

國立臺灣大學生物資源暨農學院園藝暨景觀學系



碩士論文

Department of Horticulture and Landscape Architecture

College of BioResources and Agriculture

National Taiwan University

Master thesis

採收期與疏花對金柑(*Fortunella spp.*)

開花與果實生育之影響

Effect of Harvest Date and Flower Thinning on Flowering
and Fruit Growth of Kumquats (*Fortunella spp.*)

葉侑橋

You-Chiao Yeh

指導教授：陳右人 博士

Advisor: Iou-Zen Chen, Ph.D.

中華民國 104 年 7 月

July 2015

國立臺灣大學碩士學位論文
口試委員會審定書

採收期與疏花對金柑(*Fortunella spp.*)

開花與果實生育之影響

Effect of Harvest Date and Flower Thinning on Flowering
and Fruit Growth of Kumquats (*Fortunella spp.*)

本論文係葉侑橋君 (R01628103) 在國立臺灣大學園藝暨景觀學系、所完成之碩士學位論文，於民國一零四年七月十三日承下列考試委員審查通過及口試及格，特此證明

口試委員：

李金盛

阮素芬

陳右人

(指導教授)

誌謝

感謝在就學與研究生涯中所遇到的老師、農民、學長姐、同學與學弟妹們，沒有這些相遇不會促使這本書出現。更感謝父母與兄之協助與包容，讓我可以無顧慮的花費三年時間完成碩士論文。希望這本書可以引發更多金柑研究或是柑橘類果樹之研究，也期許自己能在果樹這條路上持續行進。



摘要



本試驗先探討採收時間與長實金柑(*Fortunella margarita* Swingle)、長壽金柑(*Fortunella obovata* Tanaka)與金彈(*Fortunella crassifolia* Swingle)果實品質之關係，再探討疏花處理對長實金柑花期、結果期之影響，以討論疏花能否調整金柑產期。

金柑在夏季時可連續開花，故採收期長可達數月。金柑果農採收標準為果皮轉色與否。依此標準，自 2013 年 11 月 3 日起，每 15 天自宜蘭礁溪果園採集果實，調查果實之糖度、有機酸含量等性狀，以了解三種金柑之採收適期。長實金柑，果實自 11 月 3 日到 12 月 18 日共採收四次，12 月 3 日採收之果實，糖酸比為 12.37 顯著高於其他三次採收，而 11 月 3 日採收果實之有機酸含量為 1.63 % 顯著高於其他三次採收，果重及體積以 12 月 3 日採收果實較高於其他三次採收，分別為 16.49 g 與 17.73 cm³，主要採收適期從 12 月開始。長壽金柑果實自 11 月 3 日至翌年 2 月 1 日共採收七次，重量與體積以 11 月 18 日到 12 月 18 日連續三次採收之果實較其餘四次採收之果實為重且大，平均有 37.85 g 與 41.63 cm³；12 月 3 日採收果實之總可溶性固形物為 9.24 °Brix，顯著高於其他六次採收之果實，故長壽金柑採收適期為 11 月至 12 月；金彈自 12 月 3 日至翌年 1 月 2 日共採收三次，糖酸比由 33.89 降至 18.12，故金彈採收適期由 12 月開始。長實金柑適採期較長壽金柑晚一個月，且在採收適期前一個月果實品質差，易造成多餘人力消耗，而若減少非採收適期果實數目與增加適採期的產量，有助於增加農民收益。

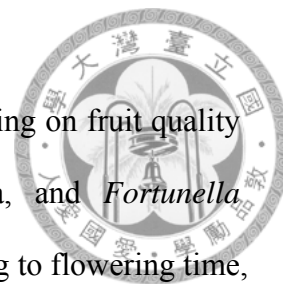
在 2014 年 6 月至 9 月，對宜蘭礁溪果園共 32 棵長實金柑植株，進行 8 個疏花處理。長實金柑每年可開花四至五期，花期集中於第一期花，平均每枝條有 7 朵花，結 2 個果實為結果之主要貢獻者。若將第一期花疏除，將減少該枝條產量。然僅疏除第一期花者，第二期花數與結果數顯著高於未處理者之第二期花。將三期花全疏除，會使花期及結果期延後近 2 個月，且平均每枝條少於 1 朵花，產量低下。疏花處理後，花期及結果期延後，越晚疏花延後越久。雖疏花處理使平均

結果數下降，然第一期花多，著果率相較為低。夏季金柑兩周開花一次，經疏花處理後隔次花期需兩周，可藉疏第一期花來促使第二期花發生。疏去一期花即可使長實金柑結果期延遲一個月，可達成增加採收適期果實數之目標。

關鍵字：採收適期、糖酸比、結果率、可溶性固形物含量、有機酸含量



Abstract



In this research, we discussed the possible effects of harvest timing on fruit quality of *Fortunella margarita* Swingle, *Fortunella obovata* Tanaka, and *Fortunella crassifolia* Swingle. We also discussed the effects of flower thinning to flowering time, fruit set timing, and fruit quality of *F. margarita* Swingle. These allow us to know the possibility of forcing through flower thinning in kumquat production.

Kumquat flowers continuesouly during summer, therefore, the time for harvest lasts several months. Whether to harvest or not depends on fruit coloration. According to the criteria for harvest from local cultivators, we harvested fruits from orchards located in Jiaoxi, Ilan, every 15 days starting from Nov. 3rd, 2013. The measurement of total soluble solids and organic acid contents were made to better understand the appropriate time to harvest. Fruits of *F. margarita* were collected four times from Nov. 3rd to Dec. 18th. The fruits harvested on Dec. 3rd have higher ratio of total soluble solids to organic acid contents, which was 12.37, compared with the rest. The fruits harvested on Nov. 3rd have higher organic acid contents, which was 1.63%. The fruits harvested on Dec. 3rd have higher fruit weights and volume, which were 16.49 g and 17.73 cm³, when comparing to other time of harvest. The appropriate time for harvest starts from December for *F. margarita*. As for *F. obovata*, a total of seven times of harvest was done from Nov. 3rd to Feb. 1st next year. The fruits harvested from Nov. 18th to Dec. 18th have an average weight and volume of 37.85 g and 41.63 cm³, which was greater than fruit from other time for harvest. In the fruits harvested on Dec. 3rd, total soluble solid reached 9.24 °Brix, which is the highest in the entire harvest season. The appropriate harvest season for *F. obovata* is found from Nov. to Dec. As for *F. crassifolia*, a total of three times of harvest was done from Dec. 3rd to Jan. 2nd next year. The ratio of total soluble solid to organic acid contents decreased from 33.89 to 18.12 if the time for harvest delayed. In short, the appropriate harvest time for

premium quality of *F. margarita* was later than that of *F. obovata*, with a month of poor fruit quality before the appropriate harvest time, which waste labour cost. If an increment in the number of fruit set can be imposed into the appropriate harvest time, it's possible to raise grower's income.



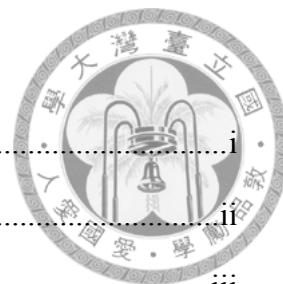
From Jun. to Sep., 2014, eight flower thinning treatments were made to thirty-two *F. margarita* trees in the orchard in Jiaoxi, Ilan. *F. margarita* flowers four to five times a year, while the time for most flowers anthesis of *F. margarita* is mainly in first flowering time, an average of seven flowers and two fruits per shoot was observed, which contributed mainly to the total number of fruit set. Flower thinning was done on Jun. 30th, this caused a decrement in total fruit set. However, only flowers were thinned in the first flowering time, the amount of flower anthesis and fruit set in the second flowering time were significantly more than the second flowering time when untreated. If flowers were thinned for three flowering times, the next flowering time and main fruit set timing will be postponed to about two months, with an average number of flowers less than one flower per shoot and lower yield. After thinning, a delay was found in timing of both flowering and fruit set. The later thinning was done, the longer these periods postponed. Although, thinning gave a decrement in total number of fruit set. Relatively low rate of fruit set and drastic yield variation due to weather condition can be assumed, since large amount of flowers anthesis in the first flowering time. In summer, after the first flowering time, the second flowering time appeared for about two weeks later. Flower thinning in the first flowering time can assure a delay in the time for the second flowering time with certain amount of flowers and fruit set. In sum, flowering thinning in the 1st flowering time can postpone the time of fruit set for a month, reaching the goal of raising the number of fruit set in the appropriate harvest time for *Fortunella margarita* Swingle.

Key Word: appropriate harvest time, the ratio of total soluble solid to organic acid

contents, fruit set, total soluble solid, organic acid contents

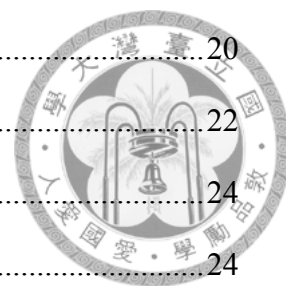


目錄

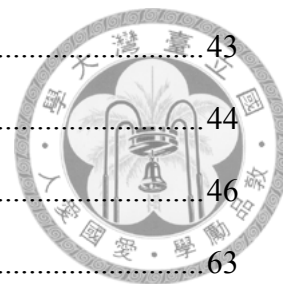


口試委員會審定書.....	i
誌謝.....	ii
摘要.....	iii
Abstract.....	v
目錄.....	viii
表目錄.....	xi
圖目錄.....	xii
前言.....	1
前人研究.....	3
一、柑橘類概述.....	3
(一)經濟地位.....	3
(二)柑橘類之分類.....	5
(三)柑橘類果實特性.....	6
(四)柑橘類開花特性.....	7
二、疏花與疏果對柑橘生產之影響.....	9
(一)柑橘疏花對果實品質之影響.....	9
(二)柑橘疏果對果實品質之影響.....	10
(三)疏花與疏果對果樹生產成本效益之影響.....	12
三、金柑生育特性.....	14
(一)溫度對金柑生育之影響.....	14
(二)土壤溼度對金柑生育之影響.....	15
(三)金柑果實品質特性.....	17
四、柑橘果實轉色.....	18
(一)溫度對柑橘果實轉色之影響.....	18

(二) 乙烯對柑橘果實轉色之影響.....	20
(三) 利用採前特定日數之溫度預測轉色時間.....	22
材料與方法.....	24
一、金柑果實品質於不同採收期之表現.....	24
(一) 材料.....	24
(二) 方法.....	24
(三) 統計分析.....	25
二、疏花對長實金柑開花與果實生育之影響.....	25
(一) 材料.....	25
(二) 方法.....	26
(三) 統計分析.....	26
結果與討論.....	27
一、金柑果實品質於不同採收期之表現.....	27
(一) 長實金柑、長壽金柑與金彈果實基本性狀差異.....	27
(二) 長實金柑不同採收期之品質表現.....	28
(三) 長壽金柑不同採收期之品質表現.....	30
(四) 金彈不同採收期之品質表現.....	34
(五) 日均溫變化與適採期判定.....	35
(六) 小結.....	36
二、疏花對長實金柑開花與果實生育之影響.....	37
(一) 對平均開花數與結果數之影響.....	37
(二) 對主要結果期之影響.....	39
(三) 對著果率之影響.....	40
(四) 疏花次數對開花與果實生育之影響.....	41
(五) 對小花苞發生數目之影響.....	42



(六)對整體開花與果實生育之影響.....	43
(七)小結.....	44
結論.....	46
參考文獻.....	63
附錄.....	88



表目錄

表 1. 宜蘭地區之長實金柑(<i>Fortunella margarita</i> Swingle)、長壽金柑(<i>F. obovata</i> Tanaka)與金彈(<i>F. crassifolia</i> Swingle)果實性狀與花期之比較	47
表 2. 不同採收期長實金柑(<i>Fortunella margarita</i> Swingle)果實性狀之調查(2013)	48
表 3. 不同採收期長壽金柑(<i>Fortunella obovata</i> Tanaka)果實性狀之調查(2013)	49
表 4. 不同採收期金彈(<i>Fortunella crassifolia</i> Swingle)果實性狀之調查(2013)	50
表 5. 宜蘭地區適採期與非適採期之長實金柑(<i>Fortunella margarita</i> Swingle)與長壽金柑(<i>F. obovata</i> Tanaka)果實性狀之比較 (2013)	51
表 6. 2014 年宜蘭地區長實金柑(<i>Fortunella margarita</i> Swingle)各花期之始花日與結實日	52
表 7. 疏花次數對長實金柑開花與結實之影響	53
表 8. 疏花處理對長實金柑開花與結果之影響	54

圖目錄



- 圖 1. 金柑密度與可溶性固形物含量、有機酸含量與糖酸比之線性迴歸關係(a)長實金柑(*F. margarita*) (b)長壽金柑(*F. obovata*) (c)金彈(*F. crassifolia*).....55
- 圖 2. 疏花處理對長實金柑(*Fortunella margarita* Swingle)周年開花與結果之影響(a)疏一期花(b)疏一、二期花(c)疏一、二、三期花(d)疏一、三期花(e)疏二期花(f)疏三期花(g)疏二、三期花(h)不疏除57
- 圖 3. 疏花處理隊長實金柑各期花開花與結果比例分配之影響(a)疏一期花(b)疏一、二期花(c)疏一、二、三期花(d)疏一、三期花(e)疏二期花(f)疏三期花(g)疏二、三期花(h)不疏除59
- 圖 4. 疏花處理對各期花開花與與著果率之影響(a)疏一期花(b)疏一、二期花(c)疏一、二、三期花(d)疏一、三期花(e)疏二期花(f)疏三期花(g)疏二、三期花(h)不疏除61
- 圖 5. 針對長實金柑前三次花期進行疏花對小花苞數目之影響.....62

前言



金柑(*Fortunella spp.*)，英文名 kumquat，又稱金橘，是芸香科(Rutaceae)金柑橘亞科(Aurantioideae)金柑屬(*Fortunella*)植物之總稱。金柑屬植物為多年生常綠小喬木或是灌木類木本植物，小型者約一至二公尺高，大型者可達三至四公尺。葉形為單身複葉、披針形、翼葉小、葉厚且革質、成熟葉偏濃綠色有光澤，早春萌梢時不開花，萌梢後 1 至 2 個月，即每年五到六月，於春梢葉腋或二次梢之頂梢或葉腋形成花蕾，並於花蕾出現後 1 至 2 周內開花，花多為單花、少部分形成花序，花小為白色；當葉腋形成花蕾後，通常一次會開放一至多朵花，爾後每隔約兩周，每個葉腋皆有機會再形成花蕾並開放。

據田中長三郎氏分類，目前金柑屬主要為六個種，分別為金豆柑(*Fortunella hindsii* Swingle)、圓金柑(*F. japonica* Swingle)、長實金柑(*F. margarita* Swingle)、金彈(寧波金柑) (*F. crassifolia* Swingle)、長壽金柑(*F. obovata* Tanaka)與長葉金柑(*F. polyandra* Tanaka)。金豆柑常作景觀植物，果實大小約 1 cm³，無食用價值。圓實金柑為臺灣常見金柑之一，亦作盆景使用，果皮無味道，果肉酸但可入口，因在年節期間結果，具有應景之觀賞價值。長實金柑是臺灣最主要商業栽培金柑，皮具甜味，但果肉具一定有機酸含量。台灣生產之長實金柑多加工使用，部份供給鮮食市場。目前經吉園圃認證的長實金柑產銷班為主要鮮食金柑生產者，大部分集中礁溪地區，每公斤售價最高可達 150-250 元。金彈及長壽金柑少量種植於宜蘭地區，金彈果皮味道淡且無刺激性，果肉糖度極高，極適合鮮食市場。長壽金柑果皮甜，果肉有機酸含量較長實金柑為低，單果重高於長實金柑，為最大型的金柑，有供應鮮食市場的潛力或供萃取精油使用。長葉金柑在僅在嘉義農業試驗分所種植，為重要之種原。

102 年全臺金柑種植面積達 253.76 公頃(農情統計資料網)，其中 90%以上產區集中在宜蘭縣，為宜蘭地區重要果樹(李, 2001)。金柑總產量之 70%供作加工使用(陳與張, 2012)。近年來開始推廣鮮食金柑，相較於加工用金柑利潤較高，

在年節期間供給鮮食市場，為一節慶型水果。

長實金柑一年多次開花之習性與四季橘相似，全年有三至六次花期(Chang *et al.*, 2014)，但與四季橘及一般柑橘差異最大的是其春梢不開花，且在下半季高溫期形成花芽(林, 2012)，在日夜溫 30/25°C 處理下，甚至可不斷抽梢與開花(郭, 2014)。長實金柑前 3 次花期分別始於 6 月上旬、中旬及 7 月上旬，果實成熟需 3-5 個月，10 月後可採收的果實逐漸增多(李, 1997)。因花期長，採收期最早可以從 10 月開始到隔年 2 月為止。長實金柑果實於 10 月即可採收，但品質較差，多供給加工使用，因價格低，採收費工，故利潤低。越晚採收者，品質逐漸提高，且接近年節，鮮食用比例提高，故若能延後花期使果實成熟期集中於年節前，將會明顯提升生產效益。不過長實金柑之採收，大多遵循農民慣行方法，以顏色判定成熟度；但由於柑橘類果實之轉色與氣溫關係密切，導致不同季節同一轉色程度之果實，可能成熟度並不相同。

枝條發生季節影響金柑之生產，大陸融安滑皮金柑一年有三至四次梢期及花期，春梢果枝條以 5-10cm 者著果率最佳，故當地以生產春梢果為主(黃等, 2009)。此外大陸、日本集中花期與結果期於第一期春梢花，也是為了避免早霜霜害落果與發育日數不足，而造成轉色不良與果實品質低落(Iwahori and Tominaga, 1986)。不過，台灣金柑生產並無霜害問題，若果實品質不因花期不同而有差異，適度修剪或疏花可調節花期並延後產期，可以擴延果實供應期，實際上，中晚期果供鮮食為主，延後產期能提高收益，將有助於產業之發展。

本試驗先以農民採收標準調查與分析長實金柑、金彈(寧波)金柑及長壽金柑三種金柑最適採收期，再針對長實金柑進行疏花處理，觀察花期、著果期延後日數與著果率差異，討論處理後果實品質之差異，探討疏花對金柑調節產期之可能性，最後進一步了解全株疏花處理與金柑花芽形成與花發生速率之關係，以確定疏花後下次花期發生之預估方法。

前人研究



一、柑橘類概述

(一)經濟地位

柑橘類(*Citrus spp.*)泛指枳殼屬(*Poncirus spp.*)、柑橘屬(*Citrus spp.*)與金柑屬(*Fortunella spp.*)三屬之植物，是全球栽植面積最大之亞熱帶常綠果樹，產業涵蓋廣泛，由於能種間雜交及易發生芽條變異，使品種具多樣性。柑橘類除葡萄柚(*grapefruit, Citrus x paradisi*)外，多發源於亞洲東南部，以中國西南部為中心，西起印度，東到日本、台灣，南到熱帶亞洲，北至中國淮河一帶。目前，柑橘栽培已遍佈全球熱帶及亞熱帶地區(北緯 40°至南緯 40°間)，六大洲中至少 137 個國家有種植(Davies and Albrigo, 1994; Ismail and Zhang, 2004; Korsten and Taverner, 2012)。

據聯合國糧農組織(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)統計，2013 年全球柑橘類種植面積為 967.8 萬公頃，產量為 13,576.1 萬公噸，主要生產國根據產量排序為中國大陸(305.1 萬公頃，3,310.4 萬公噸)、巴西(80.2 萬公頃，1,973.4 萬公噸)、美國(32.2 萬公頃，1,013.3 萬公噸)、印度(97 萬公頃，1,009 萬公噸)、墨西哥(55.6 萬公頃，761.3 萬公噸)、西班牙(30.7 萬公頃，637.9 萬公噸)、埃及(17.3 萬公頃，409.2 萬公噸)、奈及利亞(79.5 萬公頃，380 萬公噸)、土耳其(12.5 萬公頃，368.1 萬公噸)、阿根廷(14.5 萬公頃，281.4 萬公噸)，前十大產國占全球種植面積 74.4%，產量占 74.7%。依類別分，甜橙採收面積為 407.9 萬公頃，產量為 7,144.5 萬公噸；寬皮柑採收面積為 289.3 萬公頃，產量為 2867.8 萬公噸；檸檬與萊姆採收面積為 100.1 萬公頃，產量為 1,519.1 萬公噸；柚與葡萄柚採收面積為 32.8 萬公頃，產量為 845.3 萬公噸；其他柑橘採收面積為 137.4 萬公頃，產量為 1,199.2 萬公噸。其中，甜橙的產量佔世界柑橘產量之 52.6%，寬皮柑佔 21.1%，檸檬與萊姆佔 11.1%，柚與葡萄柚佔 6.2% (FAO, 2015)。

甜橙除為世界主要生產的柑橘之外，已是全球生產量第三大之水果，主要作為果汁用，亦作為鮮食使用。

根據 2013 年農業統計年報，臺灣果樹種植面積達 18.7 萬公頃，在柑橘類中以椪柑種植面積最廣為 9,797 公頃，其次為柳橙達 5,628 公頃、文旦柚與白柚 5,012 公頃、桶柑 3,331 公頃、檸檬 1,888 公頃、其他柑橘類種植面積為 3,991 公頃，柑橘類總產量共 50 萬 6,130 公噸，占全臺灣果樹產量 18.9%。

柑橘之栽植面積與產量在世界或台灣皆為前三大果樹，同時具相當大的經濟效益。2014 年台灣國內市場柑橘類果實平均交易價為 29.7 元/公斤，平均交易量為 93,292.8 公噸，產值至少達到 27.7 億元；國內生產柑橘以交易量大小依序為椪柑 24,578.1 公噸，均價 25 元/公斤；柳橙 21,772.3 公噸，均價 21.1 元/公斤；桶柑 9,096.6 公噸，均價 34.7 元/公斤；茂谷柑 7,739.2 公噸，均價 42 元/公斤；檸檬 6,711.2 公噸，均價 43.4 元/公斤；文旦 6,484 公噸，均價 24.5 元/公斤；萊姆 3,965 公噸，均價 46.6 元/公斤；海梨柑 2,136.5 公噸，均價 22.5 元/公斤；紅肉葡萄柚 1,897.2 公噸，均價 18.4 元/公斤；四季橘 875.7 公噸，均價 35.1 元/公斤；白柚 634.2 公噸，均價 22.8 元/公斤；西施柚 602.8 公噸，均價 19.5 元/公斤；美女柑 501.2 公噸，均價 32.4 元/公斤；白肉葡萄柚 461.5 公噸，均價 20.4 元/公斤；金柑 244.1 公噸，均價 41.7 元/公斤；佛利蒙 243.4 公噸，均價 43.6 元/公斤，以上 15 種柑橘占國內生產柑橘交易量之 99%。進口柑橘在國內市場依交易量大小依序為甜橙 2,785 公噸，均價 42.4 元/公斤；進口紅肉葡萄柚 1,278.2 公噸，均價 33.3 元/公斤；椪柑 398.6 公噸，均價 94.1 元/公斤；雜柑 32.9 公噸，均價 336.2 元/公斤；柚子 3.9 公噸，均價 24.4 元/公斤，總計約 4,498.6 公噸，僅占國內市場柑橘總交易量的 4%，僅補充國內柑橘生產淡季所需(農產品交易行情站, 2015)。

柑橘為世界性重要果樹，具有高經濟價值、營養價值及附加價值。鮮食品種具高糖酸比特性，加工品種則以高榨汁率及耐機械採收，酸用品種則具低糖酸比及其他特殊風味。柑橘育種有相當長的歷史，各國皆有具特色品種育成，雖產業

歷史悠久仍有新品種育成與技術突破，柑橘於世界之重要性可見一斑。



(二)柑橘類之分類

柑橘屬植物易發生種內及種間雜交產生之可稔後代，且因珠心胚特性，母本特性可保留，得以維持高遺傳特性，但隨人類文明發展，不同地區柑橘因地理障礙、自然雜交及芽條變異(Chapot, 1975; Scora, 1975)，導致大量出現具型態差異柑橘。

依據分類學家定義的不同，柑橘類在不同命名系統間，種的數量差異很大，其中柑橘屬(*Citrus*)最嚴重，最少有 11 種(Engler, 1931)，至最多則有 162 種(謙, 1969；林, 2004)。雖然植物學上柑橘屬於芸香科(Rutaceae)，柑橘亞科(Aurantioideae)，柑橘屬(*Citrus*)，但園藝界的柑橘類是柑橘屬、枳屬與金柑數的總稱。一般柑橘的分類大致上分為大種主義及小種主義兩個系統，兩系統在枳屬(*Poncirus spp.*) (Swingle and Reece, 1967)與金柑屬(*Fortunella spp.*) (Swingle, 1915)大致相同，然而在柑橘屬(*Citrus spp.*)上歧異大。田中長三郎教授於 1954 年提出之分類法，衍生為大眾接受的小種主義系統，以花序、翼葉及花色特徵為主要分類標準共定義出 162 種(謙, 1969；林, 2004)。

小種主義分類系統下，柑橘屬分原生柑橘亞屬(*Archicitrus*)及後生柑橘亞屬(*Metacitrus*)兩個亞屬。原生柑橘亞屬(*Archicitrus*)在演化上較為原始，花為總狀花序且大，花絲有分離傾向，心皮間固著性強，與外皮緊密結合，種子大，胚為白色。後生柑橘亞屬(*Metacitrus*)，演化上較為進化，花單生或叢生，未形成花序，心皮間易分離，與外皮不密合，種子少且胚為綠色。

原生柑橘亞屬下分五區，分別為大翼橙區(Papeda)、萊姆區(Limonellus)、檸檬與枸橼區(Citruפורum)、文旦與柚區(Cephalocitrus)及橙與蜜柚區(Auratium)。此五區柑橘多原生於熱帶與亞熱帶間，其中大翼橙區之植物全為熱帶植物，翼葉常大於本葉；此外原生柑橘亞屬易因乾旱導致花芽分化發生。

後生柑橘亞屬則下分三區，分別為香橙區(Osmocitrus)、蜜柑區(Acrumen)、

偽金柑區(*Pseudofortunella*)。這個亞屬之植物通常翼葉較小，原生地多在溫暖的溫帶到亞熱帶間，多數因低溫及乾燥而花芽分化(張, 1986)，然而偽金柑區之四季橘會因高溫誘導而花芽分化(賴, 2005; 賴與陳, 2007)。



