

桶柑產量組成因素之探討

蔡淳瑩¹ 張龍生²

¹花蓮區農業改良場約僱助理

²國立台灣大學園藝學系副教授

摘 要

1992及1993年的數據顯示，桶柑在樣本枝條上平均著生350朵花，15個果實，著果率約6%，單個果實重約150g，總產量約2000g，結果母枝數、結果枝數、花數、著果率與果重等產量組成因素與產量間皆有顯著的相關，其中以結果母枝數及結果枝數與產量的相關係數最高，而花數與著果率有顯著負相關，呈現產量組成因素補償效應 (Yield component compensations)，經路徑係數分析顯示，結果母枝數對產量之直接效應最重要，其次為果重及著果率，三者的效應皆非常顯著。

樣本枝條經疏果後，翌年的花數以疏果40%者最高，經路徑係數分析的結果，花數對產量的直接效應不顯著。在不疏果枝條上，著果率對產量有顯著的直接效應；綜合所有的數據進行路徑分析，結果母枝對產量的直接效應仍是最重要。

桶柑的開花枝型態可分為(1).有葉花序枝(2).有葉單花枝(3).無葉花序枝(4).無葉單花枝1993年桶柑樣本枝條上萌發的開花枝中，無葉單花枝數最多，但著果率僅5%，有葉單花及有葉花序枝的著果率約33%及31%，為前者的六倍。

比較1992年萌發的春、夏及秋梢上，在1993年抽生開花及結果枝的情形得到，春、秋梢上四種型態之開花枝均較夏梢多，春、夏及秋梢上之著果枝都是有葉單花枝及有葉花序枝數高於無葉單花枝及無葉花序枝數。

關鍵詞：桶柑、路徑係數、產量組成因素分析

柑橘栽培面積達五萬餘公頃，年總生產量約52萬餘公噸。桶柑、極柑、柳橙是本省種植的三大主要種類；桶柑又稱蕉柑或年柑，是台灣和大陸特有栽培種，在本省的栽培面積約9,700公頃，主要生產區分佈在台北、宜蘭、新竹及台中等地⁽⁶⁾，桶柑糖酸比較高且風味獨特，廣受消費者喜愛⁽²⁾。桶柑單位面積產量約8~10公噸⁽⁶⁾/公頃相較於其他亞熱帶地區的平均甜橙產量40~60公噸/公頃，葡萄柚60~80公噸/公頃，檸檬50~70公噸/公頃⁽⁴¹⁾，顯然偏低，而且本省柑橘產量普遍存有大小年結果的情形，造成產量及價格不穩定，嚴重影響本省柑橘業之發展⁽⁶⁾。

Engeldow和Wadham⁽¹³⁾首先提出產量是一群與產量有相關的產量組成因素之乘積，因為產量組成因素的遺傳力較產量本身更高⁽³²⁾，顯示若以產量組成因素作為選拔依據，將能更有效地提高後代產量，增進育種效率⁽⁴⁷⁾。育種學家將產量劃分為產量組成因素後，再以路徑係數分析的方法比較各產量組成因素對產量的影響，在園藝作物上已有多篇報告發表，如草莓^(23,24,46)、酸櫻桃^(9,26)、小紅莓⁽¹²⁾、藍莓^(51,52)、梨⁽²⁹⁾等。

桶柑產量是果實數目與果實重量兩因素的相乘積。果實數目是由結果母枝數、結果枝數、花數、著果率等四個因素循序發育決定的，顯示果數本身為一複合性狀，故再將果數依柑橘的

結果習性劃分為結果母枝數、結果枝數、花數及著果率後，再探討各產量組成因素對產量之影響，可提供較詳細的資料，供作栽培及生理研究的參考。

一、各產量組成因素對產量的重要程度

甜橙花數越多，著果的比例越低；而且高花數（124,000朵/株）時，果實生長速率較低花數（7,000朵/株）時慢⁽⁸⁾；酸櫻桃⁽²⁶⁾也有相同情形。甜橙若花數太多，在開花前即大量落花^(8,14)，這是由於發育中器官相互競爭養分造成的⁽⁵⁵⁾，可能與花朵中礦物營養，特別是鈣的有效性有關⁽²²⁾。

柑橘每株花數約104～2.5×10⁵朵（依品種、地區、季節而有差異），著果率僅0.1～3.5%⁽⁴¹⁾，故認為柑橘的產量主要是由著果率決定^(17,37,41,53)。但有些具隔年結果習性的寬皮柑類及其雜種，小年低產的原因是因為花數少而不是開花後的損耗⁽¹⁰⁾。

