

柑橘類的產期調節

陳右人¹、邱祝櫻²、阮素芬³、李文豪⁴

¹ 臺灣大學園藝暨景觀學系教授

² 行政院農業委員會高雄區農業改良場研究員

³ 中國文化大學園藝暨生物技術系副教授

⁴ 行政院農業委員會高雄區農業改良場助理研究員

chenyo@ntu.edu.tw

摘要

柑橘類作物種類繁多，種類間花芽誘導條件差異相當大，依其誘導的環境，可分為低溫敏感、高溫敏感及乾旱敏感三型，以及三型之中間型。其中對低溫敏感之種類，甚難調節其產期，例如國產的椪柑、桶柑、柳橙、柚類等。本文主要描述三種可進行產期調節的柑橘類作物，即檸檬、金柑與四季橘之產期調節方法、研發歷程及理論基礎。

關鍵字：花芽形成、溫度、乾旱、修剪

前言

柑橘為世界重要水果，以2014年生產量計，甜橙、寬皮柑、檸檬與萊姆、其他柑橘、柚類與葡萄柚在不計西瓜下，分別居全球第四、八、十二、十四及十六位(表1)。2014年全球共生產13,979.7萬公噸柑橘類，前六大生產國分別為中國大陸、巴西、印度、美國、墨西哥、西班牙，臺灣居全球第二十八位(表2)。

柑橘類果實除鮮食外，最大的用途是加工作為果汁，少量供製罐、果醬等(表1)。

柑橘類水果也是重要國際貿易農產品。以甜橙為例，國際貿易流通量，鮮果為六百餘萬公噸，占總產量約9%，濃縮果汁70-90萬公噸，果汁410-430萬公噸(表3)。因此，柑橘類一直被認為是國際競爭壓力較大的水果。

表 1. 2014 年全世界主要水果與其製品的生產概況

巨量水果		中量水果		其他製品		果汁與果泥	
品目	產量 (萬公噸)	品目	產量 (萬公噸)	品目	產量 (萬公噸)	品目	產量 (萬公噸)
香蕉	11413.0	其他水果	3753.4	葡萄酒渣	492.44	甜橙汁	254.0
西瓜	11100.9	其他瓜類	2962.6	鳳梨罐頭	260.93	其他果汁	215.1
蘋果	8463.0	其他熱帶水果	2271.9	葡萄乾	126.34	檸檬泥	134.9
葡萄	7450.0	其他柑橘類	1247.3	其他果乾	59.90	濃縮甜橙汁	118.0
甜橙	7085.6	腰果	371.3	其他熱帶水果乾	31.59	葡萄汁	92.1
椰子	6051.2	獼猴桃	344.8	乾果李	30.29	鳳梨汁	81.9
檸檬、山竹與番石榴	4522.5	杏	336.6	混合水果製品	19.27	蘋果汁	71.4
煮食蕉	3066.8	扁桃仁	269.7	杏乾	17.08	濃縮蘋果汁	63.9
寬皮柑	2986.4	甜櫻桃	224.6	糖漬品	16.74	柑橘汁	59.3
梨	2579.9	腰果果	189.0	果粉	16.43	葡萄柚汁	26.1
鳳梨	2543.9	酸櫻桃	136.2	無花果乾	12.03	濃縮鳳梨汁	22.9
桃與油桃	2279.6	無花果	113.8	其他	704.98	檸檬汁	22.6
檸檬與萊姆	1625.4	其他漿果	115.2			檸檬汁	12.7
木瓜	1267.1	穗醋栗	65.9			濃縮葡萄柚汁	8.9
李	1128.3	紅刺莓	65.2			濃縮柑橘汁	8.4
葡萄柚與柚	839.7	榲桲	64.9			濃縮檸檬汁	6.6
草莓	811.4	其他核果	64.2			寬皮柑汁	0.2
椰棗	760.0	蔓越橘與越橘	61.3			濃縮李汁	0.0
柿	519.1	藍莓	52.6				
酪梨	502.9	醋栗	17.1				

資料來源：FAO 網站 (<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QD>)

表 2. 全球前 30 大柑橘類生產國 2014 年柑橘類生產量

	國家	甜橙 (萬公噸)	寬皮柑 (萬公噸)	檸檬與萊姆 (萬公噸)	柚與葡萄柚 (萬公噸)	其他 (萬公噸)	總計 (萬公噸)
	World	7,225.4	3,041.9	1,625.4	839.7	1,247.3	13,979.7
1	China	782.4	1,624.0	213.1	370.2	503.0	3,492.7
2	Brazil mainland	1,692.8	96.5	110.2	7.8	0.0	1,907.4
3	India	731.8	0.0	283.5	24.9	74.6	1,114.7
4	USA	614.0	66.4	74.8	95.0	3.6	853.8
5	Mexico	453.3	49.2	220.5	42.5	16.8	782.3
6	Spain	349.4	239.0	109.1	6.9	1.2	705.6
7	Egypt	313.6	95.7	30.4	0.3	0.6	440.5
8	Nigeria	0.0	0.0	0.0	0.0	378.4	378.4
9	Turkey	178.0	104.7	72.5	23.0	0.2	378.3
10	Argentina	89.9	38.6	140.2	19.8	0.0	288.5
11	S. Africa	178.9	17.0	32.8	41.8	1.1	271.5
12	Italy	166.9	61.7	37.0	0.5	4.4	270.5
13	Iran	154.3	51.9	42.8	8.0	7.4	264.4
14	Morocco	100.1	118.5	2.6	0.0	1.8	223.1
15	Pakistan	151.7	56.4	0.0	0.0	0.0	208.1
16	Indonesia	192.7	0.0	0.0	0.0	0.0	192.7
17	Algeria	95.5	22.8	22.2	0.2	0.1	140.8
18	Syrian Arab	69.3	2.8	16.2	4.5	22.8	115.6
19	Peru	45.0	34.0	27.6	0.6	6.3	113.6
20	Greece	85.9	14.0	5.6	0.6	0.1	106.2
21	Viet Nam	59.0	0.0	0.0	46.7	0.0	105.6
22	Thailand	47.0	13.8	14.1	24.2	1.3	100.4
23	Colombia	23.3	0.0	0.0	0.0	72.8	96.2
24	Japan	2.6	87.5	0.8	0.0	4.8	95.7
25	Ghana	69.0	0.0	4.7	0.0	0.0	73.7
26	Rep. Korea	0.0	72.2	0.0	0.0	0.1	72.3
27	Venezuela	40.2	11.9	6.1	0.8	0.0	59.0
28	Taiwan	16.3	19.7	3.7	8.0	6.7	54.3
29	Israel	7.8	14.4	6.7	22.7	1.2	52.8
30	Australia	35.0	10.0	2.9	0.8	0.2	48.9

資料來源：FAOSTAT (<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>)

表 3. 2013 年甜橙鮮果與果汁國際貿易狀況

排序	輸出				輸入			
	輸出量 (萬公噸)		價值 (百萬美元)		輸入量 (萬公噸)		價值 (百萬美元)	
Orange juice, concentrated								
	World Total	91.6	World Total	1349.0	World Total	73.51	World Total	991.4
1	Brazil	46.7	Brazil	685.5	U K	19.45	U S A	322.8
2	U S A	11.0	U S A	240.2	U S A	19.24	U K	166.9
3	Mexico	6.7	Mexico	149.3	Canada	4.07	Canada	85.7
4	Spain	6.3	Spain	57.5	France	3.19	S. Korea	42.7
5	Saudi Arabia	3.6	Belize	32.5	Ireland	2.84	Saudi Arabia	40.3
6	Costa Rica	3.0	Israel	32.3	S. Korea	2.63	Ireland	38.8
7	Belize	1.9	Costa Rica	23.6	Saudi Arabia	2.42	France	31.5
8	Israel	1.6	Saudi Arabia	19.0	Spain	1.78	Spain	24.6
9	Thailand	1.4	Argentina	10.6	Hungary	1.32	Israel	20.3
10	Hungary	1.1	U K	10.6	Israel	1.18	Ukraine	15.7
Orange juice, single strength								
	World Total	430.6	World Total	3822.0	World Total	410.3	World Total	4075.1
1	Brazil	151.1	Brazil	1089.2	Belgium	81.9	Netherlands	613.8
2	Belgium	90.4	Belgium	991.0	France	60.9	Belgium	608.2
3	Netherlands	50.3	Netherlands	507.6	Netherlands	57.1	France	525.4
4	Germany	33.4	U S A	286.4	Germany	36.4	Germany	463.4
5	U S A	31.1	Germany	258.8	U S A	32.2	U K	241.5
6	Spain	14.7	Spain	119.9	U K	24.4	Canada	203.6
7	Saudi Arabia	8.3	Italy	88.7	Canada	24.2	U S A	151.7
8	Italy	6.3	France	66.7	Japan	8.9	Japan	147.2
9	France	6.2	Saudi Arabia	49.4	Spain	6.8	China	99.9
10	Denmark	4.2	Denmark	42.2	China	6.8	Russian	97.2
Oranges fruit								
	World Total	652.8	World Total	4530.3	World Total	610.8	World Total	4670.5
1	Spain	134.1	Spain	1226.6	Netherlands	53.8	Russian	436.4
2	South Africa	109.7	South Africa	598.7	Germany	50.5	France	426.5
3	U S A	66.9	U S A	545.2	Russian	49.9	Netherlands	409.6
4	Egypt	63.6	Egypt	397.5	France	45.8	Germany	396.9
5	Greece	37.0	Netherlands	249.6	Saudi Arabia	33.2	U K	211.5
6	Netherlands	23.8	Greece	198.0	U K	27.6	Saudi Arabia	189.3
7	Turkey	23.3	Turkey	156.7	Canada	20.1	Canada	174.2
8	Syria	20.7	Italy	133.6	Hong Kong	19.0	Hong Kong	170.4
9	Morocco	18.3	Morocco	119.4	U A E	16.9	Belgium	135.0
10	Italy	17.6	Australia	97.0	Spain	13.7	S. Korea	130.9

資料來源：FAOSTAT (<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>)

國內(民國104年)柑橘種植總面積為25,883公頃，年產469,505公噸，主要種植種類，依面積排序分別為椪柑(5,730公頃)、橙(5,292公頃)、文旦(4,253公頃)、其他柑橘(4,040公頃)、桶柑(3,175公頃)、檸檬(2,644公頃)、白柚(749公頃)(表4)。

