

果實貯藏模式及通風對麻豆文旦短期

貯藏品質之影響¹

張嵐雁、張汶肇、張錦興²

摘 要

張嵐雁、張汶肇、張錦興。**2016**。果實貯藏模式及通風與否對麻豆文旦短期貯藏品質之影響。臺南區農業改良場研究彙報 69：30-41。

麻豆文旦為臺灣中秋重要節氣果品，現行採後果實貯藏環境及堆疊方式不同，使果品辭水後狀況不一。本試驗評估常見的 4 種果實貯放樣態：(1) 直接堆疊於通風環境（VP）；(2) 直接堆疊於密閉空間（CP）；(3) 以籃子堆疊於通風環境（VB）；(4) 以籃子堆疊於密閉空間（CB），並調查果實貯藏 4 週內之品質及果堆內溫濕度變化。果實失重率以 VB 處理 16.90% 最高，CP 處理 9.76% 最低，但可溶性固形物、可滴定酸等品質參數則以 CP 處理降低較為明顯，推測係因 CP 儲藏模式使果實加速老化。另於儲藏第四週調查所有處理之可食果實率及果肉狀態，以 VP、VB 處理之可食用果數及果肉狀況明顯優於 CP、CB 處理，顯示通風有助於維持貯藏品質。

現有技術：臺灣農民慣將麻豆文旦果實置於通風或密閉室內等常溫環境下，或採直接堆疊、或盛籃堆疊等不同方式進行貯藏及後續調理，常造成貯運後的果品狀況不一。

創新內容：評估不同堆疊及貯藏環境通風與否等貯放方式對於麻豆文旦果實短期貯藏品質之影響，顯示貯藏於通風環境有助於維持麻豆文旦果實品質並延緩果實劣變發生。

對產業影響：改善麻豆文旦貯藏環境及堆疊方式，延長貯運適期，減少採後損失，維持果實品質，亦可降低農民販售壓力，保障收益。

關鍵字：麻豆文旦、調理、失重、乙烯

接受日期：2016 年 11 月 30 日

1. 行政院農業委員會臺南區農業改良場研究報告第 468 號。

2. 行政院農業委員會臺南區農業改良場助理研究員、副研究員及副研究員兼分場長。712 臺南市新化區牧場 70 號。

前 言

麻豆文旦 (*Citrus grandis* Osbeck cv. Matou Wentan) 為芸香科柑橘屬常綠果樹，104 年栽培面積 4,252 公頃，年產量約 60,895 公噸⁽¹⁾，產區集中於花蓮縣、臺南市、新北市、雲林縣等地。麻豆文旦係屬柚類早熟品系，最佳採收期約盛花後 23 ~ 25 週⁽⁶⁾，果實生產受日照量、氣候條件及栽培管理模式差異，各地採收時間不一，農民慣循節氣「白露」決定全園果實採收時間，以臺南最早，約 8 月中旬後陸續採收，販售則集中於中秋節前。節氣「白露」循陽曆（西曆）為每年 9 月 7 或 8 日，而中秋則依陰曆，為每年農曆 8 月 15 日，但中秋換算至陽曆並非固定日期，即白露與中秋可能有 0 ~ 26 天不等的間隔，如此便造成柚農每年將面臨不同的銷售時間壓力^(9,10)。剛採收的麻豆文旦果實水份含量高、肉質硬脆，經過俗稱「辭水」的調理（Curing），處理條件為常溫（ $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ）貯藏 5 ~ 10 日，使果實略微失重、果肉軟化而有較佳的食用程度^(5,7)及銷售品質；然而產地農民常直接將採收的果實置於通風或密閉室內等環境，採直接堆疊（至多高 1 公尺）或盛籃堆疊，進行果實調理及短期貯藏等採後作業，其採常溫貯藏的果實以採後 1 ~ 4 週食用品質較佳⁽³⁾。若白露與中秋間隔較長，貯藏過久的果實可能有過於乾癟、出現異味等不良情形，探討其中原因，現行麻豆文旦常溫貯藏之堆疊模式可能因通風不佳造成果堆內溫、濕度等微氣候變化，導致果實品質劣變如異味、果肉褐變、瓢瓣乾粒化（俗稱乾米）等現象，因此本試驗擬評估農友常用儲藏樣態對辭水及後續果實品質影響，並提出改善方法以作為農友儲藏條件改善參考。

材料與方法

一、植株材料

供試植株為臺南區農業改良場種植之 8 ~ 9 年生麻豆文旦，植株依慣行栽培管理，於 2015 年 8 月 17 日採收果實，挑選果重 400 ~ 700 公克、外觀完好、無明顯損傷等均一質量的果實進行試驗。

