

絲瓜果實生長發育之研究

洪明德¹⁾ 謝慶昌²⁾

關鍵字：絲瓜、生長曲線、呼吸率、乙烯釋放率、碳水化合物

摘要：本試驗之目的在探討'香水'絲瓜果實之生長發育，以訂定適當之採收成熟度。'香水'絲瓜果實發育期間由果實的鮮重、長和寬之變化均呈現單S型的生長曲線；而果實於花後11至15天其全可溶性糖達到最高，此時期為最佳採收期。

前 言

絲瓜(*Luffa aegyptiaca* Mill.)又名菜瓜、彎瓜、布瓜，原產於印度之熱帶亞洲，屬葫蘆科(*Cucurbitaceae*)(林, 1995)，為一年生蔓性草本植物，雌雄異花同株，莖有稜，葉互生，有鋸齒緣，嫩果可食，熟果纖維發達有如海綿，可做絲絡。一般普通絲瓜較稜角絲瓜之葉深裂、淺綠及密被茸毛；在果實方面，普通絲瓜果實果實從短柱形至長形皆有，表面粗糙且有數條綠色淺縱紋；稜角絲瓜果實呈棒狀、綠色、表面有皺紋且具7-10條稜(蕭等, 1999)。絲瓜果實有清血解毒、去風化痰的效果，絲瓜水可做化妝品，為國人喜愛食用的夏季瓜果，栽培面積有逐年增加的趨勢(林, 1995)。絲瓜性喜愛高溫和充分的日照，生育適溫在20-30°C，為短日性作物，盛產期為炎熱高溫的夏季。

在台灣鮮食用之絲瓜以採收嫩瓜為主，鑑於本省絲瓜品種相當混亂(林, 1995；黃及洪, 1988)，加上對於絲瓜之生長發育研究甚少，所以在適合採收之成熟度上，缺少可供參考的資料。因此本試驗首先針對絲瓜之生長及發育期間，調查其生理及組成分變化，以探討絲瓜較佳之園藝採收成熟度。

-
- 1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。
 - 2) 國立中興大學園藝學系副教授，通訊作者。

材料與方法

一、試驗材料

材料來源為雲林西螺廖氏菜園之'香水'絲瓜，其栽培方式同一般商業栽培模式。在 2002 年 4 月中旬選取同一日開花之花朵給予標示，並於往後每間隔 3-4 日取樣一次，果實採後即運送回實驗室進行各種調查及分析，每次取 9 果。

二、調查項目及分析方法

(一)、果長及果重調查

以游標尺測量果實長度及寬度，果長指由梗端至萼端之長度，而果寬測量上中下之直徑，以公分表示。

(二)、果實重量、體積及比重

採回之絲瓜果實逐果稱重後，再利用排水法測量果實的體積，換算求得果實的比重 (Soule *et al.*, 1967)。

(三)、果皮色澤

每果實於赤道部位選取二點測定，以色差儀 (Hand-held colorimeter, Nippon Denshoku Model NR-3000) 測定果皮顏色，取其平均值，以 L、a、b 值表示之；L 值表示亮度 (100 為白色；0 為黑色)，a 值表示紅色度 (+a 為紅色；-a 為綠色)，b 值表示黃色度 (+b 為黃色；-b 為藍色)。

(四)、碳水化合物的變化

將果實分別取果實及果肉部位進行冷凍乾燥機，乾燥後之樣品用磨粉機磨粉，再置於凍箱 (-20°C) 中保存。分析時取 0.1 g 樣品置於 50 ml 離心管中，加入 10 ml 之去離子水，然後放置於水浴槽中，以 30°C 振盪 3 小時，取出後以 1000 xg 在常溫下離心 10 分鐘，取上層液供全可溶性糖含量測定，殘渣則供澱粉含量測定。

1. 全可溶性糖之分析

全可溶性糖之測定採用 Dubois 等人 (1956) 之修正法，將上層液稀釋至適當濃度後，取稀釋液 2 ml，加入 0.1 ml 石炭酸 (90% liquid phenol)，再緩慢加入 6 ml 濃硫酸混合均勻，靜置 30 分鐘，以光電比色計 (Shimadzu UV-200S) 測定在波長 490 nm 處之吸收值 (A_{490})。標準曲線以 0.5 μ mole/ml 之 glucose 配置。

