

北部地區柑橘品種研發與整合性栽培研究

施伯明¹、阮素芬²、羅國偉¹、龔財立¹

¹ 行政院農業委員會桃園區農業改良場助理研究員、助理研究員、副研究員兼站長

² 中國文化大學園藝暨生物技術學系副教授

lithops@tydais.gov.tw

摘 要

臺灣柑橘栽培歷史悠久，因栽培種類過於集中及品質不穩定，影響產業發展。為增加柑橘合適栽培品種，本場於 2005 年開始進行主要柑橘種類芽條變異株選拔，並於 2013 年起以雜交及誘變方式進行無子柑橘品種選育。而為穩定生產，本場探討最佳徒長枝修剪量及疏果量以提高果實品質，並利用水分管理方式減少果實汁胞粒化及裂果等常見生理障礙，同時調查低溫霪雨下果實受害程度，作為防災措施啟動之參考，此外，亦進行桶柑果園農牧綜合經營之評估；經由多方研究，提供柑橘整合型栽培管理模式，希冀對柑橘產業有所助益。

關鍵詞：芽條變異、無子化、汁胞異常、裂果、寒害

前 言

臺灣北部地區果樹以柑橘類為大宗，栽培面積約 3,173 公頃，主要栽培種類為桶柑 (*Citrus tankan* Hayata)、文旦柚 (*C. grandis* Osbeck cv. Matou Wentan)、海梨柑 (*C. tankan* Hayata f. hairi Hort.)、椪柑 (*C. reticulate* Blanco) 及茂谷柑 (*C. reticulate* Blanco × *C. sinensis* Osbeck) 等 (行政院農業委員會, 2017)。柑橘於臺灣栽培歷史悠久，部分種類已成為重要年節果品，近年價格波動起伏大，一些產業上問題亟待克服。首先為品種問題，柑橘與許多果樹種類相同，皆有栽培品種或種類過於集中問題，導致盛產季節容易出現產銷失衡；而果實品質在部分年度或果園間差異大，推測經多年栽培及嫁接繁殖已經出現許多變異，在品質不均情況下，不利於產業發展。其次為果實品質及產量之穩定性不足，多數農民於管理上仍多憑藉經驗，未有遵循之依據，影響果實生產；而果實生理障礙及低溫霪雨亦常導致品質劣化，造成產銷問題。本報告說明本場品種選育執行概況，並彙整近年相關研究成果，提供一整合型管理模式，提供農民栽培參考。

柑橘品種選育

一、海梨柑及茂谷柑芽條變異選拔

柑橘類果樹容易發生芽條變異，許多葡萄柚及甜橙優良品種皆由芽條變異選拔而來。桶柑、海梨柑及茂谷柑等經常年栽培，推測已衍生不同變異，為改善及穩定其果實品質，選育優良品系，於 2005-2006 年至臺北市及新竹縣等柑橘主要產區蒐集優良單株，桶柑及海梨柑以高糖度及高果汁率為蒐集對象；茂谷柑則以高糖度及種子數少為主要目標，皆以酸橘〔*C. sunki* (Hayata) hort ex. Tanaka〕為砧木，於 2009-2010 年定植，各單株於 2012 年起陸續留果調查，經 6 年果實品質分析，2018 年於海梨柑及茂谷柑各選出 3 優良單株（表 1、2），2019 年高接於酸橘，進行品系比較試驗。

表 1. 海梨柑優良單株果實性狀

編號	果重 (公克)	果皮厚 (公釐)	果皮厚 /果徑 (%)	果汁率 (%)	可溶性 固形物 (°Brix)	可滴定酸 (%)	種子數 (個)
TYH09003	171.0	2.7	4.0	47.3	12.0	0.57	12.2
TYH09005	153.9	3.6	5.3	38.6	12.4	0.45	9.1
TYH09049	151.2	3.8	4.4	33.4	12.4	0.43	11.0

表 2. 茂谷柑優良單株果實性狀

編號	果重 (公克)	果皮厚 (公釐)	果皮厚 /果徑 (%)	果汁率 (%)	可溶性 固形物 (°Brix)	可滴定酸 (%)	種子數 (個)
TYM09026	153.4	2.0	2.9	44.9	16.2	0.87	12.0
TYM09027	144.9	1.6	2.4	49.1	16.1	0.80	8.9
TYM09039	139.8	2.0	3.1	52.7	16.3	0.84	11.6

二、桶柑果實無子化機制研究

柑橘無子品種因食用及加工方便，愈來愈受到消費者及加工業者重視。無子果實主要為單偽結果配合雌雄配子無法正常結合而產生，而若胚及胚乳發育過程中敗育，亦可生產無子果實。影響雌雄配子結合原因一般分為環境及遺傳因素，後者可穩定生產無子果實，主要包含自交不親合、雄不稔及雌不稔等，而若胚珠壽命太短，亦有機會形成無子果實 (Mesejo *et al.*, 2007; Vardi *et al.*, 2008)。這些特性具程度上之差異，且可能同時存在，例如臍橙 [*C. sinensis*

(L.) Osbeck] 及溫州蜜柑 (*C. unshiu* Marcovitch) 因同時具高度雄不稔及雌不稔性，加上單偽結果能力強，因此，能生產高比例的無子果實 (Yamamoto *et al.*, 1995)。