二、試驗方法

每處理果實 1 堆約 100 粒，分批進行以下 4 個處理：(1) 直接堆疊於通風環境（VP）；(2) 直接堆疊於密閉空間（CP）；(3) 以籃子堆疊於通風環境（VB）；(4) 以籃子堆疊於密閉空間（CB）。堆疊方式分直接堆疊與盛籃堆疊二種，直接堆疊以木板釘製一無底長方框（約 55 公分 × 50 公分 × 100 公分）將果實堆高約 1 公尺；盛籃堆疊則採用籃身具細孔，且附鐵架可堆疊之麻豆文旦籃 3 只（塑膠籃 62 公分 × 43 公分 × 39 公分），堆疊後上下果籃之果實間隔約 10 公分。二種堆疊方式的果實總體積控制於 0.26 ~ 0.28 立方公尺，各處理以塑膠棧板（南亞，SCJ-120100-140P，田字型）墊高，減少地溫影響。試驗環境模擬於同一空間，通風環境模擬為半開放且具遮蔭之情形，並以小型鼓風機（空間內最大風速為 0.3 m/s）擾動果堆側邊予以通風；密閉環境則模擬於三面為無窗之水泥牆，以塑膠布將唯一出口處，距離果堆一兩公尺處圍起隔絕（空間內風速為 0 m/s），並以厚紙板舖於果堆底部，避免與棧板層氣體直接交換。

直接堆疊處理之表、上、中、下層果堆中心（於果堆中離底層各約 100 公分、75 公分、50 公分及 25 公分）及裝籃處理最下方籃之果堆中層安置 HOB0 溫濕度紀錄器

(U23-001, onset co., USA) 以記錄溫度及相對濕度變化。

三、試驗設計及調查分析項目

(一) 試驗設計：每處理 1 堆，每堆約 100 粒果實，各處理每週逢機取樣 6 個果實調查品質。於第四週將各處理未取樣之果實全數剖開，依果實汁胞狀態分類為可食性、果肉瓢瓣乾粒化、果肉褐化、果實有異味、果實腐爛等樣態並統計數量，計算處理中各樣態之比例。

(二) 調查與分析項目

1. 果實重量 (Fruit weight)：單粒果實重量，單位以 g 表示。
2. 果皮重：果實剖開後剝去果肉及種子後，外果皮及果膜之合計重量，單位以 g 表示。
3. 失重率 (Weight loss rate)：以原始重量為 100%，將果實區分為果皮 (含果膜) 及果肉兩部份，並隨貯藏調查其取樣時之重量並與原始重量計算出失重佔原果重之比率。
4. 瓢瓣截切力 (Flesh sheerness)：果實剝去外皮及種子後，挑選兩瓣厚度一致且完整之瓢瓣以物性分析儀 (CT3-25K, Brookfield, USA) 使用塑膠刀狀之夾具進行截切，模擬牙齒咀嚼瓢瓣時所需的力，以 g/cm^2 為單位。
5. 果汁率 (Juice rate)：將果肉以榨汁機 (MJ-C85N, National, Japan) 取得果汁後稱得果汁重，計算果肉所獲得果汁之重量比例，以 % 為單位。
6. 總可溶性固形物 (Total soluble solids, TSS)：糖度的測定為榨汁後取 2 ~ 3 滴澄清液，滴於折光儀 (refractometer PAL-1, ATAGO, Japan) 上測定，單位為 °Brix。
7. 可滴定酸 (Titratable acidity)：以果汁酸度計 (TA-70, TOA-DKK, Japan) 測定，果實榨汁後取 10 mL 澄清液加 90 mL 蒸餾水混合，以 0.1N NaOH 標準液滴定至 pH 值 8.1 為滴定點，換算成枸橼酸 (Citrus acid) 含量，單位為百分比 (%)。
8. 果皮顏色：以桌上型分光色差儀 (ColorFlex EZ, Hunter Lab, USA) 測定果腰兩側之 L^* 、 C^* 、 h 值。 L 值即為亮度，數值最高為 100，數值愈高亮度愈高。 C^* 值為彩度 (Chroma; C value)，數值愈高顯示果色愈濃。 h 值為色相角度 (Hue angle; θ value)，當色相角度 0 度時為紅色，90 度為黃色，180 度為綠色。

結果與討論

一、不同處理果堆內溫濕度概況

本試驗採常見的二種堆疊方式，且堆疊後果實總體積相近：直接堆疊體積為 0.27 立方公尺；盛籃堆疊體積為 0.09 立方公尺 $\times$ 3 籃，亦為 0.27 立方公尺，惟其分三果堆並籃子與籃子之間留有空隙。試驗採用之通風環境為一半開放空間，午後暖空氣可以進入，而密閉環境與外界無直接交流且未受日光照射。因此，在直接堆疊處理之果堆表層的溫濕度可反應環境與果堆間之間的溫濕度概況，通風環境受暖空氣影響，使通風環境直接堆疊處理 (VP) 的果堆表層溫度略高於密閉環境直接堆疊處理 (CP)，濕度則是以 CP 略高於 VP。而果堆內部平均溫度概況，溫度最低者為密閉環境下盛籃堆疊處理 (CB)，果堆平均溫度 28.17°C，而均溫最高者為密閉環境直接堆疊處理 (CP)，均溫為 28.63°C，累積積溫亦為相同趨勢 (表 1)。調查不同堆疊樣態的果堆溫濕度差異時

發現，由於貯藏期間果實持續呼吸，呼吸生成熱及蒸散作用的水氣不斷釋出，處理中以幾乎無通風的 CP 內部溫度最高，通風環境的 VP、VB 及小果堆留有空隙的 CB，果堆溫度略低，可知環境通風性及採用盛籃堆疊皆有利於與外界環境熱交換，使果堆中心溫度降低。兩種環境之直接堆疊處理（CP、VP），果堆內溫度皆是上層高於中、低層，顯示果堆內部亦有溫度對流的作用，熱氣上昇累積於上層果堆。

