

採收前水分管理對椪柑果實貯藏中品質變化之影響

唐佳惠^{1,*}

摘要

唐佳惠。2017。採收前水分管理對椪柑果實貯藏中品質變化之影響。台灣農業研究 66(2):126–133。

為探討採收前斷水處理對椪柑貯藏期間果實品質指標值變化之影響，供試植株分別於採收前 56、28、14、7 及 3 d 施行斷水處理。根據試驗結果，採前 7 d 才斷水者，其果實於貯藏 1 mo 後即開始顯現果肉乾粒化，較其他斷水期限者早。從癒傷結束至貯藏 1 mo 時，取樣自採收前 56 d 即斷水植株之果實，其果汁率高於其他斷水期限。2005 年供試植株不論斷水期限為何，其果實貯藏 1 mo 時，可溶性固形物含量均較癒傷結束時略增，之後再逐漸降低，但 2006 年則無先增後降之情形。果實貯藏期間的可溶性固形物含量，有植株斷水越遲者下降越快的趨勢。2 供試年期之果實，貯藏至採收後 3 mo 時，可溶性固形物含量介於 5.8–7.5°Brix 之間，而可滴定酸含量均在 0.22% 以下，食用味道已偏淡薄。

關鍵詞：椪柑、貯藏、果肉乾粒化、果實品質。

前言

椪柑 (*Citrus reticulata* Blanco) 是國內重要的寬皮柑種類之一，雖然近 10 年來種植面積逐年減少，由 2005 年的 7,246 ha，至 2014 年時已縮小為 5,841 ha，減少約 20%；然每公頃產量卻由 2005 年的 13,054 kg，增加至 2014 年的 23,497 kg，增幅約為 1.8 倍 (農業統計年報 103 年版)。由此顯示，除了農戶栽培技術愈加成熟之外，新植園也陸續進入成齡樹，故總栽培面積雖減少，年產量卻未降低。

一般而言，椪柑農戶對栽培管理技術之需求，除思考採用的管理模式需可維持樹勢處於豐產卻不衰弱、不隔年結果且果實品質優良之外，亦考量可販售的果實大小及貯藏力。為了維持樹體正常生長及穩定收益，椪柑果園需擬訂良好的肥培、水分及病蟲害管理策略；在水分管理部分，許多報告已指出其策略是否恰當，將影響枝梢萌發、開花表現 (Southwick & Davenport 1986)、花序型態、著果率

(Jahn 1973)、產量及品質 (Koo & Hurner 1969; Elfving & Kaufmann 1972; Levy *et al.* 1978; Chartzoulakis *et al.* 1996; Yakushiji *et al.* 1999) 等。然有關台灣在椪柑果實成熟期的水分管理方式，對其貯藏期間品質變化之相關報告仍然有限。本研究整理果實發育後期的降雨情形與植株斷水期限等，對所產果實貯藏期間數項品質指標值變化之影響，期能提供農友在面對果實成熟期降雨與採收前灌溉方式選擇時參考之用。

材料與方法

果園條件及斷水處理

本試驗於 2005/2006 及 2006/2007 等 2 個結果年期，在雲林縣古坑鄉圳頭坑黃姓專業柑橘農戶進行。供試果園為座北朝南向陽面；行草生栽培管理，土壤質地為砂質壤土；坡度介於 45–15° 間。果園於各試驗年期之 3 月份起，陸續進行開花調查，並於盛花期標示枝條之開

投稿日期：2016 年 5 月 24 日；接受日期：2016 年 8 月 2 日。

* 通訊作者：tang@dns.caes.gov.tw

¹ 農委會農業試驗所嘉義農業試驗分所園藝系助理研究員。台灣嘉義市。

花日期，再於4月中、下旬進行試驗果實標示。供試植株之管理，均由農友以一般椪柑果園慣用方式為之，而水分管理部分農友僅負責至9月底；自10月份起直到各植株之預定斷水日止，此期間之管理由試驗人員接手，其方式為每週滴灌2次，每次4h，每株滴灌水量為16L。供試植株斷水日期之決定，係依盛花期推算250d後為採收適期，分別在預定採收日前56、28、14、7及3d進行斷水處理，每處理4重複，每重複1株，計20株。

