

小波羅蜜果實發育之研究

李永民¹ 劉碧鵬² 顏昌瑞^{3,*}

摘要

李永民、劉碧鵬、顏昌瑞。2014。小波羅蜜果實發育之研究。台灣農業研究 63(1):77-83。

小波羅蜜 [*Artocarpus intega* (Thumb.) Merrill] 係台灣新興熱帶果樹，目前對果實發育生理與相關生產資料國內外發表的文獻均不多。本試驗旨在建立小波羅蜜果實發育基礎資料，調查不同生育階段的果實發育生理，了解其發育與成熟過程之變化。由試驗結果，果實的橫縱徑生長曲線為單 S 型，藉由果實生長率絕對生長速率 (absolute growth rate; AGR) 與相對生長速率 (relative growth rate; RGR) 發現果實發育曲線在花後 27、55 與 83 d 有顯著變化。經解剖小波羅蜜果實乃在花後 27 d 果皮與種子以發育，而花後 55 d 假種皮的發育，最後在花後 83 d 果實生長趨於和緩，至花後 104 d 果實開始軟化成熟。因此，推測小波羅蜜果實存在階段性生長，且相互影響各部位生長。

關鍵詞：小波羅蜜、絕對生長速率、相對生長速率。

前言

小波羅蜜 [*Artocarpus intega* (Thumb.) Merrill] 英名 Chempedak，屬桑科 (Moraceae) 波羅蜜屬 (*Artocarpus*) 常綠熱帶果樹。小波羅蜜之果實較波羅蜜為小 (1-3 kg)，果皮因無乳汁方便剝食，可作為取代波羅蜜大果，較不利於小家庭消費的新興熱帶果樹 (Yen & Liou 2010)。小波羅蜜為東南亞國家山區的原生果樹，雖有商業生產但未有品種選育與栽培技術改進的觀念，以至於目前國內外研究小波羅蜜的栽培文獻極少。小波羅蜜的生長習性與同屬的波羅蜜相似 (Kanzaki *et al.* 1997)，同為多朵花組成的肉穗花序 (spadix)，每朵花均發育成一個小果，再聚合成聚花果 (collective fruits) (Chiang 1988)，其小果的發育將影響整個聚花果的發育。因此，本試驗將針對小波羅蜜果實發育進行研究，瞭解果實生長過程的變化與趨勢。

材料與方法

試驗材料

本試驗所使用材料為印尼引進小波羅蜜的種子，共計培育 23 株，種植行株距為 4 m × 1.5 m，栽植於國立屏東科技大學熱帶果園。經種植後 6 年開始產果，其植株高度約 3.5 m，樹冠寬度約 2 m，每株掛果 30 顆，平均果重約 1,200 g，且外觀圓整形沒有畸形。試驗調查時間包括 2010 年 8 月、2011 年 2 月及 2011 年 8 月三季果實。於試驗期間先給予牛糞堆肥 (有機質約 14.5%，氮約 0.4%，磷 0.2%，鉀 0.12%，比例 2:1:1；屏東科技大學畜產系生產由系上牛隻排泄製程) 與台肥 43 號混合肥料 (3:1)，共 3 次，每次約 2 kg。水分管理方面平均每週灌溉 1 次，每次噴灌約 20 min，並視天候狀況調節供水量。

