

棗「台農 9 號」、「台農 12 號」及「台農 13 號」 果實生育與貯藏期間理化特性探討

郭展宏¹ 徐敏記² 邱國棟³ 李文立⁴ 梁佑慎^{5,*}

摘要

郭展宏、徐敏記、邱國棟、李文立、梁佑慎。2022。棗「台農 9 號」、「台農 12 號」及「台農 13 號」果實生育與貯藏期間理化特性探討。台灣農業研究 71(3):209–229。

以棗品種「台農 9 號-新蜜王」、「台農 12 號-水蜜」及「台農 13 號-雪麗」為材料調查果實生長發育及貯藏特性之差異；結果顯示在果實生長發育中果重、果實縱徑、果實橫徑等呈雙 S 型曲線；「台農 13 號」於授粉後 100 d 達最大果實重量及總可溶性固形物含量超過 10°Brix，其餘台農品種分別於授粉後 120–130 d 達到最大重量及總可溶性固形物含量；果實成熟時，「台農 12 號」呼吸率及乙烯生成率最低，與「台農 12 號」比較，「台農 9 號」呼吸率是其 1.75 倍；乙烯生成率部分，「台農 9 號」是「台農 12 號」的 4 倍。棗台農系列各品種在果皮表面亮度為 50 以上，為接近成熟之採收適期，色彩濃度讀值「台農 9 號」約在 38、「台農 12 號」約在 30、「台農 13 號」約在 43 為接近成熟之採收適期，色相角度「台農 9 號」約在 97 度、「台農 12 號」約在 95 度、「台農 13 號」約在 110 度為接近成熟之採收適期。調查 20、5 及 1°C 模擬貯運結果方面，「台農 9 號」在 5°C 及 1°C 貯藏期間果實腐損發生時間較早、腐損率較高，「台農 12 號」在 5°C 及 1°C 寒害率上升最快，「台農 13 號」在 5°C 及 1°C 寒害率表現略優對照「金桃」，腐損率表現在 5°C 及 1°C 略差於「金桃」品種，可溶性固形物在貯運期間表現優於「金桃」。

關鍵詞：印度棗、台農、雙 S 型曲線、果實理化特性、貯藏壽命。

前言

棗 (*Ziziphus mauritiana* Lam.) 果皮是翠綠色有光澤，果肉甜、脆、多汁，抗氧化能力強且營養豐富，又稱蜜棗、印度棗、棗子或青棗。原產於印度、緬甸、中國雲南一帶，巴基斯坦、孟加拉、澳洲及非洲等地，廣泛分布於熱帶、亞熱帶的乾旱地區 (Saran *et al.* 2006)，耐旱且環境適應力佳 (Awasthi & More 2009)，由於其具有非常多樣的基因型，是乾旱及半乾旱地區重要的經濟栽培果樹之一 (Razi *et al.* 2013)。棗具有多樣的附加價值，如葉可作為

動物飼料，花朵富含花蜜與花粉可做為蜜源植物，根、莖、葉各部位萃取液也具有抗氧化、抑制微生物等功效，為具多種利用價值的果樹 (Singh & Meghwal 2020)。

棗何時傳入台灣已不可考，經多年的品種選育及栽培技術改進，使得品質受到消費者肯定，而成為冬季特色水果之一 (Chang 1999)，也是具出口潛力的水果之一；根據 2020 年行政院農業委員會農業統計年報，全台灣棗種植面積約為 1,900 ha，總產量為 32,799 Mg，主要種植面積為高雄市 (占 48.3%)，其次為屏東

投稿日期：2021 年 11 月 2 日；接受日期：2022 年 3 月 10 日。

* 通訊作者：justinliang@mail.npust.edu.tw

¹ 農委會農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所熱帶果樹系助理研究員。台灣 高雄市。

² 農委會農業試驗所作物組助理研究員。台灣 台中市。

³ 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兼系主任。台灣 高雄市。

⁴ 農委會農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所研究員兼分所長。台灣 高雄市。

⁵ 國立屏東科技大學農園生產系副教授。台灣 屏東縣。

縣 (32.5%)、台南市 (14.9%) (Council of Agriculture n.d.)。農業試驗所近年選育出中晚熟優質「台農 9 號-新蜜王」(‘Tainung No. 9-Honey King’, 簡稱「台農 9 號」, ‘TN 9’)、中早生優質「台農 12 號-水蜜」(‘Tainung No. 12-Water Honey’, 簡稱「台農 12 號」, ‘TN 12’) 及早生優質「台農 13 號-雪麗」(‘Tainung No. 13-Shirley’, 簡稱「台農 13 號」, ‘TN 13’) (Guo *et al.* 2020) 等不同成熟期之品種, 未來將可運用於產期調節及分散氣候變遷風險, 以避免市場過於集中的產銷風險。

依據行政院農業委員會 2020 年農產品貿易統計資料顯示, 棗外銷量從 2016 年 394,000 kg 提升至 2020 年 827,000 kg, 顯示國外市場接受度逐漸增加 (Council of Agriculture n.d.)。打開國際市場除了非檢疫國家外, 需要檢疫條件的國家可以蒸熱處理 (Vapor Heat Treatment) 或是低溫處理等方式以達檢疫條件, 如日本方面接受棗以果心溫度達 1.2°C 低溫 2 wk 的方式進行檢疫處理, 但部分品種可能於檢疫後造成寒害 (chilling injury), 使得品質降低影響賣相, 因此需要先進行棗品種冷藏試驗瞭解品種特性。由於不同品種棗對低溫耐受性不同, 低溫貯藏雖然可有效延緩損失, 但不適當的溫度亦會造成寒害, 造成棗果實表皮褐化凹陷, 果肉組織因溶質滲漏水解呈水浸狀 (water soaked), 並可能增加乙烯生成, 而寒害的特性表現受品種特性、果實成熟度、肥培管理、貯藏溫度、貯藏時間及預措處理影響 (Lee 2019)。本試驗之目的為研究棗「台農 9 號」、「台農 12 號」及「台農 13 號」品種果實生長發育特性與初步冷藏特性, 並與現有市場早熟品種「雪蜜」進行比較, 做為農民掌握栽培管理與採收適期之參考; 另外, 比較「台農 9 號」、「台農 12 號」及「台農 13 號」果實與對照品種「雪蜜」和「金桃」之冷藏特性, 提供貿易業者貯運與相關研究之參考。

材料與方法

果實生育和物化特性之調查

本試驗使用之材料為栽種於鳳山熱帶園藝試驗分所試驗田, 以 10 年生野生型棗為砧木,

嫁接供試驗品種: 對照品種「雪蜜」(「大蜜」)、「台農 9 號」、「台農 12 號」及「台農 13 號」樹高 3 m; 行株距 6 m × 6 m, 栽植環境以網室棚架栽培, 試驗前選 10 株樹勢及生育狀況相近之植株供做調查, 每株選留 2 強壯枝梢為主枝, 每年每株施用三要素 (N、P、K 比例 4 : 2 : 5) 1,500 g, 2018 年 9 月 30 日授粉後, 開始進行本試驗之調查, 調查至 2020 年 2 月 4 日, 採樣時選大小外觀近似果實, 作為果實發育及內容物之調查分析。果實於在田間採收前、田間採收後及進行實驗處理前亦無任何預措及藥劑處理。

調查項目及方法: 在果實生長發育試驗中選擇調查棗「台農 9 號」、「台農 12 號」及「台農 13 號」, 及對照品種「雪蜜」研究調查上述棗品種授粉後不同生育日數之果實外觀、果實縱徑、果實橫徑、果重、果皮色澤、二氧化碳釋放量、乙烯釋放量、總可溶性固形物 (total soluble solid; TSS)、可滴定酸含量 (titratable acidity; TA)、醣酸比變化。每品種於開花時標定 300 個花穗, 每個標定的花穗於授粉後 10 d 留 1 顆果實, 並於授粉後 40 d 為第 1 次採樣, 之後每 10 d 採樣 1 次。每次由 10 株標定的樹中隨機選 4 棵樹, 每棵樹採 10 顆果實為 1 樣品, 計 4 重複。試驗之果實, 其成熟度依農民經驗判斷分為 6–9 分熟之果實, 並進行試驗。各品種各成熟度採收時期說明: (1) 「雪蜜」(「大蜜」): 6 分熟授粉後 95 d, 7 分熟授粉後 100 d, 8 分熟授粉後 106 d, 9 分熟授粉後 111 d。(2) 「金桃」: 6 分熟授粉後 125 d, 7 分熟授粉後 138 d, 8 分熟授粉後 145 d, 9 分熟授粉後 155 d。(3) 「台農 9 號」: 6 分熟授粉後 100 d, 7 分熟授粉後 111 d, 8 分熟授粉後 121 d, 9 分熟授粉後 131 d。(4) 「台農 12 號」: 6 分熟授粉後 111 d, 7 分熟授粉後 116 d, 8 分熟授粉後 121 d, 9 分熟授粉後 126 d。(5) 「台農 13 號」: 6 分熟授粉後 96 d, 7 分熟授粉後 106 d, 8 分熟授粉後 116 d, 9 分熟授粉後 126 d。

果實外觀、果實縱徑、果實橫徑、果重量測

果皮色澤於每顆果實取 3 點調查後平均, 以色差計 (color meter) 分別測定 L^* 、 a^* 、 b^* 之值。 L^* (lightness, 表示明亮度) 最高為 100,

最低為 0，數值愈小，表示顏色愈暗；數值愈大，表示顏色愈亮。以 $\tan^{-1}|b/a|$ 計算出之色相角度 (hue angle; θ value)，色相角度 0 度 = 紅-紫 (red-purple)；90 度 = 黃色 (yellow)；180 度 = 藍-綠 (bluish-green)；270 度 = 藍色 (blue)。色彩濃度 (chroma; C value) 以 $(a^2 + b^2)^{1/2}$ 來計算。果實縱徑、果實橫徑、果重則利用天平、電子式游標卡尺進行記錄。

果實呼吸率與乙烯生成率

取授粉後 40–130 d 之「台農 9 號」、「台農 12 號」及「台農 13 號」及對照組「雪蜜」果實，每 10 d 採收並測量 1 次，經蒸餾水清洗並拭乾後稱重，再浸泡 500× 腐蝕溶液 30 s 後取出陰乾，分別將果實裝入 3 L 之塑膠筒中，每塑膠筒 6 顆果實，每處理 4 重複，再放置於 20°C 環境進行試驗。

呼吸率及乙烯生成率之測定及裝置，利用封閉式系統調查，密封 2 h 後，以 1 mL 之塑膠針筒抽取氣體樣品，利用 GC-8A 氣相層析儀 (gas chromatograph, Shimadzu, Kyoto, Japan) 之 flame ionization detector (FID) 測定 CO_2 及 C_2H_4 含量，層析管柱為 Porapak Q (80–100 mesh)，乙烯生成率以 $\mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 表示。而呼吸率則利用氣相層析儀之 thermal conductivity detector (TCD) 測定，層析管柱為填充矽膠 (silica gel)，呼吸率以 $\text{mL CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 表示。

果實總可溶性固形物含量及可滴定酸

果肉總可溶性固形物含量之測定方式為，取整果無去除果皮去除果核，榨汁過濾之果肉汁液 1 mL，以電子屈折糖度計 (ATAGO PAL⁻¹, ATAGO, Tokyo, Japan) 分析，取至小數點下第 1 位，單位以 °Brix 表示，每處理 10 重複，每重複 1 顆果實。果實可滴定酸：果肉可滴定酸含量測定分析為取前果肉汁液 3 mL 加入 100 mL 之一次蒸餾水，以 0.1 N 氫氧化鈉滴定，並利用 TitroLine easy 滴定儀 (SCHOTT, Mainz, Germany) 滴定至 pH 值 8.1。以蘋果酸 (malic acid) 與氫氧化鈉之化學當量，求得可滴定酸，10 重複，以百分率 (%) 表示。

果肉硬度及果皮厚度

取授粉後 80–130 d 之「台農 9 號」、「台農 12 號」及「台農 13 號」及對照組「雪蜜」果實，每 10 d 採收並測量 1 次，為瞭解各品種果肉硬度及果皮厚度差異，果肉硬度以物性測定儀 (EZ-Test 500N, Shimadzu, Kyoto, Japan) 之 5 號探針，直徑約 0.5 cm，測定時先設定探針深入距離為 10 mm。每顆果實測量上、中、下 3 點後平均代表每個果實之硬度，測量時無去除果皮，測定單位為牛頓 (N)。果皮厚度量測：於解剖顯微鏡下觀察果皮組織並量測果皮厚度，以銳利之解剖刀切取果實之果皮組織，每處理 4 重複，每重複 1 顆果實，每顆果實測量上、中、下各 3 點後平均代表每個果皮厚度。

