

嫁接‘豐水’梨果實生長分析與採收成熟度 對果實品質及水心症發生之影響

郭純德* 趙婉琪 尤進欽 廖玉琬

國立宜蘭大學園藝學系

摘 要

本試驗以宜蘭縣三星地區嫁接栽培的‘豐水’梨(*Pyrus pyrifolia* Nakai cv. ‘Hosui’)果實為材料，進行果實生長分析與採收成熟度對果實品質及果肉水心症發生之影響。分佈在梨樹冠外、冠中及冠內果實縱、橫徑之累積生長都為單 S 曲線。3 種著果部位的果實在生長初期其縱徑大於橫徑，果形指數大於 1；而中期以後橫徑生長速率較縱徑為快，果形指數逐漸下降而小於 1；及至採收時 3 者之果形指數在 0.84~0.89 間，果實呈扁圓形。‘豐水’梨的絕對生長速率曲線呈鐘形，表現慢、快、慢的生長規律。而相對生長速率則在果實發育期間由高逐步地降低。以果實絕對生長曲線下降部分，估算‘豐水’梨的生理成熟度為花後 150 至 160 天之間。前述經生長調查的果實，於花後 172 天高成熟度時採收並分析其外形及品質，結果顯示果肉水心症嚴重，發生率均超過 50%，尤以冠內 69%為最高。為探究採收成熟度對果品及水心症發生率的影響，分別於 2005 年 6/21、6/28、7/5、7/12、7/19 採收開花後 120、127、134、141、148 天的果實，並分析果實形質及果肉水心症。果實之採收成熟度愈高，其水心症愈加嚴重，果實重量及可溶性固形物含量較高；相反地，果肉硬度較低。2006 年試驗也有相似的結果。經線性迴歸分析，水心症發生率與採收成熟度、可溶性固形物含量間具有高的正相關性，而與果肉硬度間具有高的負相關性。

關鍵詞：‘豐水’梨、果實生長分析、採收成熟度、水心症、果實品質

Fruit Growth Analysis and the Influences of Harvest Maturity on Fruit Quality and Incidence of Flesh Watercore in Japanese Pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai cv. ‘Hosui’) Grown by Top-Grafting in Taiwan

Chun-Teh Kuo* Wan-Qi Zhao Jinn-Chin Yiu Yu-Wan Liao

Department of Horticulture, National Ilan University

Abstract

This study was focused on fruit growth analysis and the influences of harvest maturity on fruit quality and incidence of flesh watercore in Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai cv. ‘Hosui’) grown by top-grafting at Sunshin area in Yilan County of Taiwan. The growth of fruits from outer, middle, and inner canopies measured by cumulative longitudinal and transversal diameters was shown to be a single sigmoid curve. The fruit shape indexes (longitudinal diameter/ transversal diameter) were all above 1 at initial stage, and then progressively declined to under 1 in fruit faster growing period because of transversal growth exceeded longitudinal growth, and were stable and between 0.84 and 0.89 at harvesting stage. The curves of fruit absolute growth rate shown bell shape, indicating the growth speed during ontogeny of pear fruits followed by slow, fast and slow regime. Meanwhile, the relative growth rate of fruits was from high dropped to low smoothly during development. Physiological maturity of pear fruits estimated by regression line during the declining growth rate period was at 150 to 160 days after anthesis. The appearance, composition and watercore percentage of fruits at higher maturity (172 days after anthesis) were measured, the data shown the incidences of watercore were exceeded 50% in any canopy position, particularly the inner canopy fruits were 69%, the highest. The fruit quality and incidence of watercore of pear fruits harvested at 120, 127, 134, 141, and 148 days after anthesis had been analyzed, respectively. The results suggested the higher maturity of fruit harvested the more serious watercore of fruit was, and the higher fruit weight and soluble solids content were also found; however, the flesh firmness of pear was lower. The investigation results of 2006 were similar to 2005. The relationships between watercore percentage and fruit maturity and soluble solid content were highly positive, while highly negative with the flesh firmness of pear.

Key words : ‘Hosui’ pear, fruit growth analysis, harvest maturity, watercore, fruit quality

*Corresponding author E-mail: ctkuo@niu.edu.tw

前 言

梨，是全球性水果之一種，通常分為西洋梨及東方梨兩大類，前者主要產植於歐美各地，而後者主要分佈於亞洲各國(Westwood, 1993)。「豐水」梨，係日本梨(Japanese pear)褐皮品系之一，由日本國立果樹研究所於 1972 年雜交育成的優良栽培品種(Sakuma, 2003)。果實呈圓形，果點細小，果肉細緻而多汁，糖分含量高，並具有豐產等特性(Campbell, 2002)，深受台灣地區消費者及果農之喜好。寄接梨栽培法(張, 1979)，係以‘新世紀’等栽培品種含花苞枝條為接穗，嫁接在以橫山梨徒長枝為砧木的栽培方法。自從東勢鎮張姓果農以寄接栽培法，成功開發低海拔生產溫帶梨之技術以來，寄接梨(又稱高接梨)成為台灣重要的經濟水果，目前以‘豐水’及‘新興’最為重要(徐與黃, 2000)。

惟近年來，台灣各地區寄接‘豐水’梨採收後果肉呈現半透明與水浸狀，明顯影響果品價格及果農形象，並且有日益嚴重的趨勢，亟待克服解決(徐與黃, 2000)。水心症(Watercore)，是蘋果及梨果肉生理障礙 (Physiological disorder) 之一 (Marlow and

Loescher, 1984)。Kajiura 等人(1976)曾描述日本梨水心症型態上的特徵為，果肉區域顯示半透明的水浸狀，而且多數是發生在較靠近果皮或環繞在維管束附近。水心症組織內的化學特徵為山梨糖醇(sorbitol)的累積，導致可溶性固形物含量比健康部位的含量高(Yamaki *et al.*, 1976)。和蘋果的水心症，有相似結果(Marlow and Loescher, 1984)。因此，Kajiura 等人(1976)將之特稱為日本梨的水心症(Watercore in Japanese pear)。吾人在本文中亦以‘豐水’梨水心症稱之。另外在日文中，蘋果和梨的這種症狀，稱為みづ症(伊庭等, 1985)，因此台灣部分研究推廣人員及果農則直譯稱之為梨蜜症(劉與張, 2005)。

果實的發育，是植物與園藝學者饒富興趣的研討項目之一，而且瞭解果實生長也確有經濟上的重要性(Coombe, 1976)。常用的果實之生長分析，可利用果實之縱徑、橫徑、重量及體積之累積生長(Cumulative growth)的倒 S 字形曲線、絕對生長速率(Absolute growth rate; AGR)及相對生長速率(Relative growth rate; RGR)等方法(Opara, 2000)。測量與分析果實的發育，可以瞭解其外觀、形態及內部成分轉變的情形，而生長曲線的獲得可以作為精

確分析果實生長，以及提供果實成熟度的依據(Lee and Young, 1983)。採收成熟度，會直接影響園藝產品的大小、品質及貯藏期限等(劉, 1995)。採收過度成熟的蘋果易發生崩解及腐敗，並且引起較高的水心症發生率(Brown and Watkins, 1997)。鴨梨及酥梨隨採收成熟度提高，果肉褐化(Internal browning)的發生率增加(Crisosto *et al.*, 1994)。亞洲梨(‘豐水’及‘新高’等)若延遲採收，會導致生理障礙的發生及嚴重程度加劇，並且增加對物理傷害的敏感性(Crisosto, 2004)。

通常，生理障礙的發生，可能是採收前、後不利的環境因子所導致，特別是溫度失調，或者發育期間的營養元素缺乏或不平衡等(Ferguson *et al.*, 1999)。「豐水」梨在台灣和日本在栽培方式上迥然不同，而且氣候上也有所差異，因此，日本學界在「豐水」梨水心症的研究僅可供參考佐證，並不能直接套用。本試驗目的擬自果實生長分析及採收成熟度的影響著手，探討台灣低海拔地區嫁接「豐水」梨水心症發生原因及機制，冀能更進一步尋求栽培及採後處理技術改進之道。