試驗方法

果實發育規律研究：試驗 23 棵實生果樹，

投稿日期：2013 年 8 月 13 日；接受日期：2013 年 12 月 26 日。

* 通訊作者：yencr@mail.npust.edu.tw

¹ 國立屏東科技大學農園生產系研究生。台灣 屏東縣。

² 農委會農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所熱帶果樹系副研究員。台灣 高雄市。

³ 國立屏東科技大學農園生產系教授。台灣 屏東縣。

每棵果樹中逢機選取 15 個完整的雌花穗，待花穗授粉雌花穗柱頭萎凋後開始進行。試驗以卷尺測量各聚花果實縱徑 [果頂至果底最大距離，單位以公分 (cm) 表示] 與橫徑 [兩側果腹最大距離，單位以公分 (cm) 表示] 之變化。每 7 d 測量 1 次，直至花後 104 d 後果實開始軟化則停止測量，再以數值繪出小波羅蜜果實生長變化。(1) 果實生長曲線 (fruit growth curve)：測量之果實橫徑與縱徑變化為縱軸，以發育時間為橫軸，畫出生長曲線。(2) 果形指數 (fruit shape index)：果實縱徑/橫徑所得為縱軸，以發育時間為橫軸，畫出生長指數變化。(3) 絕對生長速率 (absolute growth rate; AGR)：單位時間內果實縱徑及果實橫徑之淨生長量。計算公式為： h_2 及 h_1 為測得的果實縱徑或果實橫徑， t_2 及 t_1 為日數： $AGR = (h_2 - h_1)/(t_2 - t_1)$ 。(4) 相對生長速率 (relative growth rate; RGR)：單位時間內果實果縱徑與果橫徑相對基數的增長百分率，計算公式：式中 h_2 及 h_1 為測得的果實縱徑或果實橫徑， t_2 及 t_1 為時間： $RGR = [(h_2 - h_1)/h_1]/(t_2 - t_1) \times 100\%$ 。

果實結構發育：試驗以編號 56-36 之小波羅蜜不易畸形果實為範本，在花朵授粉後至果實軟化約 104 d，試驗每 3 d 調查一次外觀變化，內部構造於花後 20、27、55 與 83 d 進行果實解剖，觀測果皮、假種皮與種子間構造變化，以繪圖或相片紀錄 (相機 Nikon D5000)。

結果

小波羅蜜果實生長曲線

小波羅蜜果實縱徑與橫徑至花後 83 d 停滯生長，至花後 104 d 果實開始軟化成熟，其生長發育期間的縱、橫徑變化如圖 1 所示。果實的縱徑、橫徑生產動態呈「快速生長—緩慢生長」的「單 S 型」曲線變化 (圖 1A)。果實發育生長高峰為自花後 20–27 d 開始，果實縱徑從 9.2 cm 增加至 10.6 cm，果實橫徑從 3 cm 增加至 3.8 cm；花後 27–83 d，果實縱徑從 10.6 cm 增加至 16.4 cm，果實橫徑從 3.8 cm 增加至 7.4 cm；末期花後 83 d 生育趨於緩慢，

果實縱徑從 16.4 cm 增加至 20.7 cm，而橫徑則從 7.4 cm 增加至 12 cm。在果形指數的變化上 (圖 1B)，在花後 27、55、83、104 d，果形指數分別自 3.0、2.8 降為 2.1、1.7，顯示果形從長橢圓形逐漸趨於橢圓形。

果實生長速率以絕對生長表示 (圖 1C)，果實縱徑生長為花後 27、55 與 76 d，三點又以 55 d 的 49.3 cm d^{-1} 為最高，顯示果實縱徑於 55 d 到達最高生長速率；果實橫徑生長於花後 20、48 與 76 d，其中以 48 d 的 30 cm d^{-1} 最高，顯示果實縱徑於 48 d 到達最高生長速率。相對生長 (圖 1D) 表示果實生長量，小波羅蜜果實縱徑生長為花後 20、48 與 76 d，其中 20 d 生長達 22.7%，顯示果實縱徑生長主要於花後 20 d；果實橫徑生長為花後 27、55 與 76 d，三點比較又以 27 d 為生長高峰達 4%，顯示果實橫徑主要生長花後 27 d。

小波羅蜜果實結構發育

小波羅蜜果實解剖，內部有許多獨立小果，此構造與同屬的波羅蜜果實相似 (Ullah & Haque 2008)，其小果構造可分為 3 層果皮層、果肉層及果心 (圖 2)。果皮層為聚花果果皮，果皮成鱗棘狀，外層具臘質，對果實有良好的保護作用；果肉層為小果，由外而內分別為假種皮、外種皮及種子，假種皮與胚座連生；種子腎形，側生，有外種皮保護；胚位於種子腎形凹陷處；果心層為複果果心，有固定果粒作用。