斷水處理當天上午進行灌溉，於翌日下午進行地表覆蓋，其範圍為自樹幹起至樹冠下往外1m處，以避免降雨或灌溉水進入土壤。2005年覆蓋材料為透明塑膠布，2006年為Tyvek®薄膜(杜邦公司出品)。供試果園於適當地點設置簡易型氣象觀測站(6152C Vantage Pro2)，以其傾斗式雨量計記錄果園降雨量；並以中央氣象局位於雲林縣古坑鄉之雨量站，所載雨量資料為降雨量觀測值。

果實貯藏試驗

兩個供試年期的果實分別於2005年12月06日及2006年11月29日採收，先於農戶集貨包裝場以柑橘分級機分級，同時進行剔除受傷及病蟲為害果實，之後(當日)運回行政院農業委員會農業試驗所之嘉義農業試驗分所。貯藏前果實先置於儲藏室中癒傷處理3d，癒傷結束當日首次調查貯藏試驗果實各項品質指標值之變化。

調查後將果實以聚乙烯袋逐一套裹，旋緊折疊袋口後置入塑膠籃中，再置於日常無人進出之儲藏室，採通風式貯藏，其溫度約 $15 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 而相對濕度約80%。

果皮厚及果肉乾粒化比率

果實分析時以個體為單位，每處理20果。分析時先將果實橫切為二半，以游標尺測量赤道處之果皮厚度。2006年期之供試果實，在各次分析時於果皮剝除後以目視檢視果實各瓢瓣，當乾粒化之汁胞數量占整個果球之比率超過10%時，該個體即計為果肉乾粒化之果實，依其數量計算乾粒化比率，並以累計比率表現之。

果汁率、可溶性固形物及可滴定酸含量

將果肉以國際牌(Panasonic；型號MJ-C85N，Taiwan)榨汁機榨汁，稱取果汁重以計算果汁率，之後將果汁攪拌均勻並過濾，取適量以屈折計(Atago PAL-1 Co. Ltd., Tokyo, Japan)測定可溶性固形含量(total soluble solids; TSS)。所餘果汁再次攪拌均勻後，取原液5mL加去離子水定量至50mL，以SIGMA公司出品之NaOH標準液，配置為0.1N溶液後計量滴定至pH 8.1之體積，計算檸檬酸(citric acid)百分比(%)，以可滴定酸含量(titratable acidity; TA)表示。

數據統計與分析

本文各試驗年期之數據，在測得各貯藏時間每樣品之各項品質指標數值後，以各重複計算平均值及標準誤差，再繪製成圖。

結果

水分管理對椪柑果肉乾粒化比率、果皮厚及果汁率之影響

於2006年期調查植株的斷水期限，對其所產果實貯藏期間顯現果肉乾粒化比率之影響。各斷水期限植株所產果實，在癒傷處理結束時均未取樣到果肉顯現乾粒化者；貯藏1mo後，採收前7d才斷水的植株，其所產果實已有1.7%的乾粒化比率，貯藏到2mo時，僅採收前56d即斷水者尚無果肉乾粒化，其餘斷水期限者，其果實的乾粒化比率均高於2.8%；貯藏期延長至3mo時，採收前56d即斷水之植株，其所產果實已有6%顯現果肉乾粒化，至於採收前28d內(含28d)才斷水者，其所產果實均有13%以上之乾粒化比率(圖1)。

供試期間的果園水分或可理解為2005年期較乾燥而2006年期較濕潤，此情形對癒傷處理後的果皮厚度，造成了些微的差異，即：2006年期各斷水期限間差異未達5%顯著水準；而2005年期雖在各斷水期限之間有顯著差異，唯並非呈現早斷水者較厚或較薄之趨勢。果實貯藏1mo後，斷水期限對果皮厚度

