

# 強烈寒流對桶柑及茂谷柑果實損害及貯藏性之影響<sup>1</sup>

施伯明<sup>2</sup>

## 摘 要

2016 年 1 月強烈寒流打破許多低溫紀錄，臺灣北部中低海拔出現降霰甚至降雪，本研究調查該寒流對不同海拔高度果園桶柑 (*Citrus tankan* Hayata) 及茂谷柑 (*C. reticulata* Blanco × *C. sinensis* Osbeck) 果實損害情形及對貯藏性之影響。寒流期間新竹縣新埔鎮 (24.83N, 121.06E; 海拔高度 80 m) 最低溫度 2.7°C，桶柑受害輕微；桃園市復興區 (24.83N, 121.33E; 海拔高度 350 m) 最低溫度-0.1°C，桶柑果實失重率、果皮失重率、果蒂脫落率、果皮凹陷軟化率及腐爛率等皆顯著高於新埔鎮，其受傷果實表皮凹陷軟化，呈現不規則起伏，多數表皮細胞、下皮細胞及薄壁組織細胞萎縮變形；茂谷柑果實受寒流影響小且果園間無顯著差異。通風貯藏 2 週後，復興區兩處桶柑果園之果皮凹陷軟化率分別為 63.8%及 55.0%，腐爛率分別為 27.5%及 22.5%，顯著高於新埔鎮，茂谷柑則皆劣化輕微；而 5°C 冷藏下桶柑及茂谷柑皆無果皮凹陷及腐爛。調查結果顯示，本次寒流對於桶柑傷害較大，茂谷柑較能忍受此狀況下低溫；而低溫貯藏可延緩果實傷害徵狀表現。

關鍵詞：柑橘、寒害、貯藏

## 前 言

2016 年 1 月 23 日至 26 日強烈寒流侵襲臺灣，低溫程度及持續時間打破許多紀錄，全臺氣象站除了玉山及阿里山站外，其他各站 1 月 24 日平均氣溫均達設站以來單日最低溫前 3 名，且新竹氣象站為設站以來首次降霰（中央氣象局，2016）。寒流期間因水氣充足，北部中低海拔山區甚至出現降雪，覆蓋於柑橘枝條及果實表面，持續時間最長超過 24 h，造成部分桶柑及茂谷柑出現果皮軟化、落果及無法久貯等問題。

<sup>1</sup> 行政院農業委員會桃園區農業改良場研究報告第 496 號。

<sup>2</sup> 桃園區農業改良場助理研究員(通訊作者, lithops@tydais.gov.tw)。

作物低溫傷害一般區分為兩種，0°C 以上低溫主要造成細胞膜通透性改變，影響細胞代謝，稱為寒害或低溫傷害；而 0°C 以下低溫則促使冰晶形成，破壞細胞膜，稱為霜害或凍害 (Geisel and Unruh, 2003; Theocharis *et al.*, 2012)。柑橘果實遭遇寒害後，常出現果皮凹陷褐化、果肉失水、果重減輕及發酵變味等徵狀；若遭遇凍害，則除上述徵狀外，有時果皮或果肉亦出現水浸狀壞疽，部分作物於低溫下即會表現受害徵狀，但通常移至高溫後較為明顯 (Carter and Barros, 1984; Geisel and Unruh, 2003; Lafuente *et al.*, 2005)。

過去柑橘果實低溫研究主要針對採收後貯藏溫度及貯藏時間進行探討，採收前研究則多與凍害相關 (劉等, 1998; 劉等, 2005a, b; Lafuente *et al.*, 2005; Slaughter *et al.*, 2008)。此次寒流伴隨降雨及溫溼度劇烈變化，與貯藏試驗時穩定環境不同，且果實短期內即出現傷害徵狀，亦與過去貯藏試驗結果有別，有必要針對果實損害情形及貯藏特性進行了解。本研究調查不同海拔高度果園桶柑及茂谷柑果實劣化情形及對貯藏性之影響，希冀作為未來低溫預警及進行災害防護之參考。

## 材料與方法

### 一、溫溼度紀錄

2016 年 1 月 22 至 26 日於新竹縣新埔鎮 (24.83N, 121.06E; 海拔高度 80 m) 及桃園市復興區 (24.83N, 121.33E; 海拔高度 350 m) 放置溫溼度紀錄器 (Hobo® U23 Pro v2)，每小時記錄 1 次。

### 二、果實取樣

2016 年 1 月 26 及 27 日至桃園市復興區及新竹縣新埔鎮 6 處管理良好桶柑果園取樣，及至桃園市復興區、新竹縣橫山鄉、關西鎮及新埔鎮 4 處管理良好茂谷柑果園取樣，桶柑及茂谷柑皆以酸橘 [*C. sunki* (Hayata) hort ex. Tanaka] 為砧木，各果園選擇生長正常且樹齡約 20 年植株 4 株，每重複 1 株，於距地表高度 100-130 cm 處樹冠表層，各方位逢機採取外觀正常果實，每株 70 個。