桶柑為臺灣重要年節果品，其中無子品系為目前主要栽培種類，目前已知桶柑無子化可能與花粉 (呂和陳, 1995; 徐, 2003) 及胚囊 (呂和陳, 1997) 發育過程出現異常有關。經調查無子桶柑花粉體外及體內發芽率，結果顯示其雖低於海梨柑及茂谷柑，但花粉仍具有一定程度活力，顯示無子桶柑並非完全雄不稔。而無子桶柑自花授粉後，第 3 日花粉管開始進入花柱，愈接近花柱基部則花粉管愈少，花粉管進入子房後呈現扭轉情況，且管內胼胝質塞不規則出現，並未觀測到進入珠孔 (圖 1、2)；而授海梨柑花粉後，花粉管進入花柱數量較多，授粉後第 5 日已到達花柱基部，但進入子房後亦出現生長異常，僅少數花粉管進入珠孔，顯示桶柑無子化原因可能部分與自交不親合有關，而胚珠及胚囊對花粉管未產生誘導作用亦影響種子形成 (施, 2017 a)。

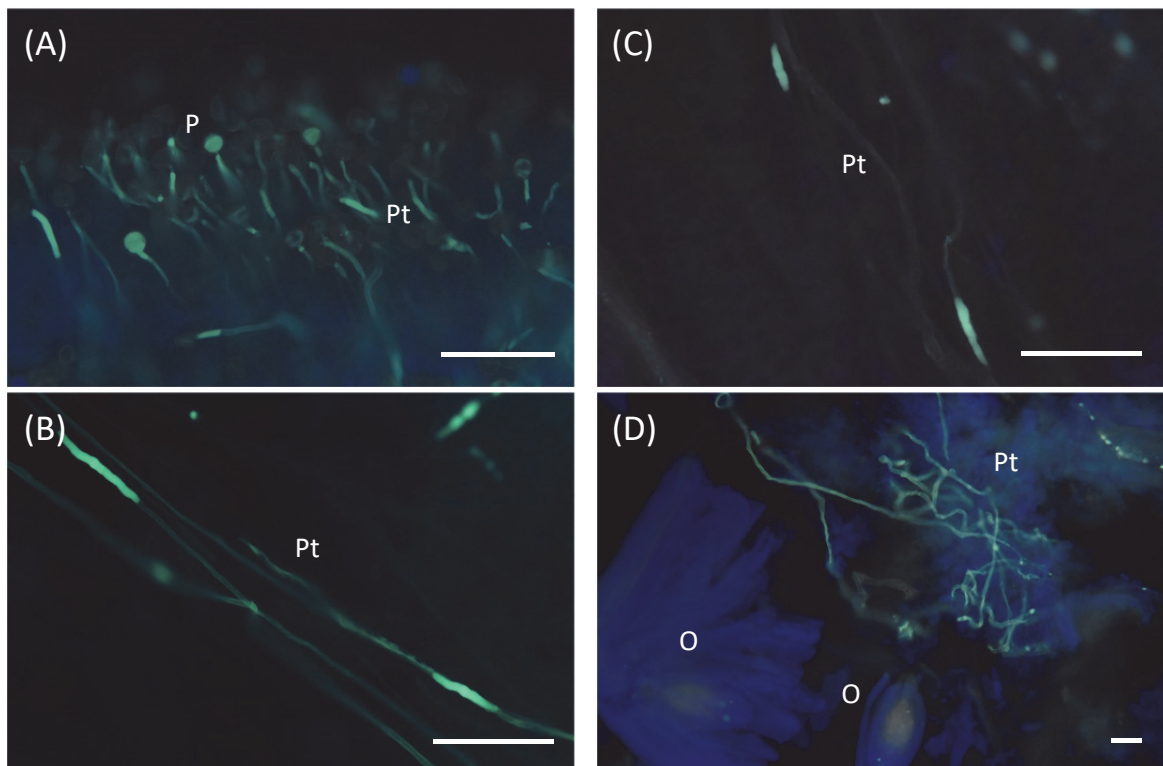


圖 1. 桶柑自花授粉花粉管生長情形，(A) 花粉於柱頭萌發，(B) 花粉管於花柱中生長，(C) 花粉管到達花柱基部，(D) 花粉管到達子房，呈現不規則扭曲。比例尺 = 100 微米。
O：胚珠；P：花粉粒；Pt：花粉管。