材料與方法

一、試驗材料

本試驗於 2005 及 2006 年分別在宜蘭縣三星鄉李姓及林姓農民的嫁接梨果園進行試驗。每年早春使用來自日本新潟「豐水」梨含花苞枝條為接穗，嫁接在 12 年實生橫山梨的徒長枝為砧木上所生長發育的果實為試驗材料。

二、試驗方法

(一)果實之生長分析與生理成熟度

1.果實生長分析

本試驗果實材料於 2004/12/30 嫁接，2005/1/24 花盛開。花後 25 天(2/18)，選取 4 棵試驗果樹。由於嫁接梨為棚架整枝栽培，根據穗砧嫁接部位距離主幹 0~1.5、1.5~3 及 3~4.5 公尺，分別區分為著果樹冠內部、中間及外緣等 3 種部位之果實進行生長調查，每 1 種著果部位的果實各調查 4 袋，每袋 4

果，計 16 個果實。所用 4 層套袋係由牛皮紙和兩層黑報紙及白報紙組成。每週以電子式游標卡尺(日本, Mitutoyo)測量果實縱徑及橫徑。縱徑是果柄部至果蒂部的距離，橫徑為果實赤道部最寬之距離。

- (1) 累積生長曲線，是用果實的縱徑及橫徑作為縱坐標，開花後天數作為橫坐標繪製的曲線。
- (2) 果形指數(Fruit shape index)，是將所測得果實之縱徑除以橫徑所得之商數。
- (3) 絕對生長速率(AGR)，單位時間內果實縱徑與橫徑之淨生長量。計算公式為： $AGR = (w_2 - w_1) / (t_2 - t_1)$ ；式中 w_2 和 w_1 分別是在時間 t_2 和 t_1 測得的縱徑與橫徑(高, 1987; 鄭等, 1999)。
- (4) 相對生長速率(RGR)，單位時間內果實縱徑與橫徑相對於基數的增長百分率，計算公式為： $RGR = [(w_2 - w_1) / w_1] / (t_2 - t_1) \times 100\%$ ；式中 w_2 和 w_1 分別是在時間 t_2 和 t_1 測得的縱徑與橫徑(高, 1987; 鄭等, 1999)。

2.果實之生理成熟度(Physiological maturity)

生理成熟度的理論值，利用果實縱徑之絕對生長曲線下降階段作線性迴歸(linear regression)，將迴歸直線延長與表示開花後天數的橫軸相交，此交點即為估計果實生長停止期，亦即為生理成熟度(Lee and Young, 1983)。

(二)高成熟度果實之形質分析及水心症調查

在 2005/07/15 果實生長調查後，立即採收分佈於冠外、冠中、冠內花後 172 天高成熟度果實各 4 袋，每袋 4 個計 16 個果實，進行果品分析及水心率調查。

1.果實品質分析

- (1) 果實重量：使用電子天平(台製，JWE-6K)稱取果實鮮重，讀值取至小數點第一位，單位為公克。
- (2) 果實呼吸率：將果實秤重後裝入 9 公升呼吸缸內，密封 2 個小時後，以注射針筒抽取 1ml 氣體，樣品以紅外線二氧化碳分析儀(美國，CO₂ analyzer, climax model CM11A)測量二氧化碳濃度，計算其呼吸率，單位以mgCO₂/kg/hr表示。採密閉式系統的呼吸率計算法(蔣，

1986)。

- (3) 果肉硬度：以物性測定儀(英國, SMS TA-XT2)用3號探針(直徑為0.3mm)在梨果實赤道部位分取對應的兩點削皮後測定，求取平均值。以 g/cm^2 表示。
- (4) 可溶性固形物含量：將果肉榨汁後，以數位屈折計(日本, ATAGO PR-101)測定之，以 $^{\circ}\text{Brix}$ 表示。
- (5) 果肉可滴定酸含量：將果肉榨汁後，以自動電位可滴定酸測定儀(瑞士, 702 SM Titrino)測定之，設定 $\text{pH}=7.0$ ，以0.1N之NaOH溶液滴定，在室溫 25°C 下進行，單位為 $\%$ 。
- (6) 果肉的鈣和鉀含量：使用反射式光度計(德國, Merck RQ flex plus)將果汁稀釋至1000倍後，使用試紙插入儀器測試之，計算單位為 g/l 。
- (7) 觀察種子的數目：將果心部挖開後取出內部

種子，計算顆數。

2. 水心症發生率調查

將‘豐水’梨果實縱切(果柄至果蒂)為兩半，果肉切面上肉眼明顯可見呈半透明水浸狀的情形者，如圖1之B、C、D屬之，即紀錄為發生水心症的果實。而水心症發生率，係以果肉水浸狀果實數 \div 供試樣品的果實總數 $\times 100\%$ 表示之。

(三) 採收成熟度對果實品質及水心症之影響

1. 公元2005年試驗

供試驗果實於2005/01/30嫁接，02/20花盛開，在6/21、6/28、7/05、7/12、7/19採收，採收成熟度分別為花盛開後120、127、134、141、148天。在隨機選定的8棵試驗梨樹上，每次隨機選樹冠內、中、外各2袋果實，每袋4果，計8個果實。當天運抵處理實驗室，進行果實品質分析及水心症發生率調查。果品分析項目如上述(二)的第1項。

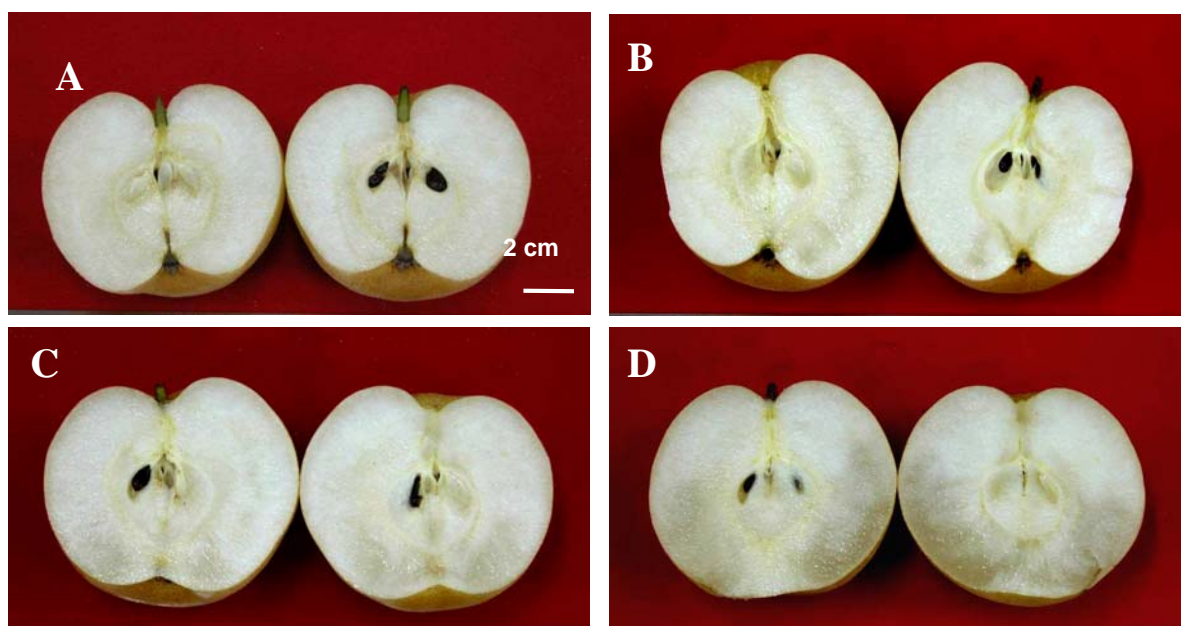


圖1 ‘豐水’梨不同程度之水心症及其指數，(A)正常，指數0、(B)輕微，指數1、(C)中度，指數2、(D)嚴重，指數3。橫線代表2公分。

Fig. 1 Index of incidence on watercore in flesh of ‘Hosui’ pear fruits (A) sound, 0, (B) slight, 1, (C) middle, 2, (D) serious, 3. The bar represents 2 cm.