由於單一種類品種單純，產期集中，常有某些種類供過於求，而同時某些種類供不應求之現象。但由於主要種植之柑橘種類，不易進行產期調節，加上多數柑橘為國際大宗貿易商品，故較少有產期調節之研發與成功案例。

受供需之需要，國內每年進口大量柑橘類產品，出口量相對較少。以民國105年之資料顯示(表5)，進口橙、葡萄柚與其他柑橘鮮果達3.16萬公噸，同期出口0.70萬公噸，冷凍水果、調製水果及果汁合計1.25萬公噸，同期出口為0.50萬噸。

由於國際貿易便利，導致此類水果中，大宗產品的產期調節效益不佳。因此，產期調節研究與實務，大多集中於在地消費與非大宗國際貿易產品者。

表 4. 臺灣地區民國 104 年主要柑橘生產狀況⁽³⁾

項目	種植面積 (Ha)	收穫面積 (Ha)	產量 (T)	前一年種植 面積 (Ha)	主要產區 (收穫面積, Ha)			
總計	25,883	23,066	469,505					
桶柑	3,175	3,125	52,023	3,323	竹(1,411)	苗(625)	中(523)	東(186)
椪柑	5,730	5,729	108,058	5,841	嘉(1,777)	中(1,448)	南(937)	苗(714)
柳橙	5,292	5,277	139,494	5,392	南(1,812)	雲(1,560)	嘉(1,001)	投(528)
文旦柚	4,253	4,207	60,895	4,253	花(1,094)	南(1,010)	苗(480)	新北(452)
白柚	749	744	10,850	753	南(323)	東(80)	嘉(73)	
檸檬	2,644	2,452	38,705	2,160	屏(1,875)	高(259)	投(145)	彰(73)
其他	4,040	3,984	59,480	3,994	竹(704)	嘉(546)	雲(537)	中(439)

表 5. 民國 105 年臺灣進出口柑橘產品量值

項目	貿易量 (公噸)			貿易值 (仟美元)		
	進口	出口	差額	進口	出口	差額
生鮮冷藏水果	31,616	6,958	-24,658	27,041	9,535	-17,506
橙類	24,808	507	-24,301	18,918	617	-18,301
椪柑	0.015	2,120	2,120	0.09	3,724	3,724
葡萄柚	2,811	1,157	-1,654	2,026	1,500	-526
其他柑橘	3,997	3,174	-823	6,097	3,694	-2,403
冷凍水果	6	0.4	-5.6	20	2	-18
橙類	6	0.4	-6	20	2	-18
調製水果	4,762	922	-3,840	6,709	3,485	-3,224
其他柑橘類	4,762	922	-3,840	6,709	3,485	-3,224
果汁	7,725	4,116	-3,609	12,933	8,231	-4702
葡萄柚	615	438	-177	1,336	1,194	-142
其他柑橘類	7,110	3,678	-3432	11,597	7,037	-4,560

資料來源：修正自關務署統計資料 (<https://portal.sw.nat.gov.tw/APGA/GA03>)

柑橘類之分類

植物學上柑橘屬於芸香科 (*Rutaceae*)，柑橘亞科 (*Aurantioideae*)，柑橘屬 (*Citrus*)。但是在園藝上界定，柑橘類常包含柑橘屬 (*Citrus*)、金柑屬 (*Fortunella*)、枳屬 (*Poncirus*) 三屬植物。柑橘類於世界的分佈極廣，年平均溫約 15-23°C 之處皆可生長^(4,33)，主要發源地為亞洲大陸的東南亞地區 (South East Asia)，包括中國大陸南部 (South China)、印度東北部 (North Eastern India) 及緬甸 (Burma)^(33,40)。

對於柑橘類所提出的分類系統很多，直至 1948 年，Swingle 對柑橘屬及近緣植物進行全面整理，柑橘分類終於有了共識，而田中長三郎於 1954 年提出另一種分類概念，也為眾人接受，使得至今柑橘分類即因此為二大系統並行。

第一個分類系統為 Swingle⁽⁶²⁾ 提出的分類方式。柑橘類屬於芸香科 (*Rutaceae*)、柑橘亞科 (*Aurantioideae*) 的作物，亞科下包含族 (tribe)、亞族 (subtribe)、群 (group) 及屬 (genus) 等分群單位，柑橘屬 (*Citrus*) 及其兩近緣屬，即枳屬 (*Poncirus*) 與金柑屬 (*Fortunella*)，同屬於真柑橘群 (true citrus group)，特徵為具有柑果 (hesperidium) 及果實

具有汁胞 (juice vesicle)，為目前經濟栽培認定的柑橘類^(33, 37, 40)。其中柑橘屬內再依據果肉汁胞的苦油含量 (acid oil)、葉柄長短、翼葉寬窄、花徑大小及花絲黏合程度，進一步分為柑橘亞屬 (*Citrus*) 及大翼橙亞屬 (*Papeda*) 兩亞屬。柑橘亞屬有 10 個種，大翼橙亞屬有 6 個種，兩亞屬共 16 個種 (species)^(62, 63)。

第二個分類系統為 Tanaka⁽⁶⁴⁾ 所提出，此系統在「屬」以上階層的分類與 Swingle 的分類方式相同，但在「屬」階層之下，Tanaka 以花序、翼葉及花色為主要分類依據，花絲基部黏合程度、心皮癒合程度、胚色及種子型態為次要分類依據，將柑橘屬分為原生柑橘亞屬 (*Archicitrus*) 及後生柑橘亞屬 (*Metacitrus*) 兩個亞屬。原生柑橘亞屬 (*Archicitrus*) 內分五區 (section)，分別為大翼橙區 (*Papeda*)、萊姆區 (*Limonellus*)、枸櫞區 (*Citrophorum*)、柚區 (*Cephalocitrus*) 及酸橙區 (*Aurantium*)；後生柑橘亞屬分三區，即香橙區 (*Osmocitrus*)、蜜柑區 (*Acrumen*) 與偽金柑區 (*Pseudofortunella*)⁽³³⁾，兩亞屬共包含 8 個區、定義了 162 個種，因此被稱為「小種主義」。相對於 Tanaka 系統的小種主義，Swingle 的分類系統被稱為「大種主義」^(4, 5, 33, 37)。

根據田中長三郎博士所提出的種原分佈論，後人列出三條田中線 (Tanaka line)。其中第一條田中線 (Tanaka line one) 是種源區分線；由印度東北部起始，通過緬甸北部，至中國大陸南部之海南島；此線的西南方，為檸檬 (lemon)、萊姆 (lime)、枸櫞 (citron)、柚 (pummelo)、甜橙 (sweet orange) 及酸橙 (sour orange) 等柑橘類的原生地，此線的東北部，包含中國大陸長江流域的南部、浙江以南至廣東的沿海地帶、臺灣及日本為一大區，為寬皮柑類 (mandarins) 的原生區域；第二條田中線是寬皮柑之分佈帶，而第三條線為枳屬 (*Poncirus*) 及金柑屬 (*Fortunella*) 的原生地^(37, 42)。

由於種與原生地環境的差異嚴重影響其產期調節之潛力。

柑橘類之花芽形成與開花

一般認為低溫與乾旱逆境是柑橘類花芽形成最主要誘因^(26, 34, 40, 41)。原生地在亞熱帶季風氣候區的柑橘，雖然相對於溫帶地區而言，冬季為暖冬形態，但冬、春季之際常有寒流，柑橘於此季節感應低溫的刺激下，芽即開始發生花芽誘導，隔年春季花芽開始分化，之後便直接進入花芽發育期，隨後開花。如果秋冬季高溫多雨，使枝梢繼續生長，花芽誘導也會受到影響；營養生長必須停止，是這類植物花芽分化的要件。而原生於熱

帶到溫暖亞熱帶地區的柑橘，因這個氣候區內冬季低溫更少，而乾旱更明顯，故常會因乾旱與低溫而誘致開花^(9, 26, 36, 40, 41, 56, 66)。不過，無論是低溫或乾旱逆境，似乎都非絕對，故可區分為比較喜好低溫與比較喜好乾旱逆境兩大類。

以低溫而言，種與品種間仍有差異。Inoue 指出，溫州蜜柑花芽誘導的溫度應低於 25°C⁽⁴⁶⁾，而 Nebauer 及 Avila 指出，長期處於 20°C 下，溫州蜜柑開花很少，但如經過 15/8°C 處理 30 天，就可正常產生花芽⁽⁵⁷⁾；Garcia-Luis 等則認為溫州蜜柑花芽分化誘發溫度應落在 10-20°C 之間⁽⁴⁴⁾。Moss 經一連串試驗，主張夜晚的溫度超過 22°C 時，無法誘導甜橙開花⁽⁵⁶⁾。Usantyo 等證實，在 10°C 的夜溫下，即使日溫超過 30°C，柚 (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) 仍能形成花芽⁽⁶⁵⁾。Lenz 在以 12 小時光照並搭配 19°C 夜溫處理，誘導臍橙 'Washington' 開花⁽⁵²⁾，因此提出若忽略光週期的影響，19°C 也許是誘導柑橘開花之溫度。陳 (未發表) 則指出，椪柑似乎在 20°C 以上就不會開花。接受低溫刺激而產生開花反應的部位，也許在莖、葉片或是包括兩者，而非在根部。Moss⁽⁵⁶⁾ 和 Hall 等⁽⁴⁵⁾ 分別調控空氣與土壤的溫度，推斷柑橘感應溫度誘導的部位在葉片或是莖部，而根部則是控制新梢的生長。

