

‘月華’苦瓜果實發育期間之形態及生理變化

郭純德¹ 李堂察² 蔡平里³

- 1.國立宜蘭技術學院園藝科
- 2.國立嘉義技術學院園藝系
- 3.國立台灣大學園藝學系

摘 要

‘月華’苦瓜果實之生長，呈單S型曲線；嘉南地區春收苦瓜果實，於開花後6-15天生長快速，其種子之快速生長期在花後11-18天，並於花後18天達最高值。以果重、果長、果徑絕對生長速率下降部分回歸線延伸，並與代表開花後天數之橫軸交點，估算其生理成熟期，在花後20天左右。綠熟苦瓜之呼吸率及乙烯生成速率，均具有明顯之更年性高峰；且果實之黃化，在呼吸更年上升期間同步地發生。因之，‘月華’苦瓜應屬更年性果實。瓜果發育過程中，其果實比重、果皮組織乾重比率、果腔內二氧化碳濃度與 spermine 含量漸減；果腔內乙烯濃度、spermidine 和 putrescine 含量則漸增；而ACC和MACC含量，則呈鐘形般之先增後減，分別在花後12及18天達最高。

關鍵詞：苦瓜、果實發育、生長分析、單S型曲線、更年性果實

Morphological and physiological changes of bitter gourd
(*Momordica charantia* L., cv. Moom Shine) during fruit
development.

C.T. Kuo¹, T.C. Lee² and P.L. Tsai³

1.Department of Horticulture, National I-Lan Institute of Technology

2.Department of Horticulture, National Chia-Yi Institute of Technology

3.Department of Horticulture, National Taiwan University

Abstract

The fruit growth of 'Moon Shine' bitter gourd, as measured by cumulative weight, length and diameter was shown as a single sigmoid curve. Fresh weight of seed reached their maximum values at 18 days after anthesis. The absolute growth rate of fruit length and width reached their maximum values at 8 days after anthesis, of fruit weight at 15 days after anthesis. The physiological maturity of fruit in spring in Chia-Nan area, Taiwan was at about 20 days after anthesis. Ethylene production and respiratory rate increased during the ripening of mature-green fruit. The time of increment in respiration rate was corresponded to fruits yellowing. Judging from the above characteristics of fruit growth pattern, 'Moon Shine' bitter gourd is suggested as a climacteric fruit. The specific gravity of fruit, percentage of dry weight of seed, internal content of carbon dioxide in fruit cavity, and spermine content in fruit decreased during bitter gourd fruit development. Whereas, the internal content of ethylene in fruit cavity, spermidine and putrescine content in fruit tended to increase during fruit development.

Meanwhile, ACC and MACC content in fruit rapidly increased and then decreased with the increment in mature stage of fruit, reached their maximum values at 12 and 18 days after anthesis, respectively.

Key words: bitter gourd (*Momordica charantia* L., cv. Moon Shine) , fruit development, growth analysis, single sigmoid curve, climacteric fruit

前 言

果實的生長是植物學家與園藝學家饒有興趣的研討項目之一，而且瞭解果實生長也確有其經濟上的重要性[1,2]。一般而言，鮮果（freshy fruits）的重量，由細胞數目、細胞體積與細胞密度決定之[1]。就果實的生長形式而言，生長曲線因作物種類不同而異，有單S型曲線（single sigmoid curve）、雙S型曲線及三S型曲線。蘋果、酪梨、番茄及甜瓜等屬單S型曲線；無花果、葡萄、桃、杏及樹莓（raspberry）屬雙S型曲線；彌猴桃則屬三S型曲線的生長[1,2]。

在果實的發育過程中，果實的成熟（maturation）表示果實的生長達到生理成熟度（physiological maturity）或採收成熟度（horticultural maturity）的階段。生理成熟度表示果實的生長達到縱使脫離母體，而仍然能夠繼續其個體之發育（ontogeny）者，或指外觀的物理生長（physical growth）完成之時期[3]。園藝上所謂的採收成熟度，則著重於果實的生長階段，已臻具有消費或利用所要求條件之時期稱之[4]。雖然，有些果實如酪梨[3]、楊桃[5]等，其生理成熟度與採收成熟度具有一致性，但其他的各種果實各有其特定的採收時期。觀察與測量果實的發育，可以瞭解其外觀、形態及內部成分形成的情形，而生長曲線的獲得，可以作為精確分析果實生長變化，及提供採收成熟度的依據[3,5,6,7,8,9]。