表 1. 密閉、通風環境及各處理果堆內，貯藏 4 週之平均溫度及相對濕度

Table 1. Mean temperature and relative humidity (RH) in closed or ventilation environment with fruits in baskets or piled conditions during 4-week storage

環境概況 Environment condition	密閉環境 In closed environment		通風環境 In ventilation environment	
	直接堆疊 Fruits piled (CP)	盛籃堆疊 Fruits in baskets (CB)	直接堆疊 Fruits piled (CP)	盛籃堆疊 Fruits in baskets (CB)
	溫度 Temperature (°C)			
果堆表層 Surface layer Height : 100 cm	28.6		28.9	
果堆上層 Upper layer H : 75 cm	28.7	—	28.7	—
果堆中層 Middle layer H : 50 cm	28.6	—	28.2	—
果堆低層 Lower layer H : 25 cm	28.5	—	28.1	—
果堆內均溫 Average temp.	28.6	28.1	28.3	28.3
果堆內積溫 Accumulated temperature (°C • hr)	18,925.0	18621.6	18,718.1	18,688.0
	相對濕度 Relative Humidity (%)			
	直接堆疊 Fruits piled (CP)	盛籃堆疊 Fruits in baskets (CB)	直接堆疊 Fruits piled (CP)	盛籃堆疊 Fruits in baskets (CB)
	溫度 Temperature (°C)			
果堆表層 Surface layer H : 100 cm	79.7		79.2	
果堆上層 Upper layer H : 75 cm	95.0	—	85.4	—
果堆中層 Middle layer H : 50 cm	94.8	—	84.7	—
果堆低層 Lower layer H : 25 cm	92.0	—	85.3	—
果堆平均濕度 Mean	9,309.0	88.5	85.1	78.8

相對濕度以 CP 處理 93.89% 最高，其次為 CB 處理 88.49%、VP 處理 85.14%，VB 處理 78.84% 最低（表 1）。相對濕度則以環境密閉較通風高，果堆採直接堆疊較盛籃堆疊者高。不同環境果實採直接堆疊者，果堆中心相對濕度亦以上層高於中、低層（CP-91.95℃；VP-85.34℃），可推知採用直接堆疊之果堆內部之熱循環伴隨水氣，濕氣亦升至果堆上層，而中低層溫濕度略低。

二、不同貯藏環境及堆疊方式對果實品質之影響

(一) 果實重量變化

貯藏期間果實失重率變化如圖 1A 所示，一週後果實失重率約 3 ~ 4%，但各處理間的差異不大，直到三週後各處理間的失重率開始呈現差異，增加至 4 ~ 9%，四週後以 VB 處理之失重率 16.90% 為最高，CP 處理 9.76% 為最低，顯示貯藏時間越久各處理間失重差異越明顯。貯藏階段蔬果失重係因蒸散作用所致⁽¹³⁾，而環境之大氣壓力、溫度、濕度、風速及植體本身狀況皆會影響蒸散速率，本試驗中 VB 處理因果堆溫度高、濕度低，環境風速高，造成蒸散速率增加，故失重速率為所有處理間最高。

貯藏試驗前測量麻豆文旦樣品的果肉重量約占總重之 59%，貯藏期間取樣調查其果肉重量幾乎不變，果皮重量隨著則貯藏減輕，因此果皮所佔重量比率由貯藏前約 41%，至四週後以 VB 處理降至 27.92% 減少最多，而 CP 處理 31.50% 較少（圖 2），相對於總果實重與貯藏前後約 10% 的果實失重量，可知貯藏過程果皮為最主要的失重部位⁽⁷⁾，所有處理的果實貯藏至第四週時，果皮皆有軟且乾癟之現象。

(二) 果實可滴定酸、可溶性固形物、果肉截切力及榨汁率等品質變化

貯藏前 2 週，所有處理果汁可滴定酸皆略增加（圖 1B），而 VB 及 CB 二處理組至第 4 週可滴定酸仍持續上升，CP 處理組的果實在第 3 週緩慢下降，VP 則到第 4 週略微降低。前人研究中，麻豆文旦以常溫貯藏皆觀察到可滴定酸隨時間增加而增加的現象^(3,7,14)，本試驗僅發現 CP、VP 之果實直到貯藏後期可滴定酸才下降，推究貯藏初期可滴定酸提升可能與常溫適合有機酸合成酵素有關，而貯藏後期僅 CP、VP 處理之可滴定酸下降，可能係因果堆內部溫度較高，促進其呼吸代謝。

麻豆文旦儲藏期間可溶性固形物約 8.5 ~ 9 °Brix（圖 1C），僅 CP 處理組至第 4 週明顯下降至 7.5 °Brix，其餘各處理維持 8.5 ~ 9 °Brix。前人研究指出豔陽柑、美童柑貯藏溫度較高時，其果汁之可溶性固形物下降速度越快⁽⁴⁾，與本試驗 CP 處理的果堆平均溫度較高，可溶性固形物下降較其他處理為快的情形一致。

