

# 水份控制對柑橘碳水化合物含量 及花芽形成的影響<sup>1)</sup>

Effect of Water Control on Concentrations of  
Carbohydrates and Flower Formation of Citrus.

黃阿賢<sup>2)</sup> 鄭正勇<sup>3)</sup> 林 樸<sup>3)</sup>

Hwang A-shiang, Cheng Cheng-yung and Ling Pu

**摘 要：**以盆栽之柑橘苗進行試驗，調查水份控制對碳水化合物含量及開花的影響。六個月的粗皮檸檬實生苗，在逐漸乾旱的過程中，澱粉在葉片發生萎凋現象前即迅速減少，而可溶性糖含量略增加。乾旱之後再充份灌水，碳水化合物含量即開始增加，可達13%至17%，高於對照區的含量，此可能與再灌水後之生長停滯現象有關。碳水化合物含量的變化，在葉片與莖中均呈相同的趨勢，顯示其增減並非由於轉運的結果。碳水化合物含量差異大時，對葉片單位面積之乾重將有明顯的影響，營養成份以乾重率為表示單位時，應注意其變化。二個月的水份控制，使柳橙幼株停止生長，可溶性糖在葉片中明顯累積，同時花芽大量形成。

**關鍵字：**柑橘、乾旱、碳水化合物、花芽形成

**Key words:** citrus, drought, carbohydrates, flower formation

## 前 言

許多熱帶及亞熱帶的果樹，常利用乾旱處理，以促進花芽分化，增加結果量或調節產期，如荔枝<sup>(26)</sup>、蓮霧<sup>(1)</sup>。柑橘類中檸檬果實的生長期較短，開花的潛力高。Eureka檸檬斷水58天後，以切片檢查，約有40%的花芽分化，而對照處理的極少<sup>(27)</sup>。本省南部地區的試驗顯示，檸檬在秋冬之際，經斷水四週後，其結實數明顯的增加，且

1) 本文為第一作者碩士論文之部份。This paper is a part of M. S. thesis (1987) of the senior author.

2) 臺灣大學園藝系前研究生，現職臺灣省農試所嘉義分所助理。Former graduate student, Dept. of Horticulture, National Taiwan University, now Research assistant of Chia-Yi Agri. Exp. Stn, Taiwan Agri. Res. Institute.

3) 臺灣大學園藝系教授 Professor, Dept. of Horticulture, National Taiwan University.

可提早20天採收，但斷水8週，落葉多而產量減少<sup>(6)</sup>，在義大利，實際利用於檸檬產期調節的技術為：乾旱至早晨仍有部份葉片呈捲曲狀，此約需35至40天，而後充份灌水，並加施氮肥<sup>(23)</sup>。一般認為碳水化合物含量的增加有利於柑橘<sup>(12,28)</sup>或其他果樹花芽的形成。然甚少報告有關乾旱情況下，柑橘碳水化合物含量的變化。據陳等<sup>(2)</sup>之研究，柑橘在土壤水份減少至當量點後，氣孔即趨於關閉，而土壤水份含量低時，增加空氣中的濕度，可增加光合能力<sup>(30)</sup>，增加空氣濕度，亦可使最大光合能力之溫度明顯提高<sup>(21)</sup>，陰雨天時乾燥的土壤，氣孔的開度反而增加<sup>(2)</sup>，但不同的品種間，其特性並不完全相同，惟較濕的土壤均不利於氣孔的開啓<sup>(2)</sup>與光合作用<sup>(7)</sup>。

## 材料與方法

### 一、材料：

試驗材料包括粗皮檸檬 (*C. jambhiri*) 實生苗、柳橙 (*C. sinensis* cv. Liu-cheng) 嫁接於廣東檸檬 (*C. limonia*)，粗皮檸檬及廣東檸檬之種子取自嘉義農試分所，柳橙接穗取自同一母株。1985及1986年4月初分別播種粗皮檸檬於蛭石中，三週後移植於2.8公升之塑膠盆中，培養土成份如表一。調配後之pH值為6.4。移植後每週施以稀釋4倍的modified Johnson solution<sup>(4)</sup> 150ml二次，同年9至10月間進行乾旱試驗。移植之株數約三百株，逐漸淘汰至試驗前的一百株。植株均為單幹而無分枝，且未經修剪。柳橙嫁接苗之繁殖，1985年4月播種廣東檸檬，管理方法與粗皮檸檬相同，1986年1月芽接，2月底萌芽，同年10月25日進行試驗。

表一、培養土之成份

Table 1. The Composition of Pot mixture

材	Material	料	體積比 Ratio
水苔泥炭	peat moss		20
砂	sand		10
堆肥	compose		30
蛭石	vermiculite		15
腐熟鋸屑	decomposed sawdust		20
珍珠石	perlite		5