### 三、果實調查

測量全數果實單果重，每株取 10 個剝除果皮秤重，計算各果園平均果皮率 (果

皮重/果實重)，再取 20 個果實置未封口聚乙烯袋，貯放於 15°C，促進傷害徵狀表現，7 日後調查果皮凹陷軟化率及腐爛率，除腐爛果外，其餘果實測量果重及果皮重，計算果實失重率  $[(\text{貯放前重量}-\text{貯放後重量}) / \text{貯放前重量}]$  及果皮失重率  $\{[(\text{貯放前果重} \times \text{果皮率}) - \text{貯放後果皮重}] / (\text{貯放前果重} \times \text{果皮率})\}$ ，測量時並輕觸果蒂，計算果實落蒂率。

#### 四、桶柑果皮觀察

取桶柑正常果皮及凹陷軟化果皮各 5 顆，固定於 F.A.A. (福馬林 5 mL : 冰醋酸 5 mL : 70% 乙醇 90 mL) 24 h，以第三丁醇 (tert-butanol, TBA) 系列脫水，經石蠟包埋，以旋轉式切片機切片，厚度 10  $\mu\text{m}$ ，經 Safranin O 及 Fast green 雙重染色，於光學顯微鏡 (Nikon Eclipse ci, Japan) 下以 40 倍物鏡觀察。

#### 五、果實貯藏性調查

取前述桃園市復興區及新竹縣新埔鎮各 2 處桶柑果園及 4 處茂谷柑果園其餘取樣果實，置於未封口聚乙烯袋，分別進行通風貯藏及 5°C 冷藏，14 日後調查果實失重率、果皮失重率、落蒂率、果皮凹陷軟化率及腐爛率，調查方式如前述。

## 結 果

### 一、溫溼度變化

新竹縣新埔鎮自 2016 年 1 月 22 日 12 時氣溫開始逐漸下降，天氣轉為陰雨，至 24 日 4 時達最低溫 2.7°C，之後維持約 4°C，總計 22 日至 25 日間 5°C 以下溫度累積約 30 h，25 日上午溫度回升，至 12 時 9.8°C，26 日 12 時達 17.0°C；而相對溼度 1 月 22 日 12 時至 24 日 8 時平均 92.5%，之後天氣轉晴，相對溼度逐漸下降，至 25 日 12 時降為 51.1%，復於夜間上升至 93.2%，26 日 12 時則降至 39.1%。桃園市復興區溫度於 24 日 4 時降至 -0.1°C，寒流期間 5°C 以下溫度累積約 46 h，0°C 以下約 15 h，至 26 日 12 時回升至 17.6°C；1 月 22 日 12 時至 25 日 0 時相對溼度平均 95.4%，之後逐漸下降，至 26 日上午 12 時最低 50.1%；兩地區相較之下，寒流期間溫度變化，復興區較新埔鎮平均約低 2.4°C (圖 1)。