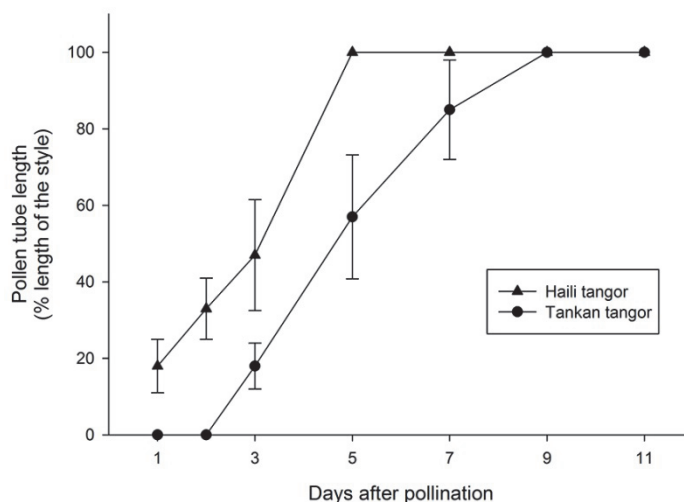


圖 2. 無子桶柑自花授粉及異花授粉花粉管生長比較

三、無子柑橘品種選育

無子柑橘品種可經由不同方式獲得，如以具部分不稔性之兩親相交，可選拔不稔性高之後代；若利用秋水仙素處理體胚、莖頂組織或腋芽，可促形成 4 倍體，再與 2 倍體父本雜交，亦可產生 3 倍體無子後代；經由芽條突變亦有機會選育無子品種，如葡萄柚 (*C. × paradisi* Macf.)、臍橙及溫州蜜柑等；而由誘變育種亦可改善種子數過多問題。為選育優良無子柑橘品種，本場於 2013 年開始陸續以無子品種桶柑及清見 (*C. unshiu* Marcovitch × *C. sinensis* Osbeck) 為母本，明尼桔柚 (*C. × tangelo*)、砂糖橘 (*C. reticulata* Blanco)、帝王柑 (*C. cv*) 等為父本進行雜交，共獲雜交後代 1 千餘株，持續定植進行觀察，2019 年初第 1 批定植雜交苗少數開始開花。而除雜交外，誘變育種於 2014 年開始進行，利用 γ 射線照射茂谷柑、砂糖橘及佛利蒙 (*C. reticulata* Blanco) 等枝條，照射後嫁接於酸橘，定植後第 2 年開始留果觀察。與對照植株相較下，多數誘變株果實較小，果皮厚度及果汁率則變化大。

柑橘整合性栽培研究

一、夏季徒長枝疏剪對桶柑果實品質之影響

修剪為果樹栽培重要管理措施，可增加光照、調整果樹樹體體積、控制葉片與枝條數量、增加果實大小及調整產量與果實品質（劉，1997；Castle, 1983；Morales, *et al.*, 2000；Oren, 1988）。柑橘夏季常萌發大量徒長枝，經於 9 月中下旬進行不同程度疏剪處理，不同程度疏剪對於桶柑果實重量、果皮厚度及果汁率皆無顯著性影響，但果汁可溶性固形物以全量疏剪或疏剪 2/3 量處理顯著高於未疏剪處理（表 3），而次年處理間徒長枝萌發枝數及長度皆未

有顯著差異；但受降雨量影響大，若當年雨量較少，則各處理徒長枝皆呈現萌發多但長度較短之趨勢。徒長枝修剪可提高果實可溶性固形物含量，主要因增加樹冠中心光照，使果實附近葉片接受之光合作用光子流密度（photosynthesis photon flux density）提升，進而增加光合產物運輸至果實（Myers, 1993）；而影響程度則視修剪量而定，修剪過多可能導致無法維持果實生長及品質，修剪太少則不足以減少遮蔭，無助於果實品質提昇（Day, 1989）。試驗植株樹冠投影面積約 25 平方公尺，徒長枝數量平均每株 111.2 枝，總重量平均 5.0 公斤，在此條件下經疏剪 2/3 或全量疏剪後，可適度提高桶柑果實可溶性固形物。

表 3. 2004-2006 年徒長枝修剪對果實特性之影響

處理	果重 (公克)	果皮厚 (公釐)	可溶性固形物 (°Brix)	果汁率 (%)
全量疏剪	179.5 a ^z	2.89 a	11.9 a	58.7 a
疏剪 2/3 量徒長枝	181.1 a	2.84 a	11.7 a	57.7 a
疏剪 1/2 量徒長枝	173.8 a	2.86 a	11.4 ab	58.1 a
未疏剪	184.8 a	2.85 a	10.8 b	57.3 a

^z: 同行英文字母相同者表示 LSD 測驗在 5%水準差異不顯著。

二、疏果時期及程度對果實品質及產量影響

疏果作業是果樹栽培管理中重要的一環，除能減輕隔年結果現象而穩定產量外，並可增加果實體積、提升果實品質及改善著色等，在許多果樹上皆已確認（Jiménez and Díaz, 2002；Marini, 2004；Naor *et al.*, 2002）。疏果方式一般可分為人工或藥劑疏果，而臺灣柑橘栽培多以人工疏果，於果實生理落果後，約 7-8 月間進行，針對病蟲危害及機械損傷等外觀不佳之幼果進行疏除。桶柑、海梨柑及茂谷柑在盛花後 16 週、20 週及 24 週進行不同程度疏果，結果顯示 3 種柑橘具有相同趨勢；於盛花後 16 週或 20 週增加疏果量果實有較重趨勢，推測因此時期為果實快速膨大期，減少果實數量有助減少競爭，而使剩餘果實重量增加；若於盛花後 24 週疏果，則不同疏果程度間差異較小，顯示愈早疏果愈能增加果實大小。在此疏果期間內不同疏果程度對可溶性固形物影響並不顯著，處理間可滴定酸差異亦小；但當疏果愈晚進行時，對產量影響愈大，盛花後 24 週疏果達 30%時產量顯著降低（表 4）（施和阮，2011）。

表 4. 疏果對桶柑果實品質之影響

疏果 時間	疏果 比例 (%)	果重 (公克)		可溶性固形物 (°Brix)		可滴定酸 (%)		產量 (公斤/株)	
		2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008(年)
盛花後 16 週	0	228.9 ab ^z	210.1 b	10.5 a	9.8 a	0.49 ab	0.48 b	90.5 ab	92.3 b
	10	226.3 b	208.4 bc	10.4 a	9.3 a	0.49 ab	0.48 b	95.3 a	103.3 a
	20	236.5 a	212.2 b	10.2 a	9.6 a	0.51 ab	0.52 ab	93.1 ab	80.0 bc
	30	225.1 b	232.4 a	10.3 a	9.6 a	0.50 ab	0.53 ab	84.6 b	82.0 bc
盛花後 20 週	0	231.4 ab	208.2 bc	10.8 a	9.9 a	0.50 ab	0.54 a	92.4 ab	97.5 ab
	10	226.8 b	190.0 c	10.4 a	9.2 a	0.48 b	0.50 ab	99.1 a	103.3 a
	20	227.2 ab	218.2 b	10.4 a	9.6 a	0.55 a	0.51 ab	85.6 b	81.7 bc
	30	209.5 c	230.6 a	10.9 a	10.0 a	0.53 ab	0.49 b	83.7 b	87.3 b
盛花後 24 週	0	216.9 c	213.4 b	10.3 a	9.9 a	0.50 ab	0.48 b	91.9 ab	95.2 ab
	10	222.5 bc	191.4 c	10.5 a	9.6 a	0.47 b	0.50 ab	88.7 b	74.0 c
	20	223.3 bc	221.0 b	10.7 a	9.8 a	0.49 ab	0.51 ab	86.2 b	83.7 bc
	30	217.6 c	201.8 bc	10.6 a	9.5 a	0.49 ab	0.50 ab	76.5 c	77.3 c