苦瓜係葫蘆科苦瓜屬中經濟栽培的草本植物，其果實形態構造為漿果，主要作為果菜食用[10]。通常台灣苦瓜之採收，係瓜農每1-2天於田間依經驗與直覺採收，據悉多半以果腰之膨大為採收指標[10]，而果實黃化則可作為苦瓜老化之指標[11]。惟有關苦瓜發育過程中之生理變化仍感缺乏，加以苦瓜品種之更換，主要品種已從‘農友二號’轉變為‘月華’，但相關資料闕如，亟待建立。本文擬以‘月華’苦瓜為材料，調查分析其發育期間之形態

及生理變化，俾便瓜農瞭解苦瓜發育特性，並作為逐步建立園藝採收成熟度之依據。

材 料 與 方 法

本試驗以苦瓜品種‘月華’為材料，分別取自台南縣東山鄉簡易設施隧道式棚架苦瓜園，台北市台灣大學舟山路精密溫室內隧道式棚架栽培者，以及台北市公館水源傳統市場販售之綠熟苦瓜。

一、果實之發育特性調查與生理成熟期

自82年4月10日起，每間隔2-3日至台南東山黃姓農友苦瓜園，標誌當日盛開且經人工授粉之雌花，於同（82）年5月3日採收各種不同發育階段之苦瓜，逕送嘉義市國立嘉義農專園藝科處理研究室，進行果長、果徑、果重、果實比重、種子乾鮮重、果皮組織（pericarp）之鮮乾重與厚度，以及果腔內二氧化碳和乙烯濃度之測定。另，以果長、果重之絕對生長速率下降部份做回歸線，與以花盛開後日數作橫軸之交點[3,5]，作為估算本批‘月華’苦瓜之生理成熟期。

果腔內二氧化碳和乙烯之濃度，係以1 ml針筒直接刺入果腔內抽取氣體樣本，注入日本島津（Shimadzu）公司出品之GC-8AIT及GC-8APF型氣體色層分析儀（gas chromatograph）中，並配合熱傳導度檢出器（thermal conductivity detector，TCD）及火焰離子化檢出器（flame ionization detector，FID）測定之。氣體樣本中二氧化碳或乙烯之濃度為： $[(\text{樣本峰高}-\text{空白峰高}) \times \text{標準氣體濃度}(\% \text{ or ppm})] / \text{標準氣體峰高}$ 。

二、綠熟苦瓜之果皮黃化及其呼吸率、乙烯生成之變化

購自台北市水源市場之綠熟‘月華’苦瓜，及台南縣東山鄉苦瓜園之花後22天及26天綠熟苦瓜，均逕送台北市台大處理研究室進行呼吸率之測定，及目測果皮黃化評分。黃化指標係定時以果皮黃化面積比率0%、20%、40%、60%、80%及100%，個別給予0、2、4、6、8、10等級。

呼吸率的測定：將苦瓜單一果實，放入6公升壓克力呼吸缸內密封，以流通式通入空氣，並利用水位及毛細管控制連接在每一呼吸缸之空氣流速[12]。空氣流速以每小時交換呼吸缸容積大小的氣體為原則。流經呼吸缸的空氣，係引自室外的新鮮空氣，先經含高錳酸鉀的淨氣瓶，然後才通入裝有蒸餾水之空氣濕化瓶，再通入呼吸缸中。每隔一段時間，由呼吸缸的出氣口，用塑膠針筒抽取1 ml 氣體，以日本島津公司（Shimadzu）出品的氣相層析儀器（Model GC-8AIT）分析二氧化碳，以TCD（thermal conductivity detector）為檢測器，溫度為60，層析管為填充Porapak Q（80-100 mesh）的不銹鋼管（1/8"x6 ft），管柱溫度為70，以氮氣為carrier gas。氣體樣本中二氧化碳濃度（% CO₂）為：（樣本峰高-空白峰高）×標準氣體之濃度（%）/ 標準氣體峰高。果實之呼吸速率，以mg CO₂/kg/hr表示之；其計算方式為： $[\% \text{ CO}_2 \times \text{流速} (1/\text{hr}) \times (\text{mg CO}_2/\text{ml CO}_2)] / \text{樣品重量} (kg)$ 。而 mg CO₂/ml CO₂之換算，則依溫度變動不同而調整之[13]。