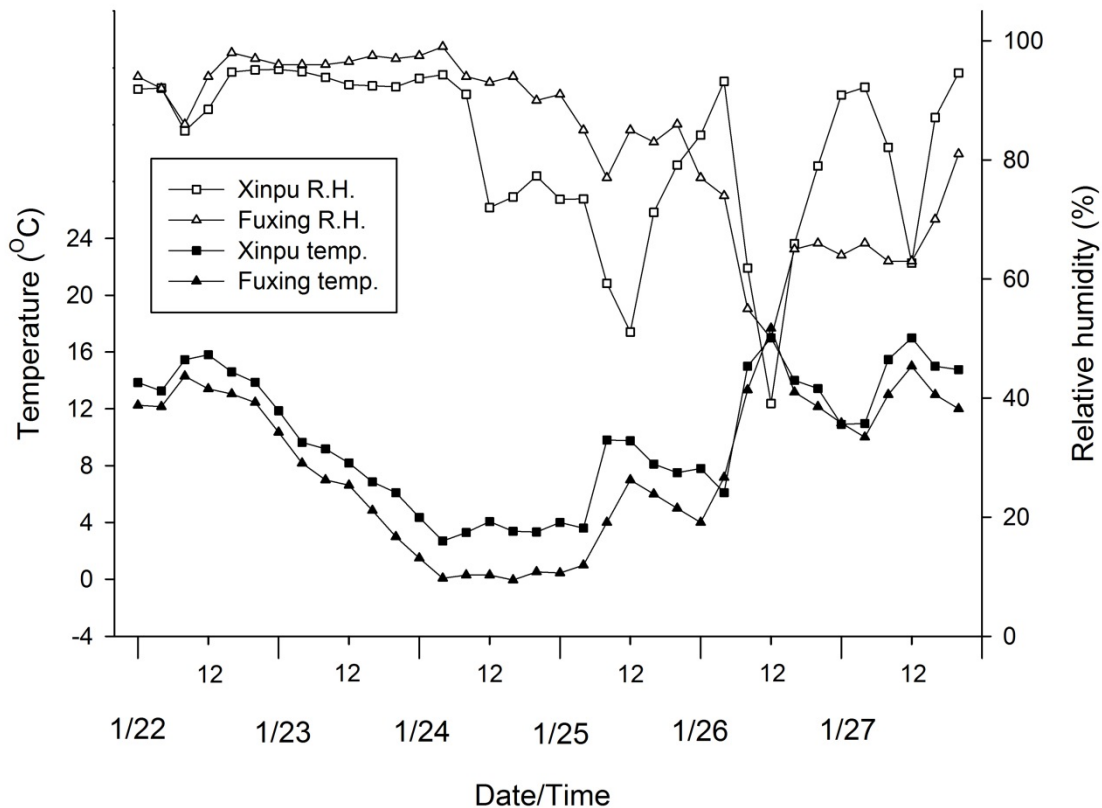


圖 1. 2016 年 1 月 22 至 27 日新竹縣新埔鎮 (24.83N, 121.06E ; 海拔高度 80 m) 及桃園市復興區 (24.83N, 121.33E ; 海拔高度 350 m) 溫溼度變化。

Fig. 1. Temperature and relative humidity in Xinpu Township, Hsinchu County (24.83N, 121.06E;80m alt.) and Fuxing Dist., Taoyuan City (24.83N, 121.33E;350m alt.) from Jan. 22, 2016 to Jan. 27, 2016.

## 二、寒流對桶柑及茂谷柑果實之損害

### (一) 桶柑

復興區調查果園海拔高度分別為 350 m 及 380 m，新埔鎮 4 處果園海拔高度介於 85-100 m，復興區果園果實失重率顯著高於新埔鎮果園，果皮失重率亦顯示類似情形；復興區果園落蒂率分別為 20.0% 及 31.3%，新埔鎮則僅 2 處果園出現果蒂脫落，落蒂率分別為 7.5% 及 6.3%；果皮凹陷軟化現象復興區與新埔鎮差異較小，新埔鎮僅 1 處果園顯著較復興區為低；而復興區果實腐爛率分別為 28.8% 及 13.8%，新埔果實則幾乎無腐爛情形。各項指標皆顯示，復興區果實受寒流影響較為嚴重（表 1）。

表 1. 2016 年 1 月寒流對不同果園桶柑果實品質之影響

Table 1. Effect of cold waves on tankan tangor fruit quality in January 2016 among orchards.

果園 位置 Orchard location	海拔 高度 Altitude (m)	果實 失重率 Weight loss of fruit	果皮 失重率 Weight loss of peel	落蒂率 Button abscission rate (%)	果皮凹陷 軟化率 Peel pitting	腐爛率 Decay
復興區 I Fuxing District I	380	6.2 a <sup>z</sup>	10.3 a	20.0 b	22.5 ab	28.8 a
復興區 II Fuxing District II	350	7.1 a	9.8 a	31.3 a	28.8 a	13.8 a
新埔鎮 I Xinpu Township I	100	3.8 b	8.7 ab	0.0 d	13.8 bc	0.0 b
新埔鎮 II Xinpu Township II	90	3.9 b	6.1 b	7.5 c	11.3 bc	0.0 b
新埔鎮 III Xinpu Township III	90	4.5 b	7.0 b	6.3 c	17.5 abc	2.5 b
新埔鎮 IV Xinpu Township IV	85	3.4 c	4.5 c	0.0 d	11.3 c	0.0 b

<sup>z</sup> 同行英文字母相同者表示經 LSD 測驗在 5% 水準差異不顯著。

<sup>z</sup> Means within each column followed by the same letters are not significantly different at 5% level by fisher's protected LSD test.

## (二) 茂谷柑

茂谷柑 4 處調查果園位於海拔 85-550 m，各果園果實失重率介於 2.4%-3.3%，果皮失重率介於 5.3%-6.4%，果皮凹陷軟化率介於 6.3%-12.5%，差異皆未達顯著水準，果蒂脫落及腐爛情形則各果園皆未發生，顯示 4 處茂谷柑果園果實劣化情形差異小，推測受寒流影響小，海拔高度間差異不大（表 2）。

表 2. 2016 年 1 月寒流對不同果園茂谷柑果實品質之影響

Table 2. Effect of cold waves on Murcott tangor fruit quality in January 2016 among orchards.