熱帶地區誘導柑橘開花的主要因素為水分。熱帶地區具明顯的乾季和濕季，當月平均降水量低於 100-150mm 時，植物因水分逆境的刺激，產生誘導的作用，在逆境解除之後而開花。Cassin 等發現熱帶地區中的八個國家，因為缺水而延長開花。遭遇缺水的地區，經由降雨或有效的灌溉約 20-28 天之後，營養生長與生殖生長會同步進行⁽³⁹⁾。Furr 等主張溫帶地區乾燥的夏季，有時亦會誘導柑橘開花⁽⁴³⁾。在義大利、以色列以及美國加州，皆利用調控水分的栽培方式，在夏季生產檸檬。Nir 等⁽⁵⁸⁾ 在檸檬 'Eureka' 上發現，種植於田間的檸檬，在兩個月的水分逆境處理期間，逆境後 30 天芽體大部分呈現休眠的狀態，只有少部分的芽出現花序分化作用；在恢復供水的前 1 週與解除逆境的隔天，發現花序原生組織數量增加；主要是檸檬 'Eureka' 在水分逆境的後期進行花芽分化作用，枝條頂端的芽體形成萼片，並且在回復供水之後開始快速生長，而在枝條頂端的花形成之後，側芽的芽體才進行發育。Southwick 和 Davenport⁽⁶¹⁾ 觀察萊姆 'Tahiti' 在逆境處理 2-5 週後，充分給水，不僅刺激萊姆 'Tahiti' 營養梢、混合梢與生殖梢之生長，且植株遭受逆境的強度與處理時間和開花的強度成正比。陳等也成功利用土壤水分控制，在臺灣誘導麻豆文旦開花⁽²⁷⁾。

對乾旱逆境的需求與反應，也隨種與品種而異。Davenport 指出，甜橙、蜜柑與葡萄柚在缺水時，會出現生長靜止；萊姆、檸檬和香櫞對熱帶氣候適應良好，則無此現象⁽⁴¹⁾。而張⁽²⁶⁾與 Koshita 及 Takahara⁽⁴⁹⁾ 均指出，兩者具有加成效應。事實上，在四季橘⁽⁶¹⁾與金柑^(47, 48) 上均獲得實證。

然而並非所有柑橘均是如此。屬於落葉樹的枳殼，花芽形成於夏季高溫期^(33, 59)；經過一連串之研究，賴⁽³⁰⁾、賴與陳⁽³¹⁾、Lai 及 Chen⁽⁵⁰⁾、Lai 等⁽⁵¹⁾ 證實，四季橘在任何溫度下，均能形成花芽。而林⁽¹¹⁾、Chang 等⁽³⁸⁾、Lai 等^(50, 51) 與郭⁽²⁸⁾，也進一步探討出長實金柑在高溫之環境下行花芽分化與形成。

依據柑橘類花芽形成環境之需求，郭認為由於柑橘類植物之自然分佈，跨越熱帶到較冷涼的亞熱帶，也直接影響到其花芽分化與形成的環境條件⁽²⁸⁾。依據田中之分類體系，由南至北，柑橘類植物剛好跨越熱帶常綠樹到溫帶落葉樹之間。由花芽形成條件看，後生柑橘亞屬的大翼橙區 (*Papeda*)、枸櫞區 (*Citrophorum*) 應屬於較偏熱帶之植物，低溫與乾燥可誘使花芽形成，但乾旱之效果相對顯著，寬皮柑為典型亞熱帶植物，需要低溫誘使開花，枳屬為溫帶落葉樹，在高溫期花芽分化。而原生地在枸櫞與寬皮柑之間的植物，即為柚區 (*Cephalocitrus*) 與橙區 (*Osmocitrus*)，則對低溫與乾旱均敏感，而且橙區中的部份植物，如桶柑已完全傾向於寬皮柑，只有春季開花，而茂谷蜜柑則是在生長季節中遭遇到逆境而開花。而介於寬皮柑與枳之間的植物則有偽金柑與金柑，其中，偽金柑為金柑與寬皮柑之天然雜交種，花芽形成行為介於兩者之間⁽³⁰⁾；金柑花芽形成行為，則屬於落葉樹之行為，但由於金柑不具休眠性，故花芽形成後隨即開花。因此，整個柑橘類之分佈，可以由圖 1 中看出演化與花芽形成條件之關係，由最南端熱帶性的大翼橙向北依序為枸櫞、柚、橙類、寬皮柑、偽金柑、金柑、枳，越北越趨近於溫帶樹。從種的歧異度上看，中國西南各省到華南間，是種歧異度最大的區域，或許是由此為中心，向南與向北演化所造成的結果。或者是由於柑橘類種屬間雜交並無障礙，使三個典型植物即熱帶的大翼橙、亞熱帶的寬皮柑、溫帶植物的枳各自演化，然後在分佈交界區，相互雜交，最後形成整個柑橘類的族群 (圖 1)。

由於屬於需要低溫花芽分化之柑橘種，在田間相對很難提供花芽形成環境，故難以進行產期調節^(12, 28, 30)。相對的，花芽形成條件為乾旱逆境與高溫的種類，則易行產期調節。目前，臺灣柑橘之產期調節，多使用四季橘、檸檬、萊姆與金柑。

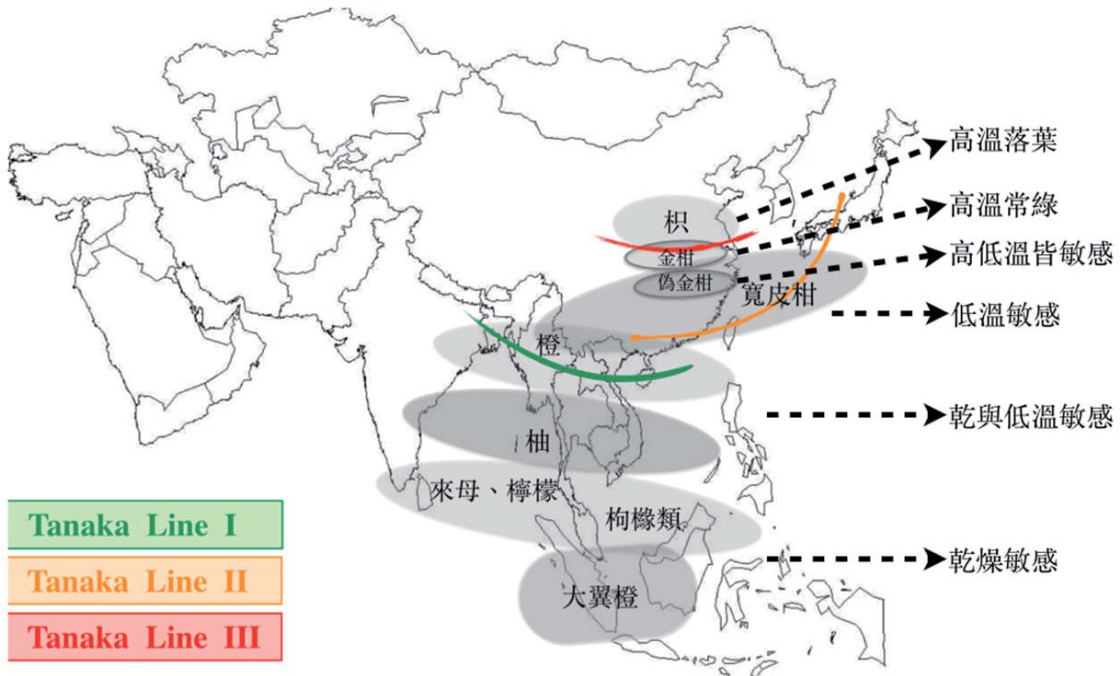


圖 1. 田中線 (Tanaka line) 與柑橘地理分佈及花芽分化條件之相關性⁽²⁸⁾

檸檬之產期調節

檸檬 (*Citrus limon* (L.) Burm.) 為芸香科 (Rutaceae) 柑橘屬 (*Citrus*) 之常綠小喬木^(4, 33)，於 1920 年前後引進臺灣種植，是臺灣最主要的香酸柑橘類作物⁽¹⁾。主要用途除了鮮果果汁利用之外，果皮亦可提煉精油，是各種飲料、香料及化妝品的原料。目前臺灣檸檬主要栽培品種為‘優利加’ (Eureka)，以綠皮檸檬為主要消費型態，和歐美國家以黃皮檸檬不同。此外，臺灣也種植俗稱無子檸檬的萊姆 (Lime, *Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle)⁽¹⁾，和檸檬同屬不同種，果實稍小、果皮薄、無種子、香氣較淡，其栽培方法和檸檬相近⁽²¹⁾。

檸檬及萊姆於臺灣南部冬季溫暖地區種植有周年開花習性⁽²¹⁾，惟春夏花較多，秋冬花較少，產期集中於 7-12 月，1-6 月較少。為避免盛產期 7-9 月大量檸檬上市造成果賤傷農，在栽培管理上除有效提升管理效率、降低生產成本及做好品質管控外，應利用產期調節技術將檸檬產期分散在 11-5 月間可提升農民之收益⁽⁶⁾。

一、國內產業概況

根據農委會農業統計年報資料顯示⁽²⁾，近十年檸檬之栽培面積由 98 年 1,949 公頃，經歷 88 風災後降為 100 年之 1,679 公頃，爾後幾年因市場需求帶動交易價格上揚，103 年檸檬農場價格年平均到達每公斤 48.2 元，栽培面積近五年大幅增加了 1,111 公頃，105 年達 2,790 公頃，其中又以屏東縣及高雄市為主要產地，分別占 1,901 公頃及 274 公頃，兩者合計 2,175 公頃；其餘分布在雲林縣、南投縣、彰化縣、臺東縣、臺南市等地。隨著栽培面積的增加，檸檬總產量也年年攀升，104 年總產量 38,705 公噸為歷年最高，而 105 年連續受到三個颱風影響，總產量略為下降 (表 6)。

表 6. 臺灣近十年檸檬栽培面積、總產量及農場價格

年別 (民國)	栽培面積 (公頃)	總產量 (公噸)	農場價格 (元 / 公斤)
96 年	1,844	17,166	18.5
97 年	1,937	18,606	17.8
98 年	1,949	14,446	27.1
99 年	1,699	18,105	31.4
100 年	1,679	23,833	33.4
101 年	1,752	22,822	44.4
102 年	1,888	30,831	40.9
103 年	2,160	36,520	48.2
104 年	2,644	38,705	34.4
105 年	2,790	36,289	27.4

高屏地區檸檬之主要盛花期集中在每年 2-3 月，盛產期在 7-9 月⁽³⁾，觀察近十年的檸檬拍賣市場平均每月交易價格及交易量 (圖 2)，6 月開始市場到貨量增加，無論檸檬或萊姆價格皆明顯下跌，7 月到貨量 1,657 公噸為全年之最，以 8 月平均價每公斤 18.3 (檸檬) 及 17.7 (萊姆) 元為最低點，直到 10 月開始，檸檬市場到貨量逐漸減少價格才開始上揚，11-5 月間維持在每公斤 32.4 元以上，又以萊姆價格優於檸檬。對照檸檬近五年拍賣市場之交易量及交易價 (圖 3)，101-103 年月平均價最低價每公斤 23.1-28.3 元，栽培面積迅速擴增導致交易量明顯增加，市場供過於求反應在 104-105 年 8 月月平均價每公斤 13.7-15.8 元。為避免盛產期 7-9 月大量檸檬上市造成果賤傷農，在栽培管理上除有效提升管理效率、降低生產成本及做好