田中及後繼的小種主義分類家在柑橘屬內定義 2 個亞屬超過 160 個種，相較於大種主義代表之 Swingle 系統，僅定義 16 種且無亞屬存在，系統較為複雜，且種的階層數量非常多。

近年來，利用分子標誌檢視型態分類可靠性，歐美認知的大種主義，開始逐漸偏向小種主義。根據 cp-DNA 序列分析 Swingle 認定，原本僅 16 個種的柑橘屬，至少應增加至 27-35 個種(Araújo *et al.*, 2003)。


金柑屬(*Fortunella spp.*)可分為真金柑亞屬(*Eufortunella*)與金豆亞屬(*Protocitrus*)兩個亞屬。金柑屬植物原生地較後生柑橘亞屬偏北，大概在長江流域及相同緯度之地區，耐寒性應僅弱於枳屬。其中真金柑亞屬植物之果實皮有甜味，肉酸，且皮肉皆可食用。開花與花芽誘導之因子與多數後生柑橘亞屬植物不同。

枳殼屬(*Poncirus*)，僅一種，即枳殼(*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.)，原生於長江至淮河一帶，具三出複葉，為典型之落葉樹(謙, 1969; 劉, 1985; 林, 2004)。

(三)柑橘類果實特性

柑橘類果實為柑果(*hesperidium*)，具有革質之外皮包裹可食部位，不同於其他的漿果，柑果之果皮是由外層有色的外果皮(*flavedo*)與白色海綿狀中果皮(*albedo*)共同構成，而可食部位則是中果皮，即是心皮內部衍生成內含砂囊(*juice sac*)與種子的瓢囊(*segment*)。瓢囊外的革質組織可以保護果實，避免儲藏的水分散失(Albrigo and Carter, 1977)。柑果為非更年性果實，無乙烯及呼吸高峰產生，且因所含澱粉量少，儲藏過程中果實品質變化不大，僅有部分果實有酸度下降的情況，不過檸檬(Batchelor and Bitters, 1954)與‘Palestine’萊姆(Echeverria and Ismail, 1987)則在儲藏中，果汁有酸度上升的情況。

砂囊內的總可溶性固形物(*total soluble solids, TSS*)包含碳水化合物、有機酸、



胺基酸、脂質與各種礦物質，大概佔果實鮮重的 10%到 20%，其中有 70%到 80% 總可溶性固形物含量是由碳水化合物提供(Erickson, 1968)。總酸度(total acidity, TA) 不但影響果實品質與適口性，也是採收標準之一，主要是由有機酸貢獻；其中，柑橘類果實最主要由檸檬酸(Citric acid)所貢獻(70-90%) (Echeverria and Ismail, 1987)。雖然影響果實品質有相當多的評判標準，像是果皮轉色程度、果肉硬度等，但是最為主要影響到評判一個柑果品質優劣的因子，是其總可溶性固形物含量與總酸度的比例(Harding and Fisher, 1945)，即俗稱的糖酸比。

(四)柑橘類開花特性

柑橘類果樹除枳殼屬為落葉性木本植物外，多為熱帶至亞熱帶常綠果樹，性喜溫軟潮濕氣候。所有常綠樹都有相近開花習性，相較於其他因春化作用或光週期而花芽分化的園藝作物而言，易因環境轉換刺激，而誘導花芽分化，甚至促使開花(Wilkie *et al.*, 2008)。其中芒果、荔枝、澳洲胡桃、酪梨與大部分柑橘，會因 15-20°C 的涼溫而花芽分化(Davenport, 1990)，與落葉樹花芽分化機制有所不同，一般落葉樹在花芽分化到開花間有較長停滯期，花芽分化發生在早夏到晚秋間，直到隔年春天完成花器發育(Monselise and Goren, 1969)。


對一般柑橘類果樹而言，較低溫的冬季為花芽分化期(Davenport, 1990)。其中，芽體開始進行花芽原基之分化，大概是在仲冬時(Abbott, 1935; Nambu, 1934)。然而，原生地差異是影響花芽分化關鍵因子，原生亞熱帶柑橘，因秋冬溫度較低且有寒流，易被低溫誘導花芽分化；原生熱帶到亞熱帶地區者，乾旱較低溫刺激，更易誘導花芽分化(張, 1986; 林等, 2013; Albrigo and Saúco, 2004; Moss, 1976; Valiente and Albrigo, 2002)。少部分柑橘類發現不需溫度刺激，僅需達一定生長量即可花芽分化，其中檸檬與四季橘全年栽培皆可見花果發生(Nambu, 1937)，四季橘中剪後萌發的新梢，在日夜溫 15/13°C 到 30/25°C 下皆可開花，證實非所有柑橘類果樹，皆因低溫花芽分化(賴, 2005)。柑橘類之金柑每月經重剪後全年觀察，僅 2 到 5 月萌發新梢者具開花能力，表示環境影響花芽分化，非因為低溫促

使(Lin *et al.*, 2012), 而 25°C 以上之溫度會使新梢上芽體花芽分化並開放(郭, 2014; Chang *et al.*, 2014)。大部分柑橘芽體分化完成, 因低溫及發育不完全而暫時停滯不萌, 若給予高溫及除葉刺激, 可誘使抽梢開花並確定花芽分化時間(Inoue, 1990)。金柑花芽分化後即器官形成並開放, 高溫除了促使芽體分化外, 亦減少始花日數(郭, 2014; Chang *et al.*, 2014)。開花必須發生在花芽分化與花器發育完成後, 再給予一定溫度, 方能誘使枝條開花與萌梢, 一般認為開花適溫會略低於萌梢適溫(Lovatt *et al.*, 1984)。

柑橘類果樹開花枝依花著生型態可分為五種：一、帶葉單花枝, 僅有一朵花著生於新梢頂端、二、無葉單花枝, 短的春梢, 僅有一葉一花、三、帶葉多花枝, 春梢之頂芽、腋芽皆有花朵著生、四、無葉多花枝, 去年生枝條上各節位萌花、五、少葉多花枝, 去年生枝條帶有葉子而在各節位萌花(Erner and Bravdo, 1983; Moss, 1969)。枝梢發育型態差異又可分三類：一、營養梢(vegetative shoot), 僅有葉子存在, 長度較長、節間長, 常為直立枝；二、混合梢(mixed-type shoot), 又稱帶葉花序(leafy inflorescence), 通常可為帶葉單花枝或帶葉多花枝, 較高的葉花比使著果率較高；三、生殖梢(generative shoot), 即無葉單花枝或少葉多花枝, 由於養分競爭激烈, 著果率低且枝條易枯萎 (Moss, 1969)。

柑橘植體易產生純花序。雖然 Erner and Bravdo (1983)及 Jahn (1973)認為自然情況下產量來自此類花序, 然而開花數太多, 落花落果率高, 且養分供給不足, 在雨季或環境惡劣下, 一旦葉片無法提供足夠養分, 供果實生育, 即會發生大量落果。因此, 一般認為柑橘生產以帶葉花序為主(張, 1986; Davenport, 2003; Guardiola, 1981), 新梢葉片在發育 4-6 周後, 雖無法提高著果率, 卻可減低果實產生離層脫落之機率(Erner and Bravdo, 1983)。

物候變化對柑橘開花之影響, 主要是低溫與乾旱之效益(Inoue, 1990; Krajewski and Rabe, 1995)。近年來, 調控阿拉伯芥開花時間的 *FLOWERING LOCUS T (FT)*, 被發現在控制木本植物開花時間上, 扮演重要角色(Bohlenius *et*



al., 2006; Hsu *et al.*, 2006; Nishikawa *et al.*, 2007)。日本地區溫州蜜柑(*Citrus unshiu*) 在秋冬季因低溫而花芽分化(Inoue, 1990; Iwasaki, 1959; Krajewski and Rabe, 1995), 此時 *CiFT* 的表現量隨之增加, 隔年春天開花前 *CsLFY* 與 *CuSEP* 之 mRNA 含量亦增加(Nishikawa *et al.*, 2009), 而落葉性之枳殼(*Poncirus trifoliata*) 在早春花芽分化後緊接著在夏天進行花器發育(Spiegel-Roy and Goldschmidt, 1996), 在這階段觀察到 *CiFT*、*CsLFY*、*CsAPI*、*CuSEPs* 與 *CuFUL* 的表現量皆顯著增加, 在隔年開花前亦觀察到 *CuSEPs* 表現量上升, 兩種間有差異表現者為 *CsAPI* 與 *CuFUL* (Nishikawa *et al.*, 2009)。金柑屬植物與柑橘屬、枳殼屬親緣近, 金柑屬與柑橘屬植物皆為常綠樹, 而枳殼為落葉樹, 然而金柑屬植物一季至少每隔 10 天可開一次花, 與柑橘屬、枳殼屬植物截然不同(Yoshida *et al.*, 2003)。雖 *CiFT* 與 *CsLFY* 的表現量在金柑花芽誘導及花器發育階段都有顯著增加, 卻仍無法解釋金柑可不斷開花的特性(Nishikawa *et al.*, 2011)。

二、疏花與疏果對柑橘生產之影響

(一) 柑橘疏花對果實品質之影響

許多研究皆指出, 果實數目與採收時果實大小成反比(Galliani *et al.*, 1975; Goldschmidt and Monselise, 1977; Guardiola, 1988), 果實數目多寡可由前一年夏末修剪(Stover and Cilento, 2003)、採後修剪、花前修剪(Krajewski and Rabe, 1995)、開花時修剪(Khurshid and Krajewski, 2010)、花後疏花或生理落果前疏果來調控。除疏果外, 其他方式都是直接減少花朵或改變新梢型態以提高葉花比, 進而造成產量的下降與果實大小上升(Khurshid and Krajewski, 2010; Krajewski and Rabe, 1995; Stover and Cilento, 2003)。因果實大小由最後一次生理落果時的果實數量決定(Guardiola, 1988; Praloran *et al.*, 1981), 而開花數與著果率亦與果實大小成反比, 花少時, 花朵發育及著果不需太多養分, 導致著果率上升並間接影響減少生理落果數(Guardiola *et al.*, 1984), 使果實大小上升。此外花朵數減少, 經常是因

為帶葉花序較多所造成(Guardiola, 1981; 1997)，由於帶葉花序上之果實，顯著大於無葉花序之果實(Erner, 1988; Guardiola and Lázaro, 1987)，因此常使開花少之柑橘樹易產生大果。



因植體養分供給量大時，果實大小有較佳表現。花朵數多寡影響子房大小，花朵數越少時，子房越大(García-Luis *et al.*, 1988; Guardiola *et al.*, 1984)，使果實初始生長速率越高，較有機會度過生理落果期(Guardiola, 1988)。柑橘樹開花數目甚多，而著果率因品種差異可從 10%到 50%，對部分臍橙而言，花朵數目若不低於新梢每節位 0.2 朵花則不會對產量與品質有顯著影響(García-Luis *et al.*, 1994; Guardiola, 1992)。

疏花可以人工方式或噴灑礦物油疏除，因花朵數量大，一般商業栽培考慮人力成本，而利用修剪枝條或是噴灑植物生長調節劑疏花(Ouma, 2012)。相較於花後疏花處理後，著果率仍因氣候因子有較大變動，同時萌前修剪或冬季修剪；萌前修剪不會改變產量、果實大小與內在品質，冬季修剪會使得帶葉花序增加，且兩種方式皆不影響花朵開放強度，僅減少總開花數目與增加葉花比，而較常被生產者採用(Krajewski and Rabe, 1995)。商業栽培偏向利用整枝修剪與疏果，來控制產量及果實品質，而疏果處理對栽培者而言，是更直接的控制柑桔生產的方式，較受生產者喜愛。

(二)柑橘疏果對果實品質之影響


果實大小對柑橘而言是相當重要的品質之一(Agusti and Almela, 1991; El-Otmani *et al.*, 1995; Goldschmidt and Monselise, 1977)。環刻、疏果藥劑與植物生長調節劑都被使用來增加柑橘果實大小(Agusti and Almela, 1991; Agusti *et al.*, 1996; Cohen, 1984; Gallasch, 1988)。人工合成之 Auxin 類生長素常被使用來疏果，施加後使碳水化合物大量供給葉部而使落果發生(Iwahori, 1980)，然生長素種類、濃度與施用時間皆影響疏果之效果(Agusti *et al.*, 1996; Ortola *et al.*, 1991)。2, 4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D)與 3, 5, 6-trichloro-2-pyridyloxyacetic acid

(3,5,6-TPA)顯著提升 Clementine 果實大小(Agusti *et al.*, 1998), 此兩種生長調節劑較佳施用時機, 是在細胞分裂期初期, 可增加採收時果實大小(Agusti *et al.*, 1955; Aznar *et al.*, 1995; El-Otmani *et al.*, 1995)。Naphthaleneacetic Acid (NAA)疏果較為穩定, 通常在生理落果期施用, 可平衡大小年差異並提高果實品質, 然而因 NAA 較貴, 且不同品種對其反應不一致, 要投入研究才能廣泛使用(Hilgeman *et al.*, 1964; Maurer and Taylor, 1999; Wheaton, 1981), 目前僅在溫州蜜柑上有較成功的案例(Guardiola and García-Luis, 2000)。

除藥劑噴灑外, 外銷用或高價值柑橘, 利用人工在果實長到 30-40 mm 時疏果, 其目的與藥劑噴灑不完全相同, 有些人工疏果為了提高果實整齊度, 避免低品質果實被採摘而降低採後分級處理之效率, 以及防止果實間的擠壓而疏除(Falivene and Hardy, 2008)。其他為了調控果實大小的人工疏果, 則會受操作人工疏果時間的影響, 如對‘Clausellina’溫州蜜柑影響果實大小(Zaragoza *et al.*, 1992)。人工留果量、NAA 噴灑與益收(Ethephon)施用, 對於果實的果汁率、果皮厚度的影響有許多研究。人工留果量越少, 果汁率越高, 果皮所含比率越低, 而 200 ppm 的益收噴施下, 果皮比率最低, NAA 350 ppm 下有最高果汁率, 這些處理直接促使果實體積增加, 伴隨發生的是果皮比率的下降與果汁率上升(Knight *et al.*, 1987)。其中低留果量與噴施 NAA 350 ppm, 除使果實增大外, 更提高果汁總可溶性固形物並降低有機酸含量, 對榨汁工業用柑橘影響甚大(Downtown *et al.*, 1987; Sharma and Awasthi, 1990)。

雖疏果可提高果實大小, 實際上會犧牲部分產量, ‘Golden Delicious’/M.9 蘋果疏果後總產量下降, 但提升平均果重及大果數目比例與數量(Stopar, 2004)。由此可以得知, 在不同品種、環境、市場需求情況下, 疏果時間點與效益皆不同。在果實發育上, 越早將多餘果實疏除, 可使植體養分有效供給果實發育(Glenn *et al.*, 1994; Silsby *et al.*, 1991)。在週年生產上, 藉由疏果則可調控植體養分平衡, 減少柑橘大小年現象(Agusti *et al.*, 1992)。

(三)疏花與疏果對果樹生產成本效益之影響



疏花與疏果對商業生產之影響，在於處理後增加之收益，可否補償產量的下降與進行處理所需之成本。在許多果樹中，諸如蘋果、梨、桃、柑橘等，因容易發生大小年，導致產量每年差異極大，疏花疏果即變成相當重要的操作(Dennis, 2000; Forshey, 1986; Southwick *et al.*, 1995; Stover *et al.*, 1995; Wheaton and Sterwart, 1973)。利用藥劑疏花疏果省工且快速，但藥劑選擇與施用時間，因品種及環境而有不同效果，甚至造成果實品質下降，更傷害樹體(Curry and Greene, 1993; Greene, 1995; Link, 2000; Stover *et al.*, 2002)。有效的疏花疏果，必定伴隨著著果量下降與產量下降，且預期果實增大可補償產量損失。早期研究疏花疏果，雖記錄留果量、果實大小與最終產量，卻很少提到對總收益之影響(Forshey and Elfving, 1977)。

疏果對總收益影響有四種類型，第一種是提高收益：過小的‘Imperial’柑，在澳洲因完全無價值，經疏果後，產量減少 16-37%，但總收益增加 44-57%，生產果實之淨收益上升 11-20%，採收成本降低 16-37%，大果價值高與採收勞力支出減少，是最主要提高收益的要素(Gallasch, 1978)。外銷用的‘Esbal’柑，雖然結果率高，卻有 40%果實因太小無法出口；經 2,4-D 處理後，平均單果重提高 20-33%、總產量降低 10%，並提高可外銷量達 25-38%，使總收益增加(Duarte *et al.*, 1996)。

第二種則是降低收益：‘Empire’蘋果在花後，不同時間人工疏除至相同留果量使產量下降 1-32%，果實大小與品質之提高，無法完全抵銷產量損失與人力支出成本(Silsby *et al.*, 1991)。

第三種是收益會增加亦會減少，原因包括品種對處理反應情況不一致、果實大小售價差異不大、人工輔助疏果因大小年效果不一致、不同銷售模式(全鮮食與部分加工)而改變(Cook, 1985; Gallasch, 1988; Galliani *et al.*, 1975; McNeil *et al.*, 1994; Monselise *et al.*, 1981)。

第四種類型是收益在處理之第二年才會上升，因疏果僅略減少當年產量，卻使隔年產量上升，造成兩年平均收益上升(Hutton, 1992; Kallsen, 2001)，以茂谷柑而言，在大年對其施以 NAA 疏果，無法使當年收益上升，卻提高隔年產量，整體收益提高(Stover *et al.*, 2002)。



雖然疏果對收益有不同影響，基本上疏果減少產量、使大果比例上升、果實單價上升，表示有一個最適留果量，使收益最高(Bergh, 1990; Dennis *et al.*, 1983; Forshey and Elfving, 1977; Stover *et al.*, 2001)。根據 1986 年‘Dancy’柑疏果資料及 1996 年生產成本與出口價格推估，‘Dancy’柑在留果量 1500 顆果實/株、單果重 120g、每公頃生產 1500 箱的條件下，將有每公頃 6000 美元的最高收益(Davis *et al.*, 2004)。

綜合以上討論，一年一收之果樹，其碳水化合物循環與果實發育模式較相似，疏果對此類型果樹最重要的概念，在於有一定之最佳留果量，即可提高收益，而在一年可多次開花多次採收之果樹的情況，則不一定相同。

印度番石榴一年開花兩次，分別在雨季及冬季，其中第一季花在雨季，為主要花期(Mitra, 1983)，部分地區有三次花期，第一季花為主要花期，亦在雨季(第一期)(Singh and Kumar, 1993)。但雨季果實品質差，且易受果實蠅危害，冬季果實較大，但自然情況下產量低，造成冬季生長的果實收購價，遠高於雨季生產者；因此，利用在雨季處理 NAA、NAD、尿素、完全疏花、疏芽，來顯著減少雨季花期的果實產量，而使冬季花期的花數與果實產量提高，同時使年平均果實大小、果實糖度、糖酸比、維生素 C 含量皆顯著上升；其結果使單獨雨季花期疏花之收益，雖顯著低於對照組，然所有處理組之全年或兩年平均總收益，因冬季果收購價高，而顯著高於對照組，僅完全人工疏花處理，因無雨季花期產量低，且人工疏花昂貴，使總收益超過對照組之幅度不顯著，其他處理下皆可顯著提高農民收益(Agnihotri *et al.*, 2013; Maji *et al.*, 2015; Tiwari and Lal, 2007)。一年多收之熱帶與亞熱帶果樹，可藉疏花疏果延後或集中花期與採收期，以避開果實蠅危害與

環境逆境，可使產期集中於果實品質較佳期。完全疏花使一季產量消失，雖可使次季產量與果實品質有較佳之表現，但整體產量大幅下降，或許有機會應用在其他新興熱帶、亞熱帶果樹產期調節上。



三、金柑生育特性

(一)溫度對金柑生育之影響

對花芽分化而言，一般柑橘一年抽梢次數依其所在之環境，從一次到多次均有，但花芽可能形成於停止生長後一次梢之頂芽及所有梢上的腋芽上，且花朵集中於次年春梢上，通常於春梢萌出時一併開放(Davenport, 1990; Monselise, 1985)。在日本與台灣常見之小果柑橘，諸如金柑與四季橘，每年可抽梢達三到五次，四季橘每次抽梢皆開花，而金柑則除了春梢外，其他各次梢萌出時皆具開花能力(郭, 2014; Chang *et al.*, 2014; Iwahori and Tominaga, 1986; Lai and Chen, 2008)；此外這兩種柑橘結果母枝亦有機會萌出花芽並開花(Lai and Chen, 2008)。前人研究顯示低溫對金柑等小果柑橘花芽分化的影響較不重要，而是萌梢前的環境溫度，誘導新梢上的芽體開始分化(林, 2012; 郭, 2014)。

小果柑橘花芽分化機制研究較少，其中四季橘在日夜溫 20/15°C 與 15/13°C 下，經過 14 周處理皆無花芽發育與開花現象，移至日夜溫 32/25°C 後兩周內，即可觀察到花芽發育與開花，表示低溫抑制四季橘花芽形成開花(賴, 2005; 賴與陳, 2007; Lai and Chen, 2008)。金柑則是第一次抽梢至停梢且葉片發育完成後，才開始花芽分化，與多數柑橘因低溫、乾旱而導致花芽分化之條件明顯不同(Nishikawa *et al.*, 2011)。

金柑花期不因修剪改變，推測新梢抽出後，需足夠高溫溫量，才會促使花芽分化；抽梢時間過晚，會因溫量累積不足，該新梢之芽體無法進行花芽分化，而無法開花(林, 2004; Lin *et al.*, 2012)。在日夜溫 32/25°C 下，一次梢與二次梢皆可開滿五期花，每期花間隔大概兩周，從花苞可見到開放時間間隔短，花後再次出現


花苞所需時間短，若抽新梢則容易停梢，造成枝梢長度變短，表示此狀態之植株以生殖生長為主。在日夜溫 25/17°C 下，一次梢僅開兩次花，二次梢抽出後相較日夜溫 32/25°C 處理下之新梢強健，此溫度下植株偏向營養生長，若日夜溫低於 22/17°C 發現低溫對於開花有抑制效果，顯示 25°C 應為控制芽體進入花芽分化的關鍵溫度 (Chang *et al.*, 2014)。

金柑之枝梢生長屬於間歇式生長，在日夜溫 30/25°C 下，植株會不斷地抽梢開花，每個梢次都有開花能力；日夜溫 25/20°C 下，整體植株生長勢最佳，然因生殖生長與營養生長相互競爭，後期梢次之花朵數目減少；在日夜溫 20/15°C 下，枝梢生長模式從間歇性抽梢生長轉為連續型生長，徒長枝數量上升，花朵開放受到抑制，發現小刺著生於新梢節上；日夜溫 15/13°C 下，植株生長勢下降，生長緩慢且無新梢與花朵發生(郭, 2014)。由田間觀察到，商業栽培之長實金柑，在夏季作業中，有除梢之操作，主要是避免高溫下金柑不斷抽梢，而影響果實發育與養分供給，在秋季至冬季採果期，仍可見徒長枝萌出，且相較於夏梢生長勢更強，符合人工氣候環境下所觀察。

果實在第一次生理落果後，連續處理日夜溫 36/28°C，會有最高落果率，且果實大小與重量皆較小，而日夜溫 36/28°C 與日夜溫 28/20°C 下，果實因無法轉色而，判定不成熟，日夜溫 20/12°C 下果實有機酸含量有提高的趨勢，顯示高溫可能抑制果實生長，且影響果實品質(林, 2014)。然而，金柑花期多且長，難利用花後日數來判斷果實成熟(Lester and Dunlap, 1985; Luton and Hamer, 1983)，又柑橘果實轉色需低溫刺激，以達外觀具農民採收與加工標準(Spiegel-Roy and Goldschmidt, 1996)，在高溫下，即使成熟亦不易轉色，相對的在冷涼的季節下，果實轉色卻不一定成熟，故常造成採收判斷之困擾。由於，生理成熟可能可藉由積熱單位來預判(Ryugo, 1988)。故金柑生理成熟與氣溫之關係，是亟待進一步研究的工作。

(二)土壤溼度對金柑生育之影響


日本生產之金彈(*Fortunella crassifolia* Swingle)，春天到秋天都有機會開花，



其中以第一期花，因果實發育時間早及果實發育日數至採收日數最長，而有最佳品質，因此是全年栽培的重點；一般在第一期花之後，每隔兩周會再有一次花期，所結的果實經濟效益不高(吉倉, 1998)。由於，日本生產上以第一期花之果實為主，在花芽分化期促進上，可使用土壤乾燥處理，使第一期花之花數顯著提高(Iwasaki *et al.*, 2000; Iwasaki and Yamaguchi, 2004; Iwasaki and Kunishima, 2006)。在金彈一次梢成熟後，給予 2-4 周土壤乾燥處理，總花數及產量皆顯著增加，但導致二次梢開花表現不佳，花數與著果量下降；而土壤乾燥對不同花期著生之果實中，總可溶性固形物含量，並無顯著影響(Iwasaki and Yamaguchi, 2004)。枝梢成熟後，經連續 20 日土壤乾燥處理，使第一期花提前 15 天開放，同時縮短花期，且增加第一期開花數，第二期花量因而降低，但全年總開花數則不變；10 到 20 天土壤乾燥處理不會使葉片中水勢下降，葉片仍可正常累積光合產物，而 ABA 含量，則在葉部與根部有提高之現象(Ono *et al.*, 2010)。除花芽分化期給予土壤乾燥處理可增加第一期花量外，果實發育初期給予土壤乾燥處理，可加速初期果實發育速率與縮短果實達生理成熟所需時間(Ono *et al.*, 2012)。日本之金彈經土壤乾燥處理，可使開花及成熟與採收時間提前，產期集中，減少勞力支出，且不影响果實品質(Iwasaki and Yamaguchi, 2004; Ono *et al.*, 2010; Ono *et al.*, 2012)。

台灣之長實金柑，若減少供水量，則始花日延後，長期供水 50% 與 75% 可顯著提高花朵數目，但著果率卻顯著低於對照，使總產量下降；供水量減少造成消蕾且無法提高著果率。此外供水 75% 雖略增加果實之總可溶性固形物含量，但也使果實有機酸含量提高，反使糖酸比下降；減少供水僅有效提高花數，其餘時期皆應充分供水，避免產量或果實品質下降(余, 2011)。供水量之減少對果實成熟轉色期之金柑而言，會使落果率上升、總可溶性固形物上升、有機酸含量上升、總產量下降(林, 2014)。然而金柑之生產與供水量及土壤水勢之間之關係仍有待確定，短期土壤乾燥處理，只使植株短時間處於乾旱逆境，輕微之處理解除後即不受影響；長期限水，使植株長期處於逆境下，即難相提並論。