果園 位置 Orchard location	海拔 高度 Altitude (m)	果實 失重率 Weight loss of fruit	果皮 失重率 Weight loss of peel	落蒂率 Button abscission rate (%)	果皮凹陷 軟化率 Peel pitting	腐爛率 Decay
橫山鄉 Hengshan Township	550	3.1 a <sup>z</sup>	6.4 a	0	10.0 a	0
復興區 Fuxing District	380	2.5 a	5.6 a	0	8.8 a	0
關西鎮 Guansi Township	250	2.4 a	6.1 a	0	12.5 a	0
新埔鎮 Xinpu Township	85	3.3 a	5.3 a	0	6.3 a	0

<sup>z</sup> 同行英文字母相同者表示經 LSD 測驗在 5%水準差異不顯著。

<sup>z</sup> Means within each column followed by the same letters are not significantly different at 5% level by fisher's protected LSD test.

### 三、桶柑果皮解剖觀察

以光學顯微鏡觀察桶柑果皮受寒流影響情形，正常果皮表面完整且光滑，外層為表皮細胞，細胞質濃且液胞小，其上覆蓋角質層，表皮細胞下方為多層下皮細胞，較表皮細胞稍大，再下層為薄壁組織，細胞壁薄且液胞大，細胞質受中央液胞壓縮而局限於細胞外側，細胞愈靠近下方絨層（albedo）體積愈大（圖 2A）。凹陷軟化果皮表面呈現不規則起伏，部分表皮細胞與下皮細胞分離，角質層分解或剝落而呈現鋸齒狀，多數表皮細胞、下皮細胞及薄壁組織細胞萎縮變形，以薄壁組織細胞較為明顯（圖 2B）。

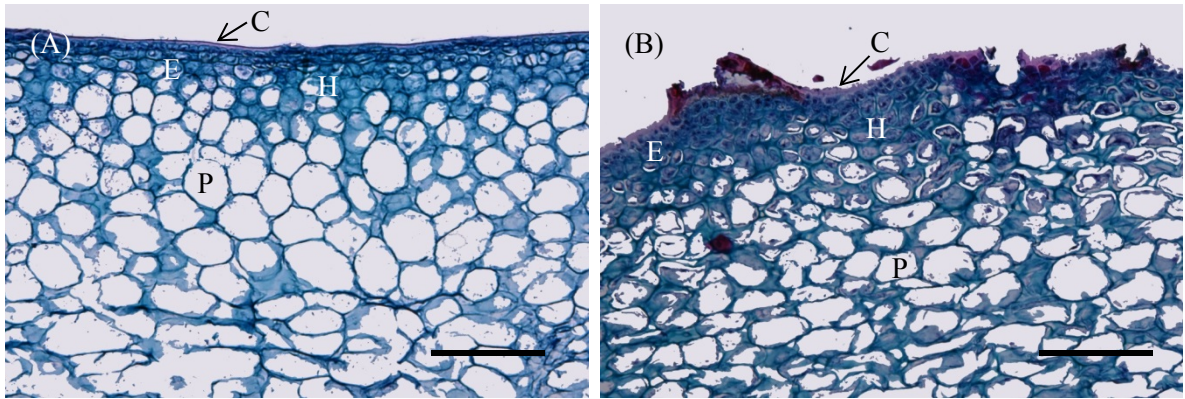


圖 2. 桶柑正常果皮 (A) 與凹陷軟化果皮 (B) 縱切面解剖觀察。

bar = 100 µm。C：角質層；E：表皮細胞；H：下皮細胞；P：薄壁組織。

Fig. 2. Cross-section of peel from tankan tangor. Healthy fruit (A) and fruit with pitting (B).

bar = 100 µm. C, cuticle ; E, epidermal cells ; H, hypodermal cells ; H, parenchyma.

#### 四、寒流對桶柑及茂谷柑果實貯藏性影響

##### (一) 通風貯藏

桶柑通風貯藏 2 週後，復興區果實失重率、果皮失重率、凹陷軟化率及腐爛率等皆顯著高於新埔鎮果實，其中果皮凹陷軟化率分別為 63.8% 及 55.0%，腐爛率分別為 27.5% 及 22.5%，顯示復興區桶柑經此寒流後若採一般通風貯藏方式，則 2 週後約 8 成果實已無商品價值（表 3）。

表 3. 通風貯藏 2 週後不同果園桶柑果實品質變化

Table 3. Changes of fruit quality after two weeks of ventilated common storage in tankan tangor among orchards.

果園位置 Orchard location	海拔高度 Altitude (m)	果實失重率 Weight loss of fruit	果皮失重率 Weight loss of peel	果皮凹陷軟化率 Peel pitting	腐爛率 Decay
		----- (%) -----			
復興區 I Fuxing District I	380	7.4 a <sup>z</sup>	23.1 a	63.8 a	27.5 a
復興區 II Fuxing District II	350	7.9 a	18.7 a	55.0 a	22.5 a
新埔鎮 I Xinpu Township I	100	5.8 b	12.2 b	17.5 b	2.5 b
新埔鎮 II Xinpu Township II	90	5.7 b	9.1 b	17.5 b	7.5 b

<sup>z</sup> 同行英文字母相同者表示經 LSD 測驗在 5% 水準差異不顯著。

<sup>z</sup> Means within each column followed by the same letters are not significantly different at 5% level by fisher's protected LSD test.