### 二、試驗方法：本試驗均於溫室內進行。

(一)乾旱對碳水化合物含量的影響 1985年4月播種的植株，於9月5日充份澆水後，乾旱處理者即不再供水，對照的植株每日給水一次。每週取樣一次，共四次，三重複，每重複一株。第三週時，自土壤中充份澆水後，第1、3、5、7、14、21日分別取樣，採取全株之葉片與莖。1986年的試驗，9月22日停止供水，一週後開始取樣，以後每隔4天取樣一次，同時調查株高，處理分4組，(1)乾旱處理，不供給水份(2)對照組，每日充份供水一次(3)乾旱至第16日後，自土壤充份供水(4)乾旱至第24日後，自土壤充份供水。採取葉齡約3個月者分析。

(二)水份控制對開花的影響 1986年10月25日開始，柳橙分二組，每組4株，進行水份控制的試驗。依預備試驗，處理的植株乾旱至新展開的葉片於早晨有萎凋徵狀時，每株供給150ml的水。於開始處理後第20、40、60日分別採取分枝中間之葉片，分析碳水化合物及全氮的含量。處理的植株皆無新梢的生長、對照組陸續有新梢的發生。1987年1月初，處理的植株，已可觀察到小花苞的形成。1月8日起充份供水，調查開花的情形。

### 三、分析方法：

(一)碳水化合物及全氮的分析 葉片稱鮮重後，以蒸餾水擦拭，置於70°C的烘箱中48小時以上，莖72小時以上，至完全乾燥，稱乾重後磨粉，氮以 Kjeldahl method 測定<sup>(5)</sup>。碳水化合物的分析，乾燥磨粉後的樣品，以80%酒精、80°C 抽取、過濾三次，濾液經濃縮除去酒精及以 PVP (Polyvinyl-polypyrrolidone) 除去呈色干擾物質後為酒精可溶性糖(簡稱可溶性糖 soluble sugar)之待測液。濾渣經輕化處理， $\alpha$ -amylase 水解後再過濾、濾液為澱粉之待測液。待測液以 anthrone 溶液呈色後，以分光光譜儀 (Double beam spectrophotometer, Shimadzu UV210) 測波長 625nm 的吸收值，經由標準溶液之相關直線換算其濃度。可溶性糖與澱粉含量之和為非結構性碳水化合物之總量 (total carbohydrates)。

(二)相對水份含量 (relative water content) 的測定 完全展開的新葉稱鮮重 (fresh weight) 後，置於蒸餾水中 6 小時以上，使葉片呈膨潤狀態。擦乾水份後稱膨潤重 (turgid weight)，完全烘乾後稱乾重 (dry weight)。

$$RWC = (FW - DW) / (TW - DW)$$

## 結 果

### 一、乾旱及其再供水對植株生長的影響：

1986年10月的試驗，在開始取樣的第8天，乾旱處理的植株，其生長速度已較充份供水者略為減慢，在第11天時，完全展開的新葉出現萎凋徵狀 (early wilting symptom)，但較成熟的葉片則在第15至第16天才開始出現萎凋的徵狀。當乾旱至第16天 (57% RWC) 及第24天 (38% RWC) 後，自土壤中充份供水，隔天將植株搖動，前者幾無葉片脫落，後者在24株中，共有8個較老之葉片脫落，落葉率低於1%。乾旱後再充份供水，有一明顯的生長遲滯期，約為16天，接著植株快速生長，其生長速度甚至超過對照的植株。植株高度之增加情形如圖1。

充份供水的粗皮檸檬完全展開的新葉，其相對水份含量約90%，在開始取樣的第8天，乾旱處理的植株，其相對水份含量仍在對照組之範圍內，此後逐漸減少。其中再充份供水者，隔天葉片之相對水份含量即已回復(圖2)，葉片之外觀也與對照組無異。

### 二、乾旱對碳水化合物含量的影響：

乾旱過程中，碳水化合物的總量，在葉片及莖中均同時減少(圖3)，而充份供水後亦同呈增加的趨勢(圖4)。經更詳細的調查，碳水化合物含量在早期萎凋徵狀出現前已有明顯的變化，澱粉的含量由第4天的6.1%降至第8天的1.49%，此後，一直維持在2%以下；可溶性糖含量之變化較小，在葉片開始萎凋後略有增加。碳水化合物的總量，在早期萎凋徵狀出現前4天左右即迅速減少，此後乾旱處理者皆低於對照植株之含量(圖5)。

當乾旱至57%相對水份含量再充份供水，澱粉含量即開始增加，在第8天達最高量，但碳水化合物總量在第3天即達最高量(圖6)。而乾旱至38%的相對水份含量再充份供水，澱粉含量與碳水化合物的總量均在第8天達最高量，而可溶性糖略為減少(圖7)。不論較輕微的乾旱(57% RWC)或較嚴重的乾旱(38% RWC)後再灌水，碳水化合物的總量均可累積至高於對照植株的含量。正常供水的植株，其碳水化合物的總量一般均低於10%(圖5)，而乾旱後再充份供水，其碳水化合物可累積至13%至14%。

