

## '愛文'芒果果實轉色不全原因之探討

倪 鈺 林<sup>1)</sup> 謝 慶 昌<sup>2)</sup>

關鍵字：'愛文'、芒果、轉色不全、氮肥、品質

**摘要：**本研究進行已掛樹後熟之轉色不全的'愛文'芒果外觀品質調查及成分分析，結果顯示，轉色不全的果實其果皮外觀有明顯無法褪綠之情形，並呈現比較亮和偏黃綠的外觀。色素分析結果顯示其含有比正常紅熟果實較高的葉綠素和較低的花青素含量。測定呼吸率和乙烯釋放率，正常紅熟和轉色不全兩種果實均無顯著差異。進一步調查內部品質，兩類型果實之可溶性固形物和硬度亦無顯著差異，澱粉和全可溶性糖也無一致變化趨勢，另外，氮含量測定以轉色不全果實明顯較高，因此推測造成此現象之原因可能是台灣'愛文'('Irwin')芒果有施用過量氮肥的問題，導致芒果後熟時會有果皮無法完全褪綠之情形，使果實外觀品質受到影響。

### 前 言

芒果是極受歡迎且經濟價值相當高的果樹之一，鑑別芒果的品質包含外部及內部評估標準，如質地、甜度、酸度、營養價值等(Sivakumar *et al.*, 2011)。但對於消費者而言，芒果果實品質的判定主要是在外觀部分，如表皮有無受到傷害、果實形狀和大小等，而果皮顏色也是一個重要的品質指標，影響消費者的接受和喜好度。

芒果通常在成熟期採收，而後會逐漸後熟，其典型後熟變化為果皮會從綠轉為黃紅色，然而有些果實褪綠速度比果實軟化、澱粉轉成糖等後熟變化慢，或是有後熟不一致之情形，導致果實雖然軟化但外觀仍呈現綠色，各國有很多主要栽培種有此問題，如'Kensington Pride'、'Haden'和'Irwin'等，採前施用過多氮肥、果實受陽光曝曬量、採收時果實成熟度等多種因素，都會影響後熟時芒果果實轉色。

---

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系副教授，通訊作者。

根據本研究室研究結果，發現在台灣芒果外銷不合格品中，轉色不全的果實在集貨場階段淘汰品中佔了 38.2%(未發表資料)，此類型果實在外銷銷售市場中不僅較難售出，而且常導致較低的價格。本試驗調查正常轉色芒果和轉色不全芒果之差異性，以探討影響果實轉色不全之主要因子，期能提供改進外銷品質之參考。

## 材料與方法

### (一) 試驗材料與試驗方法

本試驗以'愛文'芒果(*Mangifera indica* L.)為材料，分別於 2015 年 6 月 26 日和 2015 年 7 月 22 日取自台南玉井地區芒果集貨場，取樣種類分為一般正常紅熟芒果(以下稱之 Red-ripe, RR)和已後熟但無法轉色完全之芒果(以下稱之 Green-ripe, GR)，其果實為掛樹後熟，而後果實運回國立中興大學實驗室進行調查。

### (二) 調查項目與方法

#### 1. 果皮顏色

使用攜帶型分光色差儀(Mini scan XE Plus, Model 4500S)進行果皮顏色之調查，分別在果梗端、果實中部和果頂端各測定對稱兩點後平均計算  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 、 $C^*$ 和  $h^\circ$  等之值。

#### 2. 色素含量

##### (1.) 葉綠素及類胡蘿蔔素

取乾燥芒果果皮粉末 0.2 g 放入玻璃試管中，試管以錫箔紙包覆，並在加入 10 ml 丙酮後均勻震盪，再於 4°C 靜置 48 小時後過濾，以分光光度計測定波長 645 nm 和 663 nm 之吸光值，測得數值代入公式換算果皮葉綠素含量，另外測波長 470 nm 之吸光值，測得數值代入公式換算果皮類胡蘿蔔素含量，單位為 mg/ g·dw。

##### (2.) 花青素

花青素含量測定方式參考自謝(1990)，取乾燥芒果果皮粉末 0.2 g 放入玻璃試管中，試管以錫箔紙包覆，並再加入 1% HCl 甲醇溶液(V/V)10 ml，於 4°C 靜置 48 小時後過濾(Whatman #1)，用分光光度計以波長 523 nm 之吸光值檢測(李，2006)，測得數值代入公式換算果皮花青素含量，單位為 mg/ g·dw。

#### 3. 呼吸率

測定方法為 RR 和 GR 隨機取 2 顆果實置於 2L 的呼吸缸中，各為 5 重複，在室溫 25 °C 下，以密閉系統密閉一小時後以針筒抽取 1 mL 之氣體，注入紅外線二氧化碳分析儀，與標準品二氧化碳濃度比較，並計算之，單位為 ml CO<sub>2</sub> Kg<sup>-1</sup> hr<sup>-1</sup>。

#### 4. 乙烯釋放率

測定方法為 RR 和 GR 隨機取 2 顆果實置於 2L 的呼吸缸中，各為 5 重複，在室溫 25 °C 下，以密閉系統密閉一小時後以針筒抽取 1mL 之氣體，通入氣相層析儀，與標準品乙

烯比較，並計算之，單位為  $\mu\text{l C}_2\text{H}_4 \text{ Kg}^{-1} \text{ hr}^{-1}$ 。

#### 5. 全氮

果實隨機取 2 顆為一重複，而後將果皮削下，果實分為果皮及果肉，各再進一步分成果梗端、果實中部和果頂端三部分進行分析。部位分好後，立即使用液態氮急速冷凍固定樣品，裝入封口袋並進行冷凍乾燥，約 96 小時後乾燥完全，以研鉢磨成粉末後，再裝入封口袋中密封，置入  $-20^\circ\text{C}$  冷藏庫保存待分析。