(三)金柑果實品質特性



根據 USDA (2011)的資料，每百克金柑有水 80.85 克、蛋白質 1.88 克、脂質 0.86 克、灰分 0.52 克、碳水化合物 15.9 克、膳食纖維 6.5 克、總醣 9.36 克、鈣 62 毫克、鐵 0.86 毫克、鎂 20 毫克、磷 19 毫克、鉀 186 毫克、鈉 10 毫克、鋅 0.17 毫克、銅 0.095 毫克、錳 0.135 毫克、維生素 C43.9 毫克、硫胺素 0.037 毫克、核黃素 0.09 毫克、菸酸 0.429 毫克、泛酸 0.208 毫克、維生素 B-60.036 毫克、總葉酸 17 微克、總膽鹼 8.4 毫克、維生素 A 290 IU、維生素 E 0.15 毫克、總飽和脂肪酸 0.103 克、肉荳蔻酸 0.004 克、棕櫚酸 0.09 克、硬脂酸 0.004 克、總單元不飽和脂肪酸 0.154 克、棕櫚油 0.021 克、油酸 0.137 克、總多元不飽和脂肪酸 0.171 克、亞油酸 0.124 克、亞麻酸 0.047 克、 α -胡蘿蔔素 155 微克、 β -隱黃質 193 微克、lutein 與玉米黃質 129 微克。

金柑果實之精油中有 120 種化合物，其中 71 種是揮發性化合物，包含 13 種倍半萜類、8 種萜類、11 種醇類、1 種酮類、8 種醛類與 13 種酯類化合物，其中檸檬烯佔總精油含量之 93% (Koyasako and Bernhard, 1983)。葉部精油至少則至少有 106 種化合物 (Quijano and Pino, 2009)。金柑之果皮被發現有許多具高生物活性的多酚類物質(Sadek *et al.*, 2009)，所萃取出之黃酮類物質，有較佳之抗氧化能力(Tang *et al.*, 2008)；所萃取出之精油，對四種人類皮膚致病微生物，有相當好的抑制效果(Yang *et al.*, 2010)。

金柑採前兩周，噴灑益收(Ethophon) 400 ppm 可以促使果實轉色與發育，在 25°C 下反應最快，且可增加 5%果重，同時使果汁率增加、有機酸含量降低 (Hashinaga and Itoo, 1985)。利用乙烯發生器，在恆溫 26-27°C 室內，間隔 35-60 秒釋放 1200 ppm 乙烯氣體，催熟 6-7 分熟之金柑果實需 70 小時，7-8 分熟者僅需 39 小時(李, 1997)。催熟完成之果實在室溫下皆不耐儲放，未催色時則以 6-7 分熟果實最耐儲放，但催熟的 6-7 分熟果實相較催熟 7-8 分熟果實更不易儲放。表示經催熟處理雖然可以使過早採收之金柑仍具有商業價值，然須盡快進入販售

程序，否則極易腐爛(李, 1997)。



四、柑橘果實轉色

(一)溫度對柑橘果實轉色之影響

柑橘果實轉色主要是因果皮內之葉綠素降解與類胡蘿蔔素累積。在甜橙、寬皮柑、克萊門橙、金柑、葡萄柚、檸檬與萊姆的果皮中，最主要的類胡蘿蔔素為(9Z)-violaxanthin (8-33%)、 β -citraurin (11-28%)與 β -cryptoxanthin (3-23%)，此外 lutein 含量大概為 4-8 % (Agócs *et al.*, 2007)。萊姆因生理成熟果實為綠色，所測得皆為葉綠體色素；因此，除了萊姆外的柑橘類成熟果實，在果皮與果肉之主要類胡蘿蔔素之構成差異不大 (Agócs *et al.*, 2007)。

果實成熟期溫度是主要決定果皮轉色的因子。果皮轉色包含葉綠素降解與類胡蘿蔔素生成。溫度會藉由根部，來影響果實內的植物賀爾蒙含量，而影響果實轉色 (Goldschmidt, 1988)。較適合葉綠素降解與類胡蘿蔔素生成，是葉溫與土溫皆低的涼爽氣候，在此環境下果皮會由綠色轉變為亮橙色 (Young and Erickson, 1961)。

在熱帶氣候，果皮無法轉色完全，僅從深綠色轉到淺綠色，這些轉變的發生皆被稱作果實成熟或是轉色不良 (Erickson, 1960; Reuther and Rios-Castano, 1969; Samson, 1980)。即使夜溫足夠使葉綠素降解，通常超過 30°C 以上的高溫，會使果實類胡蘿蔔素含量較少、葉綠素含量較高，而造成果實轉色不良 (Erickson, 1960)，而在日夜溫差大的環境下，果實通常轉色較佳 (Agusti, 1999; Sterns and Young, 1942)。

大多數柑橘類果實在氣溫低於 13°C 時，會促使葉綠素降解，使果實呈現亮橙色 (Reitz and Embleton, 1986; Young and Erickson, 1961)，此時有部分類胡蘿蔔素亦開始生成 (Sinclair, 1984; Soni and Randhawa, 1969)，而在氣溫與土溫皆降至 13°C 以下時，葉綠素降解會伴隨葉綠體轉換成攜帶類胡蘿蔔素的雜色體 (Reitz

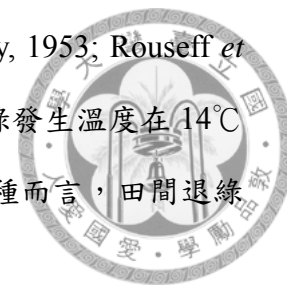
and Embleton, 1986)。

自然狀況下，秋季以後的冷鋒使果實成熟期的氣溫下降，造成果實轉色；若人為將‘Valencia’橙果皮經 4°C 處理 4 到 10 小時後，再置於 22°C 下觀察，果皮在處理後第 24 小時即發生轉色現象，第 96 小時轉色效果更為顯著，顯示短時間的低溫刺激，有助於果皮上類胡蘿蔔素的累積；低溫處理時間長短的重要性僅次於低溫強度，也是促進類胡蘿蔔素累積的重要因子(Oberholster *et al.*, 2001)。然而，低溫對果實整體或樹體之效果需進一步研究。在自然狀況下，果實成熟期若沒有低於 13°C 的低溫環境，則會造成轉色不佳；但長期溫度過低，也有負面影響，例如溫度低於 4°C 以下，導致果皮之類胡蘿蔔素無法累積(El-Zeftawi, 1976)。

有許多溫度對果實轉色影響之研究，大多僅談論採後果實轉色所需溫度，很少對氣溫對果實在樹上轉色的影響進行研究(Artés *et al.*, 1997, 1999; Eaks, 1977; John-Karuppiah and Burns, 2010; Petracek and Montalvo, 1997; Tietel *et al.*, 2010; Zhou *et al.*, 2010)。在檸檬商業生產上，果實達特定大小與一定果汁率時，即需採收並出口(García-Lidón *et al.*, 2003)，而在低溫不足時，果實難以轉成鮮黃色，而影響消費者購買意願(Hutchings, 2003; Joshi, 2001)。相較於一般果實類胡蘿蔔素含量豐富的柑橘類(Casas and Mallent, 1988; Gross, 1977; Lee and Coates, 2003; Meléndez-Martínez *et al.*, 2007, 2010)，檸檬的總類胡蘿蔔素含量少(Kato *et al.*, 2004; Yokoyama and Vandercook, 1967)。葉綠素降解，又稱退綠，是果實轉色的要件之一，因溫度降低而使葉綠素消失，從而使類胡蘿蔔素表現出顏色。由於，柑橘因外表色澤差異，容易影響消費者購買欲望(Francis, 1980, 1995)，退綠能否自然發生，關係到是否額外需催色處理。對檸檬而言，退綠相較於類胡蘿蔔素生成重要。對於‘Eureka Frost’、‘Lisbon Frost’與‘Fino 49’三個檸檬品種而言，田間的退綠會發生在日溫低於 15°C 時(Manera *et al.*, 2012)。若適採期無低溫發生，則需要進行人工催色處理，因而增加生產成本。

對葡萄柚而言，果皮中原本就有存在 Lycopene 與 β -carotene，只是被葉綠素

所遮掩，而無法顯色(Curl and Bailey, 1957; Khan and Mckinney, 1953; Rouseff *et al.*, 1992)。對‘Marsh’與‘Redblush’兩葡萄柚品種而言，田間退綠發生溫度在 14°C (Manera *et al.*, 2013)，而對‘Rio Red’、‘Star Ruby’兩葡萄柚品種而言，田間退綠發生溫度則在 13 到 14°C 間(Porras *et al.*, 2014)。



(二) 乙烯對柑橘果實轉色之影響

在更年型果實中，乙烯在果實後熟，包括轉色、軟化、糖分累積等重要生理、生化變化，均扮演重要角色(Barry and Giovanoni, 2007; Lelievre *et al.*, 1997)。柑橘類果實，雖非呼吸率與乙烯產生速率，會隨生理成熟而急速增加的更年型果實(Eaks, 1970)，但接觸乙烯氣體，仍會使果皮發生退綠，並使橙黃色類胡蘿蔔素含量增加(Barmore, 1975; Purvis and Barmore, 1981; Rodrigo and Zacarias, 2007; Stewart and Wheaton, 1971)，因此所有柑橘果實均有採後催色的空間。

通常，柑橘類果實以 2-5 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 的乙烯氣體，在 20 到 30°C 下處理 72 小時，可加速果皮轉色至其具市場價值(Cohen, 1978; Grierson and Newhall, 1960)，商業催色更常使用在早生品種，或像加州與印度的溫暖或熱帶氣候地區所生產之柑橘(Porat, 2008; Wardowsky *et al.*, 2006)。然而柑橘非更年型果實，乙烯對柑橘的影響應與其對更年型果實品質之影響不同(Goldschmidt, 1997)。

乙烯對柑橘果實影響可概分為四種。第一種，在乙烯處理下，柑橘果實呼吸率與果實本身乙烯產生速率提高，代價是糖度與有機酸含量降低，造成柑橘果實滋味下降(Aharoni, 1968; Eaks, 1970; Vines *et al.*, 1968)。第二種則對生化反應的影響，包含降低‘Mosambi’橙果實有機酸含量(Ladaniya and Singh, 2001)、提高綠熟檸檬揮發性物質含量(Norman and Craft, 1968)與影響溫州蜜柑果汁中類胡蘿蔔素的含量與組成(Matsumoto *et al.*, 2009)。第三種則是儲藏時的乙烯氣體，會使果實良好風味喪失，造成果實產生異味；但去除儲藏空間的乙烯後，即可顯著維持果實品質(McGlasson and Eaks, 1972; Testoni *et al.*, 1992)。第四種是乙烯顯然可影響寬皮柑果肉中，部份轉錄因子表達模式，亦即表示受處理的寬皮柑中，有一些生


化反應會被影響(Mayuoni *et al.*, 2011)。

基本上，乙烯處理有助於轉色，但影響果實品質與儲藏時間、增加蒂腐病機率、果重散失率以及加速果實老化(Barmore and Brown, 1985; Carvalho *et al.*, 2008; Porat, 2008)。因此，決定是否用乙烯催色是相當困難的，要考慮到市場需求及果實特性等因素(Pool and Gray, 2002)。Mayuoni 等(2011)，對於乙烯是否真的影響柑橘果實內在品質進行研究，結果顯示，不同柑橘類果實對乙烯反應中，較為一致的是加速果皮轉色，內在品質方面，沒有觀察到不良果實風味，亦無檢測到造成不良氣味的揮發性化合物，不影響果實內的糖度、有機酸含量與營養成分，僅在果汁的揮發性化合物中，發現有少許差異。在風味測試中，僅寬皮柑風味喪失，但可能不是乙烯的問題，而是儲藏空間之影響(Mayuoni *et al.*, 2011)。

不同品種柑橘對於乙烯的敏感度與反應程度不一。處理乙烯後，葉綠素降解速度，最快的是溫州蜜柑，其後依序為臍橙、‘Eureka’檸檬、‘Hassaku’橙、‘Natsudaidai’柚、‘Trovia’橙與‘Valencia’橙(Kitagawa *et al.*, 1978)，‘Valencia’橙與‘Duncan’葡萄柚經乙烯處理後，轉色可持續進行一天，相較之下，‘Hamlin’橙在處理後，轉色僅能持續兩小時(Grierson and Newhall, 1960)，而‘Fallglo’柑在經 24 小時催色後，即不再需要乙烯就可完成退綠(Petracek and Montalvo, 1997)。

不同種類柑橘葉綠素降解酵素的活性，經乙烯處理後增加的比例也不同，最高為溫州蜜柑(Shimokawa *et al.*, 1978)，次之是甜橙(Amir-Shapira *et al.*, 1993; Trebitsh *et al.*, 1993)與四季橘(Purvis and Bramore, 1981)。成熟果實與幼果對於乙烯的反應程度亦有差異，對‘Valencia’橙而言，外施乙烯可誘導小果中 *ACSI* (1-amino-cyclopropane-1-carboxylate synthase 1)、*ACO1* (1-amino-cyclopropane-1-carboxylate oxidase 1)與 *ERS1* (ethylene response sensor 1) 基因表現；而大果則因乙烯敏感度降低，而無法誘導這類基因的表現(Katz *et al.*, 2004)，根據此研究，果實若未達生理成熟即經催色處理，可能導致果實內品質不佳。






柑橘之商業催色，以使用乙烯為主，但有些品種在乙烯催色時，容易造成果蒂老化而影響外觀。因此，乙烯催色處理中，加上一段無乙烯氣體時間，可避免果蒂快速老化(Sdiri *et al.*, 2012)。早生溫州蜜柑具一定出口品質標準後，在連續5天30°C處理配合乙烯催色下，果實品質無缺陷產生，更可使果實有機酸含量降低0.3到0.5%，導致提早採收之果實糖酸比可提高5.5到6，適採期果實則提高糖酸比達7.5到8，除果實口感經此複合處理後有提升之趨勢，果實因可更早採收而可延長採收期(Tietel *et al.*, 2010)。果實生產上，西印度萊姆因維持綠皮較有商業價值，相較於催色處理，會使用1000 nl·L⁻¹的1-methylcyclopropene (1-MCP)處理，期望可使內生乙烯延後釋放、葉綠素降解速率變慢，而延長商業價值；然而高濃度1-MCP使果實內生乙烯發生速率較未處理者快1.6倍，且維生素C含量下降，故推薦可使用250-500 nl·L⁻¹的1-MCP處理，將有效延後內生乙烯產生時間，且不影響果實品質(Win *et al.*, 2006)。

(三)利用採前特定日數之溫度預測轉色時間

柑橘類果實因低溫而轉色，轉色所需溫度為13°C左右(Sterns and Young, 1942)，更嚴謹說法則是，夜溫至少達13°C以下(Grierson *et al.*, 1986)。低溫對不同柑橘品種影響程度略有不同，像檸檬轉色相關之色度座標a值變化量，與量測前數天的溫度即有一定關係存在(Manera *et al.*, 2012)。影響果實轉色因素非常多，果園的土壤、肥灌、果樹枝梢型態、環境差異大，難藉由單一變因試驗，找出最關鍵影響果實轉色因子。

模糊方法學(Fuzzy methodology)被用來解釋許多農業現象，它被用於建立一套可以容許未知延伸與例外的理論，已用於評估西瓜品種(Hou *et al.*, 2009)、評估土壤肥力(Duru *et al.*, 2010)、增進椰棗產量(Schmidt *et al.*, 2005)、將果樹生產力依據不同指標劃分(Mazlounzadeh *et al.*, 2010)、依據栽培地特性與玉米品種特性計算最適量氮肥(Tremblay *et al.*, 2010)等研究上。將模糊方法學用於檸檬轉色關鍵溫度預測，利用多年測得之a值與每年氣象資料進行分析，‘Eureka Frost’轉



色開始溫度為 11.5°C 到 16°C 之間，轉色完全溫度為 4.4°C 到 7.7°C 之間(Brotons *et al.*, 2013)。此分析方式，可以套用到其他柑橘類果樹上，因果皮之 a 值會因品種與栽培條件有改變，而平均氣溫代表栽培地的氣候條件，其他地區柑橘類果樹生產，可依據此方式研判是否需要商業催色(Brotons *et al.*, 2013)。利用 a 值與當地平均氣溫與最低氣溫，已經確立了部分柑橘品種最低轉色開始溫度，‘Eureka Frost’、‘Lisbon Frost’與‘Fino 49’檸檬轉色完全前 21 天，若最低溫無法達到 15°C，則無法完全轉色(Manera *et al.*, 2012)；‘Marsh’與‘Redblush’葡萄柚轉色完全前 14 天，最低溫須達到 14°C，才開始轉色(Manera *et al.*, 2013)；‘Rio Red’與‘Star Ruby’葡萄柚轉色完全前 14 天，最低溫須達到 12.5°C，才開始轉色(Porras *et al.*, 2014)。

在台灣，有些柑橘因轉色不良而無法獲得高的售價，可檢討是否因為氣溫過高導致無法有效轉色，有機會在果實生理成熟後，利用催色處理增加商品價值，且因為柑橘果實未轉色，即不易受果實蠅危害，產期可以因催色處理而獲得調節。

材料與方法



一、金柑果實品質於不同採收期之表現

(一)材料

依據農民採收標準判斷可採收，即果實表皮轉色至僅果蒂處為綠色之長實金柑 (*Fortunella margarita* Swingle)、長壽金柑 (*F. obovata* Tanaka) 與金彈 (*F. crassifolia* Swingle) 之果實。

(二)方法

每 15 天自宜蘭礁溪地區林庭財先生管理之果園，依農民採收標準，隨機採收三種金柑果實各 30 顆，進行果實品質調查。其中，長實金柑自 2013 年 11 月 3 日採收至 12 月 18 日。金彈自 2013 年 12 月 3 日起採收，並採至 2014 年 1 月 2 日。長壽金柑自 2013 年 11 月 3 日採收至 2014 年 2 月 1 日。果實採後，即攜回臺灣大學常綠果樹研究室，進行基本果實品質調查。

基本果實品質調查項目包括：

1. 果實基本性狀

包含果實重量、體積、比重、高度、寬度與果型指數。其中果實重量用電子秤(P6W-753e, ADAM[®])秤取；體積以排水法(附錄 1.)利用電子秤(XM Series, UWE Co.)秤取，並以排水量換算出果實體積；比重則為果實重量除以體積；果實高度與寬度皆以電子游標尺(CD-6 CS, Mitutoyo Corp.)測得，其中果高為生長軸線由果頂(柱頭端)至果蒂，果寬則是生長軸線垂直之果實長度；果型指數則為果高除以果寬。

2. 果實品質性狀

度量果實的果皮厚，分析果皮含水量、果肉含水量、果肉的總可溶性固形物(Total soluble solid, TSS)、有機酸含量(Organic acid content)、糖酸比

(TSSA)、果肉含水率。

總可溶性固形物是利用電子式糖度計(PR-101 α , ATAGO Co.)測得；有機酸含量是將果汁以蒸餾水稀釋至一定濃度後，以電子式酸度計(GMK-835F, G-WON-HITECH Co., LTD)測定，並計算所得；糖酸比則是總可溶性固形物除以有機酸含量。

果肉含水率為一瓣之金柑果肉鮮重，扣去乾重後，除以鮮重後所得；果皮厚則以厚度計(SM-112, Teclock corporation)測得；果皮含水率則以一半果皮之鮮重，扣除乾重後，除以其鮮重後所得。

3. 其他性狀

種子敗育率是將所有果實內的可稔飽滿種子、發育中斷之敗育種子與未發育的胚珠殘骸取出後，計算敗育種子與胚珠殘骸佔總種子數的比例。根據行政院農委會農業試驗所之農業氣象諮詢系統之宜蘭測站(467080)2013年3月1日至2014年3月1日之日均溫變化，判斷溫度之影響。

(三)統計分析

調查資料之統計與繪圖皆以 Costat (CoHort Software)與 SigmaPlot (12.0, Corte madera, CAI.)分析與繪圖。

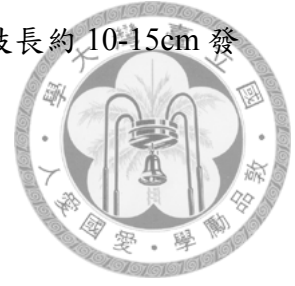
二、疏花對長實金柑開花與果實生育之影響

(一)材料

本試驗以宜蘭縣礁溪鄉林庭財先生管理之株高在 2-2.5 m 間的長實金柑 (*Fortunella margarita* Swingle)作為試驗材料。受試植株於 2014 年採收後(二月下旬)，將著果枝與秋冬梢除去，建立良好金柑結果母枝系統，待春梢於四月初萌梢後，五月底枝梢發育完全，才開始進行標定與試驗。於 2014 年 6 月，因果園依坡地種植，隨機選擇四個平台階段，並於各平台隨機各選擇 8 棵樹，共 32 棵



樹，於每株樹之常人肩高至腰高位置，圍繞樹群隨機標定 20 枝長約 10-15cm 發育完成且尚未開花之春梢，作為調查之標的。



(二)方法

1.試驗設計

試驗設計為 8 處理，每處理 4 重複，單株為一重複，每重複標定與調查 20 枝枝條。處理針對標定之春梢上的小花，於包含第一期花在內的連續三次盛花期中，每次盛花期進行花朵全部疏除與全部保留。在第一次盛花期，將 32 株樹分一半進行全疏花，另一半保留；待到第二次盛花期，將第一期疏花與保留者，在各分一半進行全疏花與保留；第三次盛花期則將第二次分組後的全疏花與保留分一半，進行疏花處理。換言之，三次的盛花期每次有疏花與保留的處理，所有的處理組合共八組，分別為疏去(1)一期花、(2)二期花、(3)三期花、(4)一、二期花、(5)一、三期花、(6)二、三期花、(7)一、二、三期花與(8)不疏花，共八種處理。

2.調查

從 2014 年 6 月底第一期花開始進行處理，處理時紀錄疏除者疏除的花朵數與未疏除者之開花數，以及所有植株後續生產的小花數與開花數，處理後一周檢查處理是否完全，並記錄結果數與小花苞發生數目，此時紀錄之結果數不同於最終產量；小花苞發生數目則是記錄花朵開放前，可見發育中花朵的數目。處理後兩周為第二次盛花期，並再次進行疏花處理與紀錄。待第三期花處理結束並記錄一周後結果數，開始每兩周觀察果實落果與轉色情況，直至有符合農民採收標準之果實出現，改為每周採收果實，進行果實品質分析。

根據氣象局之觀測資料查詢系統提供之宜蘭地區(121°44' 53" E; 24°45' 56" N; 海拔 7.2 公尺)2014 年 4 月 1 日至 2015 年 3 月 27 日之日均溫、最高溫與最低溫變化，判斷溫度對金柑開花與果實發育之影響。

(三)統計分析

調查資料之統計與繪圖皆以 Costat (CoHort Software)與 SigmaPlot (12.0, Corte madera, CAI.)進行分析與繪圖。



結果與討論

一、金柑果實品質於不同採收期之表現


(一)長實金柑、長壽金柑與金彈果實基本性狀差異

表 1.是 2013 年宜蘭地區長實金柑、長壽金柑與金彈各個採收期採收之果實基本性狀與 2014 年花期調查結果。長壽金柑果實平均 35.53 g 重，體積為 38.70 cm³，兩者均顯著高於長實金柑與金彈之果實，後兩者分別為 14.01 g 及 14.84 cm³；10.77 g 及 10.91 cm³。果高與果寬以長壽金柑達 41.32 mm 與 39.56 mm，顯著高於其他兩種金柑；果型指數則為 1.04 接近圓形。長實金柑，果高與果寬分別為 36.13 mm 與 26.67 mm，果型指數為 1.35 呈長橢圓形。金彈果實具最小的果高與果寬，分別為 27.27 mm 與 25.40 mm，果型指數為 1.07 接近圓形。

在果肉性狀上，總可溶性固形物以金彈的 12.69 °Brix 顯著最高，次為長實金柑的 9.19 °Brix 與長壽金柑 8.26 °Brix。果肉有機酸含量以長壽金柑最高達 2.06 %，次為長實金柑的 1.26 %與金彈為 0.58 %。糖酸比以金彈表現最佳，有 24.4，次為長實金柑的 10.0 與長壽金柑的 4.2。在果肉水分含量上，以長壽金柑最高有 85.46 %顯著高於長實金柑 78.68 %與金彈的 77.56 %。

果皮性狀表現上，果皮厚度以長壽金柑最厚，達 3.16 mm，顯著高於長實金柑的 2.39 mm 與金彈的 1.88 mm；果皮水分含量則以長壽金柑的 85.46 %顯著高於長實金柑的 78.68 %與金彈的 77.56 %。


長實金柑果實中，種子敗育率為 83.74 %，顯著高於金彈的 52.67 %與長壽金柑的 16.68 %。在 2014 年生產季中，長實金柑的花期為 6 到 9 月；長壽金柑的花期為 5 到 10 月；金彈的花期為 7 到 9 月。



三種金柑果實的總可溶性固形物含量與有機酸含量表現差異很大，如以 Roussos 等(2013)對三類金柑果汁品質分析(附錄 2.)顯示，長實金柑果汁的糖酸比應可歸類為甜橙類、長壽金柑果汁的糖酸比可被歸在檸檬類、金彈果汁的糖酸比則比較接近寬皮柑果汁。果汁性狀差異，會使得三種金柑生產價值有差異。目前金彈因果實大小適中，且高糖酸比與方便食用，成為中國大陸及日本主要生產的金柑種類，從目前台灣金彈果實性狀中，可以了解果實較小與種子數多，為金彈育種主要需克服的問題。事實上，日本已經有大果種金彈與無子金彈品系推出(Yoshida *et al.*, 2003)。長壽金柑被作為蜜餞與精油萃取之原料，較少鮮食，可能亦與其果汁特性與檸檬類似所致。台灣最主要栽培之長實金柑，因其果實大小適中，容易食用，且糖酸比適中，加上轉色時間與年節接近，一直以來作為過節水果與蜜餞加工使用，又其種子敗育率高，使食用方便性提高，若可生產大果之長實金柑，對金柑鮮果市場將有幫助。