乙烯生成率之測定：將苦瓜單一果實，放入6公升壓克力呼吸缸內密封，以流通式通入空氣，並利用水位及毛細管控制連接在每一呼吸缸之空氣流速[12]。空氣流速以每小時交換呼吸缸容積大小的氣體為原則。流經呼吸缸的空氣，係引自室外的新鮮空氣，先經含高錳酸鉀的淨氣瓶，然後才通入裝有蒸餾水之空氣濕化瓶，再通入呼吸缸中。每隔一段時間，由呼吸缸的出氣口，用塑膠針筒抽取1 ml 氣體，以氣相層析儀器（Shimadzu Model GC-8APF）分析，以FID為檢測器，溫度為110，層析管內填充活化氧化鋁（active aluminum 80-100 mesh）的不銹鋼

管(1/8"×6 ft), 管柱溫度為70 , 以氮氣為carrier gas , 乙烯之速率換算為 $\mu\text{l C}_2\text{H}_4$ /kg/hr。試驗樣本乙烯生成速率之計算方式如下：先測定氣體樣本中乙烯濃度 (ppm), 再換算為果實之乙烯生成量。氣體樣本中乙烯濃度 (ppm) 為：[(樣本峰高-空白峰高) ×標準氣體之濃度 (ppm)] / 標準氣體峰高。果實之乙烯生成量 ($\mu\text{l C}_2\text{H}_4$ /kg/hr) 為：[ppm C_2H_4 ×流速 (l/hr)] / 樣品重量 (kg)。

三、 苦瓜發育期間其乙烯生成、 ACC和MACC含量及自由態多胺 (polyamine) 含量之變化

自台大精密溫室隧道式棚架栽培苦瓜，摘取四個不同成熟度，分別為花後6天、12天、18天、及23天 (果皮開始黃化) 無病害之‘月華’苦瓜各3個，逕送台大處理研究室，分析其乙烯生成率、ACC和MACC含量、及自由態多胺如 putrescine、spermidine 和 spermine 含量之變化。乙烯生成率係以密閉法，即將果實樣本密閉在20 之呼吸缸內1小時，再以1 ml之針筒抽取缸內之氣體樣本，以GC-FID分析測得其乙烯生成率。ACC和MACC含量，係以Lizda & Yang氏[14]以及 Hoffman氏等人[15]之方法分析測得。自由態多胺之分析，則參考Redmond & Tseng氏[16]和Flores & Galston氏[17]之方法進行。

ACC和MACC的萃取與分析：取出約2g的苦瓜果皮組織，利用80%酒精在70 熱水浴中抽取組織中ACC，收集抽取的酒精進行減壓蒸發，直到酒精完全被蒸發。加入1 ml蒸餾水，使ACC溶在其中。抽取工作完成後，再進行ACC和MACC的測定。

ACC測定方法，是利用次氯酸離子在鹼性溶液中，以二價汞離子為催化劑，將ACC氧化為乙烯[14]。對任一個分析的樣品，至少準備兩隻試管，其中一支含待測樣品及催化劑，另一隻試管也有同量之樣品及催化劑，但另外加了1 n mole 純ACC作為內含標準 (internal standard)，它的目的是計算反應的轉化率

(conversion rate) 加完反應液後，以血清塞將試管塞住，在0 °下迅速用24-25G針頭插入血清塞後，滴入NaOCl-NaOH 試劑，反應二分三十秒後抽取氣體樣本，用氣相層析儀測定其中乙烯的生成。本試驗果皮組織ACC轉化率約為60%至70%。

樣品中ACC含量的計算：首先求出試管中整個反應共產生多少 mole 的乙烯量；再分別計算另加入內含標準與僅含有待測樣本之試管的乙烯量，而得其轉化率；得知其轉化率後，則可換算為組織中之ACC含量。試管中樣品反應產生的乙烯量(n mole C₂H₄)為：[樣品的乙烯量(ppm)×試管的剩下體積(ml)] / [22.4nl/n mole (其中乙烯 1 n mole=22.4 nl, in 0 °)]。得知其轉化率後，則可換算為組織中之ACC含量 (n mole/g)：[樣品的乙烯量 (n mole) ×1.0 ml] / [轉化率×0.1ml×樣品重量 (g)]