^z: 同行英文字母相同者表示 LSD 測驗在 5%水準差異不顯著。

三、海梨柑果實汁胞異常調查及水分管理對其影響

許多柑橘類果實在發育及貯藏過程中，汁胞常出現異常，導致果實糖酸度降低及果汁率減少，影響食用品質 (Bartholomew *et al.*, 1941)。汁胞異常又稱乾米 (section drying)，依形態特徵一般分為汁胞粒化 (granulation) 及汁胞萎縮 (vesicle collapse) (圖 3)；粒化汁胞體積變大，顏色變淡呈現灰色，質地變硬，細胞形成二次細胞壁而加厚，通常出現於瓢囊兩端，以果梗端較為常見，嚴重者甚至整個瓢囊內汁胞皆粒化；萎縮汁胞則外觀明顯塌陷或萎縮，部分呈扁平狀，多發生於果頂端或瓢囊中段 (Bartholomew *et al.*, 1941; Burns and Achor, 1989; Hwang *et al.*, 1990)，兩者可能同時出現在同一果實。研究顯示延遲採收及貯藏過久汁胞粒化較為嚴重 (Burns and Albrigo, 1998; Hwang *et al.*, 1988)，嫁接於生長勢強之砧木亦較容易發生 (Al-Hosni *et al.*, 2011)，而果實生長過程中，氣候、水分管理、肥培管理及土壤種類等皆會造成影響 (Hofman, 2011)；相較於汁胞粒化，汁胞萎縮研究則較少。

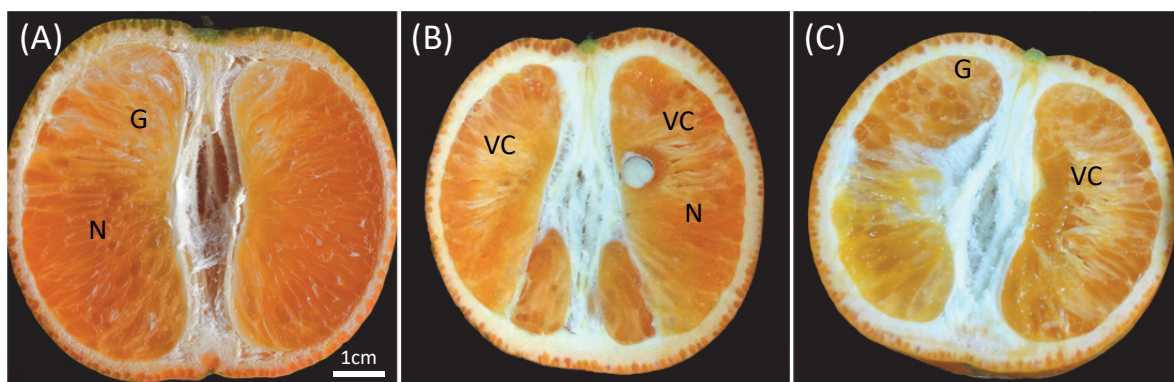


圖 3. 海梨柑果實汁胞異常型態，(A) 汁胞粒化；(B) 汁胞萎縮；(C) 汁胞粒化及萎縮。G：粒化汁胞；N：正常汁胞；VC：萎縮汁胞。

2012 年至 2015 年間新竹地區海梨柑汁胞粒化發生率介於 22.7%-42.6%，汁胞萎縮發生率介於 21.2%-49.4%，兩種同時出現於同一果實之發生率為 18.3%-24.7%（表 5），顯示兩種異常汁胞在海梨柑中皆屬常見，但各年度發生率及發生程度變化趨勢存在差異，推測與降雨量及氣溫變化有關（施等，2016）。水分試驗顯示，當土壤體積水分含量（Volumetric Water Content, VWC）降至 30%時即澆水，可溶性固形物有較低趨勢，果實汁胞粒化程度及粒化果實比例分別為 16.8%及 37.5%；而當 VWC 下降至 10%-15%時始澆水，則果實粒化程度及粒化果實比例顯著降低，分別為 3.6%及 7.1%（表 6），顯示降低澆水頻度有助減少果實粒化發生。

表 5. 2012 年至 2015 年海梨柑汁胞異常發生率變化

年	發生率 (%)			
	汁胞異常	汁胞粒化	汁胞萎縮	汁胞粒化及萎縮
2012	54.8±6.1 ^z	42.6±5.9	36.9±4.9	24.7±3.3
2013	28.6±3.6	25.5±3.2	21.4±2.8	18.3±2.4
2014	25.4±4.1	22.7±3.0	21.2±2.1	18.5±1.9
2015	52.4±5.8	25.9±2.9	49.4±4.7	22.9±4.1

^z: 平均值 ± 標準誤 (n = 6)。

表 6. 2015 年水管理對海梨柑果實品質影響

澆水時間	果重 (公克)	果汁率 (%)	可溶性 固形物 (°Brix)	汁胞粒化 程度 (%)	粒化果實 發生率 (%)
VWC ^z 30%	152.3	25.4	10.6 b ^y	16.8 a	37.5 a
VWC 20%-25%	138.5	26.0	11.3 ab	8.9 ab	24.2 ab
VWC 10%-15%	139.6	27.9	12.2 a	3.6 b	7.1 b