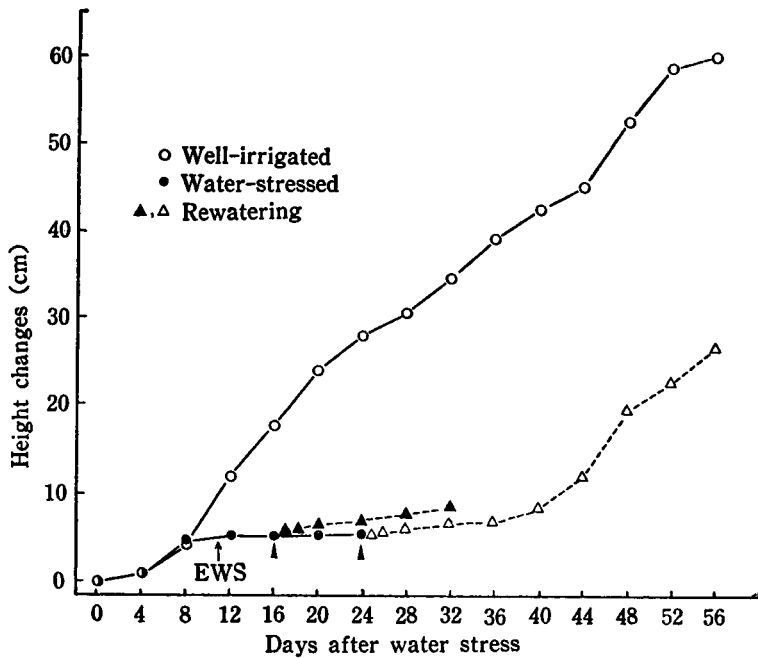


圖 1：粗皮檸檬實生苗在乾旱處理試驗中植株高度的變化情形。  
 Fig. 1. Height changes of Rough lemon seedling during a water-stressed period. (▲: rewatering after water-stress) EWS: early wilting symptom.

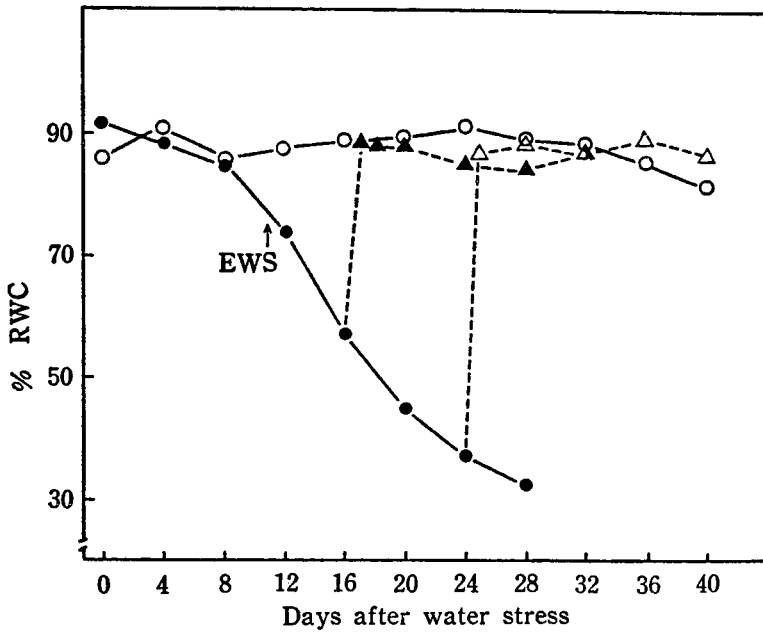


圖 2：粗皮檸檬實生苗充份供水 (○—○) 與乾旱處理 (●—●) 及其再充份供水 (△……△, ▲—▲) 植株葉片相對水份含量的變化。  
 Fig. 2. Relative water content of Rough lemon seedlings of well-irrigated (○—○), water-stressed (●—●) and after rewatering (△……△ or ▲—▲).

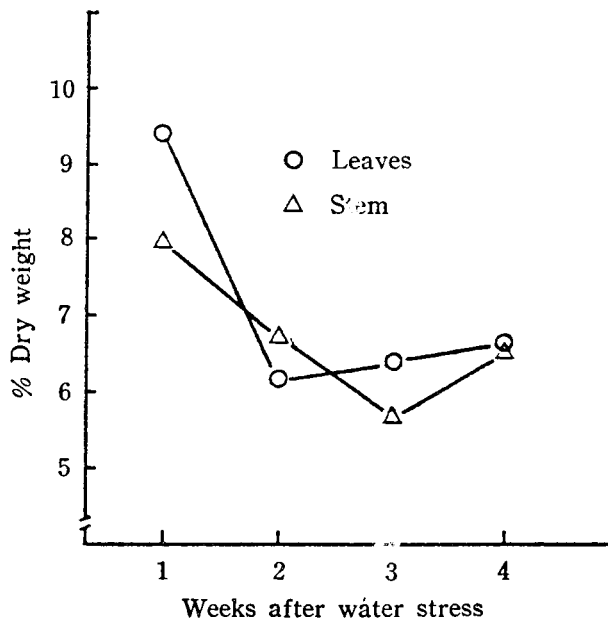


圖 3：粗皮檸檬實生苗在乾旱過程中，葉片及莖碳水化合物總量的變化。

Fig. 3. Changes of total carbohydrates concentration in leaves and stems of Rough lemon seedlings during a water-stressed period, investigated in 1985.