在果實生長曲線之主要發育時間花後 20、27、55 與 83 d 進行果實解剖，花後 20 d 果實外觀柱頭枯萎掉落，生長過程外果皮顏色漸漸轉淡 (圖 3)；房室膨大，授粉受精者明顯種子發育 (圖 4A)。花後 27 d 果實開始膨大，果皮外觀顏色漸漸轉黃，且鱗棘變大 (圖 3)；內部果皮與果肉層厚度比例相近，推測種子與果皮同時發育 (圖 4B)，造成果實迅速生長。花後 55 d 果實加快膨大 (圖 3)；假種皮由胚座兩側發育向兩側包覆，且種子增大 (圖 4C)。83 d 果實逐漸定型，果實明顯從鮮綠轉黃褐色，此時易受環境溫度變化影響果實成熟時間 (圖 3)，拍打果實時聲音較為沈重，以指壓可感覺果實較前三期柔軟；果實內部空間加大，

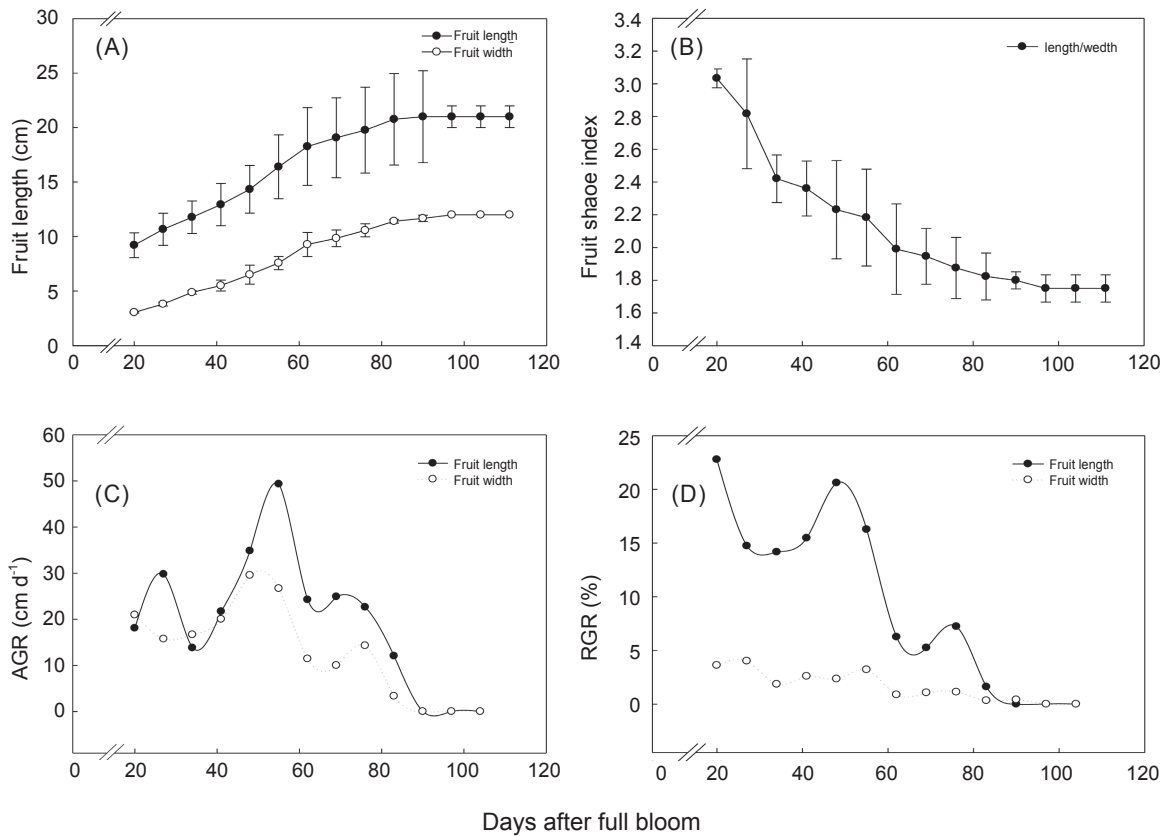


圖 1. 小波羅蜜果實生長曲線。(A) 果長和果寬；(B) 果形指數；(C) 絕對生長速率；(D) 相對生長速率。

Fig. 1. The developmental curve of chempedak fruit. (A) Fruit length and fruit width; (B) fruit shape index; (C) absolute growth rate (AGR); and (D) relative growth rate (RGR).