(二)長實金柑不同採收期之品質表現

表 2. 為 2013 年 4 個採收期長實金柑果實之果實性狀。以 12 月 3 日採收之果實顯著具有較高之果重與較大的體積，分別為 16.49 g 與 17.73 cm³，其餘三個採收日期果實之重量間差異不顯著，介於 12.37 g 到 13.73 g 之間。果實體積，除 12 月 3 日採收果實顯著大於其他三次採收之果實外，以 11 月 18 日採收果實體積較大，可達 14.85 cm³，12 月 18 日與 11 月 3 日之體積無顯著差異。果實密度以 11 月 3 日採收之 0.97 g·cm⁻³ 顯著高於 11 月 8 日與 12 月 3 日採收之 0.92 與 0.93 g·cm⁻³，12 月 18 日採收時果實密度為 0.96 g·cm⁻³，與其他三次採收期無差異。果高以 12 月 3 日採收者之 38.45 mm 顯著高於 11 月 3 日與 12 月 18 日採收之果實高度；後兩者之果高分別為 34.28 mm 與 35.12 mm，不過兩者與 11 月 18 日採收之 36.74 mm 無顯著差異。果寬以 11 月 18 日採收者之 30.96 mm 顯著高於 12 月 3 日採收者之 27.18 mm、12 月 18 日採收者之 25.04 mm 與 11 月 3 日採收者之 23.94 mm。




果肉性狀中，總可溶性固形物以 12 月 18 日採收者達 10.57 °Brix，顯著高於 12 月 3 日採收果實之 9.69 °Brix、11 月 3 日採收者之 8.72 °Brix 與 11 月 18 日採收者之 7.64 °Brix。整體而言，12 月採收之果實總可溶性固形物含量較高於 11 月採收者。有機酸含量則以 11 月 3 日採收者的 1.63 % 顯著高於 12 月 3 日採收者的 1.05 % 與 11 月 18 日採收者的 1.03 %，且與 12 月 18 日採收者的有機酸含量 1.3% 無顯著差異。不同採收期果實有機酸含量以 11 月 18 日採收者與 12 月 3 日採收者為較低。糖酸比則以 12 月 3 日採收者之 12.37 顯著高於 11 月 3 日採收者之 7.24 與 12 月 18 日採收者之 9.56，與 11 月 18 日之糖酸比 10.90 無顯著差異。糖酸比變化趨勢，主要以 11 月 18 日後採收之糖酸比表現佳，12 月 18 日採收者之糖酸與 11 月 3 日相比無顯著差異，然因 12 月 18 日果實總可溶性固形物顯著高於 11 月 3 日採收者，就果實品質而言 12 月 18 日採收者較 11 月 3 日採收者為佳。果肉水分含量，以 12 月 3 日果肉水分含量達 87.27 % 顯著高於 12 月 18 日與 11 月 18 日採收者的 83.33 % 及 62.50 %，與 11 月 3 日採收者之 85.77 % 無顯著分別。

果皮性狀，果皮厚度以 11 月 18 日採收者之 2.67 mm 顯著高於 11 月 3 日採收者之 2.29 mm、12 月 3 日之 2.28 mm 與 12 月 18 日採收者之 2.34 mm。果皮水分含量則以 11 月 18 日採收之果實僅有 62.51 %，顯著小於 11 月 3 日採收者之 83.30 %、12 月 3 日之採收者 84.19 % 與 12 月 18 日採收者之 83.12 %。

種子敗育率在不同採收期果實間雖無顯著差異，但隨採收時間延後，有逐漸增加的趨勢，四個採收日期果實種子敗育率依序為 79.12 %、85.60 %、82.37 % 與 88.05 %。

上述果實性狀顯示，根據農民採收標準即轉色採收，使得 11 月採收之果實總可溶性固形物低、有機酸含量高，表示果實發育尚未完全(Etxeberria and Gonzalez, 2005)，根據 12 月果實整體表現判斷，總可溶性固形物應可持續累積，11 月並不是最佳果實品質採收期。而是 12 月開始，12 月以後果實具較大重量、




體積、高總可溶性固形物含量與高糖酸比，可稱之為最佳果實品質採收期。12月以後之果實品質並未隨季節進程而提高，可能是因為低溫造成果實退綠轉色(Young and Erickson, 1961; Reiz and Embleton, 1986)，在12月下旬以後，果實提前轉色，使農民誤判果實必須採收。然而金柑具多次開花特性(郭, 2014; Chang *et al.*, 2014)，一旦環境氣溫降可促使果實退綠(Brotons *et al.*, 2013)，農民即有機會採收到晚花所結，且未達生理成熟之果實(李, 1997)。亦即，目前農民採收標準，並無法確實採收生理成熟之長實金柑果實。

金柑生產因開花習性不同於一般柑橘類果樹，花期較長使得產期較長且分散，不同時期結果之果實因發育日數差異，造成果實品質不一，又低溫促使長實金柑最早於10月就開始轉色，導致可能有未達生理成熟即轉色果實在11月被採收，此時期採收定義為非適採期，12月採收之長實金柑果實品質優於11月採收者，亦是四次採收期中果實品質最佳採收期，因此定義此採收期為適採期。利用不同採收期之果實品質差異可以判斷不同金柑品種之適採期與非適採期。根據長實金柑果實四次採收之資料判斷，適採期晚於非適採期，使得農民容易誤採果實品質差之轉色果實，應要降低非適採期的產量與人力消耗。

長實金柑種子敗育率達70%以上，根據Honsho等(2009)與Mesejo等(2013)對於兩類因自交不親和性而無子的柑橘田間觀察，長實金柑有機會因自交不親和性或強烈單為結果性造成無子。若花期較晚，長實金柑又可能因柑橘花粉特性受環境溫度影響，使授粉受精成功率下降(Distefano *et al.*, 2012)，即易導致種子敗育率隨採收日期延後而上升。整體而言，種子敗育率的提高對適採期之果實，可提高其商品價值，增加食用方便性。


(三)長壽金柑不同採收期之品質表現

表3.為2013年不同採收期長壽金柑果實性狀，重量與體積以11月18日、12月3日、12月18日採收者顯著高於其他採收日期之果實，三個採收日期果重與體積分別為39.36 g、43.65 cm³；40.15 g、44.08 cm³；39.48 g、42.96 cm³。而



2月1日採收之果實重量與體積為 25.61 g、28.20 cm³，除了與 1月2日採收者的 29.90 g、31.26 cm³無顯著差異外，皆顯著低於其他採收期。果實密度以 1月2日與 1月15日採收者顯著最高可達 0.96 與 0.95 g·cm⁻³，其餘採收期密度在 0.91 到 0.92 g·cm⁻³間。果實高度呈現趨勢與果實重量與體積之趨勢差異不大，同樣以 11月18日、12月3日與 12月18日採收者之果高顯著高於其他採收期，三個採收期果實之果高分別為 43.37 mm、43.51mm 與 43.83 mm。而 2月1日採收者之果高僅達 36.82 mm，雖與 1月2日採收者之 37.80 mm 差異不顯著，但顯著低於其他採收日期之果實。果寬表現不同，11月18日與 12月3日採收者之果寬分別為 41.25 mm 與 41.57 mm，與 12月18日採收者之 40.15 mm 無顯著差異，而顯著高於其他採收期。12月18日採收者之果寬與 11月3日、1月15日採收者之果寬分別為 38.64 mm 與 38.95 mm 無顯著差異。而 2月1日採收者之果實寬度為 35.93 mm，除與 1月2日採收者之 37.38 mm 無顯著差異外，皆顯著低於其他採收期。

果肉性狀中，總可溶性固形物以 12月3日與 1月15日採收者之 9.24 °Brix 與 9.12 °Brix，顯著高於其他採收期；其中 2月1日採收者，總可溶性固形物僅 7.09 °Brix，顯著低於其餘採收期之果實。其餘採收期果實總可溶性固形物介於 7.84 °Brix 到 8.16 °Brix 之間。長壽金柑於採收期內總可溶性固形物變化趨勢，以 12月3日採收者及 1月15日採收者之表現最佳，而 2月1日採收者表現差，其餘採收期之果實總可溶性固形物表現趨向平均值。在有機酸含量表現上，1月2日採收之果實有機酸含量有 2.98%，顯著高於其他採收期之果實，其中有機酸含量第二高者為 2月1日採收者，達 2.59%。11月18日、12月18日與 1月15日採收者之有機酸含量無顯著差異，分別為 2.24%、2.31% 與 2.27%。最低有機酸含量發生在 11月3日與 12月3日採收之果實，分別為 1.35% 與 1.46%。果肉有機酸含量在七次採收期間以 11月3日與 12月3日採收者最低。若以 1月至 2月共 3次採收期而言，則以 1月15日採收之有機酸含量較低。糖酸比則以 11



月 3 日與 12 月 3 日採收者，顯著高於其他採收期，分別為 6.06 與 6.42，次之為 1 月 15 日採收之果實，其糖酸比為 4.04，不過與 11 月 18 日採收果實糖酸比 3.7 差異不顯著。最低糖酸比發生在 1 月 2 日採收者，僅 2.76，除與 2 月 1 日採收者糖酸比 2.81 無顯著差異外，皆顯著低於其他採收日期果實之糖酸比。糖酸比表現佳的採收日期應為 11 月 3 日、12 月 3 日與 1 月 15 日。果肉水分含量部分，除 1 月 2 日採收果實因人為疏失導致資料遺失外，其餘採收日期中，11 月 18 日、12 月 3 日與 12 月 18 日採收者之表現分別為 90.19 %、89.72 %與 89.70 %，除與 2 月 1 日果實之 89.46 %無顯著差異外，顯著高於 11 月 3 日與 1 月 15 日採收果實表現，後兩者分別為 88.58 %與 88.88 %。

在果皮部分，於 12 月 3 日採收者之皮厚為 3.49 mm，除與 12 月 18 日採收者之 3.38 mm 差異不顯著外，皆顯著高於其他採收期之果實。而 11 月 3 日採收者之皮厚為 3.15 mm，與 11 月 18 日、12 月 18 日、1 月 15 日與 2 月 1 日採收者果皮厚度差異不顯著，這些採收期內之果實，皮厚概在 2.84 mm 到 3.38 mm 間。1 月 2 日採收者之皮厚僅有 2.77 mm，除與 11 月 18 日及 2 月 1 日採收者之果皮厚度差異不顯著外，皆顯著低於其他採收期之果實。在果皮水分含量上，除 1 月 15 日資料因人為疏失而遺失外，其餘採收期果實之表現，以 12 月 18 日採收者之果皮水分含量最高，達 87.02 %，且與 11 月 3 日、11 月 18 日與 12 月 3 日採收者之果皮水分含量差異不顯著，不過顯著高於 1 月 15 日與 2 月 1 日採收者之水分含量；後兩者之水分含量分別為 84.18 %與 82.96 %。

在種子敗育率上，1 月 2 日採收果實之種子敗育率為 37.02 %，除與 11 月 18 日及 12 月 3 日採收者之種子敗育率分別為 27.25 %及 19.47 %差異不顯著外，顯著高於 12 月 18 日、1 月 15 日與 2 月 1 日採收者之種子敗育率；後三者之種子敗育率分別為 6.55 %、7.69 %與 5.19 %。

長壽金柑果實密度較其餘兩種金柑低，可能較易受東方果實蠅危害，根據植物保護手冊，東方果實蠅以 25-28°C 最適其生長發育，可能因叮咬後產卵，其幼

蟲在果實內活動，使得果實內部產生空腔，果重下降。於 2013 年與 2014 年在果園採摘，10-11 月份所採摘果實，易有果實蠅危害。進入冬天後，果實蠅危害較少，符合植物保護手冊所提到果實蠅於 16°C 之下活動力下降之描述。

根據長壽金柑果實品質差異判斷與糖酸比之表現，以 11 月 3 日與 12 月 3 日為果實適採期，非適採期則是在隔年的 1 月到 2 月。適採期早於非適採期，對生產者而言只要果實開始轉色即可商業生產，後期果實依農民採收標準，可能就不值得採收。且進入 1 月之後，長壽金柑於田間果實數量較少，可採收果實亦少。但從總可溶性固形物累積高峰看，1 月 15 日採收之果實雖然糖酸比較低、果實較小，卻仍因具有高總可溶性固形物而值得採收。長壽金柑的適採期分配，較不會使農民對採收時機感到困惑，且因花期更長於長實金柑，果實發育日數足夠，不會有果實未達生理成熟即轉色的情況發生。非適採期果實可能因為花期過晚，導致發育日數不足，且秋冬季低溫限制果實發育與細胞擴張，造成所需發育日數更勝於早花之果實，最終使得 1 月與 2 月可採果實較少外，果實品質亦較差。由於，低於 4°C 的低溫會抑制類胡蘿蔔素生成(El-Zeftawi, 1976)，但仍可能具有不同色素構成(Agócs, 2007)，導致外觀上果實轉色較慢，甚至是待春天時回溫才加速轉色。1 月與 2 月之果實較小，有可能是因為具 Goldschmidt (1977) 提出之環境溫度對柑橘果實發育之現象所致。林 (2014) 認為細胞分裂期果實遇到高溫，會使得發育停止，導致細胞分裂數少，直接影響最終果實大小。且 Goldschmidt (1977) 提出，低溫會使得果實發育速度減緩，除了造成果實變小外，內容物變化速率降低現象也可能會伴隨發生。

長壽金柑種子數目多寡與 10 月到 11 月果實大小有相關性，對於許多柑橘而言是普遍發生的現象(Cameron *et al.*, 1960)，這表示要穩定生產長壽金柑，需有良好雜交授粉媒介與環境(Chao, 2005)。然而，長壽金柑果實最多種子可達 12 顆，柑橘類種子又因含油量高達 46 % (Braverman, 1949)，無法直接進行果汁加工，需增加去除種子的步驟，才適合製汁。

(四)金彈不同採收期之品質表現

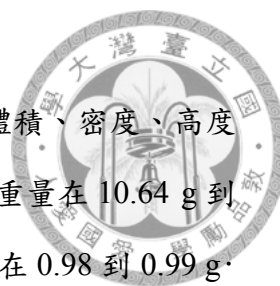
表 4. 為 2013 年不同採收期金彈果實性狀。不論是重量、體積、密度、高度與寬度，在三個不同採收期的果實間皆無顯著差異存在，果實重量在 10.64 g 到 10.89 g 之間、果實體積在 11.08 到 10.72 cm³ 之間、果實密度則在 0.98 到 0.99 g·cm⁻³ 之間、果實高度在 27.12 到 27.40 mm 之間、果實寬度則在 25.01 到 25.77 mm 之間。

果肉性狀中，以 12 月 3 日及 1 月 2 日採收之果實，有顯著最高總可溶性固形物，分別為 13.24 °Brix 與 13.13 °Brix，顯著高於 12 月 18 日採收者的 11.57 °Brix。四次採收中以 12 月 18 日採收者，總可溶性固形物含量較低。在有機酸含量表現上，1 月 2 日採收果實之有機酸含量為 0.8 %，顯著高於 12 月 3 日與 12 月 18 日採收者；後兩者分別為 0.46 % 與 0.47 %。果實有機酸含量在 1 月 2 日採收之果實有相當明顯的上升。而糖酸比部分，12 月 3 日採收之果實糖酸比為 33.89，顯著高於 12 月 8 日與 1 月 2 日採收者；後兩者分別為 24.97 與 18.12。整體而言，隨採收日期往後延，糖酸比有略微下降趨勢。

果皮性狀僅有皮厚可以進行比較，果皮厚度在 12 月 18 日採收者雖與 12 月 3 日採收之果實間差異不顯著，卻顯著高於 1 月 2 日採收者之果皮厚度。

種子敗育率部分，如同金彈果實基本性狀一般，在不同採收期間之果實差異不顯著，然而，隨採收日期延後，種子敗育率有略微提高之趨勢，依照採收日期先後之種子敗育率分別為 45.72%、54.67% 與 56.40%。

根據上述果實調查結果顯示，農民可依照轉色的採收標準，採收到果實品質一致的金彈。根據 2014 年與 2015 年田間觀察顯示，金彈主要結果時間與長實金柑一致，且 Iwasaki 與 Kunishima (2006) 亦指出，日本金彈主要的結果期集中於第一次花期，顯示台灣地區生產之金彈，可能是因為誘導轉色開始低溫，更低於長實金柑與長壽金柑，才使轉色時間與果實生理成熟時間一致。日本與大陸地區，因冬季低溫充足，果實轉色良好(谷口, 1984)。對於高緯度地區生產金彈而言，



因果實發育期長，累積足夠積熱單位，可確保一致且穩定的果實品質(Ryugo, 1988; Iwasaki and Kunishima, 2006)。根據 Yoshida 等(2003)對新品種金彈所進行全國區域試驗顯示，果實大小會隨栽培緯度降低而略微上升，而台灣金彈體積卻與高緯度日本金彈體積相似，可能是花後水分管理障礙，導致細胞分裂期無法大量分裂細胞所致。相較於日本金柑園大多有灌溉設施，或是於溫網室內容易控制土壤水分含量，台灣果園多無灌溉設備，容易因極端氣候而導致著果率變動(Treeby *et al.*, 2007; Hutton *et al.*, 2007)

(五)日均溫變化與適採期判定

根據附錄 3 之氣象資料與三種金柑之品質變化，可以發現在 2013 年夏天，從 5 月到 9 月中旬，平均日溫皆在 25°C 以上，這時間無轉色可採收果實，溫度下降發生在 10 月左右，日溫從超過 25°C 降到 20°C 左右，此時長壽金柑開始轉色，有極少部分未達生理成熟之長實金柑因低溫轉色。長壽金柑，因 11 月與 12 月之低溫轉色，果實正值生理成熟有高糖酸比是為最適採期；然隔年 1 月之後轉色果實，因花期較晚，可能因積熱不足(日均溫 25°C 以上日數過少)或是環境低溫(日均溫低於 13°C)影響，導致果實退酸不完全，品質下降。金彈直到 12 月開始才有果實轉色採收，12 月時日均溫甚至可低達 13°C 以下，而金彈可能因此時低溫轉色，相較於長壽金柑，金彈需更低溫才能成功轉色。長實金柑雖在 11 月即有果實可採收，但主要適採期從 12 月開始，此時期日均溫多在 20°C 以下，為果實轉色溫度。雖無文獻指出三種金柑轉色溫度，但依據氣象資料與果實品質調查結果研判，長實金柑可能因劇烈溫度變化與 20°C 以下低溫轉色；長壽金柑在 25°C 以下轉色，20°C 以下果實退酸不易；金彈則是在 15°C 以下才開始轉色。三者中，長實金柑轉色溫度範圍較廣，且低溫下果實退酸無障礙，才有非適採期的產生；長壽金柑主要因為花期過長導致發育時間不一致，且退酸可能因低溫受阻使非適採期產生；金彈因轉色溫度最為嚴苛，果實可能已過生理成熟，卻因低溫不足無法轉色，因此無採收適期變動問題。




(六)小結

由不同採收時間果實品質之差異上顯示，金柑農民慣用之採收標準，僅能正確用於判別金彈的適採期，而無法用於長實金柑與長壽金柑適採期之判斷。長壽金柑因開花較早，果實達生理成熟期與適採期在 12 月之前，非適採期在 12 月之後，若使用農民採收標準採收果實，不容易對適採期混淆。然而，長實金柑 11 月果實品質不良，糖酸比低，僅能供加工使用，應為非適採期，一旦採收此期果實，容易因收購價低，而無法彌補人力支出。長實金柑適採期在 12 月之後，應可藉由修剪或疏花延後主要的開花結果期，使果實更集中於 12 月後生產，不但提高總產量且減少人力成本。

果實密度可能做為快速判斷果實品質的指標，利用三種金柑全期的密度與可溶性固形物含量、有機酸含量與糖酸比做線性迴歸分析，觀察果實密度作為快速判斷果實品質之可能性。結果如圖 1.所示，圖 1.(a)中，長實金柑的可溶性固形物含量與有機酸含量隨密度增加而上升的趨勢，然而決定係數(coefficient of determination, R^2)僅有 0.19，所得方程式均無法完整解釋密度與可溶性固形物含量和有機酸含量之關係，在糖酸比部分亦是如此。在圖 1.(b)與(c)，也就是長壽金柑與金彈部分，一次線性迴歸均無法完整解釋密度與品質間之關係，然而分布之趨勢在三種金柑皆類似，隨著密度增加，可溶性固形物含量與有機酸含量上升，糖酸比下降。這部分有待更進一步研究以釐清果實品質與密度之關係。

根據三種金柑果實於不同採收期之結果進行整理，所得之結果如表 5.。長實金柑適採期之果實，除了果實重量達 14.09 g 顯著高於非適採期之 13.01 g 外，連同體積、可溶性固形物、糖酸比皆顯著高於非適採期果實；表示適採期與非適採期果實品質差異甚大，尤其以果實重量、體積與可溶性固形物差異最大。亦即多數果實在此時期可溶性固形物含量仍持續累積，然而退酸在轉色前發生，有機酸含量無太大之差異，導致糖酸比提高。而長壽金柑適採期與非適採期間，果實



品質主要差異在於果實重量、體積與有機酸含量，非適採期果肉有機酸含量為 2.54 % 顯著高於適採期之 1.84 %，極有可能是因為果實發育日數太少，導致 1 月與 2 月果實退酸發生同時，已開始轉色，導致誤採。整體而言，從不同採收期的三種金柑果實品質差異可以判斷出，果實轉色後仍會具有果實品質表現較好的適採期與果實品質差的非適採期，其中僅有長實金柑非適採期早於適採期，容易使人力成本支出浪費，為減少非適採期產量，應當以疏花來進行試驗觀察。而長壽金柑，因適採期較非適採期早，採收時機與轉色時間相同，惟 1 月與 2 月時，果實少且果實品質差，應檢討是否應在農民採收標準下採收。


二、疏花對長實金柑開花與果實生育之影響

此部分結果分成六個部分做描寫，所使用資料皆來自於 2014 年對宜蘭地區長實金柑疏花試驗。

(一)對平均開花數與結果數之影響

1.疏第一期花

圖 2.是 2014 年對長實金柑進行疏花後，觀察各枝條平均開花數與結果數。根據表 6.及圖 2.(h)，自然情況下長實金柑，自 2014 年 6 月 30 日開始開花，為始花日，開放時間可以持續一周，隔週可調查到初始著果量，是為記錄結實日；始花日後間隔約 15 天，又有一批花開放，直到沒有花朵開放前，一共紀錄六次始花日，分別是 6 月 30 日、7 月 15 日、7 月 30 日、8 月 14 日、8 月 29 日與 9 月 13 日，各次花開放後，於隔週記錄各次花的每枝條平均結果數，接下來敘述中以始花日期作為該次連續開放花期之代稱，換言之，對照組一共有六個花期；結果顯示對照組以 6 月 30 日為主要花朵開放期，平均每枝條開放 7 朵花，平均結果數為每枝條 4 顆果實。圖 2.(a)僅將第一期花完全疏去，在 7 月 15 日每隻條僅 0.5 朵花開放，每枝條結果數不到 0.5 顆果實；然而在 7 月 30 日，花朵數可達每枝條 1 朵花，平均每枝條結 1 顆果實；而在 8 月 14 日，開花數略等同於結果數目，與 7 月 30 日開花



結果情況類似；在 8 月 29 日，花朵開放數與 7 月 30 日相仿，結果數降至不到 1 顆果實，而 9 月 13 日開花結果情況與 7 月 15 日一樣，花朵數少且結果數低。相較於圖 2.(h) 在 7 月 30 日花朵數與結果數皆不到 1 朵花與 1 顆果實。疏除 6 月 30 日第一期花，使主要花期自 6 月 30 日分散至 7 月 15 日到 8 月 29 日這四次花期，這四個花期結果數亦較其餘兩期多。圖 2.(b) 為疏除第一與二期花，使 7 月 30 日平均花朵發生數為 2 朵，而結果數仍在 0.5 顆果實左右。接續 8 月 13 日、8 月 29 日與 9 月 13 日的花期，花朵發生數最多不超過每枝條 0.5 朵，平均結果數亦無超過 0.5 顆果實。

相較於圖 2.(a)，連續疏除兩期花會使疏花後第一次開花朵數較僅疏除第一期花後第一次開花數多。然而對結果數而言，僅疏除第一期花後之第一次開花結果數較多。

圖 2.(c)，是連續疏除 6 月 30 日、7 月 15 日與 7 月 30 日的花朵，結果顯示 8 月 14 日的花朵數，僅略多於圖 2.(h) 同時期的花朵數，在圖 2.(a) 與圖 2.(b) 中出現疏花後，可立即提高後期開花花朵數的作用，於圖 2.(c) 延後至 8 月 29 日與 9 月 13 日才觀察到，然而不論是 8 月 14 日、8 月 29 日或 9 月 13 日，這三期花之結果數皆無法超過 0.5 顆果實。

在圖 2.(d) 為疏除第一與第三期花，在疏除第一期花後，觀察到與圖 2.(a) 僅疏除第一期花者，在 7 月 15 日花朵開放數相仿。疏除 7 月 30 日花朵後，相較於圖 2.(a)，8 月 14 日開放花數更多，然而花朵數目在 8 月 29 日時(次期花) 又以僅疏除第一期花者較多，且在 9 月 13 日時，疏除一、三期花的圖 2.(d) 有顯著較多的花朵。這表示疏除第一期花後，是否疏除 7 月 30 日花，會顯著影響 8 月 14 日後連續三次花期的花朵數目。可以預期的是連續除去第一、三期花將使得第四期花變成主要花期。

2. 保留第一期花

相較於圖 2.(a)、(b)、(c)、(h) 是討論疏除第一期花後進行不同疏花或留

花處理效應，圖 2.(e)、(f)、(g)、(h)是保留第一期花後，針對第二與第三期花進行處理。圖 2.(e)是疏除 7 月 15 日的花朵，導致 7 月 30 日的花朵數顯著多於圖 2.(h)的對照組。而圖 2.(f)則是疏除 7 月 30 日的花朵，然而僅略微提高 8 月 14 日與 8 月 29 日的花朵開放數，對次期花花數目提升效力而言，較差於僅疏除 7 月 15 日的花朵之處理。而圖 2.(g)則是將 7 月 15 日與 7 月 30 日花朵疏除，反而使 8 月 14 日花朵數目較未疏除處理略為下降，對其餘兩期花花數目開放數量與結果數目皆無影響。一旦保留第一期花，將會使得後續的除花效果不顯著。