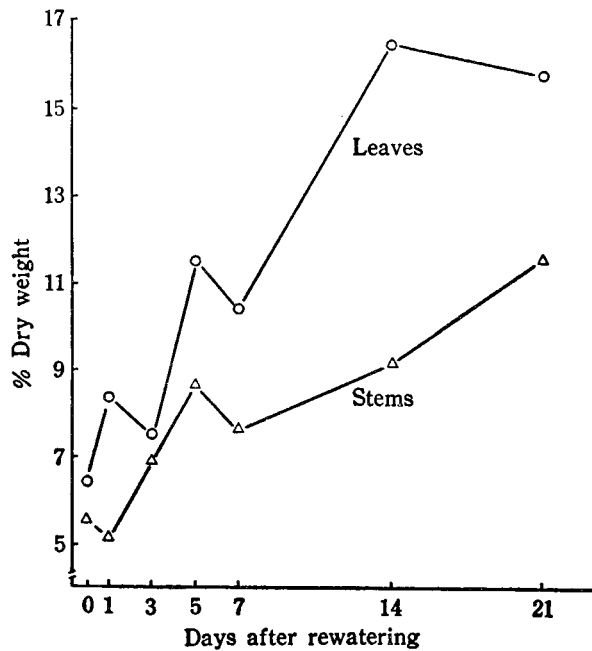


圖 4：乾旱處理之粗皮檸檬實生苗，在充份供水後，碳水化合物總量在莖及葉片中之濃度逐漸增加。

Fig. 4. Total carbohydrates concentration increased in leaves and stems of water-stressed Rough lemon seedlings after rewatering, investigated in 1985.

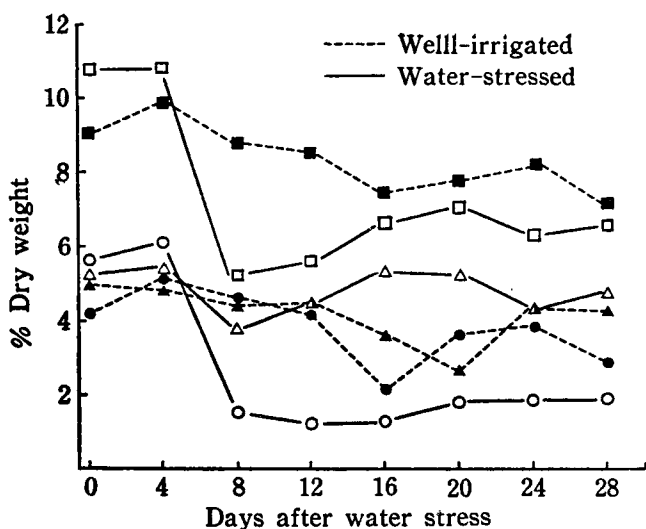


圖 5：粗皮檸檬實生苗在乾旱過程中，葉片碳水化合物含量的變化。  
 Fig. 5. Changes of carbohydrates concentrations in leaves of Rough lemon seedlings during a water-stressed period.

○, ● : Starch  
 △, ▲ : Soluble sugar  
 □, ■ : Total carbohydrates

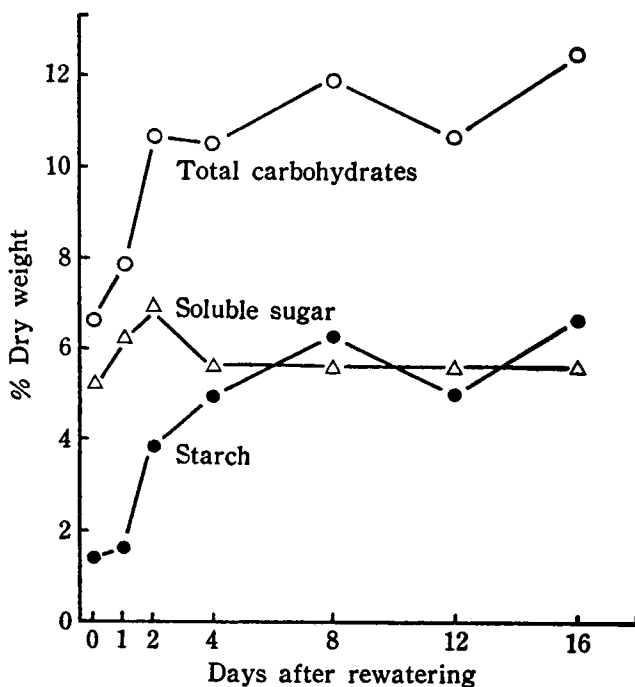


圖 6：粗皮檸檬實生苗乾旱至57%相對水份含量再充份供水後碳水化合物含量增加的情形。

Fig. 6. The carbohydrates concentrations of leaves of moderate water-stressed (57% RWC) Rough lemon seedlings increased after rewatering.