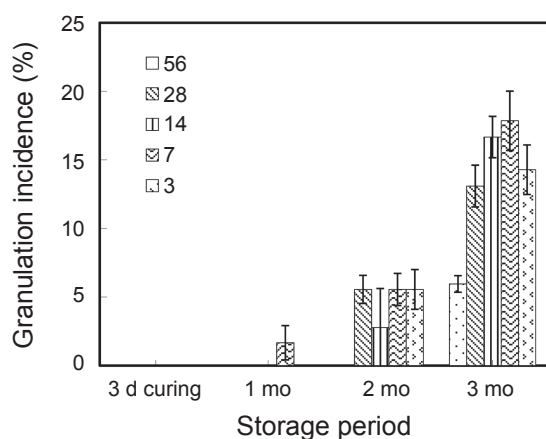


圖 1. 採前斷水處理天數對周徑 25 cm 之椪柑果實貯藏期間果肉乾粒化之影響。

Fig. 1. Effect of withholding water supply before harvest on the incidence of granulation of medium size (25 cm) 'Ponkan' mandarin during storage. Means of 3 tree replicates (5 fruits per tree) with standard error.

之影響，在 2 個供試年別呈現不同趨勢，2005 年期是早斷水植株所產果實者果皮較薄；而 2006 年期則為早斷水植株所產果實者果皮較厚。待果實貯藏至 2 mo 後，各斷水期限之差異又不明顯；此外，2005 年期的果實，其果皮厚在貯藏期為 2 mo 內，係隨著貯藏時間的增加，果皮逐漸增厚；貯藏 3 mo 後，除了採收前 56 d 即斷水者之外，其餘處理之果皮厚度均不再增厚；而 2006 年期，在採收前 14 d 內才斷水者，與 2005 年期呈現相同的趨勢，但採收日 28 d 前 (含) 即斷水者，在貯藏至 2 mo 時，果皮厚度即不再增加。

斷水期限對果汁率之影響也存在年別差異；在 2005 年期，採收前 56 d 即斷水者所產果實，在癒傷處理結束日及貯藏 1 mo 後，果汁率均顯著高於其他斷水期限，期藏至 2 mo 後，各斷水期限之差異已無明顯趨勢；而 2006 年期各斷水期植株所產果實的果汁率無明顯之趨勢 (圖 2)。

水分管理對椪柑可溶性固形物、可滴定酸含量及糖酸比之影響

癒傷處理結束日的果實 TSS 含量，在 2005 年時以採收 28 d 前即斷水之植株所結者

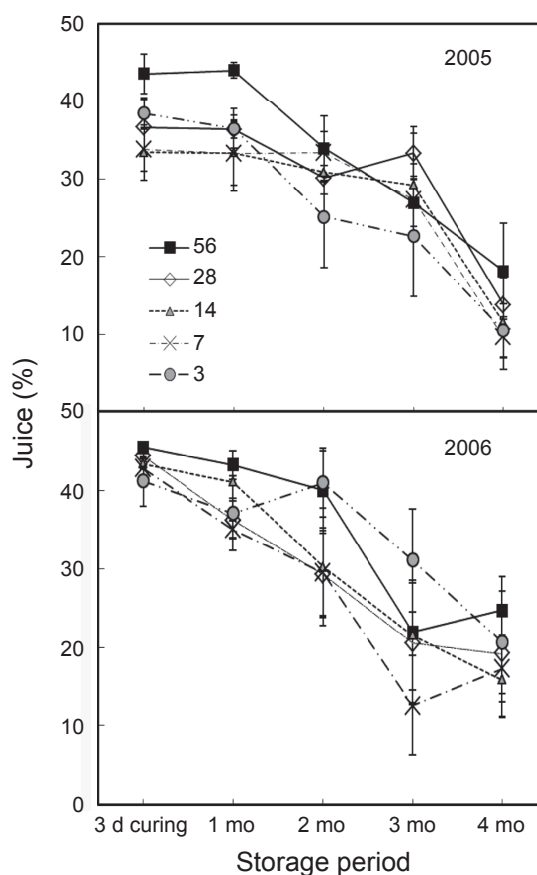


圖 2. 採收前斷水處理天數對周徑 25 cm 之椪柑果實貯藏期間果汁率之影響。

Fig. 2. Effect of withholding water supply before harvest on the percentage of juice of medium size (25 cm) 'Ponkan' mandarin during storage. Means of 3 tree replicates (5 fruits per tree) with standard error.

