

# 興大園藝

## 第四十三卷 第一期

|                            |                     |     |
|----------------------------|---------------------|-----|
| 不同套袋與延後採收對'巨峰'葡萄果實品質之影響    | 江富仁 謝慶昌             | 1   |
| 鳳梨雜交後代葉緣刺遺傳之研究             | 林佳慧 陳京城             | 13  |
| 耐莖潰瘍病紅龍果品系篩選與耐病相關植物防禦因子之探討 | 洪筱雁 謝慶昌 林慧玲         | 27  |
| 氮、鉀處理對蘆菜水煮後褐化現象之影響         | 許意筠 謝慶昌 林慧玲         | 43  |
| 轉殖溶菌酶基因至小白菜葉綠體之研究          | 紀銘坤 馮潔雯 楊明德 陳俊麟 曾夢蛟 | 57  |
| 鳳仙花屬植物種間雜交障礙與子房培養          | 林庭聿 邱清安 張正          | 69  |
| 金門產野百合綠熟果播種與育苗             | 鈞虹汝 陳俊源 張正          | 85  |
| 氣候變遷下植栽凋零對生心理反應之影響         | 古昕平 吳振發 陳思宏         | 95  |
| 臺灣綠化樹木醣類含量年變化研究—以樟樹和楓香為例   | 張立詳 劉東啟             | 109 |
| 臺灣農村美學問題之探索研究              | 顏梓安 歐聖榮             | 123 |

國立中興大學園藝學系編印

中華民國一〇七年三月

## 不同套袋與延後採收對'巨峰'葡萄果實品質之影響

江 富 仁<sup>1)</sup> 謝 慶 昌<sup>2)</sup>

關鍵字：遮光率、套袋厚度、葡萄成熟度

**摘要：**探討'巨峰'葡萄果實發育過程中以不同套袋及延後採收對品質之影響。夏季時，套袋遮光率會顯著影響果實轉色與成熟，綠色套袋顯著降低果色與果品；另一方面，套袋厚度對品質無顯著影響，白色雙層套袋果實與白色單層套袋者相比其品質無顯著差異。夏季時，延後採收能夠改善綠色套袋者品質及果色，白色套袋者品質則無顯著變化。冬季時，綠色套袋果實外觀與使用白色套袋者相近，果品較差但已接近'巨峰'葡萄品質平均水準；冬季延後採收對白色及綠色套袋的葡萄，則無顯著品質提升效果。

### 前 言

'巨峰'葡萄 (*Vitis vinifera* 'Kyoho')，葡萄科葡萄屬之溫帶藤本果樹。在台灣受到許多民眾喜愛。主要特徵為圓潤的果形、濃豔的果色與均勻的果粉。'巨峰'葡萄是台灣種植面積最大的一種葡萄，根據農委會統計的資料，2015 年的種植面積為 2691 公頃，佔了台灣葡萄種植總面積 95.3%。'巨峰'葡萄的栽種過程中，容易受到多種危害，例如病菌、昆蟲甚至鳥類的危害，因此套袋是在葡萄栽種過程中不可或缺的重要工作。為了能更確實發揮防治病鳥害的效果，套袋也被製作成加厚、網紋甚至是染色等，本研究探討何種套袋除了能防禦病蟲害之外不影響果實品質。

### 材 料 與 方 法

#### 一、試驗材料與方法

本試驗材料為'巨峰'葡萄(*Vitis vinifera* L.)，種植在台中中興大學霧峰葡萄中心。夏季

---

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。

試驗於四月中旬進行套袋，並於七月中旬採收；冬季試驗則在十月上旬套袋，並於十二月下旬採收。兩次試驗之果實均分兩個批次採收，第一批為正常適期採收，第二批則在延後十天之後採收。試驗中使用之套袋有四種，分別是單層白色套袋、單層綠色套袋、雙層白色套袋以及雙層綠色套袋（圖 1）。單層白色套袋即為一般葡萄栽培用套袋；雙層綠色套袋則是白色雙層套袋表面以綠色壓克力顏料染色而成。四種套袋之厚度與遮光率見表 1。



圖 1. 試驗中使用之套袋（左上：雙層白色，左下：單層白色，右上：單層綠色，右下：雙層綠色）。

Fig. 1. The bags used for experiments.

表 1. 不同套袋之遮光率與厚度

Table 1. Shading rate and thickness of different bags.

| Bags' color | Shading rate (%) | Thickness (mm) |
|-------------|------------------|----------------|
| white (S)   | 43.1             | 0.02           |
| white (D)   | 58.7             | 0.05           |
| green (D)   | 88.7             | 0.07           |
| green (S)   | 88.8             | 0.02           |

Note: D = double-layered and S= single-layered.