2. 澱粉 (starch) 含量之測定

將離心後之殘渣置於 80°C 之烘箱烘乾 8 小時以上，再加入 2 ml 去離子水且置於沸水中煮沸 15 分鐘，取出後迅速冷卻，然後加入 2 ml 9.2N HClO₄ 振盪均勻，攪拌 15 分鐘，再加入 6 ml 去離子水，以 1000 xg 在室溫下離心 10 分鐘後，取上層液稀釋至適當濃度後，取稀釋液 2 ml，加入 0.1 ml 石炭酸 (90% liquid phenol)，再緩慢加入 6 ml 濃硫酸混合均勻，靜置 30 分鐘，以光電比色計 (Shimadzu UV-200S) 測定在波長 490 nm 處之吸收值。標準曲

線以 $0.5 \mu \text{ mole/ml}$ 之 glucose 配置。

(五)、乙烯釋放率測定

絲瓜採回實驗室後置於 4 或 8 公升的呼吸缸中，於 25°C 下密閉 1 小時，抽取 1 ml 氣體，以氣相層析儀(gas chromatograph, Shimadzu. Model GC-8A-FID)測量乙烯濃度，並計算其乙烯釋放率量，單位以 $\mu\text{lC}_2\text{H}_4/\text{kg.hr.}$ 表示。

(六)、呼吸速率測定

同上述所取之氣體樣品以紅外線二氧化碳分析儀(IR-analyzer, Maihak, UNOR610)測量二氧化碳濃度，計算其呼吸率，單位以 $\text{ml CO}_2/\text{kg.hr.}$ 表示。

結 果

一、絲瓜果實之生長曲線

本試驗以'香水'絲瓜品種為材料，調查其發育過程中果實鮮重、比重、果長及果寬之變化，如圖 1、2 所示。以果實鮮重變化而言(圖 1-A)，'香水'絲瓜之生長曲線為單 S 型曲線，花後 4 日生長停滯，但花後 8 日則進入快速生長期(指數生長期)，直至花後 25 日後生長才漸趨平緩，在快速快生長期間'香水'絲瓜每日生長量可達 101 公克；若由果長及果寬的變化情形而言(圖 2)，因絲瓜開花時果實之長寬分別為 3.78 公分及 1.0 公分，花後即進入快速生長期，直至花後 18-25 日間才漸緩慢。另外在果實比重方面，開花後即呈下降趨勢(圖 1-B)，其在花後 15-33 日間變化不大，其後再下降，以花後 45 日者而言其值為 $0.44(\text{g/ml})$ ，此時果實內部已呈現空洞、種子轉成黑色及果肉纖維化。

二、絲瓜果實在不同發育階段的呼吸率及乙烯釋放率之變化

絲瓜果實在不同發育階段採收後之呼吸率及乙烯釋放率，以開花當日的果實最高，分別約為 747 ml/kg.hr. 及 $17 \mu\text{l/kg.hr.}$ ；但於花後 4 日即大幅的下降，之後則趨於平緩，直到花後 45 日時其呼吸率下降至 40 ml/kg.hr. 而乙烯釋放率則稍為上升至 $2.5 \mu\text{l/kg.hr.}$ (圖 3)。

三、絲瓜果實發育期間果皮顏色及碳水化合物的變化

絲瓜開花當日其果皮顏色有較高之 L 值和 a 值，但 b 值較低，所以外觀呈現淡白的綠色，而後 L 值降至 34.3-37.5 間，a 值降至 -7.2 至 -8.5 間，但 b 值則上升至 14.7-15.9 間，即顏色轉為濃綠至黃綠間(圖 4)。在碳水化合物的變化方面，無論果皮或果肉，其澱粉含量皆低，果皮在發育期間變化不大皆維持在 0.5-1.5% 間，而果肉方面其在花後 4 日其含量可高達 3.8% 外，隨即又大幅下降，之後皆趨於平緩，大約在 1.0% 上下。相對地，全可溶性糖則有較大的變化，果皮其可溶性糖於花後逐漸上升，至花後 11 日時到最高峰，往後則呈下降趨勢，在果肉之可溶性糖的變化趨勢和果皮者相似，只是其變化較大，由開花時之 13.53% 上升至花後 11 日之 50.6%，往後下降至 40% 左右，直至花後 45 日才降至 20%(圖