空隙變多，假種皮開始轉色，種子已成熟，果肉層較為鬆散 (圖 4D)。因此，綜合生長曲線變化，推測小波羅蜜果之小果發育於花後 20 d 種子開始發育，在花後 27 d 時種子與果皮會快速生長至 55 d；花後 55 d 假種皮開始發育，且種子仍繼續生長；果實發育於花後 83 d 假種皮與種子才逐漸停滯生長。

討論

果實的生長會因不同果樹種類或果實形態而有所差異，聚花果的研究中，鳳梨與無花果果實縱徑及果實橫徑的生長變化為單 S 型長曲線 (Cranc & Brown 1950; Yen *et al.* 1999)，而同為聚花果的小波羅蜜果實縱徑及果實橫徑的變化呈現單 S 型長曲線，與 Ullay & Haque (2008)

研究波羅蜜果實縱徑及果實橫徑生長曲線相似，因此推測小波羅蜜果實生長為 S 型長曲線；且小果發育影響果形變化，在無花果研究中，發現經過授粉使小果正常發育，能提升果實品質 (Hong & Chen 2003; Badii *et al.* 2011)，因此聚花果的生長變化受小果發育影響。

植物體在生長發育過程，器官間、組織間或細胞間，都具有生長相關性 (growth correlation) 相互影響著 (Meyer *et al.* 1973)，小波羅蜜果實發育解剖試驗發現花後 20 d 種子與果皮以發育，而花後 55 d 發現假種皮發育，由 AGR 曲線發現花後 55 d 為最大生長量，而 RGR 曲線發現生長量花後 27 d 最高日後驅緩。推測果實發育初期為種子與果皮生長日漸區減緩，在花後 55 d 轉為假種皮發育，此時假種皮發育空間受果皮發育空間影響。Huang

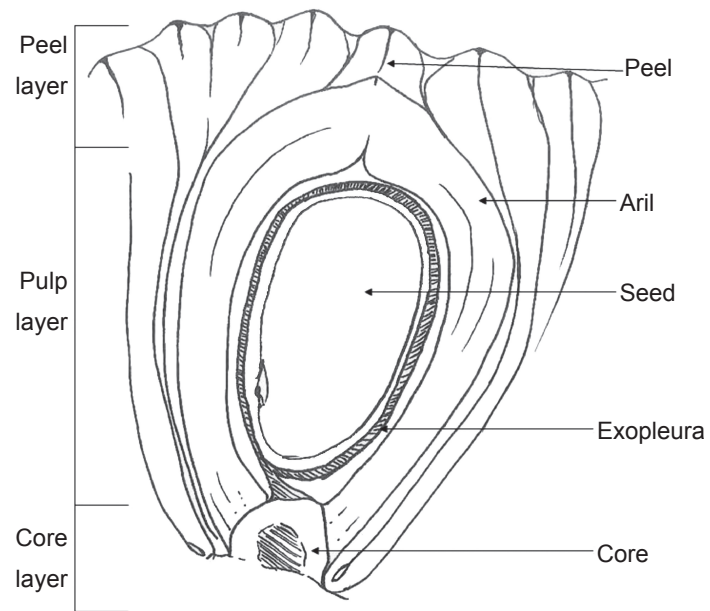


圖 2. 小波羅蜜小果縱解剖圖。

Fig. 2. Longitudinal section of chempedak small fruit.

