不銹鋼隔離網室保護，年最大採穗量二十萬芽。現有健康苗圃包括青果合作社宜蘭分社、新竹分社、梅山合作農場、成功柑橘產銷班所屬之苗圃，各健康苗圃亦分別培育其採穗樹。九十三年農委會防檢局公佈「柑橘無指定疫病蟲害種苗驗證作業須知」，按該作業須知，柑橘健康種苗為志願申請之驗證制度。

四、珠心胚系培育

多胚性柑橘品種可以珠心胚培育與母系遺傳特性相同之實生後代，即珠心胚系（Nucellar line）。通常以枳殼授粉於多胚性品種之優良母樹，播種後，淘汰三出葉（trifoliate）的雜交苗後，其餘為遺傳特性與母本相同之珠心胚苗。除鱗皮病（Psorosis）可經由枳殼（Campiglia et al. 1976）及'Carrizo'枳橙（Bridge et al. 1965）種子傳染於下一代，絕大多數柑橘嫁接傳染病原並不經由種子傳播。珠心胚植株經幼年性回復（rejuvenate）生長旺盛且不帶病原，但幼年期長，不適於直接栽培，須渡過幼年期後，做為品系更新的母樹。台灣在民國六〇年代及七〇年代曾以枳殼授粉培育椪柑、桶柑、柳橙與葡萄柚珠心胚母樹（葉與劉，1989）。另有以珠心組織培養誘導柚類及其他品種珠心胚系之計畫（黃等，1989）。因幼年期長，且田間栽培階段蟲害多，而影響其成效。此外，單胚性品種以珠心組織培養，則產生變異的後代。

五、雜交育種與實生選種

雜交育種等工作主要在品種保存最多之農業試驗所嘉義分所進行。七〇年代前之雜交育種多以柚類及甜橙為母本，前者為單胚性，易獲得雜交後代，歷經十餘年，選出四優良雜交品系，其中一株對柑橘根腐線蟲具高度抗性（林，1989；張，1980）。七〇年代後，雜交育種以麻豆文旦（徐與古，2005）、桶柑、清見、艷陽、Fortune、Encore、Clementine 等單胚性或少胚性者為主要母本。計畫初期調查主要品種之胚數與雜交苗率，母本為多胚性者，於幼苗期以葉片形態淘汰珠心胚苗（黃 1987；黃 1991；黃與岳，1989；黃與林，1985；黃與徐，1995）與多刺之幼苗，以提高選拔效率。民國 97 年育成台灣第一個柑橘雜交品種「台農一號金香」，糖酸含量高、風味濃，可供鮮食與鮮榨果汁。100 年育成極大果型之「台農天王柑」，果重達 450 至 600 公克。98 年由寧波金柑實生後代中選育果型較大、

糖度較高之「台農一號黃水晶」金柑。

六、輻射育種

柑橘輻射育種之目標主要為無籽。以多籽之椪柑、茂谷柑、豔陽、台農天王柑等品種之幼苗及接穗以鈷-60 γ 射線處理後，培育苗木。嫁接增殖後定植於田間。初步結果顯示，60 Gy 以上處理者3個月後，均無接穗成活，30 Gy 處理者，一年後成活植株比率椪柑 5.1 %、Encore 12.2 %、茂谷柑 4.1 %。幼苗以 30 或 60 Gy 處理者植株均成活。

未來發展

台灣柑橘品種之改良在引種、選種、雜交育種、及健康種原培育均有所成果，未來可發展的方向應繼續主要栽培之品種品系改良，包括自然變異品種與優良母樹選拔、進行柑類品種特定性狀之改良，如 Encore 果班病、無籽椪柑、果皮可食用之柑類及大果型或低酸早熟之品種。