不同貯藏溫度對「台農 9 號」、「台農 12 號」及「台農 13 號」之影響

以棗「台農 9 號」、「台農 12 號」及「台農 13 號」及兩個對照品種「雪蜜」及「金桃」，採收 6–9 分熟果實，運抵實驗室後，挑選外觀一致且果皮無損傷及病蟲害之果實，以 5°C 及 1°C 庫存，每顆果實使用疏果套來保護，放入保麗龍托盤，並取 6 kg 紙箱，每箱放入 2 層保麗龍托盤，每個托盤 20 顆果實，計 4 重複，並且紙箱內襯打孔聚乙烯袋 (polyethylene bag) 進行包裝，無藥劑處理。

貯藏期間的寒害及腐損情形

每 2 d 調查一次 5°C 及 1°C 貯藏期間寒害及腐損情形。其中寒害依果皮凹陷徵狀面積比例分為 5 個等級：0–4 級，0 (0%)、1 (1–10%)、2 (11–25%)、3 (26–50%)、4 (51% 以上)。腐損率表示則為貯藏期間果實腐損數量。寒害果及腐損果之判定以肉眼判定果實轉黃超過 2/3、果底出現黃熟褐斑或果皮出現腐敗病斑、不具商品價值，皆視為汰除。另調查 20°C 下貯藏期間之果皮生理障礙 (physiological disorder) 情形。其中生理劣變徵狀如果皮凹陷、黃褐面積比例，分為 5 個等級：0–4 級，0 (0%)、1 (1–10%)、2 (11–25%)、3 (26–50%)、4 (51% 以上)。寒害指數、腐損率和果皮生理障礙進行觀察，計 4 重複，每重複 20 顆果實。寒害

指數與果皮生理障礙以指數為單位，腐損率以百分率為單位。

貯藏期間果實總可溶性固形物含量及可滴定酸

於貯藏期間第 0、10、20 d 調查 20、5 及 1°C 貯藏期間果實總可溶性固形物含量及可滴定酸，每盤隨機抽樣 1 顆果實總可溶性固形物含量及可滴定酸取樣，每 1 顆果實為 1 重複，計 4 顆果實。測量方法同材料方法一。

資料整理及統計分析

資料以 Microsoft Office Word 與 Excel 進行資料輸入及圖表繪製，試驗數據以 Strategic Application System (SAS) 統計分析軟體 (版本 SAS Enterprise Guide 7.1) 進行變方分析 (analysis of variance; ANOVA)，以學生氏 *t* 檢定法 (Student's *t*-test at $P \leq 0.05$ level) 比較差異性。

結果

果實生育期間物理特性變化

由圖 1A–C「台農 9 號」、「台農 12 號」、「台農 13 號」及對照組「雪蜜」在授粉後 50–70 d 時期，果重、果實縱徑、果實橫徑表現呈現平緩的成長，其中以「台農 13 號」在果實橫徑及果重發育在 70–100 d 較「台農 9 號」、「台農 12 號」及對照組「雪蜜」快，於授粉後 70 d 就開始進入快速生長期，上升趨勢較快也較其他 3 個品種高。在圖 1D 果型指數 (果實縱徑/果實橫徑) 的觀察方面，以整體平均來看，授粉後 40–50 d 果型指數由 1.25 逐漸變扁圓 1.14，於 50–60 d 第一階段 1.14–1.15 的生長發育趨緩，授粉後第 90–110 d 果型指數 0.99 會上升 1.01，110–130 d 果型指數由 1.003–1.009 變化趨緩；採收適期時各試驗品種的果型指數平均方面，對照組「雪蜜」授粉後 110 d 為 0.97，「台農 9 號」授粉後 130 d 為 0.98，「台農 12 號」授粉後 130 d 為 1.09，「台農 13 號」授粉後 110 d 為 0.95；果型指數及其數值變化，可做為品種識別的依據，亦可做為果實成熟採收的參考。

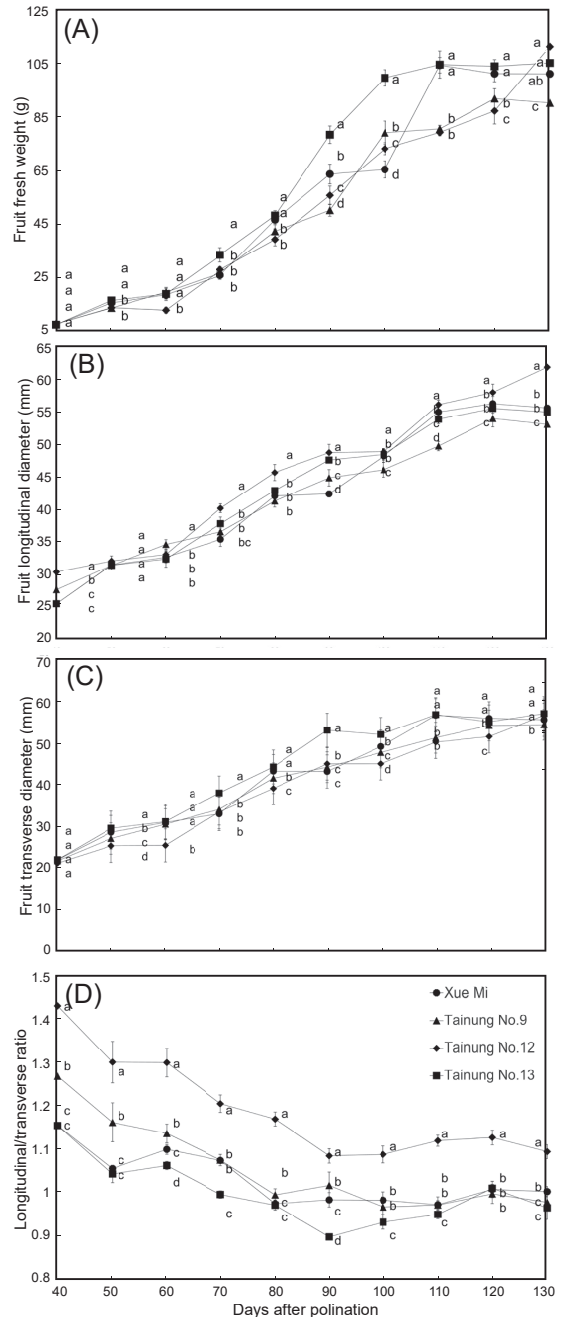


圖 1. 棗「台農 9 號」、「台農 12 號」、「台農 13 號」及對照組「雪蜜」之果實生育期間 (A) 果實鮮重、(B) 果實縱徑、(C) 果實橫徑及 (D) 縱徑/橫徑比之變化。

Fig. 1. Changes in fruit (A) fresh weight, (B) fruit longitudinal diameter, (C) fruit transverse diameter and (D) longitudinal/transverse diameter ratio of 'TN 9', 'TN 12', 'TN 13' and 'Xue Mi' jujube during growth and development. Different letters following the value represent significant difference according to *t*-test at $P \leq 0.05$.

果實生育過程內容物變化與生理特性

總可溶性固形物含量

在果肉的總可溶性固形物含量變化如圖 2A，各品種可溶性固形物含量在授粉後 40–90 d 均低於 7°Brix，其中 50–70 d 總可溶性固形物含量總體平均由 4.8°Brix 下降至 4.2°Brix 後再上升 5.5°Brix，90–100 d 總可溶性固形物上升速率較快由 6°Brix 上升到 9°Brix，其中以「台農 13 號」總可溶性固形物含量上升最快，於授粉後 100 d 後可達 10.8°Brix 以上，「台農 13 號」與對照組「雪蜜」100–120 d 可溶性固形物呈較快速上升；採收適期各試驗品種之總可溶性固形物，「台農 13 號」與「雪蜜」同為 120 d 可溶性固形物可以達 13°Brix 以上，「台農 9 號」及「台農 12 號」於 120–130 d 總可溶性固形物呈快速上升，「台農 9 號」到 130 d 可迅速上升到 13.1°Brix，「台農 12 號」則 130 d 達到 12°Brix，「台農 12 號」為本試驗總可溶性固形物較低的品種；「台農 9 號」、「台農 12 號」與對照組「雪蜜」在總可溶性固形物含量變化曲線隨授粉後日數增加而上升，「台農 13 號」變化曲線於 130 d 後呈開始下降。

可滴定酸

圖 2B 顯示其中 40–50–80 d 總可滴定酸含量總體平均由 0.1% 下降至 0.07% 後再上升 0.11%，90–100 d 總可滴定酸含量上升速率較快由 0.11% 上升到 0.18%；100 d 後接近成熟後各試驗品種有的可低定酸反應變化不一，其中「台農 12 號」、「台農 13 號」與「雪蜜」同為 110–120–130 d 會下降後再上升的表現，「台農 9 號」則為 110–130 d 持續上升的表現；採收適期各試驗品種，對照組「雪蜜」總可滴定酸含量於授粉後 110 d 為 0.35% 為本試驗中最高的品種，「台農 9 號」於授粉後 130 d 為 0.29%、「台農 12 號」於授粉後 130 d 為 0.22% 是本試驗中可滴定酸最低、「台農 13 號」於授粉後 110 d 為 0.31% 與對照組「雪蜜」無顯著差異。

糖酸比

圖 2C 顯示本試驗在授粉後 40–70 d 糖酸

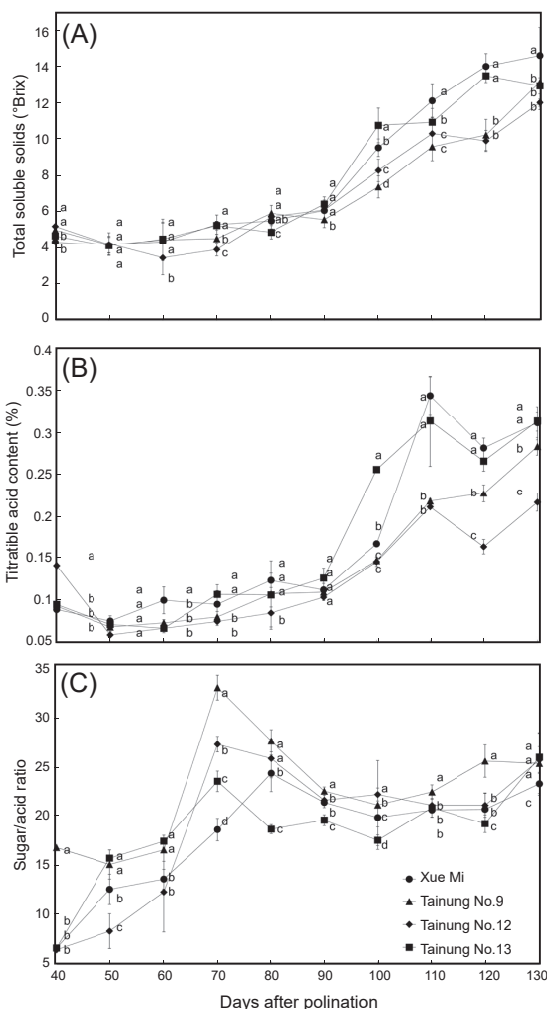


圖 2. 棗「台農 9 號」、「台農 12 號」、「台農 13 號」及對照組「雪蜜」之果實生育期間 (A) 總可溶性固形物、(B) 可滴定酸及 (C) 糖酸比之變化情形。

Fig. 2. Changes in fruit (A) total soluble solids, (B) titratable acidity and (C) sugar/acid of 'TN 9', 'TN 12', 'TN 13' and 'Xue Mi' jujube during growth and development. Different letters following the value represent significant difference according to *t*-test at $P \leq 0.05$.