品質管控外，利用產期調節技術將檸檬生產分散在 11-5 月間，只要產量足夠，即可顯著提升農民之收益。

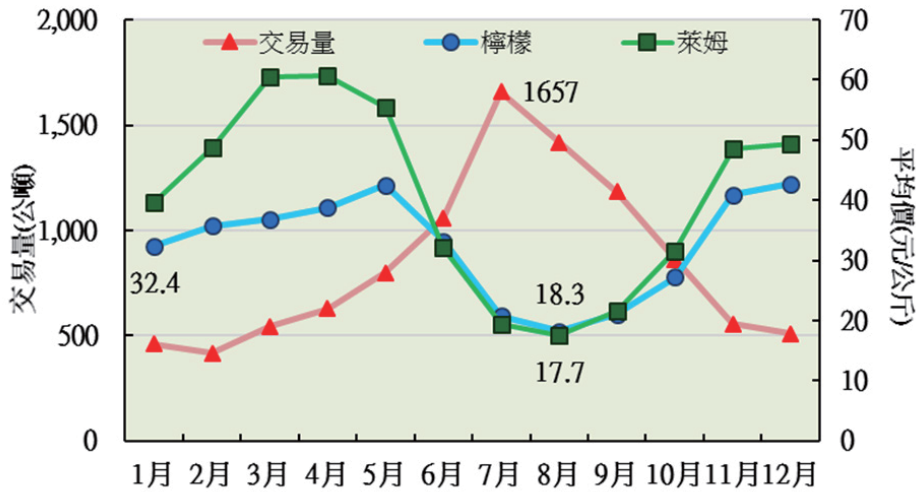


圖 2. 臺灣近十年檸檬每月拍賣市場平均交易量及交易價
資料來源：農產品批發市場交易行情站 <http://amis.afa.gov.tw/main/Main.aspx>

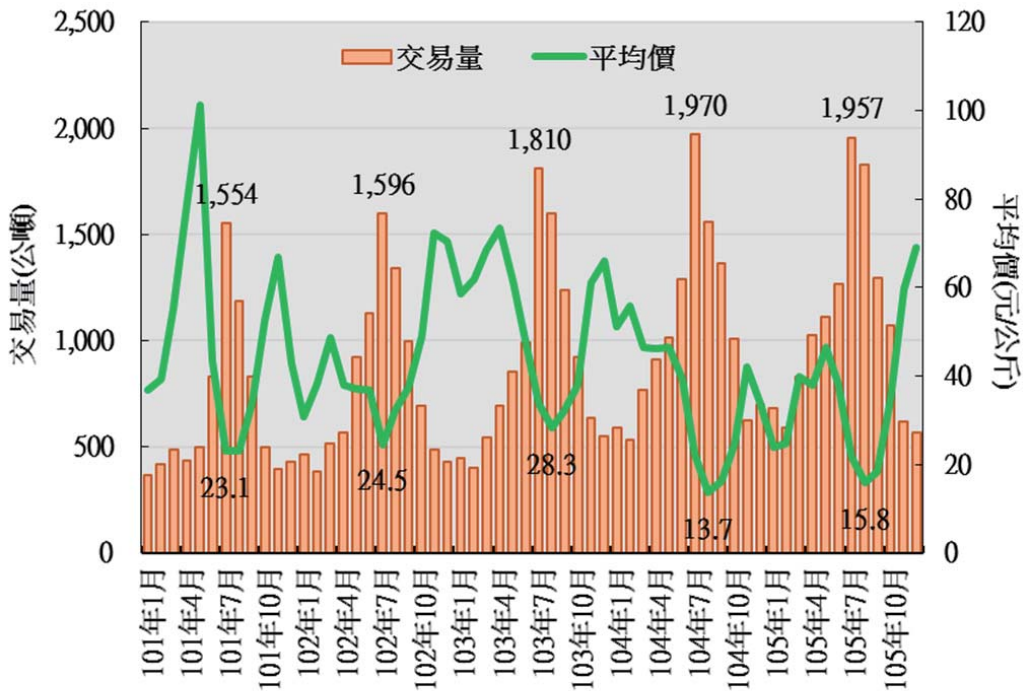


圖 3. 臺灣近五年檸檬拍賣市場交易量及月平均價格
資料來源：農產品批發市場交易行情站 <http://amis.afa.gov.tw/main/Main.aspx>

二、產期調節之必要性

在臺灣，檸檬雖是周年性開花，但是有春、夏季開花結果多，秋、冬季開花結果少之現象。主因是臺灣南部在經過秋、冬季之低溫及乾旱後，於 2-6 月間會陸續開花，此時期開花之果實一般於 7-11 月採收。也因為此時期之果實生產量大，價格低落，農民常有掛樹棄採或刻意延後採收現象，加上夏梢生長旺盛競爭養分，以致秋、冬季開花量少，春果產量低。為了分散夏、秋果的產量，提高冬、春果供應量，產期調節技術更顯重要^(8, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21)。

三、產期調節方法

根據國內外之研究發現，檸檬的產期調節有斷水乾旱法^(32, 35, 60)、化學藥劑法^(54, 55, 58)、修剪法^(13, 16, 21, 23)等三種；惟以上任何一種方法單獨使用時均有其缺點。因此，邱於 2009-2011 年開發出綜合產期調節方法，即結合以上三種方法，成功的應用於臺灣檸檬之產期調節；並配合農糧署辦理示範觀摩會，推廣予農友使用^(22, 23)。

(一) 斷水乾旱法

本法在義大利西西里島已行之有年，該地區主要栽培品種‘Femminello’之產期集中在冬季，當地農民常於初夏斷水，讓果園乾旱。一般為 35-40 日後，檸檬葉片乾旱至翌日清晨仍捲曲時，才充分灌水並加施氮肥，如此可使檸檬在夏天開花，而於次年晚春和初夏採收，以應市場鮮銷利用。埃及也利用於萊姆 (lime) 的栽培。在印度則利用於甜橙和寬皮柑的栽培。在臺灣，於 11 月開始斷水 4 週後，再充分灌水，並加施氮肥，可以促進開花及增加春果產量。但乾旱 8 週者，則有反效果⁽³²⁾。由於乾旱法在臺灣秋冬季多雨時並不適合進行，加上若乾旱程度過長時，會使植株大量落葉，引起反效果，要特別注意⁽¹⁴⁾。

(二) 化學藥劑法

在以色列，利用 Alar、Cycocel、BTOA 等化學藥劑處理，可以增加檸檬開花數。在臺灣，劉發現於 11 月下旬利用 Alar 200 倍或者 Ethrel 2000 倍全株噴施，均可提高檸檬冬季開花數，而且兩者搭配乾旱處理效果更佳，均可達成提高檸檬冬季開花數之效果⁽³²⁾。惟 Alar 雖有效，但屬禁用藥劑，農友應避免使用。Ethrel 是一種乙烯生成劑，對許多植物促進開花之效果已被肯定，植

物在乾旱條件下亦可能增加其內生乙烯之合成量，惟試驗中也發現以 2000 倍 Ethrel 噴施植株，結果發現落葉較嚴重，有時會引起反效果⁽³²⁾。由於生長調節劑於田間處理有數多之變因，例如樹勢強弱、樹齡大小、氣候條件均會影響其效果，因此確實及適合之處理模式仍尚待探討。

(三) 修剪法

一般果農在果實採收時，會同時伴隨修剪。施行產期調節之修剪，則在秋季進行，主因為一般在秋季檸檬樹上仍留存大量正期果實及徒長枝，導至秋、冬季開花量少，春果產量就低。相反的，如在秋季將果實及徒長枝剪除，果實及新梢 (sink, 積儲) 需求減少，秋、冬季開花量就會提高。因此，一般欲提高春果產量，適時修剪結果枝，並於秋季疏果、修剪徒長枝，或將徒長枝施行撚枝處理，為生產春果之首要條件。結果枝修剪時間及強度，應視樹體強弱來決定；生長勢較弱之結果枝需回縮修剪，以重新培養結果枝因為此等結果枝若在秋季修剪，大多來不及於秋季開花結果，故可提早於春、夏季修剪；生長勢強者，則與疏果及徒長枝修剪同時進行^(7, 20, 22, 23)。

邱於民國 87 年及 88 年分別探討不同修剪時期對檸檬開花、產期及產量之影響，結果如表^{7(14, 17)}。試驗植株分別在 9 月 1 日、10 月 1 日、11 月 1 日將樹上果實全部疏果配合修剪徒長枝，與不疏果 (對照) 四種處理，結果顯示兩年之結果大致一致，三種不同時期疏果及修剪處理，大多於處理一個月後陸續開花，9 月修剪者，於 1 月份陸續採收，盛產期在 3 月，10 月修剪者，於 2 月份陸續採收，盛產期在 4 月，11 月修剪者產期稍晚，於 3 月份採收，盛產期在 5 月。民國 87 年之試驗，總產量以 10 月修剪最佳，和 11 月修剪及不修剪者查意不顯著，但三者明顯高於九月修剪者；估算產期調節經濟效益，以 10 月修剪最佳，11 月及 9 月次之，不修剪最差⁽¹⁴⁷⁾。民國 88 年之試驗，總產量以不修剪者最高，但與 11 月及 10 月修剪者差異不顯著，不過這三個處理枝產量，依然顯著高於九月修剪者；估算產期調節經濟效益，以 11 月修剪者最佳，依序為 10 月及不修剪者，9 月修剪者最差⁽¹⁷⁾。依據此項結果顯示，9 月月下旬至 11 月初，大致是檸檬產期調節之修剪適期。

表 7. 修剪時期對檸檬生育、產量及產期之影響^(14, 17)