較高，且顯著高於採收前 14 d 內才斷水的植株所產之果實；但貯藏後各處理間無明顯差異 (表 1)。2006 年癒傷處理結束日之果實，僅採收前 56 d 即斷水者，其果實之 TSS 才顯著高於其他斷水期限者；而經過 1 mo 的貯藏，採收 56 d 前即斷水之植株所產果實，其可溶性固形物仍顯著高於採收前 14 d 內才斷水之植株所產者 (表 1)。

供試果實的 TA 含量均不甚高，2 個年期在癒傷處理結束日的椪柑，除了 2005 年採收前 28 d 即斷水之植株所產者偏低，僅 0.36% 之外，其餘不論植株之斷水期限為何，其含量均介於 0.42–0.48% 之間 (表 2)。隨著貯藏

表 1. 採收前斷水處理天數對周徑 25 cm 之極柑果實貯藏期間可溶性固形物含量之影響。

Table 1. Effect of withholding water supply before harvest on total soluble solids (°Brix) of medium size (25 cm) 'Ponkan' mandarin during storage.

Water withholding (d)	Storage period			
	3 d curing	1 mo	2 mo	3 mo
2005				
56	8.2 ab ^z	8.7 a	8.2 a	7.2 a
28	8.4 a	9.0 a	8.0 a	7.5 a
14	7.6 b	8.5 a	8.1 a	6.6 a
7	7.6 b	9.0 a	7.7 a	6.6 a
3	7.8 ab	9.3 a	7.8 a	6.8 a
2006				
56	8.9 a	8.4 a	8.2 a	7.3 a
28	8.2 b	7.9 ab	7.2 a	6.9 ab
14	7.7 bc	7.4 bc	7.6 a	5.8 b
7	7.5 c	6.7 c	6.9 a	5.8 b
3	7.8 bc	7.2 bc	8.1 a	6.8 ab

^z Means in each column with the same letter(s) are not significantly different at 5% level by LSD test.

表 2. 採收前斷水處理天數對周徑 25 cm 之極柑果實貯藏期間可滴定酸含量之影響。

Table 2. Effect of withholding water supply before harvest on titratable acidity (% as citric acid) of medium size (25 cm) 'Ponkan' mandarin during storage.

Water withholding (d)	Storage period			
	3 d curing	1 mo	2 mo	3 mo
2005				
56	0.44 a ^z	0.37 b	0.32 a	0.20 b
28	0.36 d	0.35 c	0.30 b	0.19 b
14	0.42 c	0.39 a	0.29 b	0.20 b
7	0.43 ab	0.35 c	0.27 c	0.20 b
3	0.42 bc	0.33 d	0.31 b	0.22 a
2006				
56	0.48 a	0.39 a	0.34 a	0.20 a
28	0.45 ab	0.34 a	0.28 a	0.21 a
14	0.42 b	0.36 a	0.26 a	0.18 a
7	0.43 ab	0.38 a	0.29 a	0.18 a
3	0.42 b	0.37 a	0.33 a	0.20 a

^z Means in each column with the same letter(s) are not significantly different at 5% level by LSD test.