精秤 0.2 g 乾燥樣品包於濾紙中，置入分解管中，加入 1g 之催化劑 Merck 8030，再加入 4.5 ml 之濃硫酸，放置分解爐中以  $410^\circ\text{C}$  加熱分解約 2 小時，將完全分解之樣品移至 Micro-Kjeldahl 裝置，加入 20 ml 之 12 N NaOH，通蒸氣使之氮化，並用含 20 ml 2% Boric acid 指示劑之塑膠燒杯接收氨水，至總體積達 50 ml 時為止，最後以 1/14 N 之  $\text{H}_2\text{SO}_4$  滴定，並計算樣品氮之含量。

#### 6. 碳水化合物分析

將先前二、(二)、5.磨碎之樣品乾燥一夜，後精秤 0.1g 樣品放入 12 ml 之塑膠離心管中，加入 10 ml 去離子水，置於  $30^\circ\text{C}$  水浴中震盪 3 小時，取出後於室溫下以 7000 rpm 離心 10 分鐘，再用棉紙過濾，取上層液測全可溶性糖，殘渣置於  $70^\circ\text{C}$  烘箱烘乾，待其完全乾燥後取出測定澱粉含量。

##### (1.) 全可溶性糖

採用 Dubois (1956)測定的方法，測果肉和果皮都是稀釋 100 倍，均勻混合後，再取 2 ml 稀釋液，加入 0.1ml 之 90% 石碳酸(liquid phenol)，並再加入 6 ml 之濃硫酸(聯工)，置於抽氣櫃中，冷卻 30 分鐘後，以分光光度計(spectrophotometer, Shimadzu UV-200S)測定波長 490 nm 之吸光值，標準曲線以  $2 \mu\text{mol}/\text{ml}$  glucoes 配製不同濃度標準品，單位為 %。

##### (2.) 澱粉

取二、(二)、6 提到烘乾之殘渣加入 2 ml 去離子水，放入沸水中煮 15 分鐘，取出後迅速冷卻，加入 2 ml 9.2 N  $\text{HClO}_4$  後混合均勻並靜置 15 分鐘，再加入 6 ml 去離子水，於室溫下以 4000 rpm 離心 10 分鐘，過濾後取上層液，測定果皮和果肉均以 0.02 ml 上層液和 3.98 ml 去離子水混合均勻，加入 0.1 ml 之 90% 石碳酸，再加入 6 ml 之濃硫酸，置於抽氣櫃中冷卻 30 分鐘後，以分光光度計測定波長 490 nm 之吸光值，標準曲線以  $2 \mu\text{mol}/\text{ml}$  glucoes 配置不同濃度標準品，單位以 % 表示。

#### 7. 可溶性固形物

使用電子式糖度計 PR-32 測量，於果肩和果實中部於果肉各取數滴果汁均勻混合後測定之。RR 和 GR 各取 10 顆果實測定之，單位以  $^\circ\text{Brix}$  表示。

#### 8. 硬度

使用手持型穿刺式硬度計測量，測量前須先削去部分果皮，在果肩和果實中部各測對稱兩點後平均之。RR 和 GR 各取 10 顆果實測定之，單位為  $\text{kg}/\text{cm}^2$ 。

## 結 果

本試驗於 2015 年 6 月 26 日和 2015 年 7 月 22 日採收一般正常紅熟芒果(Red-ripe, RR)和已後熟完全但無法正常轉色之芒果(Green-ripe, GR)，並調查分析各項特性差異。

### (一) 果實顏色及色素之差異

由果實外觀照片顯示一般紅熟果果梗端轉色良好並呈現濃紅色，而無法轉色完全者果梗端偏黃色，且可以清楚看到果皮有部分面積的青綠色(圖 1)，之後再使用攜帶型分光色差儀調查果實的 L\*值(表 1)，試驗結果呈現出無法轉色完全之芒果(GR)整顆果實均有顯著較高的 L\*值，表示 GR 果實的果色比 RR 亮，推測造成此現象的原因為 GR 果皮含有更多的葉綠素所導致，且果梗端轉色不全情況更為嚴重(圖 1B)。而 a\*值無論部位皆以 RR 顯著高於 GR。在 b\*值部分，GR 果實的果梗端和果實中部均顯著較高，兩類型果實果頂端的 b\*值差異不大。RR 和 GR 果實的 C\*值不論部位皆無顯著差異，數值約落於 33.3-36.4 之間，至於色相角 h°兩者間出現明顯差別，RR 各部位色相角較低，代表 RR 果實顏色偏紫紅色。整體而言，無法轉色完全之芒果(GR)果實除了目測發現有偏綠的外觀，經色差儀器測定後驗證了其有比較亮和偏黃綠的結果(表 1)，而且正常紅熟的芒果有顯著較高的 a\*值和顯著較低的色相角，皆表示 RR 果實顏色較紅。

進一步測定了兩種果實果皮中的葉綠素、類胡蘿蔔素和花青素含量(表 2)，不論在 6 月或 7 月採收 RR 果皮果梗端測得之葉綠素含量都顯著少於 GR，試驗一中 GR 果梗端中葉綠素含量高達 205.19 mg/g·dw，數值是 RR 的 3 倍，另外，7 月採收之果實中部和果頂端的部分，GR 也有較高的葉綠素含量，且 GR 果實中部和果頂端的葉綠素含量約為 RR 的 4 倍。兩試驗中各部位果皮類胡蘿蔔素間沒有太大的差異，有觀察到 GR 有稍高的趨勢，且類胡蘿蔔素有隨著果梗端到果頂端逐漸增加的趨勢。花青素以果梗端含量最多並隨之遞減，6 月採收之 RR 和 GR 間無顯著差異，但 GR 有略低的結果，7 月採收之 RR 果梗端和果實中部花青素含量顯著高於 GR，而兩類型果實果頂端的花青素含量則沒有太大差別。