MACC的分析方法，是由ACC萃取液中取出0.5ml萃取液放入加熱管中，加入1 ml 4N HCl; 在100 °下進行酸水解三個小時。結束後以2 ml 2 N NaOH進行中和，此時MACC已轉為ACC，可利用ACC分析方法得到單位組織中MACC含量 [15]。

多胺含量之測定：精稱0.2公克苦瓜粉末，置於塑膠離心管內，加入 10ml 5% PCA (perchloric acid)，以渦動器 (vortex) 均勻之，用石臘紙封好，置於0 °過夜，10,000g 離心 30分鐘，取上清液，得到自由態之多胺，進行多胺含量分析 [18,19]。HPLC 分析之條件為：管柱：Finepak SIL C18T-5 250mm×4.6mm；流動相：51% (v/v) 甲酸；流速：1ml/min；檢測器：uv 254nm (Jasco 875 uv)；注射量：20ml。

測定多胺含量流程如下列：

取1ml萃液 + 0.1ml 1,6Hexamine + 1ml 4N NaOH + 5ml Benzoyl Chloride

以渦動器均勻10秒，置於室溫30分鐘

加入 2ml 飽和 NaCl溶液，終止反應

加入 2ml 乙醚萃取，蓋好封蓋激烈搖均勻

以 1,000g 離心 5 分鐘，抽取 1ml 乙醚

置於抽風櫥內以乾燥之空氣吹乾後，以 1ml 之甲醇溶出，待HPLC分析。

結 果

一、果實之發育特性調查與生理成熟度

嘉南平原春收‘月華’苦瓜，發育期間其果長、果徑、和果重、果皮組織（pericarp）之重量與厚度之生長呈單S曲線（single sigmoid curve）。瓜果在雌花盛開後5-15天快速生長（圖1）。隨果實及其各部份組織之快速生長，果實比重（圖1）和果皮組織乾重百分比（圖2）以及二氧化碳濃度（圖4）則隨之而平穩的下降。種子之鮮重和乾重百分比，在花盛開後11-18天快速生長，在花後18天達高峰，其後下降（圖2）。以果重、果長、和果徑絕對生長速率下降部份之回歸線延伸，與代表花後天數之橫軸交點，即為估算之果實生理成熟期，在花盛開後20天左右（圖3）。苦瓜果腔內二氧化碳濃度自花後6天之0.4%逐步緩降至不到0.1%，而腔內乙烯濃度則自花後6天之約0 ppm左右

(檢測不到，台大園產品處理研究室GC-FID之敏感度極限約 5×10^{-3} ppm)，逐漸增加到0.04 ppm，雖濃度很低，不過增加近10倍 (圖4)。

二、綠熟苦瓜之果皮黃化及其呼吸率和乙烯生成之變化

傳統市場菜攤購回10個特級品級之綠熟苦瓜，各個瓜果間之呼吸率與果皮黃化之變化極不一致，有些果實自市場購回時，其呼吸率更年上升已然發生，而果皮亦由白綠轉黃，而有些果實購回兩天之後，其呼吸率更年上升才開始，而顏色則略為由白綠轉黃。惟10個苦瓜個別果實本身之呼吸率上升與黃化指標之增加，在時序上頗為一致 (圖5)。

通常，苦瓜雌花在早上盛開，當天授粉後凋謝，故人工授粉為齊一果實生理成熟度的良好方法。花後22天及26天苦瓜之呼吸率上升較購自市場之瓜果一致 (圖5、圖6、圖7)。花後22天成熟度之5個單一果實，其個別之乙烯生成率及呼吸率更年上升在採後8-9天，而花後26天成熟度之5個單一果實，其個別之乙烯生成率及呼吸率更年上升在採後2-6天，較前述花後22天者不一致 (圖6、圖7)。

三、苦瓜發育期間其乙烯生成、ACC和MACC含量、及自由態多胺含量之變化

在苦瓜發育過程中，隨著果實成熟度 (分別為花後 6、12、18、23天) 的增加，其乙烯生成率明顯的增加，而 spermidine與 putrescine的含量，則逐步地增加；相反地，spermine的含量，明顯銳減至檢測不到；至於ACC和MACC含量，則成鐘形地先增加後下降，分別在花後12及18天達最高 (圖8)。