Monselise⁽⁴¹⁾認為柑橘產量是果實數目和果實重量的相乘積，而且果實數目是最重要的，不僅影響產量，也會影響果實大小，例如寬皮柑類經常發生載果太多（4,000個/株）⁽³⁹⁾，使果實很小，沒有市場價值的情形，但前人的試驗報告中，並沒有進一步的數據說明果數和果重如何影響產量。因為果實數目和果實大小有負相關^(16,25,28)，故可以利用疏果的方式來增加果實大小，但增加果實大小並不能平衡果數減少的損失^(15,16,26)。

柑橘的開花枝多是由前一年的營養梢上抽生出來的，若能順利著果則成為翌年的結果母枝及結果枝，因此自夏天到翌年春天開花時，樹體之生育及營養狀況，不僅影響翌年花芽的形成及發育，也會影響果實的著果及生長發育⁽¹⁾。

桶柑樣本枝條上，樣本枝條產量約2kg，果實平均重約150g。比較連續兩年的開花著果情形顯示，1992年的花數高著果率低，1993年則花數減少但著果率提高；而無論花數的多少，樣本枝上皆呈現花數越高著果率越低的情形，與甜橙及酸櫻桃的情形相同^(8,26)；且由兩年的平均著果率可達6%看來，桶柑的著果率並未較其他柑橘類果樹低，顯示其低產的原因可能並不僅是低著果率造成的。

各產量組成因素與產量間的相關係數顯示，結果母枝數、結果枝數、花數、著果率及果重等產量組成因子與產量間皆有顯著的相關，其中以結果母枝數及結果枝數與產量的相關係數最高，可達0.8以上；而花數與著果率則如前述有顯著負相關，呈現產量組成因素補償效應。由路徑係數分析顯示，結果母枝數對產量的直接效應，在不同疏果處理下，皆為最重要且顯著，其次為果重；不疏果情況下著果率對產量有顯著的直接效應，花數對產量的直接效應皆不顯著。

二、葉片對著果的影響

Moss⁽⁴⁴⁾等人利用放射性同位素追蹤法，探討葉片對著果之影響時指出，有葉開花枝的葉片，光合作用能力較高（CO₂ 10.1 mg/d m²·h），可供應果實早期發育所需的碳水化合物；因為葉片可供給光合產物，故認為葉片的存在可能會促進著果。由開花枝上葉片對著果的影響，推論碳水化合物可能是限制著果的因子^(18,50)。開花枝上的葉片從開花後累積大量的碳水化合物及礦物元素，以供給果實發育生長所需，顯示代謝物的供給不足是落果的主要原因⁽⁴⁸⁾。無葉開花枝上的果實，則須依靠其他較老葉片供給同化產物，因老葉的光合作用能力較低

(CO_2 3.5 ~ 4.6 mg / d m² .h)，所以需較多的葉片支持；再加上其他積儲如新生長枝條及葉片之競爭也很強，使著果率較低；因此花朵間相互競爭養分，似乎是造成有葉花及無葉花著果差異之最佳解釋⁽¹⁰⁾。

檸檬成長中的果實的同化產物的來源，由其鄰近的葉片供給⁽³¹⁾，前一個週期生長的葉片，同化產物會送往頂端和基部，但經兩個週期的葉片，僅將同化產物送往基部⁽⁴¹⁾，因此果實生長所需的同化產物，大多來自同一週期生長的葉片⁽⁵³⁾。

桶柑的開花枝，依其型態及葉片的有無，可分為(1).有葉花序枝(2).有葉單花枝(3).無葉花序枝及(4).無葉單花枝；1993年桶柑樣本枝條上萌發的開花枝中，無葉單花枝數最多，但著果率最低，而有葉單花及有葉花序枝的著果率約為前者的6倍，此與甜橙和葡萄柚的情形相類似^(27,34,42,49)。由於大量的花中無葉花佔很大比例，而這些花多著生在纖弱的枝條上，無法得到足夠的碳水化合物，因此落花情形嚴重，故花數對產量的影響也相對降低。

比較1992年萌發的春、夏、秋梢上，在1993年抽梢開花及著果的情形顯示，春、秋梢上四種型態的開花枝均較夏梢多，夏季生長的徒長枝，著生的果實質地粗糙少汁品質不佳；春、夏及秋梢上之著果枝都是有葉單花枝數及有葉花序枝數高於無葉單花枝數及無葉花序枝數，與前述樣本枝條上的情形相同，顯示葉片的存在，確實利於著果。