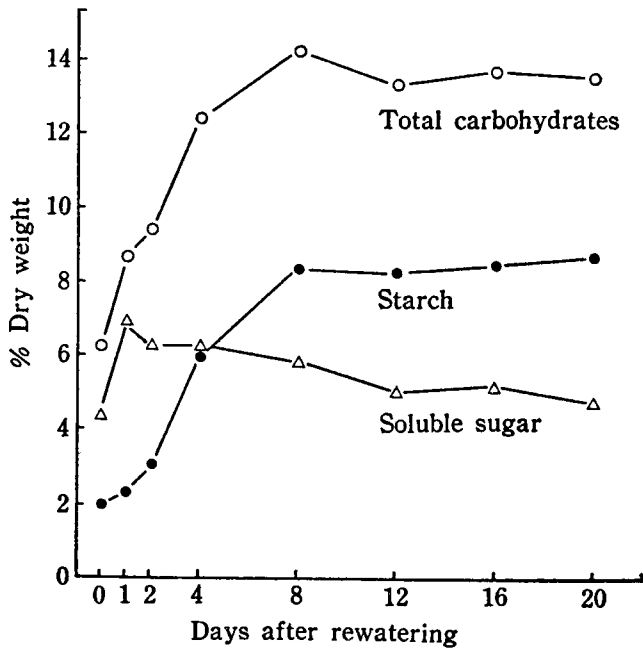


圖 7：粗皮檸檬實生苗乾旱至38%相對水份含量再充份供水後碳水化合物含量增加的情形。

Fig. 7. The carbohydrates concentrations of leaves of severe water-stressed (38% RWC) Rough lemon seedlings increased after rewatering.

表二、水份控制處理對柳橙幼樹花芽形成的影響

Table 2. Effect of water control on flower formation of young orange trees (*C. sinensis* cv. Liu-cheng) grafted on Rangpur lime.

	No. of flushes*			No. of flowers
	with flower	without flower	total	
Treatment	8.5	4.0	12.5	45.8
Well-irrigated	2.0	0.5	2.5	2.0

\*Expressed as average number of shoots or flowers per young tree, which were calculated on Feb. 21, 1987.

Treatment: Each young tree was irrigated 150 ml water per weeks, and well-irrigated on Jan. 8, 1987.

表三、水份控制處理柳橙幼樹葉片氮素含量的影響

Table 3. Effect of water control on nitrogen concentration of young orange trees (*C. sinensis* cv. Liu-cheng) grafted on Rangpur lime.

	Days after treatment		
	20	40	60
Treatment	2.93	3.45	3.37
Well-irrigated	3.06	3.71	3.60

Concentrations were expressed as % of dry weight. Treatment as table 2.



圖 8：柳橙幼樹在 1 ½ 個月的水份控制處理後，再充份供水，有許多花芽形成（左四株），右邊四株為對照處理，試驗過程中均充份供水。

Fig. 8. Many flowers developed in water-controlled young orange trees (left 4 trees) after 1 ½ months well-irrigation, right 4 trees were well-irrigated throughout the experiment. Photographed on Feb. 21, 1987.

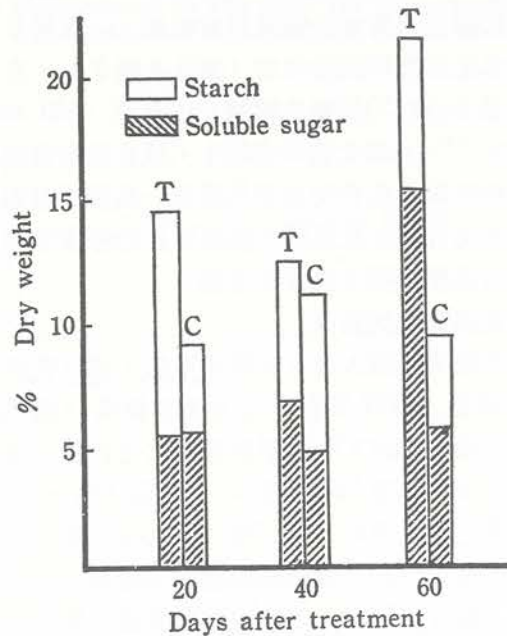


圖 9：水份控制處理柳橙幼樹碳水化合物含量的影響。

Fig. 9. Effect of water control on carbohydrates concentrations in leaves of young orange trees (*C. sinensis* cv. Liu-cheng) grafted on Rangpur lime.

T: Treatment, as table 2.

C: Well-irrigated.



### 三、水份控制對花芽形成的影響：

1986年10月，開始試驗時，處理與對照的植株皆無新梢在生長，二個月的試驗中，處理的植株均無新梢生長，對照的植株陸續有新梢長出。翌年1月初，處理的植株已可察觀到小花苞的形成，1月8日起充份供水，新梢、花朵明顯的生長，而於2月中旬達盛花期（圖8），其中處理的植株，平均每株開花45.8朵，而對照植株2.0朵；新梢數，處理的植株平均12.5，對照植株2.5。不論處理或對照組各約70%的新梢均帶花（表2），所有的花數中，自成熟枝條之腋芽直接萌發與着生於新梢者各約一半。