期的延長，果實的 TA 逐漸下降，固酸比逐漸上升（圖 3），但在貯藏 3 mo 後，採收前 14 d 才斷水之植株所產果實，因 TSS 約已降低至 6°Brix，而 TA 已降至 0.2% 左右，食味早已偏淡（表 1、表 2）。

討論

本研究顯示，在採收時果園仍處於濕潤狀況下的果園，如植株能在採收前 56 d 即斷水者，則果實貯藏至採收後 2 mo 仍未顯現果肉乾粒化，而採收前 7 d 才斷水者，其果實在貯

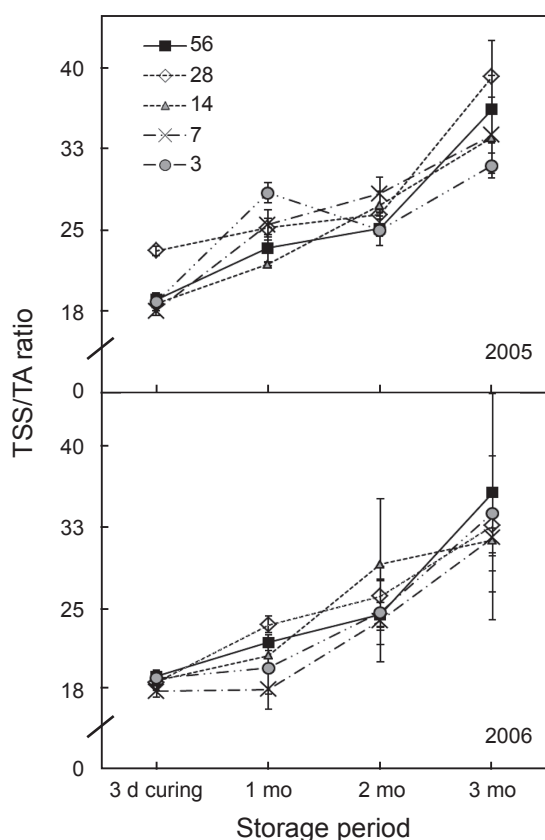


圖 3. 採收前斷水處理天數對周徑 25 cm 之椪柑果實貯藏期間糖/酸比之影響。

Fig. 3. Effect of withholding water supply before harvest on total soluble solids (TSS)/titratable acidity (TA) ratio of medium size (25 cm) 'Ponkan' mandarin during storage. Means of 3 tree replicates (5 fruits per tree) with standard error.

藏 1 mo 後即開始有果實顯現果肉乾粒化，且貯藏期延長至 3 mo 時，在採收前 28 d 內才斷水者，其所產果實之果肉乾粒化比率均高於 1 成 (圖 1)。顯示，若果實預定貯藏後再販售者，為減少果實貯藏後的乾粒化比率，宜儘早停止補充灌溉。果肉乾粒化係指柑橘果實瓢瓣，有部分 (或全部) 汁胞顯現出硬化、變色及食用味道變劣等問題的一種生理障礙 (Sinclair & Jolliffe 1961)，其發生率及發生程度受許多因素影響，諸如果園氣象條件、砧木種類、樹齡、果實著生位置、採收日期及果實大小 (Wen *et al.* 2013) 等。引起果肉乾粒化的確切原因目前尚不清楚，但一般柑橘在貯藏 2 mo 以後才比

較容易顯現 (Burns & Albrigo 1998)，而本研究在採收前 7 d 才斷水者，其所產果實在貯後 1 mo 即開始顯現 (圖 1)，顯示，太晚斷水不利椪柑之貯藏。

斷水期限除了影響果肉乾粒化之外，對其他的品質指標值也有所影響。由於 2 個供試年期的果園水分狀況，或可簡單區分為 2005 年期較乾燥而 2006 年期較濕潤，且此差異使得各指標值受影響情形有所不同。當果園較乾燥 (2005 年期) 時，早斷水植株所產果實之果皮較薄，且貯藏到 2 mo 時，各處理之果皮厚度均隨貯藏期之延長而增加；而果園較濕潤時 (2006 年期)，早斷水者所產果實之果皮較厚，且果皮厚度也較早不再增厚 (表 3)。減少樹體供水量對未貯藏果實之果皮厚度的影響，有認為缺水使果皮較薄 (Castel & Buj 1990)，也有指出影響效果不明顯或有些年期呈顯著差異，而有些年期則未顯著 (Treeby *et al.* 2007; García-Tejero *et al.* 2010)。此與本研究之結果相符，亦即果園的整體乾燥情形會左右斷水後植株的生理反應，且可能需達 2 wk 的乾燥才引起差異 (Hockema & Etxeberria 2001)。