## 二、調查項目與方法

### (一) 果色

一串果實分成三段，上半部取 3 顆果實，中間取 4 顆果實，下半部取 3 顆果實進行果色的測量，一串果實共取 10 顆果粒。後續的調查項目也以這 10 顆果粒進行測量。夏季試驗以赤、紫、黑色葡萄專用色卡 (圖 2) 進行測定。

### (二) 果徑

取測量完果色的 10 顆果實，以日本 Mitutoyo 公司製造之電子游標尺，測量果實赤道位置的果徑。

### (三) 硬度

取測量完果徑的 10 顆果實，以 Sun Scientific 公司製造的物理性質測定儀 (compac-100) 進行測定。將儀器調整至 Mode 20，採刺穿 (Hold) 測量，刺入深度為 5 mm，刺入速度為 200 mm/min，測量值以 kg 表示。

### (四) 果重

將整串葡萄去除果梗及穗軸後，將果實放置在電子式天平上測量。單位為 g。

### (五) 全可溶性固形物含量

以測量完上述測試項目的相同的 10 顆果實進行測量。首先將果實都放入塑膠袋壓破後將果汁倒入燒杯，再以滴管吸取約 1 mL 果汁，並以手持式 Atago 公司製作之電子糖度計 (PR-32) 測量果汁中可溶性固形物之含量。

### (六) 可滴定酸百分比

取測量可溶性固形物時剩餘的果汁 5 mL，加入 25 mL 的去離子水。稀釋後的果汁樣本加入約 1 mL 的酚酞指示劑，之後以 1 N NaOH 水溶液進行滴定。可滴定酸度以葡萄果實中含量最多的酒石酸為代表，計算果汁酸度到達滴定終點的時數值的換算，單位以 % 表示。

### (七) 果皮花青素含量

取測量完可溶性固形物與可滴定酸度剩餘的果實殘渣，將果皮與果肉分離。分離之果皮以液態氮冷凍並以 kingmech 公司製之冷凍乾燥機 (PD-24)，進行冷凍乾燥三天。冷凍乾燥完之樣本以研鉢磨碎，取 1 g 粉末進行測量。取 1 g 粉末樣本放入裝有 5 mL 60% 甲醇與 1% HCl 之萃取液中。放置黑暗中 24 小時之後，以 Hitachi 公司製造之分光光度計 (U-2000) 測量樣本 520 nm、620 nm 及 650 nm 之吸光值 (Downs *et al.*, 1965)。含量的計算參考 Zapsalis 及 Francis (1965) 的方法， $Abs = \epsilon bc$  ( $b = 1$ ,  $\epsilon = 46200$ ,  $c$  則為花青素含量)，再除以樣本重，單位為  $\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ 。花青素之吸收值 ( $Abs$ ) =  $(A_{530} - A_{620}) - 0.1(A_{650} - A_{620})$ ，單位以  $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$  表示。

### (八) 果皮可溶性單寧含量

採用 Folin-Denis 分析法 (Swain and Hillis, 1959)，取測量花青素時製備的冷凍乾燥果皮粉末，將 1 g 粉末放入裝有 80% 甲醇萃取液 20 mL 的離心管中，以 Sorvall 公司製的高



速離心機 (RC-5C) 設定 12000×g 進行高速離心。取離心後的上清液 1 mL 加入 6 mL 純水。將上清液水溶液添加去離子水稀釋 10 倍之後，加入 Folin-Ciocalteu 酚試劑 0.5 mL 靜置 3 分鐘，再加入 1 ml 飽和碳酸鈉水溶液後進行震盪，最後加入 1.5 ml 純水靜置 1 小時。水溶液樣本以 BMG labtech 公司製造之 Elisa Reader (FIUO<sub>star</sub> Omega)，測量樣本 725 nm 之吸光值，單位以 ppm 表示。

## 結 果

### 一、套袋厚度對果實品質之影響

以夏季試驗之雙層白色套袋與單層白色套袋做比較，雙層白色套袋者以轉色但顏色較淺 (圖 2)。果徑、果重及硬度無差異，果肉之可溶性固形物及可滴定酸含量無顯著差異；分析果皮的花青素及可溶性單寧含量亦無顯著差異。套袋厚度不影響果實品質 (表 2)。

### 二、套袋遮光度對果實品質之影響

夏季試驗之結果以雙層綠色套袋與雙層白色套袋者比較，雙層綠色套袋者果皮明顯尚未轉色 (圖 3)。兩者果徑、硬度無顯著差異，果重為使用雙層綠色套袋者較重。果肉中之可溶性固形物與可滴定酸百分比，則是使用綠色套袋者可溶性固形物含量較低 (11.1:17.3°Brix)，但可滴定酸百分比高 (1.07:0.88%)。比較果皮中花青素含量則是綠色套袋者遠低於白色套袋者 (0.31:2.13  $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$ )；單寧含量則是綠色套袋者為白色套袋者之兩倍 (2143:1064 ppm)，見表 3。

冬季試驗中，以單層綠色套袋葡萄與單層白色套袋者做比較，外觀上沒有顯著差異，均已轉色 (圖 4)。綠色套袋者硬度較高，果徑與果重無顯著差異。比較果肉中可溶性固形物含量與可滴定酸百分比則是綠色套袋者可溶性固形物較低 (17.7:21.1°Brix)，但可滴定酸百分比高 (0.91:0.72%)。果皮中花青素含量，綠色套袋者與白色套袋者無顯著差異 (2.16:2.16  $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$ )，但是單寧含量以綠色套袋者高 (1015:1523 ppm)，見表 4。

### 三、延後採收期對夏季果實品質之影響

夏季果實延後十天採收後，因為套袋遮光度而延緩果實成熟的綠色套袋者，外觀有明顯轉色 (圖 5)，果重及果徑無顯著差異，但硬度下降。果肉之可溶性固形物含量上升 (11.1:14.3°Brix)，可滴定酸百分比無顯著變化。果皮中之花青素含量大量提升 (0.31:1.81  $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$ ) 與使用白色套袋者無差異，且單寧含量也觀察到明顯下降 (2143:641 ppm)。雙層白色套袋者與單層白色套袋者延後採收後，硬度及單寧含量下降，其餘無顯著變化 (表 5)。



圖 2. 套袋厚度對夏季果實外觀之影響。

Fig. 2. Influence of bags' thickness on summer grapes' appearance.