比由整體平均 9.2 上升至 25.7，70–100 d 後由 25.7 下降至 20.3，於 100 d 後開始各品種總可溶性固形物上升快速不同，又各品種本身可滴定酸含量高低差異，故影響各品種於最後之採收時期糖酸比上升速率及表現不同；採收適期各試驗品種糖酸比，對照組「雪蜜」於授粉後 110 d 為 20.7 並且於 130 d 最高可達 23.4，「台

農 9 號」於授粉後 130 d 為 25.5、「台農 12 號」於授粉後 130 d 為 25.8、「台農 13 號」於授粉後 110 d 為 19.3 並且於 130 d 最高可達 26.1。

果實生育過程呼吸率變化

呼吸率變化如圖 3A，顯示試驗品種整體授粉後果實發育有兩個波峰，第一波峰為授粉後 40–60 d 其呼吸率會由 5.2 mL CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹ 快速上升至 15 mL CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹ 達第一次高峰，後 60–100 d 會由 15 mL CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹ 逐漸下降至 5.8 mL CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹，於 100–120 d 第二次由 5.8 mL CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹ 逐漸上升至 12.9 mL CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹ 達第二次呼吸率的高峰；以各品種角度來看「台農 13 號」於 100–110 d 其呼吸率的上升率為試驗品種中最早及最快，「台農 9 號」於 110 d 開始快速增加；採收適期各試驗品種呼吸率方面，對照組「雪蜜」於授粉後 110 d 為 8.52 mL CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹ 並

且於 130 d 最高可達 13.8 mL CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹，「台農 9 號」於授粉後 130 d 為 15.8 mL CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹、「台農 12 號」於授粉後 130 d 為 9 mL CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹、「台農 13 號」於授粉後 110 d 為 8.77 mL CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹ 並且於 130 d 最高可達 11.4 mL CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹。以授粉後 130 d 進行各試驗品種之呼吸率比較，「台農 12 號」是本試驗品種中呼吸率最少的，「台農 13 號」為是「台農 12 號」的 1.27 倍，「雪蜜」是「台農 12 號」的 1.5 倍及「台農 9 號」約是「台農 12 號」的 1.76 倍。

果實生育過程中乙烯生成率變化

乙烯生成率變化如圖 3B，顯示試驗品種整體授粉後果實發育有兩個波峰，第一波峰為授粉後 40–70 d 其乙烯生成率會由 1.65 μL · kg⁻¹ · h⁻¹ 快速上升至 8.58 μL · kg⁻¹ · h⁻¹ 達第一次高峰，後 70–100 d 會由 8.58 μL · kg⁻¹ · h⁻¹ 逐漸

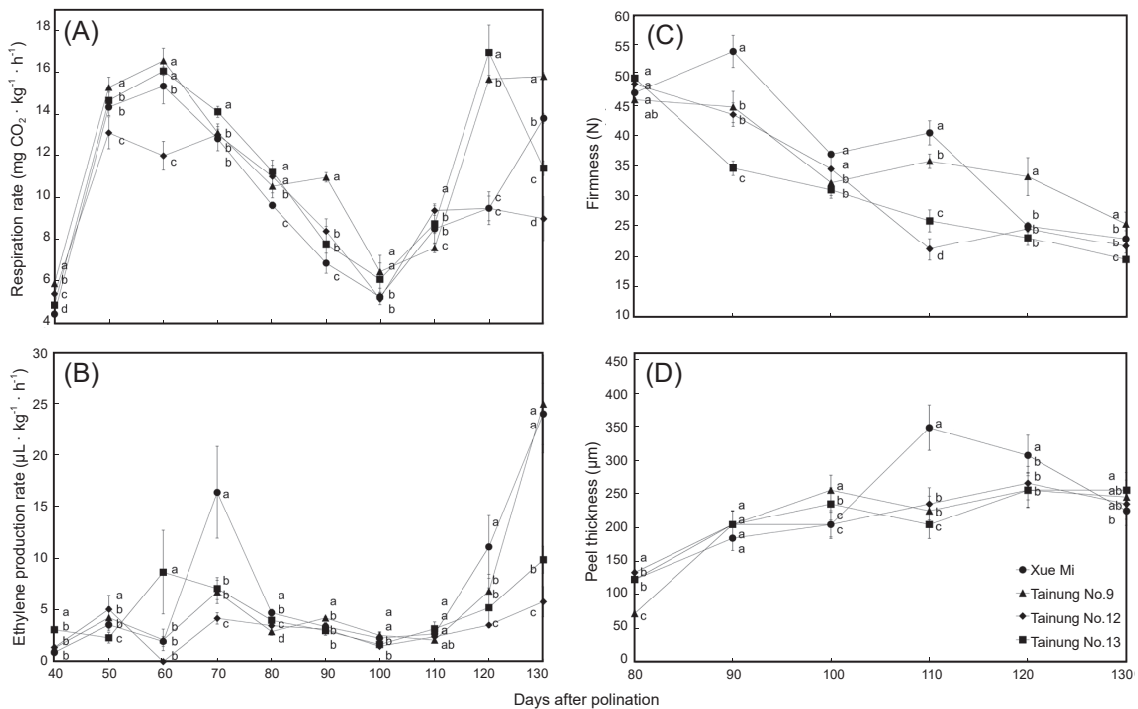


圖 3. 棗「台農 9 號」、「台農 12 號」、「台農 13 號」及對照組「雪蜜」之果實生育期間 (A) 呼吸率、(B) 乙烯生成率、(C) 硬度及 (D) 果皮厚度之變化情形。

Fig. 3. Changes in fruit (A) respiration, (B) ethylene production, (C) firmness and (D) peel thickness of 'TN 9', 'TN 12', 'TN 13' and 'Xue Mi' jujube during growth and development. Different letters following the value represent significant difference according to *t*-test at $P \leq 0.05$.

下降至 $1.98 \mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ，於 100–130 d 後開始第二次由 $1.98 \mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 逐漸上升至 $16.14 \mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 達第二次乙烯生成率的高峰；以各品種角度來看「台農 13 號」於 100–110 d 其乙烯生成率為試驗品種中最快及量最高，「台農 9 號」於 110 d 開始快速增加；採收適期各試驗品種乙烯生成率方面，對照組「雪蜜」於授粉後 110 d 為 $2.67 \mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 並且於 130 d 最高可達 $23.99 \mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ，「台農 9 號」於授粉後 130 d 為 $24.9 \mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 、「台農 12 號」於授粉後 130 d 為 $5.78 \mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 、「台農 13 號」於授粉後 110 d 為 $3.15 \mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 並且於 130 d 最高可達 $9.85 \mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 。以授粉後 130 d 進行各試驗品種之乙烯生成率比較，「台農 12 號」是本試驗品種中乙烯生成率最少的，「台農 13 號」是「台農 12 號」的 1.7 倍，「雪蜜」及「台農 9 號」是「台農 12 號」的 4 倍。

果實生育過程中果實硬度與果皮厚度變化

圖 3C 顯示在授粉後第 80 天時「台農 9 號」果實硬度為 46 N，「台農 12 號」果實硬度為 48.6 N，「台農 13 號」果實硬度為 49.6 N 及「雪蜜」果實硬度為 47.2 N，各品種皆隨成熟度增加而果實硬度下降；在採收適期觀察果實硬度而言，「台農 9 號」在授粉後第 130 天的果實硬度為 25.4 N，「台農 12 號」果實在授粉後第 130 天的硬度為 21.6 N，「台農 13 號」果實在授粉後第 110 天的硬度為 25 N 及「雪蜜」在授粉後第 110 天果實硬度為 40 N；果實硬度以「台農 13 號」果實硬度最低，「台農 9 號」硬度最高，而「台農 12 號」與「雪蜜」果實硬度接近。在果皮厚度的觀察方面（圖 3D），在授粉後第 80 天時，「台農 9 號」果皮厚度為 $71.8 \mu\text{m}$ ，「台農 12 號」果皮厚度為 $133.4 \mu\text{m}$ ，「台農 13 號」果皮厚度為 $123.1 \mu\text{m}$ 及「雪蜜」果皮厚度為 $123.1 \mu\text{m}$ ，各品種皆隨成熟度增加而果皮厚度增加；在採收適期觀察果皮厚度而言，「台農 9 號」在授粉後第 130 天為 $246.2 \mu\text{m}$ ，「台農 12 號」在授粉後第 130 天為 $236 \mu\text{m}$ ，「台農 13 號」授粉後第 110 天為 $205.2 \mu\text{m}$ 及對照組「雪蜜」在授粉後第 110 天為 $348.8 \mu\text{m}$ ；果皮厚度各試驗品種隨生長發育時期增加而增加，最後

果實成熟時仍以「台農 13 號」的果皮厚度較其他品種為厚，「雪蜜」品種為最薄。

果實生育過程中果皮顏色變化

在果皮亮度方面（圖 4A），為授粉後 40–80 d 果皮亮度由 40.13 上升至 45.32，80–90 d 略為下降至 44，後 100–130 d 上升至 57.91，以「台農 13 號」的果皮在發育各時期為各品種最亮。圖 4B 為授粉後 40–80 d 果皮之色彩濃度讀值 38.89 上升至 41.28，授粉後 80–90 d 讀值下降至 39.32，90–120 d 讀值上升至 43.22，120–130 d 讀值下降至 34.59，各試驗品種及對照組都於 130 d 時急遽下降。色相角度方面如圖 4C，色相角度 θ 值愈大則表示果皮色澤愈濃綠，各品種色相角度在授粉後第 50–70 天為一次由 107.8 上升至 112.89，70–90 d 下降至 106.6，90–100 d 開始第二次上升至 112.31，100–130 d 下降至 97.51；品種差異上以「台農 13 號」色相角度曲線變化最小，較為平緩，代表其果皮顏色變化在果實發育各階段變化較其他品種少。

果實貯運特性

貯藏期間腐損率

1. 在 20°C 溫度貯藏期間腐損率（表 1），以各成熟度看「台農 9 號」、「台農 12 號」、「台農 13 號」及對照組「雪蜜」及「金桃」差異而言，「台農 13 號」品種在 6–9 分熟的表現與對照品種「金桃」表現相當，僅 9 分熟時 20°C 貯運下第 6 天開始出現腐損；其餘品種熟度愈高愈快發生腐損情形，「台農 9 號」及「雪蜜」品種 9 分熟高熟度於 20°C 貯運下腐損分別第 2 天及第 4 天發生。
2. 在 5°C 溫度貯藏期間腐損率（表 2），各品種於貯藏後 10 d 皆無腐損情形，以各成熟度看各品種差異而言，「台農 12 號」、「台農 13 號」品種在 6–9 分熟的表現與對照品種「金桃」表現相當較少的腐損發生，「台農 13 號」與對照品種「金桃」有較為近似的耐貯運表現於貯藏 5°C 、20 d 期間皆 0 腐損；「台農 9 號」品種 9 分熟於 5°C 貯運下腐損於第 14 天後開始發生，相較其他品種早。

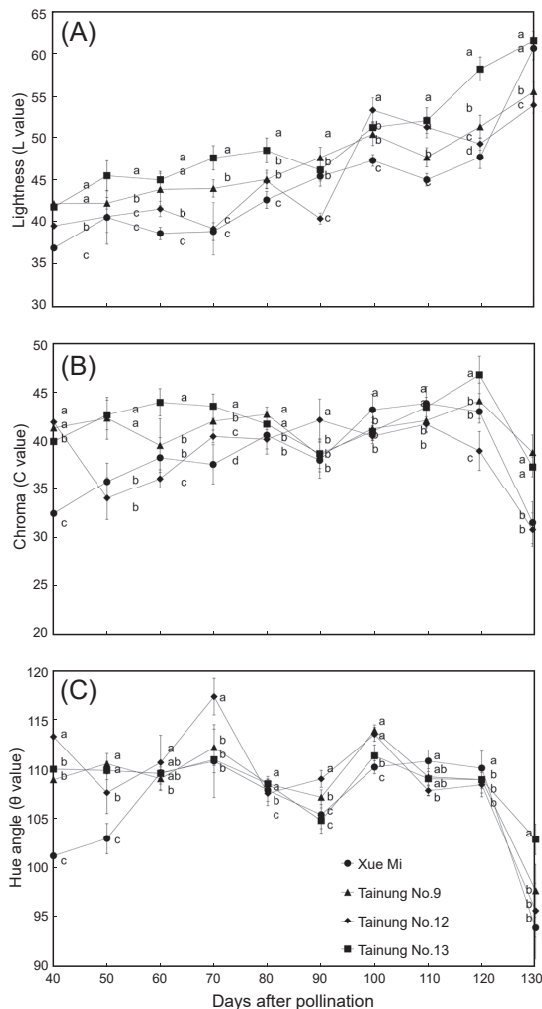


圖4. 棗「台農9號」、「台農12號」、「台農13號」及對照組「雪蜜」之果實生育期間果皮(A)亮度、(B)色彩濃度和(C)色相角度之變化情形。

Fig. 4. Changes of peel coloration in (A) lightness, (B) chroma and (C) hue angle of 'TN 9', 'TN 12', 'TN 13' and 'Xue Mi' jujube during fruit growth and development. Different letters following the value represent significant difference according to *t*-test at $P \leq 0.05$.