^z: VWC：體積含水量

^y: 同行英文字母相同者表示經 LSD 測驗在 5%水準差異不顯著。

四、茂谷柑裂果改善之研究

裂果是柑橘果實常見生理障礙，主要為果肉生長過程對果皮形成壓力所導致，多發生於果肉細胞膨大期（Cronjé *et al.*, 2013）。許多柑橘種類皆容易發生裂果，以果頂有臍、果形扁或果皮薄之品種發生比例較高（García-Luis *et al.*, 2001）；除品種特性外，水分狀態為影響裂果發生之重要因素（Barry and Bower, 1997；Khadivi-Khub, 2015）。在水分供應不足情況下，柑橘果實細胞為避免過度失水，易累積較多溶質（Hockema and Etxeerria, 2001；Yakusiji *et al.*, 1996），加上膨壓降低使果皮細胞壁鬆弛，導致復水時水分快速進入細胞，使果實生長加速，甚至較正常供水植株為快（Huang *et al.*, 2000）；而缺水亦使果皮絨層（albedo）變薄，且影響鈣、硼等元素吸收（Huang *et al.*, 2000；Li and Chen, 2017；Treeby *et al.*, 2007），皆容易導致裂果。

茂谷柑果實扁圓形且果皮薄，為臺灣主要栽培柑橘中較常裂果品種，通常發生於 9 月上旬至 11 月下旬；此時期若增加灌溉頻度，土壤體積水分含量（VWC）下降至 30%即澆水，裂果率有較低趨勢，但累積落果率達 9.1%，可能因根部氧氣不足使根部受損或吸收不良，造成果實間競爭而導致落果；若於 VWC 下降至 20%-25%時進行澆水，則裂果發生率及落果率皆低；而若土壤乾溼變化過大，於 VWC 下降至 10%-15%時始澆水，則果實較小且果皮薄，雖可溶性固形物及果汁率則較高，但裂果最為嚴重，累積裂果率為 8.4%（圖 4、表 7），因此於 VWC 下降至 20%-25%時進行澆水，減少裂果發生之效果較佳（施等，2018）。

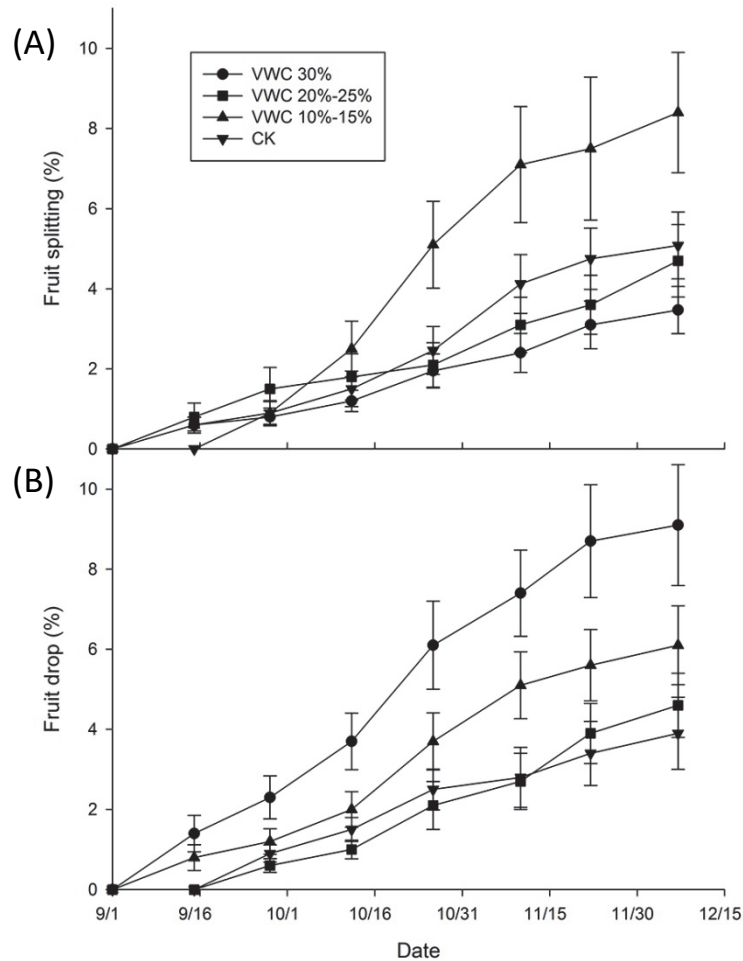


圖 4. 2017 年水管理對茂谷柑 (A) 裂果率及 (B) 落果率之影響。VWC:體積含水量

表 7. 2017 年水管理對茂谷柑果實品質影響

處理	果重 (公克)	果皮厚 (公釐)	果皮厚度 /果徑 (%)	可溶性 固形物 (°Brix)	可滴定酸 (%)	果汁率 (%)
VWC ^z 30%	193.2 a ^y	2.43 a	3.08 a	14.3 b	1.05 a	49.5 bc
VWC 20%-25%	191.5 ab	2.39 a	3.11 a	14.1 b	1.11 a	48.7 c
VWC 10%-15%	179.3 c	2.19 b	2.83 b	15.2 a	1.23 a	51.3 ab
CK	184.7 bc	2.20 b	2.91 b	14.9 ab	1.17 a	52.1 a