在開始試驗的第20、40、60天，分別取樣，調查碳水化合物及全氮的含量。全氮含量處理植株略較對照組低（表3），而兩者在第20天至第40天之含量均增加。對照的植株，在第20、40、60天，碳水化合物的總量分別為9.2%、11.1%及9.3%，處理的植株，在第20天時澱粉含量9.1%，較對照植株之3.6%明顯增加，可溶性糖含量5.5%與對照植株之5.6%差異小，而可溶性糖在第40至第60天中累積達乾物重的15.2%，為對照組含量5.7%的2.7倍，三次取樣中，處理植株澱粉的含量皆在對照植株的範圍內。

## 討 論

### 一、乾旱及其再灌水對植株生長的影響：

粗皮檸檬植株在乾旱至40%的相對水份含量再灌水，雖然隔天植株之水份狀況即可回復（圖2），但植株之生長卻有16天的遲滯期（圖1），此可能與缺水引起 ABA 等生長抑制物質之累積<sup>(16,31,32)</sup> 及生長促進物 Gibberellins 之減少有關。

柑橘碳水化合物的代謝作用對水份狀況相當敏感，在葉片沒有萎凋前已有明顯變化。乾旱後再灌水，碳水化合物即開始增加（圖6及圖7），在第4至第8天間達最高量，且較對照植株增加甚多（圖13）而粗皮檸檬在乾旱至 -40 bar 左右再灌水，氣孔在第2至第3天開度達最大<sup>(19)</sup>，因此乾旱過程中，碳水化合物的代謝作用可能沒有受到傷害或傷害少。柑橘植株在碳水化合物含量累積達一高量後有明顯的生長現象<sup>(10,18)</sup>，本研究中灌水後初期碳水化合物大量累積可能與生長的停滯有關，而灌水後第16天至24天間的快速生長也應與已累積的碳水化合物有關。

### 二、葉片碳水化合物含量與重量的關係

碳水化合物之總量於乾旱再灌水後有明顯的增加，當以乾重為表示單位的碳水化合物含量增加時，乾重/鮮重 (DW/FW) 之比值亦提高（圖10）。當碳水化合物高達13.8%時，DW/FW 之比值為40%，而對照植株碳水化合物之含量介於5.7%至10.0%，其 DW/FW 之比值介於30.0%至35.0%間，平均32.9%。在另一獨立的試驗中，乾旱處理的初期，單位面積之乾重平均在63.7至66.1g/m<sup>2</sup> 間，在早期萎凋徵狀發生前，則迅速減少為57.8至58.5g/m<sup>2</sup> 間，此後變動極少（圖11），其減少之趨勢與碳水化合物在乾旱過程中之變化（圖5）相當，因此以乾重為表示單位的營養成份含量，將受到碳水化合物含量變動的影響，此亦為植物營養分析取樣標準化的理由之一，而在碳水化合物變動較大的試驗中，更應注意此一現象。

### 三、乾旱與柑橘花芽形成

影響柑橘開花的因子甚多<sup>(3)</sup>，本試驗結果，水份控制可誘導花芽大量形成，處理者平均每株開花數45.8，對照植株平均2.0，而處理的植株，可溶性糖大量累積。碳水化

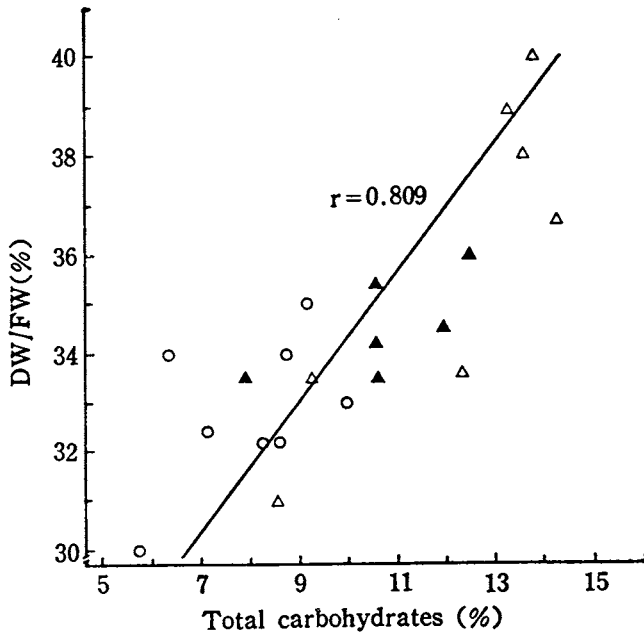


圖10：粗皮檸檬實生苗葉片碳水化合物總量與乾重／鮮重比的關係。

Fig. 10. Relationship between carbohydrates concentration and DW/FW ratio in leaves of Rough Lemon seedlings.

○ : Well-irrigated.

▲ : Water-stressed till 57% RWC and then rewatering.

△ Water-stressed till 38% RWC and then rewatering.