處理	始花期(月/日)		盛花期(月/日)		盛產期(月/日)		產量(公斤)		效益 ⁺⁺	
	87年	88年	87年	88年	87年	88年	87年	88年	87年	88年
9月1日	09/25	09/20	10/10	10/10	03/10	03/20	90 ^{b+}	89 ^{b+}	3 ⁺⁺	4 ⁺⁺
10月1日	10/25	10/20	11/10	11/10	04/05	04/10	115 ^a	102 ^a	1	2
11月1日	11/25	11/20	12/10	12/10	05/01	05/15	107 ^a	107 ^a	2	1
不修剪	12/20	12/20	02/05	02/05	06/20	06/20	109 ^a	112 ^a	4	3

+：表中直列數值之英文字母相同者，表示其差異沒有達到 Duncan's 5% 顯著水準

++：產期調節效益為四個處理間的比較數值，1 最佳，4 最差

(四) 綜合產期調節法

李等於 2009-2011 年開發出檸檬綜合產期調節法，即結合乾旱、化學藥劑（益收）修剪等 3 種方法，成功的應用於臺灣檸檬之產期調節⁽²³⁾；也配合農糧署辦理示範觀摩會，推廣予農友使用。施行產期調節之檸檬樹首要條件為樹勢健壯，且自 7 月起減少氮肥施用，增施磷鉀肥；9-11 月修剪黃熟果實以及細弱乾枯枝梢，徒長枝可部份剪除，部份施予撚枝處理；修剪後葉面噴施高磷鉀肥 3,000 倍，每週 1 次共 3 次。以上修剪期應選擇前後至少有 2 週以上乾旱期較佳，若這段時間無乾旱期，則可噴施 39.5% 益收生長素 3,000-4,000 倍，約 3-7 日後會陸續落葉；依照上述步驟施行修剪及處理後，大約 20 日後開始陸續開花，開花後大約 4-5 個月後可陸續採收。

四季橘之產期調節

一、國內生產概況

四季橘英文名為 calamondin，學名為 *Citrus microcarpa* Bunge; syn. *C. mandurensis* Lour.⁽³⁰⁾，亦有用 *Citrofortunella mitis* J. Ingram & H. E. Moore 為學名者⁽¹⁾；在臺灣，四季橘是除了檸檬及萊姆之外，最重要的香酸柑橘作物。近十年全臺栽培面積在 234.1-276.3 公頃，年產量在 3,111.7-3,953.9 公噸間變動（表 8）⁽³⁾。產區以屏東縣最大宗，約占全臺 65% 面積，集中於長治鄉、麟洛鄉、鹽埔鄉、內埔鄉等鄉鎮；其餘為高雄市、彰化縣、宜蘭縣等地。

表 8. 臺灣近十年四季橘栽培面積、總產量及農場價格

年別 (民國)	栽培面積 (公頃)	結實面積 (公頃)	每公頃收量 (公斤)	總產量 (公噸)
96 年	266.9	244.1	13,362	3,261.3
97 年	258.1	242.3	13,638	3,304.8
98 年	276.3	248.2	12,835	3,185.6
99 年	256.9	250.4	13,491	3,378.5
100 年	235.7	228.5	14,575	3,330.5
101 年	259.7	249.6	14,511	3,622.4
102 年	255.9	249.1	15,508	3,862.2
103 年	249.7	244.8	16,152	3,953.9
104 年	253.5	250.1	14,856	3,714.7
105 年	234.1	233.4	13,330	3,111.7

二、產期調節之必要性

四季橘一年當中的高低價差很大，主因是春果量少價揚，夏秋果量多價跌^(12, 14, 15, 16, 17, 18)；因此，需施行產期調節技術，以增加春果產量，提高收益。四季橘開花性很強，當做觀賞用的盆栽栽培時，幾乎均以生產夏花冬果為主，以配合國人新舊曆過年時大吉大利的應景觀果盆栽使用^(12, 14)。但是，在田間栽培時則不大相同，一年四季均有果實生產，且有三個主要產期，即春花(2-4月)夏秋果(6-9月)，夏花(6-7月)冬果(10-12月)，秋花(9-11月)春果(2-4月)，一般來說，以夏、秋、冬果的產量較多，春果較少；但是，產期和修剪時期有很大的關係，故施行產期調節技術首重修剪，其次配合施肥及水分管理，可達成效果。

三、四季橘產期調節方法

四季橘產期調節方法和檸檬相似^(18, 19)，乾旱法及化學藥劑法⁽⁸⁾、修剪法^(12, 16, 20)都有效果。不過經由對四季橘花芽形成之研究結果，應以修剪法最為簡單有效。

四季橘在未修剪的狀態下，一年有三次抽梢期，分別於 2-3 月、6-7 月與 10-11 月，開花期為 2-3 月、6-7 月與 10-12 月，每次抽梢均會伴隨著開花，所以被命名為四季橘或月橘。由於強剪後之四季橘植株，第一次梢皆為營養芽，在第二次抽梢時才產生花芽，所以賴⁽³⁰⁾先以強剪取得營養梢，在觀察四季橘之花芽發育如圖 4，

隨後再將強剪後，萌出營養梢之盆栽置於 30/25、25/20 及 15/10°C 三種日 / 夜溫度下，以日 / 夜溫 30/25 及 25/20°C 處理者於處理後第 3 週芽即達到分化前期；前者在處理 6 週時，芽發育達到萼片形成期，後者則需 9 週，但置於 15/10°C 者，芽一直維持在發育前期 (表 9)；但所有盆栽在一出控溫環境後，均能開花；如果將營養梢生長完全之植株，置於 30/25、25/20、20/15 及 15/13°C 下，置於 30/25°C 下者在處理 2 週即開花，25/20°C 處理者於處理後第 8 週開花，20/15°C 及 15/13°C 處理開花時間則需處理後 22 週才開始開花。賴與陳⁽³¹⁾先逐月強剪盆栽四季橘植株，結果顯示，1、2、3、11 及 12 月強剪組，於 5-6 月抽出第二次梢時方開花。4 與 5 月強剪組，在 9 月抽出第二次梢，始花期為 10 月 (圖 5)；6 與 7 月強剪者，在 10 月抽出第二次梢，始花時間為 10-11 月。8-10 月強剪處理者，至次年 2 月萌出第二次梢時開花。

邱於民國 87 及 88 年探討不同修剪時期對四季橘開花、產期及產量之影響^(12, 16)，藉以提供農民參考。試驗植株兩年均分別在 9 月 1 日、10 月 1 日、11 月 1 日將樹上果實全部疏除，配合修剪徒長枝，與不疏果 (對照) 四種處理。民國 87 年之結果顯示，三種疏果及修剪處理者，大多於處理後一個月後陸續開花，9 月修剪者，於 1 月份陸續採收，盛產期在 3 月，10 月修剪者，於 2 月份陸續採收，盛產期在 4 月，11 月修剪者產期稍晚，於 3 月份採收，盛產期在 5 月。總產量方面，以不修剪最佳，和其它處理比較呈顯著性差異，而其他三處理間差異不顯著；但估算產期調節經濟效益，以 10 月修剪最佳，11 月及 9 月次之，不修剪最差 (表 10)。民國 88 年之結果大致相近 (表 10)；由於表現穩定，該年度並在屏東縣麟洛鄉試區召開四季橘產期調節成果觀摩會⁽¹⁷⁾。

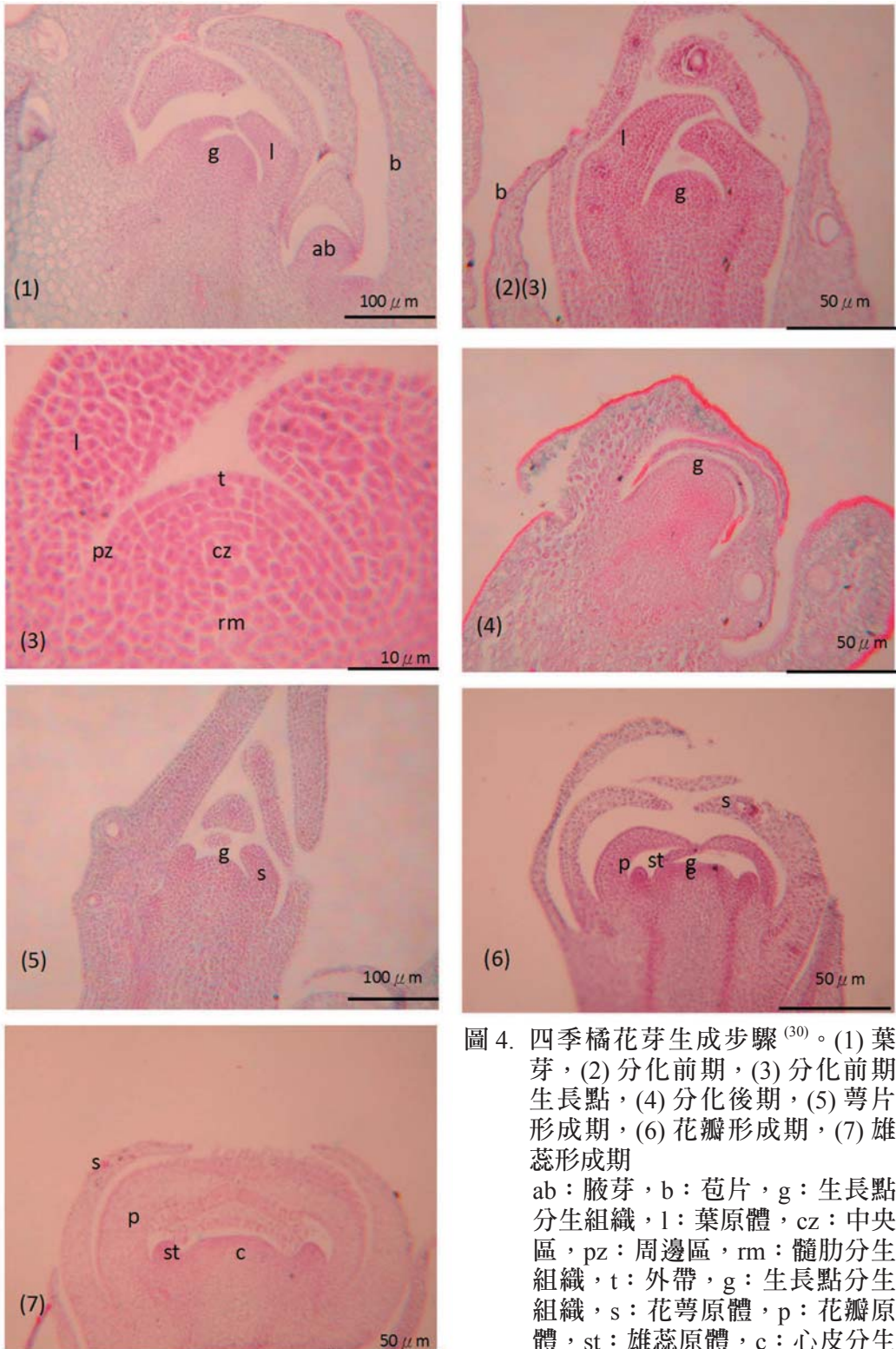


圖 4. 四季橘花芽生成步驟⁽³⁰⁾。(1) 葉芽，(2) 分化前期，(3) 分化前期生長點，(4) 分化後期，(5) 萼片形成期，(6) 花瓣形成期，(7) 雄蕊形成期
 ab：腋芽，b：苞片，g：生長點分生組織，l：葉原體，cz：中央區，pz：周邊區，rm：髓肋分生組織，t：外帶，g：生長點分生組織，s：花萼原體，p：花瓣原體，st：雄蕊原體，c：心皮分生組織