表 2. 夏季試驗中套袋厚度對葡萄品質之影響

Table 2. Influence of bags' thickness on summer grapes' quality.

| Bags' color | TSS<br>(°Brix)      | TTA<br>(%) | Firmness<br>(kg) | Diameter<br>(cm) | ABW<br>(g) | TA<br>(μmol/g) | TST<br>(ppm) |
|-------------|---------------------|------------|------------------|------------------|------------|----------------|--------------|
| White(S)    | 16.7 a <sup>z</sup> | 0.89 a     | 0.122 a          | 2.41 a           | 5.08 a     | 2.01 a         | 869 a        |
| White (D)   | 17.3 a              | 0.88 a     | 0.149 a          | 2.46 a           | 6.10 a     | 2.13 a         | 1064 a       |

<sup>z</sup>Mean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

Note: TSS = total soluble solids, TTA = total titratable acidity, TA = total anthocyanin content, TST = total titratable acidity, S = single-layered and D = double-layered.

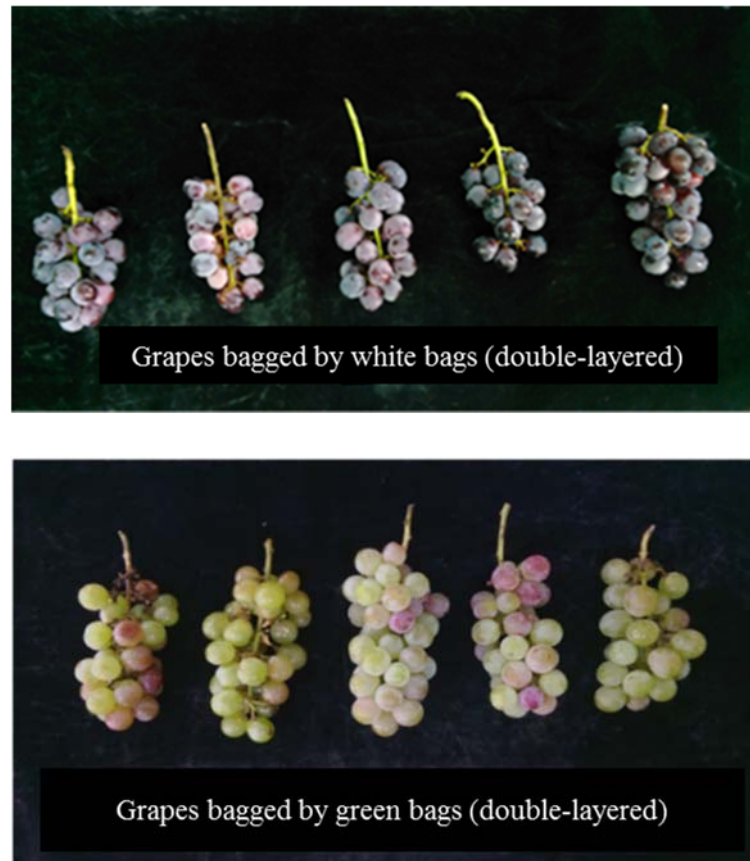


圖 3. 套袋遮光度對夏季葡萄外觀之影響。

Fig. 3. Influence of bags' shading rate on summer grapes' appearance.

表 3. 套袋遮光度對夏季葡萄品質之影響

Table 3. Influence of bags' shading rate on summer grapes' quality.

| Bags' color | TSS<br>(°Brix)      | TTA<br>(%) | Firmness<br>(kg) | Diameter<br>(cm) | BW<br>(g) | TA<br>(μmol/g) | TST<br>(ppm) |
|-------------|---------------------|------------|------------------|------------------|-----------|----------------|--------------|
| White (D)   | 17.3 a <sup>z</sup> | 0.88 b     | 0.149 b          | 2.46 a           | 6.10 b    | 2.13 a         | 1064 b       |
| Green (D)   | 11.1 b              | 1.07 a     | 0.167 a          | 2.34 a           | 8.18 a    | 0.31 b         | 2143 a       |

<sup>z</sup>Mean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

Note: TSS = total soluble solids, TTA = total titratable acidity, BW = berry's weight, TA = total anthocyanin content, TST = total titratable acidity and S = single-layered.



圖 5. 套袋遮光率對冬季葡萄外觀之影響。

Fig. 5. Influence of bags shading rate on winter grapes' appearance.

表 4. 套袋遮光度對冬季葡萄果實品質之影響

Table 4. Influence of bags' shading rate on winter grapes' quality.

| Bags' color | TSS<br>(°Brix)      | TTA<br>(%) | Firmness<br>(kg) | Diameter<br>(cm) | BW<br>(g) | TA<br>(μmol/g) | TST<br>(ppm) |
|-------------|---------------------|------------|------------------|------------------|-----------|----------------|--------------|
| White (S)   | 21.1 a <sup>z</sup> | 0.72 b     | 0.123 b          | 1.85 a           | 4.43 a    | 2.16 a         | 1015 b       |
| Green (S)   | 17.7 b              | 0.91 a     | 0.190 a          | 1.86 a           | 4.64 a    | 2.16 a         | 1523 a       |

<sup>z</sup>Mean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

Note: TSS = total soluble solids, TTA = total titratable acidity, BW = berry's weight, TA = total anthocyanin content, TST = total titratable acidity and S = single-layered.