三疏果對翌年開花著果之影響

柑橘前一年的果實，和翌年花芽數呈現負相關，致使柑橘的生產一般有大小年之別^(19,40,43)。寬皮柑類前一年大年 (on year) 時的載果量越多，開花到疏果的時間越長，翌年小年 (off year) 時的開花量越少^(18,33,43)；甚至有因為載果數過多，導致翌年完全無花的情形^(16,18,33)，這可能是因為果實本身是很強的積儲 (sink)，會與花芽競爭養份的關係，也可能與內生荷爾蒙的平衡有關係⁽³⁾。

施 GAs 有顯著抑制甜橙、溫州蜜柑、寬皮柑開花的效果⁽²¹⁾，即使花芽分化早期施 GAs，仍會抑制花芽形成，顯示 GAs 有逆轉花芽為營養芽的效果，而 GAs 合成抑制劑如：2-chloro-ethyltrimethylammoniumchloride (CCC)，則可促進檸檬開花⁽⁴⁵⁾；由上述結果可推論，開花之控制可能與內生 GAs 含量的平衡有關^(36,38)。果實的存在，不僅其本身為很強的積儲，也會產生大量內生 GAs，故疏果或除果，都可增加翌年花數⁽¹⁹⁾。

GAs 雖會抑制翌年的花芽分化，但也有促進當年著果的效果^(7,20,30,35)。因為種子內的 GAs 含量很高，而 GAs 有促進當年著果但抑制翌年開花的效果，故種子被認為是果樹無法自我疏果 (self-thinning) 的原因，這種因為載果量太高，導致翌年無法順利開花結果，造成產量不穩定，大小年交錯的現象，稱為隔年結果 (alternate bearing)⁽³⁹⁾。但這種回饋抑制的假說，並不能解釋某些無子的寬皮柑或其雜種，例如桶柑⁽⁴¹⁾。

夏季是果實快速生長的季節，需大量的碳水化合物及礦物質的供應，已成熟的春梢葉片為提供碳水化合物的主要供源，能優先供給果實生長發育所需，因此萌生大量健全的春梢，對柑橘樹勢的維持及果實生長，有極重要的影響⁽¹⁾。試驗結果顯示，不疏果處理時，著果率、春梢數目及開花枝／營養枝比例，較其他疏果處理者高，顯示其營養生長旺盛，生殖生長狀況也良好。前人的試驗研究中，雖有果實抑制翌年花芽形成的報告^(19,40,43)，甚至載果量過高，導致翌年完全無花的情形^(16,18,33)，但由於果實本身是一強積儲，將環剝枝條上的果實去除，該

枝條葉片上的光合速率會降低⁽⁴¹⁾，顯示果實的存在，可以增加葉片的光合作用能力及光合產物輸出之比例^(5,54)。本試驗結果雖未如預期中，經疏果處理而提高著果率，可能是因為疏果時期太晚或疏果比例不適當，使疏果的效應無法回饋到翌年著果率上的緣故，抑或如前人研究顯示前一年的產量對翌年的結果影響不大⁽⁴³⁾，但本試驗結果顯示，前一年的春、秋梢數目是決定產量最重要的組成份，故養成足夠量的春梢及健全的根系，充足養份供開花著果需求，著生適量帶葉片的開花枝，有效提高著果率及結果母枝及結果枝數，俾使生殖生長與營養生長達一平衡，奠定其穩定豐產的基礎。