討 論

通常，生物之器官、個體或某種生物族群的生長，多半以S型曲線的累積生長 (cumulative growth) 或/及絕對生長速率 (absolute growth rate, 簡稱AGR) 來表示之[18,19]。常用的果實生長分析方法，有累積生長的S字形曲線與絕對生長速率[3,5,6,7,8,9,18,19]。

‘月華’ 苦瓜之累積生長呈單S曲線 (圖1)，與‘農友二號’ 苦瓜[7]相同。葫蘆科的瓜類在雌花盛開時，其子房已有相當之發育，如同南瓜[9]一般，苦瓜也有相當的情形；台北地區夏季匍地生長之‘農友二號’ 苦瓜雌花盛開當天，其子房長20.8mm、子房橫徑5.5mm[7]，而嘉南地區春季棚架栽培之‘月華’ 苦瓜開花後3天其幼果長36.9mm、果徑8.9mm (圖1) ；‘農友二號’ 苦瓜果長與果徑之絕對生長速率高峰均在花後第8天[7]，而‘月華’ 苦瓜之果長、果徑之最大絕對生長速率也在花後第8天 (圖1) ；就苦瓜之發育而言，其最大絕對生長速率，依次以果長、果徑、果皮組織厚度出現最早，約在花後8-9天，而果皮組織鮮重、果實重則居次，約在花後14-15天 (圖1) ；最後為種子之鮮重、乾重百分比率及內生乙烯濃度之增加、約在花後15-18天 (圖2、圖4) ；由上可推知，苦瓜之發育，係以細胞大小之擴增為最先，細胞內容物之充實居次，而後則以後熟、老化及繁衍下一代做準備，與南瓜相似[9]。

利用苦瓜果實長度等之絕對生長曲線下降階段作線性回歸 (linear regression) ，將回歸線延長與表示開花後天數的橫軸相交，此交點即為估計的果實生長停止期，亦即所謂的生理成熟度[3,5,7]。就‘農友二號’ 苦瓜而言，在台北7月間的生理成熟期，約為開花後18天[7]；而‘月華’ 苦瓜在台南4月間的生理成熟期，則約為開花後20天左右 (圖3) 。

果實內外部許多生理或物理的變化，可以作為採收成熟度的依據：果皮顏色或果實內的色素系統[20,21]，果實硬度[6]，果實之比重及大小橫徑比[7,22]，離層的生成或自然落果後天數[23]，果實之彈音[24]，果實之呼吸速率或乙烯釋放量[25,26]，對外加乙烯之反應[26,27]，開花後天數[21,28,29]，果實組成份之變化[5,6]，葉片或果實礦物元素分析[30]，生長積溫[28,29]，及生長曲線之應用[3,5,6,7]等。

苦瓜果皮的黃化，主要是隱黃質（cryptoxanthin）在苦瓜後熟過程（ripening process）中大量合成所致[31]。惟苦瓜作為鮮食用果菜的發育階段，係未熟果（immature fruit）或綠熟果（mature-green fruit）[10,32]。黃化的苦瓜沒有商品價值，因此果皮的黃化不能作為鮮食用苦瓜採收成熟度的依據，此與木瓜[20,33]及番茄[21,34]可以利用果皮顏色在發育期間的變化，作為採收指標並不相同。不過，苦瓜果皮黃化的時期和果實呼吸率之更年上升期頗為一致（圖5），可作為果實老化劣變之指標。值得注意的是，市售綠熟苦瓜各個瓜果間之櫥架壽命極不一致，有些瓜果在市場已開始後熟老化，有些則購回實驗室後2-3天才開始後熟老化（圖5）。苦瓜採後貯運過程中，提早後熟導致整箱瓜果黃化、軟化，是苦瓜採後耗損的最主要因子，其肇因識者以為不外乎採收成熟度過高、貯運條件不佳、瓜實蠅為害和機械傷害等[7,35]。

綠熟‘月華’苦瓜之呼吸率與乙烯生成率具有明顯的更年性高峰，果實之黃化也在呼吸更年上升期同步地發生（圖5、圖6、圖7）；而且瓜果在發育期間，其果腔內乙烯濃度和果實乙烯生成速率雖然都很低，不過隨成熟度之增加其濃度和生成速率分別增加了近10和5倍（圖4、圖8）。「農友二號」苦瓜業經證實為屬具呼吸更年型果實[11]。「月華」苦瓜雖未經檢視其是否具有乙烯自動催化生成之能力，但依據上述之特性，應該與「農友二號」相似，亦屬呼吸更年型果實。