3. 在 1°C 溫度貯藏期間腐損率 (表 3), 「台農 13 號」品種在 1°C 貯藏下 6 分熟貯藏 8 d 與「金桃」腐損率相當, 超過 12 d 後「台農 13 號」在 6-9 分熟都超過 25% 的腐損率, 因此腐損率較對照組「金桃」嚴重, 但仍比「台農 9 號」、「台農 12 號」、「雪蜜」表現為佳。

貯藏期間果皮生理障礙及寒害表現

1. 在 20°C 貯藏期間生理障礙率 (表 4), 各品種各成熟度除「金桃」外可以 4 d 以上無明顯果皮生理障礙, 隨成熟度增加其果皮生理障礙率較不明顯, 如 8 分熟及 9 分熟較 6 分熟及 7 分熟不容易有果皮生理障礙, 「台農 9 號」在 20°C 貯藏期間最不容易果皮生理障礙。
2. 在 5°C 溫度貯藏期間的寒害指數 (表 5), 其果皮寒害表現各試驗品種於貯藏 8 d 內皆無寒害, 各品種表現差異大; 以「台農 13 號」在 6-9 分熟可以連續 20 d 外觀無明顯寒害, 對照品種「金桃」於 6 分熟及 7 分熟可連續 20 d, 8 分熟 14 d, 9 分熟 12 d; 對照品種「雪蜜」則是 6 分熟及 9 分熟 8 d, 7 分熟及 8 分熟可以到 16 d; 「台農 12 號」則各成熟度皆 10 d。
3. 在 1°C 溫度貯藏期間的寒害指數 (表 6), 各品種於低成熟度其 1°C 檢疫條件果皮寒害情形較為輕微, 在 1°C 檢疫條件下各品種都有程度不一的果皮寒害, 以品種特性來看, 「台農 9 號」各成熟度皆非常不耐 1°C 檢疫條件, 「台農 12 號」各成熟度有嚴重的寒害, 「雪蜜」8 及 9 分成熟度不耐 1°C 檢疫條件, 「金桃」品種各成熟度皆有輕微的寒害; 「台農 13 號」在 6-8 分熟在 6 d 內果皮寒害輕微, 是各品種不同成熟度中較佳的。

貯運期間總可溶性固形物變化

大致上「台農 9 號」、「台農 12 號」及對照組「雪蜜」及「金桃」在 6-9 分熟及 20、5、1°C 貯藏期間, 其總可溶性固形物會下降; 惟在品種特性上, 「台農 13 號」較不一樣, 6 分熟及 7 分熟在 20°C、5°C 及 6 分熟 1°C 及貯運下總可溶性固形物在貯藏 10 d 後會略高, 像是「台農 13 號」6 分熟在 20°C 貯藏 10 d 總可溶性固形物由 7.76°Brix 上升到 9.45°Brix, 6 分熟在 5°C 貯藏 10 d 總可溶性固形物由 7.76°Brix 上升到 9.36°Brix。另外, 對照組「雪蜜」在 5°C 貯運下 6、8 及 9 分熟總可溶性固形物會於第 10 天略升後再下降, 對照組「金桃」在 5°C 貯運下各成熟度則會下降後上升起伏 (如表 7)。

表 1. 棗「台農 9 號」、「台農 12 號」、「台農 13 號」及對照組「金桃」、「雪蜜」之果實於 20°C 貯藏期間之腐損率。

Table 1. Fruit decay of jujube 'TN 9', 'TN 12', 'TN 13', 'Xue Mi' and 'Jin Tao' during storage at 20°C.

Maturity	Varieties	Decay (%)													
		0 ^z	2	4	6	8	10	12	14	16					
Six-tenth	Tainung No. 9	0 A ^z	0 A	0 A	0 A	0 A ^x	0 A	5.0 ± 5.0 ^y bA	10.0 ± 10.0 aB	85.0 ± 8.6 bC					
	Tainung No. 12	0 A	0 A	0 A	0 A	0 aA	0 aA	0 aA	- ^v	-					
	Tainung No. 13	0 A	0 A	0 A	0 A	0 aA	5.0 ± 5.0 aA	-	-	-					
	Xue Mi	0 A	0 A	0 A	0 A	5.0 ± 5.0 bB	15.0 ± 6.6 cC	25.0 ± 5.0 cD	35.0 ± 5.0 bE	40.0 ± 8.2 aF					
	Jin Tao	0 A	0 A	0 A	0 A	0 aA	10.0 ± 5.8 bB	-	-	-					
Seven-tenth	Tainung No. 9	0 A	0 A	5.0 ± 5.0 bB	5.0 ± 5.0 bB	5.0 ± 5.0 abB	10.0 ± 5.8 aC	30.0 ± 5.8 aD	45.0 ± 12.6 aE	90.0 ± 5.8 aF					
	Tainung No. 12	0 A	0 A	0 aA	0 aA	0 aA	5.0 ± 5.0 aA	50.0 ± 12.9 bB	-	-					
	Tainung No. 13	0 A	0 A	0 aA	0 aA	0 aA	10.0 ± 10.0 aB	-	-	-					
	Xue Mi	0 A	0 A	0 aA	0 aA	15.0 ± 15.0 bB	25.0 ± 12.6 cC	30.0 ± 17.3 aC	50.0 ± 12.9 aD	-					
	Jin Tao	0 A	0 A	0 aA	0 aA	0 aA	10.0 ± 5.8 aB	-	-	-					
Eight-tenth	Tainung No. 9	0 A	0 A	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA	5.0 ± 5.0 aB	20.0 ± 8.2 aC	85.0 ± 9.6 aD					
	Tainung No. 12	0 A	0 A	0 aA	10.0 ± 10.0 bB	25.0 ± 9.6 cC	40.0 ± 8.2 cC	85.0 ± 5.0 cD	-	-					
	Tainung No. 13	0 A	0 A	0 aA	0 aA	0 aA	5.0 ± 5.0 aB	-	-	-					
	Xue Mi	0 A	0 A	5.0 ± 5.0 bB	5.0 ± 5.0 bB	15.0 ± 5.0 bC	45.0 ± 5.0 cD	55.0 ± 5.0 cE	-	-					
	Jin Tao	0 A	0 A	0 aA	0 aA	0 aA	10.0 ± 5.8 bB	15.0 ± 9.6 bC	35.0 ± 15.0 bD	-					
Nine-tenth	Tainung No. 9	0 A	25.0 ± 5.0 bB	25.0 ± 5.0 aB	35.0 ± 9.6 aC	35.0 ± 9.6 aD	40.0 ± 8.2 bF	45.0 ± 9.6 cG	50.0 ± 5.8 aH	100.0 ± 0.0 aI					
	Tainung No. 12	0 A	0 aA	0 bA	5.0 ± 5.0 bB	5.0 ± 5.0 dB	35.0 ± 9.6 bC	100.0 ± 0.0 aD	-	-					
	Tainung No. 13	0 A	0 aA	0 bA	10.0 ± 10.0 bB	10.0 ± 10.0 cdB	15.0 ± 9.6 cB	40.0 ± 8.2 cC	70.0 ± 10.0 bD	-					
	Xue Mi	0 A	0 aA	5.0 ± 5.0 cA	5.0 ± 5.0 bA	20.0 ± 14.1 bcB	45.0 ± 5.0 aC	95.0 ± 5.0 aD	-	-					
	Jin Tao	0 A	0 aA	0 bA	15.0 ± 5.0 bB	25.0 ± 9.6 aB	55.0 ± 5.0 aD	75.0 ± 9.6 bE	90 ± 5.8 cF	-					

^z Days after storage.

^y Means separation within column (capital letter) of same varieties with different production time. Different letters following the value represent significant difference according to *t*-test at *P* ≤ 0.05.

^x Means separation within column (small letter) of same production time with different varieties. Different letters following the value represent significant difference according to *t*-test at *P* ≤ 0.05. Investigation was conducted from December 1, 2018 to March 31, 2019.

^v Mean ± standard error (*n* = 4).

^w End of test.

表 2. 棗「台農 9 號」、「台農 12 號」、「台農 13 號」及對照組「金桃」、「雪蜜」之果實於 5°C 貯藏期間之腐損率。(續)
Table 2. Fruit decay of jujube 'TN 9', 'TN 12', 'TN 13', 'Xue Mi' and 'Jin Tao' during storage at 5°C. (continued)

Maturity	Varieties	Decay (%)						
		24	26	28	30	32	34	
Six-tenth	Tainung No. 9	60.0 ± 14.1 cE	^y	-	-	-	-	-
	Tainung No. 12	0 A	5.0 ± 5.0 bB	5.0 ± 5.0 bB	5.0 ± 5.0 bB	-	-	
	Tainung No. 13	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA	15.0 ± 5.0 bB	-	
	Xue Mi	20.0 ± 8.2 bC	30.0 ± 17.3 cD	45.0 ± 12.6 cE	55.0 ± 9.6 cF	-	-	
	Jin Tao	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA	15.0 ± 9.6 B	
Seven-tenth	Tainung No. 9	80.0 ± 8.2 cE	-	-	-	-	-	
	Tainung No. 12	10.0 ± 5.8 bB	20.0 ± 11.5 cC	25.0 ± 15.0 bC	55.0 ± 17.1 bD	-	-	
	Tainung No. 13	0 aA	10.0 ± 10.0 bB	10.0 ± 10.0 aB	10.0 ± 10.0 aB	-	-	
	Xue Mi	60.0 ± 14.1 bC	-	-	-	-	-	
	Jin Tao	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA	0 A	10.0 ± 5.8 A	
Eight-tenth	Tainung No. 9	-	-	-	-	-	-	
	Tainung No. 12	20.0 ± 8.2 aB	35.0 ± 12.6 cC	50.0 ± 12.9 bD	-	-	-	
	Tainung No. 13	45.0 ± 9.6 bB	45.0 ± 9.6 cB	45.0 ± 9.6 bB	45.0 ± 9.6 aB	-	-	
	Xue Mi	55.0 ± 17.1 cB	-	-	-	-	-	
	Jin Tao	0 A	0 aA	5.0 ± 5.0 aA	40.0 ± 14.1 aB	-	-	
Nine-tenth	Tainung No. 9	-	-	-	-	-	-	
	Tainung No. 12	15.0 ± 5.0 aC	25.0 ± 5.0 bD	-	-	-	-	
	Tainung No. 13	50.0 ± 5.8 bD	65.0 ± 5.0 cE	-	-	-	-	
	Xue Mi	-	-	-	-	-	-	
	Jin Tao	10.0 ± 10.0 aB	15.0 ± 15.0 aC	25.0 ± 12.6 C	65.0 ± 20.6 D	-	-	

^z Days after storage.

^y Means separation within column (capital letter) of same varieties with different production time. Different letters following the value represent significant difference according to *t*-test at $P \leq 0.05$.

^x Mean ± standard error ($n = 4$).

^v Means separation within column (small letter) of same production time with different varieties. Different letters following the value represent significant difference according to *t*-test at $P \leq 0.05$. Investigation was conducted from December 1, 2018 to March 31, 2019.

^w End of test.

表 3. 棗「台農 9 號」、「台農 12 號」、「台農 13 號」及對照組「金桃」、「雪蜜」之果實於 1°C 貯藏期間之腐損率。

Table 3. Fruit decay of jujube 'TN 9', 'TN 12', 'TN 13', 'Xue Mi' and 'Jin Tao' during storage at 1°C.