### (二) 採收時果實呼吸率及乙烯釋放率之變化

本研究 6 月採收之 RR 和 GR 果實呼吸率分別為 109.12 和 104.15 ml CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> hr<sup>-1</sup>，彼此間無顯著差異，7 月採收之中 RR 和 GR 果實呼吸率分別為 105.00 和 104.47 ml CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> hr<sup>-1</sup>亦無顯著差異(圖 2)。

6 月採收之 RR 和 GR 果實乙烯釋放率分別為 0.22 和 0.28 μl C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup> hr<sup>-1</sup>，彼此間沒有無顯著差異，7 月採收 RR 和 GR 之呼吸率分別為 0.13 和 0.14 μl C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup> hr<sup>-1</sup>，亦無顯著差異(圖 3)。

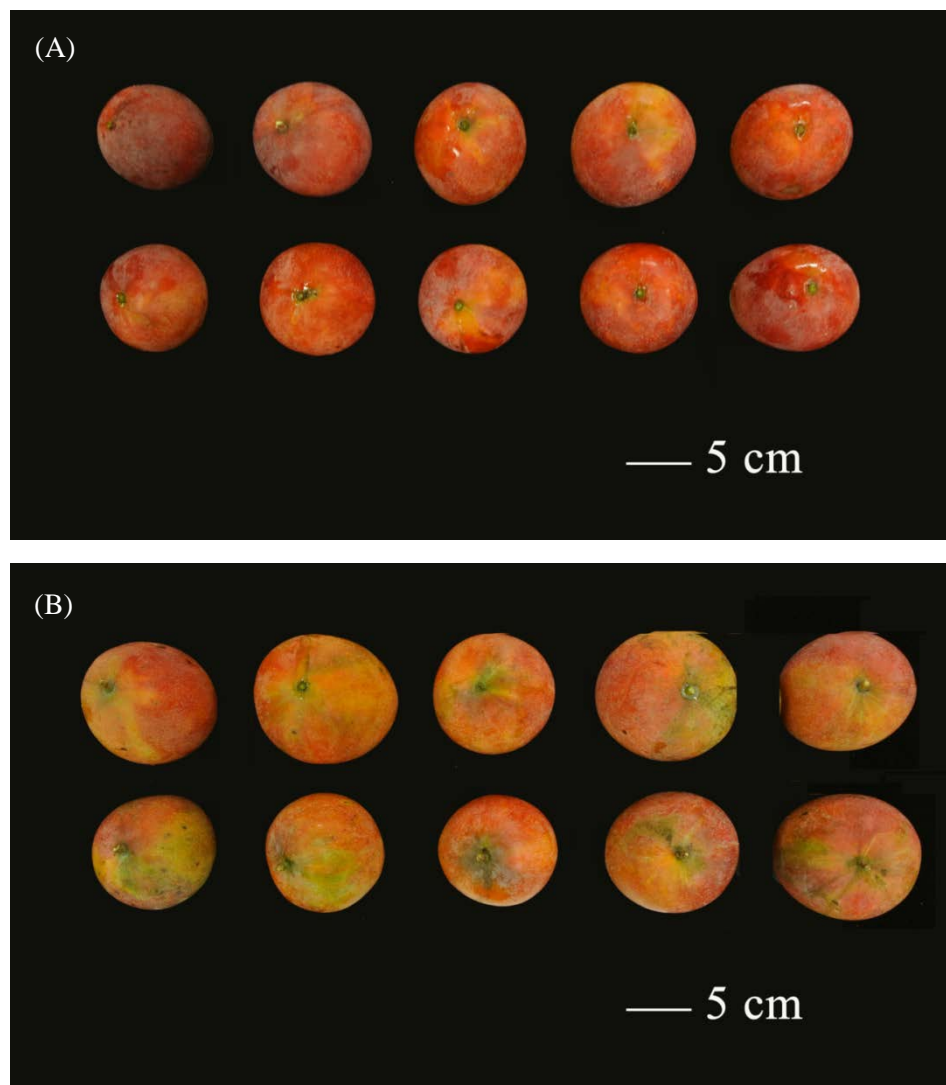


圖 1. 採收時正常紅熟(A)和轉色不完全(B) '愛文'芒果果實果梗端外觀。  
Fig. 1. The proximal part appearance of normal (red-ripe) (A) and unevenly de-greened (green-ripe) (B) 'Irwin' mango at harvest.

表 1. 採收時正常紅熟(RR)和轉色不完全(GR)'愛文'芒果果皮果梗端、果實中部和果頂端 L\*, a\*, b\*, C\*, h°之比較。

Table 1. A comparison between L\*, a\*, b\*, C\*, h° value of the proximal, middle, distal part of normal (red-ripe, RR) and unevenly de-greened (green-ripe, GR) 'Irwin' mango peel at harvest.

Fruit part	Treatments	Fruit color				
		L*	a*	b*	C*	h°
Proximal	RR <sup>z</sup>	41.4 b <sup>y</sup>	25.4 a	20.1 b	33.3 a	37.1 b
	GR	46.8 a	19.9 b	26.0 a	33.7 a	51.9 a
	RR	41.7 b	24.6 a	24.2 b	35.2 a	43.3 b
	GR	48.5 a	18.1 b	30.9 a	36.4 a	59.9 a
Distal	RR	42.1 b	24.0 a	24.1 a	35.4 a	43.7 b
	GR	47.1 a	17.4 b	27.8 a	33.8 a	57.0 a

<sup>z</sup>RR=normal (Red-Ripe) mangoes, GR=unevenly de-greened (Green-Ripe) mangoes.