參考文獻

1. 林宗賢。1994。柑橘開花生理 果農合作 54:6 – 10。
2. 區少梅、陳淑莉、林聖敦。1991。國產與進口甜橙及葡萄柚鮮果品質之比較 台灣果樹之生產及研究發展研討會專刊。89 – 113 頁。杜金池、程永雄、顏昌瑞主編 台灣省農試所。
3. 沈兆敏。1989。柑橘生產技術新編。21 – 22 頁, 138 – 177 頁四川科學技術出版社。四川。
4. 柳台生、黃美華。1989。臺灣柑橘產業現況及未來展望。270 – 277 頁。柑橘試驗研究成果專題研討會專集。杜金池、蕭吉雄主編 台灣省農試所。
5. 顏昌瑞、K.E. Koch。1990。同化物分配及其對果實品質之影響果樹營養與果園土壤管理研討會專集。23 – 28 頁。張林仁主編 台灣省台中區農業改良場。
6. 臺灣農業年報。臺灣省政府農林廳 1993。
7. Agusti, M., F. Garcia – Mari and J. L. Guardiola. 1982a. Gibberellin acid and fruit set in sweet orange. *Sci. Hort.* 17:257 – 264.
8. Agusti, M., F. Garcia – Mari and J. L. Guardiola. 1982b. The influence of flowering intensity on the shedding of reproductive structures in sweet orange. *Sci. Hort.* 17: 343 – 352.
9. Chang, L. S., A. F. Iezzoni and J. A. Flore. 1987. Yield components in 'Montmorency' and 'Meteor' sour cherry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112(2) :247 – 251.
10. Davies, F. S. 1986. The navel orange. *Hort. Rev.* 8:129 – 178.
11. Davenport, T. L. 1990. Citrus flowering. *Hort. Rev.* 12:349 – 408.
12. Eaton, G. W. and T. R. Kyte. 1978. Yield component analysis in cranberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103(5) : 578 – 583.
13. Engledow, F. L. and M. A. Wadham. 1923. Investigation yield of the cereal. Part I . *J. Agr. Sci.* 13:390 – 439.
14. Erickson, L. C. and B. L. Brannaman. 1960. Abscission of reproductive structures and leaves of orange trees. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 75:222 – 229.
15. Forshey, C. G. and D. C. Elfving. 1977. Fruit numbers, fruit size, and yield relationships in McIntosh apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102:399 – 402.
16. Galliani, S., S. P. Monselise and R. Goren. 1975. Improving fruit size and breaking alternate bearing in 'Wilking' mandarins by ethephon and other agents. *HortScience.* 10:68 – 69.

17. Goldschmidt, E. E. and S. P. Monselise. 1977. Physiological assumptions toward the development of a citrus fruiting model. *Proc. Inc. Soc. Citric.* 2:668 – 674.
18. 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.
19. 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.
20. Greene, D. W. 1989. Gibberellins A4+7 influence fruit set, fruit quality, and return bloom of apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114(4):619 – 625.
21. Guardiola, J. L., C. Monerri and M. Agusti. 1982. The inhibitory effect of gibberellic acid on flowering in Citrus. *Physiol. Plant.* 55: 136 – 142.
22. Guardiola, J. L., F. Garcia – Mari and M. Agusti. 1984. Competition and fruit set in the Washington navel orange. *Physiol. Plant.* 62:297 – 302.
23. Hancock, J. F., J. H. Siefker and N. L. Schulte. 1983. Cultivar variation in yield components of strawberries. *HortScience.* 23(5):889 – 891.
24. Hancock, J. F. and R. S. Bringham. 1988. Yield components interaction in wild population of California *Fragaria*. *HortScience.* 23(5):889 – 891.
25. Hilgeman, R. H., H. Tucker and T. A. Hales. 1959. The effect of temperature, precipitation, blossom data and yield upon enlargement of Valencia oranges. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 74:266 – 279.
26. Iezzoni, A. F. and C. A. Mulinix. 1992. Yield components among sour cherry seedlings. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117(3):380 – 383.
27. Jahn, O. L. 1973. Inflorescence types and fruiting patterns in Hamlin and Valencia oranges and Marsh grapefruit. *Am. J. Bot.* 60:663 – 670.
28. Jahn, O. L. 1981. Effect of ethephon, Gibberellin, and BA on fruiting of 'Dancy' tangerines. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106:597 – 600.
29. Kappel, F. 1990. Yield component analysis of 'Harrow Delight', 'Kieffer', and 'Harvest Queen' pear. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115(1):25 – 29.
30. Krezdorn, A. H. and M. Cohen. 1962. The influence of chemical fruit set sprays on yield and quality of citrus. *Proc. Fla. State Hort. Sci.* 75:53 – 60.
31. Kriedemann, P. E. 1970. The distribution of ¹⁴C – labeled assimilates in mature lemon trees. *Aust. J. Agric. Res.* 21:623 – 632.
32. Leng, E.R. 1962. Component analysis in inheritance studies of grain yield in maize. *Crop Sci.* 3:187 – 190.
33. Lewis, L.N., C. W. Coggins, Jr. and H. Z. Hield. 1964. The effect of biennial bearing and NAA on the carbohydrate and nitrogen composition of Wilking mandarin leaves. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 84:147 – 151.