茂谷柑通風貯藏後以關西鎮果實及果皮失重率較低，分別為 2.6%及 6.2%；果皮凹陷軟化率則各地區果園差異不顯著；腐爛率以橫山鄉 15.0%較高，復興區及關西鎮則無腐爛果實。與桶柑相較之下茂谷柑受此次寒流影響較輕微，但來源不同果實通風貯藏後劣化情形仍有部分差異，以橫山鄉調查果園較為嚴重，關西鎮則較輕微(表 4)。

表 4. 通風貯藏 2 週後不同果園茂谷柑果實品質變化

Table 4. Changes of fruit quality after two weeks of ventilated common storage in Murcott tangor among orchards.

果園位置 Orchard location	海拔高度 Altitude (m)	果實失重率 Weight loss of fruit	果皮失重率 Weight loss of peel	果皮凹陷軟化率 Peel pitting	腐爛率 Decay
		----- (%) -----			
橫山鄉 Hengshan Township	550	4.1 a <sup>z</sup>	9.9 a	8.8 a	15.0 a
復興區 Fuxing District	380	3.0 ab	8.5 a	12.5 a	0.0 c
關西鎮 Guansi Township	250	2.6 b	6.2 b	6.3 a	0.0 c
新埔鎮 Xinpu Township	85	2.9 ab	7.5 ab	5.0 a	6.3 b

<sup>z</sup> 同行英文字母相同者表示經 LSD 測驗在 5%水準差異不顯著。

<sup>z</sup> Means within each column followed by the same letters are not significantly different at 5% level by fisher's protected LSD test.

## (二) 5°C 冷藏

桶柑 5°C 冷藏 2 週後果實及果皮失重率分別為 1.2%-1.6% 及 1.5%-2.5%，劣化情形輕微且果園間差異不顯著，亦無果皮凹陷軟化及腐爛情形，顯示 5°C 冷藏較通風貯藏能維持桶柑品質，延緩劣化速率，甚至復興區受寒流影響果實亦未出現劣化徵狀（表 5）。

表 5. 5°C 冷藏 2 週後不同果園桶柑果實品質變化

Table 5. Changes of fruit quality after two weeks of 5°C storage in tankan tangor among orchards.

果園位置 Orchard location	海拔高度 Altitude (m)	果實失重率 Weight loss of fruit	果皮失重率 Weight loss of peel	果皮凹陷軟化率 Peel pitting	腐爛率 Decay
		----- (%) -----			
復興區 I Fuxing District I	380	1.5 a <sup>z</sup>	2.1 a	0	0
復興區 II Fuxing District II	350	1.6 a	2.5 a	0	0
新埔鎮 I Xinpu Township I	100	1.2 a	2.2 a	0	0
新埔鎮 II Xinpu Township II	90	1.4 a	1.5 a	0	0

<sup>z</sup> 同行英文字母相同者表示經 LSD 測驗在 5% 水準差異不顯著。

<sup>z</sup> Means within each column followed by the same letters are not significantly different at 5% level by fisher's protected LSD test.

茂谷柑 5°C 冷藏下劣化情形亦較通風貯藏輕微，無果皮凹陷軟化及腐爛情形，果園間皆無顯著差異，與桶柑冷藏結果類似（表 6）。

表 6. 5°C 冷藏 2 週後不同果園茂谷柑果實品質變化

Table 6. Changes of fruit quality after two weeks of 5°C storage in Murcott tangor among orchards.

果園位置 Orchard location	海拔高度 Altitude (m)	果實失重率 Weight loss of fruit ----- (%) -----	果皮失重率 Weight loss of peel ----- (%) -----	果皮凹陷軟化率 Peel pitting ----- (%) -----	腐爛率 Decay ----- (%) -----
橫山鄉 Hengshan Township	550	1.4 a <sup>z</sup>	2.2 a	0	0
復興區 Fuxing District	380	0.9 a	1.6 a	0	0
關西鎮 Guansi Township	250	1.1 a	2.1 a	0	0
新埔鎮 Xinpu Township	85	1.3 a	1.9 a	0	0

<sup>z</sup> 同行英文字母相同者表示經 LSD 測驗在 5% 水準差異不顯著。

<sup>z</sup> Means within each column followed by the same letters are not significantly different at 5% level by fisher's protected LSD test.