(二)對主要結果期之影響

1.疏第一期花

圖 3.是根據疏花對平均花朵數之影響，以及各期花著果數目佔全部著果數目之多寡，討論疏花處理對主要的產期之影響。從圖 3.(h)可看到超過 80%的結果量都是來自 6 月 30 日開花，而後面連續五期的花朵開放，對於總結果數影響有限。而圖 3.(a)中，則可以看到僅疏除 6 月 30 日之第一期花，使 80%的果實來自 7 月 30 日(第三期)與 8 月 14 日(第四期)開花的，主要之結果期延後 30 到 45 天。根據圖 3.(b)可以得知，連續疏兩期花將使主要結果期平均分配在後續四期花中，主要結果期延後 30-75 天。圖 3.(c)為連續疏去三期花的表現，主要結果期延至 8 月 29 日與 9 月 13 日，相當於延後了 60-75 天，且藉由圖 2.(c)的實際結果數來看，連續疏除三次花雖將主要結果期延後，但平均著實數甚至小於 0.5 顆，對於生產完全沒有幫助。疏除第一、三期花與僅疏除第一期花對平均花朵數目與主要結果期之影響，從圖 3.(d)可以看到主要結果期為 8 月 14 日，相較於僅疏除第一期花使主要結果期分散於 7 月 30 日與 8 月 14 日有所不同。根據採收期試驗可以得知，長實金柑非適採期僅與適採期差一個月左右，對於產期調整而言，僅需要疏除第一期花即可延遲著果期達 30 天到 45 天，然而，對於實際產量之影響仍有待考慮。

2.保留第一期花

圖 3.(e)、(f)、(g)、(h)是討論在保留第一期花的情況下，疏花處理對於平均開花數與主要結果期之影響，不論是哪一種疏花處理，在第一期花順利開放下，主要的果實之結果期都會集中於第一期花，第一期花結果數佔總結果數的 80%到 90%左右。



(三)對著果率之影響

1.疏第一期花

圖 4.是不同疏花處理對長實金柑開花數與著果率之影響，圖 4.(h)指出僅在 6 月 30 日第一期花、7 月 30 日第三花期與 8 月 14 日第四花期的著果率高於 50%，其餘三次花期皆在 30%的著果率。而圖 4.(a)則是將第一期疏掉後，在 7 月 30 日、8 月 14 日與 8 月 29 日，即第三到五次花期著果率超過 50%。圖 4.(b)可看出連續疏除兩次花後，使得 8 月 14 日、8 月 29 日與 9 月 13 日的著果率超過 50%。至於連續三次疏花後，可見圖 4.(c)僅有在 8 月 29 日有接近 50%的著果率，其餘兩次著果率皆低。

圖 4.(d)與(a)則討論一次疏除一、三期花與僅疏除一期花差異。圖 4.(d)中的 8 月 14 日有極高的著果率，遠超過 50%，而其餘兩次著果率僅在 40%左右；相較於圖 4.(a)為僅疏除一次的處理，在 7 月 30 日到 8 月 29 日這 3 次花期皆有超過 50%的著果率。

一旦疏除第一期花後，第二期花的著果率皆低於 40%以下，可能使得總產量下降，而在處理結束後第二次到第三次的花期，著果率必然達到 50%以上，從圖 4.(c)可以推論基本上疏花程度越高，疏花間格越緊密，會使得後期著果率低，若是如圖 4.(a)與圖 4.(b)僅疏除一到兩次花，可以至少提高兩次花期之著果率。然而，對於間隔疏花的圖 4.(d)而言，可能因為第一期花疏除使第二期花著果率低於 50%後，又在第三期花進行處理，導致原本要處理後才會出現的著果率提高，提早至第四期花，然而第五期與第六期花的著果率，

相較於僅疏除第一期花為低。

2.保留第一期花

圖 4.(e)中，若將第二期花疏除，會使得 8 月 14 日到 9 月 13 日之最後三次花期著果率提高在 50%以上；相較於圖 4.(f)，在 7 月 30 日第三次花期疏花，僅提高隔期 8 月 14 日著果率，倘若同時疏除 7 月 15 日與 7 月 30 日兩次花，與僅疏除第三期相似可提高第四期花之著果率上升超過 50%，差異在於有無 9 月 13 日的第六期花。

疏花對於著果率之影響在保留第一期花時與疏除第一期花類似，然而僅有選擇在第二期花疏花時，著果率提高才會在處理後二、三周出現，其他除第二期與第二、三期之處理，第四期的著果率即超過 50%。

(四)疏花次數對開花與果實生育之影響

表 7.是疏花次數對長實金柑開花與結實之影響。沒有疏花時，累計平均開花數最高為每枝條 9.83 朵花，顯著高於疏一次花的 6.31 朵花、疏兩次花的 6 朵花與疏三次花的 1.66 朵花。連續三次疏花下，雖然實際上開花數目顯著最低，然若針對累積平均花朵數表現，連續三次疏花可使總花朵數目顯著較高達 11.1 朵，雖與未疏花之 9.83 朵與疏兩次花之 9.98 朵無統計上差異，仍顯著高於疏 1 次花之 8.9 朵花。在累計平均結果數中，理論結果數與累計平均開花數趨勢一致，開放花朵數越多結果數越多。然而，根據實際於 2014 年 9 月底調查之結果情況，以無疏花者平均結果數達 1.5 顆顯著高於疏花兩次至三次的結果數，分別為每枝條 0.69 顆與 0.04 顆。疏花一次雖使每枝條理論結果數 3.7 顆果實顯著低於未疏花者每枝條 5.4 顆果實，在實際結果數上，疏花一次之結果數 1.11 顆與未疏花無顯著差異。累計平均小花苞數中，以疏花三次最高，每枝條有 6.81 朵小花苞，顯著高於疏花一次與未疏花小花苞數，分別為每枝條 4.1 朵與每枝條 2.94 朵，表示疏花次數增加使疏花後下次盛花期花朵數目增加。在落果率表現上，不論疏除


花朵次數多少，在落果率上無顯著差異，表示落果發生可能是因為其他因素。比例上，以疏花三次落果率最高，花期與主要結果期較正常情況開花下延後甚多，可能導致著果問題或果實發育問題。

疏花疏果最易對產量直接產生影響(Gallasch, 1978)，以未疏花者每枝條實際結果數為基準，疏一次花使果實數目減產 26%，疏兩次花使數目減少 54%，而疏三次花減少 98%，疏除兩次花以上使每枝條結果少於 1 顆。從減產比例來看，疏兩次花以上使減產超過 50%，若果實性狀無顯著較佳，且無法彌補果實數目短少造成之經濟損失，應只能利用疏一次花，來調控開花結果期。

(五)對小花苞發生數目之影響

疏除花朵後，除了每經 15 天後可見花朵再次開放，處理後一周內通常可發現小花苞形成。根據圖 5，疏除不同花期對於下次花期之小花苞量有不同影響，針對 6 月 30 日也就是第一期疏花，可使平均每枝條發生 1.16 朵小花苞，顯著高於未疏者僅 0.53 朵小花苞。然而，在第二期花後，疏花對於小花苞生成影響不大，反而是小花苞數目隨花期增加而逐漸下降，在第三期花結束後，每枝條僅剩 0.28 朵或 0.37 朵花。

柑橘類果樹花朵數量多，發育所需光合產物來自於樹體其他部位(Vu and Yelenosky, 1985)。長實金柑花朵開放，在春梢完成發育後發生(郭, 2014; Chang *et al.*, 2014)，花朵發育所需碳水化合物，可能由發育完全春梢葉片提供。然而根據 Bustan 與 Goldschmidt (1998)估計葡萄柚開花所需碳水化合物量，春梢葉片在花朵開放前，雖然可提供碳水化合物供其生長，一旦開始開放，更大量碳源會從植體內部直接供給，葉片累積之碳水化合物，絕對無法補充花朵開放所需，此外消耗光合產物量隨溫度提高、呼吸速率提高而顯著增加。在常綠樹中，開花數目多是相當普遍的現象(Stephenson, 1981)，而從金柑第一期花的每枝條平均花朵數亦可證實，金柑開花亦是以數量多來達到一定的著果量，此外從疏花對金柑小花苞發生數亦可得知，長實金柑亦以第一期花為主要投入植體內儲藏碳水化合物對象，



縱使花芽分化因子為高溫誘導(郭, 2014; Chang *et al.*, 2014)發生, 在第一期花之後夏梢生育、小果發育皆需要碳水化合物供給, 必然使供給花朵發育養分減少。疏花可顯著促使第一期花後小花苞發生, 可能因第一期花開放到著果所需能量, 被以疏花方式節省, 這將有機會使得次期花的開放樹目顯著多於未處理者, 實際上在金柑疏花試驗中, 亦已證實疏花可使得次期花朵數目上升。然而在非全株疏花下, 因第一期花能量消耗過大以及部分著果果實開始發育, 僅針對少部分新梢處理可能無法得到良好成果, 會使得與對照組差異較不顯著。雖然依據圖 2.(h)第一期花可以到平均每枝條 7 朵花, 而除去第一期花僅得到平均每枝條 1.16 朵新生小花苞之形成。開花對於植體養分消耗過大, 亦導致第二期與第三期花後, 小花苞有越來越少的現象。避免連續開花造成養分大量消耗, 可能可用全株疏花方式對前兩期花做花期調整。

(六)對整體開花與果實生育之影響

表 8. 是疏花處理對長實金柑開花與結果之影響。以含疏除花朵數量之平均花朵數來看, 疏除一、二、三期者與疏一、二期者之花朵數為 11.10 朵與 11.24 朵, 顯著高於疏二、三期者與僅疏二期者之花朵數, 分別為 8.54 朵與 7.85 朵。在累積平均開花數上, 以未疏花共 9.83 朵最高, 次之為疏二期、疏三期與疏二、三期花之處理植株, 後三個處理之開花數分別為 7.79 朵花、7.98 朵花與 6.99 朵花。以有疏去第一期花組別, 平均開花數顯著低於保留第一期花者, 開花數從平均 1.66 朵花到 3.51 朵花。在小花苞數上, 以疏一、二、三期花與疏一、三期花者有顯著較多小花苞出現, 分別為 6.81 朵與 7.34 朵; 此外, 所有疏去第一期花之處理的小花苞發生數量皆略多於第一期花保留者, 數值上, 以未疏花者累計小花苞數最低, 僅 2.94 朵小花苞。平均結果數表現上, 理論結果數以未疏花顯著較高於其他處理, 僅與疏二期花之理論結果數類似, 分別為每枝條 5.4 顆果實與每枝條 4.74 顆果實, 理論產量以連續疏去三次花組別最低, 僅有 0.21 顆果實, 應是其在後期開花能力弱, 開花數目少導致。在實際結果數上, 可以分為兩類, 一

類是有保留第一期花之組別，實際結果數從每枝條 1.28 顆果實到每枝條 1.5 顆果實顯著高於疏除第一期花之組別，其實際結果數最高僅有每枝條 0.6 顆果實，最低每枝條僅有 0.04 顆果實。不同處理間在落果率的表現上並無顯著之影響。

根據不同處理間的實際結果狀況比較，第一期花之結果情況對產量貢獻極大，此現象一樣在圖 3.(d)與(a)的比較間被提出，若要改變花期與主要結果期，必然得面對一定的產量損失。

不同疏花處理下，實際花期之開花數與結果數以及調整後各花期之開花數與結果數的改變。疏花處理後，會使得開花結果時間變混亂，然而，僅針對不疏除、疏第一期花、疏第一、二期花與疏第一、二、三期花來看，不疏除與疏除兩次花會使得次期花成為主要的花期(第一期花與第三期花)，而疏一期花與疏一、二、三期花會使得主要花期延後兩期，主要的結果期也會延後兩期。從這裡可以明確的瞭解疏花對於長實金柑花期之影響。

根據附錄 4.之氣象資料與開花情況討論，6 月 30 日為第一期花與最低日均溫達 25°C 與日均溫達 30°C 的時間重合，而第六期花發生於 9 月 13 日，幾乎與最低日均溫與日均溫開始下降之時間疊合，印證金柑花芽分化與發育的溫度應在 25°C 以上(郭, 2014)。

(七)小結

疏花對長實金柑生育特性影響主要在於改變主要花期與結果期。疏花依照時間點不同，可預期下次主要花期時間，且花朵數會在疏花後下一期花提升，主要結果期則開始於下期花的隔周。過度疏花(連續三次疏花)雖然使得小花苞發生數目增加、總花朵形成數增加，卻可能因外在因素或養分供給問題，而在花期到來時，開花數目減少。疏花調節金柑產期的較有機會應用的疏花操作，應為對第一期花疏花。根據本試驗證實，對第一期花疏花後兩周內必然有一次花期，可以利用花期發生時間差，避開不良的授粉受精環境，提高著果率與避免環境造成之落果。若僅疏一期花，會使花朵開放與結果期更集中至第二期與第三枝花，相較於

連續疏除第一與第二期花導致花期與結果期分散於後面四次花期，集中花期使採收更加便利。大致上，疏偶數次花可使得花朵大量發生在次期花，疏奇數次花可使開花結果期延後兩期。然而本試驗中，僅對樹體中部分枝條進行疏花處理，可能因為大量開花消耗養分而無法表現疏花真實效益。因此應對全株進行疏花操作，了解疏花對於長實金柑中新梢芽體再發育與各節位芽體萌發小花苞數量是否有一定極限。



結論

依據農民採收標準雖可以採收到生理成熟的金彈，卻無法只採收到剛好生理成熟的長壽金柑與長實金柑。長壽金柑果實適採期在 11 月到 12 月為主，並於隔年 1 月有一次額外的適採期。金彈適採期可藉由農民採收標準判斷，果實生理成熟期與轉色期在 12 月之後，具有極高糖酸比，但果實較小。然而對長實金柑而言，因非適採期早於適採期，使農民容易採收到未達生理成熟的高有機酸含量、低總可溶性固形物與低糖酸比果實，縱使果實已轉色，仍需待到 12 月後才是適採期，有足夠品質供採收販賣。若可以避免 10 月到 11 月非適採期採收，增加或集中金柑果實的產期於 12 月之後，可助於提高農民收益。然而根據疏花對於金柑開花與果實生育之影響，第一期的花與果實為當年最終結果數的主要貢獻者，一但疏除第一期花，表示疏去大多數花朵，使最終結果數下降一半，若連續疏除兩期或三期花，則使結果數低下，甚至無產出。僅疏除第一期花者，雖產量下降，但第二期花開花可以延後 1 個月左右，果實採收期亦隨之延後，剛好可以使得可採收期從非適採期延後至適採期。長實金柑雖有因過早轉色造成採收品質不均問題，然而可藉由疏除第一期花，延後開花與結實期達 1 個月，避開非採收適期採收造成的果實品質低落。



表 1. 宜蘭地區之長實金柑(*Fortunella margarita* Swingle)、長壽金柑(*F. obovata* Tanaka)與金彈(*F. crassifolia* Swingle)果實性狀與花期之比較^z

Table 1. Comparison of fruit characteristics and anthesis time among *Fortunella margarita* Swingle, *F. obovata* Tanaka, and *F. crassifolia* Swingle, that cultivated in Ilan.



品種 Cultivar	重量 ^x Weight (g)	體積 Volume (cm ³)	密度 Density (g·cm ⁻³)	高度 Height (mm)	寬度 Width (mm)	果肉性狀 Characteristics of Pulp				果皮性狀 Characteristics of Peel			2014 年 花期 Flowering time (2014)
						有機酸含量 TSS (°Brix)	糖酸比 Organic Acid Content	水分含量 糖酸比 (TSSA) Content	水分含量 Water Content (%)	皮厚 Thickness (mm)	水分含量 Water Content (%)	種子敗育率 Seed Abortion (%)	
長實金柑 (<i>F. margarita</i>)	14.01b	14.84b	0.95b	36.13b	26.67b	9.19b	1.26b	10.02b	80.13b	2.39b	78.68b	83.74a	6-9 月
長壽金柑 (<i>F. obovata</i>)	35.53a	38.70a	0.92c	41.32a	39.56a	8.26c	2.06a	4.42c	89.43a	3.16a	85.46a	16.68c	5-10 月
金彈 (<i>F. crassifolia</i>)	10.77c	10.91c	0.99a	27.27c	25.40c	12.69a	0.58c	24.44a	81.75b	1.88c	77.56b	52.67b	7-9 月

^z 果實性狀調查於 2015 年，花期調查於 2014 年。

^x Means followed by the same letter in columns are not significantly different by LSD (P=0.05).

表 2. 不同採收期長實金柑(*Fortunella margarita* Swingle)果實性狀之調查(2013)

Table 2. Investigation of the fruit characteristics of *Fortunella margarita* Swingle between different harvest timing (2013).



採收日期 Harvest timing	重量 z Weight (g)	體積 Volume (cm ³)	密度 Density (g·cm ⁻³)	高度 Height (mm)	寬度 Width (mm)	果肉性狀 Characteristics of Pulp				果皮性狀 Characteristics of Peel		
						TSS (°Brix)	有機酸含量 Organic Acid Content	糖酸比 (TSSA)	水分含量 Water Content (%)	皮厚 Thickness (mm)	水分含量 Water Content (%)	種子敗育率 Seed Abortion (%)
11 月 3 日	12.37b	12.84c	0.97a	34.28c	23.94d	8.72c	1.63a	7.24c	85.77ab	2.29b	83.30a	79.12a
11 月 18 日	13.73b	14.85b	0.92b	36.74ab	30.96a	7.64d	1.03b	10.90ab	62.50c	2.67a	62.50b	85.60a
12 月 3 日	16.49a	17.73a	0.93b	38.45a	27.18b	9.69b	1.05b	12.37a	84.19a	2.28b	87.27a	82.37a
12 月 18 日	13.41b	13.96bc	0.96ab	35.12bc	25.04c	10.57a	1.30ab	9.56bc	83.12b	2.34b	83.33a	88.05a

²Means followed by the same letter in columns are not significantly different by LSD (P=0.05).

表 3. 不同採收期長壽金柑(*Fortunella obovata* Tanaka)果實性狀之調查(2013)

Table 3. Investigation of the fruit characteristics of *Fortunella obovata* Tanaka between different harvest timing (2013).



採收日期 Harvest timing	重量 ^z Weight (g)	體積 Volume (cm ³)	密度 Density (g·cm ⁻³)	高度 Height (mm)	寬度 Width (mm)	果肉性狀 Characteristics of Pulp				果皮性狀 Characteristics of Peel		
						TSS (°Brix)	有機酸含量 Organic Acid Content	糖酸比 (TSSA)	水分含量 Water Content (%)	皮厚 Thickness (mm)	水分含量 Water Content (%)	種子敗育率 Seed Abortion (%)
11月3日	32.42b	35.85b	0.91bc	39.79b	38.64bc	7.93b	1.35d	6.06a	88.58b	3.15bc	85.94ab	17.23bc
11月18日	39.36a	43.65a	0.90c	43.37a	41.25a	7.89b	2.24c	3.70bc	90.19a	3.03cd	86.07ab	27.25ab
12月3日	40.15a	44.08a	0.91bc	43.51a	41.57a	9.24a	1.46d	6.42a	89.72a	3.49a	85.15ab	19.47abc
12月18日	39.48a	42.96a	0.92b	43.83a	40.15ab	7.84b	2.31c	3.42cd	89.70a	3.38ab	87.02a	6.55c
1月2日	29.90bc	31.26bc	0.96a	37.80bc	37.38cd	8.16b	2.98a	2.76e	-	2.77d	-	37.02a
1月15日	33.53b	35.28b	0.95a	39.83b	38.95bc	9.12a	2.27c	4.04b	88.88b	3.10c	84.18b	7.69c
2月1日	25.61c	28.20c	0.91bc	36.82c	35.93d	7.09c	2.59b	2.81de	82.96ab	2.84cd	82.96b	5.19c

^zMeans followed by the same letter in columns are not significantly different by LSD (P=0.05).



表 4. 不同採收期金彈(*Fortunella crassifolia* Swingle)果實性狀之調查(2013)

Table 4. Investigation of the fruit characteristics of *Fortunella crassifolia* Swingle between different harvest timing (2013).

採收日期 Harvest timing	重量 ^z Weight (g)	體積 Volume (cm ³)	密度 Density (g·cm ⁻³)	高度 Height (mm)	寬度 Width (mm)	果肉性狀 Characteristics of Pulp			果皮性狀 Characteristics of Peel	
						TSS (°Brix)	有機酸含量 Organic Acid Content (%)	糖酸比 (TSSA)	皮厚 Thickness (mm)	種子敗育率 Seed Abortion (%)
12月 3日	10.89a	11.08a	0.98a	27.27a	25.51a	13.24a	0.46b	33.89a	1.84ab	16.68a
12月 18日	10.82a	10.99a	0.99a	27.12a	25.77a	11.57b	0.47b	24.97b	2.05a	83.74a
1月 2日	10.64a	10.72a	0.99a	27.40a	25.01a	13.13a	0.80a	18.12b	1.76b	52.67a

^zMeans followed by the same letter in columns are not significantly different by LSD (P=0.05).

表. 5. 宜蘭地區適採期與非適採期之長實金柑(*Fortunella margarita* Swingle)與長壽金柑(*F. obovata* Tanaka)果實性狀之比較 (2013)

Table 5. Comparison of the fruit characteristics in appropriate and non-appropriate harvest timing between *Fortunella margarita* Swingle and *F. obovata* Tanaka, that cultivated in Ilan (2013).



品種 Cultivar	採期 Harvest timing	重量 Weight (g)	體積 Volume (cm ³)	密度 Density (g·cm ⁻³)	高度 Height (mm)	寬度 Width (mm)	果肉性狀 Characteristics of Pulp				果皮性狀 Characteristics of Peel		種子敗育率 Seed Abortion (%)
							TSS (°Brix)	有機酸含量 Organic Acid Content (%)	糖酸比 (TSSA)	水分含量 Water Content (%)	皮厚 Thickness (mm)	水分含量 Water Content (%)	
長實金柑 (<i>F. margarita</i>)	適採期 (2013/12)	14.95a	15.85a	0.95b	36.78b	26.11b	10.13a	1.17b	11.02a	85.33a	2.31b	83.65a	85.20
	非適採期 (2013/11)	13.01b	13.79b	0.95b	35.44b	27.27b	08.21b	1.35b	08.96b	74.75b	2.47a	73.45b	82.19
長壽金柑 (<i>F. obovata</i>)	適採期 (2013/11-12)	37.85a	41.63a	0.91b	42.62a	40.41a	08.23b	1.84b	04.90a	89.550	3.26a	86.04a	17.63
	非適採期 (2014/1-2)	30.53b	32.40b	0.94a	38.52b	37.76b	08.35b	2.54a	03.39b	89.080	2.95b	83.75b	14.65

Means followed by the same letter in columns are not significantly different by LSD (P=0.05).

表 6. 2014 年宜蘭地區長實金柑(*Fortunella margarita* Swingle)各花期之始花日與結實日

Table 6. The first day of anthesis and fruit set recorded of each flowering period of *Fortunella margarita* Swingle in Ilan (2014).



抽梢	花期	始花日	結實日
Sprouting	Flowering period	First day of anthesis	First day of fruit set
2014 年 4 月	1	6 月 30 日	7 月 9 日
	2	7 月 15 日	7 月 24 日
	3	7 月 30 日	8 月 8 日
	4	8 月 14 日	8 月 23 日
	5	8 月 29 日	9 月 7 日
	6	9 月 13 日	9 月 22 日

表 7. 疏花次數對長實金柑開花與結實之影響

Table 7. The effect of times of flower thinning on flower formation and fruit set in *Fortunella margarita* Swingle.



疏花次數 Times of flower thinning	累計花朵數(含疏花數) Total flower formation	累計開花數 Number of flower anthesis	平均結果數 Average number of fruit set		累計花苞數 ^w Number of flower buds	落果率 ^v Fruit drop (%)
			理論 ^y Theoratically	實際 ^x Reality		
			0	9.83 ab ^z		
1	8.90 b	6.31 b	3.70 b	1.11 ab	4.10 bc	69.97
2	9.98 ab	6.00 c	2.15 c	0.69 b	5.53 ab	68.28
3	11.10 a	1.66 c	0.21 d	0.04 c	6.81 a	81.25

^zMeans followed by the same small letter in columns are not significantly different by LSD (P=0.05).

^y 累計各期花後一周的每枝條小果數

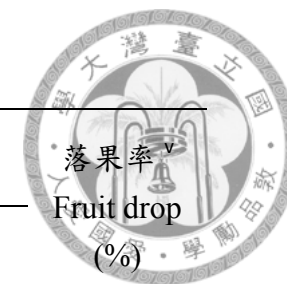
^x 為商業採收前最後一次調查枝條上宿存之果實數

^w 累計各期花後一周萌生出未開放的花苞數量

^v 落果率(%)=[1-(理論平均結果數/實際平均結果數)]x100%

表 8. 疏花處理對長實金柑開花與結果之影響

Table 8. The effect of flower thinning to flowering and fruit set in *Fortunella margarita* Swingle.



處理 Treatment	累計花朵數(含疏花數) Total flower formation	累計開花數 Number of flower anthesis	累計花苞數 ^y Number of flower buds	平均結果數 Average number of fruit set		落果率 ^v Fruit drop (%)
				理論 ^x Theoretically	實際 ^w Reality	
				疏一、二、三期	11.10 a ^z	
疏二、三期	8.54 bc	6.99 b	3.70 b	3.40 cd	1.28 a	63.86
疏一、二期	11.24 a	3.51 c	5.55 ab	1.48 ef	0.31 b	81.12
疏二期	7.85 c	7.79 b	3.65 b	4.74 ab	1.46 a	69.69
疏一、三期	10.16 ab	2.11 cd	7.34 a	1.56 e	0.49 b	59.88
疏三期	9.11 abc	7.98 b	3.96 b	4.13 bc	1.28 a	68.40
疏一期	9.73 abc	3.18 cd	4.69 ab	2.34 de	0.60 b	71.83
未疏花	9.83 abc	9.83 a	2.94 b	5.40 a	1.50 a	72.53

^zMeans followed by the same small letter in columns are not significantly different by LSD (P=0.05).