#### 四、延後採收對冬季果實品質之影響

冬季果實延後十天採收後，檢測對使用白色單層套袋者之品質之影響 (表 6)，發現果肉可滴定酸百分比下降，可溶性固形物與果徑及果重皆下降，且硬度上升。果皮之花青素含量與單寧含量則無顯著變化。延後十天採收對使用綠色單層套袋者的影響，則觀察到可滴定酸百分比下降，果重上升，其餘性質無顯著差異。延後採收對於冬季果實品質之提昇較無顯著效果，外觀亦與使用白色套袋者無顯著差異 (圖 6)。

表 5. 延後採收對不同套袋厚度與遮光度之夏季葡萄品質改善效果

Table 5. Effect of postponed harvest date on improving summer grapes' quality.

| Bags' color | TSS<br>(°Brix)       | TTA<br>(%) | Firmness<br>(kg) | Diameter<br>(cm) | BW<br>(g) | TA<br>(μmol/g) | TST<br>(ppm) |
|-------------|----------------------|------------|------------------|------------------|-----------|----------------|--------------|
| White (S)   | 15.7 ab <sup>z</sup> | 0.94 a     | 0.109 a          | 2.39 a           | 9.64 a    | 2.19 a         | 707 b        |
| White (D)   | 16.3 a               | 0.98 a     | 0.127 a          | 2.42 a           | 10.41 a   | 1.79 b         | 880 a        |
| Green (D)   | 14.3 b               | 1.04 a     | 0.124 a          | 2.32 a           | 8.71 a    | 1.81 b         | 641 b        |

<sup>z</sup>Mean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

Note: TSS = total soluble solids, TTA = total titratable acidity, BW = berry's weight, TA = total anthocyanin content, TST = total titratable acidity, S = single-layered and D = double-layered.

表 6. 延後採收及套袋遮光度對冬季葡萄品質之改善效果

Table 6. Effect of postponed harvest date on improving winter grapes' quality.

| Bags' color | TSS<br>(°Brix)      | TTA<br>(%) | Firmness<br>(kg) | Diameter<br>(cm) | BW<br>(g) | TA<br>(μmol/g) | TST<br>(ppm) |
|-------------|---------------------|------------|------------------|------------------|-----------|----------------|--------------|
| White (S)   | 19.4 a <sup>z</sup> | 0.60 b     | 0.203 a          | 2.31 a           | 5.87 a    | 2.16 a         | 1143 b       |
| Green (S)   | 17.2 b              | 0.74 a     | 0.210 a          | 1.85 b           | 5.91 a    | 2.21 a         | 1742 a       |

<sup>z</sup>Mean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

Note: TSS = total soluble solids, TTA = total titratable acidity, BW = berry's weight, TA = total anthocyanin content, TST = total titratable acidity, S = single-layered and D = double-layered.



圖 6. 延後採收對夏季葡萄外觀的改善效果。

Fig. 6. Effect of postponing harvest date on summer grapes' appearance.

## 討 論

夏季時，使用綠色雙層套袋會顯著影響果實品質以及外觀，從外觀上可以發現果實幾乎尚未轉色（圖 2），果實硬度也高於使用雙層白色套袋者（0.167:0.122 kg），進一步比較其與使用白色雙層套袋果實之初級與次級代謝物之產量，則發現可溶性固形物含量偏低，但可滴定酸百分比偏高；果皮中的花青素含量低落且可溶性單寧含量相當高。比較綠色雙層套袋與白色雙層套袋的遮光率，綠色套袋遠高出白色許多，分別為 88.7%與 58.7%。綠色雙層套袋的高遮光率可能是降低果實品質及影響果色之原因（表 3）。Shinomiya (2015)以'巨峰'葡萄進行遮陰的試驗，也得到遮陰會降低果皮花青素含量與轉色不良的結果，而 Downey (2002)的研究指出，葡萄在生長發育初期，單寧含量就會顯著下降。綜合上述論點，使用綠色套袋的葡萄果實不僅為轉色且單寧含量偏高，應該是果實的成熟被綠色套袋的高遮光率導致延緩，故可溶性固形物含量等，才會與使用白色套袋者差異明顯。



圖 7. 延後採收對冬季葡萄外觀的改善效果。

Fig. 7. Effect of postponing harvest date on improving winter grapes' appearance.

測試延後採收是否能夠使綠色套袋的葡萄品質得到提升，故留下部分樣本延遲採收後進行分析，發現延後採收之綠色套袋葡萄其外觀有顯著的轉色，但還是不到完全轉色。而果實之可溶性固形物有大量提升，由  $11.1^{\circ}\text{Brix}$  上升到  $14.3^{\circ}\text{Brix}$ ，可滴定酸百分比則輕微下降；花青素含量則由  $0.31 \mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$  上升到  $1.81 \mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$ ；單寧含量由 2143 ppm 下降至 641 ppm。套袋之高遮光率對於果實成熟有延緩的效果，但延後採收對於綠色套袋之果實成熟有幫助，延後更多時間在進行採收或許能達到更理想的果實品質 (表 5)。

比較夏季時，套袋之厚度是否會影響果實品質之結果，以白色雙層套袋與單層套袋做比較，厚度分別為 0.05 mm 與 0.02 mm。從外觀到物理性質等都沒有顯著差異，分析其初級與次級代謝物的結果，也無顯著差異。故得知套袋的厚度，對於夏季葡萄的品質影響可以忽視 (表 2)。