5)。

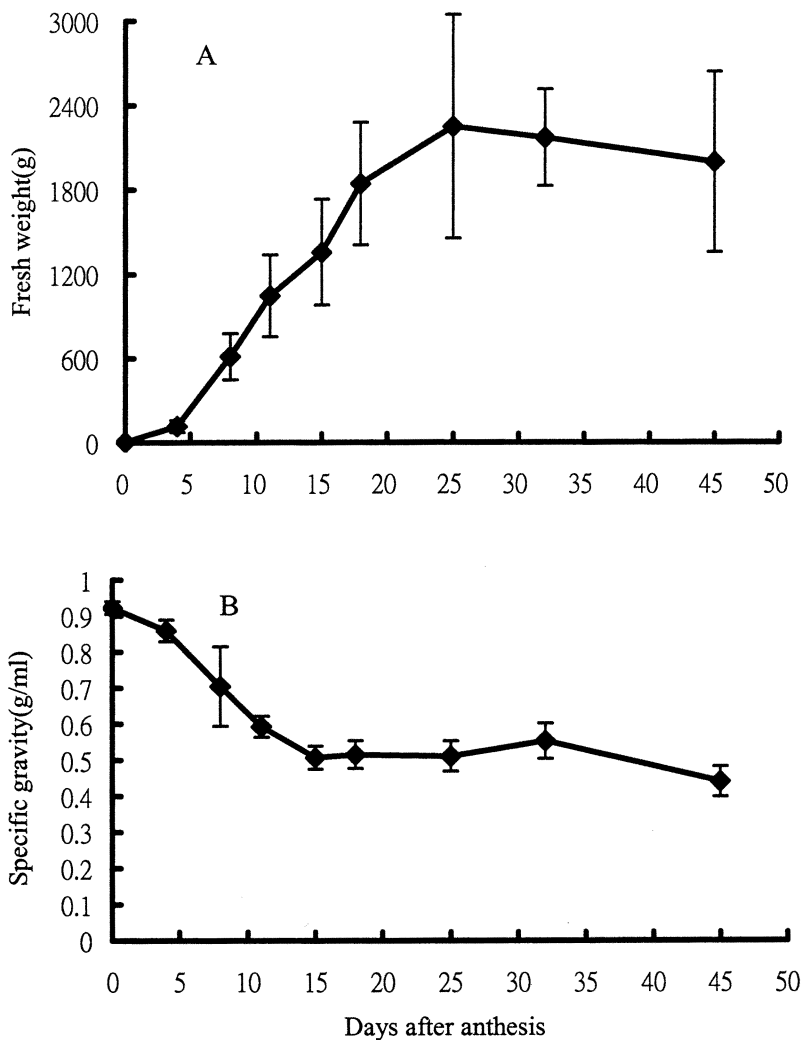


圖 1. '香水'絲瓜果實生長發育期間鮮重及比重之變化。A：鮮重；B：比重

Fig. 1. Changes in fresh weight and specific gravity of 'Perfume' smooth loofah fruits during development period. Bars indicate the standard error of the means of nine replications
A=Fresh weight; B=Specific gravity.