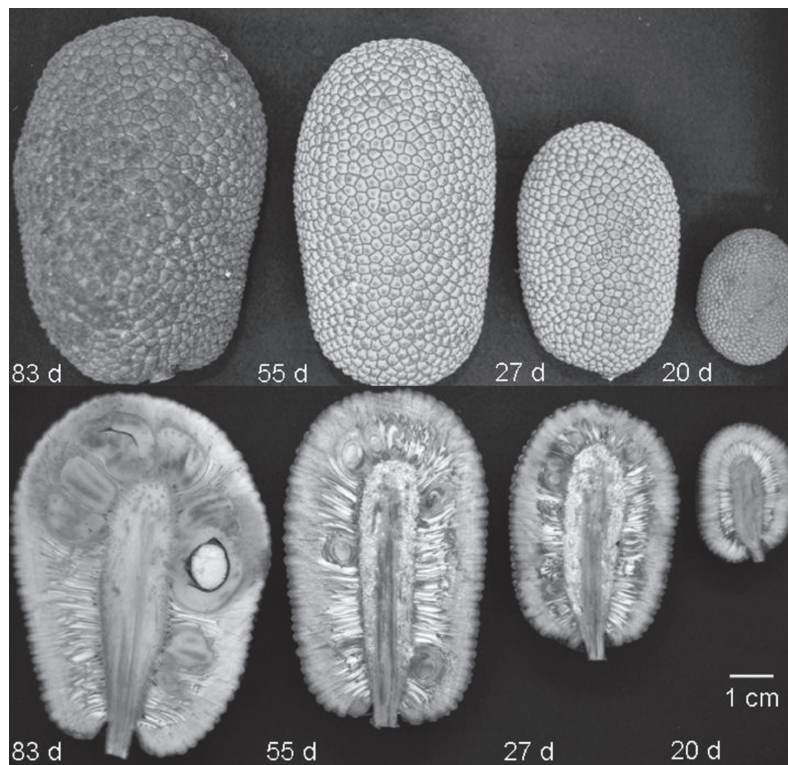


圖 3. 小波羅蜜果實發育過程外觀與縱剖面之變化。

Fig. 3. Overall appearance and longitudinal section during chempedak fruit development.

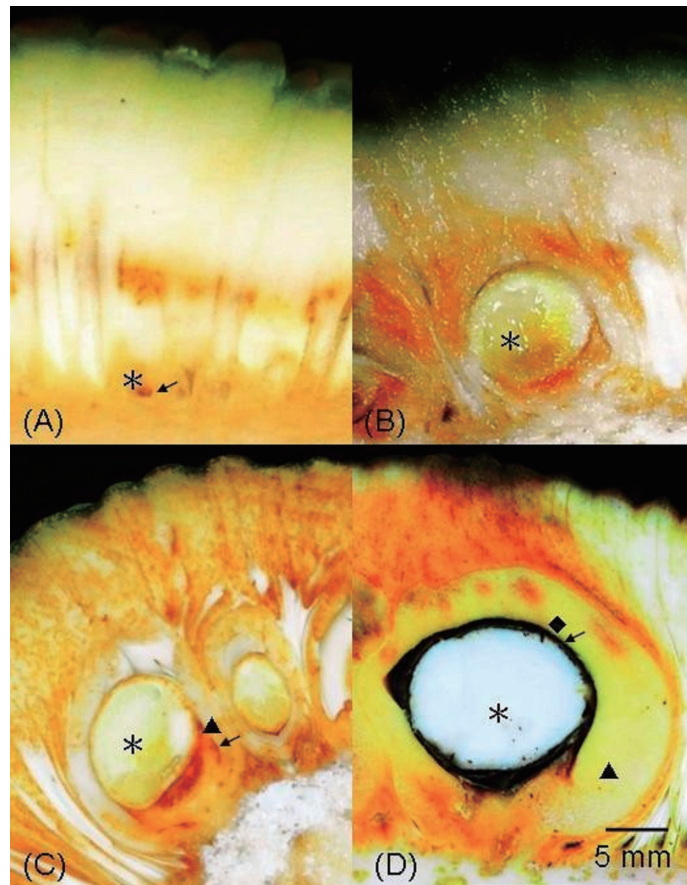


圖 4. 小波羅蜜果實發育解剖圖。(A) 20–27 d, 箭頭指示為種子；(B) 27–55 d, 種子膨大；(C) 55–83 d, 箭頭指示為假種皮；(D) 83–104 d, 箭頭指示為外種皮, 且子葉轉色, 種子已成熟。* : 種子；▲ : 假種皮；◆ : 外種皮。

Fig. 4. Fruit anatomy during development of chempedak fruit. (A) 20–27 d, arrow indicates seed; (B) 27–55 d, enlarged seed; (C) 55–83 d, arrow indicates aril; (D) 83–104 d, arrow indicates exopleura; color of cotyledon changed and seed matured. * : seed; ▲ : aril; ◆ : exopleura.