^z: VWC: 體積含水量

^y: 同行英文字母相同者表示經 LSD 測驗在 5%水準差異不顯著。

五、強烈寒流對桶柑及茂谷柑果實損害及貯藏性之影響

2016 年 1 月強烈寒流打破許多低溫紀錄，臺灣北部中低海拔出現降霰甚至降雪，造成部分桶柑及茂谷柑出現果皮軟化及落果問題。寒流期間新竹縣新埔鎮（24.83N, 121.06E；海拔高度 80 公尺）最低溫度 2.7℃，桶柑受害輕微；桃園市復興區（24.83N, 121.33E；海拔高度 350 公尺）最低溫度-0.1℃，桶柑果實失重率、果皮失重率、果蒂脫落率、果皮凹陷軟化率及腐爛率等皆顯著高於新埔鎮（表 8）；其受傷果實表皮出現凹陷軟化，呈現不規則起伏，多數表皮細胞、下皮細胞及薄壁組織細胞萎縮變形（圖 5）。茂谷柑果實受寒流影響小，各地果園間無顯著差異（表 9）。果實經通風貯藏 2 週後，復興區桶柑之果皮凹陷軟化率及腐爛率顯著高於新埔鎮桶柑，茂谷柑則皆劣化輕微；而 5℃ 冷藏下桶柑及茂谷柑皆無果皮凹陷及腐爛。調查結果顯示，此次寒流對於桶柑以海拔高度較高果園傷害較大，而於茂谷柑則不同海拔果實受損差異小，顯示茂谷柑較耐此狀況下低溫；而低溫貯藏可延緩果實傷害徵狀表現（施，2017 b）。

表 8. 2016 年 1 月寒流對不同果園桶柑果實品質影響

果園 位置	海拔高度 (公尺)	果實 失重率	果皮 失重率	落蒂率	果皮凹陷 軟化率	腐爛率
----- (%) -----						
復興區 I	380	6.2 a ^z	10.3 a	20.0 b	22.5 ab	28.8 a
復興區 II	350	7.1 a	9.8 a	31.3 a	28.8 a	13.8 a
新埔鎮 I	100	3.8 b	8.7 ab	0.0 d	13.8 bc	0.0 b
新埔鎮 II	90	3.9 b	6.1 b	7.5 c	11.3 bc	0.0 b
新埔鎮 III	90	4.5 b	7.0 b	6.3 c	17.5 abc	2.5 b
新埔鎮 IV	85	3.4 c	4.5 c	0.0 d	11.3 c	0.0 b

^z: 同行英文字母相同者表示經 LSD 測驗在 5%水準差異不顯著。

表 9. 2016 年 1 月寒流對不同果園茂谷柑果實品質影響

果園 位置	海拔高度 (公尺)	果實 失重率	果皮 失重率	落蒂率	果皮凹陷 軟化率	腐爛率
----- (%) -----						
橫山鄉	550	3.1 a ^z	6.4 a	0	10.0 a	0
復興區	380	2.5 a	5.6 a	0	8.8 a	0
關西鎮	250	2.4 a	6.1 a	0	12.5 a	0
新埔鎮	85	3.3 a	5.3 a	0	6.3 a	0

^z: 同行英文字母相同者表示經 LSD 測驗在 5%水準差異不顯著。

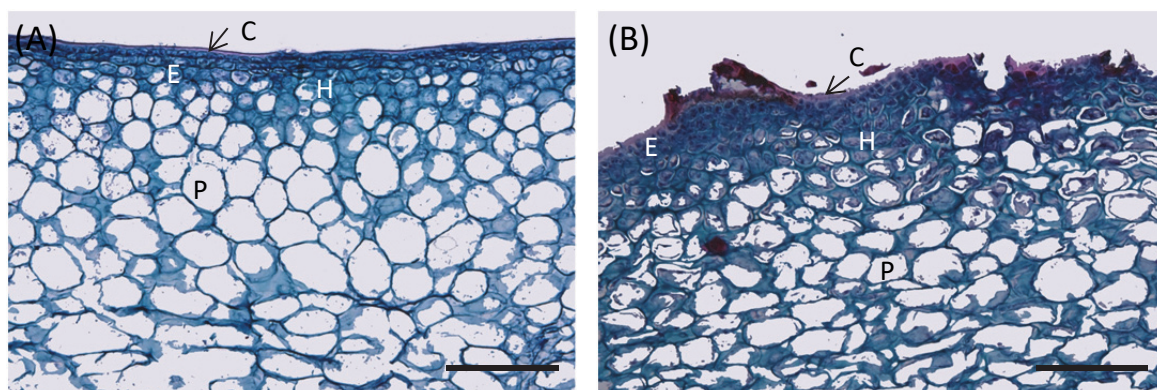


圖 5. 桶柑正常果皮 (A) 與凹陷軟化果皮 (B) 縱切面解剖觀察。比例尺 = 100 微米。C：角質層；E：表皮細胞；H：下皮細胞；P：薄壁組織。

六、桶柑果園放養土雞對土壤性質及果實品質之影響

果園中放養家禽是傳統農家常見的場景，將畜禽導入作物生產系統中有許多優點，不但可幫助雜草管理及蟲害控制；其排泄物富含磷、鉀、鈣、鎂、銅、鋅及鐵等元素，能補充土壤有機質及養分；而作物生產過程中的副產品可供為畜禽食料，達到循環利用的目的；同時畜禽亦能販售，增加農家收入（林等，2009；顏，2012；蘇等，2011；Clark and Gage, 1996）。但動物性有機質肥料含有較多重金屬，如常用之牛糞、豬糞及雞糞堆肥等，其銅、鋅、鎘、鎳及鉛等含量皆較植物性堆肥為多，若長期連續施用易有環境污染疑慮（羅和李，2010；Demir *et al.*, 2010）。