多胺廣泛地存在於生物體內[36,37]。它可以控制植物之生長分化；但截至目前並未確切地瞭解其作用機制。同時，它到底是屬於植物荷爾蒙之一，或屬於植物生長調節劑之一，或者為荷爾蒙二次訊息（hormonal second messenger）之定位問題，尚處爭議未決之中[36]。在高等植物中，最主要的多胺有 putrescine、spermidine和 spermine。多胺在植物發育上扮演著調節生長的角色，在植物生理上扮演著適應與保護的角色[36,37]。

酪梨果實發育過程中，其 putrescine、spermidine和 spermine含量先快速增加，在花後30天達高峰，其後迅速下降，並於花後150天降至最低。酪梨發育後期其多胺之含量極低，乙烯生成亦低，未見明顯增加；採收後酪梨果實在後熟過程中，乙烯之生成劇增，但多胺之含量很低且並未有明顯改變[38]。苦瓜發育過程中，spermine在成熟度花後6天及12天幼果中含量較高，隨成熟度之增加其含量銳減，而 spermidine和 putrescine含量則隨成熟度之增加而增加；乙烯生成速率在整個發育期間含量很低，但隨成熟度之增加而增加，前後約增加了4倍以上（圖8）。

園產品採收成熟度的釐定，為確保所收穫園產品品質的重要因子之一。由於採收成熟度的決定頗為困難，往往需合併數種方法才能決定恰當的採收時期。又，各種作物的發育情形，因種類、品種及栽培環境之不同而有差異。因此，各栽培區域有必要發展自己的判定方法，以建立當地該品種採收成熟度的標準[39]。純就試驗而言，為齊一瓜果採收成熟度及櫥架壽命，俟雌花盛開時人工授粉並予以標誌，對成熟度較低者，誠然是個有效的方法（圖6），不過，對於成熟度過高的苦瓜，則效果不彰（圖7）。當然，現階段苦瓜等瓜果產業，欲進一步以人工授粉標花、齊一果實之採收成熟度及櫥架壽命，省時省力地以顏色管理法來採收瓜果的時代，似乎尚未到來。

謝 誌

本研究得以完成，感謝國立台灣大學園藝學系王自存教授慨借儀器，馮永富先生、蔡嘉祐先生，以及國立嘉義技術學院園藝系劉麗玉小姐、唐佳惠小姐協助瓜果之生長調查與樣品分析。

參考文獻

1. Coombe, B. G (1976) , "The development of fleshy fruits", Ann. Rev. Plant. Physiol., Vol.27, pp.507-528.
2. Nitsch, J. P(1953) , "The physiology of fruit growth", Ann. Rev. Plant. Physiol., Vol.4, pp.199-236.
3. Lee, S. K. and R. E. Yaung (1983) , "Growth measurement as an indication of avocado maturity", J. Amer. Soc. Hort. Sci., Vol.108, pp.395-397.
4. Watada, A. E., R. C. Herner, A. A. Kader, R. J. Romani and G. L. Staby (1984) , "Terminology for the description of developmental stages of horticultural crops", HortScience, Vol.19, pp.20-21.
5. 謝慶昌 (1985) , 「楊桃果實生長調查及採收後處理之研究」, 國立台灣大學園藝學研究所碩士論文 117頁。
6. 蔡龍銘 (1986) , 「彌猴桃果實發育期間之生理變化」, 中國園藝, 第 32卷, 第25-33頁。
7. 郭純德、蔡平里、林宗賢 (1988) , 「苦瓜果實之生長分析與採收成熟度」, 科學農業, 第36卷, 第167-171頁。