果肉截切力可反應果肉軟硬變化程度，剛採收果實瓢瓣偏硬，砂瓢飽滿光滑（圖 3A），截切力約 3,200 g/cm²，第 2 週 CB、CP 及 VB 果肉截切力降至 3,000 g/cm² 以下，而 VP 至第 3 週才明顯下降（圖 1D）。貯藏 2 週，果實瓢瓣明顯軟化，第 3、4 週各處理始有全果少數瓢瓣之砂瓢乾粒化徵兆，如砂瓢外表輕微皺縮（圖 3B）、近中柱端偏白色（圖 3B）、或明顯變乾（圖 3C）等情形，乾硬瓢瓣之截切力約 3,500 ~ 4,000 g/cm² 及以上（圖 1D）。前人研究指出麻豆文旦果肉儲藏 1 至 4 週間果肉變得柔軟適宜食用^(3,7)，試驗顯示至第 2 週果肉有軟化趨勢，但第 3 週起則陸續調查到瓢瓣中少量乾粒化之果肉，其出現比率隨貯藏時間而提高，與一般剛採後即見之瓢瓣乾粒化成因可能不同。

果汁率係果汁與果肉之重量比率，而果汁來源以果肉中游離水（Free water）

為主。何等人以 3 種柚類貯藏，觀察到果肉游離水含量在貯藏 1 個月內有增加的趨勢，但 1 個月後緩慢減少，其中游離水增加來源推測是果實本身呼吸作用及果肉的成分如纖維質、果膠等物質水解而生成，而 1 個月後的游離水緩慢減少可能因果肉游離水經由果皮受蒸散作物陸續少量流失⁽¹¹⁾。本試驗貯藏期間所測得之果汁率介於 40 ~ 45%，第 1 ~ 2 週間所有處理果汁率隨著貯藏時間增加而略微增加，之後各處理間果汁率的下降轉折時間點不同，CB 處理於第 3 週開始下降，4 週後降至 38%，VB、CP 及 VP 處理則於第 4 週開始下降（圖 1E）。林指出麻豆文旦貯藏 20 天內，果汁率有略微增加趨勢⁽⁷⁾，與本試驗貯藏至第三週之結果大致相符，但本試驗中貯藏過程中果汁率呈現略微地增加後降低的趨勢，且處理間果汁率下降時間有所不同，此間的差異仍需進一步探討。

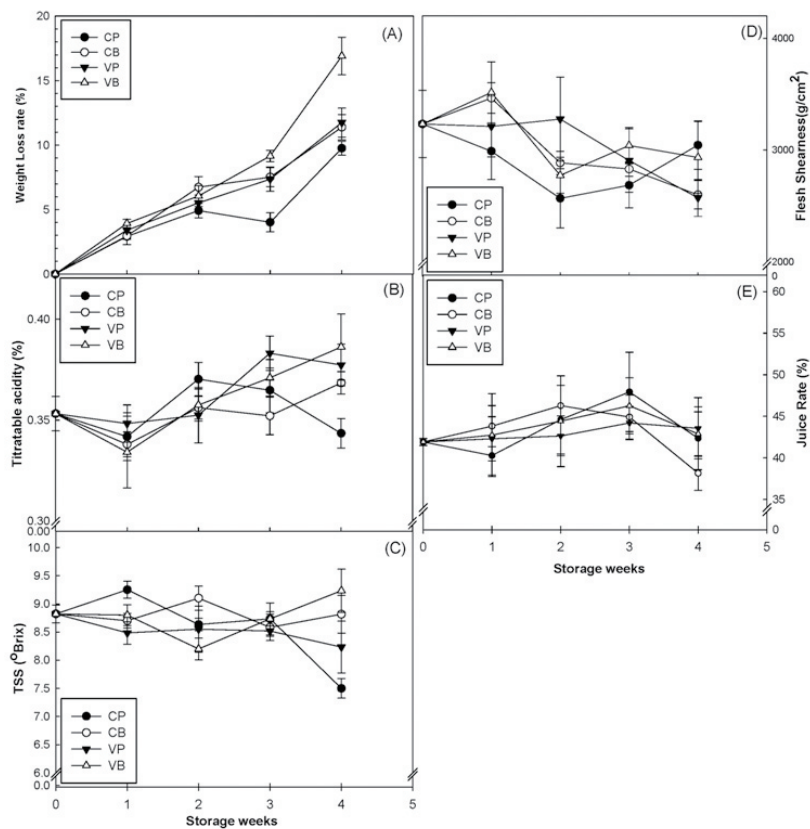


圖 1. 麻豆文旦採用直接堆疊於密閉空間下 (CP)、以籃子堆疊在密閉空間下 (CB)、直接堆疊於通風環境下 (VP)、以籃子堆疊在通風環境下 (VB) 等處理，果實儲藏 4 週間，果實失重率 (A)、可滴定酸 (B)、可溶性固形物含量 (C)、果肉截切力 (D) 及果汁率 (E) 之變化

Fig. 1. Variation of rate of weight loss (A), titratable acidity (B), total soluble solids (TSS) (C), flesh sheariness (D), and juice rate (E) of 'Matou Wentan' fruits during 4 weeks stored in 4 different conditions: packed in a pile in closed environment (CP), in the baskets of closed environment (CB), packed in a pile in ventilation environment (VP), and in the baskets of ventilation environment (VB)