表 9. 溫度對四季橘芽發育之影響⁽³¹⁾

Treatment (day/night °C)	Primary differentiation stage (weeks after treated)	Sepal formation stage (weeks after treated)
30/25°C	3	6
25/20°C	3	9
15/10°C	3	--- ^z

^z No sepal formation was observed

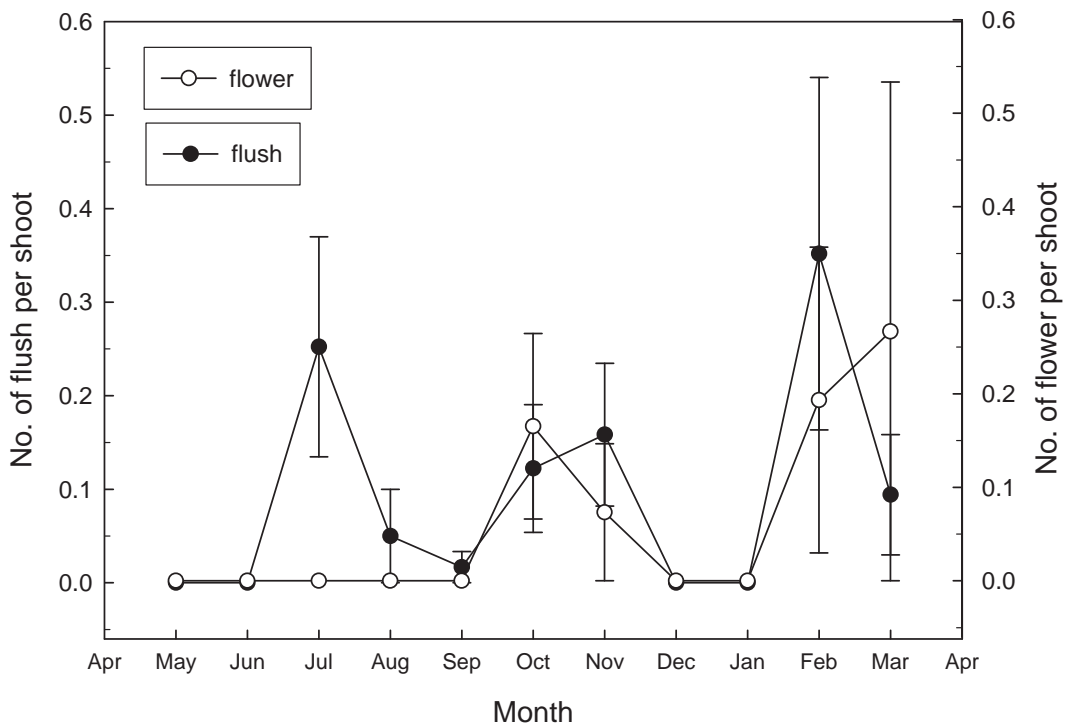


圖 5. 四月強剪對四季橘抽梢與開花之影響⁽³¹⁾

表 10. 修剪時期對四季橘生育、產量及產期之影響^(12, 16)

處理	始花期(月/日)		盛花期(月/日)		盛產期(月/日)		產量(公斤)		效益 ⁺⁺	
	87年	88年	87年	88年	87年	88年	87年	88年	87年	88年
9月1日	09/20	09/25	10/10	10/15	03/05	03/05	73 ^{b+}	71 ^{b+}	2 ⁺⁺	2 ⁺⁺
10月1日	10/20	10/25	11/15	11/20	04/10	04/10	79 ^b	73 ^{ab}	1	1
11月1日	11/20	11/25	12/15	12/20	04/30	04/30	78 ^b	79 ^a	3	3
不修剪	12/15	12/15	02/05	02/05	06/10	06/10	89 ^a	82 ^a	4	4

+ : 表中直列數值之英文字母相同者，表示其差異沒有達到 Duncan's 5% 顯著水準

++ : 產期調節效益為四個處理間的比較數值，1 最佳，4 最差

金柑之產期調節

一、國內生產概況

金柑 (*Fortunella* spp.)，英文名 kumquat，又稱金橘，為芸香科 (Rutaceae) 柑橘亞科 (Aurantioideae) 金柑屬 (*Fortunella*) 植物的總稱。金柑種源均源自於中國，始於浙江省寧波市，寧波並為目前之大宗產區，其他長江流域以南各省，亦皆有分佈。金柑於中國栽培歷史悠久，文獻記載可推究至 1600 多年前，唐宋時期，金柑已被廣為栽植利用^(25, 29)。金柑於 1826 年東傳至日本，直至 1906 年經由日人田代氏，從日本引進臺灣栽培⁽⁷⁾。

目前 (105 年) 國內種植面積有 257.08 公頃，宜蘭縣為臺灣金柑主要的栽培地區，產量佔 90% 以上，栽培面積約 232.18 公頃，其次是彰化縣的 6.48 公頃⁽³⁾。宜蘭縣因雨量充沛，適合金柑生長，果園主要分布在員山鄉 (121.97 公頃) 以及礁溪鄉 (92.54 公頃)，如今已經成為宜蘭的地方特產之一。目前國內以長實金柑 (*Fortunella margarita* Swingle) 為主要栽培種^(7, 24)。長實金柑特色為樹勢強、豐產、果皮金黃、果型橢圓、果肉酸澀、果皮甘甜清脆且內富含精油，具嗆辣味。

二、產期調節之必要性

長實金柑果實主要供作加工用，生產一向粗放，但自民國 94 年開始，由臺灣大學園藝系、花蓮區農業改良場、農業試驗所嘉義分所、農糧署東區分署及宜蘭縣政府合作，輔導宜蘭縣礁溪鄉林美社區發展鮮食用金柑，開始調整生產模式。

首先，透過土壤改良、營養診斷與施肥改進、整枝與修剪、採收技術與時期改進、分級與儲藏、病蟲害管理、砧木選育、等外品加工技術引入，建立完整鮮食金柑生產體系。其次，引入‘金彈’與‘長壽’金柑兩個種，增加產品多樣性。

由於受鮮食果品品質與必須延長供應期之要求，開始進行生產調控，期望不但能使供應期延長，同時能夠穩定供應量。

三、產期調節方法

(一) 花芽形成與開花

林發現一定強度之修剪後，長實金柑會生成不開花之營養梢⁽¹¹⁾；因此，來檢視季節與環境對長實金柑花芽形成之影響。首先以盆栽長實金柑，在臺灣大學進行逐月修剪試驗，結果顯示一定程度修剪後，第一次梢均為營養梢，

4月以前修剪者，大致在5月抽出第二次梢，然後在6月份開花，5月以後修剪者，大致會先長出一次營養梢，然後在修剪後第二次梢長出時，伴隨花芽發育與開花，但在8月以後修剪者，就不再形成花芽；所有供試植株，次年都在第二次梢發生後，同時開花(圖6)。在宜蘭田間試驗，也獲得相近之結果(圖7)

進一步將盆栽長實金柑，置於溫控環境^(50, 51, 53)，結果顯示在25°C以下之環境，長實金柑幾乎無法形成花芽(圖8)。

郭⁽²⁸⁾重複上述試驗，但將各溫度處理後之植株移出，置於高溫環境下，結果在盆栽移出後，原置於20/15°C之植株開始明顯萌芽，2週後即開花；高溫組，即置於30/25°C和25/20°C之植株，在移出後之第三週，均有一次盛花期，開花形態仍然全為腋生花；而低溫組，即置於15/13°C之植株，移至露天環境後仍只萌出營養梢。顯示長實金柑在20°C以下之溫度，無法完成花芽之誘導。

(二) 產期調節操作

依據現有之研究成果，修剪是長實金柑產期調節最佳之處理。依據預定之採收期，在適度月份修剪，可獲得適宜之產量。

不過依據累積之研究成果顯示，宜蘭地區在9月份以後修剪，很難形成花芽。因此，目前進行網室栽培，企圖以網室的增溫效果，克服此項缺陷。以目前所得之資料顯示，應可解決此困擾。

修剪時間	生長部位	月份													
		11-2	3	4	5	6	7	8	9	10	11-2	3	4	5	6
2006.11	梢		▼	▼	▼◆	◆■	■	■●	■●	●		▼	▼	▼◆	◆■
	花					※	※	※	※						※
2006.12	梢		▼	▼	▼◆	◆■	■	■●	■●	●		▼	▼	▼◆	◆■
	花					※	※	※	※						※
2007.01	梢		▼	▼	▼◆	◆■	■	■●	■●	●		▼	▼	▼◆	◆■
	花					※	※	※	※						※
2007.02	梢		▼	▼	▼◆	◆■	■	■●	■●	●		▼	▼	▼◆	◆■
	花					※	※	※	※						※
2007.03	梢		▼	▼	▼◆	◆■	■	■●	■●	●		▼	▼	▼◆	◆■
	花					※	※	※	※						※
2007.04	梢			▼	▼◆	◆■	■	■●	■●	●		▼	▼	▼◆	◆■
	花					※	※	※	※						※
2007.05	梢				▼	▼◆	◆■	■	●	●		▼	▼	▼◆	◆■
	花						※	※	※						※
2007.06	梢					▼	◆	■	●	●		▼	▼	▼◆	◆■
	花						※	※	※						※
2007.07	梢						▼	◆	■	■		▼	▼	▼◆	◆■
	花							※	※						※
2007.08	梢							▼	◆	◆		▼	▼	▼◆	◆■
	花														※
2007.09	梢								▼	▼		▼	▼	▼◆	◆■
	花														※
2007.10	梢									▼		▼	▼	▼◆	◆■
	花														※
對照組	梢		▼	▼	▼◆	◆■	■	■●	●	●		▼	▼	▼◆	◆■
	花			※	※	※	※	※	※						※