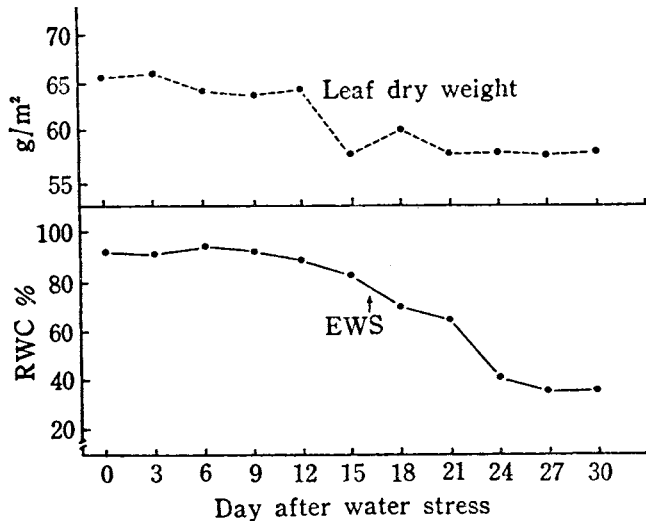


圖11：乾旱處理對粗皮檸檬實生苗葉片重量的影響。

Fig. 11. Effect of water stress on leaf dry weight of Rough lemon seedlings.

(Each value is the mean of 5 to 6 samples.)

Leaf area was measured by portable area meter (Model LI-300, Lambda instrument corporation)

化合物的增加有利於柑橘花芽的形成<sup>(12,23)</sup>，低温處理亦可促進柑橘花芽形成<sup>(11,22)</sup>，但 Goldschmidt 等<sup>(11)</sup>，發現低温處理者開花數多，但與澱粉含量並不相關，彼等並未分析可溶性糖的含量，而柑橘在低温下澱粉會轉變成可溶性糖<sup>(29,33)</sup>，因此，低温處理者之促進開花與碳水化合物含量仍應具有相關。此可能暗示，澱粉與可溶性糖對花芽形成有不同程度的影響。可溶性糖具滲透調節的作用<sup>(15)</sup>，本試驗結果，長期（二個月）的水份控制可使可溶性糖大量累積，短期（約一個月）而較快的乾旱處理，可溶性糖僅略增加。

Gibberellins 對柑橘花芽形成有抑制作用<sup>(9,14,24)</sup>，而生長抑制劑<sup>(24,25,27)</sup>、蛋白質合成抑制劑<sup>(13)</sup>及核酸之合成抑制劑<sup>(17)</sup>則有促進的效果，水份控制或乾旱處理的植株，其生長呈停滯狀態，具有類似生長抑制劑處理的效果。本試驗結果，柳橙幼株施行水份控制後約70天，由外表可見花芽形成；檸檬乾旱處理58天，以切片檢查，約有40%的花芽分化<sup>(27)</sup>；檸檬斷水四週後，結實數即有明顯的增加<sup>(6)</sup>，由此推測，柑橘以乾旱處理至花芽分化（flower initiation）約1至2個月。

碳／氮比被認為與作物之花芽分化、開花有相當程度的關係，雖當初之試驗僅著重於開花<sup>(8)</sup>。本試驗結果，柳橙之氮素含量只在20天至40天間增加約17.7%，與對照組之增加量相近；而乾旱過程中，胺基酸之含量有甚大之變化<sup>(20)</sup>，因此氮素的型態對開花的影響，可能較其量更重要。

### 參考文獻

1. 王德男 1985 化學藥劑及耕作處理對蓮霧催花效果的影響。果樹產期調節研討會專集。臺中農改場特刊第一號。P. 109~121
2. 陳義清 陳忠男 張杏生 1974 臺灣數種果樹生理特性之研究第一報，柑桔及荔枝氣孔開閉習性、吸水作用及蒸散作用之研究，中國園藝20(3)：130~147。
3. 張育森 1986 柑桔之開花生理。中國園藝32(2)：71~84。
4. 黃瑞祥 1979 不同混合介質對廣東檸檬盆栽苗木生長的影響——觀察菌根菌與柑桔根部之共生現象。國立臺灣大學園藝研究所碩士論文。
5. 鄭正勇 1984 果樹營養分析法。國立臺灣大學園藝系果樹生理研究室。
6. 劉邦基 1985 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。臺灣省臺中區農改場特刊第一號。P. 65~76。
7. Bielorai, H. and K. Mendel. 1969. The simultaneous measurement of apparent photosynthesis and transpiration of citrus seedlings at different soil moisture levels. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94 : 201—204.
8. Cameron, J. S. and F. G. Dennis, Jr. 1986. The carbohydrate-nitrogen relationship and flowering/fruitletting : Kraus and Kraybill revisited. Hort-Science. 21(5) : 1099—1102.
9. Davenport, T. L. 1983. Daminozide and gibberellin effects on floral induction of *Citrus latifolia*. HortScience 18 : 947—949.
10. Dugger, W. M., Jr., and R. L. Palmer. 1969. Seasonal changes in lemon leaf carbohydrates. Proc. 1st. Citrus Symp. 1 : 339—343.