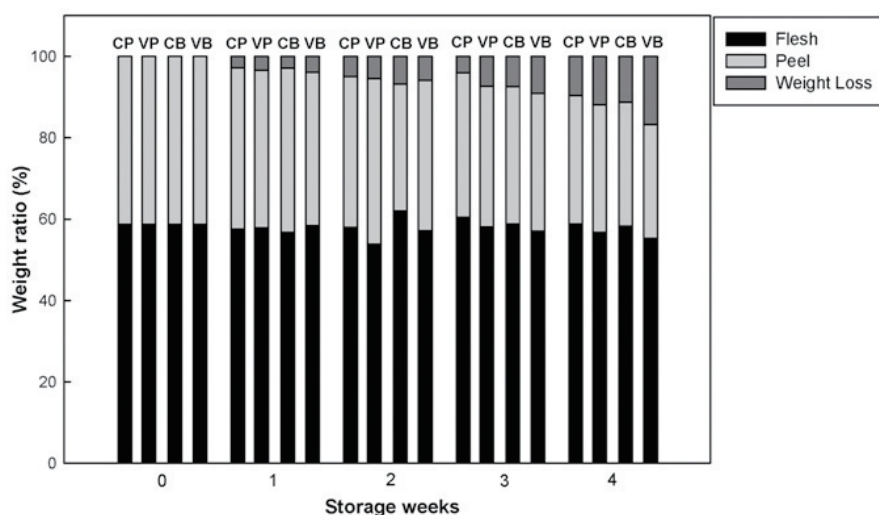


圖 2. 麻豆文旦採用直接堆疊於密閉空間下（CP）、以籃子堆疊在密閉空間下（CB）、直接堆疊於通風環境下（VP）、以籃子堆疊在通風環境下（VB）等處理，果實儲藏 4 週，果實果肉、果皮（含果膜）及失重於原果重之比率變化

Fig. 2. Variation of the weight ratio of flesh, peel and weight loss of 'Matou Wentan' fruits during 4 weeks stored in 4 different conditions: packed in a pile in closed environment (CP), in the baskets of closed environment (CB), packed in a pile in ventilation environment (VP), and in the baskets of ventilation environment (VB)

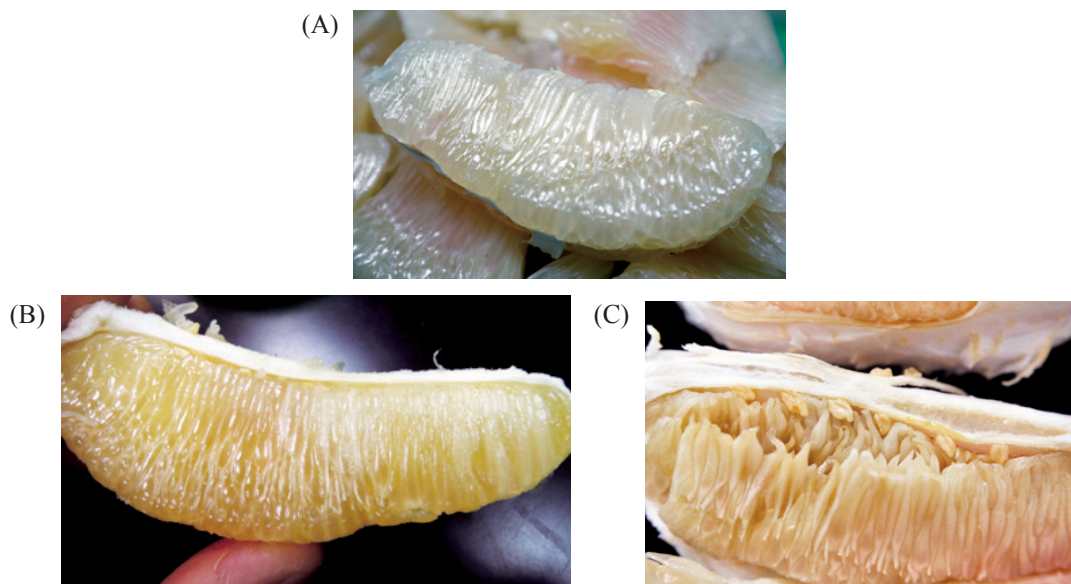


圖 3. 麻豆文旦果肉於貯藏期間狀態：(A) 果肉飽滿有光澤、(B) 左側果肉皺縮、右側果肉近中柱呈白化、(C) 果實瓢瓣乾粒化

Fig. 3. Flesh of 'Matou Wentan' during storage: (A) Well-stacked juice sacs, (B) Slight shrinkage on the left-side pulp, and the whiten right side pulp near the central column, (C) granulation of the juice sac

綜合前述品質變化，貯藏前 2 週各處理間品質差異不顯著，2 週之後 CP 處理果實品質明顯衰退，果實可滴定酸、可溶性固形物等果實養分的貯藏基質降低較為明顯，表示養份消耗較快，因此 CP 處理果實較快進入老化，使品質顯著下降。而對照其溫濕度變化，CP 處理儲藏過程果堆累積溫度較高，使果實呼吸代謝速率增加，同時釋放出水蒸氣，使內部濕度增加，且直接堆疊的方式與貯藏環境之空氣交換效率較差，貯放一久，即呈現果堆內濕度高，使果實失重率較低，但累積溫度高使呼吸代謝相關之貯藏基質如可滴定酸、可溶性固形物等則明顯降低之情形。