^y 累計各期花後一周萌生出未開放的小花苞數量

^x 累計各期花後一周的每枝條小果數

^w 為商業採收前最後一次調查枝條上宿存之果實數

^v 落果率(%)=[1-(理論平均結果數/實際平均結果數)]x100%

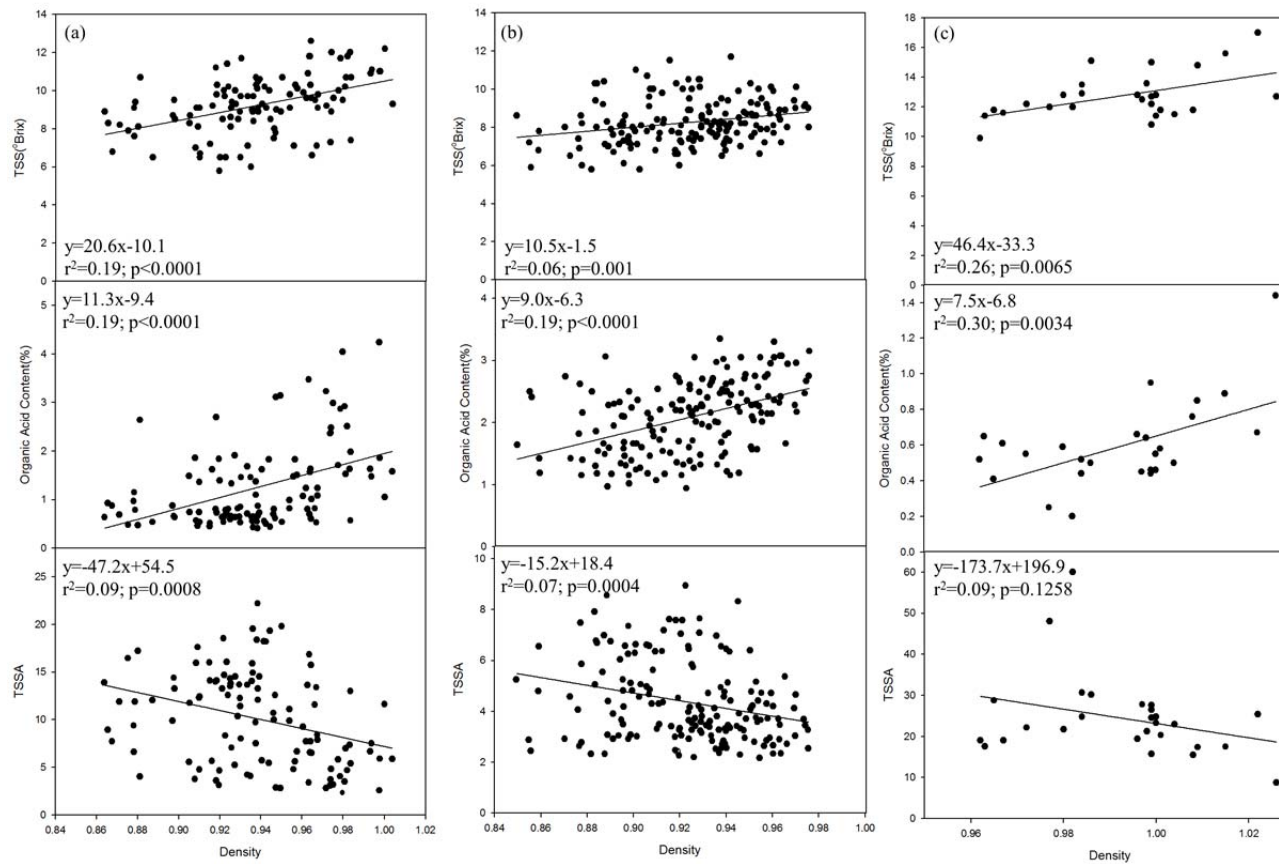


圖 1. 金柑密度與可溶性固形物含量、有機酸含量與糖酸比之線性迴歸關係(a)長實金柑(*F. margarita*) (b)長壽金柑(*F. obovata*) (c)金彈(*F. crassifolia*)

Fig. 1. Linear regression relationship of kumquat density between total soluble solids, organic acid content, and TSSA. (a) *F. margarita* (b) *F. obovate* (c) *F. crassifolia*.

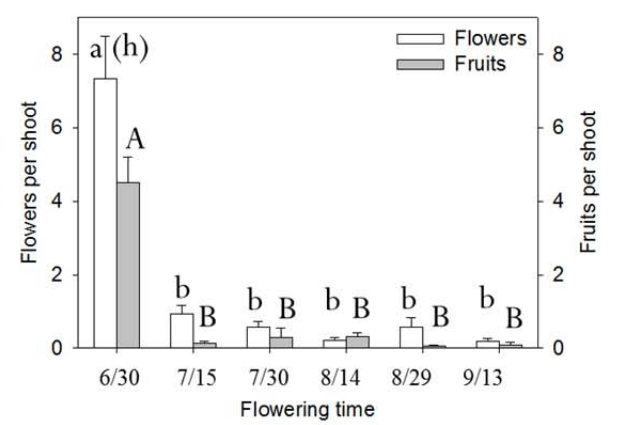
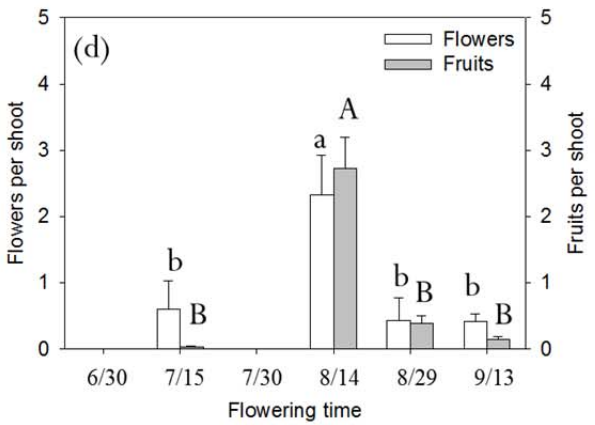
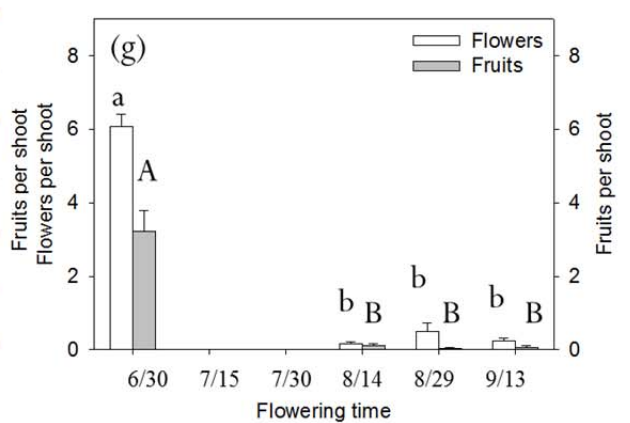
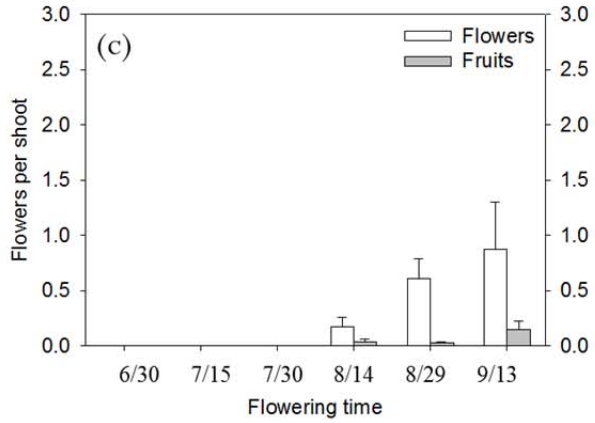
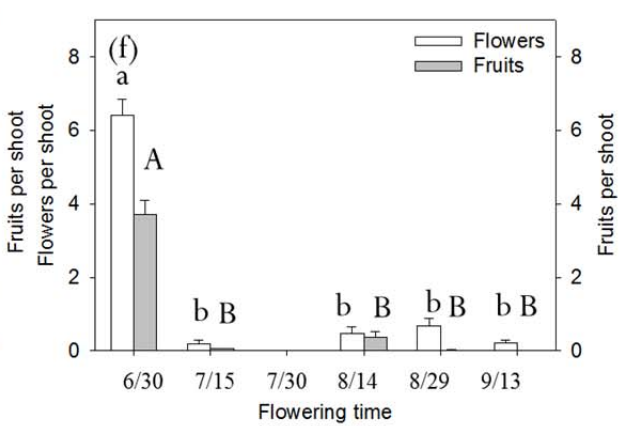
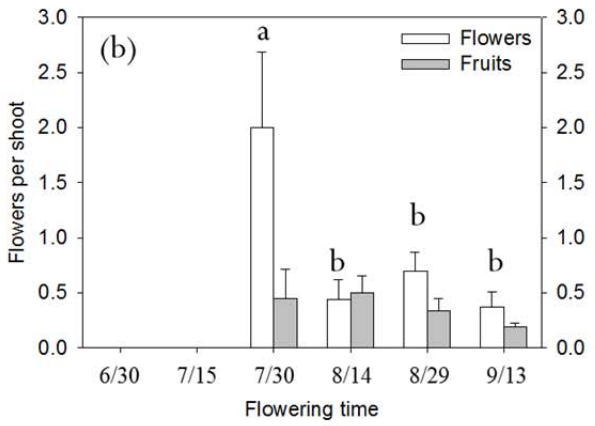
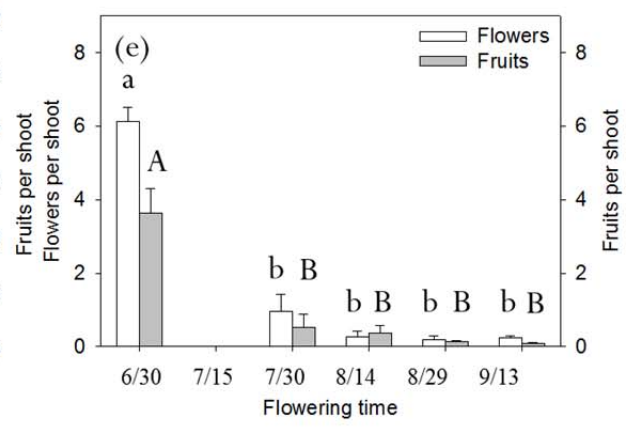
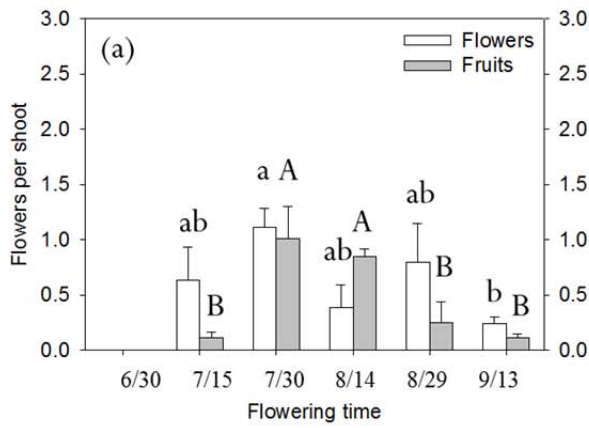


圖 2. 疏花處理對長實金柑(*Fortunella margarita* Swingle)周年開花與結果之影響(a)疏一期花(b)疏一、二期花(c)疏一、二、三期花(d)疏一、三期花(e)疏二期花(f)疏三期花(g)疏二、三期花(h)不疏除



Fig. 2. The effect of flower thinning to flowering and fruit set on *Fortunella margarita* Swingle. (a)thinned the 1st (6/30) flowering time (b)thinned the 1st and 2nd (6/30&7/15) flowering time (c)thinned the 1st, 2nd, and 3rd (6/30,7/15&7/30) flowering time (d)thinned the 1st and 3rd (6/30&7/30) flowering time (e)thinned the 2nd (7/15) flowering time (f)thinned the 3rd (7/30) flowering time (g)thinned the 2nd and 3rd (7/15&7/30)flowering time (h) no thinning.

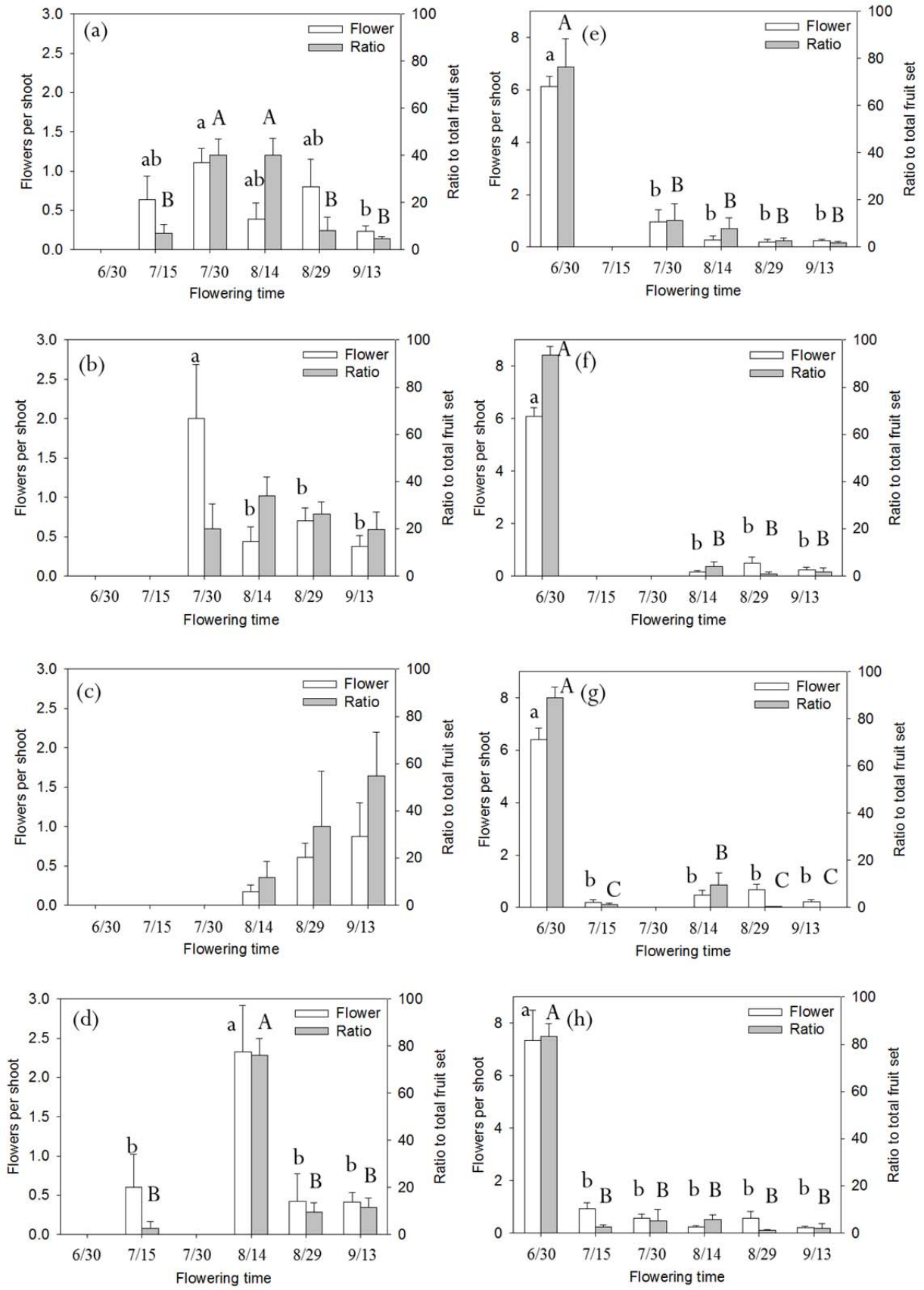


圖 3. 疏花處理隊長實金柑各期花開花與結果比例分配之影響(a)疏一期花(b)疏一、二期花(c)疏一、二、三期花(d)疏一、三期花(e)疏二期花(f)疏三期花(g)疏二、三期花(h)不疏除



Fig. 3. The effect of flower thinning to flowering and the ratio of fruit set per flowering time to total fruit set in each flower time on *Fortunella margarita* Swingle. (a)thinned the 1st (6/30) flowering time (b)thinned the 1st and 2nd (6/30&7/15) flowering time (c)thinned the 1st, 2nd, and 3rd (6/30,7/15&7/30) flowering time (d)thinned the 1st and 3rd (6/30&7/30) flowering time (e)thinned the 2nd (7/15) flowering time (f)thinned the 3rd (7/30) flowering time (g)thinned the 2nd and 3rd (7/15&7/30) flowering time (h) no thinning.

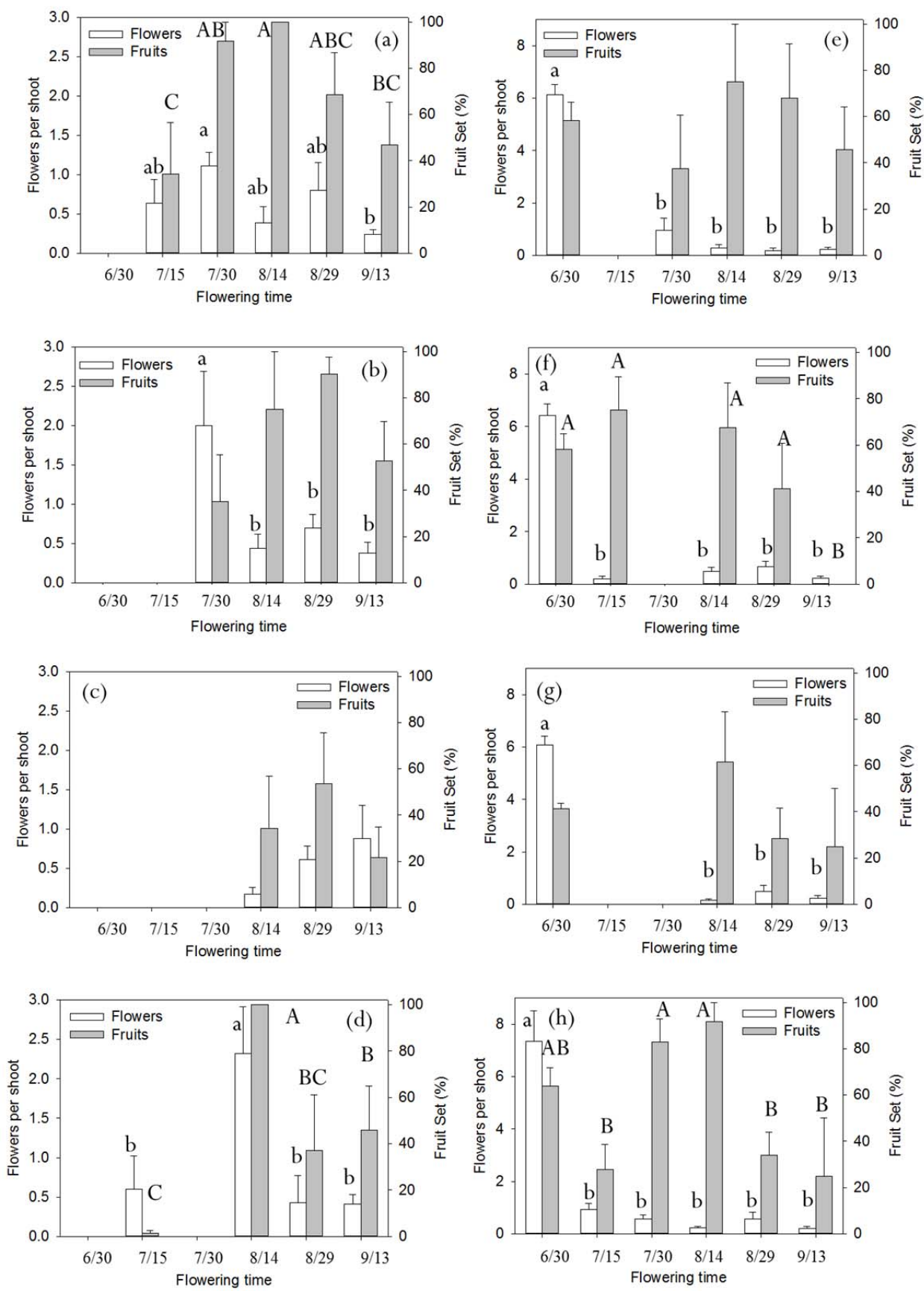


圖 4. 疏花處理對各期花開花與與著果率之影響(a)疏一期花(b)疏一、二期花(c)疏一、二、三期花(d)疏一、三期花(e)疏二期花(f)疏三期花(g)疏二、三期花(h)不疏除

Fig. 4. The effect of flower thinning to flowering and the ratio of fruit set in each flowering time on *Fortunella margarita* Swingle. (a)thinned the 1st (6/30) flowering time (b)thinned the 1st and 2nd (6/30&7/15) flowering time (c)thinned the 1st, 2nd, and 3rd (6/30,7/15&7/30) flowering time (d)thinned the 1st and 3rd (6/30&7/30) flowering time (e)thinned the 2nd (7/15) flowering time (f)thinned the 3rd (7/30) flowering time (g)thinned the 2nd and 3rd (7/15&7/30))flowering time (h) no thinning.

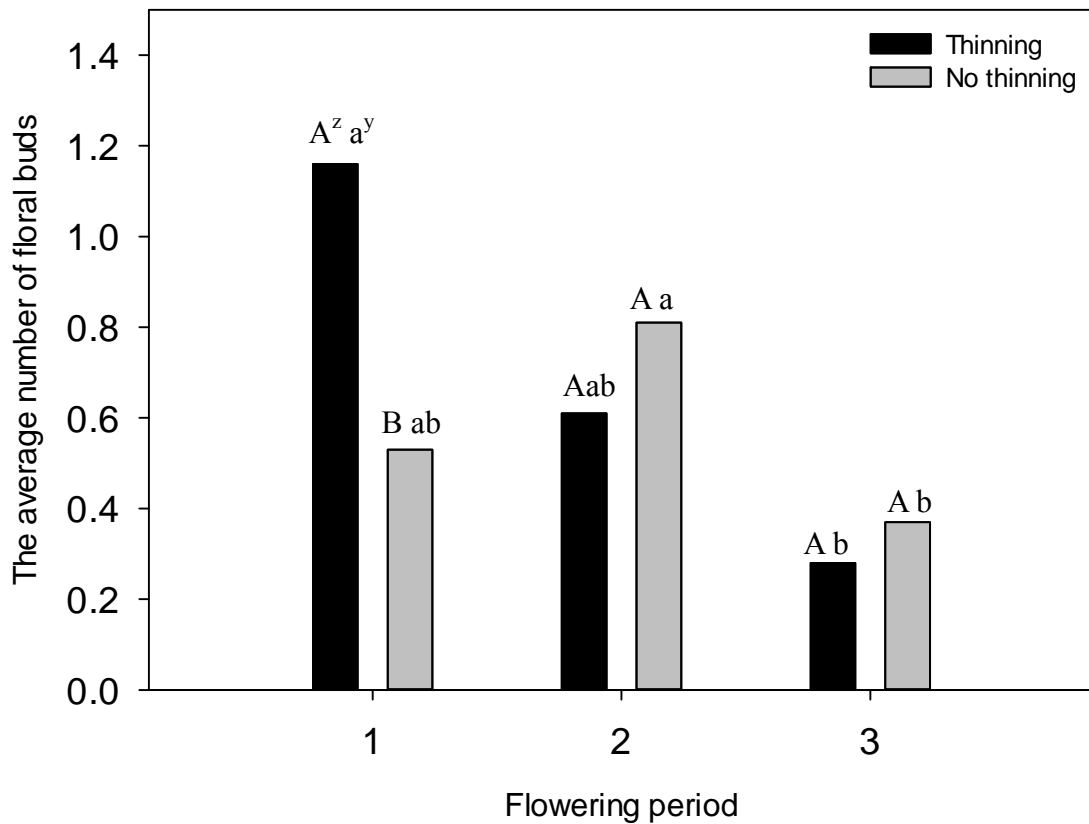


圖 5. 針對長實金柑前三次花期進行疏花對小花苞數目之影響

Fig. 5. The effect of flower thinning on the first, second, and the third flowering period to the number of small floral buds.

^zMeans followed by same capital letter in each flowering period are not significantly different by LSD (P=0.05)

^yMeans followed by same small letter in either thinning or no thinning are not significantly different by LSD (P=0.05)

參考文獻

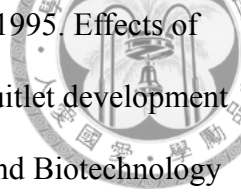


1. 李國明. 1997. 金柑果實採收適期及其催色與貯藏試驗. 花蓮區農業改良場研究彙報 13: 35-43.
2. 李國明. 2001. 宜蘭地區金柑病毒病現況及因應對策. 花蓮區農業專訊 35: 20-23.
3. 余和成. 2011. 不同灌溉方式對金柑生長、發育及果實品質之影響. 國立宜蘭大學園藝學系碩士論文.
4. 林天賜. 2014. 調缺灌溉與溫度對金柑果實品質之影響. 國立宜蘭大學園藝學系碩士論文.
5. 林書妍. 2004. 銅鑼地區野生柑橘的形態特徵與 RAPD 分子標誌鑑定. 臺灣大學園藝學系碩士論文.
6. 林詠洲、陳邦華、蔡雲鵬. 2013. 柑橘生長與栽培管理. 行政院農業試驗所. 臺中.
7. 林毓慧. 2012. 修剪與溫度對長實金柑開花與生長之影響. 國立臺灣大學園藝學系碩士論文.
8. 唐佳惠、呂明雄、蔡武雄. 2013. 金柑新品種‘台農一號(黃水晶)’之育成. 臺灣農業研究 62: 83-91.
9. 徐建國、林大盛. 1999. 寧波金柑東渡日本史考. 中國農史 18: 97-101.
10. 張育森. 1986. 柑橘之開花生理. 中國園藝 32: 71-84
11. 郭怡伶. 2014. 溫度對長實金柑生長發育之影響. 國立臺灣大學園藝學系碩士論文.
12. 陳素瓊、張允瓊. 2012. 宜蘭地區金柑產銷現況調查與分析. 宜蘭大學生物資源學刊 8: 59-62.
13. 黃桂香、劉麗君、劉福平、黃志強. 2009. 融安滑皮金柑花粉發育特性及開花結果習性觀察. 廣西熱帶農業 122: 15-18.