34. Lenz, F. 1966. Flower and fruit development in 'Valencia Late' orange as affected by type of inflorescence and nutritional status. Hort. Res. 6:65 – 78.
35. Lima, J. E. O. and F. S. Davies. 1984. Growth regulators, fruit drop, yield and quality of navel orange in Florida. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109 (1):81 – 84.
36. Martinez – Cortina, C., A. Sanz and J. L. Guardiola. 1989. Possible involvement of gibberellins on leaf expansion and carbohydrate accumulation in citrus. Gartenbauwissenschaft. 54 (6):268 – 272.
37. Martinez – Cortina, C. and A. Sanz. 1991. Comparison between the effect of fruit and of exogenous GA₃ – applications on source – sink relationships in citrus sprouts. Ann. Bot. 68:143 – 149.
38. Monselise, S. P. and R. Goren. 1978. The role of internal factors and exogenous control in flowering, Peel growth, and abscission in citrus. HortScience. 13 (2):134 – 139.
39. Monselise, S.P. and E.E. Goldschmidt. 1982. Alternate bearing in fruit trees. Hort. Rev. 4:128 – 173.
40. Monselise, S. P., E. E. Goldschmidt, A. Golomb and R. Rolf. 1983. Alternate bearing in citrus, long term effects of a single girdling treatment on individual 'Michal' tangerine branches. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108:373 – 376.
41. Monselise, S. P. 1986. Citrus. P.87 – 108. In: S. P. Monselise (ed). CRC Handbook of fruit set and development. CRC press, Boca Raton, Fla.
42. Moss, G. I. 1970. Chemical control of flower development in sweet orange. Austral. J. Agric. Res. 21:233 – 242.
43. Moss, G. I. 1971. Effect of fruit on flowering in relation to biennial bearing in sweet orange (*Citrus sinensis*). J. Hort. Sci. 46:177 – 184.
44. Moss, G. I., Steer, B. T. and P. E. Kriedemann. 1972. The regulatory role of inflorescence leaves in fruit setting by sweet orange (*Citrus sinensis*). Physiol. Plant. 27:432 – 438.
45. Nir, I., R. Goren and B. Leshem. 1972. Effects of water stress, gibberellic acid and 2 – chloroethyltrimethylammoniumchloride (CCC) on flower differentiation in 'Eureka' lemon trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97 (6): 774 – 778.
46. Olsen, J.L., L.W. Martin and P.J. Breen. 1985. Yield components analysis of 'Benton' and OR – US 4356 strawberries. HortScience. 20 (1):74 – 76.
47. Rasmusson, D. C. and R. Q. Cannell. 1970. Selection of grain yield and components of yield in barley. Crop Sci. 10:51 – 54.
48. Sanz, A., C. Monerri, J. Gonzalez – Ferrer and J. L. Guardiola. 1987. Change in carbohydrates and mineral elements in citrus leaves during flowering and fruit set. Physiol. Plant. 69:93 – 98.
49. Sauer, M. R. 1951. Growth of orange shoots. Austral. J. Agr. Res. 2:105 – 117.

50. Schaffer, A. A., E. E. Goldschmidt, R. Goren and D. Galili. 1985. Fruit set and carbohydrate status in alternate and nonalternate bearing Citrus cultivar. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110:574 – 578.
51. Siefker, J.H. and J.F. Hancock. 1986. Yield component interactions in cultivars of the highbush blueberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111 (4):606 – 608.
52. Siefker, J.H. and J.F. Hancock. 1987. Pruning effect on productivity and vegetative growth in the highbush blueberries. *HortScience.* 22 (2):210 – 211.
53. Turner, D. W. 1986. Plant carbon balance. *Acta Hort.* 175:109 – 114.
54. Wood, B. W. 1988. Fruiting effects photosynthesis and senescence of pecan leaves. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113 (3):432 – 436.
55. Zucconi, F., S.P. Monselise and R. Goren. 1978. Growth – abscission relationship in developing orange fruit. *Sci. Hort.* 9:137 – 146.

An Investigation of Yield Components in 'Tankan' (*Citrus tankan* Hayata)

*Chun-Ying Tsai*¹ and *Loong-Sheng Chang*²

¹Assistant, Hua-Lien District Agricultural Improvement Station

²Associate Professor, Department of Horticulture, National Taiwan University.

Summary

Sampling branch yield of 'Tankan' was the product of the number of shoot bearing inflorescence, the number of inflorescence, the number of flowers of inflorescence, % fruit set and fruit weight. Path coefficient analysis showed that the number of shoot bearing inflorescence was the most important yield component.

Two types of flowering shoots were on 'Tankan', leafy and leafless inflorescence. The fruit set ratio was 32% on leafy inflorescence. There was only 5% fruit set on leafless inflorescence.

Key words: Tankan, Path coefficient, Yield component analysis.