<sup>y</sup>Means within each column followed by the different letter(s) are significantly different at P < 0.05 by LSD test.

表 2. 採收時正常紅熟(RR)和轉色不完全(GR)'愛文'芒果果皮果梗端、果實中部和果頂端 葉綠素、類胡蘿蔔素和花青素含量之比較。

Table 2. A comparison between the chlorophyll, carotenoids and anthocyanins concentration of the proximal, middle, distal part of normal (red-ripe, RR) and unevenly de-greened (green-ripe, GR) 'Irwin' mango peel at harvest.

Harvest date	Chlorophyll (mg/ g)			Carotenoids (mg/ g)			Anthocyanins (mg/ g)		
	proximal	middle	distal	proximal	middle	distal	proximal	middle	distal
June 26									
RR <sup>z</sup>	64.64 b <sup>y</sup>	4.56 a	18.79 a	125.29 a	218.34 b	242.78 a	0.45 a	0.39 a	0.25 a
GR	205.19 a	32.18 a	39.32 a	163.82 a	325.39 a	359.00 a	0.30 a	0.16 a	0.09 a
July 22									
RR	73.13 b	5.95 b	13.01 b	84.39 a	146.63 a	182.22 a	0.28 a	0.14 a	0.10 a
GR	97.31 a	23.40 a	45.01 a	86.11 a	175.80 a	201.32 a	0.21 b	0.12 b	0.06 a

<sup>z</sup>RR=normal (Red-Ripe) mangoes, GR=unevenly de-greened (Green-Ripe) mangoes.

<sup>y</sup>Means within each column followed by the different letter(s) are significantly different at P < 0.05 by LSD test.

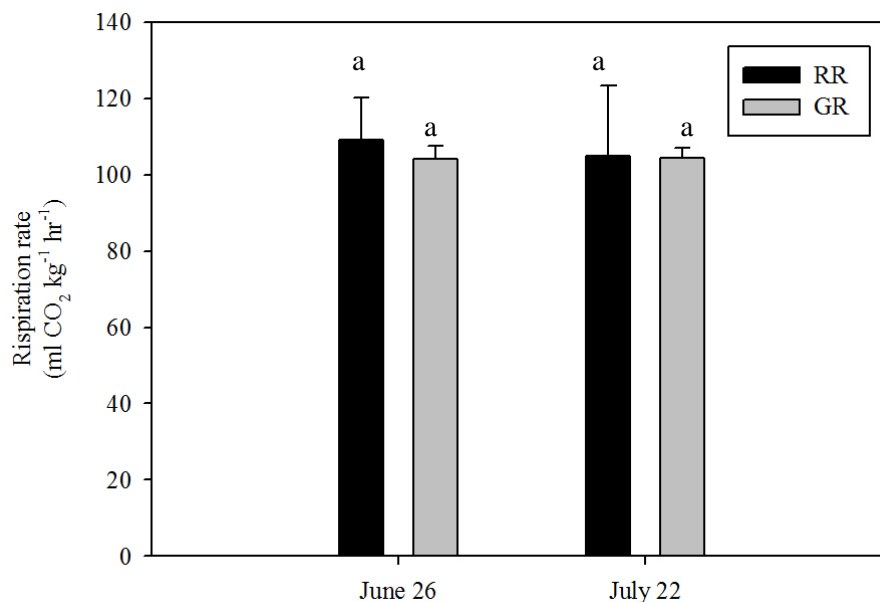


圖 2. 採收時正常紅熟(RR)和轉色不完全(GR)'愛文'芒果果實呼吸率之比較。  
Fig. 2. Comparison about the respiration of normal (red-ripe, RR) and unevenly de-greened (green-ripe, GR) 'Irwin' mango at harvest. Different letters indicate significantly different at  $P < 0.05$  by LSD test. Vertical bars represent mean  $\pm$  SE (n=5).

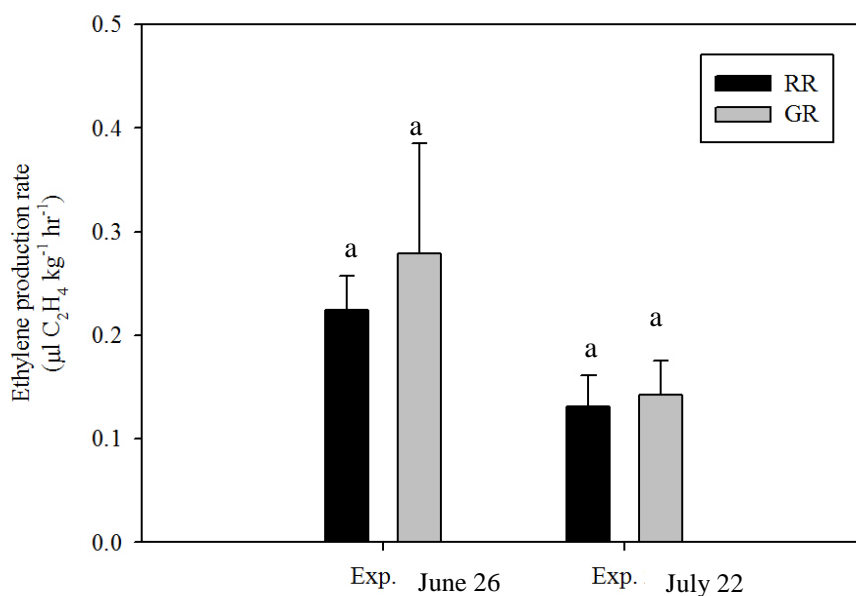


圖 3. 採收時正常紅熟(RR)和轉色不完全(GR)'愛文'芒果果實乙烯釋放率之比較。  
Fig. 3. Comparison about the ethylene production of normal (red-ripe, RR) and unevenly de-greened (green-ripe, GR) 'Irwin' mango at harvest. Different letters indicate significantly different at  $P < 0.05$  by LSD test. Vertical bars represent mean  $\pm$  SE (n=5).