Maturity	Varieties	Decay (%)											
		0 ^a	2	4	6	8	10	12	14				
Six-tenth	Tainung No. 9	0 A ^c	10.0 ± 10.0 ^b B	10.0 ± 10.0 bB	90.0 ± 10.0 cC	- ^d	-	-	-	-	-	-	-
	Tainung No. 12	0 A	0 aA	5.0 ± 5.0 aA	40.0 ± 14.1 bB	40.0 ± 14.1 bB	90.0 ± 5.8 cC	-	-	-	-	-	-
	Tainung No. 13	0 A	0 aA	0 aA	5.0 ± 5.0 aB	5.0 ± 5.0 aB	10.0 ± 5.8 bC	25.0 ± 9.6 bD	-	-	-	-	-
	Xue Mi	0 A	40.0 ± 8.2 cB	40.0 ± 8.2 cB	50.0 ± 10.0 bC	50.0 ± 10.0 bC	-	-	-	-	-	-	-
	Jin Tao	0 A	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA	5.0 ± 5.0 aA	30.0 ± 13.0 aB	60.0 ± 16.0 C	-	-	-	-
	Tainung No. 9	0 A	35.0 ± 17.0 bB	40.0 ± 16.3 cB	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Seven-tenth	Tainung No. 12	0 A	0 aA	10.0 ± 5.8 aB	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tainung No. 13	0 A	5.0 ± 5.0 aA	5.0 ± 5.0 aA	15.0 ± 9.6 bB	60.0 ± 14.0 cC	-	-	-	-	-	-	-
	Xue Mi	0 A	10.0 ± 5.8 aB	20.0 ± 8.2 bC	45.0 ± 9.6 cD	45.0 ± 9.6 bD	-	-	-	-	-	-	-
	Jin Tao	0 A	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA	20.0 ± 8.2 A	45.0 ± 22.0 B	70.0 ± 13.0 C	-	-	-	-
	Tainung No. 9	0 A	65.0 ± 15.0 dB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tainung No. 12	0 A	15.0 ± 5.0 bB	75.0 ± 15.0 cC	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eight-tenth	Tainung No. 13	0 A	15.0 ± 5.0 bB	25.0 ± 5.0 bC	35.0 ± 9.6 bD	55.0 ± 9.6 bE	-	-	-	-	-	-	-
	Xue Mi	0 A	35.0 ± 9.6 cB	70.0 ± 10.0 cC	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Jin Tao	0 A	0 aA	5.0 ± 5.0 aA	5.0 ± 5.0 aA	5.0 ± 5.0 aA	50.0 ± 13.0 B	75.0 ± 13.0 C	-	-	-	-	-
	Tainung No. 9	0 A	100.0 ± 0.0 cB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tainung No. 12	0 A	5.0 ± 5.0 bB	70.0 ± 5.8 bC	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tainung No. 13	0 A	5.0 ± 5.0 bB	100.0 ± 0.0 cC	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nine-tenth	Xue Mi	0 A	100.0 ± 0.0 cB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Jin Tao	0 A	0 aA	5.0 ± 5.0 aB	85.0 ± 5.0 C	-	-	-	-	-	-	-	-

^a Days after storage.^b Means separation within column (capital letter) of same varieties with different production time. Different letters following the value represent significant difference according to *t*-test at $P \leq 0.05$.^c Mean ± standard error ($n = 4$).^d Means separation within column (small letter) of same production time with different varieties. Different letters following the value represent significant difference according to *t*-test at $P \leq 0.05$. Investigation was conducted from December 1, 2018 to March 31, 2019.^e End of test.

表 4. 棗「台農 9 號」、「台農 12 號」、「台農 13 號」及對照組「金桃」、「雪蜜」之果實於 20°C 貯藏期間果皮之生理障礙率。
Table 4. Physiological disorder on fruit peels of jujube 'TN 9', 'TN 12', 'TN 13', 'Xue Mi' and 'Jin Tao' during storage at 20°C.

Maturity	Varieties	Physiological disorders (index %)											
		0 ^z	2	4	6	8	10	12	14	16			
Six-tenth	Tainung No. 9	0 A ^y	0 A	0 a ^x A	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA	0.10 ± 0.10 ^w aB	0.10 ± 0.10 aB	0.10 ± 0.10 aB
	Tainung No. 12	0 A	0 A	0 aA	0 aA	2.55 ± 0.48 cB	3.20 ± 0.37 dC	3.65 ± 0.35 cD	- ^v	-	-	-	-
	Tainung No. 13	0 A	0 A	0 aA	1.45 ± 0.30 bB	1.50 ± 0.70 bB	2.40 ± 0.76 cC	-	-	-	-	-	-
	Xue Mi	0 A	0 A	0 aA	0.59 ± 0.42 cB	0.59 ± 0.42 aB	1.00 ± 0.42 bC	1.21 ± 0.46 bC	2.25 ± 0.16 bD	2.58 ± 0.28 bE	-	-	-
	Jin Tao	0 A	0 A	0.65 ± 0.62 bB	0.70 ± 0.42 bB	3.45 ± 0.38 dC	3.69 ± 0.31 dD	-	-	-	-	-	-
Seven-tenth	Tainung No. 9	0 A	0 A	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA	0 A
	Tainung No. 12	0 A	0 A	0 aA	0 aA	2.50 ± 0.37 cB	3.35 ± 0.17 dC	3.79 ± 0.13 cD	-	-	-	-	-
	Tainung No. 13	0 A	0 A	0 aA	1.00 ± 0.29 bB	2.35 ± 0.33 cB	2.53 ± 0.74 cC	-	-	-	-	-	-
	Xue Mi	0 A	0 A	0 aA	0.25 ± 0.13 aA	1.16 ± 0.34 bB	1.16 ± 0.34 bB	1.66 ± 0.80 bC	1.66 ± 0.10 bC	-	-	-	-
	Jin Tao	0 A	0 A	0.75 ± 0.54 bA	1.05 ± 0.30 bA	3.45 ± 0.05 dB	3.50 ± 0.11 dB	-	-	-	-	-	-
Eight-tenth	Tainung No. 9	0 A	0 A	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA	0 A
	Tainung No. 12	0 A	0 A	0 aA	0 aA	0.25 ± 0.25 aB	0.43 ± 0.43 bC	-	-	-	-	-	-
	Tainung No. 13	0 A	0 A	0 aA	0.95 ± 0.46 bB	1.80 ± 0.27 cC	3.75 ± 0.25 dD	3.75 ± 0.35 cC	-	-	-	-	-
	Xue Mi	0 A	0 A	0 aA	0 aA	-	-	-	-	-	-	-	-
	Jin Tao	0 A	0 A	0.25 ± 0.22 bB	0.30 ± 0.13 aB	1.05 ± 0.42 bC	1.11 ± 0.40 cC	1.78 ± 0.48 bD	-	-	-	-	-
Nine-tenth	Tainung No. 9	0 A	0 A	0 A	0 A	0 aA	0 aA	0 A	0 A	0 A	0 A	0 A	0 A
	Tainung No. 12	0 A	0 A	0 A	0 A	0.60 ± 0.24 bB	1.58 ± 0.25 bC	-	-	-	-	-	-
	Tainung No. 13	0 A	0 A	0 A	0 A	0 aA	0 aA	0 A	0 A	0 A	0 A	0 A	-
	Xue Mi	0 A	0 A	0 A	0 A	0 aA	0 aA	0 A	0 A	0 A	0 A	0 A	-
	Jin Tao	0 A	0 A	0 A	0 A	-	-	-	-	-	-	-	-

^z Days after storage.

^y Means separation within column (capital letter) of same varieties with different production time. Different letters following the value represent significant difference according to *t*-test at $P \leq 0.05$.

^x Means separation within column (small letter) of same production time with different varieties. Different letters following the value represent significant difference according to *t*-test at $P \leq 0.05$. Investigation was conducted from December 1, 2018 to March 31, 2019.

^w Mean ± standard error ($n = 4$).

^v End of test.

表 5. 裹「台農 9 號」、「台農 12 號」、「台農 13 號」及對照組「金桃」、「雪蜜」之果實於 5°C 貯藏期間果皮之寒害率。

Table 5. Chilling injury on fruit peels of jujube 'TN 9', 'TN 12', 'TN 13', 'Xue Mi' and 'Jin Tao' during storage at 5°C.

Maturity	Varieites	Chilling injury index				
		10 ^z	12	14	16	18
Six-tenth	Tainung No. 9	0 a ^y A ^x	0 aA	0.05 ± 0.05 ^w aB	0.05 ± 0.05 aB	0.05 ± 0.05 aB
	Tainung No. 12	0 aA	0.55 ± 0.19 cA	0.55 ± 0.19 cA	0.55 ± 0.06 bA	0.75 ± 0.24 cB
	Tainung No. 13	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA
	Xue Mi	0.15 ± 0.15 bB	0.20 ± 0.14 bB	0.25 ± 0.13 bB	0.45 ± 0.13 cC	0.45 ± 0.13 bC
	Jin Tao	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA
Seven-tenth	Tainung No. 9	0 A	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA
	Tainung No. 12	0 A	0.10 ± 0.10 bA	0.10 ± 0.10 aA	0.15 ± 0.15 bB	0.15 ± 0.15 bB
	Tainung No. 13	0 A	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA
	Xue Mi	0 A	0 aA	0 aA	0 aA	0.05 ± 0.05 aA
	Jin Tao	0 A	0 aA	0 aA	0.10 ± 0.10 aA	0.30 ± 0.10 cA
Eight-tenth	Tainung No. 9	0 A	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA
	Tainung No. 12	0 A	0.60 ± 0.20 bA	0.60 ± 0.20 bA	0.70 ± 0.19 bB	0.70 ± 0.18 cB
	Tainung No. 13	0 A	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA
	Xue Mi	0 A	0 aA	0 aA	0 aA	0.10 ± 0.06 aA
	Jin Tao	0 A	0 aA	0 aA	0.15 ± 0.10 aB	0.40 ± 0.08 bC
Nine-tenth	Tainung No. 9	0 aA	0 A	0 aA	0 aA	0 aA
	Tainung No. 12	0 aA	0.25 ± 0.10 B	0.25 ± 0.10 cB	0.45 ± 0.13 cC	0.45 ± 0.13 cC
	Tainung No. 13	0 aA	0 A	0 aA	0 aA	0 aA
	Xue Mi	0.05 ± 0.05 bA	0.15 ± 0.10 B	0.15 ± 0.10 bB	0.15 ± 0.10 bB	0.20 ± 0.08 bB
	Jin Tao	0 aA	0 A	0.10 ± 0.10 bA	0.10 ± 0.10 aA	0.35 ± 0.24 bcB

Maturity	Varieites	Chilling injury index				
		20	22	24	26	28
Six-tenth	Tainung No. 9	0.06 ± 0.06 aB	0.27 ± 0.10 aC	- ^y	-	-
	Tainung No. 12	1.70 ± 0.10 bC	2.05 ± 0.22 dD	2.25 ± 0.15 dE	3.11 ± 0.13 dF	3.11 ± 0.13dG
	Tainung No. 13	0 aA	1.25 ± 0.30 cB	1.40 ± 0.29 cB	2.00 ± 0.35 bC	2.60 ± 0.32 cD
	Xue Mi	0.51 ± 0.12 aC	0.56 ± 0.16 bC	1.11 ± 0.21 bD	2.15 ± 0.49 cE	2.15 ± 0.49 bE
	Jin Tao	0 aA	0.10 ± 0.10 aA	0.70 ± 0.17 aB	1.10 ± 0.10 aB	1.70 ± 0.38 aC
Seven-tenth	Tainung No. 9	0 aA	0.15 ± 0.15 aB	-	-	-
	Tainung No. 12	0.20 ± 0.20 bC	0.92 ± 0.22 cC	1.35 ± 0.28 aD	1.90 ± 0.10 bE	1.90 ± 0.10 bE
	Tainung No. 13	0 aA	0 aA	1.35 ± 0.34 aB	1.35 ± 0.15 aB	1.40 ± 0.41 aB
	Xue Mi	0.33 ± 0.08 bB	0.43 ± 0.08 bC	-	-	-
	Jin Tao	0.50 ± 0.10 cA	1.00 ± 0.26 cB	1.40 ± 0.14 aB	2.20 ± 0.14 cC	2.75 ± 0.22 cC
Eight-tenth	Tainung No. 9	-	-	-	-	-
	Tainung No. 12	0.60 ± 0.26 dC	1.46 ± 0.48 cC	1.69 ± 0.48 cD	2.27 ± 0.54 cE	2.27 ± 0.54 bE
	Tainung No. 13	0 aA	0 aA	0.56 ± 0.21 aB	0.56 ± 0.21 aB	1.16 ± 0.50 aC
	Xue Mi	0.20 ± 0.08 bA	1.46 ± 0.48 cB	-	-	-

表 5. 棗「台農 9 號」、「台農 12 號」、「台農 13 號」及對照組「金桃」、「雪蜜」之果實於 5°C 貯藏期間果皮之寒害率。(續)

Table 5. Chilling injury on fruit peels of jujube 'TN 9', 'TN 12', 'TN 13', 'Xue Mi' and 'Jin Tao' during storage at 5°C. (continued)

Maturity	Varieites	Chilling injury index				
		20	22	24	26	28
	Jin Tao	0.40 ± 0.08 cC	0.80 ± 0.08 bD	1.15 ± 0.10 bE	1.65 ± 0.40 bF	2.29 ± 0.28 bG
Nine-tenth	Tainung No. 9	-	-	-	-	-
	Tainung No. 12	1.39 ± 0.49 dC	2.45 ± 0.22 bE	2.45 ± 0.19 bE	-	-
	Tainung No. 13	0 aA	-	-	-	-
	Xue Mi	0.58 ± 0.21 cC	0.58 ± 0.21 aC	-	-	-
	Jin Tao	0.40 ± 0.22 bB	0.50 ± 0.17 aC	1.27 ± 0.22 aC	1.45 ± 0.21 D	2.19 ± 0.28 E

^z Days after storage.