2. 公元 2006 年試驗

試驗果實於 2005 年 12/26 嫁接，2006 年 1/20 花盛開，於 6/16、6/23 及 6/30 採收，果實成熟度為花後 145、152 及 159 天。試驗果樹共 10 棵，每次採收樹冠外緣、內部各 10 袋果實，每袋 3 果，計 30 果。當天運抵處理實驗室。首先去除腐爛果，接著進行果實品質分析，項目如上述(二)的第 1 項。並調查水心症發生率及水心症程度指數及係數。

(1)水心症發生指數：將果實縱切觀察水心症發生程度，根據Kajiura 等人(1981)的標準分為 4 個等級，依序為 0，1，2，3。0：健全；1：1cm² 以下、半透明的水浸狀；2：1cm²以上、透明水浸狀，占縱切面積的 1/3 以下；3：1cm²以上、透明水浸狀，且占縱切面積的 1/3 以上，詳如圖 1 所示。

(2)水心症係數：(各個果實之水心症指數 × 發生果實數)之總和 ÷ 調查總果數。

三、統計分析

試驗數據以 Microsoft Excel (2003)軟體進行計算及繪圖。部分資料則以 SAS (Statistic Analysis System)套裝軟體進行 ANOVA 分析，利用鄧肯氏多變域分析檢測(Duncan's Multiple Range Test)，各處理的差異顯著水準為 5%。

結 果

一、果實之生長分析及生理成熟度

(一)果實之生長調查及累積生長曲線

圖 2(A,B)顯示分佈於樹冠外、中、內果實的縱徑及橫徑之累積生長曲線，其變化趨勢都類似於單 S 曲線(Single sigmoid curve)。但是 3 種不同著果部位果實之縱、橫徑之累積生長變化並不一致。就縱徑之累積生長而言，在果實發育的初期及中期，即花後 116 天(5/20)以前，以冠外最大，冠中次之，冠內再次之。果實發育後期，則以冠中最大，冠外次之，冠內再次之。就橫徑之累積生長而言，在果實發育的初期及中期，即花後 95 天(4/29)以前，以冠外最大，冠中次之，冠內再次之。果實發育中期

之後，則以冠中最大，冠外次之，冠內再次之。冠內果實在發育的後期，即花後 137 天(6/10)超越冠外果實，直到花後 172 天。上述結果顯示，果實發育初期以冠外縱、橫徑生長量最大，發育中期，冠中果實先追上冠外，而冠內果實則在後期趕上冠外。

(二)果實之絕對生長速率(AGR)及相對生長速率

圖 2(C,D)顯示，3 種不同著果部位果實之縱、橫徑的絕對生長速率之變化。花後 116 天，冠外與冠內果實縱徑之 AGR，達最大的生長高峰，分別為 0.79 與 0.83 mm/day；而冠中果實則在花後 123 天達到生長高峰，為 0.83 mm/day。前述 3 者在達到生長高峰後，AGR 不斷波動但仍呈逐漸下降趨勢。而橫徑 AGR 方面，冠外、中及內之果實在花後 109 天達到生長高峰，分別是 0.84、1.05 及 1.04 mm/day。其後和縱徑相同 AGR 不斷波動但仍呈逐漸下降趨勢。3 種不同著果部位果實之縱、橫徑 AGR 呈現鐘形(Bell shape)的曲線。

圖 2(E,F)顯示出不同著果部位果實之縱徑與橫徑的相對生長速率之變化。冠外、冠中及冠內果實縱徑的 RGR，分別於花後第 32 或 46 天達最高峰，分別為 1.82、2.11 及 3.05%；花後 46 至 109 天間縱徑的 RGR 不斷的下降，及至 116、123 天出現次高峰而後再不斷的下降。至於橫徑的 RGR 也有類似的趨勢。於花後第 32 或 46 天為最高峰，分別為 2.38、3.25 及 3.59%，次高峰在花後 109 或 106 天出現。

(三)果實之果形指數

果實發育初期，縱徑生長量大於橫徑。果形指數大於 1，從 1.2 到 1.0 之間，梨果形呈長圓形。但於花後 60 天(3/15)後，冠內及冠中果實之橫徑開始大於縱徑，果形指數已經開始小於 1 為 0.98，而著果部位於冠外者，其果形指數則在花後 74 天(4/8)為 0.99。從此以後，橫徑生長速度較縱徑快，其果形指數逐漸下降，於花後 109 天(5/13)冠中及冠內果實果形指數已降低至 0.89，冠外果實在花後 123 天(5/27)降為 0.89。直至採收時(7/15)，冠外、冠中、冠內果形指數分別為 0.89、0.85 及 0.84。‘豐水’梨

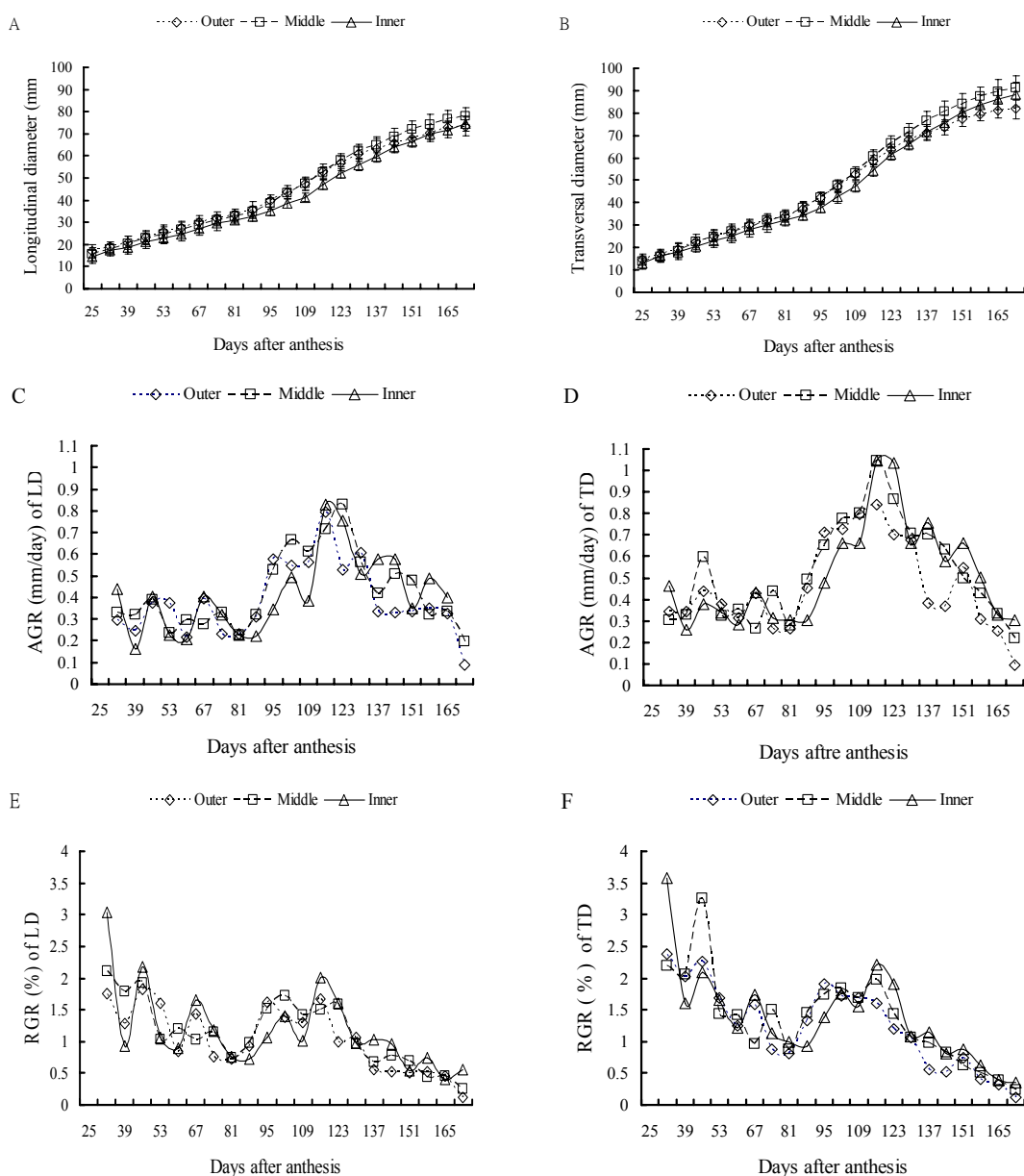


圖 2 不同著果部位‘豐水’梨發育期間之生長調查及分析：(A)縱徑累積生長，(B)橫徑累積生長，(C)縱徑絕對生長速率，(D)橫徑絕對生長速率，(E)縱徑相對生長速率，(F)橫徑相對生長速率。每個數值為 16 個樣本平均值。豎棒(I)代表標準誤差