冬季時，比較綠色單層套袋與白色單層套袋的葡萄品質以觀察套袋遮光率對於冬季葡萄果實之影響，兩者遮光率為 88.8% 及 43.1%，厚度同樣為 0.02 mm。外觀上，兩種套袋之葡萄果實幾乎都已經轉色完全，果徑也沒有顯著差異，但綠色套袋者果實硬度較高 ( $0.190\text{--}0.123 \text{ kg}$ )。分析果實中初級及次級代謝產物，發現綠色套袋者其可溶性固形物較低，但比起夏季時遮陰的果實有顯著較高，且水平趨近'巨峰'葡萄標準 (林, 2007)。比較其次級代謝產物，兩者之花青素含量無顯著差異，符合綠色套袋者外觀以轉色之結果，但單寧含量以綠色套袋者較高 ( $1523\text{--}1015 \text{ ppm}$ )。根據與夏季試驗結果之比較，冬季時套袋遮光度對於果實品質影響較小 (表 4)。



將兩種套袋之果實進行延後採收之品質改善效果試驗，結果為無論白色或是綠色套袋葡萄果實之品質改變都不明顯，包含外觀、初級代謝產物及次級代謝產物。雖然兩者可溶性固形物與正常適期採收時相比都無顯著提升或是下降，但白色套袋者可溶性固形物依然較高（表 6）。延後採收的時間再延長或許能夠發現，兩者之品質提升。

## 參 考 文 獻

- 張林仁、林嘉興。1988。葡萄生產技術。14: 223-238。
- 張致盛。2007。台灣栽培葡萄品種之特性。台中區農業專訊 58: 3-6。
- 黃秀華。2004。葡萄病害整合性管理技術。葡萄栽培技術研討會專集。pp. 127-153。
- Coombe, B. G. and G. R. Bishop. 1980. Development of the grape berry changes in diameter and deformability during veraison. *Aust. J. Agric. Res.* 31: 499-509.
- Downey, M. O., J. S. Harvey, and S. P. Robinson. 2003. Analysis of tannins in seeds and skins of Shiraz grapes throughout berry development. *Aust. J. Grape Wine R.* 9(1): 15-27.
- Fournand, D., A. Vicens, L. Sidhoum, J. Souquet, M. Moutounet, and V. Cheynier. 2006. Accumulation and extractability of grape skin tannins and anthocyanins at different advanced physiological stages. *J. Agric. Food Chem.* 54: 7331-7338.
- Gabriella, L., L. Rustioni, S. G. Parisi, F. Zoli, and L. Brancadoro. 2016. Anthocyanin biosynthesis during berry development in corvina grape. *Sci. Hort.* 212: 74-80.
- Koshita, Y., T. Asakura, H. Fukuda, and Y. Tsuchida. 2007. Nighttime temperature treatment of fruit clusters of Aki Queen grapes maturation and its effect on the skin color and abscisic acid content. *Vitis* 46: 208-209.
- Kilmister, R. L., M. Mazza, N. K. Baker, P. Faulkner, and M. O. Downey. 2014. A role for anthocyanin in determining wine tannin concentration in Shiraz. *Food Chem.* 152: 475-482.
- Lee, J. 2017. Light exclusion influence on grape anthocyanin. *Heliyon* 3(2): e00243.
- Mori, K., N. Goto-Yamamoto, M. Kitayama, and K. Hashizume. 2007. Loss of anthocyanins in red wine grape under high temperature. *J. Exp. Bot.* 58: 1935-1945.
- Shinomiya, R., F. Hiroyuki, M. Koji, and S. Mikio. 2015. Impact of temperature and sunlight on the skin coloration of the 'Kyoho' table grape. *Sci. Hort.* 193: 77-83.
- Signes, A., F. Burlo, F. Martinez-Sanchez, and A. Carbonell-Barrachina. 2007. Effect of preharvest bagging on quality of black table grapes. *World J. Agric. Sci.* 3: 32-38.
- Yamane, T., S. T. Jeong, N. Goto-Yamamoto, Y. Koshita, and S. Kobayashi. 2006. Effects of temperature on anthocyanin biosynthesis in grape berry skins. *Am. J. Enol. Vitic.* 57: 54-59.

## Influence of Different Bags and Postponing Harvest on 'Kyoho' Grape Fruit Quality

Fu-Jen Jiang <sup>1)</sup> Ching-Chang Shiesh <sup>2)</sup>

Key words: Shading rate, Bags' thickness, Grape maturity

### Summary

The influence of different bags for grape bagging and harvest date on the fruit quality during 'Kyoho' grape fruits developing were the aim of the experiment. In summer, the shading rate of different bags significantly affected the fruit color and maturity, the green double-layered bags significantly affected fruit quality and fruit color; on the other hand, bags' thickness made no difference on fruit quality and color, grapes bagged by white double-layered bags have similar quality with those bagged by white single-layered bags. In winter, although different bags have different shading rate, the grapes bagged by green single-layered bags had same appearance but lower quality compared with grapes bagged by white single-layered bags, however, their quality almost achieved average line of 'Kyoho' grapes. As to the effects of postponing harvest date, no obvious quality change were observed on grapes bagged by green single-layered and white single-layered.

---

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

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.