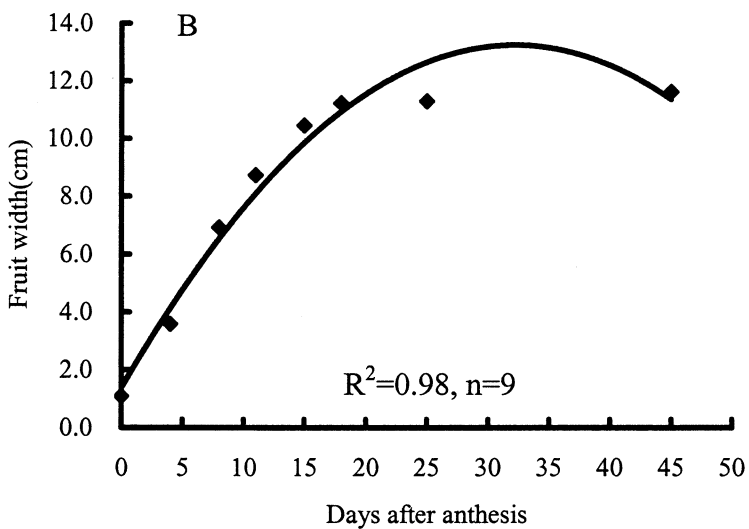
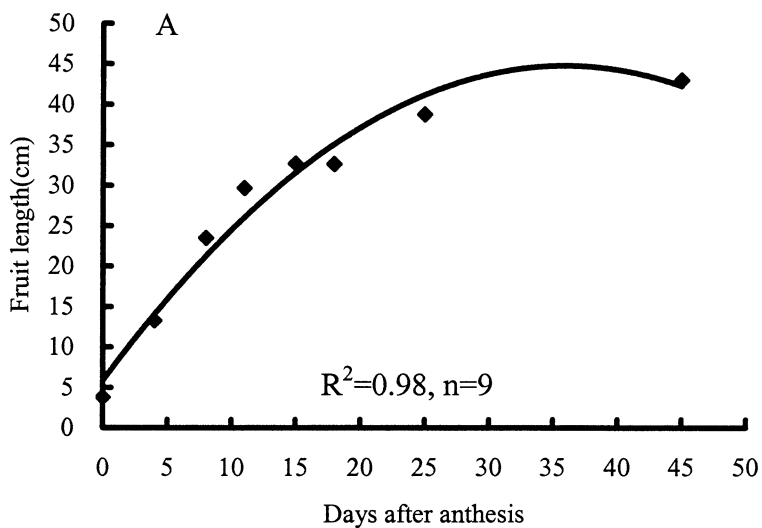


圖 2. '香水'絲瓜果實生長發育期間果實長度及寬度之變化 A：果長；B：果寬

Fig. 2. Changes in the length and width of 'Perfume' smooth loofah fruit during development period. A=Fruit length; B=Fruit width.