於桶柑果園放牧飼養土雞（*Gallus gallus domesticus*）16 週後，隨放養密度增加，表土中 pH 值有升高趨勢；而因土雞具啄食雜草習性，放養密度增加則土壤有機質含量愈低。不同放養密度下土壤 EC 值、磷、鉀及銅含量差異不顯著；但各放養密度之土壤鋅含量都顯著高於蔗渣堆肥處理，顯示鋅蓄積現象較為明顯；而各放養處理表土之 pH 值、有機質、磷、鉀、鈣及鋅含量等皆較放養前提高（表 10），底土土壤性質變化則較不顯著。調查桶柑果實品質，以放養 20 隻處理較大且重，可溶性固形物亦最高；而生產費用主要為人工費、幼禽費及飼料費，可由雛雞開始飼養以降低成本，但需注意土壤中鋅之累積（施，2014）。

表 10. 桶柑園放養土雞前後表土土壤性質變化

處理	酸鹼度 (1:1)	電導度 (1:5) (分姆歐/ 公尺)	有機質 (公克/ 公斤)	Bray-1 磷	Mehlich-1 鉀	Mehlich-1 鈣	Mehlich-1 鎂	0.1N HCl 銅	0.1N HCl 鋅
				----- (毫克/公斤) -----					
放養前	4.7	0.12	18.2	18.6	153	456	153	3.1	7.1
放養 10 隻 /64 平方公尺	5.2 b ^z	0.12 a	21.8 ab	23.7 a	180 a	546 b	151 b	3.1 a	13.2 b
放養 15 隻 /64 平方公尺	5.6 a	0.12 a	23.2 a	24.8 a	211 a	745 a	219 a	4.2 a	16.0 a
放養 20 隻 /64 平方公尺	5.4 a	0.13 a	18.3 b	29.8 a	221 a	718 a	189 a	3.6 a	18.6 a
未放養施用 蔗渣堆肥	5.1 b	0.12 a	21.0 ab	22.5 a	194 a	475 b	152 b	3.2 a	6.5 c

^z: 同行英文字母相同者表示經 LSD 測驗在 5%水準差異不顯著。

參考文獻

1. 行政院農業委員會。2017。農業統計年報。p. 72-81。行政院農業委員會。
2. 呂柳新、陳桂信。1995。蕉柑小孢子發生過程的解剖學觀察。福建農業大學學報（自然科學版）24:154-156。
3. 呂柳新、陳桂信。1997。蕉柑大孢子與珠心胚的發生發育。福建農業大學學報（自然科學版）26:397-400。
4. 林義福、施柏齡、林茂荃、劉曉龍。2009。雞排泄物量及其成分含量之研究。畜產研究 42:291-298。
5. 施伯明、阮素芬。2011。疏果時期及程度對桶柑、海梨柑及茂谷柑果實品質及產量之影響。桃園區農業改良場研究彙報 69:27-36。
6. 施伯明。2014。桶柑園放養土雞對土壤肥力、果實品質及經濟效益之影響。桃園區農業改良場研究彙報 75:18-30。
7. 施伯明、李國譚、李金龍。2016。海梨柑果實汁胞異常調查。桃園區農業改良場研究彙報 80:25-42。
8. 施伯明。2017 a。強烈寒流對桶柑及茂谷柑果實損害及貯藏性之影響。桃園區農業改良場研究彙報 82:27-42。
9. 施伯明。2017 b。無子桶柑花粉發芽及花粉管生長行為觀察。桃園區農業改良場研究彙報 82:15-26。

10. 施伯明、羅國偉、龔財立。2018。茂谷柑裂果改善之研究。107 年科技計畫研究成果發表會論文輯。桃園區農業改良場編印。p. 61-73。
11. 徐雯貞。2003。無子柑橘花藥和花粉發育之研究。國立臺灣大學園藝學研究所碩士論文。57pp。
12. 劉碧鵬。1997。修剪強度對楊桃產量及品質之影響。提昇果樹產業競爭力研討會專集 III。p. 105-109。
13. 顏勝雄。2012。有機綠竹園放養肉鵝對土壤性質、竹筍產量及雜草控制影響研究。桃園區農業改良場研究彙報 71:47-56。
14. 羅秋雄、李宗翰。2010。設施蔬菜有機栽培長期施用有機質肥料對土壤性質及蔬菜生育影響。桃園區農業改良場研究彙報 67:17-32。
15. 蘇天明、劉士銘、劉曉龍、施柏齡、郭猛德。2011。白肉雞銅鋅排泄量之研究。畜產研究 44:163-174。
16. Al-Hosni, A.S., S. Mustafa, K. Al-Busaidi, M. Al-Jabri, and H. Al-Azri. 2011. Effects of different citrus rootstocks on growth, yield, quality and granulation of 'Hamlin' orange in Oman. *Acta Hort.* 903:563-568.
17. Barry, G.H. and J.P. Bower. 1997. Manipulation of fruit set and stylar-end fruit split in 'Nova' mandarin hybrid. *Scientia Hort.* 70:243-250.
18. Bartholomew, E.T., W.B. Sinclair, and F.M. Turrell. 1941. Granulation of valencia oranges. *Univ. of California Agr. Expt. Sta. Bul.* 647.
19. Burns, J.K. and D.S. Achor. 1989. Cell wall changes in juice vesicles associated with "section drying" in stored late-harvested grapefruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114:283-287.
20. Burns, J.K. and L.G. Albrigo. 1998. Time of harvest and method of storage affect granulation in grapefruit. *HortScience* 33:728-730.
21. Castle, W.S. 1983. Antitranspirant and root and canopy pruning effect on mechanically transplanted eight year old "Murcott" citrus trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108:981-985.
22. Clark, M.S. and S.H. Gage. 1996. Effects of free-range chickens and geese on insect pests and weeds in an agroecosystem. *Amer. J. Alternative Agric.* 11:39-47.
23. Cronjé, P.J.R., O.P.J. Stander, and K.I. Theron. 2013. Fruit splitting in citrus. *Hort. Reviews* 41:177-200.
24. Day, K.R., T.M. DeJong, and A.A. Hewitt. 1989. Postharvest and preharvest summer pruning of "Firebrite" nectarine trees. *HortScience* 24:238-240.
25. Demir, K., O. Sahin, Y.K. Kadioglu, D.J. Pilbeam, and A. Gunes. 2010. Essential and non-essential element composition of tomato plants fertilized with poultry manure. *Sci. Hortic.*

127:16-22.