椪柑植株採收前的斷水期限，對癒傷處理結束日 (即採收後 3 d) 果實品質指標值變化之影響，與同一試驗之果實於採收後 2 d 時分析之結果有部分相同而部分不同。採收後 2 d 時的品質指標值顯示：較晚斷水之植株所產果實，有 TSS 與 TA 含量較低之情形，但對果汁率影響尚不顯著 (Tang *et al.* 2008)；而本文在 2005 年期癒傷處理結束日之果實的 TSS 含量，係與採收後 2 d 分析時相似；但各斷水期限之植株所產果實的果汁率，已與採收後 2 d 時分析之結果不同，呈現較早斷水者之果汁率較採收前 14 d 內才斷水者高 (圖 2)，推測可能與果實癒傷期間的失水率改變了果汁所占比率有關。水分管理對果汁率的影響方面，有些報告指差異不顯著 (Castel & Buj 1990; Barry *et al.* 2004; García-Tejero *et al.* 2010)，但也有指出具負相關 (Pérez-Pérez *et al.* 2009)，有些報告則指出差異顯著與否視年期而異 (Romero *et al.* 2006)，與本研究之結果較為符合。

減少樹體的供水量可顯著增加所產果實

表 3. 採收前斷水處理天數對周徑 25 cm 之極柑果實貯藏期間果皮厚之影響。

Table 3. Effect of withholding water supply before harvest on peel thickness (mm) of medium size (25 cm) ‘Ponkan’ mandarin during storage.

Water withholding (d)	Storage period			
	3 d curing	1 mo	2 mo	3 mo
2005				
56	2.0 cd ^z	2.3 b	3.1 a	3.6 a
28	2.5 a	2.5 b	3.2 a	2.7 b
14	2.3 ab	2.8 a	3.3 a	2.8 b
7	1.8 d	2.8 a	3.0 a	2.8 b
3	2.0 bc	2.6 ab	3.2 a	2.6 b
2006				
56	2.4 a	3.3 a	3.2 a	2.8 b
28	2.4 a	3.2 a	3.1 a	3.5 a
14	2.5 a	2.7 b	3.4 a	2.7 b
7	2.3 a	2.8 ab	3.1 a	3.2 ab
3	2.5 a	2.7 b	3.0 a	2.9 b

^z Means in each column with the same letter(s) are not significantly different at 5% level by LSD test.

之果汁中 TSS 含量 (Albrigo 1975)，且供水量的減少與 TSS 之增加呈線性關係 (Castel & Buj 1990)；多數的報告也指出減少供水量，可使果汁中 TA 含量與 TSS 一樣呈現顯著增加 (Castel & Buj 1990; Treeby *et al.* 2007; García-Tejero *et al.* 2010)，或雖有影響但不顯著。將本研究的試驗結果，對應到減少供水量對上述各品質指標值之影響，顯示：早斷水者 (採收 28 d 以前) 其果汁中的 TSS 含量較晚斷水者高 (表 1)，但差異是否明顯視年而異。由於 TSS 和 TA 的增加並非因為植株反應缺水而使果實較小，而是水分逆境壓力引起的滲透壓調節反應 (Hockema & Etxeberria 2001)，且乾旱對柑橘果實的影響，以漢林橙為材料所進行的研究顯示，植株需乾旱 14 d 後，果實的酸及糖含量才與對照有顯著差異，此或可說明在本研究中，何以在採收前 28 d 即斷水的植株，其果實之 TSS 含量，可高於採收前 14 d 內才斷水者。

風味淡薄或果肉乾粒化為極柑貯藏後極易顯現之品質劣變方式，但採收時品質優良的果實，以適當方式可貯藏 3 mo。貯藏極柑果汁中 TSS 含量在第 1 mo 略增之後逐漸下降，其增加值及之後 3 mo 內的降幅均 < 1°Brix；酸