參考文獻

1. 未具名. 1986. 中華民國園藝及特用作物引種團蒐集報告. 農委會及農業試驗所合編. pp.127.
2. 未具名. 1944. 台灣總督府中央研究所農業部果樹. 1. 柑橘. 台灣農家便覽. p.148-161.
3. 林 樸. 1966. 柑橘. 農家要覽第八輯果樹篇. p.75-140.
4. 林 樸. 1984. 茂谷柑. 豐年 34(23):48-52.
5. 林瓊玖. 1989. 柚類雜交育種. 柑桔試驗究究成果專題研究會專集. 臺灣省農試所特刊第 27 號. p.39-43.
6. 林瓊玖、葉節耀、劉玉花、駱清令. 1989. 台灣柑橘種原保存. 柑桔試驗究究成果專題研究會專集. 臺灣省農試所特刊第 27 號. p.6-16.
7. 胡昌熾. 1949. 台灣之柑橘. 台灣銀行季刊 2(4):1-36.
8. 翁仁祿. 1978. 柑橘品種. 豐年 28(9):20-21.
9. 徐信次、古德華. 2005. 柑橘雜交育種實務. 台灣柑橘產業發展研討會專刊. p.71-83.
10. 陳溪潭. 1997. 本省麻豆文旦產業之沿革與展望. 台灣農業 33(4):39-52.
11. 陳溪潭. 2000. 麻豆白柚栽培管理台南區農業改良場技術專刊. No.105. 10pp.
12. 黃阿賢. 1987. 不同時期雪柑胚發育之調查. 中華農業研究 36(4): 367-371.
13. 黃阿賢. 1991. 檸檬之多胚性及雜交苗之鑑定. 中華農業研究 40(2):225-232.
14. 黃阿賢. 2006. 自交不親和的豔陽柑. 技術服務 66:1-3.



15. 黃阿賢、岳慶熙. 1989. 多胚性與橙類雜交育種效率改進之研究. 柑橘試驗研究成果專題研討會專集. 台灣省農試所特刊第 12 號. p.28-38.
16. 黃阿賢、林瓊玖. 1985. 利用花粉遺傳標誌區別柑橘有胚性. 中國園藝 32(2): 103-108.
17. 黃阿賢、徐信次. 1995. 柑橘雜交育種—雜交後代之鑒定、培育與初選. 臺灣柑橘之研究與發展研討會專刊. 臺灣省農試所特刊第 51 號. P.43-52.
18. 黃阿賢、楊儒民. 2004. 柑橘健康種苗繁殖體系與台灣健康種苗計畫. 植物種苗 6(2):21-31.
19. 黃秋雄、徐信次. 1989. 熱療法培育本省無毒優良柑橘種苗. 柑橘試驗研究成果研討會專集. 臺灣省農試所特刊 27. p.103-111.
20. 張喜寧. 1980. 抗根腐線蟲及柑橘線蟲柑橘根砧之選拔與測試. 中國園藝 26(2-3): 71-7.
21. 葉節耀、劉玉花. 1989. 珠心胚系柑橘之培育與評估. 柑橘試驗研究成果研討會專集. 臺灣省農試所特刊第 27 號. p.146-157.
22. 黃麗春、葉節耀、林瓊玖. 1989. 柑橘珠心胚之試管培養及網室栽培. 柑橘試驗研究成果研討會專集. 臺灣省農試所特刊第 27 號. p.158-164.
23. 嚴夢如、黃秋雄、徐信次. 1979. 台灣柑橘品種改良與無病毒種苗之培育. 中華農業研究 28:35-44.
24. Bridges, G. D., C. O. Youtsey, and R. R. Nixon. 1965. Observations indicating psorosis transmission by seed of Carrizo citrange. Proc. Florida State Hort. Soc. 78:48-50.
25. Campiglia, H. G., C. M. Silveira, and A. A. Salibe. 1976. Psorosis transmission through seeds of trifoliolate orange. p.132-134. In: Proc. 7th Conf. of IOCV. Riverside.
26. Hearn, C.J. 1979. Performance of 'Sunburst,' A new citrus hybrid. Fla. State Hort. Soc. 92:1-3.
27. Hodgson, R. W. 1967. Horticultural varieties of citrus. P.431-591. In; Reuther, W., H. J. Webber and L. D. Batcher (eds.) The citrus Industry Vol. 1. Univ. California.
28. Luh, C. L. 1965. Citrus culture in Taiwan. Joint commission on rural reconstruction, Plant industry series No. 1, 39pp. (revised edition).

Abstract

Taiwan's citrus industry developed rapidly in recent fifty years, and the area under cultivation once reached 53,000 hectares. The cultivar improvement work including introduction, selection, production of healthy stock and cross breeding has good results. Until now 170 cultivars/lines has been introduced, which is the basis of cultivars diversity, production of healthy stock and cross breeding. Depressa (*Citrus depressa* Hay.) , a native species has developed into a healthy-prompting juice in recent years. Spontaneous mutants of main cultivars including Ponakn, Tankan, Liu-cheng orange were found, and some has developed into important varieties. There is good cross affinity between citrus cultivars, however the long juvenile phase and polyembryony phenomenon reduce the effectiveness of cross breeding. A seedling selection and two hybrids were bred. Future breeding goals in Taiwan can be focused on the selection of natural mutant and parent tree of main cultivars and cross breeding of seedless, larger, peel-edible, low-acid or early season mandarins.