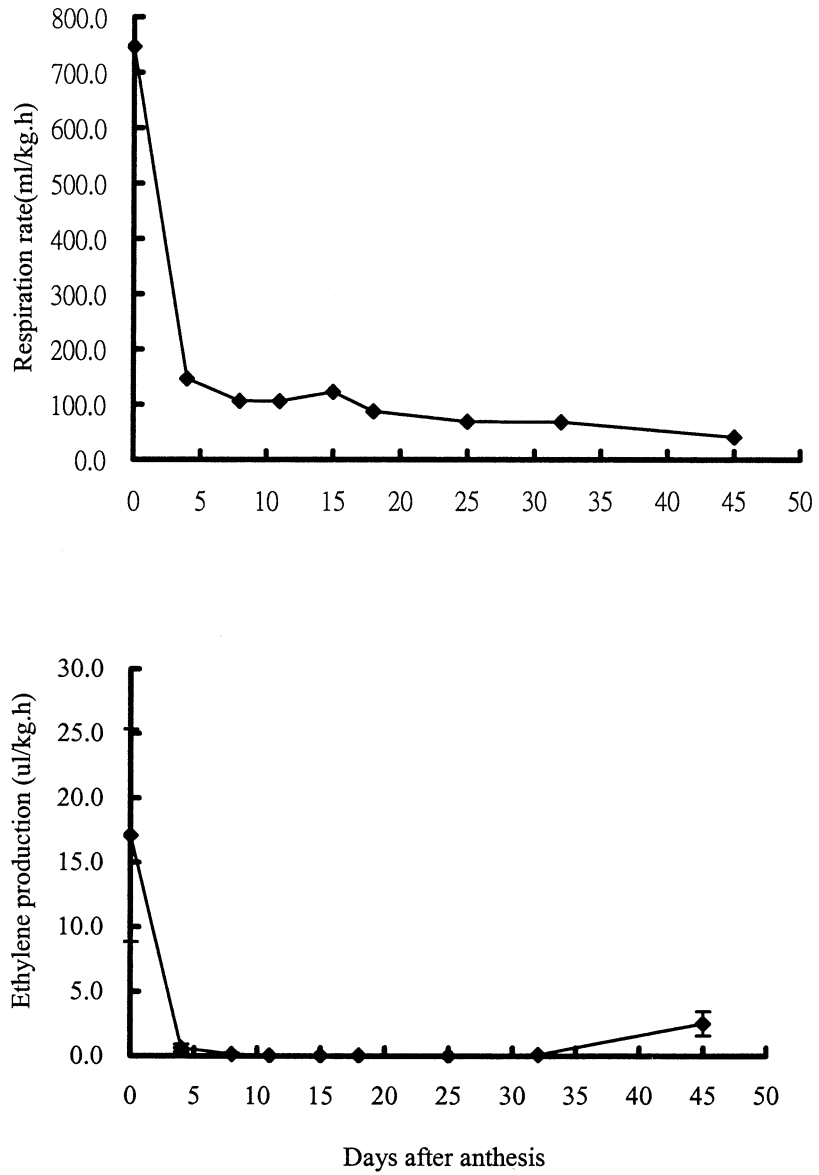


圖 3. 不同生長階段'香水'絲瓜的呼吸率及乙烯生成速率之情形

Fig. 3. Changes in respiration and ethylene production rate of 'Perfume' smooth loofah fruit during growth. Bars indicate the standard error of the means of nine replications.

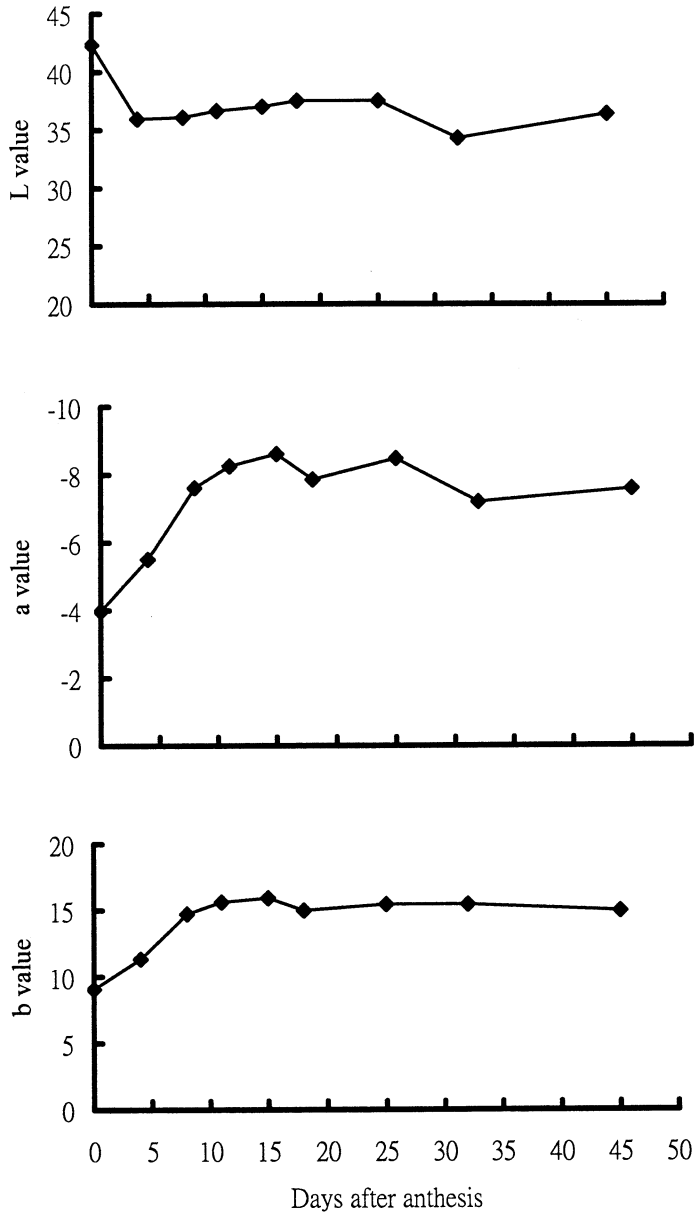


圖 4. '香水'絲瓜不同發育階段其果皮顏色之變化

Fig. 4. Change in peel color of 'Perfume' smooth loofah during developmetnt period.