(三) 採收時果實內部元素和品質之變化

1. 果實氮元素分析

7月採收之RR和GR果實果皮果梗端氮之濃度有顯著差異(表3)，以GR高於RR，而GR果實中部和果頂端亦有氮濃度較高之趨勢，果肉部分氮濃度趨勢和果皮相符，GR果梗端顯著高於RR，果實中部和果頂端則沒有明顯差異，雖然GR只有一些部位有明顯比較高的氮濃度，但整體看來GR各部位氮濃度都較高的趨勢。7月採收果實果皮部分RR之果梗端和果實中部雖無顯著差異，但GR仍有稍高趨勢，果頂端RR和GR為0.38和0.61%，GR果頂端氮濃度顯著較高，7月採收之GR果肉各部分氮濃度均顯著較高。

表 3. 採收時正常紅熟(RR)和轉色不完全(GR)'愛文'芒果果皮和果肉果梗端、果實中部和果頂端氮之比較。

Table 3. A comparison of the N, P, K concentration of the proximal, middle, distal part of normal (red-ripe, RR) and unevenly de-greened (green-ripe, GR) 'Irwin' mango peel and pulp at harvest.

	Harvest date	N (%)		
		proximal	middle	distal
Peel	June 26			
	RR <sup>z</sup>	0.47 b <sup>y</sup>	0.50 a	0.62 a
	GR	0.76 a	0.67 a	0.80 a
	July 22			
	RR	0.28 a	0.38 a	0.38 b
	GR	0.47 a	0.60 a	0.61 a
Pulp	June 26			
	RR	0.32 b	0.39 a	0.46 a
	GR	0.39 a	0.46 a	0.54 a
	July 22			
	RR	0.25 b	0.31 b	0.32 b
	GR	0.31 a	0.42 a	0.46 a



## 2. 果實鮮重、硬度及可溶性固形物

經調查分析後發現 RR 和 GR 可溶性固形物含量分別為 13.30 和 13.58°Brix(圖 5)，果實中部位 RR 和 GR 可溶性固形物含量分別為 13.28 和 13.66°Brix，不論果梗端或果實中段部位，RR 和 GR 皆無顯著差異。

硬度部分(圖 6)RR 果梗端和果實中部位測量結果為 0.81 kg / cm<sup>2</sup>和 0.51 kg / cm<sup>2</sup>，GR 果梗端和果實中部位測量結果為 0.78 kg / cm<sup>2</sup>和 0.52 kg / cm<sup>2</sup>，RR 和 GR 果梗端和果實中段部位硬度比較之後皆無顯著差異，而果梗端之硬度皆大於果實中部。

RR 的平均果重為 364.39 g，GR 為 411.23 g，GR 果實的果重顯著高於 RR(圖 4)。

## 3. 果實澱粉和全可溶性糖

澱粉部分 6 月和 7 月採收果實之果皮各部位含量不盡相同(表 4)，雖兩種果實間無顯著差異，但以 RR 澱粉量較高。果肉部分兩試驗中各部位結果也不太一致，6 月採收 RR 果頂端含有較高的澱粉含量(10.74%)，比 GR 多約兩倍，其他部位則無差異，7 月採收之 RR 果實中部有較高量的澱粉含量(4.28%)。

果皮的全可溶性糖部分，6 月和 7 月採收果實的結果截然相反，6 月採收之果實從果梗端到果頂端為 15.53 %、19.80 %和 19.86 %，GR 為 6.45 %、17.93 %和 12.47 %，兩類型果實在果頂端有顯著差異，以 RR 含量較高，但試驗二則是 GR 含有較多的全可溶性糖，果肉全可溶性糖的部分則均無顯著差異(表 4)。

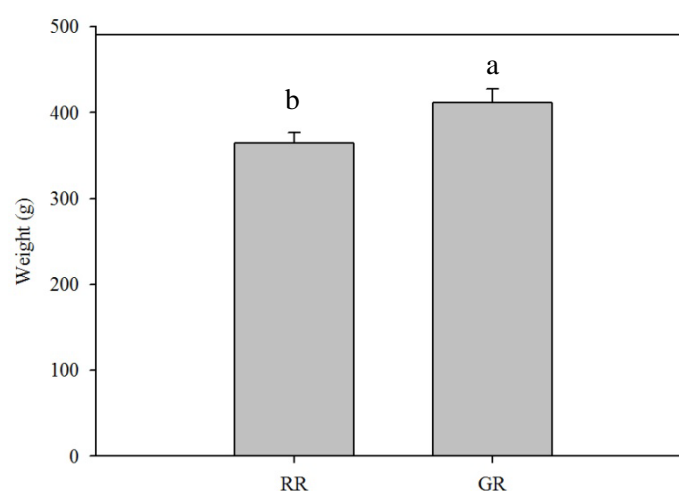


圖 4. 採收時正常紅熟(RR)和轉色不完全(GR)'愛文'芒果果實重量之比較。

Fig. 4. Comparison of the weight of normal (red-ripe, RR) and unevenly de-greened (green-ripe, GR) 'Irwin' mango at harvest. Different letters indicate significantly different at  $P < 0.05$  by LSD test. Vertical bars represent mean  $\pm$  SE (n=10).