8. Monselise, S. P., A. Varga and J. Bruinsma (1978) , ”Growth analysis of the tomato fruit, *Lycopersicon esculentum* Mill.”, Ann. Bot., Vol.42, pp.1245-1247.
9. Sinnott, E. W.(1945), ”The relation of growth to size in cucurbit fruits”, Amer. J. Bot., Vol.32, pp.439-446.
10. 郁宗雄 (1984), 「 苦瓜 」, 第166-174頁, 在梁鶚主編, 瓜類栽培, 豐年社, 台北。
11. 郭純德、蔡平里、林宗賢 (1987), 「 採收後苦瓜果實之呼吸型式及乙烯自動催化生成 」, 中國園藝, 第33卷, 第161-171頁。
12. Claypool, L. L. and R.M. Keefer (1942) , ”A colorimetric method for CO₂ determination in respiration studies.”, Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., Vol.40, pp.178-186.
13. 蔣明南 (1986), 「 園藝作物採收後呼吸作用測定方法之研究 」, 中華農學會報 (新), 第135卷, 第34-48頁。
14. Lizda, M. C. C. and S. F. Yang (1979) , ” A simple and sensitive assay for ACC”, Anal. Biochem., Vol.100, pp.140-145.
15. Hoffman, N. E., S. F. Yang, and T. McKeon(1982) ,”Identification of MACC as a major conjugate of ACC, an ethylene precursor in higher plants”, Biochem. Biophys. Res. Commun., Vol.104, pp.765-770.
16. Redmond, J. W. and A. Tseng(1979) , ”High-pressure liquid chromatographic determination of putrescine, cadaverine, spermidine and spermine”, J. of Chromatography, Vol.170, pp.479-481.
17. Flores, H. E. and A. W. Galston (1982) , ”Analysis of polyamines in higher plants by high performance liquid chromatography”, Plant Physiol, Vol.69, pp.701-706.
18. 高景輝 (1979), 植物生長與分化, 第587-632頁, 茂昌圖書公司, 台北。

19. Hunt, R. (1982) , Plant Growth Curve: the Functional Approach to Plant Growth Analysis, pp.5-46, Edward Arnold, London.
20. Peleg, M. and L. G. Brito (1974) , "External color as a maturity index of papaya fruits", J. Food Sci., Vol.39, pp.701-703.
21. Wolf, S., J. Rudich, A. Marani and Y. Rekah(1986) , "Predicting harvesting date of processing tomatoes by a simulation model", J. Amer. Soc. Hort. Sci., Vol.111, pp.11-16.
22. 呂明雄 (1975) , 「愛文與凱特芒果成熟度之研究」, 中國園藝 , 第21卷 , 第192-197頁。
23. McGlasson, W. B. and H. K. Pratt(1963) , "Fruit-set patterns and fruit growth in cantaloupe (*Cucumis melo* L., var. *reticulatis* Naud.)", Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., Vol.83, pp.495-505.
24. 黃永傳、方祖達、林若琇 (1960) , 「鳳梨採收成熟度之研究」, 台灣大學農學院研究報告 , 第5卷 , 第25-29頁。
25. Gustafson, F. G. (1929) , "Respiration of tomato fruits", Plant Physiol., Vol.4, pp.349-356.
26. Lyons, T. M. and H. K. Pratt (1964) , "Effect of stage maturity and ethylene treatment on respiration and ripening of tomato fruits", Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., Vol.84, pp.491-450.
27. Work, P.(1929) , "Ethylene ripening of tomato in relation to stage of maturity", Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., Vol.25, pp.61-65.
28. Eggert, F. P.(1960) , "The relation between heat unit accumulation and length of time required to mature McIntosh apples in Maine", Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., Vol.76, pp.98-103.

29. Luton, M. T. and P. J. C. Hamer (1983) , ”Predication the optimum harvest dates for apples using temperature and full-bloom records”, J. Hort. Sci., Vol.58, pp.37-44.
30. Marmo, C. A., W. J. Bramlage and S. A. Weis (1985) , ”Effects of fruit maturity, size, and mineral concentration on predicting the storage life of 'McIntoch' apples”, J. Amer. Soc. Hort. Sci., Vol.110, pp.499-502.
31. Rodriquez, D. B., L. C. Raymundo, T. C. Lee, K. L. Simpson and C. O. Chichester (1976) , “Carotenoid pigment changes in ripening *Momordica charantia* fruits”, Ann. Bot., Vol.40, pp.317-327.
32. Morton. J. F.(1967), “The balsam pear: an edible, medicinal and toxic plant”, Econ. Bot., Vol.21, pp.57-68.
33. Birth, G. S., G. G. Dull, J. B. Magee, H. T. Chan and C. G. Cavaletto (1984) , “An optical method for estimating papaya maturity”, J. Amer. Soc. Hort. Sci., Vol.109, pp.62-66.
34. Kavanagh, E. E. (1986) , “Harvest maturity and acceptability of floro-date tomatoes”, J. Amer. Soc. Hort. Sci., Vol.111, pp.78-82.
35. 韓青梅、林棟樑 (1995) , 「夏季期間南菜北運改良處理技術應用效果之調查」, 83年度建立農水畜產品低溫運銷系統計畫成果報告, 第57-61頁。
36. 高景輝 (1994) , 植物荷爾蒙生理 , 第415-433頁及471-489頁 , 華香園出版社 , 台北。
37. Smith, T. A. (1985) , “Polyamines”, Ann. Rev. Plant Physiol., Vol.36, pp.117-143.
38. Kushad, M. M., G. Yelenosky and R. Knight (1988) , “Interrelationship of polyamine and and ethylene biosynthesis during avocado fruit development and ripening”, Plant Physiol., Vol.87, pp.463-467.