## 鳳梨雜交後代葉緣刺遺傳之研究

林 佳 慧<sup>1)</sup> 陳 京 城<sup>2)</sup>

關鍵字：鳳梨、葉緣刺

**摘要：**本研究調查鳳梨雜交後代葉緣刺分離之情形，以推論葉緣刺遺傳理論及台灣各重要品種之葉緣刺基因型。大多數雜交試驗結果皆符合 Collins 與 Kerns (1946) 提出之葉緣刺遺傳假說，但其中 2 雜交組合並不完全符合上述之假說，分別為 'MD-2' × '台農 20 號' 與 'TN1320 (SW)' × 'TN1320 (SL)'，其後代全緣有刺比率略為偏高，導致此現象的可能原因為受環境影響而 S 基因外顯率降低，加上異質結合 *ppSs* 基因可能產生突變，使得表現度不一，不能穩定表現尖端有刺外表型。整體試驗結果支持鳳梨白邊型 (piping) 全緣無刺之性狀表現受顯性 *P* 基因控制，且 *P* 基因對 *S* 基因具有上位性，而顯性 *S* 基因控制尖端有刺的表現型，隱性 *s* 基因控制全緣有刺的表現型。根據後代葉緣刺分離結果，全緣有刺之 '台農 4 號' 鳳梨基因型為 *ppss*，部分有刺之 '台農 11 號'、'台農 13 號'、'Tropical Gold'、'紅皮種' 以及尖端有刺之 'MD-2' 基因型皆為 *ppSs*，白邊型 (piping) 全緣無刺之 '台農 20 號' 基因型為 *Ppss*。

### 前 言

鳳梨 (*Ananas comosus* (L.) Merr.) 為鳳梨科 (Bromeliaceae) 多年生小型草本果樹，原產於熱帶美洲，目前廣泛分布於熱帶、亞熱帶地區，為世界第三大重要熱帶果樹，產量僅次香蕉及芒果 (FAO, 2014)。台灣目前栽培面積約 10000 公頃，主要產地為屏東、高雄、台南、嘉義 (台灣統計年報，2016)。

台灣鳳梨以鮮食為主，'台農 17 號' (金鑽) 為主要栽培品種，占總栽培面積 70% 以上 (唐等，2014)。高度依賴單一品種使產業承擔高風險，如台灣自 1920~1935 年期間引進許多品種，但期間鳳梨萎凋病傳播昆蟲 - 鳳梨粉介殼蟲隨苗入侵台灣，造成當時以感病品種開英為主之台灣鳳梨產業嚴重受創 (蘇，2001)。此外，品種單一而產期集中易造成市場供

---

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助理教授，通訊作者。

需失衡。

優良鳳梨品種須具備栽培管理容易、高品質、耐貯運、耐逆境以及耐病蟲害等特性。'台農 4 號' (釋迦)鳳梨為全緣有刺之品種，由於果皮鮮黃、肉質細密、糖度高及香味濃，並具剝食特殊食法而頗受消費者喜歡。此外，其儲運能力較'台農 17 號'佳，果肉水浸狀之生理裂變發生率低 (陳，2010)，為早年外銷日本之主力品種，但隨後因供果秩序破壞導致外銷需求銳減 (張，1991；蔡和黃，2001)，近年已被少刺品種'台農 17 號'及無刺品種'台農 20 號' (牛奶)鳳梨所取代。葉緣刺的多寡會影響農民栽培及消費者購買意願，故選育無刺或是少刺往往是鳳梨育種者重要的考量因素之一 (林，2004；Collin and Kerns, 1946；Lapade *et al.*, 1995；Pérez *et al.*, 2012)，而瞭解葉緣刺的遺傳特性將使雜交育種選育無刺或少刺品種更有效率。

陳 (2014)嘗試以台灣重要品種'台農 4 號'、'台農 11 號'、'台農 13 號'及'台農 20 號'進行雜交，以探討葉緣刺遺傳及台灣重要鳳梨品種之基因型。根據子代葉緣刺分離結果，Collins 及 Kerns (1946)與 Usberti Filho 等人 (1995)提出之葉緣刺理論皆適用，葉緣刺理論仍有探討之空間。故本研究持續研究鳳梨葉緣刺遺傳，藉由觀察雜交代葉緣刺分離之情形，推論各重要品種之葉緣刺基因型及適用之葉緣刺遺傳理論，以供後續育種者參考。

## 材 料 與 方 法

### 1. 試驗設計

依據 Collins 及 Kerns (1946)鳳梨葉緣刺遺傳理論，葉緣刺基因型及對應的外表形態分別為葉片全緣有刺 (*ppss*)、尖端/部分有刺 (*ppSS/ppSs*)以及白邊型全緣無刺(*P---*)。Usberti Filho 等人 (1995)依其雜交結果提出另一個鳳梨葉緣刺遺傳理論，其認為全緣有刺受顯性 *S* 基因控制，葉緣刺基因型及對應的外表形態分別為葉片全緣有刺 (*ppSS/ppSs*)、白邊型 (*piping*)全緣無刺 (*P---*)以及平滑型 (*smooth*)全緣無刺 (*ppss*)，而尖端/部分有刺葉緣形態則是異質結合基因 *ppSs* 與環境或其他基因調控下的結果。本試驗依據 Collins 及 Kerns (1946)鳳梨葉緣刺遺傳理論，利用全緣有刺、白邊型全緣無刺、部分有刺以及尖端有刺之品種相互雜交，並以卡方檢定分析其後代葉緣刺形態分配比例，以推估葉緣刺之遺傳。