^y Means separation within column (small letter) of same production time with different varieties. Different letters following the value represent significant difference according to *t*-test at $P \leq 0.05$. Investigation was conducted from December 1, 2018 to March 31, 2019.

^x Means separation within column (capital letter) of same varieties with different production time. Different letters following the value represent significant difference according to *t*-test at $P \leq 0.05$.

^w Mean ± standard error ($n = 4$).

^v End of test.

貯運期間可滴定酸含量變化

「台農 9 號」、「台農 12 號」、「台農 13 號」及對照組「雪蜜」及「金桃」在 6–9 分熟及 20、5、1°C 貯藏期間，可滴定酸會隨貯藏期間增加而降低；比較特別的是在 7 分熟下貯藏溫度 20°C 時，「台農 12 號」、「台農 13 號」、「雪蜜」及「金桃」貯藏 10 d 其可滴定酸略微增加，像是「台農 13 號」會由 0.22 上升至 0.25。在貯藏溫度 5°C 下時「台農 13 號」在 7 分熟貯藏 30 d 可滴定酸含量由 0.22 增加至 0.27，「雪蜜」與「金桃」於 5°C 在 6 分熟及 7 分熟貯藏 30 d 間可滴定酸含量呈現上下波動，像「雪蜜」5°C 在 6 分熟及貯藏 10 d 由 0.25 到 0.27，20 d 再降至 0.25；8 分及 9 分熟則隨貯藏時間增加而減少可滴定酸含量。以品種觀點，「台農 13 號」在 20°C、5°C 貯運，但 6–8 分熟可滴定酸含量隨貯運略微增加，與其他品種反應下降的表現較為不同 (如表 8)。

討論

本試驗研究調查棗「台農 9 號」、「台農 12 號」、「台農 13 號」果實生長發育方面，70–90 d 在果長、果寬、鮮重快速生長，100 d

後開始進入快速成熟，台農系列棗果實生長發育期間，果實縱徑、果實橫徑及鮮重變化均呈雙 S 型，惟在不同品種果實發育生理在發育速率快慢、二氧化碳釋放量及乙烯釋放量及生成時期有顯著差異，結果各品種之前人研究「台農 1 號」(Chang 1999)、「新蜜棗」(Tsai 2004)、「蜜棗」及「高朗 3 號」(Chen 2005) 品種在果實生長發育結果近似都呈雙 S 型，有別於像是木瓜大部分品種是單 S 型，有些品種為雙 S 型的特色 (Tsai & Ke 2004) 的特性。其中以「台農 13 號」果實生長速率較其他台農系列品種快，於開花後 100 d 可達果實最大體積與重量及總可溶性固形物含量於授粉後 100 d 可達 10°Brix 以上 (如圖 1)，其他「台農 9 號」、「台農 12 號」棗品種授粉後 130 d 後達到最大重量。

在不同棗「台農 9 號」、「台農 12 號」、「台農 13 號」品種之果實生育期間果實果皮亮度 (L^* value)、色彩濃度 (C^* value) 及色相角度 (θ value) 方面的數值觀測上 (如圖 4)；整體而言，果皮亮度隨果實生育增加而數值由最低的 35 上升到 61，各品種如「雪蜜」在讀值 45 以上屬接近 8 分熟，而「台農 9 號」、「台農 12 號」及「台農 13 號」等 3 個品種則在讀值 50 以上才接近

表 6. 棗「台農 9 號」、「台農 12 號」、「台農 13 號」及對照組「金桃」、「雪蜜」果實於 1°C 貯藏期間果皮之寒害率。
Table 6. Chilling injury on fruit peels of jujube 'TN 9', 'TN 12', 'TN 13', 'Xue Mi' and 'Jin Tao' during storage at 1°C.

Maturity	Varieties	Chilling injury (index %)										
		0 ^z	2	4	6	8	10	12	14			
Six-tenth	Tainung No. 9	0 a ^x A ^x	1.60 ± 0.40 ^w BB	2.27 ± 0.24 BC	- ^v	-	-	-	-	-	-	-
	Tainung No. 12	1.65 ± 0.39 BB	2.45 ± 0.31 cC	2.45 ± 0.26 BC	2.46 ± 0.39 BC	2.54 ± 0.36 cC	2.54 ± 0.36 cC	-	-	-	-	
	Tainung No. 13	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA	-	-	-	
	Xue Mi	0 aA	0 aA	0 aA	0.20 ± 0.14 aB	0.30 ± 0.20 bB	0.30 ± 0.20 bB	-	-	-	-	
	Jin Tao	0 aA	0.10 ± 0.10 aA	0.10 ± 0.10 aA	0.10 ± 0.10 aA	0.10 ± 0.10 aA	0.10 ± 0.10 aA	0.10 ± 0.10 aA	0.10 ± 0.10 bA	0.10 ± 0.10 A	-	
Seven-tenth	Tainung No. 9	0 aA	2.00 ± 0.40 cB	2.76 ± 0.48 BC	-	-	-	-	-	-	-	
	Tainung No. 12	1.55 ± 0.21 bB	3.25 ± 0.25 dC	3.65 ± 0.24 dD	-	-	-	-	-	-	-	
	Tainung No. 13	0 aA	0 aA	0.10 ± 0.10 aA	0.10 ± 0.10 aA	1.00 ± 0.50 aB	1.00 ± 0.50 aB	-	-	-	-	
	Xue Mi	0 aA	0.60 ± 0.40 bB	1.10 ± 0.40 cC	1.46 ± 0.43 cD	1.46 ± 0.60 aD	1.46 ± 0.60 aD	-	-	-	-	
	Jin Tao	0 aA	0.50 ± 0.20 bB	0.60 ± 0.20 bB	0.60 ± 0.14 bB	1.00 ± 0.20 aC	1.10 ± 0.20 aD	1.10 ± 0.20 aD	1.10 ± 0.30 D	1.20 ± 0.50 E	-	
Eight-tenth	Tainung No. 9	0 aA	0.10 ± 0.10 aB	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Tainung No. 12	0.15 ± 0.15 bB	0.90 ± 0.38 cC	1.36 ± 0.49 cD	1.50 ± 0.96 bD	-	-	-	-	-	-	
	Tainung No. 13	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA	0.50 ± 0.30 aB	0.50 ± 0.30 aB	-	-	-	-	
	Xue Mi	0.10 ± 0.10 aA	1.70 ± 0.20 dB	1.80 ± 0.80 dB	-	-	-	-	-	-	-	
	Jin Tao	0 aA	0.50 ± 0.10 bB	0.60 ± 0.20 bB	0.76 ± 0.23 bB	1.10 ± 0.20 bC	1.10 ± 0.20 bC	1.10 ± 0.20 bC	1.50 ± 0.90 D	-	-	
Nine-tenth	Tainung No. 9	0 A	0 aA	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Tainung No. 12	0 A	0.23 ± 0.10 bA	0.63 ± 0.47 bB	-	-	-	-	-	-	-	
	Tainung No. 13	0 A	0.30 ± 0.30 bB	0.30 ± 0.30 aB	-	-	-	-	-	-	-	
	Xue Mi	0 A	0 aA	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Jin Tao	0 A	1.20 ± 0.20 cB	1.90 ± 0.20 cC	2.10 ± 0.20 D	2.30 ± 0.30 E	-	-	-	-	-	

^z Days after storage.

^w Means separation within column (small letter) of same production time with different varieties. Different letters following the value represent significant difference according to *t*-test at $P \leq 0.05$. Investigation was conducted from December 1, 2018 to March 31, 2019.

^x Means separation within column (capital letter) of same varieties with different production time. Different letters following the value represent significant difference according to *t*-test at $P \leq 0.05$.

^v Mean ± standard error ($n = 4$).

^y End of test.

表 7. 棗「台農 9 號」、「台農 12 號」、「台農 13 號」、「台農 13 號」及對照組「金桃」、「雪蜜」不同成熟度果實貯藏於 20、5 及 1°C 對於總可溶性固形物之影響。

Table 7. Effect of different fruit maturity of jujube varieties 'TN 9', 'TN 12', 'TN 13', 'Xue Mi' and 'Jin Tao' on total soluble solids (°Brix) during storage at 20, 5 and 1°C.