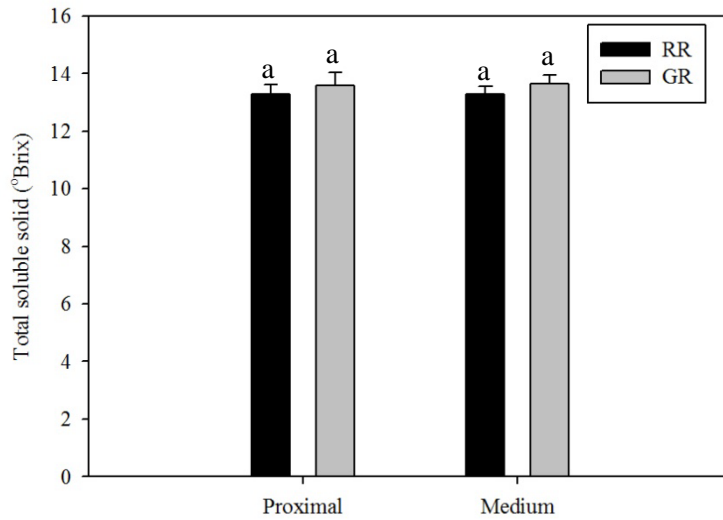


圖 5. 採收時正常紅熟(RR)和轉色不完全(GR)'愛文'芒果果實可溶性固形物之比較。

Fig. 5. Comparison of the total soluble solid of normal (red-ripe, RR) and unevenly de-greened (green-ripe, GR) 'Irwin' mango at harvest. Different letters indicate significantly different at  $P < 0.05$  by LSD test. Vertical bars represent mean  $\pm$  SE (n=10).

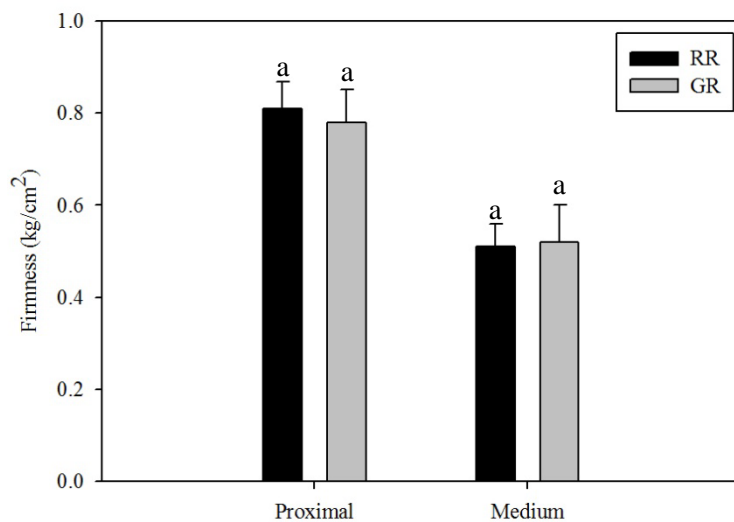


圖 6. 採收時正常紅熟(RR)和轉色不完全(GR)'愛文'芒果果實硬度之比較。

Fig. 6. Comparison of the firmness of normal (red-ripe, RR) and unevenly de-greened (green-ripe, GR) 'Irwin' mango at harvest. Different letters indicate significantly different at  $P < 0.05$  by LSD test. Vertical bars represent mean  $\pm$  SE (n=10).

表 4. 採收時正常紅熟(RR)和轉色不完全(GR)'愛文'芒果果皮果梗端、果實中部和果頂端澱粉和全可溶性糖之比較。

Table 4. Comparison of the starch and total soluble sugar concentration of the proximal, middle, distal part of normal (red-ripe, RR) and unevenly de-greened (green-ripe, GR) 'Irwin' mango peel at harvest.

	Harvest date	Starch (%)			Total soluble sugar (%)		
		proximal	middle	distal	proximal	middle	distal
Peel	June 26						
	RR <sup>z</sup>	7.41 a <sup>y</sup>	8.77 b	10.82 a	15.53 a	19.80 a	19.86 a
	GR	9.62 a	20.69 a	15.53 a	6.45 a	17.93 a	12.47 b
	July 22						
	RR	2.40 a	2.44 a	0.90 a	10.86 b	12.61 a	12.06 a
	GR	0.95 a	3.53 a	2.15 a	15.79 a	17.50 a	16.52 a
Pulp	June 26						
	RR	7.79 a	10.33 a	10.74 a	50.76 a	27.08 a	32.37 a
	GR	11.11 a	6.11 a	5.76 b	31.65 a	45.51 a	36.70 a
	July 22						
	RR	5.12 a	4.28 a	1.25 a	45.73 a	58.67 a	66.79 a
	GR	5.41 a	1.70 b	2.02 a	51.16 a	59.06 a	53.75 a

## 討 論

### 一、採收時正常芒果與轉色不全芒果之差異

消費者不僅重視果實的內部品質，其外觀品質也是很重要的指標，台灣'愛文'芒果在外銷集貨場階段所淘汰之果實中，轉色不全果實便占了 38.2%，此類型的果實通常會成為次級品，售價也會有比較低的情況。'愛文'芒果成熟時，以全果均勻轉紅為佳，所以果實果肩顏色常作為成熟度指標，可分成四個階段：果蒂到果肩為深橄欖綠色、果蒂到果肩為橄欖色、果肩顏色轉亮、果肉變軟和果皮出現紅色，轉色不完全的果實可能會被留在樹上較晚被採收，導致其採收後貯架壽命縮短(Narayana *et al.*, 2012)。所以在栽培管理上，果實轉色不全發生之原因或機制有必要加以釐清並防治，以降低採收後果品的損耗。