## 討 論

### 一、寒流對桶柑及茂谷柑果實之損害

柑橘不同種類耐寒程度差異大，砧木中以枳殼較耐寒，經適當馴化後甚至可忍受 -30°C 低溫，食用種類則以金柑、溫州蜜柑及寬皮柑等較耐寒，其次為葡萄柚、橙類及橙類雜交種；檸檬、萊姆及枸櫞等則對低溫較敏感，於 -1.7°C 超過 30 min 即出現凍害徵狀，而果實及葉片抵抗低溫能力通常較枝條為弱 (Geisel and Unruh, 2003; Inch *et al.*, 2014)。

柑橘採收前遭遇凍害或貯藏時遭遇寒害研究，國外多以甜橙及葡萄柚為主，因其多分期採收或以貯藏方式長期供應市場，較易遭遇低溫傷害問題。在甜橙中，

‘Valencia’ 及 ‘Hamlin’ 果實於 $-2^{\circ}\text{C}$ 至 $-3^{\circ}\text{C}$ 下約 3-4 h 即出現果皮凹陷褐化斑點、瓢囊水浸狀及汁胞脫水等凍害徵狀 (Davies and Zalman, 2006; Ferreyra *et al.*, 2006)，而受凍果實易產生異味，若未採收則可能導致果汁率持續下降 (Carter and Barros, 1984; Slaughter *et al.*, 2008)；而在葡萄柚中，‘Star Ruby’ 於 $2^{\circ}\text{C}$ 貯藏下 14 日後寒害發生率 6.7%，若持續貯藏，則發生寒害果實比例快速增加，至 28 日後達 73.0% (Lado *et al.*, 2016)；另在低溫敏感雜交柑 ‘Fortune’ 則於 $2^{\circ}\text{C}$ 下貯藏 14 日後出現寒害徵狀 (Lafuente *et al.*, 2003)。

桶柑為寬皮柑與甜橙之雜交種，許多特性亦介於兩者之間 (呂和俞, 1995; 劉等, 1998)，劉等 (1998) 將桶柑以腐絕 (thiabendazole, TBZ) 及 2,4-二氯苯氧乙酸 (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid, 2,4-D) 浸泡處理後，經 $0^{\circ}\text{C}$ 貯藏 1 個月，果實表面並無損害徵狀；而若未經藥劑處理，經 $0^{\circ}\text{C}$ 冷藏 24 h 後，僅果皮電解質滲漏率增加 4.0%，外觀亦無肉眼可見傷害 (作者未發表資料)，顯示桶柑果實於 $0^{\circ}\text{C}$ 貯藏下，短期內並不會產生立即性傷害。本次寒流期間，復興試區溫度低於 $0^{\circ}\text{C}$ 時間約 20 h，最低溫度 $-0.1^{\circ}\text{C}$ ， $2^{\circ}\text{C}$ 以下溫度持續約 30 h，與上述其他柑橘凍害調查結果及貯藏試驗相較下，低溫程度及影響時間皆較為不及，但桶柑果皮凹陷軟化率與腐爛率合計達 47.0%。Agustí 等 (2001) 調查甜橙 ‘Navelate’ 果實採收前表皮凹陷褐化情形，發現其下皮細胞及絨層細胞出現細胞膜受損、失水及萎縮等現象，認為應與短期內天氣由低溫高溼轉為高溫低溼型態有關。此次寒流除溫度降低外，亦伴隨降雨、轉晴及寒流過後溫度快速回升等變化，復興區 2 日內溼度變化超過 40%，溫差達 $17.7^{\circ}\text{C}$ ，與 Agustí 等 (2001) 觀測之天氣型態類似，顯示此次寒流對於桶柑造成之傷害，可能為當時低溫及溫溼度劇烈變化所導致之綜合結果。新埔鎮溫溼度變化幅度亦大，但桶柑受損較輕微，因寒流期間新埔鎮平均氣溫較復興區高出 $2.4^{\circ}\text{C}$ ，推測可能低溫程度尚未對細胞造成嚴重傷害，因此對於溫溼度變化較有耐受性；但部分果園果皮凹陷軟化率與復興區果園無顯著差異，且亦出現少數腐爛果實，推測在此環境條件下，果實即已發生初步損傷，新埔鎮當時氣溫及溫溼度變化情形或可作為之後低溫預警之參考。

茂谷柑亦為寬皮柑與甜橙之雜交種 (Arras and Usai, 1991; 呂, 2002)，但因父母本標誌遺失，而無法考證確實親本品種 (呂, 2002)。茂谷柑各果園發生果皮凹陷軟化情形皆很輕微，Cocco 等 (2012) 將茂谷柑經殺菌劑處理及上蠟後，貯藏於 $1^{\circ}\text{C}$ 及 $5^{\circ}\text{C}$ 下 15 日，皆未出現寒害徵狀；而邱等 (2010) 將未經處理茂谷柑貯藏於 $1^{\circ}\text{C}$  16 週後，亦無發生腐爛情形，推測茂谷柑與桶柑相較下較為耐寒，而對於此次寒流造成