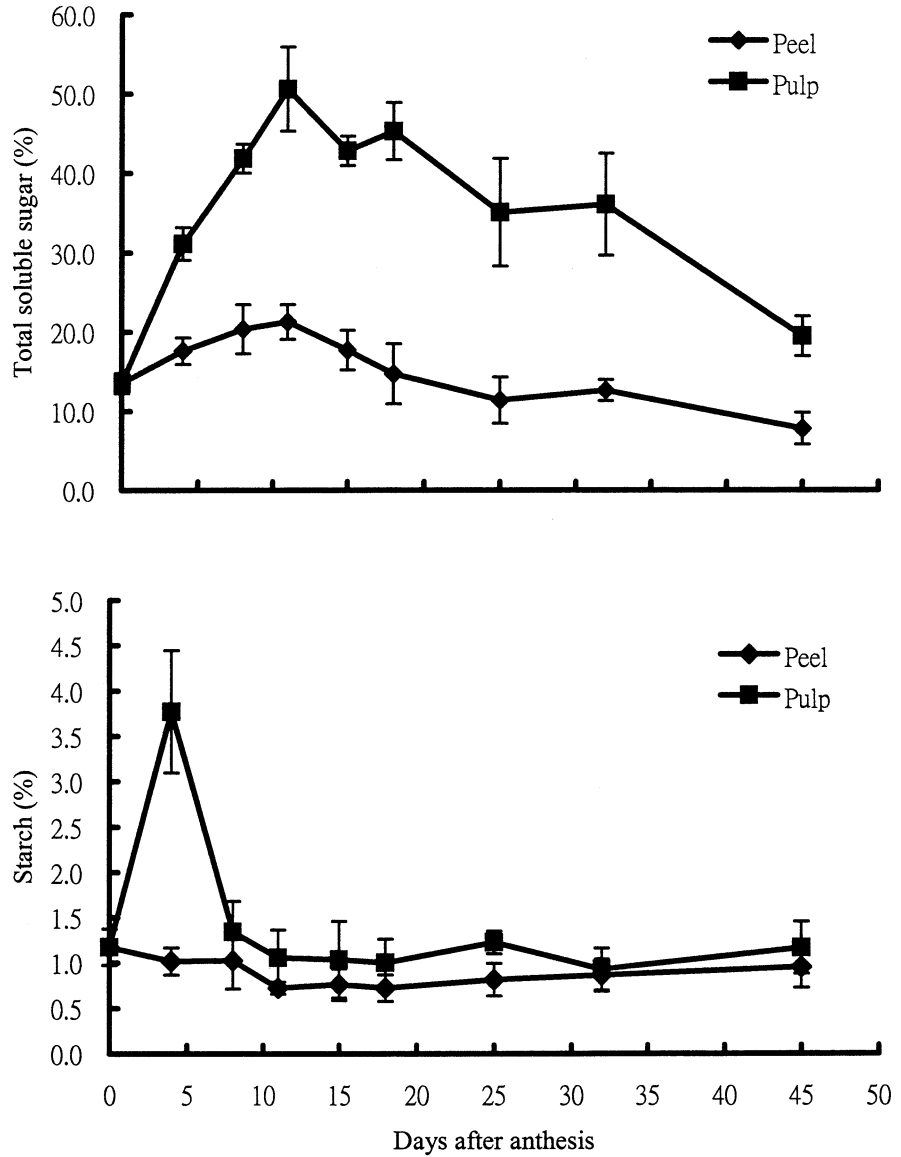


圖 5. '香水'絲瓜發育期間果皮及果肉全可溶性糖及澱粉之變化

Fig. 5. Changes in the total soluble sugar and starch of peel and pulp part of 'Perfume' smooth loofah fruit during growth. Bars indicate the standard error of the means of nine replications.

討 論

在果實採收後處理上，選取適當成熟度之果實是很重要的，適當果實成熟度除可減少產品之損傷，並可發揮該品種應有之最佳品質、降低損耗及調節產品之貯運和耐受性等(劉, 1995)。而觀察與測量果實的生長發育，如生長曲線之測定、外觀形態及內部組成之變化等，皆可用來判斷果實成熟度之依據(Coombe, 1976)。發育中的果實其鮮重、體積、果長及果寬均會隨著發育期增加而增加，若以其累積量之變化而言，其可將果實生長曲線可分為三種型式，分別為單 S(single sigmoid curve)、雙 S(double sigmoid curve)及三 S(triple sigmoid curve)型(Bollard, 1970; Coombe, 1976)。依據本試驗對'香水'絲瓜果實鮮重觀察的變化，其花後 8-25 日為快速生長期，至花後 25 日後趨於平緩(圖 1-A)，絲瓜為子房下位花朵，開花時子房長度已達 5 公分，寬為 1 公分左右，而開花後兩者皆進入快速生長期，直到花後 25 日才見平緩(圖 2-A, B)。絲瓜無論是在果實鮮重或由外觀上測得之長和寬等，皆只有一個快速生長期，故其生長曲線特性屬單 S 型。如番茄(林及邱, 1993)、百香果(Pocaxangre *et al.*, 1995)、酪梨(Lee and Young, 1983)及楊桃(謝, 1985)等果實相似。