#### (一) 採收時一般紅熟和轉色不全芒果果實外觀之比較

轉色不全的'愛文'芒果果實除了可以從外觀看到不均勻的果皮顏色外(圖 1.)，其果皮果梗端、果實中部和果頂端均有顯著較高的 L\* 值，陳(2010)提到若是果皮顏色較濃其亮度會降低，且此結果和莊氏(2014)所測得果實果肩處有較高 L\* 值相似，若是果皮顏色偏綠，測

出之  $L^*$  值通常會較高，各部位  $a^*$  值以一般紅熟果實顯著較高，一般紅熟芒果之  $h^\circ$  有顯著低於轉色不全芒果之現象，色相角  $0^\circ$  表示偏紫紅色， $90^\circ$  則偏黃綠色，表示正常果實果皮有偏紅的跡象，另外，轉色不全的果實有顯著較高的  $b^*$  值，表示轉色不全的果實色澤偏黃綠色，本試驗調查結果顯示轉色不全的芒果果實在果皮各部位葉綠素含量都較高，幾乎比一般紅熟芒果高 1.3-5.5 倍(表 2.)，7 月採收之果實中更發現轉色不全果葉綠素含量高於正常轉色果，‘Feizixiao’ 荔枝果皮中的高濃度葉綠素不僅會遮蓋住花青素紅色的表現外，還會延遲花青素的生合成(Wang *et al.*, 2002)，7 月採收果實觀察到轉色不全的果實其花青素含量為 0.06-0.21 mg/g 顯著低於一般紅熟芒果的 0.1-0.28 mg/g。另外，轉色不完全之芒果果梗端比起果實中部和果頂端含有更高量的花青素，但因為其葉綠素含量甚高，所以整顆果實看起來還是偏綠色，而且調查結果顯示，轉色不全之果實果梗端之類胡蘿蔔素比正常果實稍高，可能因為葉綠素含量太高，導致花青素和類胡蘿蔔素等色素受到遮蓋。

夏橙(*Citrus sinensis* L.)在採收期常有回青的現象，導致果實黃綠相間，然而此時期是夏橙最佳鮮食時機，但因回青外觀不佳，進而影響商品價值。孟等(2011)探討柑橘回青和其果皮內類胡蘿蔔素含量之變化，發現夏橙成熟時果皮由綠轉黃再回青的過程中，類胡蘿蔔素生合成基因 PSY、PDS 和 ZDS 表現量有先增後降的情形，並調查葉綠素在果皮之含量，在果皮轉黃時葉綠素含量便有明顯下降，到後期仍維持在一個很低的水平，回青階段也不會提升，所以推測柑橘果皮轉青是因為類胡蘿蔔素合成基因調控影響。一般紅熟芒果和轉色不全芒果後熟時期，類胡蘿蔔素的含量以轉色不全之果實較高，故可推測芒果轉色不全之原因和柑橘回青可能不盡相同。

#### (二) 採收時一般紅熟和轉色不全芒果果實呼吸率和乙烯釋放率之比較

一般紅熟和轉色不全芒果果實之呼吸率和乙烯釋放率在兩次試驗中均無顯著差異，但乙烯釋放率以後熟不完全的果實有稍高的趨勢，在缺氮或過量氮的逆境下，乙烯生合成的基因表現量會有增加的現象，使乙烯量增加(Khan *et al.*, 2015)，甜瓜(var. *Reticulatus*)在缺氮(0 和 50 kg/公頃)或過量氮(165 kg/公頃)的處理下，其乙烯生成量相近，且都比最適施氮量(110 kg/公頃)高(Ferrante *et al.*, 2008)，另外，‘BC-2 Fuji’ 蘋果試驗中指出，施用較高量尿素(303.9 g N/株)的果實擁有顯著較高的乙烯釋放率和呼吸率，此結果可能會影響蘋果果實採收後的處理策略，當果實太綠而無法採收時，農民會為了得到較紅的果實而延遲採收時間，雖然果實仍是綠的，但其內部生理是由乙烯釋放率和呼吸率決定，當此二者生成增加，會導致後熟不完全的果實顏色尚未轉紅，但其內部崩解卻很快速，使果實老化的較快(Fallahi *et al.*, 2001)。

#### (三) 採收時一般紅熟和轉色不完全芒果果實品質之比較

##### 1. 果實內氮元素濃度

在轉色不完全的果實中觀察到果皮或果肉許多部位的氮濃度有顯著高於一般紅熟果實的情形，和莊氏結果一致(2014)，根據本研究調查結果(表 3.)，本試驗欲探討造成果實轉色不全之起因，推測芒果果實之轉色不全現象是由施用過量氮肥所誘發，且調查之轉色

不全之果實亦有較高的葉綠素含量。

## 2. 果實果重、硬度和可溶性固形物

芒果後熟時，硬度降低且澱粉分解使可溶性固形物增加，所以此二指標能作為芒果後熟程度的判別依據，調查結果顯示正常紅熟和轉色不全之果實間果梗端和果實中部的可溶性固形物和硬度皆無顯著差異，和莊(2014)測得之正常芒果有較低硬度和較高糖度不太一致，推測轉色不全的果實雖然外觀仍尚未完全轉成紅色，但其內部大多已經後熟，達可食用的成熟度，且觀察到果梗端硬度高於果實中部，和 Ueda 等人(1999)調查硬度隨果梗端向果頂端遞減的結果相符，可見兩類型果時雖外觀顏色有差距，但後熟程度差異不明顯。