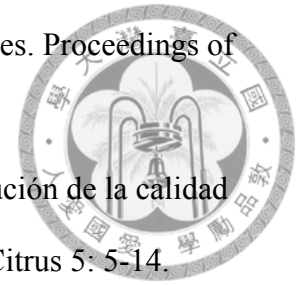
14. 劉熙. 1985. 柑桔栽培法. p. 4-31. 五洲出版社. 臺北.
15. 歐錫坤. 1981. 果樹之幼年性與開花. 中國園藝 27: 1-9.
16. 譚克終. 1969. 柑桔栽培學. p. 17-40. 國立編譯館. 臺北.
17. 賴怡婷、陳右人. 2007. 強剪對四季橘花芽形成與開花之影響. 臺灣園藝 55: 185-194.
18. 賴怡婷. 2005. 強剪與溫度對四季橘花芽形成與開花之影響. 國立臺灣大學園藝學系碩士論文.
19. 譚文犀. 1993. 桶柑枝條發育模式之調查. 國立臺灣大學園藝學系碩士論文.
20. 吉倉幸博. 1998. 活用事例キンカン・完熟キンカン「たまたま」の特産化. p. 116-118. 藤卷宏編. 地域生物資源活用大事典. 農文協. 東京.
21. 谷口保男. 1984. 果樹全書. 特産果樹. p. 145-159. 農文協
22. Abbott, C.E. 1935. Blossom-bud differentiation in citrus trees. American Journal of Botany 22: 476-485.
23. Agnihotri, A., R. Tiwari, and O.P. Singh. 2013. Effect of crop regulators on growth, yield and quality of guava. Annals of Plant and Soil Research 15: 54-57.
24. Agócs, A., V. Nagy, Z. Szabó, L. Márk, R. Ohmacht, and J. Deli. 2007. Comparative study on the carotenoid composition of the peel and the pulp of different citrus species. Innovative Food Science and Emerging Technologies 8: 390-394.
25. Agusti, M. 1999. Preharvest factors affecting postharvest quality of citrus fruit, p. 213-217. In: M. Schirra, (ed.). Advances in postharvest diseases and disorders control of citrus fruit. Research Signpost. Trivandrum, India.
26. Agusti, M. and V. Almela. 1991. Aplicación de fitorreguladores en citricultura. AEDOS, Barcelona, Spain.
27. Agusti, M., I. Andreu, M. Juan, V. Almela, and L. Zacarias. 1998. Effects of ringing branches on fruit size and maturity of peach and nectarine cultivars.




Journal of Horticultural Science 73: 537-540.


- 
28. Agusti, M., M. El-Otmani, M. Aznar, M. Juan, and V. Almela. 1995. Effects of 3,5,6-trichloro-2- pyridyloxyacetic acid on clementine early fruitlet development and on fruit size at maturity. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 70: 855-962.
29. Agusti, M., V. Almela, and J. Pons. 1992. Effects of girdling on alternate bearing in citrus. *Journal of Horticultural Science* 67: 203-210.
30. Agusti, M., V. Almela, S. Zaragoza, E. Primo-Millo, and M. El-Otmani. 1996. Recent findings on the mechanism of action of the synthetic auxins used to improve fruit size of citrus. *Proceedings of the International Society of Citriculture* 2: 922-928.
31. Agustin, C., J. Manera, J.M. Brotons, and I. Porras. 2015. Relation between temperature and the colour coordinate 'a' during the development of the external colour of lemon fruits . *Acta Horticulturae* 1065: 305-311.
32. Aharoni, Y. 1968. Respiration of oranges and grapefruits harvested at different stages of development. *Plant Physiology* 43: 99-102.
33. Albrigo, L.G. and R.D. Carter, 1977. Structure of citrus fruits in relation to processing. *Citrus Science and Technology* 1: 33-73.
34. Albrigo, L.G. and V.G. Saúco. 2004. Flower bud induction, flowering and fruit-set of some tropical and subtropical fruit tree crops with special reference to citrus. *XXVI International Horticultural Congress: Citrus and other Subtropical and Tropical Fruit Crops: Issues, Advances and Opportunities*. p. 81-90.
35. Altman, A. and R. Goren. 1974. Growth and dormancy cycles in citrus bud cultures and their hormonal control. *Physiologia Plantarum* 30: 240-245.
36. Amir-Shapira, D., E.E. Goldschmidt, and A. Altman. 1987. Chlorophyll catabolism in senescing plant tissues: in vivo breakdown intermediates suggest

different degradative pathways for citrus fruit and parsley leaves. Proceedings of the National Academy of Sciences 84: 1901-1905.



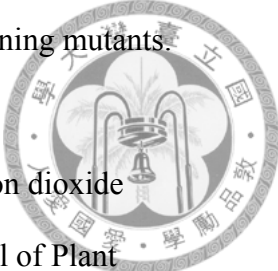
37. Artés, F., J.G. Marín, I. Porras, and J. A. Martínez 1999. Evolución de la calidad del limón, pomelo y naranja durante la desverdización. *Todo Citrus* 5: 5-14.
38. Artés, F., J.G. Marín, J.A. Martínez, J.A. Tudela, and G. Lidon. 1997. Desverdización de nuevas variedades de limón y pomelo. *Phytoma España* 90: 130-135.
39. Aznar, M., V. Almela, M. Juan, M. El-Otmani, and M. Agusti. 1995. Effect of synthetic auxin penothiol on fruit development of 'Fortune' mandarin. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 70: 617-622.
40. Barmore, C.R. 1975. Effect of ethylene on chlorophyllase activity and chlorophyll content in calamondin rind tissues. *HortScience* 10: 595-596.
41. Barmore, C.R. and G.E. Brown, 1985. Influence of ethylene on increased susceptibility of oranges to *Diplodia natalensis*. *Plant Disease* 69:228-230.
42. Barry, C.S. and J.J. Giovannoni. 2007. Ethylene and fruit ripening. *Journal of Plant Growth Regulation* 26: 143-159.
43. Barry, G.H. and A.A. van Wyk. 2006. Low-temperature cold shock may induce rind colour development of 'Nules Clementine' mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) fruit. *Postharvest Biology and Technology* 40: 82-88.
44. Batchelor, L.D. and W.P. Bitters. 1954. Juice and citric acid content of three California lemon varieties. *California Citrograph* 39: 187.
45. Bergh, O. 1990. Effect of time of hand-thinning on apple fruit size. *South African Journal of Plant and Soil* 7: 1-10.
46. Bohlenius, H., T. Huang, L. Charbonnel-Campaa, A.M. Brunner, S. Jansson, S.H. Strauss and O. Nilsson. 2006. CO/FT regulatory module controls timing of flowering and seasonal growth cessation in trees. *Science* 312: 1040-1043.

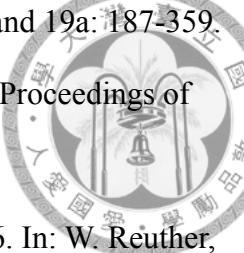
- 
47. Brotons, J. M., J. Manera, A. Conesa, and I. Porras. 2013. A fuzzy approach to the loss of green colour in lemon (*Citrus lemon* L. Burm. f.) rind during ripening. *Computers and Electronics in Agriculture* 98: 222-232.
48. Bustan, A. and E.E. Goldschmidt. 1998. Estimating the cost of flowering in a grapefruit tree. *Plant Cell and Environment* 21: 217-224.
49. Cameron, J.W., D. Cole, and E.M. Nauer. 1960. Fruit size in relation to seed number in Valencia orange and some other citrus varieties. *American Society for Horticultural Science* 76: 170-180.
50. Carvalho, C.P., A. Salvador, P. Navarro, A. Monterde, and J.M. Martínez-Jávega. 2008. Effect of auxin treatments on calyx senescence in the degreening of four mandarin cultivars. *HortScience* 43: 747-752.
51. Casas, A. and D. Mallent. 1988. El color de los frutos cítricos. I. Generalidades. II. Factores que influyen en el color. Influencia de la especie, de la variedad y de la temperatura. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos* 28: 184-201.
52. Chang, Y.C., I.Z. Chen, L.H. Lin, and Y.S. Chang. 2014. Temperature Effects on Shoot Growth and Flowering of Kumquat Trees. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 32: 1-9.
53. Chao, C-C.T. 2005. Pollination study of mandarins and the effect of seediness and fruit size: implication for seedless mandarin production. *HortScience*: 40: 362-365.
54. Chapot, H. 1975. The citrus plant, p. 6–13 In: E. Hafliger (ed.). *Citrus*. Ciba Geigy Agrochemicals Technical Monograph 4.
55. Cohen, A. 1984. Citrus fruit enlargement by means of summer girdling. *Journal of Horticultural Science* 59: 119-125.
56. Cohen, E. 1978. Ethylene concentration and duration of the degreening process in 'Shamouti' orange fruit. *Journal of Horticultural Science* 53: 139-142.

- 
57. Cook, R.L. 1985. Does supplemental hand thinning pay? Annual Report of Michigan State Horticultural Society 115:181-185.
58. Curl, A.L. and G.F. Bailey. 1957. The carotenoids of Ruby Red grapefruit. Journal of Food Science 22: 63-68.
59. Curry, E.A. and D.W. Greene. 1993. CPPU influences fruit quality, fruit set, return bloom, and preharvest drop of apples. HortScience 28: 115-119.
60. Davenport, T.L. 1990. Citrus flowering. Horticulture Review 12: 349-408.
61. Davenport, T.L. 2003. Management of flowering in three tropical and subtropical fruit tree species. HortScience 38: 1331-1335.
62. Davies, F.S. and L.G. Abrigo. 1994. History, distribution and uses of citrus fruit. CAB International, Wallingford, Oxon, UK. p.1-11.
63. Davis, K., E. Stover, and F. Wirth. 2004. Economics of fruit thinning: A review focusing on apple and citrus. HortTechnology 14: 282-289.
64. de Araújo, E.F., L.P. de Queiroz, and M. A. Machado. 2003. What is citrus? Taxonomic implications from a study of cp-DNA evolution in the tribe Citreae (Rutaceae subfamily Aurantioideae). Organisms Diversity and Evolution 3: 55-62.
65. Dennis Jr., F.G., D.R. Dilley, and R. Cook. 1983. Improving fruit quality and yield. Proceedings of Michigan State Horticultural Science 113: 198-202.
66. Dennis, F.J. 2000. The history of fruit thinning. Plant Growth Regulation 31: 1-16.
67. Distefano, G., A. Hedhly, G. Las Casas, S. La Malfa, M. Herrero, and A. Gentile. 2012. Male-female interaction and temperature variation affect pollen performance in citrus. Scientia Horticulturae 140: 1-7.
68. Distefano, G., G. Las Casas, M. Caruso, A. Todaro, P. Rapisarda, S. La Malfa, and E. Tribulato. 2009. Physiological and molecular analysis of the maturation

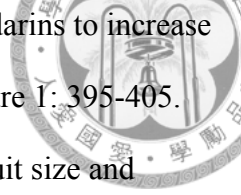
process in fruits of clementine mandarin and one of its late-ripening mutants.


Journal of Agricultural and Food Chemistry 57: 7974-7982.

- 
69. Downtown, W.J.S., W.J.R. Grant, and B.R. Loveys. 1987 Carbon dioxide enrichment increase yield of valencia orange. Australian Journal of Plant Physiology 14: 493-50.
70. Duarte, A.M.M., D.T.G. Trindade, and J.L. Guardiola. 1996. Thinning of 'Esbal' clementine with 2, 4-dichlorophenoxyacetic acid: Influence on yield, fruit size, and fruit quality. Proceedings of the International Society of Citriculture 2: 1069-1071.
71. Duru, N., F. Dökmen, M. Mücella Canbay, and C. Kurtulus. 2010. Soil productivity analysis based on a fuzzy logic system. Journal of the Science of Food and Agriculture 90: 2220-2227.
72. Eaks, I.L. 1970. Respiratory response, ethylene production, and response to ethylene of citrus fruit during ontogeny. Plant Physiology 45: 334-338.
73. Eaks, I.L. 1977. Physiology of degreening. Summary and discussion of related topics. Proceedings of the International Society of Citriculture 1: 223-226.
74. Echeverria, E. and M. Ismail. 1987. Changes in sugars and acids of citrus fruits during storage. Proceeding of Florida State Horticultural Society 100: 50-52.
75. El-Adawy, T.A., E.H. Rahma, A.A. El-Bedawy, and A.E. Gafar. 1999. Properties of some citrus seeds. Part 3. Evaluation as a new source of protein and oil. Nahrung-Food 43: 385-391.
76. El-Otmani ,M., C.J. Lovatt, C.W. Coggins Jr., and M. Agusti. 1995. Plant growth regulators in citriculture: Factors regulating endogenous levels in citrus tissues. Critical Reviews in Plant Sciences. 14: 367-412.
77. El-Zeftawi, B. 1976. Cool storage to improve quality of 'Valencia' oranges. Journal of Horticultural Science 51: 411-418.


- 
78. Engler, A. 1931. Rutaceae. Die natürlichen Pflanzenfamilien Band 19a: 187-359.
79. Erickson, L.C. 1960. Color development in 'Valencia' oranges. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 75: 257-261.
80. Erickson, L.C. 1968. The general physiology of citrus, p.86-126. In: W. Reuther, H.J. Webber, and L.D. Batchelor (eds.). *The citrus industry*, Vol. 2. University of California, Berkeley, California, USA.
81. Erner, Y. 1988. Effects of girdling on the differentiation of inflorescence types and fruit set in 'Shamouti' orange trees. *Israel Journal of Botany* 37: 173-180.
82. Erner, Y. and B. Bravdo. 1983. The importance of inflorescence leaves in fruit setting of 'Shamouti' orange. *Acta Horticulturae* 139: 107-112.
83. Etxeberria, E. and P. Gonzalez. 2005. Accumulation of sucrose and other soluble solids in citrus juice cells. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 118: 43-48.
84. Falivane, S. and S. Hardy. 2008. Hand thinning citrus. New South Wales Department of Primary Industries. Prime FACT 789.
85. Forshey, C.G. 1986. Chemical thinning of apples. *New York's Food and Life Science Bulletin* 116.
86. Forshey, C.G. and D.C. Elfving. 1977. Fruit numbers, fruit size, and yield relationships in 'Mcintosh' apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 102: 399-402.
87. Francis, F.J. 1980. Color quality evaluation of horticultural crops. *HortScience* 15: 58-59.
88. Francis, F.J. 1995. Quality as influenced by color. *Food Quality and Preference* 6: 149-155.
89. Gallasch, P.T. 1978. Thinning 'Imperial' mandarins with ethephon increased fruit size and grower returns. *Proceedings of the International Society of Citriculture*

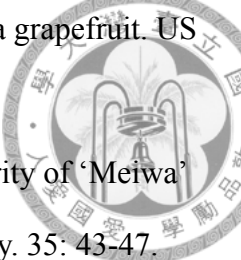
1978: 276-279.

- 
90. Gallasch, P.T. 1988. Chemical thinning of heavy crops of mandarins to increase fruit size. *Proceedings of the International Society of Citriculture* 1: 395-405.
91. Galliani, S., S.P. Monselise, and R. Goren. 1975. Improving fruit size and breaking alternate bearing in 'Wilking' mandarins by CEPA and other agents. *HortScience* 10: 68-69.
92. García-Lidón, A., J.A. Del Río, I. Porras, M.D. Fuster, and A. Ortuño, 2003. El limón y sus componentes bioactivos. *Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente*.
93. García-Luis A, F. Fornés, A. Sanz, and J.L. Guardiola. 1988. The regulation of flowering and fruit set in citrus: Relationship with carbohydrate levels. *Israel Journal of Botany* 37: 189-201.
94. García-Luis, A., A.M.M. Duarte, I. Porras, A. García-Lidón, and J.L. Guardiola. 1994. Fruit splitting in 'Nova' hybrid mandarin in relation to the anatomy of the fruit and fruit set treatments. *Scientia Horticulturae* 57: 215-231.
95. García-Luis, A., M. Kanduser, and J.L. Guardiola. 1995. The influence of fruiting on the bud sprouting and flower induction responses to chilling in citrus. *Journal of Horticultural Science* 70: 817-825.
96. García-Luis, A., M. Kanduser, P. Santamarina, and J.L. Guardiola. 1992. Low temperature influence on flowering in citrus. The separation of inductive and bud dormancy releasing effects. *Physiologia Plantarum* 86: 648-652
97. García-Sánchez, F., M. Carvajal, I. Porras, P. Botia, and V. Martinez. 2003. Effects of salinity and rate of irrigation on yield, fruit quality and mineral composition of 'Fino 49' lemon. *European Journal of Agronomy* 19: 427-437.
98. Glenn, D.M., D.L. Peterson, D. Giovannini, and M. Faust. 1994. Mechanical thinning of peaches is effective postbloom. *HortScience* 29: 850-853.

- 
99. Goldschmidt, E.E. 1988. Regulatory aspects of chloro-chromoplast interconversions in senescing Citrus fruit peel. *Israel Journal of Botany* 37: 123-130.
100. Goldschmidt, E.E. 1997. Effect of climate on fruit development and maturation. *Citrus Flowering & Fruiting Short Course*. p. 93-97.
101. Goldschmidt, E.E. 1997. Ripening of citrus and other non-climacteric fruits: A role for ethylene. *Acta Horticulturae* 463: 335-340.
102. Goldschmidt, E.E. 1999. Carbohydrate supply as a critical factor for citrus fruit development and productivity. *HortScience* 34: 1020-1024.
103. Goldschmidt, E.E. and S.P. Monselise. 1977. Physiological assumptions toward the development of a citrus fruiting model. *Proceedings of International Society of Citriculture 1977*: 668-672.
104. Goldschmidt, E.E. and A. Golomb. 1982 The carbohydrate balance of alternate-bearing citrus trees and the significance of reserves for flowering and fruiting. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 107: 206-208.
105. Goldschmidt, E.E. and A. Samach. 2004. Aspects of flowering in fruit trees. *Acta Horticulturae* 653: 23-27.
106. 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. *Scientia Horticulturae* 26: 159-166.
107. Greene, D.W. 1995. Thidiazuron effects on fruit set, fruit quality, and return bloom of apples. *HortScience* 30: 1238-1240.
108. Grierson, W. and W.F. Newhall, 1960. Degreening of Florida citrus fruits. *Bulletin of Florida Agricultural Experiment Stations* 620: 5-80.
109. Grierson, W., E. Cohen, and H. Kitagawa. 1986. Degreening. *Fresh Citrus Fruits*.

p. 253-274. AVI publishing Co. Westport.


- 
110. Gross, J. 1977. Carotenoid pigments in Citrus. *Citrus Science and Technology* 1: 302-354.
111. Guardiola J.L., and A. García-Luis. 2000. Increasing fruit size in citrus. *thinning and stimulation of fruit growth. Plant Growth Regulation* 31: 121-132.
112. Guardiola, J.L. 1981. Flower initiation and development in citrus. *Proceedings of International Society of Citriculture* 1981: 242-246.
113. Guardiola, J.L. 1988. Factors limiting productivity in citrus: A physiological approach. *Proceedings of International Society of Citriculture* 1: 381-394.
114. Guardiola, J.L. 1992. Fruit set and growth, p.1-31. In: L.C. Donadio, S.P. Bebedouro (eds.). *Second International Seminar on Citrus Physiology*, University of Bebedouro Press, Brazil.
115. Guardiola, J.L. 1997. Overview of flower bud induction, flowering and fruit set. *Proceedings of Citrus Flowering and Fruit Short Course. IFAS. Citrus Research and Education Center, University of Florida.* p. 5-21
116. Guardiola, J.L. and Lázaro. E. 1987. The effect of synthetic auxins on fruit growth and anatomical development in ‘Satsuma’ mandarin. *Scientia Horticulturae* 31: 119-130.
117. Guardiola, J.L., F. Garcia-Mari, and M. Agusti. 1984. Competition and fruit set in the Washington navel orange. *Physiologia Plantarum* 62:297–302.
118. Güney, M., A.T. Oz, and E. Kafkas. 2014. Comparison of lipids, fatty acids and volatile compounds of various kumquat species using HS/GC/MS/FID techniques. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 95: 1268-1273.
119. Hall, A.E., M.M.A. Khairi, and C.W. Asbell. 1977. Air and soil temperature effects on flowering of citrus. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 102: 261-263.


- 
120. Harding, P.L. and D.F. Fisher 1945. Seasonal changes in Florida grapefruit. US Department of Agriculture.
121. Hashinaga, F. and S. Itoo. 1985 Effect of ethephon on the maturity of 'Meiwa' kumquat. Bulletin, Faculty of Agriculture Kagoshima University. 35: 43-47.
122. Hashinaga, F. and S. Itoo. 1990. Volatile compounds in kumquat (*Fortunella crassifolia*) and ponkan (*Citrus reticulata*) fruits during maturation and storage with and without ethephon treatment. Bulletin, Faculty of Agriculture Kagoshima University 40: 43-48.
123. Hhuyskens, S., R. Timberg, and J. Gross. 1995. Pigment and plastid ultrastructural changes in kumquat (*Fortunella margarita*) 'Nagami' during ripening. Journal of Plant Physiology 118: 61-72.
124. Hilgeman, R.H., L. True, and J.A. Dunlap. 1964. Effect of NAA and hand thinning on size of kinnow and mandarin fruit in Arizona. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 77: 84-87.
125. Hou, P., J. Zhang, and X. Zhanga. 2009. Fuzzy comprehensive evaluation for selecting mini watermelon cultivars. Journal of the Science of Food and Agriculture 90: 938-942.
126. Hsu, C.Y., Y. Liu, D.S. Luthe, and C. Yuceer. 2006. Poplar *FT2* shortens the juvenile phase and promotes seasonal flowering. The Plant Cell 18: 1846-1861.
127. Hutchings, J.B. 2003. Expectations and the food industry. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
128. Hutton, R.J. 1992. Improving fruit size and packout of late valencia oranges with ethephon fruit thinning sparys. Australian Journal of Experimental Agriculture 32: 753-758.
129. Hutton, R.J., J.J. Landsberg, and B.G. Sutton. 2007. Timing irrigation to suit citrus phenology: A means of reducing water use without compromising fruit

- yield and quality? Australian Journal of Experimental Agriculture 47: 71-80.
130. Inoue, H. 1990. Effects of temperature on bud dormancy and flower bud differentiation in satsuma mandarin. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 58: 919-926.
131. Ismail, M. and J. Zhang. 2004. Postharvest citrus diseases and their control. Outlooks on Pest Management 15: 29-35.
132. Iwahori, S. 1980. Use of growth regulators in the control of cropping of mandarin varieties. Proceedings of the International Society of Citriculture 1978: 263-270.
133. Iwahori, S. and S. Tominaga. 1986. Increase in first-flush flowering of 'Meiwa' kumquat, *Fortunella crassifolia* Swingle, trees by paclobutrazol. Scientia Horticulturae 28: 347-353.
134. Iwasaki, N. and K. Kunishima. 2006. Effects of water stress on flowering, carbohydrate content, GA-like activity and ABA content in 'Meiwa' kumquat trees. Bulletin of the School of Agriculture Meiji University (Japan) 55: 169-175.
135. Iwasaki, N. and T. Yamaguchi. 2004. Flowering and yield of 'Meiwa' kumquat trees are affected by duration of water stress. Environment Control in Biology 42: 241-245.
136. Iwasaki, N., K. Hayasai, and S. Tanaka. 2000. Effects of water stress on flowering of 'Meiwa' kumquat trees. Environment Control in Biology 38: 105-109.
137. Iwasaki, T. 1959. Studies on the differentiation and development of the flower bud in citrus. Bulletin of Tokai-Kinki Agricultural Experiment Station of Horticulture 5: 1-76.
138. Jahn, O.L. 1973. Inflorescence type and fruiting patterns in 'Hamlin' and 'Valencia' oranges and 'Marsh' grapefruit. American Journal of Botany 60:



663-670.

- 
139. John-Karuppiah, K.J. and J.K. Burns. 2010. Degreening behavior in 'Fallglo' and 'Lee×Orlando' is correlated with differential expression of ethylene signaling and biosynthesis genes. *Postharvest Biology and Technology* 58: 185-193.
140. Joshi, P. 2001. Physical aspects of color in foods, p.43-53. In: J.M. Ames and T.F. Hoffman (eds.). *Chemistry and physiology of selected foods colorants*. ACS Symposium Series 775. American Chemical Society, Washington D.C.
141. Kallsen, C. 2001. Petroleum oils as navel orange fruit thinning agents. *HortTechnology* 11: 189-193.
142. Kato, M., Y. Ikoma, H. Matsumoto, M. Sugiura, H. Hyodo, and M. Yano. 2004. Accumulation of carotenoids and expression of carotenoid biosynthetic genes during maturation in citrus fruit. *Plant Physiology* 134: 824-837.
143. Katz, E., P.M. Lagunes, J. Riov, D. Weiss, and E.E. Goldschmidt. 2004. Molecular and physiological evidence suggests the existence of a system II-like pathway of ethylene production in non-climacteric *Citrus* fruit. *Planta* 219: 243-252.
144. Khan, M. and G. MacKinney. 1953. Carotenoids of grapefruit. *Plant Physiology* 28: 550-552.
145. Khurshid, T. and A. Krajewski. 2010. Bearing branch units developed on branches hedged during flowering produce large 'Washington' navel (*Citrus sinensis* L. Osbeck) oranges. *International Journal of Fruit Science*. 10: 215-227.
146. Kitagawa, H., K. Kawada, and T. Tarutani. 1978. Effectiveness of ethylene degreening of certain citrus cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 103: 113-115.
147. Knight, J.N. 1987. Timing of application of carbaryl used as an apple fruitlet thinner. *Journal of Horticultural Science* 62: 11-16.