### 2. 材料

鳳梨試驗材料取自於國立中興大學園藝系網室內之鳳梨盆栽植株，依葉緣刺形態分為 4 大類：1. 全緣有刺 (*spiny*)—從葉尖至葉基皆有葉緣刺分部。2. 白邊型全緣無刺 (*piping type spineless*)—因葉背向上捲曲而形成白邊的葉緣型態，因而全緣無刺。3.部分有刺 (*partially spiny*)—葉尖具有葉緣刺，且葉緣中段或葉基亦有不規則出現之葉緣刺。4.尖端有刺 (*spiny tip*)—葉緣刺僅出現在葉片尖端 (

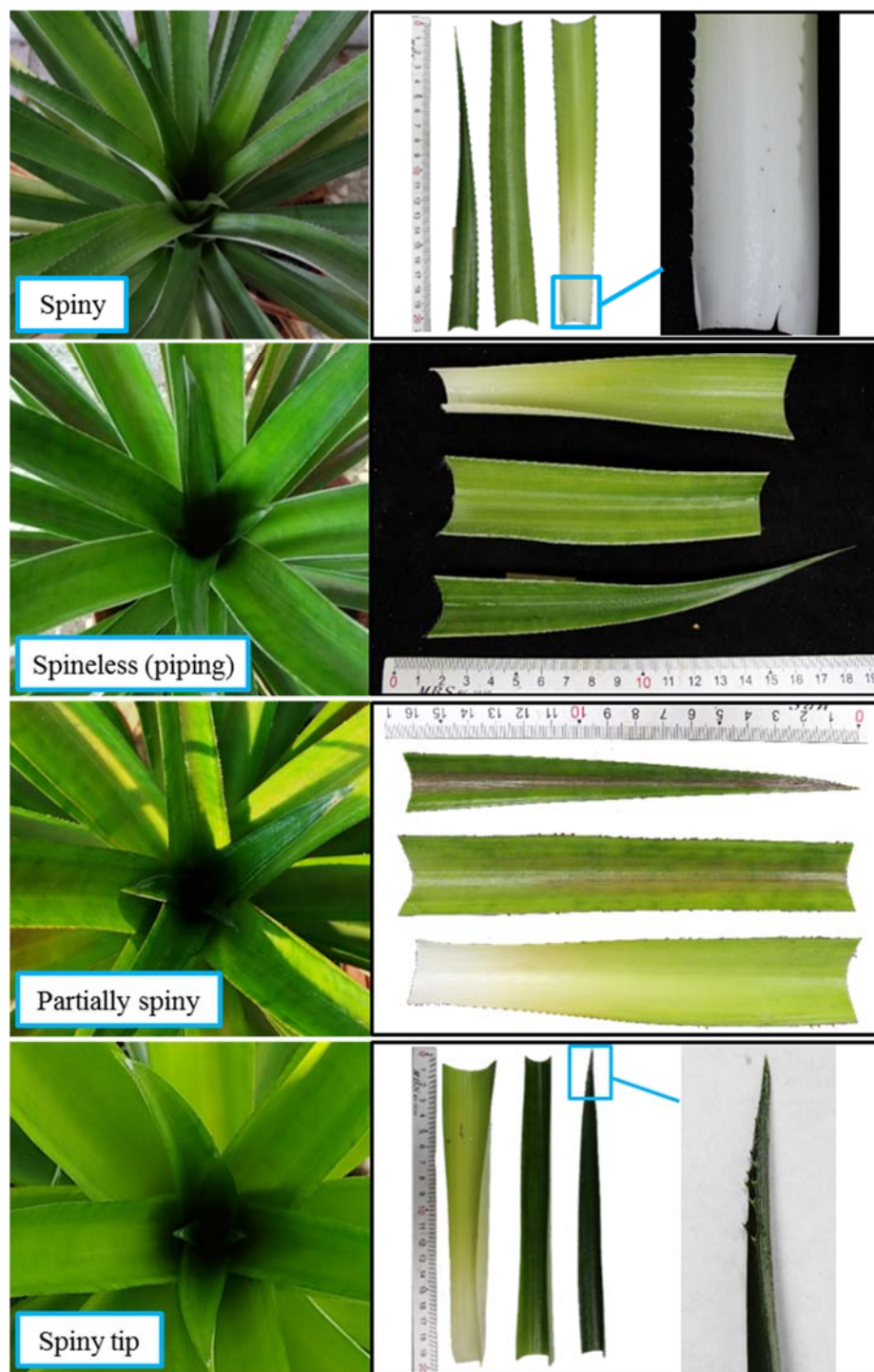


圖 1)。

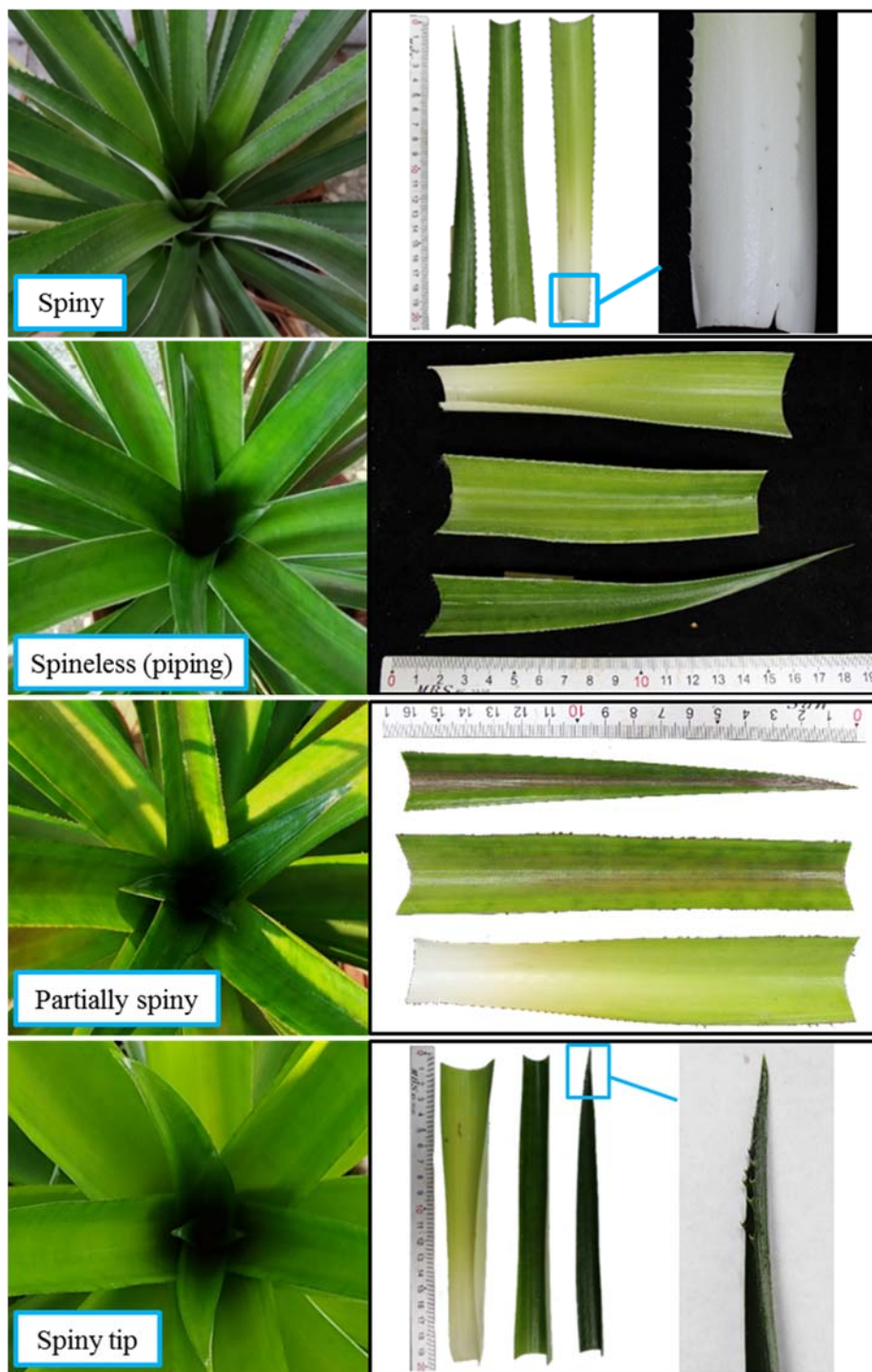


圖 1. 4 種鳳梨葉緣刺型態。

Fig. 1. Four types of pineapple leaf margin spine.

本研究使用品種或雜交品系之葉緣刺形態與理論基因型如下：

| 品種                   | 縮寫                  | 葉緣刺<br>外表型 <sup>z</sup> | 基因型<br>(Collins and Kerns, 1946) | 基因型<br>(Usberti Filho <i>et al.</i> , 1995) |
|----------------------|---------------------|-------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------|
| 台農 4 號               | TN4                 | SW                      | <i>ppss</i>                      | <i>ppS-</i>                                 |
| 台農 11 號              | TN11                | SP                      | <i>ppSs</i>                      | <i>ppSs</i>                                 |
| 台農 20 號              | TN20                | SL                      | <i>Ppss</i>                      | <i>Pp--</i>                                 |
| MD-2                 | MD-2                | ST                      | <i>ppS-</i>                      | <i>ppSs</i>                                 |
| Tropical Gold        | TG                  | SP                      | <i>ppSs</i>                      | <i>ppSs</i>                                 |