Fig. 2 Measurement and analysis of ‘Hosui’ pear fruits from inner, middle, and outer canopy positions during developmental period, changes in (A) cumulative growth of longitudinal diameter (B) cumulative growth of transversal diameter (C) AGR of longitudinal diameter and (D) AGR of transversal diameter (E) RGR of longitudinal diameter and (F) RGR of transversal diameter. Each value represents the mean of 16 replicates. Bars indicate means \pm S.E.

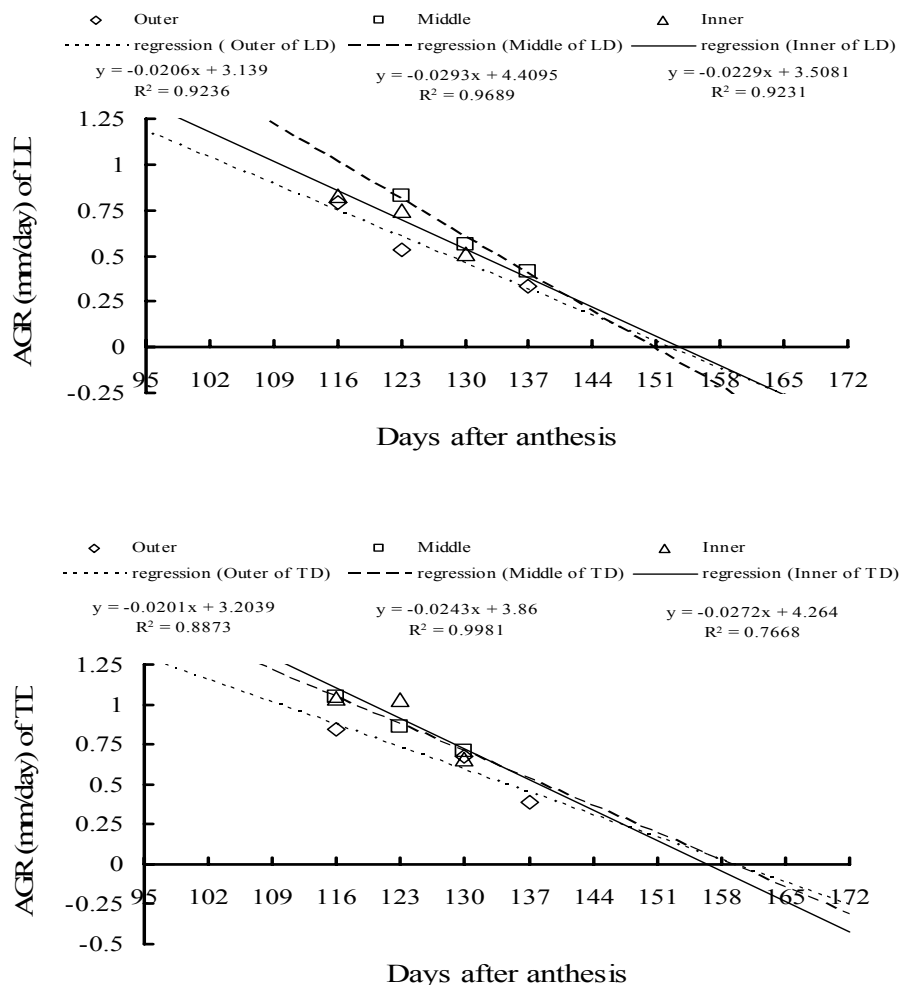


圖 3 以‘豐水’梨果實縱徑(上圖)及橫徑(下圖)的絕對生長曲線下降部分，作線性 歸線與橫軸交點，估算為果實的生理成熟度理論值。

Fig. 3 Regression line of AGR in longitudinal diameter (LD) and transversal diameter (TD) of fruits during the declining growth-rate period. Physiological maturity is the point where the line intersects the date axis.

的果形指數，隨著果實發育日數的增加而逐漸下降，從長圓形逐漸轉變為扁圓形。無論著果於樹冠外、冠中或冠內的果實均有相似的趨勢。

(四)果實之生理成熟度

圖 3 顯示以‘豐水’梨果實的縱及橫徑絕對生長曲線下降部分，作線性迴歸線並與橫軸交點之日期，作為估算果實之生理成熟度的理論值。就縱徑而言，分佈於冠外、中及內果實的生理成熟度分別為花後 152、150 及 153 天。而橫徑為 160、159 及 158 天。

二、高成熟度‘豐水’梨果實之品質分析及水心症調查

表 1 顯示高成熟度與著果部位對‘豐水’梨品質及水心症之影響。花後 172 天高成熟度‘豐水’梨之果肉硬度、呼吸率、種子顆數及可滴定酸含量、鈣及鉀含量穩定，在不同著果部位間並無差異存在。就果實重量而言，高成熟度梨之重量平均達 342 公克，著果於樹冠中間者最重，其次是冠內，分佈於冠外者最低。可溶性固形物含量達 12.7 °Brix 以上，其中以分佈冠外及冠中者較之於冠內者為高，且差

表 1 花後 172 天高成熟度‘豐水’梨之果實品質及水心症發生率

Table 1 Fruit quality and percentage of watercore in flesh of ‘Hosui’ pear at high maturity (172 days after anthesis)

著果部位	果實重量 (g)	果肉硬度 (g/cm ²)	呼吸率 (mgCO ₂ /kg/hr)	種子顆數	可溶性固形物 (°Brix)	可滴定酸 (%)	鈣 (g/l)	鉀 (g/l)	水心症發生率 (%)
冠外	304.3±92.6 ^y b ^z	335.8±93.6 a	16.4±6.3 a	10±1 a	12.9±0.7 a	0.18±0.02 a	9.5±1.1 a	2.2±0.3 a	50
冠中	397.6±95.4 a	297.3±87.7 a	12.1±3.5 a	10±1 a	12.8±0.4 a	0.18±0.03 a	9.2±0.9 a	2.1±0.3 a	56
冠內	326.3±84.8 ab	296.3±65.6 a	14.8±3.5 a	10±1 a	12.3±0.3 b	0.17±0.02 a	9.9±0.8 a	2.2±0.3 a	69
平均	342.7±48.8	309.8±22.5	14.4±2.2	10±1	12.7±0.3	0.18±0.01	9.5±0.4	2.2±0.1	58

^z同行數字後方英文字母相同者，表示未達鄧肯氏多變域分析 5%顯著差異水準。^zMeans followed by the same letter in each column are not significantly different by Duncan’s multiple test at 5% level.

^y平均值 ± 標準誤差 (n=16)。^yMean ± standard error. (n=16).