度在第 1 mo 下降略慢，經貯藏 3 mo 後平均約能維持在採收時含量之 70% 左右，品質仍然甚佳 (Liu *et al.* 1998; Liu *et al.* 2001; Liu *et al.* 2005)。將此結果對應到本研究中，在降雨較為緩和的 2005 年，於果實貯藏 1 mo 時，採收前 56 d 即斷水之植株所產果實的果汁率較高；而採收前 3 d 才斷水的植株所產果實，其果汁率在貯藏達 2 mo 時為所有斷水期限中最低者，唯差異不明顯 (圖 2)。至於貯藏後的 TSS 含量，在 2 個供試年期頗有差異，降雨情形較緩和的 2005 年，較符合一般極柑貯藏時的變化趨勢，且採收前 28 d 即斷水之植株所產果實，可維持較緩慢的下降曲線，故實際顯現風味淡薄的時間點，可稍微較晚。至於接近果實採收期仍有明顯雨勢的 2006 年，並無貯藏第 1 mo 略增的情形，但與 2005 年期一樣，均以早斷水者降幅較小 (表 1)。綜合本研究調查之各項品質指標值在貯藏期間之變化情形，顯示採收 14 d 內 (含) 仍持續灌溉者，其果實較不適合進行長期的貯藏，仍以盡早販售為宜。

誌謝

本研究由行政院農委會計畫編號 94 農

科-1.3.2-農-C3、95 農科-1.3.2-農-C2 及 105 農科-9.4.2-農-C1 支持，雲林縣古坑鄉黃清武先生慨借果園配合試驗，研究助理黃槿綉、官美賢及黃冠榮等先後協助調查，謹此致謝。