果重和果實大小通常由基因、環境或栽培方法決定，本次調查結果顯示重量以轉色不全的芒果顯著較高，推測可能和施氮量相關，蘋果果實的重量和產量通常也會因為施用氮肥而增加(Fallahi *et al.*, 1997)

本次調查結果發現轉色不全的果皮和果肉部分位置含有較高量的澱粉，可能是因為後熟速度較慢，導致澱粉無法分解完全，6月採收之一般紅熟芒果果皮測得之全可溶性糖有稍高於轉色不全的果實，高蔗糖濃度會促進花青素的生合成，試驗結果證明一般紅熟果實的確有較多的花青素含量(Do and Cormier, 1990)。

## 結 論

轉色不全的果實有明顯較綠的外觀，先進行比色法判定此種果實有高於對照組的  $L^*$  值和  $b^*$  值，其各部位  $a^*$  值顯著低於一般紅熟芒果，色相角也顯著高於正常紅熟果實，表示轉色不全果時有較綠外觀，再進一步調查發現此轉色不全果實亦有明顯較多的葉綠素含量和稍低的花青素含量，而呼吸率及乙烯釋放率部分和正常果實比較起來並沒有顯著差異，調查其無機元素方面發現其含有高量的氮濃度，轉色不全果實之全可溶性糖和澱粉含量呈現不太一致的結果，而全可溶性固形物和硬度兩種果實間沒有出現明顯差別，但重量則顯著高於一般紅熟果實，基於上述結果，推測轉色不全之芒果可能因施用過多氮肥所導致。

## 參 考 文 獻

- 李姿蓉。2006。'愛文'檬果著果與果實品質研究。國立臺灣大學園藝學研究所碩士論文。台北。
- 孟祥春、高子祥、張昭其、張愛玉。2011。夏橙果實發育後期及返青期類胡蘿蔔素積累及乙烯的調控。中國農業科學 44(3):538-544。
- 莊淨。2014。'愛文'芒果果實綠頭症與氮肥相關性之研究。國立中興大學園藝學系碩士論文。台中。

- 陳誌健。 2010。 結果枝懸掛及套袋對'愛文'芒果(*Mangifera indica* L.)品質之影響。 國立中興大學園藝學系碩士論文。 台中。
- 謝慶昌。 1990。 '愛文'芒果後熟生理與採收後處理之研究。 國立臺灣大學園藝學系博士論文。 台北。
- Do, C.B. and F. Cormier. 1990. Accumulation of anthocyanins enhanced by a high osmotic potential in grape (*Vitis vinifera* L.) cell suspensions. *Plant Cell Rep.* 9:143-146.
- Fallahi, E., W.M. Colt, C.R., and B. Fallahi. 2001. Optimum ranges of leaf nitrogen for yield, fruit quality, and photosynthesis in 'BC-2 Fuji' apple. *J. Amer. Pomological Soc.* 55(2):68-75.
- Fallahi, E., W.S. Conway, K.D. Hickey, and C.E. Sams. 1997. The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance of apples. *HortScience* 32(5):831-835.
- Ferrante, A., A. Spinardi, T. Maggiore, A. Testoni, and P.M. Gallina. 2008. Effect of nitrogen fertilization levels on melon fruit quality at the harvest time and during storage. *J. Sci. Food Agric.* 88:707-713.
- Khan M.I.R., A. Trivellini, M. Fatma, A. Masood, A. Francini, N. Iqbal, A. Ferrante, and N.A. Khan. 2015. Role of ethylene in responses of plants to nitrogen availability. *Frontiers in Plant Sci.* 6:1-15.
- Narayana, C.K., D.V. Sudhakar Rao, and K.R. Susanta. 2012. Mango production, postharvest physiology and storage. p.259-276. In: M. Siddiq (ed.). *Tropical and subtropical fruits: postharvest physiology, processing and packaging.* John Wiley & Sons, Inc.
- Sivakumar, D., Y. Jiang, and E.M. Yahia. 2011. Maintaining mango (*Mangifera indica* L.) fruit quality during the export chain. *Food Res. Intl.* 44:1254-1263.
- Ueda, M., K. Sasaki, N. Ustunomiya, K. Inaba, and Y. Shimabayashi. 1999. Effects of storage on fruit color, flesh firmness, respiration rate and several principal compounds in fully mature mango fruit (*Mangifera indica* L. 'Irwin') cultured in plastic house. *Nippon Shouhin Kagaku Kaishi* 46(1)16-23.
- Wang, H.C., X.M. Huang, and H.B. Huang. 2002. A study of the causative factors retarding pigmentation in the fruit of 'Feizixiao' litchi. *Acta Hort. Sinica* 29:408-412.

## A study of the Causative Factors of Unevenly Degreen 'Irwin' Mango Fruits (*Mangifera indica* L.)

Yu-Lin Ni<sup>1)</sup> Ching-Chang Shiesh<sup>2)</sup>

Key words: Nitrogen, 'Irwin', Mango, Unevenly de-greened, Quality

### Summary

In this study, the appearance quality and substance analysis of unevenly de-greened mangoes after ripening were investigated. This kind of mango did not reach fully de-greened stage and showed lighter and yellow-green in peel color. The chlorophyll concentration was higher and the anthocyanins concentration was lower in these unevenly de-greened mangoes. There is no significant difference in respiration rate and ethylene production rate between normal and unevenly de-greened mangoes. Internal quality investigation results showed that there was no significant difference in total soluble solid and firmness between normal and unevenly color turning mangoes. There is no similar trend between GR and RR in starch and total soluble sugar contents. A significantly higher level of nitrogen concentration was noticed in unevenly de-greened mangoes. The results showed that uneven color turning in mango fruits may be caused by excess nitrogen application.

---

1) Graduate student. Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Associate professor. Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