異顯著。就水心症發生率而言，不論著果部位為何，高成熟度果實之水心症的發生率偏高，平均達 58%。其中著果冠內者最為嚴重高達 69%，依序為冠中 56%，冠外 50%。

三、採收成熟度對‘豐水’梨果實品質與水心症之影響

(一)公元 2005 年試驗

表 2 顯示 6/21、6/28、7/5、7/12、7/19 採收花後 120、127、134、141、148 天不同採收成熟度的果實，對‘豐水’梨果實品質及水心症發生率的影響。果實重量以花後 120 天果實最輕，148 天者最重；係隨著採收成熟度增加而增加，並且花後 134 天以前及以後的果實重量差異較為明顯。就採收成熟度相同而著果部位不同果實的重量言，分佈於冠外及冠中者稍微大於冠內，但差異並不顯著。花後 120 天的果肉硬度最高，而花後 148 天者最低。果肉硬度隨著成熟度的增加，有明顯下降的趨勢，且差異顯著。而著果部位不同對果肉硬度的影響，並無明顯一致的趨勢。果實呼吸率隨著成熟度的增加而有增加的趨勢，以花後 127 天較低、而花後 134 及 148 天的果實呼吸率較高。並且冠內果實普遍較冠外者為高。果心內的種子數在 10 到 11 顆間，差異性不大。可溶性固形物含量，顯著地隨著成熟度增加而增加，花後 120 及 127 天的果實平均可溶性固形物含量在 10°Brix 以下；而花後 148 天果實之含量均達 12°Brix 以上。不論是成熟度或著果部位

對果肉可滴定酸含量影響不大，酸度值在 0.22 到 0.17%之間。

水心症的發生率隨著採收成熟度增加而提高，由低到高五個成熟度果實的水心症發生率，分別為 0、4、4、13 及 26%(表 2)。圖 4 進一步顯示，梨果實水心症的發生率和採收成熟度、果實重量、果肉硬度及可溶性固形物含量間具有高的線性相關性；其中以可溶性固形物含量呈最高的正相關性 ($R^2=0.93$)，採收成熟度($R^2=0.90$)次之，果實重量再次之($R^2=0.73$)，而果肉硬度呈現高的負相關性 ($R^2=0.87$)。綜之，採收成熟度愈高的梨果，水心症發生率愈高，而且果實重量及可溶性固形物含量也較高；相反地，果肉硬度則較低。

(二)公元 2006 年試驗

表 3 數據顯示採收成熟度與不同著果部位對梨果實品質及水心症之影響。就花後 145、152 及 159 天的梨果實而言，3 個採收成熟度對果實重量並無明顯的影響。惟著果部位不同對果實重量高低的影響有顯著差異，冠外較冠內為高。花後 145 天低成熟度果實之果肉硬度最高，明顯的高於 152 及 159 天較高成熟度者；但後 2 者間的差異未達顯著水準。果肉的可溶性固形物含量，隨著成熟度增加而增加，且不同成熟度之間差異顯著。著果部位對可溶性固形物含量的影響不大，差異也不顯著。梨果實之水心症係數及其發生率，隨著採收成熟度的增加而提高。由低到高 3 個採收成熟度果實的水心症

係數分別為 0.31、0.47 及 0.81，而水心症發生率，分別為 25、39 及 43%。梨果實水心症的發生率和採收成熟度、果實重量、果肉硬度及可溶性固形物含量之間的相關性，經直線迴歸分析，採收成熟度 ($R^2=0.96$)與可溶性固形物含量 ($R^2=0.88$)具有較高相關性，果實重量相關性較低 ($R^2=0.41$)。而果肉硬度呈現中度的負相關性 ($R^2=0.57$)。同時，不論是那一個成熟度果實，分佈冠內者水心症係數及發生率均較分佈冠外者為高。

表 2 果實採收成熟度與著果部位對‘豐水’梨品質及水心症之影響(2005 年)

Table 2 The influences of harvest maturity and canopy position on fruit quality and incidence of watercore in flesh of ‘Hosui’ pear fruits in 2005.

採收日期 (花後天數)	著果 部位	果實 重量 (g)	果肉 硬度 (g/cm ²)	呼吸率 (mgCO ₂ /kg/hr)	種子 顆數	可溶性固 形物 (°Brix)	可滴定酸 (%)	水心症 發生率 (%)
6 月 21 日 (120 天)	冠外	194.2±48.3 ^y d ^z	446.3±39.3 cde	13.4±1.4 cd	10±1 abc	9.6±0.2 ef	0.19±0.03bcd	0
	冠中	189.3±27.3 d	516.2±62.9 ab	14.5±2.4 bcd	10±1 abc	9.5±0.2 f	0.18±0.01bcd	0
	冠內	184.4±22.7 d	567.6±45.6 a	15.8±0.9 bc	10±1 abc	8.6±0.2 g	0.19±0.02bcd	0
	平均	189.3±4.9	510.0±60.9	14.6±1.2	10±0	9.2±0.6	0.19±0.01	0
6 月 28 日 (127 天)	冠外	223.1±26.0 d	468.6±68.1 bcd	12.9±1.3 d	10±0 abc	10.2±0.4 d	0.19±0.02bcd	0
	冠中	225.4±25.0 cd	437.3±55.3 cde	13.1±0.6 cd	10±1 bc	9.8±0.2 def	0.19±0.01bcd	0
	冠內	192.3±24.8 d	370.4±25.2 fg	15.5±1.9 bcd	11±1 ab	9.9±0.4 def	0.18±0.01cd	13
	平均	213.6±18.5	425.4±50.2	13.8±1.4	10±1	10.1±0.2	0.19±0.01	4
7 月 5 日 (134 天)	冠外	322.7±94.4 a	494.0±78.9 bc	17.2±0.6 b	11±1 a	10.1±0.8 de	0.22±0.04a	0
	冠中	316.7±33.7 a	427.7±50.9 cdef	15.7±0.7 bc	11±1 ab	10.6±0.5 c	0.19±0.01bcd	13
	冠內	228.8±30.4 cd	449.9±57.4 cde	20.7±0.1 a	9±0 c	9.8±0.2 def	0.19±0.01bcd	0
	平均	289.4±52.6	457.2±33.7	17.9±2.6	10±1	10.2±0.4	0.20±0.02	4
7 月 12 日 (141 天)	冠外	318±82.3 a	406.1±57.7 def	16.3±0.3 b	11±1 ab	11.5±0.4 b	0.19±0.03bcd	13
	冠中	318±82.3 ab	428.0±38.8 cdef	16.7±1.2 b	11±0 abc	11.5±0.3 b	0.20±0.02ab	13
	冠內	236.9±42.0 bcd	383.9±57.0 efg	16.3±0.3 b	10±0 abc	11.3±0.3 b	0.20±0.01ab	13
	平均	291.0±46.8	406.0±22.1	16.4±0.2	11±1	11.4±0.1	0.20±0.01	13
7 月 19 日 (148 天)	冠外	336.8±54.8 a	447.1±68.9 cde	14.6±1.4 bcd	10±1 abc	12.2±0.7 a	0.20±0.03abc	13
	冠中	333.1±58.1 a	338.9±72.7 f	16.4±0.3 b	10±1 abc	12.3±0.3 a	0.17±0.02d	25
	冠內	280.5±70.7 abc	417.9±59.9 def	20.2±0.9 a	10±0 abc	12.2±0.6 a	0.22±0.03a	38
	平均	316.8±31.5	401.3±56.0	17.1±2.9	10±0	12.2±0.1	0.20±0.03	25

^z同行數字後方英文字母相同者，表示未達鄧肯氏多變域分析 5%顯著差異水準。^yMeans followed by the same letter are not significantly different by Duncan’s multiple test at 5% level.

^y平均值 ± 標準誤差 (n=8)。^y Mean ± standard error (n=8).