圖 6. 輕修剪對盆栽長實金柑生長 (*Fortunella margarita* (L.) Swingle.) 與開花之影響⁽¹¹⁾

▼一次梢；◆二次梢；■三次梢；●四次梢；※ 花

修剪時間	處理	生長部位	月份												
			4	5	6	7	8	9	10	11-2	3	4	5	6	
2007.04	重剪	梢		▼	▼◆	◆■	■	●	●			▼	▼◆	◆	■
		花			※	※	※	※							※
	對照	梢	▼	▼◆	◆■	■	●	●				▼	▼◆	◆	■
		花			※	※	※	※							※
2007.05	重剪	梢			▼	▼◆	◆	■	■			▼	▼◆	◆	■
		花				※	※	※							※
	對照	梢		◆	◆■	■	●	●				▼	▼◆	◆	■
		花			※	※	※	※							※
2007.06	重剪	梢				▼	▼◆	◆■	■			▼	▼	◆	◆■
		花					※	※							※
	對照	梢			◆	◆	■	■●	●			▼	▼	◆	◆■
		花			※	※	※	※							※
2007.07	重剪	梢					▼	▼◆	◆■			▼	▼◆	◆	■
		花					※	※							※
	對照	梢				■	■●	●				▼	▼◆	◆	■
		花				※	※	※							※
2007.08	重剪	梢						▼	▼◆			▼	▼◆	◆	■
		花						※							※
	對照	梢					●	●				▼	▼◆	◆	■
		花													※
2007.09	重剪	梢						▼	▼			▼	▼◆	◆	■
		花													※
	對照	梢						●	●			▼	▼◆	◆	■
		花													※
2007.10	重剪	梢										▼	▼◆	◆	■
		花													※
	對照	梢										▼	▼◆	◆	■
		花													※
2007.11	重剪	梢										▼	▼◆	◆	■
		花													※
	對照	梢										▼	▼◆	◆	■
		花													※
2007.12	重剪	梢										▼	▼◆	◆	■
		花													※
	對照	梢										▼	▼◆	◆	■
		花													※
對照組	梢	▼	▼◆	◆■	◆■	■●	●				▼	▼◆	◆	■	
	花			※	※	※	※							※	

圖 7. 強修剪對礁溪地區長實金柑開花之影響⁽¹¹⁾

▼一次梢；◆二次梢；■三次梢；●四次梢；※花

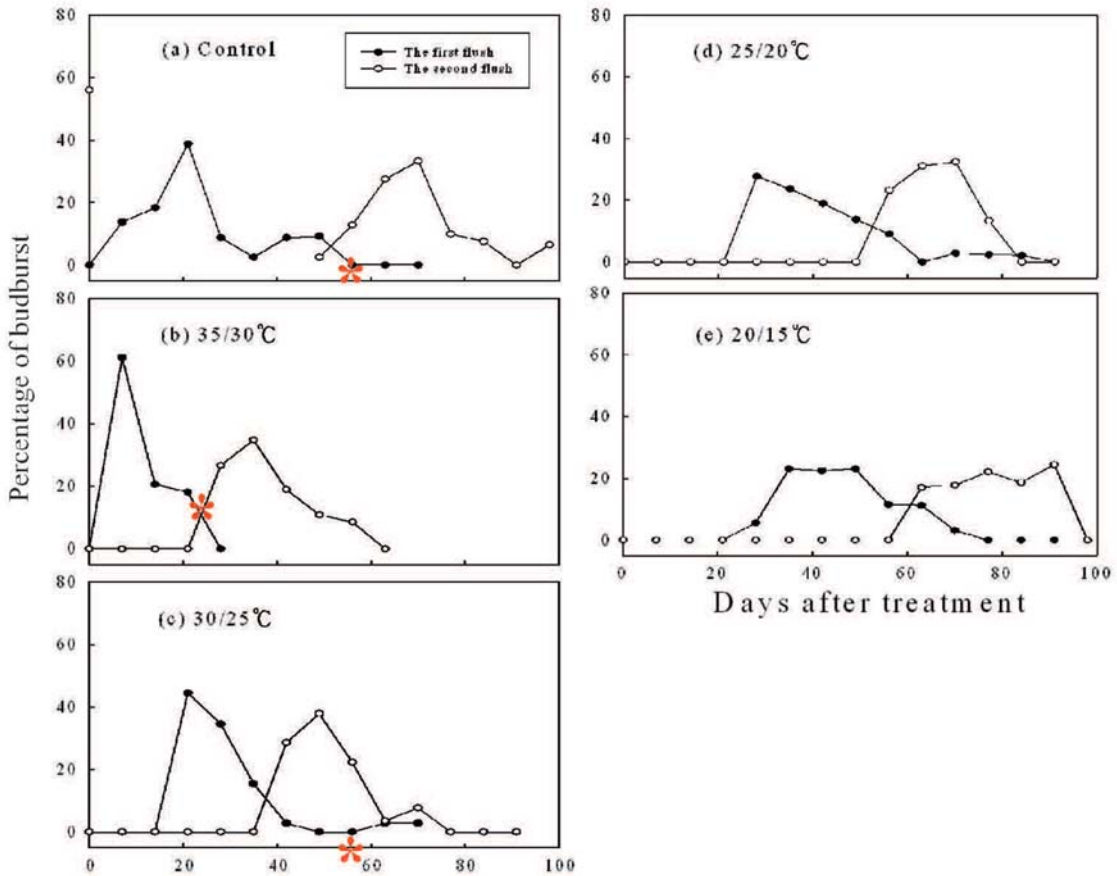


圖 8. 溫度對長實金乾開花之影響⁽⁵¹⁾
 * 為開花起始點，顯示 25/20°C 以下之溫度不開花

四、現況分析與展望

(一) 金柑產業現況及問題

金柑果實目前除少數供應鮮食市場外，大多供應加工廠製成蜜餞銷售。由於加工過程多添加蔗糖及其他香料等物質，果實之原味及外觀品質一般未受農民所重視，因此金柑於田間之慣性栽培管理頗為粗放。但近年來由於農產品自由進口結果，金柑產業正面臨相當大之衝擊。其中來自中國大陸之低成本生產及大量傾銷，已嚴重影響農民生計。由於樹體管理不受重視，金柑目前產量相較於興盛期，已下降約 30-40%。其導致原因包括品種老化、植株罹病加上肥培管理不當等，以致植株老化、樹齡縮短，產量及品質遭受極大

影響。

面對金柑加工產業所遭受之衝擊，提昇鮮果品質，開拓鮮果市場，應為振興地方產業極為可行的走向。根據報導，金柑果實富含對人體有利的抗氧化物質，可增強人體免疫力，食用對身體保健極具助益。而金柑加工品除了製作過程中，已破壞對人體有益之抗氧化物質外，中國大陸之半加工成品，甚至隱藏許多未知之食品安全及衛生隱憂。因此，加強樹體管理，有效提昇果品品質，應為重要之產業項目。

(二) 產業 SWOT 分析

1. 產業優勢

金柑為宜蘭地區重要果樹之一，鮮果之豐富營養價值及加工品之特殊口感，為金柑獨特之優勢。可加強鮮果品質提昇，並推廣其保健價值，極具優勢。

2. 產業弱勢

目前金柑栽種方式多較粗放，果實品質不易掌握及提昇。又小農經營及兼農家經營成本過高，亦為產業極大之缺陷；其次經營者老化，勞力缺乏亦為產業發展之阻礙。

3. 機會

金柑果品不僅風味佳，且富含多種、多量之類黃酮，營養價值高。近年來，消費者追求抗氧化、抗老化等保健性食品，使柑橘類消費增加。未來金柑若能朝鮮果利用，提昇果品保健價值，當可增加金柑產業競爭力。另外金柑屬小果柑橘類，極適合開發作為觀賞類盆栽之應用，若可發展適宜之生產模式，則使金柑利用更加多元，使產業更具發展潛力。

4. 威脅

中國大陸傾銷之低價半加工品原料，嚴重威脅臺灣金柑產業。而消費民眾對中國大陸食品之安全疑慮，連帶影響臺灣本土金柑之消費市場。未來如何進行產品區隔亦或建立完整產品履歷，應為金柑產業重要之挑戰。

(五) 結論

金柑產業結構調整，應有中長期明確之政策與輔導措施，除應深化品種

之品質及品牌認證，提高產品附加價值外，未來應推動品種多樣化，學術研究單位應加速研發推出新品種及優質生產技術，以因應產業之發展。

結語

依據柑橘類花芽形成條件看，絕對需要低溫來誘導花芽形成之柑橘種類，應該是很難進行產期調節，例如椪柑⁽¹⁰⁾，但花芽形成誘導條件為乾與高溫者，相對較易進行產期調節。雖然，受到國際貿易便捷之影響，大宗柑橘類產期調節之需求較低，但主供在地需求之種類，仍有其必要性。

參考文獻

1. 臺灣柑橘產業聯盟 2016 臺灣柑橘產業資訊網 http://agrapp.afa.gov.tw/citrus_sub_menu.asp?parent_id=1&mn=4&subi_id=110&in=110。
2. 行政院農業委員會 2016 農業統計年報農業統計資料查詢 <http://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx>。
3. 行政院農業委員會農糧署 2016 農情報告資源網 http://agr.afa.gov.tw/afa/afa_frame.jsp。
4. 何天富編 1999 柑橘遺傳資源 p.16-40 柑橘學中國農業出版社 北京。
5. 沈德緒、王元裕、陳力耕 1998 柑橘遺傳育種學科學出版社 北京 p.1-48, 88-94。
6. 李文豪 2016 高屏區檸檬產業概況 高雄區農業專訊 98 : 22-24。
7. 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。
8. 林三閔、胡泰達、顏昌瑞、柯立祥 1994 水份管理及藥劑處理對四季桔生育之影響 臺灣園藝 40: 250。
9. 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。
10. 林嘉興、張林仁 1995 應用園藝技術誘導椪柑形成不時花 p.101-110 臺灣柑橘之研究與發展研討會專刊 臺灣省農業試驗所特刊第 51 號。
11. 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。
12. 邱祝櫻 1998a 金黃耀眼的四季橘 高雄區農業專訊 25: 8-9。