(三) 果色變化

果皮亮度 (L^* 值) 在貯藏前三週皆有增加趨勢，至第 4 週下降，處理間差異不顯著 (圖 4A)。果皮彩度 (C^* 值) 貯藏期間無明顯趨勢 (圖 4B)。果皮色相角 (h° 值) 則隨貯藏時間增加而下降，色相角 60° 為黃色， 120° 為綠色，果皮顏色在貯藏期間轉為黃綠色 (圖 4C)，以 VB 轉色較慢，CP 轉色較明顯。柑橘類果皮顏色係以葉綠素及胡蘿蔔素含量決定⁽²⁰⁾，採收後則以葉綠素降解對於果色影響較顯著，而葉綠素降解與溫度、植物荷爾蒙及貯藏環境氣體組成有關⁽¹²⁾。在 30°C 以下，柑橘類果實的轉色速度會隨溫度提高而提高⁽¹⁵⁾，麻豆文旦儲藏 25°C 、 10°C 及 1°C 下，果實轉色亦以 25°C 最快⁽¹⁴⁾，顯示果皮葉綠素降解速度受溫度影響，因此，試驗中果堆溫度較高的 CP 處理轉色較快。

(四) 貯藏四週後果實品質狀況

貯藏四週後調查麻豆文旦果實之可食性、果肉褐化、異味、瓢瓣乾粒化及果實腐爛情形如表 2 所示。VB、VP 處理之果實貯藏 4 週後可食性果率明顯高於 CB、CP 處理，且 VB、VP 之果實劣變情形如果肉褐化、異味及果實腐爛發生率略低。

貯藏期間果實生理狀況逐漸老化，就人類的感觀知覺而言，果色及果肉褐化、產生異味、不可食等果實劣變情形的產生，為貯藏過程中明顯轉變的重要指標。催動老化的過程，乙烯為重要之植物荷爾蒙，在果實貯藏過程，貯藏環境通風有助於消除乙烯累積量⁽²⁰⁾。果實老化過程，果肉會陸續出現褐化現象，係多酚氧化酶 (Polyphenol oxidase) 及過氧化酶 (Peroxidase) 的作用，柑橘類的果實中此二酵素會隨常溫貯藏時間越久而活性增加⁽¹⁸⁾。試驗中於第 4 週調查貯藏之果肉狀況皆有果肉褐化，其中又以貯於密閉空間的 CB 及 CP 處理果肉褐化比例較高，顯示在密閉環境之 CB、CP 處理果實較快進入大量老化，推論是因不通風環境而乙烯累積量較高的情形，相較之下環境通風的 VB、VP 處理，果實褐化比例略低。

柑橘果實異味與果實內部行無氧呼吸且累積乙醇、乙醛及其衍生物有關，且貯藏溫度越高，無氧呼吸效率越高，異味生成量亦越多⁽¹⁶⁾，林以麻豆文旦常溫儲藏 20 天亦觀察到異味⁽⁷⁾。本試驗中以果堆溫度較高的 CP 處理，貯藏四週後具異味的果實比例較高。

麻豆文旦貯藏至第四週，各處理皆有果實瓢瓣乾粒化的情形，又以盛籃堆疊的 VB、CB 處理果實瓢瓣乾粒化比例略高。果實瓢瓣乾粒化係指瓢瓣果囊變乾硬且顏色呈白色，會使果實果肉率減少、果汁率下降⁽²⁰⁾，而果實瓢瓣乾粒化的原因目前尚不清楚，可能與果肉內乙醇含量的變化⁽⁸⁾、過氧化酶活性⁽¹⁶⁾、採前管理、儲藏狀況⁽²⁰⁾ 等有關。

本次試驗腐爛的果實以由鏈孢菌 (*Alternaria* spp.) 引發的柑橘黑腐病 (Citrus

black rot) 及炭疽病菌 (*Colletotrichum* spp.) 引發的炭疽病 (Anthracnose rot) 為主，此二類病害通常於田間潛伏感染，俟果實老化對病害抵抗能力下降才發病，而貯藏期間潛伏病害發生率與貯藏溫度⁽¹⁷⁾ 及濕度⁽¹⁹⁾ 有關。本試驗果堆平均溫度、累積溫度及濕度較高的 CP 處理，果實腐爛率最高，此外，據本次試驗觀察採直接堆疊之 CP、VP 處理，果實腐爛率亦以溫濕度較高之上層果堆高於中、低層。