討 論

一、‘豐水’梨果實之生長分析

果實之累加生長曲線係以果實的縱徑及橫徑等作為縱座標，以時間作為橫座標所繪製之 (Coombe, 1976)。圖 2(A,B)為嫁接‘豐水’梨分佈樹冠

外緣、中間及內部的果實之發育，皆呈單 S 型生長曲線，和蘋果、草莓、核桃、梨、板栗、香蕉、鳳梨、橙類(Coombe, 1976)及簡易隔雨設施下的‘豐水’梨(葉, 2001)相似。梨果實發育初期以冠外果實的縱、橫徑之生長量最大，發育中、晚期則以冠中果實最大，冠內者在後期才超越冠外(圖 2 A,B)。較早發育的梨果實，較快進入生長緩慢停滯狀態，而

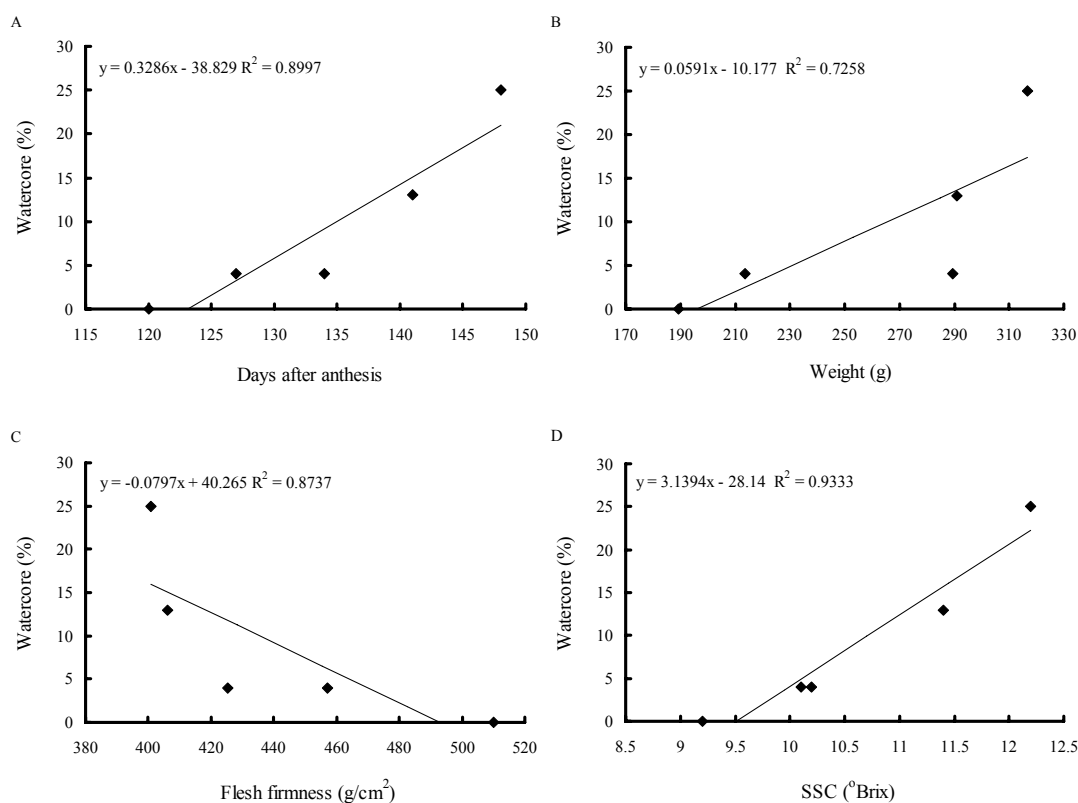


圖 4 ‘豐水’梨果肉水心症發生率與(A)果實採收成熟度、(B)果實重量、(C)果肉硬度及(D)可溶性固形物含量之相關性(2005 年)

Fig. 4 Relationships between incidence of watercore and harvest maturity (A), fruit weight (B), flesh firmness (C) and soluble solid content (D) of ‘Hosui’ pear fruits in 2005.

表 3 果實採收成熟度與著果部位對‘豐水’梨品質及水心症之影響(2006 年)

Table 3 The influences of harvest maturity and canopy position on fruit quality and incidence of watercore in flesh of ‘Hosui’ pear fruits in 2006.

採收日期 (花後天數)	著果 部位	果實重量 (g)	果肉硬度 (g/cm ²)	可溶性固形物 (°Brix)	水心症發生程度指數				水心症 係數	水心症 發生率 (%)
					0	1	2	3		
6 月 16 日 (145 天)	冠外	267.9±57.6 ^{ybcz}	318.8±41.5 a	10.9±0.3 cd	24	5	0	1	0.27	20
	冠內	259.8±49.2 c	316.4±41.2 a	10.8±0.7 d	22	7	1	0	0.30	27
	平均	263.9±5.7	317.6±1.7	10.9±0.1	23	6	0.5	0.5	0.29	23
6 月 23 日 (152 天)	冠外	320.7±51.7 a	285.4±38.1 bc	11.1±0.4 bc	20	10	0	0	0.33	33
	冠內	296.5±53.5 ab	265.8±37.0 c	11.3±0.6 b	16	13	0	1	0.53	47
	平均	308.6±17.1	275.6±13.8	11.2±0.1	18	11.5	0	0.5	0.43	38
6 月 30 日 (159 天)	冠外	291.5±46.9 abc	307.9±45.8 ab	11.6±0.5 a	20	5	2	3	0.60	33
	冠內	278.0±66.1 bc	276.0±46.8 c	11.7±0.7 a	13	7	7	3	1.00	57
	平均	284.8±9.5	292.0±22.6	11.7±0.1	16.5	6	4.5	3	0.81	45

^z同行數字後方英文字母相同者，表示未達鄧肯氏多變域分析 5%顯著差異水準。^cMeans followed by the same letter in each column are not significantly different by Duncan’s multiple test at 5% level.

^y平均值 ± 標準誤差 (n=30)。^y Mean ± standard error. (n=30).

較晚發育的果實，則是在後期有較大的累積生長量。

典型的絕對生長速率曲線多半呈鐘形，可明白顯示何時具有最大的生長速率(Opara, 2000)，同時也呈現出果實的生長速率均表現出慢、快、慢的生長規律。例如苦瓜之AGR在達到最高峰時，其後不斷地漸減下降，曲線亦呈鐘形(郭等, 1988)。圖2(C,D)顯示分佈冠外與冠內‘豐水’梨縱徑之AGR在花後116天達最大的生長速率，而冠中者則在123天到達；而3個不同著果部位果實之橫徑的AGR都於花後116天達到，顯示果實在此階段的生長速率為最快。花後172天冠外、中及內的果實之AGR幾乎都已下降到最低，但是皆未到達0的完全停滯狀態。‘豐水’梨的AGR曲線，雖然沒有呈現一個典型的鐘形，然而仍表現出慢、快、慢的生長規律。無法呈現典型的鐘形曲線，可能是受限於嫁接套袋每穗4果、而每個果實有大小不一的現象，並且AGR本身並不能解釋幼果的不同大小，因而使得生長測量的應用受到限制所致(Opara, 2000)。

相對生長速率，為單位時間內的增加量占原有數量的比率(Opara, 2000)。郭等人(1988)指出苦瓜果實的果長、果徑之RGR在授粉後初期，並沒有呈現水平的現象，暗示苦瓜在這段期間並沒有真正的指數生長發生，或者可能在授粉前幼果(子房)已經完成細胞分裂。‘豐水’梨果實從發育初期，並無呈現水平保持不變狀態，顯示梨果實沒有一個明顯的指數生長情形，暗示吾人並未測量到梨果實細胞分裂的階段。本試驗從花後25天開始測量，也許是太晚執行而錯過了這個階段(圖2 E,F)。值得進一步的探究。

果實的RGR敏感性很高，會受到生長條件的不同而有所差異(Opara, 2000)。桃果樹有無疏花的處理以及疏花時期早晚，均會影響果實RGR曲線表現，疏花後會提高RGR，因為疏花提高養分積貯的可利用性(Grossman and Dejong, 1995)。「豐水」梨嫁接栽培期間，落果是普遍存在的問題。本試驗中落果並不參與繪圖及統計，但是對果實養分的積貯競爭可能產生不一的影響，並且落果的時間均不