引用文獻

- Albrigo, L. G. 1975. Water relations and citrus fruit quality. p.41–48. *in*: Citrus Short Course: Water Relations. (Sauls, J. W. and L. K. Jackson, eds.) Fruit Crops Department, University of Florida. Gainesville, FL. 87 pp.
- Barry, G. H., W. S. Castle, and F. S. Davies. 2004. Rootstocks and plant water relations affect sugar accumulation of citrus fruit via osmotic adjustment. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 129:881–889.
- Burns, J. K. and L. G. Albrigo. 1998. Time of harvest and method of storage affect granulation in grapefruit. *HortScience* 33:728–730.
- Castel, J. R. and A. Buj. 1990. Response of Salustiana oranges to high frequency deficit irrigation. *Irrig. Sci.* 11:121–127.
- Chartzoulakis, K., N. Michelakis, and E. Stefanoudaki. 1999. Water use, growth, yield and fruit quality of ‘Bonanza’ oranges under different soil water regimes. *Adv. Hort. Sci.* 13:6–11.
- Elfving, D. C. and M. R. Kaufmann. 1972. Diurnal and seasonal effects of environment on plant water relations and fruit diameter of citrus. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97:566–570.
- García-Tejero, I., J. A. Jiménez-Bocanegra, G. Martínez, R. Rmero, V. H. Durán-Zuazo, and J. L. Muriel-Fernández. 2010. Positive impact of regulated deficit irrigation on yield and fruit quality in a commercial citrus orchard [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck, cv. salustiano]. *Agric. Water Manage.* 97:614–622.
- 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.
- Jahn, O. L. 1973. Inflorescence types and fruiting patterns in ‘Hamlin’ and ‘Valencia’ oranges and ‘Marsh’ grapefruit. *Amer. J. Bot.* 60:663–670.
- Koo, R. C. J. and G. T. Hurner. 1969. Irrigation requirements of citrus grown on Lakewood fine sand. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 82:69–72.
- Levy, Y., H. Bielorei, and J. Shalhevet. 1978. Long-term effects of different irrigation regimes on grapefruit tree development and yield. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103:680–683.
- Liu, F. W., C. H. Han, and Y. C. Liang. 2005. Quantitative changes in each component of quality attributes in ‘Ponkan’ mandarin (*Citrus reticulata* Blanco), ‘Tankan’ (*C. tankan* Hayata), and ‘Liucheng’ Orange (*C. sinensis* Osbeck) during longterm storage. *J. Chinese Soc. Hort. Sci.* 51:217–228. (in Chinese with English abstract)
- Liu, F. W., C. H. Pan, S. M. Hsueh, and T. H. Hung. 1998. Influences of maturity at harvest and storage temperature on the storability of ‘Ponkan’ mandarin (*Citrus reticulata* Blanco). *J. Chinese Soc. Hort. Sci.* 44:239–253. (in Chinese with English abstract)
- Liu, F. W., S. M. Hsueh, and T. H. Hung. 2001. Influences of storage temperatures and bagging methods on storage losses and post-storage quality of ‘Ponkan’ mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) and Tankan (*Citrus tankan* Hayata). *J. Chinese Soc. Hort. Sci.* 47:383–390. (in Chinese with English abstract)
- Pérez-Pérez, J. G., J. M. Robles, and P. Botía. 2009. Influence of deficit irrigation in phase III of fruit growth on fruit quality in ‘lane late’ sweet orange. *Agric. Water Manage.* 96:969–974.
- Romero, P., J. M. Navarro, J. Pérez-Pérez, F. García-Sánchez, A. Gómez-Gómez, I. Porras, V. Martínez, and P. Botía. 2006. Deficit irrigation and rootstock: Their effects on water relations, vegetative development, yield, fruit quality and mineral nutrition of Clemenules mandarin. *Tree Physiol.* 26:1537–1548.
- Sinclair, W. B. and V. A. Jolliffe. 1961. Chemical changes in the juice vesicles of granulated Valencia oranges. *J. Food Sci.* 26:276–282.
- Southwick, S. M. and T. L. Davenport. 1986. Characterization of water stress and low temperature effects on flower induction in citrus. *Plant Physiol.* 81:26–29.
- Tang, C. H., M. H. Lu, A. S. Hwang, and H. T. Hsu. 2008. Influence of refraining water supply before harvest on soil water content and fruit quality of ‘ponkan’ mandarin (*Citrus reticulata* Blanco). *J. Chinese Soc. Hort. Sci.* 54:287–293. (in Chinese with English abstract)
- 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. *Agric. Water Manage.* 91:24–32.
- Wen, M. X., X. G. Shi, P. Wang, and S. H. Wu. 2013. Physiological characteristics of different sizes of Satsuma mandarin fruit with granulation during storage stage. *Acta Agric. Zhejiangensis* 25:59–63.
- 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.

Effects of Pre-Harvest Water Management on Quantitative Changes of Quality Attributes in ‘Ponkan’ Mandarin (*Citrus reticulata* Blanco)

Chia-Hui Tang^{1,*}

Abstract

Tang, C. H. 2017. Effects of pre-harvest water management on quantitative changes of quality attributes in ‘Ponkan’ mandarin. *J. Taiwan Agric. Res.* 66(2):126–133.

To study the effect of pre-harvest water management on medium size (25 cm) ‘Ponkan’ mandarin, irrigation was suspended 56, 28, 14, 7 and 3 days prior to harvest and irrigation was withheld as a control in two consecutive years. Withholding water supply 7 days prior to harvest produced earlier the incidence of granulation than in the other treatments. After 1-month of fruit storage, withholding water supply 56 days prior to harvest produced more juice content than in the other irrigation treatments. At the initial storage, the total soluble solids (TSS) was observed increased at 2005 over the treatments. After 2-month of storage, it was found decreased, but not in fruit harvested from 2006. The TSS content of fruit decreased gradually with the advancement of the storage period and the decreasing trend was influenced significantly by different treatments.

Key words: ‘Ponkan’ mandarin, Storage, Granulation, Quality.

Received: May 24, 2016; Accepted: August 2, 2016.

* Corresponding author, e-mail: tang@dns.caes.gov.tw

¹ Assistant Research Fellow, Department of Horticulture, Chiayi Agricultural Experiment Station, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.