綜合上述，四個處理當中，以通氣環境的 VB、VP 處理貯藏果實，對維持整體果肉品質效果較佳並減少果實劣變，而盛籃堆疊方式亦較直接堆疊減少果實異味之發生。

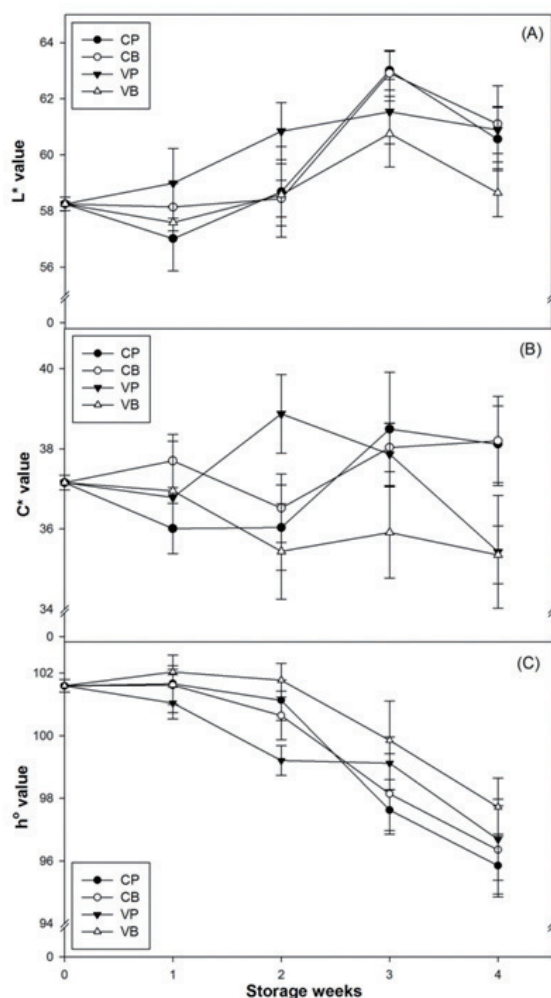


圖 4. 麻豆文旦採用直接堆疊於密閉空間下 (CP)、以籃子堆疊在密閉空間下 (CB)、直接堆疊於通風環境下 (VP)、以籃子堆疊在通風環境下 (VB) 等處理，果實儲藏 4 週，果實外皮 (A) 亮度 (L* 值)、(B) 彩度 (C* 值) 及 (C) 色相角 (h°) 之變化

Fig. 4. Variation of peel lightness (L* value), chroma (C* value) and hue angle (h° value) of 'Matou Wentan' fruits during 4 weeks stored in 4 different conditions: packed in a pile in closed environment (CP), in the baskets of closed environment (CB), packed in a pile in ventilation environment (VP), and in the baskets of ventilation environment (VB)

表 2. 麻豆文旦採用直接堆疊於密閉空間下（CP）、以籃子堆疊在密閉空間下（CB）、直接堆疊於通風環境下（VP）、以籃子堆疊在通風環境下（VB）等處理，果實儲藏 4 週後，未取樣果實之可食性、乾米、果肉褐化、異味或腐爛等比率。

Table 2. The overview of rest fruits after 4 week-storage in 4 different conditions: packed in a pile in the closed environment (CP), in the baskets and closed environment (CB), packed in a pile in the ventilated environment (VP) and in the baskets and ventilated environment (VB)

果實貯藏 環境概況 Environment conditions for fruit storage	果實品質狀況 Overview of fruit conditions				
	可食 狀況良好 Good	乾米 Granulation	果肉褐化 Browning flesh	異味 Unfavorable odor	果實腐爛 Rotten
密閉裝籃 CB	16.7%	77.8%	55.6%	11.1%	0.00%
密閉堆疊 CP	22.2%	33.3%	55.6%	44.44%	11.11%
通風裝籃 VB	55.6%	38.9%	16.7%	0.00%	5.56%
通風堆疊 VP	50.0%	33.3%	11.1%	16.67%	5.56%

結 論

本試驗以常溫貯藏模擬四種常見麻豆文旦果實貯放樣態，若果實販售時間為 1 ~ 2 週內需完成販售，此四種貯藏環境及堆疊方式的果實皆可滿足顧客需求，但若時間少於一週，果實未完成辭水，仍有果肉過硬的疑慮，販售壓力若多於 3 週，CP、CB 處理之可食性果數及果實品質明顯不佳，雖可利用增加貯藏環境之通風性、並改採盛籃堆疊方式降低果實劣變比率，但貯藏 4 週以上，所有處理皆有果實失重過多，果皮過於乾癟的狀況，現行採用果品貯藏樣態仍有改善空間。

試驗結果顯示通風有助維持貯藏品質，建議若需常溫貯藏 3 週以上，麻豆文旦果實應置放於通風環境，或增加貯藏環境的換氣率，採盛籃堆疊，並於底層放置可通氣的棧板隔絕地溫及增加果堆底層的通風，果堆間留風道使空氣流通，以減少長期儲藏可能發生的果實劣變。若因應短時間內販售，需採可收納單層果實的儲藏籃，並提昇貯藏環境的通風性，如加設大型通風扇等，以加速果實蒸散，以儘速達到合適之辭水狀態。

引用文獻

1. 行政院農委會農糧署。2016。農情調查資訊。農情報告資源網。http://agr.afa.gov.tw/afa/afa_frame.jsp。
2. 何利剛、莊迎春、王志靜、吳黎明、仝鑄、許淼、孫中海。2014。柚果實貯藏期品質指標與枯水粒化的關係。湖北農業科學 24：6038-6044。
3. 吳松杰、區少梅。1999。麻豆文旦室溫貯藏品質之變化。中國園藝 45(1)：53-64。
4. 李堂察、林芳存、郭銀港、呂明雄。2005。新興柑桔品種果實發育和貯運特性之研究。臺灣柑桔產業發展研討會專刊。p. 217-236。