同，因此可能導致嫁接‘豐水’梨之RGR產生不斷起伏的現象。無論如何，分佈冠外、中及內三個部位果實之RGR，基本上都是由高慢慢降為低的趨勢(圖2 E,F)。另外，三星地區的氣候變幻無常，經常早上出大太陽，至下午時轉陰或下雷陣雨，為一個極不穩定的微氣候現象，造成光、水、溫度等外在環境因子很大的變化。因此，在各種不確定的環境因子下，造成‘豐水’梨果實的生長及發育，不斷此起彼伏快慢相間的現象。

至於果形指數，係果實縱徑與橫徑的比值，可以瞭解果實外形在發育過程中的變化，以及做為栽培品種的特徵。‘豐水’梨果形指數於發育初期(3/15以前)，因果實縱徑生長比橫徑快而大於1，中期(3/25)以後橫徑生長較縱徑為快、指數逐漸下降而小於1，分佈樹冠內部、中間及外緣之梨果在發育後期(5/13以後)之果形指數已低於0.9，及至採收時(7/15)三者之果形指數分別為0.84、0.85及0.89，果實外觀明顯呈扁圓形。由此可知‘豐水’梨果實在發育期間縱、橫徑生長速度之差異，會影響果形指數之變化而改變果實外觀形狀。Westwood (1961)曾提出蘋果、西洋梨、和桃果實的果形指數在發育初期的比值較高，而中期以後呈現逐漸下降之趨勢。除此之外，果形指數會依果實之種類、栽培品種、種子數目、使用植物生長調節劑、砧木及其栽培環境不同而有所差異(Westwood, 1993)。

二、果實之生理成熟度及採收成熟度

在果實發育過程中，成熟(Maturation)表示它的生長已達到生理成熟度、或園藝(採收)成熟度(Horticultural maturity)的階段(Watada *et al.*, 1984)。生理成熟度表示果實的生長，已達到縱使脫離母體而仍然能夠繼續其個體之發育(Ontogeny)者(Watada *et al.*, 1984)，或指當外觀的物理生長(Physical growth)完成之時期(Lee and Young, 1983)。圖3為嫁接‘豐水’梨的生理成熟度估算值。就縱徑而言，分佈於冠外、中及內之梨果的生理成熟度分別為花後152、150及153天。而橫徑為160、159及158天。和Campbell (2002)指出‘豐水’梨果實在開花後145至150天達採收成熟度而可以採

收，相差 7 到 15 天。而與簡易隔設施下‘豐水’梨盛花後 130-140 天可以採收，則相差了 10-20 天(葉, 2001)，其原因可能與宜蘭三星地區日照相對不足且日均溫較低有關。徐與黃(2000)認為台灣嫁接梨果實常依盛花後或嫁接後天數來判斷採收期，容易受到每年氣候變動而影響，因此生長積算溫度在台灣尚無可靠數字可以運用。許多學者也指出，植物生長是不斷利用光線、二氧化碳、無機鹽與水，又以氣體或揮發性物質以及熱能離開的一個開放式系統(open system)，是一個極端複雜的過程。然而計算生長的方程式都是在封閉系統(closed system)之前提下導出的，因此任何單一計算方程式畫出的曲線，自然存在許多樣品本身，及外在環境等各種影響因素的問題存在(高, 1987)。

園藝上的採收成熟度，著重於果實的生長或發育階段，已臻具有消費或利用所要求的條件之時期稱之(Watada *et al.*, 1984)。採收成熟度的判斷，有時只用一種方法不易正確，使用 2 種或多種指標，再加上經驗去判斷才可增進確實性(劉, 1995)。到底要如何判斷台灣特有低海拔生產嫁接梨之果實成熟度呢？徐與黃(2000)他們推薦給專業果農的方法有：果臍部肥厚、果皮由粗糙轉細緻平滑，果點消失、種子由白色轉變為褐黑色、果皮出現蠟質、果肉可溶性固形物增加，香氣逐漸濃厚及果皮呈現品種特有色澤。但是台灣嫁接梨以多層紙袋套袋，經拆卸套袋再依上述要點進行判別其果實採收成熟度，在實務上並不容易。

三、高成熟度‘豐水’梨果實之形質分析及水心症調查

通常，嫁接梨果實進入成熟期，可溶性糖急速累積，種子變為黑褐色，最後果肉部分快速增大而後生長停止，果皮表現品種特有色澤(徐與黃, 2000)。圖 3 顯示三星地區嫁接‘豐水’梨的生理成熟度理論值，應該為花後 150 到 160 天間。因此，前一節經生長調查的果實樣本在花後 172 天採收，並進行品質分析，實已超過適當採收時期而有完熟(ripe)、甚至過熟(over ripening)的現象。雖然果實重量超過 300 公克、種子飽滿且數量穩定、可溶性固

形物含量高達 12.7°Brix，但果肉硬度偏低而且水心症極嚴重(表 1)。其中最令人關切的是，高成熟度果實之水心症的發生率偏高，平均達 58%。Sakuma (2003)曾歸納導致‘豐水’梨產生水心症的各種因素，其中也包括了延遲採收過熟現象，會直接導致果實水心症的發生。Crisosto (2004)指出亞洲梨(‘豐水’、‘幸水’及‘新高’等)若延遲採收，會導致生理障礙的發生及嚴重程度加劇，並且提高對物理傷害的敏感性。另外，蘋果(Brown and Watkins, 1997)、鴨梨及酥梨(Crisosto *et al.*, 1994)果實，隨著採收成熟度提高，其果肉的生理障礙發生率更高。

雖然有報告指出在樹冠上方的李果實之可溶性固形物、果肉硬度均高於下方果實(Taylor *et al.*, 1993)。不過本試驗中著果部位對‘豐水’梨果實之可溶性固形物、果肉硬度、果重、鈣及鉀含量的影響，差異不顯著(表 1)。另外，值得注意的是，梨的著果部位不同會影響水心症的發生率，冠內者最為嚴重高達 69%，其次為冠中 56%及冠外 50%(表 1)。

四、採收成熟度對‘豐水’梨果實品質與水心症之影響

採收成熟度會直接影響園藝產品的大小、品質及貯藏期限等(劉, 1995)。例如，李果採收成熟度越高，其果肉硬度隨之下降，而可溶性固形物含量則隨之增加(Taylor *et al.*, 1993)。並且採收的成熟度會影響李果的貯藏壽命，成熟度越高貯藏壽命越短(Abdi *et al.*, 1997)。芒果的果實重量、體積及可溶性固形物隨著果實成熟度增加而增加(李等, 1998)。因此採收前判斷適當的採收時間，往往決定採收後產品的品質(Ferguson *et al.*, 1999)。

圖 2 及表 1, 2, 3 顯示，‘豐水’梨果實重量隨著採收日期的遞延而持續增加，直到花盛開後 151 天後，增加的速率才明顯地降低。其可溶性固形物含量及水心症發生率，隨著採收成熟度及果實重量的增加而增加，而果肉硬度、呼吸率及可滴定酸含量則隨之穩定的下降(表 1, 2, 3)。花後 134 及 148 天的果實呼吸率較高，尤以冠內果實偏高(表 2)，其原因可能是冠內果實較小，而表面積與容積比較大，氣體交換容易，因而呼吸率較高(劉, 1995)。

表 2 結果顯示隨著採收成熟度提高 (採收日期遞延), ‘豐水’梨之可溶性固形物含量明顯地增加, 但可滴定酸含量並沒有顯著地減少。可溶性固形物含量增加的原因, 可能和梨樹主要的光合同化產物山梨糖醇由葉片運移到果實, 並接著轉變為果糖和葡萄糖, 最後轉化為蔗糖或澱粉有很重要的關係 (Yamaki and Moriguchi, 1989)。日本的研究指出, ‘豐水’梨的果皮底色指數和果實成熟度及水心症發生比例之間有很高的相關性, 因此常使用色卡 (Color chart) 比對果皮底色, 判斷‘豐水’梨成熟度並預測水心症是否發生 (Kajiura *et al.*, 1976; 1981)。但台灣低海拔地區‘豐水’梨的嫁接栽培法, 和日本迥然不同。宜蘭三星地區果農常用四層牛皮紙袋, 在‘豐水’梨的幼果時期就予以套裹直到採收後出貨前才除袋, 因此要利用底色判斷果實成熟度, 實務上甚為困難。