對於果實呼吸型態的了解，可藉由發育階段定期測量其呼吸速率以得知其型態(Biale, 1964)，且呼吸率的高低亦是果實新陳代謝的指標。本試驗中之'香水'絲瓜果實之呼吸率由開花當日呼吸率高達 747 ml/kg.hr.，但在 4 日後隨即下降至 146 ml/kg.hr.且往後趨於平緩(圖 3)，直至花後 45 日下降至 40 ml/kg.hr.，此時果肉已完全呈纖維化，故絲瓜在成熟後，呼吸率不再上升，由此可判斷絲瓜屬非更年性之果實。乙烯釋放速率的變化趨勢和呼吸率相似(圖 3)，雖在後期有上升現象，但仍低微。在開花當日果實其呼吸率及乙烯釋放率皆有極高的生成量，其原因可能是花粉粒含大量的植物生長素(Auxin)，在授粉時刺激子房及誘導乙烯大量生成(Burg and Dijkman, 1967)，而此時亦為細胞分裂旺盛期，故呼吸率大幅增加；但 Akamine 及 Goo(1973)指出大量的乙烯會於細胞分裂停止而細胞開始增大的轉換期，急遽下降而難以測得。本試驗測量果實於生育初期出現高呼吸率及乙烯釋放率，但隨後又快速下降(圖 3)，可能是因花粉刺激柱頭產生乙烯，乙烯再促使呼吸率上升；亦有可能是細胞分裂造成細胞數目增加所導致(Forman and Jenson, 1965)。所以花後 8 日後的果實，由於乙烯釋放率及呼吸率皆呈平緩狀態(圖 3)，顯示此時期後的果實在新陳代謝速率上無顯著的變化。

果皮外觀色澤為進行果實品質、成熟度評定的重要項目之一，一般而言，果實會隨著生長發育時間，其果皮及果肉將會表現出固有的特色。本試驗是利用色差儀來測量絲瓜果皮顏色，其 L 值愈高其外觀愈亮，a 值愈低者表愈濃綠，而在'香水'絲瓜在幼果時其 L 及 a 值較高，而 b 值較低(圖 4)，外觀為淡白色，這可能是初期時果皮上的絨毛所造成，而在花後初期 L 值下降，而 b 值上升，但花後 8 日後果皮顏色變化較平緩(圖 4)，所以花後 8 日果皮顏色不再變化，已呈現品種固有顏色。

比重亦可做為成熟的指標和品質的依據(Tandon *et al.*, 1989)。本試驗絲瓜果實其比重自開花當日的 0.92(g/ml)即緩慢的下降(圖 1-B)，而在花後 15-32 日變化不大，至花後 45 日又再開始下降，約 0.44(g/ml)，在此時果實內部已出現空洞及纖維化等，其實在花後 25 日時，果實已可見白色纖維條紋，且種子已呈白色及稍硬的質感，故食用品質已差。一般商業上認為絲瓜果實需充實沉重較佳，而鬆軟者較差，故由比重的變化，顯示絲瓜愈早採收其品質愈佳。

除了調查外觀、生長曲線可做為採收依據外(Coombe, 1976)。若能配合內容物組成的變化分析，可以提供更精確的指標供採收參考。一般而言，碳水化合物代謝在果實發育期間扮演著相當重要的角色，且關係著品質的好壞，其貯藏型態有蔗糖及澱粉型貯藏。本試驗中'香水'絲瓜果實無論果肉及果皮中澱粉含量皆遠低於可溶性糖，且在可溶性糖有明顯變化，顯示絲瓜果實的碳水化合物貯藏型態可能為可溶性糖而非澱粉。其可溶性糖會隨著花後日數的增加而增加，於花後 11 日至 18 日達到高峰，之後呈緩慢的下降(圖 5)，此結果與番茄果實(Robinson *et al.*, 1988)之變化很相似。