13. 邱祝櫻 1998b 修剪對檸檬及四季桔產期及產量之影響 p.42 高雄區農業改良場 1998 年報。
14. 邱祝櫻 1999a 四季桔 p.29-35 高雄區少量多樣化作物專輯。
15. 邱祝櫻 1999b 修剪對檸檬及四季桔產量及產期之影響 p.43 八十七年度臺灣農業試驗研究成果年報。
16. 邱祝櫻 1999c 修剪對檸檬及四季桔產期及產量之影響 p.50 高雄區農業改良場 1999 年報。
17. 邱祝櫻 2000a 修剪對檸檬及四季桔產期及產量之影響 p.51 高雄區農業改良場 2000 年報。
18. 邱祝櫻 2000b 檸檬及四季桔之栽培現況及產期調節方法 農政與農情 96: 63-65。
19. 邱祝櫻 2000c 利用修剪調節檸檬及四季桔產期 農業世界 205: 75-79。
20. 邱祝櫻 2001 秋季修剪及疏果對四季橘產期及產量之影響 中國園藝 47: 259-266。
21. 邱祝櫻 2006 檸檬栽培管理及產期調節 p.9-11 高雄區農技報導第 74 期。
22. 邱祝櫻 2015 臺灣檸檬產銷概況及栽培管理 農業世界 380: 10-15。
23. 邱祝櫻 2017 檸檬產期調節技術 p.16-20 檸檬健康管理技術專刊 高雄區農業改良場。
24. 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。
25. 徐建國、林大盛 1999 寧波金柑東渡日本史考 中國農史 18: 97-101。
26. 張育森 1986 柑橘之開花生理 中國園藝 32: 71-84。
27. 陳溪潭、呂俊堅、張明聰 1999 不同土壤水分含量處理對麻豆文旦生育、產量及品質之影響 臺南區農業改良場研究彙報 36: 37-45。
28. 郭怡伶 2014 溫度對長實金柑 (*Fortunella margarita* Swingle) 生長發育之影響 國立臺灣大學園藝系碩士論文。
29. 黃桂香、何靜 金柑優質高效栽培 p. 1-9 金盾出版社 北京。
30. 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。
31. 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 53: 185-194。
32. 劉邦基 1984 檸檬產期調節 I. 以乾旱和藥劑處理法提高 Eureka 檸檬冬花數量之研究

P.65-76 果樹產期調節研討會專集 臺中區農業改良場特刊第 1 號 臺中場編印。

33. 譚克終 1969 柑橘栽培學 p.19-27 正中書局發行 臺北。
34. Abbott, C. E. 1935. Blossom-bud differentiation in citrus trees. *Amer. J. Bot.* 22: 476-485.
35. Abu-Awwad, A. M. 2001. Influence of different water quantities and qualities on lemon trees and soil salt distribution at the Jordan Valley. *Agri. Water Management* 52: 53-71.
36. 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.
37. Cameron, J. W. and R. K. Soost. 1969. Citrus. p.129-130. *In*: Ferwerda, F. P. and F. Wit (*eds.*). *Outlines of perennial crop breeding in the tropics*. Landbouwhogeschool Wageningen, Netherlands.
38. 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 & Technology* 32: 1-9.
39. Cassin, J., B. Bourdeaut, F. Fougue, V. Furin, J.P. Gaillard, J. Le Bourdelles, C. Montigut and C. Monevil. 1969. The influence of climate upon the blooming of citrus in tropical areas. 1st Int. Citrus Symp. 1: 315-323.
40. Davies, F. S. and L. G. Albrigo. 1994. Citrus. CAB International, Wallingford, Oxon, UK.
41. Davenport, T. L. 1990. Citrus flowering. *Hort. Review* 12: 349-408.
42. Ferwerda, F. P. and F. Wit. 1969. *Outlines of perennial crop breeding in the tropics*. H. Veenman & Zonen. p.129-162.
43. Furr, J. R., W. C. Copper and P. C. Reece. 1947. An investigation of flower formation in adult and juvenile citrus trees. *Amer. J. Bot.* 34: 1-8.
44. Garcia-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.
45. Hall, A. E., M. M. A. Khairi and C. W. Asbell. 1977. Air and soil temperature effects on

- flowering of citrus. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102: 261-263.
46. Inoue, H. 1990. Effects of temperature on bud dormancy and flower bud differentiation in satsuma mandarin. J Jap. Soc. Hort. Sci. 58: 919-926.
 47. Iwasaki, N., K. Hayasaki and S. Tanaka. 2000. Effect of water stress on flowering of 'Meiwa' Kumquat trees. Environ. Control in Biol. 38: 105-109.
 48. Iwasaki, N. and T. Yamaguchi. 2004. Flowering and yield of 'Meiwa' kumquat trees are affected by duration of water stress. Environ. Control in Biol. 42: 241-245.
 49. Koshita, Y. and T. Takahara. 2004. Effect of water stress on flower-bud formation and plant hormone content of satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.). Scientia Hort. 99: 301-307.
 50. Lai, Y. T. and I. Z. Chen. 2008. Effect of temperature on calamondin (*Citrus microcarpa*) flowering and flower bud formation. Acta Hort. (ISHS) 773: 111-115
 51. Lai, Y. T., Y. H. Lin, and I. Z. Chen. 2008. The influence of flower bud induction response to temperature in kumquat (*Fortunella margarita* Swingle) and calamondin (*Citrus microcarpa* Bunge). AHC 2008 The First Asian Horticultural Congress, Jeju, Korea. Program & Abstract p.48.
 52. Lenz, F. 1969. Effects of day length and temperature on the vegetative and reproductive growth in 'Washington' Navel orange. Proc. 1st Intl. Citrus Symp., Riverside 1:333-338.
 53. Lin, Y. H., K. T. Li, S. F. Roan, Y. Q. Zhang, Z. Z. Shi and I. Z. Chen. 2008. Effect of heavy pruning on oval kumquat (*Fortunella margarita* Swingle) flowering. AHC 2008 The First Asian Horticultural Congress, Jeju, Korea. Program & Abstract p.53.
 54. Maranto, J. and K. Hake. 1983. Verdelli: a method of forcing lemon production. Citrograph 68(4): 141-142.
 55. Monselise, S. P., R. Goren and A. H. Halevy. 1966. Effects of B-9 cycocel and benzothiazole oxyacete on flower bud induction of lemon trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99: 195-200.
 56. Moss, G. I. 1976. Temperature effects on flower initiation in sweet orange (*Citrus sinensis*). J. Hort. Sci. 27: 399-407.
 57. Nebauer, S. G. and C. Avila. 2006. Seasonal variation in the competence of the buds of

- three cultivars from different Citrus species to flower. *Trees* 20: 507-514.
58. Nir, I., R. Goren and B. Leshem. 1972. Effect of water stress, gibberellic acid and 2-chloroethyl triethylammonium chloride (CCC) on flower differentiation in 'Eureka' lemon trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97 :774-778.
59. Nishikawa, F., T. Endo, T. Shimada, H. Fujii, T. Shimizu and M. Omura. 2009. Differences in seasonal expression of flowering genes between deciduous trifoliolate orange and evergreen Satsuma mandarin. *Tree Physiology* 29: 921-926.
60. Sandra H. 2004. Growing lemons in Australia. 01 Jul 2004. <http://www.dpi.nsw.gov.au/components/module/accordion/agriculture/horticulture/content/rootstocks-and-varieties2/varieties-factsheets/lemon-manual>.
61. Southwick, S. M. and T.L. Davenport. 1986. Characterization of water stress and low temperature effects on flower induction in citrus. *Plant Physiol.* 81: 26-29.
62. Swingle, W. T. 1948. The botany of Citrus and its wild relatives of the orange subfamily. p. 128-474. In: Reuther, W., H. J. Webber and L. D. Batchelor. (eds.) *The citrus industry*, vol. 1st edn. University of California, Berkeley, USA.
63. Swingle, W. T. and P. C. Reece. 1967. The botany of citrus and its wild relatives. p.190-430. In: Reuther, W., H. J. Webber, and L. D. Batchelor. (eds.) *The citrus industry*, vol. 2nd edn. University of California, Berkeley, USA.
64. Tanaka, T. 1954. Species problem in *Citrus*. Japanese Society for Promotion of Science. Tokyo, Japan.
65. Usantyo, S., H. Akajim and K. Asegawa. 1991. Effect of Different Day Temperatures on Flowering and Fruiting in Tosa Buntan Pummelo (*Citrus grandis* (L.) Osbeck). *Environ. Control in Biol.* 29: 97-105.
66. Valiente, J. I. and L. G. Albrigo. 2004. Flower bud induction of sweet orange trees (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck): Effect of low temperatures, crop load, and bud age. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 129: 158-164.

Forcing Culture of Citruses

Iou-Zen Chen¹, Chu-Ying Chiou², Su-Feng Roan³, Wen-Hao Li⁴

¹Professor of Department of Horticulture and Landscape Architecture, NTU

²Researcher of Kaohsiung DARES, COA

³Associate Professor of Department of Horticulture and Biotechnology, PCCU

⁴Assistant Researcher of Kaohsiung DARES, COA

¹chiou@mail.kdais.gov.tw

Abstract

According to the factors affected flower bud formation, citrus plants could divide into three types, that were chilling sensitive, drought sensitive and high temperature sensitive type. Chilling sensitive type citrus plants, included most of main citrus of Taiwan like ‘Ponkan’ mandarin, ‘Tangkan’ tangor, ‘Liucheng’ sweet orange and ‘Madou’ pumelo, almost had no forcing culture ability, while other two types citrus plants could easily induce off-season flowers and fruits. This paper review the basic studies and forcing cultural practices of three citrus plants, that were lemon, calamodin and kumquat, in Taiwan.

Key words: flower bud formation, temperature, drought, prune