兩年的試驗得知, 採收成熟度愈高的梨果, 其水心症之發生率明顯提高, 果實重量及可溶性固形物含量也一同隨之顯著地增加; 相反地, 果肉硬度降低而且差異顯著 (表 2, 3)。圖 4 指出嫁接‘豐水’梨水心症的發生率與採收成熟度、可溶性固形物及果肉硬度間具有很高的相關性。此結果與 Kajiura 等人 (1976; 1981) 的報告相同: 即果實的成熟度增加, 其水心症的發生率及嚴重性增加; 水心症和果肉硬度呈現負相關, 而和可溶性固形物含量為正相關。金煌芒果也有隨著果實成熟度提高, 其果肉劣變發生率加劇的現象 (李等, 1998)。另外, Taylor 等人 (1993) 和 Abdi 等人 (1997) 發現不論李果在樹冠的著果位置為何, 提高採收成熟度都會增加果實內部崩解或膠狀崩解 (Gel breakdown) 的發生率, 並且隨著貯藏期的延長發生率會提高。綜合上述, 若要進一步減少‘豐水’梨水心症的發生, 一個適合的採收成熟度是相當重要的, 值得吾人深入的探討與研究。

結 論

宜蘭三星地區嫁接‘豐水’梨果實的縱徑與橫徑

之累積生長呈單 S 曲線。果實生長初期縱徑大於橫徑, 故果形指數大於 1; 而中期以後橫徑生長速率比縱徑快, 果形指數逐漸下降而小於 0.9, 果實成熟時呈扁圓形。梨果實的絕對生長速率曲線呈鐘形, 表現慢、快、慢的生長規律。以果實絕對生長曲線下降部分, 估算‘豐水’梨的生理成熟度, 為花盛開後 150 至 160 天。2005 及 2006 年試驗結果顯示, 果實成熟度愈高, 其果肉水心症發生率愈高, 果實重量及可溶性固形物含量也較高; 相反地, 果肉硬度較低。經線性迴歸分析, 水心症發生率與採收成熟度、可溶性固形物含量間具有高的正相關性, 而與果肉硬度間具有高的負相關性。

誌 謝

本研究承行政院農業委員會農糧署委辦計畫 (94 及 95 農科-1.3.2-糧-Z1) 之經費補助, 特表謝忱。本校退休教授呂宗佳博士提供寶貴意見, 石正中教授慨借儀器, 王紹婷、洪志良、朱峯震、賴宗柏及黃宛如同學協助試驗進行, 謹此致謝。

參考文獻

- 李雪如、林慧玲、謝慶昌、李國權。1998。果實成熟度對‘金煌’檬果品質及果肉劣變之影響。中國園藝 44:138-143。
- 徐信次、黃和炎。2000。嫁接梨之栽培管理。台南區農業改良場技術專刊。pp.29。行政院農委會。
- 高景輝。1987。植物生長與分化。pp. 7 -12。茂昌圖書有限公司。台北。
- 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 36:167-171。
- 葉俊隆。2001。不同來源嫁接梨穗在簡易隔雨設施下的生長與結實表現。國立台灣大學園藝學研究所碩士論文。台北。
- 張榕生。1979。橫山梨嫁接新世紀梨之初步觀察。科學農業 27:52-55。
- 劉富文。1995。園產品採收後處理及貯藏技術。

- pp.178。台灣省青果運銷合作社。台北。
- 劉雲聰、張哲嘉。2005。‘豐水’梨梨蜜症的發生與預防對策。梨栽培管理技術研討會專集。pp.193-215。台中。
- 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 135:34-48。
- 鄭西民、韓振海、李紹華。1999。果樹生物學。pp.102-106。高等教育出版社。北京。
- 伊庭慶昭、福田博之、榎内典夫、荒木忠治。1985。果實の成熟と貯藏。pp.98 -100; pp.122 -125; pp.310-313。養賢堂。東京。
- Abdi, N., P. Holford and W. B. McGlasson. 1997. Effects of harvest maturity on the storage life of Japanese type plums. Aust. J. Exp. Agric. 37: 391-397.
- Brown, J. H. and C. B. Watkins. 1997. Fruit maturity, carbohydrate and mineral content relationship with watercore in ‘Fuji’ apples. Postharvest. Biol. Technol. 11:31-38.
- Campbell, J. 2002. Nashi variety: Hosui. <<http://www.agric.nsw.gov.au/reader/pome-fruits/Hosui.htm>>
- Coombe, B. G. 1976. The development of fleshy fruits. Ann. Rev. Plant. Physiol. 27: 207-228.
- Crisosto, C. H. 2004. Asian pear. <http://www.ars.usda.gov/h666/03/asian_pear>
- Crisosto, C. H., D. Garner, G. M. Crisosto, S. Sibbett and K. R. Day. 1994. Late harvest and delayed cooling induce internal browning of ‘Ya Li’ and ‘Seuri’ Chinese pears. HortScience 29(6): 667-670.
- Ferguson, I., R. Volz and A. Woolf. 1999. Preharvest factors affecting physiological disorder of fruit. Postharvest. Biol. Technol. 15:255-262.
- Grossman, Y. L. and T. M. Dejong. 1995. Maximum fruit growth potential following resource limitation during peach growth. Ann. Bot. 75:561-567.
- Kajiura, I., S. Yamaki, M. Omura and I. Shimura. 1976. Watercore in Japanese pear (*Pyrus serotina* Rehder. var. ‘Culta’ Rehder). I. Description of the disorder and its relation of the disorder and its relation of fruit maturity. Sci. Hortic. 4:261-270.
- Kajiura, I., M. Omura and I. Shimura. 1981. Determination of the optimum maturity for harvest and the best harvesting index of Japanese pear (*Pyrus serotina* Rehder. var. *culta*) cv. ‘Hosui’. (In Japanese, English summary). Bull. Fruit Tree Res. Stn. A. 8:1-12.
- Lee, S. K. and R. E. Young. 1983. Growth measurement as an indication of avocado maturity. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108:395-397.
- Marlow, G. C. and W. H. Loescher. 1984. Watercore. Hort. Rev. 6:189-251.
- Opara, L. U. 2000. Fruit growth measurement and analysis. Hort. Rev. 24:373-419.
- Sakuma, F. 2003. Studies on the cultural factors which induce the occurrence of watercore in Japanese pear ‘Hosui’ (*Pyrus pyrifolia* Nakai). Spec. Bull. Ibaraki. Hort. Res. Inst. 2:1-89.
- Taylor, M. A., E. Rabe, M. C. Dodd and G. Jacobs. 1993. Influence of sampling date and position in the tree on mineral nutrients, maturity and gel breakdown in cold stored ‘Songold’ plums. Sci. Hortic. 54:131-141.
- 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 19:20-21.
- Westwood, M. N. 1961. Seasonal changes in specific gravity and shape of apple pear and peach fruits. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 80:91-96.
- Westwood, M. N. 1993. Temperature-zone pomology: physiology and culture. 3rd ed., pp. 254-280. Timber Press., Oregon.
- Yamaki, S., I. Kajiura, M. Omura and K. Matsuda. 1976. Watercore in Japanese pear (*Pyrus serotina* Rehder var. ‘Culta’ Rehder). II. Chemical changes

in watercored tissue. *Sci. Hortic.* 4:271-277.

Yamaki, S. and T. Moriguchi. 1989. Seasonal Fluctuation of sorbitol-related enzymes and invertase activities accompanying maturation of Japanese pear (*Pyrus serotina* Rehder var. *culta* Rehder) fruit. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 57:602-607.

96年02月06日投稿

96年04月02日接受