39. 劉富文 (1994), 園產品採後處理及貯藏技術, 第42-47頁, 台灣省青果運銷合作社, 台北。

圖1 ‘月華’苦瓜果實發育期間，其果長、果徑、果重、果肉厚、果肉重與果實比重之變化。圖示每個數值為五個果實樣本的平均值±機差。

Fig.1 Changes in length, width, weight, thickness of pericarp, weight of pericarp, and specific gravity in fruit of ‘Moon Shine’ bitter gourd during its’ development. Each value is the mean of 5 fruit samples with standard error bar.

圖2 ‘月華’苦瓜發育期間，其種子之鮮重，及果肉與種子乾重所佔百分比值之變化。圖示每個數值為五個果實樣本的平均值±機差。

Fig.2 Changes in fresh weight of seed, and percentage of dry weight of pericarp and seed in fruit of ‘Moon Shine’ bitter gourd during its’ development. Each value is the mean of 5 fruit samples with standard error bar.

Days after anthesis Days after anthesis

圖3 嘉南地區春收‘月華’苦瓜之果長、果徑及果重之絕對生長速率及由絕對生長速率下降部分回歸線推估之生理成熟期。

Fig.3 Absolute growth rate (AGR) of fruit length, fruit width and fruit weight, and physiological maturity of ‘Moon Shine’ bitter gourd in spring in Chia-Nan area, Taiwan.

圖4 ‘月華’苦瓜發育期間果腔內乙烯和二氧化碳濃度之變化。圖示每個數值為五個果實樣本的平均值±機差。

Fig.4 Changes in internal content of ethylene and carbon dioxide in fruit cavity of ‘Moon Shine’ bitter gourd during its’ development. Each value is the mean of 5 fruit samples with standard error bar.

圖5 台北水源傳統市場所售綠熟‘月華’苦瓜之呼吸率變化及果皮黃化。圖示每個數字為單一果實樣本。

Fig.5 Changes in respiratory rate and yellowing in mature-green fruit of ‘Moon Shine’ bitter gourd from traditional market in Taipei. Each Arabic numeral indicates each single fruit sample.

Days after harvest

圖6 台北市春收花後22天成熟度‘月華’苦瓜果實，其呼吸率及乙烯生成率之變化。圖示每一符號為單一果實樣本。

Fig.6 Respiratory rate and ethylene production in harvested fruit of ‘Moon Shine’ bitter gourd at maturity of 22 days after anthesis in spring in Taipei, Taiwan. Each symbol indicates each single fruit sample.

Days after harvest

圖7 台北市春收花後26天成熟度‘月華’苦瓜果實，其呼吸率及乙烯生成率之變化。圖示每一符號為單一果實樣本。

Fig.7 Respiratory rate and ethylene production in harvested fruit of ‘Moon Shine’ bitter gourd at maturity of 26 days after anthesis in spring in Taipei, Taiwan. Each symbol indicates each single fruit sample.

圖8 ‘月華’苦瓜果實不同發育階段，其乙烯生成率、ACC與MACC含量以及三種自由態多胺含量之變化。四個果實成熟度分別為花後6、12、18及23天。圖示每個數值為三個果實樣本平均值加正機差。

Fig.8 Changes in ethylene production, ACC and MACC content, and 3 free polyamines in fruit of ‘Moon Shine’ bitter gourd at different maturity. Stage I, II, III, and IV of fruit maturity represent 6, 12, 18 and 23 days after anthesis, respectively. Each value is the mean of 3 fruit samples with positive standard error bar.