綜合上述結果，由果肉比重及纖維化程度(圖 1-B)、果皮顏色(圖 4)、呼吸率(圖 3)及更重要的是果肉可溶性糖的含量(圖 5)之變化而言，絲瓜以花後 10-15 日為較適當的採收期。經訪查絲瓜栽培者，大都在花後 10-12 日採收，和本試驗結果極為接近。邱(1996)曾指出絲瓜以花後 16-17 日採收較佳，和本試驗結果比較雖稍晚，但亦很接近，品質上而言差異並不大(圖 4、5)，但果重在 4-5 日後則差異甚大，因絲瓜在快速生長期間每日可長約 100 克，果長約可伸長 2.5 公分，故推測除品種、季節及地區等因素外，亦可能是市場消費習慣上有很大的關係。

參 考 文 獻

- 林昭雄。1995。絲瓜。台灣農家要覽。農作篇(二)豐年社出版。pp. 415-418。
- 林榕華、邱慧珍。1993。溫度與乙烯處理對番茄果實後熟的影響。農林學報 42: 39-54。
- 邱繹瑾。1996。溫度調適與低氧處理對絲瓜果實耐寒力之影響。國立台灣大學園藝研究所碩士論文 pp. 24-79。
- 黃涵、洪立。1988。絲瓜。台灣蔬菜彩色圖說。國立台灣大學園藝系 pp. 142-143。
- 劉富文。1995。園產品採後處理及貯藏技術。台灣省青果運銷合作社。台灣、台北 pp. 42-43。
- 蕭吉雄、楊偉正、沈百奎。1999。主要瓜類蔬菜育種。台灣省農業試驗所專刊 73: 193-221。
- 謝慶昌。1985。楊桃果實生長調查及採收後處理之研究。國立台灣大學園藝研究所碩士論文 pp. 1-8。
- Akamine, E. K. and T. Goo. 1973. Respiration and ethylene production during ontogeny of fruit.

- J. Amer. Soc. Hort. Sci. 98: 381-383.
- Biale, J. B. 1964. Growth, maturation, and senescence in fruit. *Science* 146: 880-888.
- Bollard, E. G. 1970. The physiology and nutrition of developing fruits. pp. 387-425. In: A. C. Hulme (ed.). *The biochemistry of fruits and their products*. Vol. I. Academic Press, New York.
- Burg, S. P. and M. J. Dijdaman. 1967. Ethylene and auxin participation in pollen induced fading of vanda orchid blossoms. *Plant Physiol.* 42: 1648-1650.
- Coombe, B. G. 1976. The development of fleshy fruits. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 27: 507-528.
- Dubois, M. 1956. Colorimetric method for determination of sugar and related substance. *Anal. Chem.* 28: 350-356.
- Forman, M. and W. A. Jensen. 1965. Respiration and embryogenesis in cotton. *Plant Physiol.* 40: 765-769.
- Lee, S. K. and R. E. Young. 1983. Growth measurement as an indication of avocado maturity. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108: 395-397.
- Pocasangre, E. H. E., F. L. Finger, R. S. Barros, and R. Puschmann. 1995. Development and ripening of yellow passion fruit. *J. Hort. Sci.* 70: 575-576.
- Robinson, N. L., J. D. Hewitt, and A. B. Bennett. 1988. Sink metabolism in tomato fruit. I. Development changes in carbohydrates metabolizing enzymes. *Plant Physiol.* 87: 727-730.
- Soule, J. W., W. Grierson, and J. G. Blair. 1967. Quality test for citrus fruit. Circular 315 Agri. Ext. Ser. IFAS Univ. of Florida.
- Tandon, D. K., B. P. Singh, and S. K. Kalra. 1989. Storage behaviour of specific-gravity-graded guava fruits. *Sci. Hort.* 41: 35-41.

Growth and Development of Smooth Loofah (*Luffa aegyptiaca* Mill.) Fruit

Ming-Te Hung¹⁾ Ching-Chang Shiesh²⁾

Key words: Smooth Loofah fruit, Growth curves, Respiration ration, Ethylene production, Carbohydrate

Summary

In the experiment a survey was conducted for the study of the growth, development and physiology aspect of smooth loofah fruit. From the data it is possible to determine the optimum stage for harvest. During the developmental stage, the growth curves of the 'Perfume' smooth loofah fruits were odd enough to be single sigmoid in terms of fresh weight, length and width. According to the highest soluble sugar in fruits, the optimal harvest stage of smooth loofah is on 11-15'th days after anthesis.

1) Graduate student, Department of Horticulture , National Chung Hsing University.

2) Associate professor, Department of Horticulture , National Chung Hsing University.

Corresponding author.