之溫溼度劇烈變化較有抵抗能力。

## 二、桶柑果皮解剖觀察

細胞膜是發生低溫傷害最主要部位，低溫造成膜脂質組成改變，使膜失去流動性而硬化，引起電解質及胺基酸滲漏，改變細胞內鈣離子流、酵素活性及代謝反應，並干擾蠟質生合成，而使角質層保護功能降低，導致果皮細胞嚴重失水，而出現果皮凹陷，若持續低溫則細胞將無法修復而受損或死亡 (Theocharis *et al.*, 2012; Vercher *et al.*, 1994)。本次寒流造成桶柑果皮凹陷軟化，但凹陷處與相鄰正常果皮間區隔不明顯，褐化情形亦較輕微，與柑橘經長期低溫貯藏產生之寒害徵狀有部分差異，推測可能因導致細胞受損機制不完全相同及傷害發展過程時間有異而產生不同徵狀，但果皮細胞受損情形較為類似，可能因皆影響細胞正常代謝最終導致細胞失水及死亡。

## 三、寒流對桶柑及茂谷柑果實貯藏性影響

桶柑因栽培面積大且耐貯運，因此採收後除直接銷售外，部分經藥劑處理，逐果套入聚乙烯袋，以通風貯藏方式陸續供應市場 (劉, 2009; 劉等, 1998)，近年來茂谷柑栽培面積逐漸增加，部分栽培者亦採相同販售模式。劉等 (1998) 指出，桶柑經 TBZ 及 2,4-D 處理後，經 5°C 冷藏 2 個月即風味不佳，於 15°C 下則可貯藏 4 個月以上而不影響風味，建議貯藏溫度為 15°C；而茂谷柑於未經藥劑處理下，10°C 貯藏 16 週後腐爛率 8.0%，5°C 下則腐爛率較低，約 5.0% (邱等, 2010)，顯示桶柑及茂谷柑在未受傷情況下，可低溫貯藏 2-3 個月以上而不影響品質。復興區桶柑經一般通風貯藏 2 週後，果皮凹陷軟化及腐爛嚴重，顯示損害嚴重果實若採一般通風貯藏方式，則短期內即快速軟化腐爛；而 5°C 冷藏下則無劣化情形，能延緩傷害徵狀表現，但因受損嚴重，推測移出冷藏庫後亦將快速劣化，因此並無貯藏價值。新埔鎮桶柑經一般通風貯藏後亦有劣化現象，但 5°C 冷藏則無軟化腐爛，而茂谷柑雖遭傷害較不明顯，亦以 5°C 冷藏下較能維持品質，因此，若果實僅為輕微受損，則可於短期內採低溫貯藏方式，延緩劣化速率，延長販售時間。

## 參考文獻

- 中央氣象局。2016。氣候監測報告。<<http://www.cwb.gov.tw/V7/climate/watch/watch.htm>>
- 呂明雄。2002。品種及其特性。p.11-36。刊於：楊秀珠彙編。柑桔整合管理。行政院農業委員會藥物毒物試驗所。臺中。
- 呂柳新、俞長河。1995。蕉柑起源與分類地位的研究。園藝學報 22:105-109。
- 邱信智、尤進欽、郭純德。2010。茂谷柑之採後生理與採後技術之研究。2010年宜蘭地區果樹產業發展研討會專刊。花蓮區農業改良場編印。p.99-124。
- 劉富文。2009。臺灣柑橘採後處理與貯藏現況及展望。臺灣柑橘產銷改進研討會專刊。國立嘉義大學園藝學系編印。p.127-137。
- 劉富文、潘靜慧、洪紫馨。1998。採收日期及貯藏對桶柑品質及耐貯藏力之影響。中國園藝 44:253-263。
- 劉富文、韓青秀、梁穎芝。2005 a。椪柑、桶柑與柳橙長期貯藏之溼度與失重率之關係。中國園藝 51:295-304。
- 劉富文、韓青秀、梁穎芝。2005 b。椪柑、桶柑與柳橙在長期貯藏中各品質指標值之變化。中國園藝 51:217-228。
- Arras, G. and M. Usai. 1991. Response of 'Murcott' mandarins to storage temperature. *Adv. Hort. Sci.* 5:99-103.
- Agustí, M., V. Almela, M. Juan, F. Alferez, F.R. Tadeo, and L. Zacarías. 2001. Histological and physiological characterization of rind breakdown of 'Navelate' sweet orange. *Ann. Bot.* 88:415-422.
- Carter, R.D. and S.M. Barros. 1984. Freeze effects on juice yield and other characteristics of 'Valencia' orange and 'Marsh' grapefruit. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 97:89-91.
- Cocco, M., G.E. Meier, and D.E. Vázquez. 2012. Cold treatment of argentinean mandarins against mediterranean fruit fly. *Acta Hort.* 934:413-415.
- Davies, F.S. and G. Zalman. 2006. Gibberellic acid, fruit freezing, and postfreeze quality of 'Hamlin' oranges. *HortTechnology.* 16:301-305.
- Ferreira, M.L.F., V. Perottia, C.M. Figueroa, S. Garranc, P.C. Anderson, D.Vázquez, A.A. Iglesias, and F.E. Podestá. 2006. Carbohydrate metabolism and fruit quality are affected in frost-exposed Valencia orange fruit. *Physiol. Plant.* 128:224-236.