Varieties	Maturity	20°					5					1				
		0 ^y	10	0	10	20	0	10	20	30	0	10	20	30	0	10
Tainung No. 9	Six-tenth	11.65 ± 0.67 ^a	11.64 ± 0.84 a	11.65 ± 0.67 a	10.98 ± 0.53 a	10.06 ± 0.72 a	- ^z	- ^z	- ^z	- ^z	11.65 ± 0.67 a	9.68 ± 0.60 a			11.65 ± 0.67 a	9.68 ± 0.60 a
	Seven-tenth	13.38 ± 0.72 b	11.78 ± 0.74 a	13.38 ± 0.72 b	13.28 ± 0.82 b	10.96 ± 0.80 a	-	-	-	-	13.38 ± 0.72 b	11.65 ± 1.15 b			13.38 ± 0.72 b	11.65 ± 1.15 b
	Eight-tenth	14.66 ± 0.77 c	13.56 ± 0.93 b	14.66 ± 0.77 c	11.46 ± 0.71 a	10.80 ± 0.74 a	-	-	-	-	14.66 ± 0.77 c	11.40 ± 0.54 b			14.66 ± 0.77 c	11.40 ± 0.54 b
	Nine-tenth	15.36 ± 1.24 c	-	15.36 ± 1.24 c	13.31 ± 0.75 b	10.31 ± 0.53 a	-	-	-	-	15.36 ± 1.24 c	13.68 ± 0.83 c			15.36 ± 1.24 c	13.68 ± 0.83 c
Tainung No. 12	Six-tenth	10.64 ± 0.67 a	7.03 ± 0.60 a	10.64 ± 0.67 a	9.26 ± 0.47 a	8.73 ± 0.69 a	10.06 ± 0.62 a				10.64 ± 0.67 a	9.70 ± 0.51 b			10.64 ± 0.67 a	9.70 ± 0.51 b
	Seven-tenth	11.06 ± 0.70 a	7.65 ± 0.35 a	11.06 ± 0.70 a	11.04 ± 0.23 b	9.44 ± 0.45 b	10.10 ± 0.45 a				11.06 ± 0.70 a	7.59 ± 0.43 a			11.06 ± 0.70 a	7.59 ± 0.43 a
	Eight-tenth	11.73 ± 0.37 a	8.75 ± 1.07 b	11.73 ± 0.37 a	10.84 ± 0.40 b	10.09 ± 0.36 b	10.64 ± 0.50 a				11.73 ± 0.37 a	9.30 ± 0.46 b			11.73 ± 0.37 a	9.30 ± 0.46 b
	Nine-tenth	13.19 ± 0.80 b	11.15 ± 0.43 c	13.19 ± 0.80 b	11.28 ± 0.54 b	10.84 ± 0.63 c	-				13.19 ± 0.80 b	-			13.19 ± 0.80 b	-
Tainung No. 13	Six-tenth	7.76 ± 0.43 a	9.45 ± 0.72 a	7.76 ± 0.43 a	9.36 ± 0.53 a	8.84 ± 0.70 a	8.44 ± 0.37 a				7.76 ± 0.43 a	8.54 ± 0.42 a			7.76 ± 0.43 a	8.54 ± 0.42 a
	Seven-tenth	9.25 ± 0.63 b	9.59 ± 1.16 a	9.25 ± 0.63 b	10.80 ± 0.55 b	9.59 ± 0.80 a	9.50 ± 0.73 b				9.25 ± 0.63 b	8.60 ± 0.55 a			9.25 ± 0.63 b	8.60 ± 0.55 a
	Eight-tenth	11.40 ± 0.82 c	9.85 ± 0.87 a	11.40 ± 0.82 c	12.39 ± 0.58 c	10.71 ± 0.66 b	-				11.40 ± 0.82 c	9.61 ± 0.59 b			11.40 ± 0.82 c	9.61 ± 0.59 b
	Nine-tenth	14.33 ± 0.53 d	11.83 ± 0.51 b	14.33 ± 0.53 d	12.51 ± 0.54 c	12.83 ± 0.77 c	-				14.33 ± 0.53 d	-			14.33 ± 0.53 d	-
Xue Mi	Six-tenth	11.15 ± 0.63 a	10.80 ± 0.27 b	11.15 ± 0.63 a	11.86 ± 0.60 a	11.68 ± 0.52 ab	-				11.15 ± 0.63 a	10.81 ± 0.38 a			11.15 ± 0.63 a	10.81 ± 0.38 a
	Seven-tenth	11.33 ± 0.87 a	9.64 ± 0.60 a	11.33 ± 0.87 a	11.24 ± 0.66 a	10.89 ± 0.49 a	9.95 ± 0.61				11.33 ± 0.87 a	12.56 ± 0.83 b			11.33 ± 0.87 a	12.56 ± 0.83 b
	Eight-tenth	11.95 ± 0.60 b	10.31 ± 0.57 a	11.95 ± 0.60 b	12.89 ± 0.53 b	11.24 ± 0.53 a	-				11.95 ± 0.60 b	10.31 ± 0.86 a			11.95 ± 0.60 b	10.31 ± 0.86 a
	Nine-tenth	13.49 ± 0.39 c	-	13.49 ± 0.39 c	14.54 ± 0.92 c	12.71 ± 0.60 c	-				13.49 ± 0.39 c	-			13.49 ± 0.39 c	-
Jin Tao	Six-tenth	8.38 ± 0.31 a	5.24 ± 0.30 a	8.38 ± 0.31 a	6.34 ± 0.24 a	8.14 ± 0.50 a	7.55 ± 0.61 a				8.38 ± 0.31 a	7.59 ± 0.24 a			8.38 ± 0.31 a	7.59 ± 0.24 a
	Seven-tenth	8.38 ± 0.45 a	6.36 ± 0.38 b	8.36 ± 0.45 a	7.39 ± 0.35 b	7.80 ± 0.29 a	8.45 ± 0.60 b				8.36 ± 0.45 a	8.21 ± 0.52 a			8.36 ± 0.45 a	8.21 ± 0.52 a
	Eight-tenth	10.49 ± 0.43 b	8.64 ± 0.61 c	10.49 ± 0.43 b	8.34 ± 0.59 c	9.31 ± 0.44 b	9.58 ± 0.41 c				10.49 ± 0.43 b	9.75 ± 0.60 b			10.49 ± 0.43 b	9.75 ± 0.60 b
	Nine-tenth	11.74 ± 0.51 c	-	11.74 ± 0.51 c	9.10 ± 0.41 c	10.50 ± 0.55 c	10.74 ± 0.30 d				11.74 ± 0.51 c	9.89 ± 0.47 b			11.74 ± 0.51 c	9.89 ± 0.47 b

^z Storage temperature.

^y Days after storage.

^x Mean ± standard error (n = 4).

^w Different letters following the value represent significant difference according to t-test at P ≤ 0.05. Investigation was conducted from December 1, 2018 to March 31, 2019.

^v End of test.

表 8. 稟「台農 9 號」、「台農 12 號」、「台農 13 號」及對照組「金桃」、「雪蜜」不同成熟度果實貯藏於 20、5 及 1°C 對於可滴定酸之影響。
Table 8. Effect of different fruit maturity of jujube varieties 'TN 9', 'TN 12', 'TN 13', 'Xue Mi' and 'Jin Tao' on titratable acid content (%) during storage at 20, 5 and 1°C.

Varieties	Maturity	20 ^z					5					1		
		0 ^y	10	0	10	20	0	10	20	30	0	0	10	
Tainung No. 9	Six-tenth	0.260 ± 0.031 ^x a ^w	0.290 ± 0.041 a	0.260 ± 0.031 a	0.230 ± 0.026 a	0.230 ± 0.017 b	0.260 ± 0.031 a	0.230 ± 0.026 a	0.230 ± 0.017 b	- ^v	0.260 ± 0.031 a	0.220 ± 0.017 a	0.220 ± 0.017 a	
	Seven-tenth	0.320 ± 0.068 b	0.280 ± 0.015 a	0.320 ± 0.068 b	0.230 ± 0.026 a	0.200 ± 0.004 a	0.320 ± 0.068 b	0.230 ± 0.026 a	0.200 ± 0.004 a	-	0.320 ± 0.068 b	0.220 ± 0.019 a	0.220 ± 0.019 a	
	Eight-tenth	0.240 ± 0.010 a	0.260 ± 0.015 a	0.240 ± 0.010 a	0.220 ± 0.006 a	0.210 ± 0.014 ab	0.240 ± 0.010 a	0.220 ± 0.006 a	0.210 ± 0.014 ab	-	0.240 ± 0.010 a	0.210 ± 0.020 a	0.210 ± 0.020 a	
	Nine-tenth	0.260 ± 0.034 a	-	0.260 ± 0.034 a	0.240 ± 0.014 a	0.190 ± 0.009 a	0.260 ± 0.034 a	0.240 ± 0.014 a	0.190 ± 0.009 a	-	0.260 ± 0.034 a	0.230 ± 0.010 a	0.230 ± 0.010 a	
Tainung No. 12	Six-tenth	0.200 ± 0.035 a	0.220 ± 0.005 a	0.200 ± 0.035 a	0.200 ± 0.015 a	0.200 ± 0.018 a	0.200 ± 0.035 a	0.200 ± 0.015 a	0.200 ± 0.018 a	0.220 ± 0.024 b	0.200 ± 0.035 a	0.170 ± 0.013 b	0.170 ± 0.013 b	
	Seven-tenth	0.210 ± 0.011 a	0.230 ± 0.029 a	0.210 ± 0.011 a	0.200 ± 0.017 a	0.190 ± 0.011 a	0.210 ± 0.011 a	0.200 ± 0.017 a	0.190 ± 0.011 a	0.190 ± 0.009 a	0.210 ± 0.011 a	0.160 ± 0.008 a	0.160 ± 0.008 a	
	Eight-tenth	0.240 ± 0.034 b	0.210 ± 0.006 a	0.210 ± 0.034 b	0.200 ± 0.018 a	0.200 ± 0.016 a	0.210 ± 0.034 b	0.200 ± 0.018 a	0.200 ± 0.016 a	0.210 ± 0.017 a	0.240 ± 0.034 b	0.150 ± 0.006 a	0.150 ± 0.006 a	
	Nine-tenth	0.220 ± 0.026 a	0.220 ± 0.008 a	0.220 ± 0.026 a	0.190 ± 0.011 a	0.210 ± 0.080 a	0.220 ± 0.026 a	0.190 ± 0.011 a	0.210 ± 0.080 a	-	0.220 ± 0.026 a	-	-	
Tainung No. 13	Six-tenth	0.220 ± 0.126 a	0.300 ± 0.015 b	0.220 ± 0.126 a	0.260 ± 0.012 a	0.220 ± 0.049 a	0.220 ± 0.126 a	0.260 ± 0.012 a	0.220 ± 0.049 a	0.250 ± 0.025 a	0.220 ± 0.126 a	0.210 ± 0.027 b	0.210 ± 0.027 b	
	Seven-tenth	0.220 ± 0.069 a	0.250 ± 0.024 a	0.220 ± 0.069 a	0.250 ± 0.030 b	0.270 ± 0.015 b	0.220 ± 0.069 a	0.250 ± 0.030 b	0.270 ± 0.015 b	0.270 ± 0.024 a	0.220 ± 0.069 a	0.220 ± 0.021 a	0.220 ± 0.021 a	
	Eight-tenth	0.250 ± 0.010 b	0.250 ± 0.019 a	0.250 ± 0.010 b	0.220 ± 0.011 a	0.260 ± 0.027 ab	0.250 ± 0.010 b	0.220 ± 0.011 a	0.260 ± 0.027 ab	-	0.250 ± 0.010 b	0.220 ± 0.009 a	0.220 ± 0.009 a	
	Nine-tenth	0.310 ± 0.014 b	0.290 ± 0.024 b	0.310 ± 0.014 b	0.280 ± 0.013 a	0.200 ± 0.015 a	0.310 ± 0.014 b	0.280 ± 0.013 a	0.200 ± 0.015 a	-	0.310 ± 0.014 b	-	-	
Xue Mi	Six-tenth	0.250 ± 0.016 a	0.240 ± 0.010 a	0.250 ± 0.016 a	0.270 ± 0.021 a	0.250 ± 0.026 a	0.250 ± 0.016 a	0.270 ± 0.021 a	0.250 ± 0.026 a	-	0.250 ± 0.016 a	0.220 ± 0.019 a	0.220 ± 0.019 a	
	Seven-tenth	0.240 ± 0.016 a	0.290 ± 0.013 b	0.240 ± 0.016 a	0.230 ± 0.005 b	0.240 ± 0.023 b	0.240 ± 0.016 a	0.230 ± 0.005 b	0.240 ± 0.023 b	0.220 ± 0.022	0.240 ± 0.016 a	0.200 ± 0.015 a	0.200 ± 0.015 a	
	Eight-tenth	0.280 ± 0.008 b	0.230 ± 0.009 a	0.280 ± 0.008 b	0.240 ± 0.013 a	0.230 ± 0.018 ab	0.280 ± 0.008 b	0.240 ± 0.013 a	0.230 ± 0.018 ab	-	0.280 ± 0.008 b	0.190 ± 0.018 a	0.190 ± 0.018 a	
	Nine-tenth	0.280 ± 0.014 b	-	0.280 ± 0.014 b	0.220 ± 0.011 a	0.250 ± 0.022 a	0.280 ± 0.014 b	0.220 ± 0.011 a	0.250 ± 0.022 a	-	0.280 ± 0.014 b	-	-	
Jin Tao	Six-tenth	0.180 ± 0.030 a	0.140 ± 0.004 a	0.180 ± 0.030 a	0.160 ± 0.016 a	0.170 ± 0.040 b	0.180 ± 0.030 a	0.160 ± 0.016 a	0.170 ± 0.040 b	0.170 ± 0.024 b	0.180 ± 0.030 a	0.160 ± 0.014 a	0.160 ± 0.014 a	
	Seven-tenth	0.210 ± 0.030 a	0.220 ± 0.029 c	0.210 ± 0.030 a	0.150 ± 0.005 a	0.130 ± 0.008 a	0.210 ± 0.030 a	0.150 ± 0.005 a	0.130 ± 0.008 a	0.140 ± 0.009 a	0.210 ± 0.030 a	0.180 ± 0.041 b	0.180 ± 0.041 b	
	Eight-tenth	0.250 ± 0.045 b	0.190 ± 0.010 b	0.250 ± 0.045 b	0.180 ± 0.007 b	0.170 ± 0.013 b	0.250 ± 0.045 b	0.180 ± 0.007 b	0.170 ± 0.013 b	0.160 ± 0.013 b	0.250 ± 0.045 b	0.160 ± 0.011 a	0.160 ± 0.011 a	
	Nine-tenth	0.230 ± 0.030 b	-	0.230 ± 0.030 b	0.190 ± 0.014 b	0.130 ± 0.015 b	0.230 ± 0.030 b	0.190 ± 0.014 b	0.130 ± 0.015 b	0.130 ± 0.008 a	0.230 ± 0.030 b	0.140 ± 0.010 a	0.140 ± 0.010 a	

^z Storage temperature.

^y Days after storage.

^x Mean ± standard error ($n = 4$).