5. 林芳存、林宗賢。1999。麻豆文旦柚果實發育之研究。文旦產銷經營研討會專刊。p.29-50。
6. 林芳存。1994。麻豆文旦果實生育變化與品質之研究。臺灣大學園藝學研究所碩士論文。
7. 林芳存。1995。短期常溫貯藏對麻豆文旦果實品質之影響。中國園藝 41：288-296。
8. 胡西琴、邵蒲芬、王日葵、朱讓果、戚淑先。1997。寬皮柑桔果實貯藏期間汁胞粒化與某些生理特性的關係。園藝學報 1997(2)：133-136。
9. 張汶肇、林明瑩、林棟樑、卓家榮、陳紹崇。2009。優質麻豆文旦栽培管理技術。行政院農業委員會臺南區農業改良場。臺南市。
10. 張嵐雁、張汶肇、張錦興。2014。採後貯藏環境對「麻豆文旦」果實品質之研究初探。臺灣園藝。60(增刊)：401-402。
11. 陳昆松、張上隆、陳青俊、貝增明、葉杏元。1994。採期對金柚果實採後枯水的影響（簡報）。植物生理學通訊 30(3)：196-198。
12. 楊曉棠、張昭其、龐學群。2005。果蔬採後葉綠素降解與品質變化的關係。果樹學報 22(6)：691-696。
13. 劉富文。1995。園產品之貯藏。園產品採後處理及貯藏技術。p. 85-145。
14. 謝侑儒。2012。貯藏溫度對麻豆文旦果實品質和有機酸代謝酵素活性之影響。國立嘉義大學園藝學系碩士論文。嘉義。
15. Ahrens, M. J. and C. R. Barmore. 1987. Interactive effects of temperature and ethylene concentration on postharvest colour development in citrus. *Acta Hort.* 201: 21-27.
16. Attaway, J. A. and M. F. Oberbacher. 1968. Studies on the aroma of intact Hamlin oranges. *J. Food Sci.* 33: 287-289.
17. Brown, G. E. 1992. Factors affecting the occurrence of Anthracnose on Florida citrus fruits. *Proc. Int. Soc. Citric. Italy.* pp. 1044-1048.
18. Chauhan, K. S., R. L. Kainsa and O. P. Gupta. 1980. Enzymatic activity in citrus fruit as affected by various packages and length of storage. *Haryana J. Hort. Sci.* 9: 34-37.
19. Coates, L. M. and Johnson, G. I. 1997. Postharvest diseases of fruit and vegetables, p. 533-548. In: J. Brown and H. Ogle (eds.). *Plant Pathogens and Plant Diseases*. Rockvale Publications, Armidale, Australia.
20. Ladaniya, M. S. 2008. *Citrus fruit: Biology, technology and evaluation*. Academic press, USA.

Effect of storage pattern and ventilation on the fruit quality of ‘Matou wentan’ in short-term storage¹

Chang, L. Y., W. C. Chang and C. S. Chang²

Abstract

Matou wentan is an essential fruit for Taiwanese to celebrate Moon festivals. The fruits were generally harvested before the festival. The storage condition greatly affected the variation of fruit quality in storage. In this study, 4 different storage patterns, such as directly piling in a ventilation room (VP); directly piling in a closed room (CP); packed in basket and piled in a ventilation room (VB); packed in basket and piled in a closed room (B), were used to evaluate their effect on the change of fruit quality. Fruit quality and environmental parameters, ie. temperature and relatively humidity, in the fruit piles of each treatment were recorded. After 4 weeks, weight loss of the fruits was highest in VB and was 16.90%, while the lowest weight loss were found in the CP. Among all 4 treatments, lowest amount of soluble solid content and titratable acidity were observed in CP, and this may due to drastic change or aging effect of fruits. The edible rate and pulp condition showed those from the treatment VP and VB were better than those from CP and CB. Ventilation is essential to maintain fruit quality in storage.

What is already known on this subject?

Fruits of ‘Matou wentan’ were stored in different conditions, piled or packed in baskets under a ventilation or closed environment, that make the fruit quality unstable and unexpectable.

What are the new findings?

We investigated ‘Matou wentan’ fruits on 2 package ways in ventilation or closed environment for 4 weeks. The results indicated that storing fruits in ventilation condition help to maintain the fruit quality and slow the fruit deterioration.

What is the expected impact on this field?

The results showed a better way for farmers to manage the fruits during storage. With improving the environment and package methods, it’s essential to have longer shelf lives, maintain the fruit quality and reduce the loss. For farmers, it’s a good way to reduce the stress on fruits selling and also improve the cost-effectiveness.

Key words: Matou wentan, Curing, Weight loss, Ethylene

Accepted for publication: November 30, 2016

-
1. Contribution No. 468 from Tainan District Agricultural Research and Extension Station.
 2. Assistant Researcher, Associate Researcher, and Associate Researcher and Director of Yunlin Branch Station, respectively, Tainan District Agricultural Research and Extension Station. 70 Muchang, Hsinhua, Tainan 712, Taiwan, R.O.C.