26. Garcia-Luis, A., A.M.M. Duarte, M. Kanduser, and J.L. Guardiola. 2001. The anatomy of the fruit in relation to the propensity of citrus species to split. *Scientia Hort.* 87:33-52.
27. Hockema, B.R. and E. Etxeberria. 2001. Metabolic contributors to drought-enhanced accumulation of sugars and acids in oranges. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 126:599-605.
28. Hofman, H., 2011. Agri-Science Queensland, and Horticulture Australia. Management of internal dryness of Imperial mandarin. Horticulture Australia, Sydney.
29. Huang, X.M., H.B. Huang, and F.F. Gao. 2000. The growth potential generated in citrus fruit under water stress and its relevant mechanisms. *Scientia Hort.* 83:227-240.
30. Hwang, Y.S., L.G. Albrigo, and D.J. Huber. 1988. Juice vesicle disorders and in-fruit seed germination in grapefruit. *Proc. Fla. State. Hort. Soc.* 101:161-165.
31. Hwang, Y.S., D.J. Huber, and L.G. Albrigo. 1990. Comparison of cell wall components in normal and disordered juice vesicles of grapefruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115:281-287.
32. Jiménez, C.M. and J.B.R. Díaz. 2002. Fruit distribution and early thinning intensity influence fruit quality and productivity of peach and nectarine trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 127:892-900.
33. Khadivi-Khub, A. 2015. Physiological and genetic factors influencing fruit cracking. *Acta Physiol. Plant* 37:1718.
34. Li, J. and J.Z. Chen. 2017. Citrus fruit-cracking: causes and occurrence. *Hort. Plant J.* 3:255-260.
35. Marini, R.P. 2004. Combinations of ethephon and accel for thinning 'Delicious' apple trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 129:175-181.
36. Mesejo, C., A. Martínez-Fuentes, C. Reig, and M. Agustí. 2007. The effective pollination period in 'Clemenules' mandarin, 'Owari' Satsuma mandarin and 'Valencia' sweet orange. *Plant Sci.* 173:223-230.
37. Morales, P., F.S. Davies, and R.C. Littell. 2000. Pruning and skirting affect canopy microclimates, yields, and fruit quality of "Orlando" tangelo. *HortScience* 35:30-35.
38. Myers, S.C. 1993. Preharvest watersprout removal influences canopy light relations, fruit quality, and flower bud formation of "Redskin" peach trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118:442-445.
39. Naor, A., Y. Gal, and B. Bravdo. 2002. Shoot and cluster thinning influence vegetative growth, fruit yield, and wine quality of 'Sauvignon blanc' grapevines. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 127:628-634.

40. Oren, Y. 1988. Pruning clementine mandarin as a method for limiting tree volume and increase fruit size. Proceedings of the Sixth International Citrus congress. p. 953-956.
41. Treeby, M.T., R.E. Henriod, K.B. Bevington, D.J. Milne, and R. Storey. 2007. Irrigation management and rootstock effects on navel orange [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] fruit quality. Agr. Water Manage. 91:24-32.
42. Vardi, A., I. Levin, and N. Carmi. 2008. Induction of seedlessness in citrus: from classical techniques to emerging biotechnological approaches. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 133:117-126.
43. Yakushiji, H., H. Nonami, T. Fukuyama, S. Ono, N. Takagi, and Y. Hashimoto. 1996. Sugar accumulation enhanced by osmoregulation in Satsuma mandarin fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121:466-472.
44. Yamamoto, M., R. Matsumoto, and Y. Yamada. 1995. Relationship between sterility and seedlessness in citrus. J. Jpn. Soc. Hort. Sci. 64:23-29.

Citrus variety development and integrated cultivation management in northern Taiwan

Po-Ming Shih¹, Su-Feng Roan², Kuo-Wei Lo¹, and Tsai-Li Kung¹

¹ Assistant researcher, assistant researcher, associate researcher and chief of branch station,
Taoyuan district agricultural research and extension station, COA

² Associate professor, department of horticulture and biotechnology, Chinese Culture University.
lithops@tydais.gov.tw

Abstract

Citrus has a long history of cultivation in Taiwan. But there are some problems that affect citrus industry, including only a few cultivar are grown and fruit quality is unstable. In order to increase the suitable cultivars of citrus in Taiwan, we began to select bud mutation of the main citrus species in 2005, and developed seedless citrus cultivars by hybridization and mutagenesis in 2013. To stabilize production, we explored the best amount of pruning and fruit thinning to improve fruit quality, and developed water management strategy to reduce common physiological disorders such as granulation and splitting of fruit. Moreover, we investigated the degree of fruit damage under low temperature and rain to be reference for the initiation of disaster prevention measures. Additionally, we evaluated the benefit of raising poultry in the tankan tangor orchard. Through the multi-party research, we provide a citrus integrated cultivation management model, and hope it is useful for the citrus cultivation.

Key words: bud mutation, seedlessness, section drying, fruit splitting, chilling injury