- Geisel, P.M. and C.L. Unruh. 2003. Frost protection for citrus and other subtropicals. Uni. Cal. ANR Pub. 8100.
- Inch, S., E. Stover, R. Driggers, and R.F. Lee. 2014. Freeze response of Citrus and Citrus-related genotypes in a Florida field planting. *HortScience* 49:1010-1016.
- Lado, J., M.J. Rodrigo, M. López-Climent, A. Gómez-Cadenas, and L. Zacarías. 2016. Implication of the antioxidant system in chilling injury tolerance in the red peel of grapefruit. *Postharvest Biol. Technol.* 111:214-223.
- Lafuente, M.T., L. Zacarias, M.A. Martínez-Téllez, M.T. Sanchez-Ballesta, and A. Granell. 2003. Phenylalanine ammonia-lyase and ethylene in relation to chilling injury as affected by fruit age in citrus. *Postharvest Biol. Technol.* 29:308-317.
- Lafuente, M.T., L. Zacarías, J.M. Sala, Y. Lluch, A. Granell, M.T. Sánchez-Ballesta, M.J. Gosalbes, J.F. Marcos, and L. González-Candelas. 2005. Understanding the basis of chilling injury in citrus fruit. *Acta Hort.* 682:831-842.
- Slaughter, D.C., D.M. Obenland, J.F. Thompson, M.L. Arpaia, and D.A. Margosan. 2008. Non-destructive freeze damage detection in oranges using machine vision and ultraviolet fluorescence. *Postharvest Biol. Technol.* 48:341-346.
- Theocharis, A., C. Clément, and E.A. Barka. 2012. Physiological and molecular changes in plants grown at low temperatures. *Planta* 235:1091-1005.
- Vercher, R., F.R. Tadeo, V. Almela, S. Zaragoza, E. Primo-Millo, and M. Agustí. 1994. Rind structure, epicuticular wax morphology and water permeability of 'Fortune' mandarin fruits affected by peel pitting. *Ann. Bot.* 74:619-625.

# Effect of cold waves on fruit quality and storability of tankan and murcott tangor<sup>1</sup>

Po-Ming Shih<sup>2</sup>

## Abstract

In January 2016, a cold wave brought record cold temperatures and snowfall (snow or snow pellets) to many low altitude regions of northern Taiwan. This study aimed to investigate the injury of the cold wave on tankan tangor (*Citrus tankan* Hayata) and Murcott tangor (*C. reticulata* Blanco × *C. sinensis* Osbeck) fruit and the effect on storability among orchards from different altitudes. The lowest temperature in Xinpu Township, Hsinchu County (24.83N, 121.06E ; 80m alt.) was 2.7°C during the cold wave, and tankan tangor fruit was slightly injured. The lowest temperature in Fuxing District, Taoyuan City (24.83N, 121.33E ; 350m alt.) was -0.1°C, and the weight loss of fruit and peel, button abscission rate, peel pitting and decay of tankan tangor fruit were all significantly higher than the fruit from Xinpu Township. The surface of damaged areas of affected fruit was characteristically sunken, and showed an undulating appearance in cross section. In the injured areas, the epidermal cells, hypodermal cells and parenchyma cells were collapsed. In contrast with tankan tangor, Murcott tangor fruit were slight affected by the cold wave and there was no significantly difference among orchards. After two weeks of ventilated common storage, peel pitting rate of two tankan tangor orchards in Fuxing District were 63.8% and 55.0%, respectively, and fruit decay rate were 27.5% and 22.5%, respectively, which were significantly higher than the fruit from Xinpu Township. By contrast, Murcott tangor fruit from both districts were all slightly injured. There were no pitting and decay both in tankan and Murcott tangor fruit when stored at 5°C. The results indicated that the injury of the cold wave on tankan tangor was more severe than Murcott tangor fruit, suggesting that Murcott tangor was more tolerance than tankan tangor in such condition. In addition, the appearance of pitting and decay of injured fruit were delayed in low temperature storage.

Key words: citrus, chilling injury, storage

---

<sup>1</sup>. Contribution No.496 from Taoyuan DARES, COA.

<sup>2</sup>. Assistant Researcher (Corresponding author, lithops@tydais.gov.tw), Taoyuan DARES, COA.