& Xu (1983) 荔枝研究指出荔枝果實構造生長順序為果皮與種子、假種皮, 果皮空間將限制假種皮的生長, 果實構造生長程序相同, 因此推測果皮與種子的發育將影響果形。在 Liou (2010) 小波羅蜜的研究中, 指出「焦核」品種種子敗育, 小果發育不佳, 造成聚花果外觀畸形。植物生理中種子敗育, 仍然可促使果實發育, Qiu & Huang (1986) 指出荔枝果皮與種子生長是同步生長組織, 所以正常種子者果皮較敗育者果皮大, 由此推測小波羅蜜種子發育會影響果實畸形。

引用文獻

- Badii, G., M. Trad, and M. Mars. 2011. Effect of pollination intensity, frequency and pollen source on fig (*Ficus carica* L.) productivity and fruit quality. *Sci. Hort.* 130:737–742.
- Chiang, M. N. 1988. A study of the flower initiation in horticultural crops. *J. Chinese Soc. Hort.* 34:1–12. (in Chinese with English abstract)
- Crane, J. C. and J. G. Brown. 1950. Growth of the fig fruit, *Ficus carica* var. Mission. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 56:93–97.
- Hong, P. I. and I. Z. Chen. 2003. Pollination and syconium set in fig (*Ficus cannica* L.). *J. Chinese Soc. Hort.* 49:151–163. (in Chinese with English abstract)

- Huang, H. and J. Xu. 1983. The developmental patterns of fruit tissues and their correlative relationships in *Litchi chinensis*. *Sonn. Sci. Hort.* 19:335–342.
- Kanzaki, S., K. Yonemori, A. Sugiura, and S. Subhadrabandhu. 1997. Phylogenetic relationships between the jackfruit, the breadfruit and nine other *Artocarpus* spp. from RFLP analysis of an amplified region of cpDNA. *Sci. Hort.* 70:57–66.
- Liou, P. C. 2010. Newly cultivated in Taiwan—Chempedak. *Tech. Serv. Qrtly.* 82:1–4. (in Chinese with English abstract)
- Meyer, B. S., D. B. Anderson, and R. H. Bohning. 1973. *Introduction to Plant Physiology*. Van Nostrand. New York. 507 pp.
- Qiu, Y. X. and H. B. Huang. 1986. Studies on fruit development of litchi (*Litchi Chinensis Sonn.*): I. An exploration of a complex correlative system. *J. South China Agric. Univ.* 7:44–50. (in Chinese with English abstract)
- Ullah, M. A. and M. A. Haque. 2008. Studies on fruiting, bearing habit and fruit growth of jackfruit germplasm. *Bangladesh J. Agric. Res.* 33:391–397.
- Yen, C. R. and P. C. Liou. 2010. Newly Cultivated in Taiwan and Development Potential. p.59–71. *in: Proceedings of the Symposium on Innovative Development of Tropical Fruit Crops in Taiwan*. August 26, 2010. National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung. (in Chinese with English abstract)
- Yen, M. F., D. T. Homg, and S. W. Weng. 1999. Studies in physico-chemical characteristics of fruit during growth and development in ‘TN6’ pineapple. *Hort. NCHU.* 24:1–14. (in Chinese with English abstract)

Study on Fruit Development of Chempedak [*Artocarpus integer* (Thumb.) Merrill]

Yong-Min Li¹, Pi-Chuan Liou², and Chung-Rey Yen^{3,*}

Abstract

Li, Y. M., P. C. Liou, and C. R. Yen. 2014. Study on fruit development of chempedak [*Artocarpus integer* (Thumb.) Merrill]. J. Taiwan Agric. Res. 63(1):77–83.

Chempedak (*Artocarpus chempeden*) is a newly emerging fruit crop in Taiwan. However, few reports are available about its cultivation and production in Taiwan. In this study, results revealed that fruit development of Chempedak displayed a sigmoid fashion. By analyzing absolute growth rate (AGR) and relative growth rate (RGR) during fruit development period, it was evident that fruit development curve changed significantly at 27, 55 and 83 days after flowering (DAF). Seed and peel appeared at 27 DAF, aril emerged at 55 DAF, and no significant anatomical changes in chempedak fruit at 83 DAF. Fruit were mature and soften for harvest at 104 DAF. Accordingly, results suggest that there exist differences in developmental stages during fruit growth which interact each other along the development.

Key words: Chempedak, Absolute growth rate, Relative growth rate.

Received: August 13, 2013; Accepted: December 26, 2013.

* Corresponding author, e-mail: yencr@mail.npust.edu.tw

¹ Graduate Student, Department of Plant Industry, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan, ROC.

² Associate Research Fellow, Department of Tropical Fruit Trees, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Kaohsiung, Taiwan, ROC.

³ Professor, Department of Plant Industry, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan, ROC.