11. 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. *Sci. Hort.* 26 : 159—166.
12. Goldschmidt, E. E. and A. Golomb. 1982. The carbohydrate balance of alternate-bearing citrus trees and the significance of reserves for flowering and fruiting. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107 : 206—208.
13. Goren, R. and M. Huberman. 1969. Promotion of flower formation and fruit set in citrus by antimetabolites of nucleic acid and protein synthesis. *Planta* 88 : 364—368.
14. Guardiola, J. L., C. Monerri, and M. Agusti. 1982. The inhibitory effect of gibberellic acid on flowering in Citrus. *Physiol. Plant.* 55 : 136—142.
15. Hanson, A. D. and W. D. Hitz. 1982. Metabolic responses of mesophytes to plant water deficits. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 33 : 163—203.
16. Hsiao, T. C. 1973. Plant response to water stress. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 24 : 519—570.
17. Jona, R., R. Goren. and S. P. Monselise. 1971. Further studies on the effect of nucleic acids on shoot and flower formation in citrus trees. *Bot. Gaz.* 132 : 332—336.
18. Jones, W. W., M. L. Steinacker. 1951. Seasonal changes in concentration of sugar and starch in leaves and twigs of citrus tree. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 58 : 1—4.
19. Kaufmann, M. R. and Y. Levy. 1976. Stomatal response of *Citrus jambhiri* to water stress and humidity. *Physiol. Plant.* 38 : 105—108.
20. Kessler, D. C. B. and S. P. Monselise. 1965. Studies on water regime and nitrogen metabolism of citrus seedling grown under water stress. *Plant Physiol.* 39 : 379—386.
21. Kriedemann, P. E. 1968. Some photosynthetic characteristics of citrus leaves. *Aust. J. Biol. Sci.* 21 : 895—905.
22. Lenz, F. 1969. Effect of day length and temperature on the vegetative and reproductive growth of 'Washington' navel orange. *Proc. 1st. Int. Citrus Symp.* 333—338.
23. Maranto, J. and K. D. Hake. 1983. Verdillia method of forcing lemon production. *Citrograph* 68(4) : 141—142.
24. Monselise, S. P. and A. H. Halery 1964. Chemical inhibition and promotion of citrus bud flower induction. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 84 : 141—146.
25. Monselise, S. P., Goren, R. and A. H. Halevy. 1966. Effects of B-nine, Cycocel and benzothiazole oxyacetate on flower bud induction of lemon trees. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 89 : 195—200.

26. Nakata, S. and R. Suehisa. 1969. Growth and development of *Lichi chinensis* as affected by soil moisture stress. Amer. J. Bot. 56(10) : 1121—1126.
27. Nir, I. R. and B. Leshem. 1972. Effect of water stress, gibberellic acid and CCC on flower differentiation in 'Eureka' lemon trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97(6) : 774—778.
28. Ogaki, C., Fujita, K. and H. Ito. 1963. Investigation on the cause and control of alternate bearing in Unshiu orange trees. IV. Nitrogen and carbohydrate content in the shoot as related to blossoming and fruiting. J. Japan Soc. Hort. Sci. 32 : 157—167.
29. Sharples, G. C. and L. Burkhart. 1954. Seasonal changes in carbohydrates in the Marsh grapefruit tree in Arizona. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 63 : 74—80.
30. Thompson, C. R., L. H. Stolzy and O. C. Taylor. 1965. Effect of soil suction, relative humidity and temperature on apparent photosynthesis and transpiration of Rough lemon. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 87 : 168—175.
31. Wright, S. T. C. 1969. An increase in the 'inhibitor- $\beta$ ' content of detached wheat leaves following a period of wilting. Planta 86 : 10—20.
32. Wright, S. T. C. 1977. The relationship between leaf water potential and the levels of abscissic acid and ethylene in excised wheat leaves. Planta 134 : 183—189.
33. Yelenosky, G. and C. L. Guy. 1977. Carbohydrate accumulation in leaves and stems of 'Valencia' orange at progressively cold temperature. Bot. Gaz. 138(1) : 13—17.

### Summary

Two experiments were conducted to investigate the effect of drought on carbohydrate content and flower formation of citrus. (1) Six months old Rough lemon seedlings were subjected to a water-stressed period of 28 days till 32% RWC of newly full expanded leaves. (2) Liu-cheng orange buddlings of nine months old were water-controlled for 2 months.

When Rough lemon seedlings were water stressed, alcohol soluble sugar increased slightly, and starch decreased before the mature leaves wilted. After rewatering there was a lag period of growth, and starch accumulated, its concentration reached 13% to 17% of dry weight.

Because dry weight of leaf ( $g/m^2$ ) of water-stressed seedlings and DW/FW ratio of rewatered seedlings changed in accordance with the content of total carbohydrate, it should be noticed that nutrient concentration may be

influenced if dry weight is used as a basis.

A significant effect of water control on flower bud formation was observed when container-grown Liu-cheng orange young trees were irrigated 150 ml/week for each tree. We found water-controlled trees produced 45.8 flowers per tree comparing with 2.0 flowers of well-irrigated trees after the treatment of 2 months. Soluble sugar content in water-controlled trees was 2.7 times higher than that of well-irrigated trees.

## 問 題 討 論

施昭彰：

請問你如何控制植物裡面的水分含量？

黃阿賢：

我們並不控制植株體內的水份含量，而是控制土壤的水份。前一個試驗是完全不供水。關於開花的試驗，曾做過預備試驗，在我們的試驗狀況下，每週澆 150cc 的水，可維持植株不生長，也很少有葉片萎凋的現象。