^w Value followed by the same letter in each column are not significantly different according to *t*-test at $P \leq 0.05$. Investigation was conducted from 1 December, 2018 to 31 March, 2019.

^v End of test.

8分熟；在色彩濃度方面，讀值一開始由較高的32-43到8分熟時略微下降至30-40，「雪蜜」與「台農13號」約在讀值43、「台農9號」約在讀值38、「台農12號」約在讀值30接近8分熟之採收適期。色相角度方面，「雪蜜」和「台農13號」約在讀值110、「台農9號」約在讀值97、「台農12號」約在讀值95接近8分熟之採收適期。相關數值可做為未來無人機械採收之參考依據，亦可協助栽培農戶依市場需求判斷不同品種之不同成熟度之參考標準。

由上述「台農9號」、「台農12號」及「台農13號」果實生育調查結果，建議「台農9號」和「台農12號」的採收適期為授粉後120-130 d，其果重和總可溶性固形物可以達到最高；建議「台農9號」採收成熟度為7-9分熟，「台農12號」採收成熟度可為8分熟及9分熟。「台農13號」採收適期為授粉後100-120 d，其果重及總可溶性固形物可以達到最高，建議「台農13號」採收成熟度為7-9分熟；對照組「雪蜜」為授粉後110-120 d，「台農13號」採收期較「雪

蜜」長10 d。因此，多樣的品種可以分散產期，增加採收販賣的時間。棗果實會後熟，與獼猴桃等後熟型的果實相同，其乙烯生成率是決定貯藏壽命的主要因子(Chou *et al.* 2000)，因此，果實呼吸率與乙烯生成率及其抑制的生理研究是需要深入探討。

在調查20、5及1°C的貯藏溫度對棗台農各品種貯運性的影響，棗「台農9號」在5°C及1°C貯藏期間果實腐損發生時間較早、腐損率較高，「台農12號」在5°C及1°C寒害指數上升最快，「台農13號」在5°C及1°C寒害指數表現略優對照「金桃」品種，腐損率表現在5°C及1°C略差於「金桃」品種，可溶性固形物在貯運期間表現優於「金桃」品種。棗之採收成熟度影響樹架壽命及貯運期長短，成熟度也會影響果實對低溫的反應(Pao 2012)，綜合本試驗研究結果顯示，棗台農系列品種以7分熟及8分的成熟度為採收適期，並配合5°C為最適貯藏溫度(如圖5及表7)，「台農12號」、「台農13號」及「金桃」品種於貯藏20 d後之果皮外

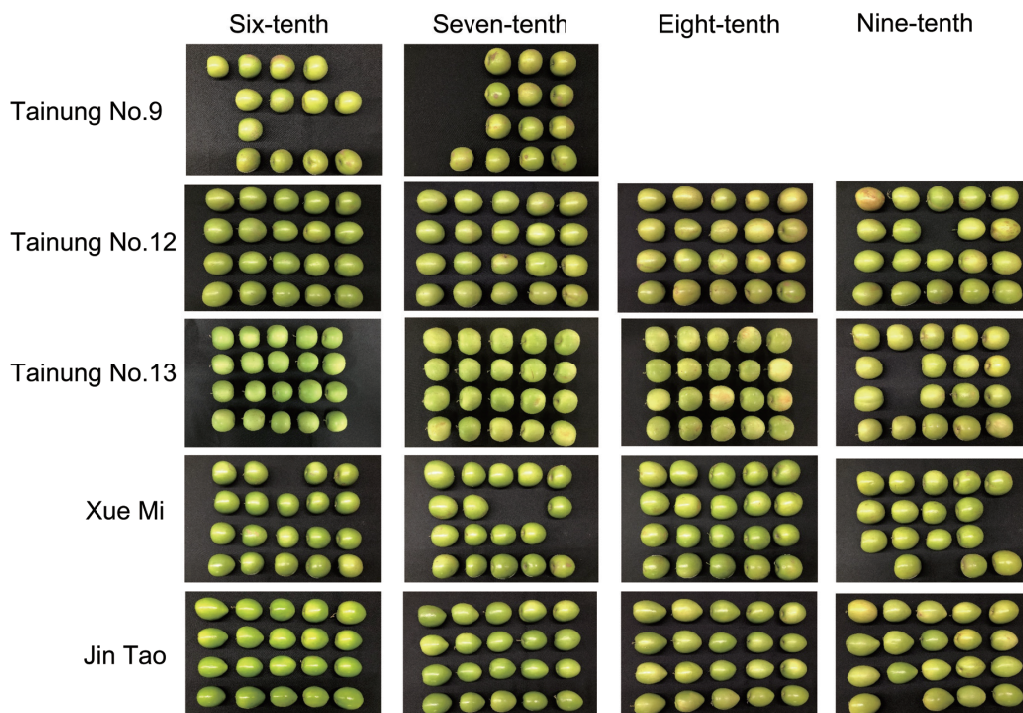


圖5. 棗「台農9號」、「台農12號」、「台農13號」果實於5°C貯藏20 d之外觀。

Fig. 5. Fruit appearance of jujube varieties 'TN 9', 'TN 12' and 'TN 13' after storage at 5°C for 20 d.

觀無明顯劣變；因此，對於外銷貯運時間需達 14 d 以上又無需檢疫溫度處理者，建議採收 7 分熟及 8 分熟果實並以 5°C 進行貯運，對於貯運時間為 5–10 d 又無需檢疫需求者，建議果實可達 8 分熟及 9 分熟；如需經檢疫低溫 1.2°C 處理 2 wk 者，建議果實仍以不超過 7 分熟為最適採收期。

誌謝

本研究承科技部智慧科技於農業生產之具外銷潛力果品創新保鮮技術開發計畫 (MOST107-2321-B-) 經費補助，特此致謝。

引用文獻

- Awasthi, O. P. and T. A. More. 2009. Genetic diversity and status of *Ziziphus* in India. *ISHS Acta Hort.* 840:33–40. doi:10.17660/ActaHortic.2009.840.2
- Chang, L. H. 1999. Studies on the Development of Indian Jujube (*Zizyphus mauritiana* Lam.) Fruit. Master Thesis. Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Taichung, Taiwan. 66 pp. (in Chinese with English abstract)
- Chen, L. H. 2005. Studies on the physico-chemical characteristics during fruit growth and the post-harvest physiology of Indian jujube (*Zizyphus mauritiana* Lam.) fruit. Master Thesis. Department of Plant Industry, National Pingtung University of Science and Technology. Pingtung, Taiwan. 128 pp. (in Chinese with English abstract)
- Chou, H. N., S. M. Ou, and C. C. Nee. 2000. Studies on the changes in composition of Taiwan kiwifruit during fruit storage. *J. Chinese Soc. Hort. Sci.* 46:157–172. (in Chinese with English abstract)
- Council of Agriculture. n.d. 2020 Agricultural statistics yearbook. <https://www.coa.gov.tw/ws.php?id=2512591> (visit on 02/21/2022) (in Chinese)
- Guo, J. H., C. H. Wu, W. H. Lee, L. H. Chang, and C. C. Huang. 2020. Study on the traits of ‘Tainung No. 13-Shirley’ jujube (*Zizyphus mauritiana* Lam.). *J. Taiwan Soc. Hort. Sci.* 66:171–180. (in Chinese with English abstract)
- Lee, H. T. 2019. Effects of Salicylic Acid Treatment on Physiology and Quality of Jujube, Wax Apple and Lime Fruit after Harvest. Master Thesis. Department of Plant Industry, National Pingtung University of Science and Technology. Pingtung, Taiwan. 173 pp. (in Chinese with English abstract)
- Pao, C. W. 2012. Effects of the post-harvest treatments on quality of Indian jujube (*Zizyphus mauritiana* Lam.) ‘Mitzau’ and ‘Kaohsiung No. 5’ fruits. Master Thesis. Department of Plant Industry, National Pingtung University of Science and Technology. Pingtung, Taiwan. 167 pp. (in Chinese with English abstract)
- Razi, M. F. D., R. Anwar, S. M. A. Basra, M. M. Khan, and I. A. Khan. 2013. Morphological characterization of leaves and fruit of jujube (*Zizyphus mauritiana* Lamk.) germplasm in Faisalabad, Pakistan. *Pak. J. Agric. Sci.* 50:211–216.
- Saran, P. L., A. K. Godara, I. S. Yadav, S. K. Sehrawat, and G. La. 2006. Morphological diversity among Indian jujube (*Zizyphus mauritiana* Lamk.) genotypes collected at Hisar, India. *J. Food Agric. Environ.* 4:172–175.
- Singh, A. and P. R. Meghwal. 2020. Socio-economic and horticultural potential of *Zizyphus* species in arid regions of Rajasthan India. *Genet. Resour. Crop Evol.* 67:1301–1313. doi:10.1007/s10722-020-00891-x
- Tsai, Y. C. 2004. Studies on the growth and development and storage of Indian jujube (*Zizyphus mauritiana* Lam.) fruits. Master Thesis. Department of Horticulture, National Chiayi University. Chiayi, Taiwan. 140 pp. (in Chinese with English abstract)
- Tsai, Y. H. and L. S. Ke. 2004. Studies on the physico-chemical changes of papaya (*Carica papaya* L.) fruits during growth and development. *J. Chinese Soc. Hort. Sci.* 50:63–78. (in Chinese with English abstract) doi:10.6964/JCSHS.200403.0063

Studies on the Physico-Chemical Changes in Fruits of Jujube (*Ziziphus mauritiana* Lam.) ‘Tainung No. 9’, ‘Tainung No. 12’ and ‘Tainung No. 13’ during Development and Storage

Jhan-Hong Guo¹, Min-Chi Hsu², Kuo-Dung Chiou³, Wen-Li Lee⁴, and Yu-Shen Liang^{5,*}

Abstract

Guo, J. H., M. C. Hsu, K. D. Chiou, W. L. Lee, and Y. S. Liang. 2022. Studies on the physico-chemical changes in fruits of jujube (*Ziziphus mauritiana* Lam.) ‘Tainung No. 9’, ‘Tainung No. 12’ and ‘Tainung No. 13’ during development and storage. *J. Taiwan Agric. Res.* 71(3):209–229.

To investigate the physico-chemical changes of jujube fruit during growth and stage, the varieties of ‘TN 9-New Honey King’, ‘TN 12-Water Honey’, and ‘TN 13-Shirley’ were used as materials. The results showed that the fruit growth pattern appeared double the sigmoid curve on fruit fresh weight, fruit longitudinal diameter, and fruit cross diameter. ‘TN 13’ reaches its maximum weight and total soluble solids content increasing over the rate of 10°Brix after 100 d pollination, whereas ‘TN 9’ and ‘TN 12’ reached their maximum after 120–130 d after pollination. ‘TN12’ produced the least amounts of the respiration rate and the ethylene production rate during fruit ripening. Compared with ‘TN 12’, ‘TN 9’ produced a higher respiration rate by 1.75 times; ‘TN 9’ and ‘Xue Mi’ varieties produced higher ethylene production rates by 4 times. The peel color lightness of Tainung varieties was 50 at harvest. The peel chroma values of ‘TN 9’, ‘TN 12’ and ‘TN 13’ was 38, 30, and 43, respectively, at harvest. The hue angle of ‘TN 9’, ‘TN 12’ and ‘TN 13’ was 97°, 95°, and 110°, respectively, at harvest. The decay rate of ‘TN 9’ occurred earlier during the storage was higher than the other varieties, ‘TN 12’ chilling injury index rose fastest when being stored at 5°C and 1°C. ‘TN 13’ performed slightly better than the control ‘Jin Tao’ variety at 5°C and 1°C in chilling injury index. The decay rate was slightly lower than the control ‘Jin Tao’ variety at 5°C and 1°C. The total soluble solids performed better than the ‘Jin Tao’ varieties during storage.

Key words: India jujube, Tainung, Double sigmoid curve, Fruit growth and development, Storage life.

Received: November 2, 2021; Accepted: March 10, 2022.

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

¹ Assistant Research Fellow, Department of Tropical Fruit Trees, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Kaohsiung, Taiwan, ROC.

² Assistant Research Fellow, Crop Science Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.

³ Associate Research Fellow and Division Director, Department of Tropical Fruit Trees, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Kaohsiung, Taiwan, ROC.

⁴ Research Fellow and Director, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Kaohsiung, Taiwan, ROC.

⁵ Associate Professor, Department of Plant Industry, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung County, Taiwan, ROC.