- 
148. Korsten, L. and P. Taverner. 2012. Crop Post-Harvest: Science and Technology. Blackwell publishing. p. 43-78.
149. Koyasako, A., and R.A. Bernhard. 1983. Volatile constituents of the essential oil of kumquat. *Journal of Food Science* 48: 1807-1812.
150. Krajewski, A.J., T.M. Pittaway, and G.H. Barry. 2002. Common defects associated with degreening of citrus. *Citrus Research International South Africa*. p. 4-18.
151. Krajewski, A.J. and E. Rabe. 1995. Citrus flowering: A critical evaluation. *Journal of Horticultural Science* 70: 357-374.
152. Ladaniya, M.S. 2008. Citrus fruit: biology, technology and evaluation. Elsevier Academic press. New York.
153. Ladaniya, M.S. and S. Singh. 2001. Use of ethylene gas for degreening of sweet orange. *Journal of Scientific and Industrial Research* 60: 662-667.
154. Lai, Y.T. and I.Z. Chen. 2008. Effect of temperature on calamondin (*Citrus microcarpa*) flowering and flower bud formation. *Acta Horticulturae* 773:111-116.
155. Lee, H.S. and G.A. Coates. 2003. Effect of thermal pasteurization on Valencia orange juice color and pigments. *LWT-Food Science and Technology* 36: 153-156.
156. Lelièvre, J. M., A. Latchè, B. Jones, M. Bouzayen, and J.C. Pech. 1997. Ethylene and fruit ripening. *Physiologia Plantarum* 101: 727-739.
157. Lelievre, J.M., L. Tichit, P. Dao, L. Fillion, Y.W. Nam, J.C. Pech, and A. Latché. 1997. Effects of chilling on the expression of ethylene biosynthetic genes in Passe-Crassane pear (*Pyrus communis* L.) fruits. *Plant Molecular Biology* 33: 847-855.
158. Lester, E. and J.R. Dunlap. 1985. Physiological changes during development and


- ripening of 'Perlita' muskmelon fruits. *Scientia Horticulturae* 26: 323-331.
159. Lin, S.Y., I.Z. Chen, and Y.T. Lai. 2012. Heavy pruning effects on flower buds formation of *Citrus microcarpa* Bunge and *Fortunella margarita* Swingle. *Acta Horticulturae* 928: 267-272.
160. Link, H. 2000. Significance of flower and fruit thinning on fruit quality. *Plant Growth Regulation* 31: 17-26.
161. Lomas, J. and P. Burd. 1983. Prediction of the commencement and duration of the flowering period of citrus. *Agricultural Meteorology* 28: 387-396.
162. Lovatt, C.J., S.M. Streeter, T.C. Minter, N.V. O'Connell, D.L. Flaherty, M.W. Freeman, and P.B. Goodwell. 1984. Phenology of flowering of *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, cv Washington navel orange. *Proceedings of International Society of Citriculture* 1: 186-190.
163. Luton, M.T. and P.J.C. Hamer. 1983. Predicating the optimum harvest dates for apples using temperature and full-bloom records. *Journal of Horticultural Science* 58: 37-44.
164. Maji, S., B.C. Das, and S.K. Sarkar. 2015. Efficiency of some chemicals on crop regulation of 'Sardar' guava. *Scientia Horticulturae* 188: 66-70.
165. Manera, F.J., J.M. Brotons, A. Conesa, and I. Porras. 2013. Relation between temperature and the beginning of peel color change in grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.). *Scientia Horticulturae* 160: 292-299.
166. Manera, J., J.M. Brotons, A. Conesa, and I. Porras. 2012. Relationship between air temperature and degreening of lemon (*Citrus lemon* L. Burm. f.) peel color during maturation. *Australian Journal of Crop Science* 6: 1051-1058.
167. Matsumoto, H., Y. Ikoma, M. Kato, N. Nakajima, and Y. Hasegawa. 2009. Effect of postharvest temperature and ethylene on carotenoid accumulation in the flavedo and juice sacs of 'Satsuma' mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) fruit. *Journal*

of Agricultural and Food Chemistry 57: 4724-4732.



168. Maurer, M. and K. Taylor. 1999. Effect of foliar boron sprays on yield and fruit quality of navel oranges. Citrus and Deciduous Fruit and Nut Research Report. University of Arizona. College of Agriculture. p. 1-117.
169. Mayuoni, L., M. Sharabi-Schwager, E. Feldmesser, and R. Porat. 2011. Effects of ethylene degreening on the transcriptome of mandarin flesh. Postharvest Biology and Technology 60: 75-82.
170. Mayuoni, L., Z. Tietel, B.S. Patil, and R. Porat. 2011. Does ethylene degreening affect internal quality of citrus fruit? Postharvest Biology and Technology 62: 50-58.
171. Mazlounzadeh, S.M., M. Shamsi, and H. Nezamabadi-Pour. 2010. Fuzzy logic to classify date palm trees based on some physical properties related to precision agriculture. Precision Agriculture 11: 258-273.
172. McGlasson, W.B. and I.L. Eaks. 1972. A role for ethylene in the development of wastage and off-flavors in stored valencia oranges. HortScience 7: 80-81.
173. McNeil, R.J., K.C. Johnston, K.W. Johnson, and R.W. Smith. 1994. A demonstration of the economics and effectiveness of 1-naphthaleneacetic acid (NAA) for fruit thinning of 'Valencia'. Proceedings: Sixth Annual Conference, Western Plant Growth Regulator Society p. 21-33.
174. Meléndez-Martínez, A.J., I.M. Vicario, and F.J. Heredia. 2007. Review: Analysis of carotenoids in orange juice. Journal of Food Composition and Analysis 20: 638-649.
175. Meléndez-Martínez, A. J., M.L. Escudero-Gilete, I.M. Vicario, and F.J. Heredia. 2010. Study of the influence of carotenoid structure and individual carotenoids in the qualitative and quantitative attributes of orange juice colour. Food Research International 43: 1289-1296.

- 
176. Meléndez-Martínez, A.J., M.L. Escudero-Gilete, I.M. Vicario, and F.J. Heredia. 2010. Effect of increased acidity on the carotenoid pattern and colour of orange juice. *European Food Research and Technology* 230: 527-532.
177. Mitra, S.K. 1983. Studies on the physiology of growth, flowering, and fruit growth in guava (*Psidium quajava* L.) Ph.D thesis submitted to Bidhan Chandra Krishi Viswavidyalaya. Nadia. West Bangal.
178. Monselise, S.P. 1985. Citrus and related genera, p. 275-294. In: A.H. Halevy (ed.). *Handbook of flowering*. Vol. 2. CRC Press, Boca Raton, Florida.
179. Monselise, S.P. and R. Goren. 1969. Flowering and fruiting - interactions of exogenous and internal factors. *Proceedings of First International Citrus Symposium* 3: 1105-1112.
180. Monselise, S.P., E.E. Goldschmidt, and A. Golomb. 1981. Alternate bearing in citrus and ways of control. *Proceedings of the International Society of Citriculture* 1: 239-242.
181. Moss, G. 1976. Temperature effects on flower initiation in sweet orange (*Citrus sinensis*). *Australian Journal of Agricultural Research* 27: 399-407.
182. Nambu, H. 1934. The flowering habit and the fruit bud formation in citrus. *Studia Citrologia* 5: 21-32.
183. Nishikawa, F. 2013. Regulation of floral induction in citrus. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 82: 283-292.
184. Nishikawa, F., M. Iwasaki, H. Fukamachi, K. Nonaka, A. Imai, and T. Endo. 2011. Seasonal changes of citrus *Flowering Locus T* gene expression in kumquat. *Bulletin of National Institute of Fruit Tree Science* 12: 27-32.
185. Nishikawa, F., T. Endo, T. Shimada, H. Fujii, T. Shimizu, and M. Omura. 2009. Differences in seasonal expression of flowering genes between deciduous trifoliate orange and evergreen satsuma mandarin. *Tree Physiology* 29: 921-926.

- 
186. Nishikawa, F., T. Endo, T. Shimada, H. Fujii, T. Shimizu, M. Omura, and Y. Ikoma. 2007. Increased *CiFT* abundance in the stem correlates with floral induction by low temperature in ‘Satsuma’ mandarin (*Citrus unshiu* Marc.). *Journal of Experimental Botany* 58: 3915-3927.
187. Norman, S. and C.C. Craft. 1968. Effect of ethylene on production of volatiles by lemons. *HortScience* 3: 66-67.
188. Oberholster, R., A.K. Cowan, P. Molnár, and G. Tóth. 2001. Biochemical basis of color as an aesthetic quality in *Citrus sinensis*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49: 303-307.
189. Ono, T., H. Hagiwara, and N. Iwasaki. 2010. Effects of water stress on leaf water potential, flowering, carbohydrate content and ABA content in ‘Meiwa’ kumquat trees. *Horticultural Research (Japan)* 9: 209-213.
190. Ono, T., H. Hagiwara, N. Yasuda, H. Takekawa, and N. Iwasaki. 2012. Relationship between atmospheric relative humidity and effectiveness of water stress on flowering in ‘Meiwa’ kumquat trees. *Horticultural Research (Japan)* 11: 81-85.
191. Ortola, A.G., G. Monerri, and J.L. Gualdiola. 1991. The use of naphthalene acetic acid as a fruit growth enhancer in satsuma mandarin: a comparison with the fruit thinning effect. *Scientia Horticulturae* 47: 15-25.
192. Ouma, G. 2012. Fruit thinning with specific reference to *Citrus* species: A review. *The Agriculture and Biology Journal of North America* 3: 85-100.
193. Petracek, P.D. and L. Montalvo. 1997. The Degreening of ‘Fallglo’ tangerine. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 122: 547-552.
194. Pool, N.D. and K. Gray. 2002. Quality in citrus fruit: to degreen or not degreen?. *British Food Journal* 104: 492-505.
195. Porat, R. 2008. Degreening of citrus fruit. *Tree and Forestry Science and*

Biotechnology 2: 71-76.




196. Porras, I., J.M. Brotons, A. Conesa, and F.J. Manera. 2014. Influence of temperature and net radiation on the natural degreening process of grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.) cultivars Rio Red and Star Ruby. *Scientia Horticulturae* 173: 45-53.
197. Praloran, J.C., G. Vullin, C. Jaquemond, and D. Depierre. 1981. Observations sur la croissance des clementines en Corse. *Fruits* 36:755-767.
198. Purvis, A.C. and C.R. Barmore. 1981. Involvement of ethylene in chlorophyll degradation in peel of citrus fruits. *Plant Physiology* 68: 854-856.
199. Quijano, C.E. and J.A. Pino. 2009. Volatile compounds of kumquat (*Fortunella margarita* (Lour.) Swingle) leaf oil. *Journal of Essential Oil Research* 21: 194-196.
200. Reitz, H.J. and T.W. Embleton. 1986. Production practices that influence fresh fruit quality, p. 49-78. In: W.J. Wardowski, S. Nagy, and W. Grierson (eds.). *Fresh fruit citrus*. AVI Publishing, Westport, CT.
201. Reuther, W. and D. Rios-Castano. 1969. Comparison of growth, maturation and composition of citrus fruits in subtropical California and tropical Colombia. *Proceedings of First International Citrus Symposium*. Vol 1: 277-300.
202. Rodrigo, M.J. and L. Zacarias. 2007. Effect of postharvest ethylene treatment on carotenoid accumulation and the expression of carotenoid biosynthetic genes in the flavedo of orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) fruit. *Postharvest Biology and Technology* 43: 14-22.
203. Rouseff, R.L., G.D. Sadler, T.J. Putnam, and J.E. Davis. 1992. Determination of beta-carotene and other hydrocarbon carotenoids in red grapefruit cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 40: 47-51.
204. Roussos, P.A., C. Pazioidimou and M. Kafkaletou. 2013. Assessment of


- twenty-two citrus cultivars (oranges, mandarins and lemons) for quality characteristics and phytochemical's contraction. *Acta Horticulturae* 981: 657-663.
205. Ryugo, K. 1988. *Fruit culture: its science and art*. John Wiley & Sons, New York, p. 116.
206. Sadek, E.S., D.P. Makris, and P. Kefalas. 2009. Polyphenolic composition and antioxidant characteristics of kumquat (*Fortunella margarita*) peel fractions. *Plant Foods for Human Nutrition* 64: 297-302.
207. Samson, J.A. 1980. *Citrus tropical fruits*. Tropical Agriculture Series, Longman, London.
208. Schmidt, J., P.C. Almond, L. Basher, S. Carrick, A.E. Hewitt, I.H. Lynn, and T. Webb. 2005. Modelling loess landscapes for the South Island, New Zealand, based on expert knowledge. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics* 48: 117-133.
209. Scora, R.W. 1975. On the history and origin of *Citrus*. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 102: 369–375.
210. Sdiri, S., P. Navarro, A. Monterde, J. Benabda, and A. Salvador. 2012. New degreening treatments to improve the quality of citrus fruit combining different periods with and without ethylene exposure. *Postharvest Biology and Technology* 63: 25-32.
211. Sharma, R.K. and R.P. Awasthi. 1990. Effects of growth regulators on crop regulation of kinnow (*Citrus nobilis x citrus deliciosa*). *Indian Journal of Horticulture* 47:162-166.
212. Shimokawa, K., S. Shimada, and K. Yaeo. 1978. Ethylene-enhanced chlorophyllase activity during degreening of *Citrus unshiu* Marc. *Scientia Horticulturae* 8: 129-135.
213. Silsby, K.J., T. Robinson, and F. Dellamano. 1991. Empire hand thinning study.

- Proceedings of New York State Horticultural Society 136: 175-185.
214. Sinclair, W.B. 1984. The biochemistry and physiology of the lemon and other citrus fruits. University of California, Oakland.
215. Singh, U.P. and R. Kumar. 1993 Crop regulation in guava. *Advances in Horticulture* 3: 1197-1204.
216. Soni, S.L. and G.S. Randhawa. 1969. Changes in pigments and ash contents of lemon peel during growth. *Indian Journal of Horticulture* 26: 20-26.
217. Southwick, S.M., K.G. Weis, J.T. Yeager, and H. Zhou. 1995. Controlling cropping in 'Loadel' Cling peach using gibberellin: Effects on flower density, fruit distribution, fruit firmness, fruit thinning, and yield. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 120: 1087-1095.
218. Spiegel-Roy, P. and E.E. Goldschmidt. 1996. *Biology of Citrus*. Cambridge University Press.
219. Srivastava, A.K., S. Shyam, and A.D. Huchche. 2000. An analysis on citrus flowering: A review. *Agricultural Reviews (India)* 21: 1-15.
220. Sterns, C.J. and G.T. Young. 1942. The relation climatic conditions to color development in citrus fruit. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 56: 36-61.
221. Stewart, I. and T.A. Wheaton. 1971. Effects of ethylene and temperature on carotenoid pigmentation of citrus peel. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 84: 264-266.
222. Stopar, M. 2004. Thinning of flowers/fruitlets in organic apple production. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 12: 77-83.
223. Stover, E., C. Telgheder, and T. Paine. 1995. Effect of NAA and Accel on thinning of 'Bartlett'. *Proceedings of New York State Horticultural Society*. 140: 50-51.

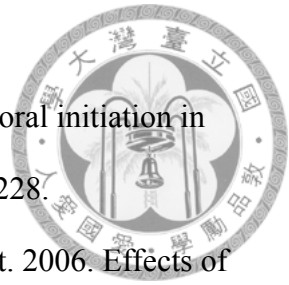


- 
224. Stover, E., F. Wirth, and T. Robinson. 2001. A method for assessing the relationship between cropload and crop value following fruit thinning. HortScience 36: 1077-1081.
225. Stover, E., S. Ciliento, M. Ritenour, and C. Counter. 2002. NAA thinning of 'Murcott': Comparison of small plot and commercial harvest data. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 115: 287-291.
226. Stover, E.W. and S.M. Ciliento. 2003. Spray volume and surfactant effects on NAA thinning of Florida citrus. The Plant Growth Regulation Society of America 2003: 26.
227. Swingle, W.T. 1915. *Microcitrus*, a new genus of Australian citrus fruits. Journal of the Washington Academy of Sciences 5: 569-578.
228. Swingle, W.T. and P.C. Reece 1967. The botany of *Citrus* and its wild relatives. p.190-430. in: W. Reuther, H. J. Webber, and L. D. Batchelor (Eds.) The citrus industry, vol. 1, History, world distribution, botany, and varieties. University of California, Berkeley, California, USA.
229. Tanaka, T. 1977. Fundamental discussion of *Citrus* classification. Studia Citrologica. 14: 1-6.
230. Tang, Q.Y., Y.F. Zhou, and T. Yan. 2008. Study on purification technology of flavonoids from *Fortunella margarita* peel using HPD300 macroporous resin. Food Science 29: 355-358.
231. Testoni, A., R. Cazzola, L. Ragozza, and G. Lanza, 1992. Storage behavior of orange 'Valencia Late' in rooms with ethylene removal. International Society of Citriculture 3: 1092-1094.
232. Tietel, Z., B. Weiss, E. Lewinsohn, E. Fallik, and R. Porat. 2010. Improving taste and peel color of early-season Satsuma mandarins by combining high-temperature conditioning and degreening treatments. Postharvest Biology

and Technology 57: 1-5.


- 
233. Tiwari, J.P. and S. Lal. 2007. Effect of NAA, flower bud thinning and pruning on crop regulation in guava (*Psidium guajava* L.) cv. Sardar. Acta Horticulturae 735: 311-314.
234. Trebitsh, T., E.E. Goldschmidt, and J. Riov. 1993. Ethylene induces de novo synthesis of chlorophyllase, a chlorophyll degrading enzyme, in citrus fruit peel. Proceedings of the National Academy of Sciences 90: 9441-9445.
235. Tremblay, N., M.Y. Bouroubi, B. Panneton, S. Guillaume, P. Vigneault, and C. Bélec. 2010. Development and validation of fuzzy logic inference to determine optimum rates of N for corn on the basis of field and crop features. Precision Agriculture 11: 621-635.
236. Valiente, J.I. and L.G. Albrigo. 2002 Modeling flowering date of sweet orange [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck.] trees in Central Florida based on historical weather records. Proceedings of the International Society for Citriculture, IX Congress 1: 186-190.
237. Vines, H. M., W. Grierson, and G.J. Edwards 1968. Respiration, internal atmosphere, and ethylene evolution of citrus fruit. Proceedings of the American Society for Horticultural Science 92: 227-234.
238. Wardowsky, W.F., W.M. Miller, and W. Grierson. 2006. Degreening, p. 277-298. In: W.F. Wardowsky (ed.). Fresh citrus fruits. Longboat Key. Florida Science Source.
239. Wheaton, T.A. 1982. Fruit thinning of Florida mandarins using plant growth regulators. Proceedings of the International Society of Citriculture 1981: 263-268.
240. Wheaton, T.A. and I. Stewart. 1973. Fruit thinning of tangerines with naphthaleneacetic acid. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 86:

- 48-52.
241. Wilkie, J.D., M. Sedgley, and T. Olesen. 2008. Regulation of floral initiation in horticultural trees. *Journal of Experimental Botany* 59: 3215-3228.
242. Win, T.O., V. Srilaong, J. Heyes, K.L. Kyu, and S. Kanlayanarat. 2006. Effects of different concentrations of 1-MCP on the yellowing of West Indian lime (*Citrus aurantifolia* Swingle) fruit. *Postharvest Biology and Technology* 42: 23-30.
243. Yang, E.J., S. Kim, J.Y. Moon, T.H. Oh, J. Baik, N. Lee, and C.G. Hyun. 2010. Inhibitory effects of *Fortunella japonica* var. Margarita and *Citrus sunki* essential oils on nitric oxide production and skin pathogens. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica* 57: 15-27.
244. Yokoyama, H. and C.E. Vandercook. 1967. Citrus carotenoid. I. Comparison of carotenoids of mature-green and yellow lemons. *Journal of Food Science* 32: 42-48.
245. Yoshida, T., H. Nesumi, T. Yoshioka, H. Ieki, Y. Ito, M. Nakano, I. Ueno, Y. Yamada, S. Murase, and F. Takishita. 2003. New kumquat cultivar 'Puchimaru'. *Bulletin of the National Institute of Fruit Tree Science (Japan)* 2: 9-16.
246. Young, L.B. and L.C. Erickson. 1961. Influence of temperature on color change in 'Valencia' oranges. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 78: 197-200.
247. Zaragoza, S., I. Tenor, E. Alonso, E. Primo-Millo, and M. Agusti. 1992. Treatments to increase the final fruit size on Satsuma clausellina. *Proceedings of the International Society of Citriculture* 2: 725-728.
248. Zhou, J.Y., C.D. Sun, L.L. Zhang, X. Dai, C.J. Xu, and K.S. Chen. 2010. Preferential accumulation of orange-colored carotenoids in ponkan (*Citrus reticulata*) fruit peel following postharvest application of ethylene or ethephon. *Scientia Horticulturae* 126: 229-235.



附錄

附錄 1. 排水法，即阿基米得原理之應用 [Credit: Encyclopædia Britannica, Inc.]

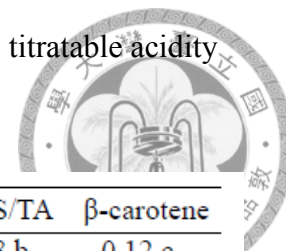


Archimedes' principle physical law of buoyancy, discovered by the ancient Greek mathematician and inventor Archimedes, stating that any body completely or partially submerged in a fluid (gas or liquid) at rest is acted upon by an upward, or buoyant, force the magnitude of which is equal to the weight of the fluid displaced by the body. The volume of displaced fluid is equivalent to the volume of an object fully immersed in a fluid or to that fraction of the volume below the surface for an object partially submerged in a liquid. The weight of the displaced portion of the fluid is equivalent to the magnitude of the buoyant force. The buoyant force on a body floating in a liquid or gas is also equivalent in magnitude to the weight of the floating object and is opposite in direction; the object neither rises nor sinks. For example, a ship that is launched sinks into the ocean until the weight of the water it displaces is just equal to its own weight. As the ship is loaded, it sinks deeper, displacing more water, and so the magnitude of the buoyant force continuously matches the weight of the ship and its cargo.

If the weight of an object is less than that of the displaced fluid, the object rises, as in the case of a block of wood that is released beneath the surface of water or a helium-filled balloon that is let loose in air. An object heavier than the amount of the fluid it displaces, though it sinks when released, has an apparent weight loss equal to the weight of the fluid displaced. In fact, in some accurate weighings, a correction must be made in order to compensate for the buoyancy effect of the surrounding air.

The buoyant force, which always opposes gravity, is nevertheless caused by gravity. Fluid pressure increases with depth because of the (gravitational) weight of the fluid above. This increasing pressure applies a force on a submerged object that increases with depth. The result is buoyancy.

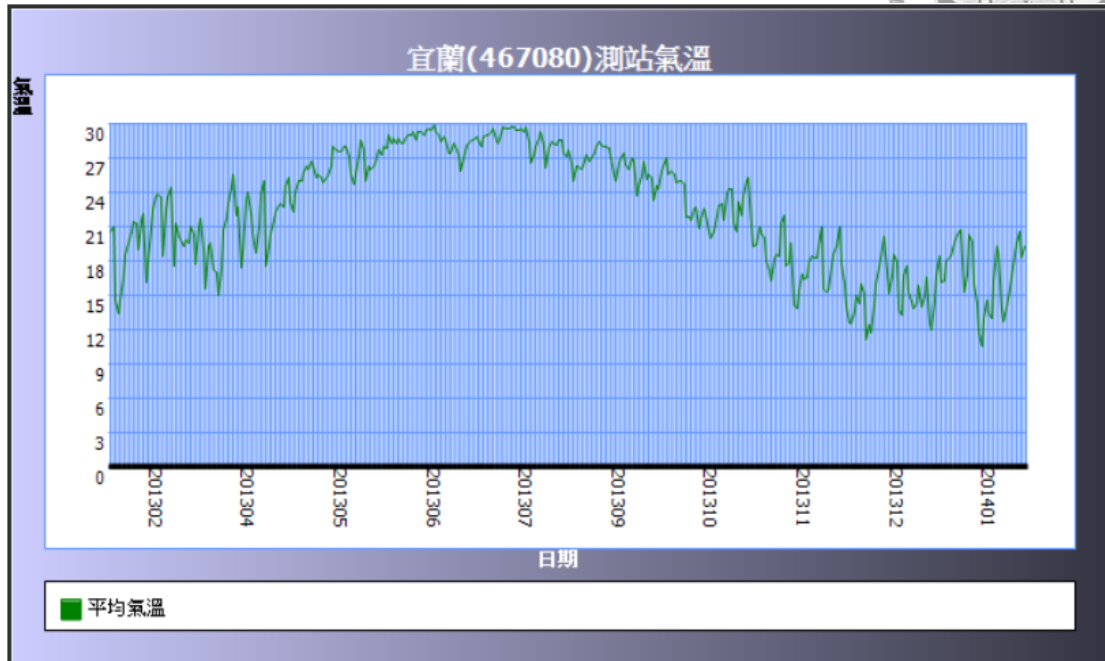
附錄 2. Juice quality characteristics (pH, total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), and β -carotene)



Species	Varieties	pH	TSS	TA	TSS/TA	β -carotene
Oranges	New Hall	3.83 ab	11.4 bcd	0.83 d	13.8 b	0.12 c
	Salustiana	3.82 ab	10.7 bcd	1.19 cd	9.0 bc	0.05 c
	Washington Navel	3.91 a	10.9 bcd	1.04 cd	10.7 bc	0.08 c
	Navelate	3.76 abc	10.5 cd	1.07 cd	8.9 bc	0.07 c
	Shamouti	3.67 abc	10.3 cd	1.23 cd	8.3 bc	0.08 c
	Navellina	3.7 abc	10.5 cd	1.17 cd	9.1 bc	0.08 c
	Moro	3.53 c	10.3 cd	1.49 cd	6.9 cd	0.07 c
	Valencia Cutter	3.52 c	11.9 abcd	1.87 bcd	6.5 cd	0.29 ab
	Valencia Frost	3.51 c	11.4 bcd	1.62 cd	7.3 cd	0.31 ab
	Valencia Olinda	3.48 c	11.5 bcd	1.85 bcd	6.3 cd	0.28 ab
	Valencia Gampbell	3.57 bc	10.9 bcd	1.55 cd	7.1 cd	0.27 b
Mandarines	Clementine Porou	3.85 ab	12.6 abc	0.72 d	19.3 a	0.06 c
	Clementine SRA63	3.71 abc	13.3 abc	1.30 cd	11.9 bc	0.12 c
	Encore	3.75 abc	14.4 a	1.13 cd	12.8 bc	0.43 a
	Kara	3.86 ab	13.7 ab	1.10 cd	12.3 bc	0.39 ab
	Lemons	Interdonato	3.05 d	3.0 f	1.89 bcd	1.7 d
Santa Teresa		3.01 d	4.67 ef	2.96 abc	1.6 d	0.002 c
Villa Franca		2.89 d	5.97 e	3.67 a	1.7 d	0.007 c
Adamopoulou		3.0 d	4.2 ef	3.41 ab	1.2 d	0.001 c
Karesteno		2.99 d	5.4 ef	4.24 a	1.3 d	0.007 c
Magleno		3.02 a	5.53 ef	3.60 a	1.8 d	0.01 c
Lisbon		2.99 d	4.33 ef	3.52 a	1.2 d	0.004 c

Means within the same column, followed by the same letter do not differ significantly according to Tukey's HSD test at $\alpha=0.05$.

附錄 3. 2013 年 3 月 1 日至 2014 年 3 月 1 日宜蘭地區日均溫(資料來源:行政院農委會農業試驗所之農業氣象諮詢系統之宜蘭測站(467080))



附錄 4. 2014 年 4 月 1 日至 2015 年 3 月 27 日之日均溫、最高溫、最低溫變化(資料來自:氣象局觀測資料查詢系統之宜蘭地區(121°44'53" E; 24°45'56" N; 海拔 7.2 公尺)測站)