| 紅皮種                  | RS                  | SP                      | <i>ppSs</i>                      | <i>ppSs</i>                                 |
| 台農 4 號 ×<br>台農 20 號  | TN0420 <sup>y</sup> | SW                      | <i>ppss</i>                      | <i>ppS-</i>                                 |
|                      |                     | SL                      | <i>Ppss</i>                      | <i>Pp--/ppss</i>                            |
| 台農 11 號 ×<br>台農 20 號 | TN1120 <sup>y</sup> | SW                      | <i>ppss</i>                      | <i>ppS-</i>                                 |
|                      |                     | SP                      | <i>ppSs</i>                      | <i>ppSs</i>                                 |
|                      |                     | SL                      | <i>Pp-s</i>                      | <i>Pp--/ppss</i>                            |
| 台農 13 號 ×<br>台農 20 號 | TN1320 <sup>y</sup> | SW                      | <i>ppss</i>                      | <i>ppS-</i>                                 |
|                      |                     | SP                      | <i>ppSs</i>                      | <i>ppSs</i>                                 |
|                      |                     | SL                      | <i>Pp-s</i>                      | <i>Pp--/ppss</i>                            |

<sup>z</sup> 葉緣刺形態：全緣有刺 (spiny on the whole leaves, SW)、白邊型全緣無刺 (spineless, SL)、部分有刺 (partially spiny, SP) 以及尖端有刺 (spiny tip, ST)。

<sup>y</sup> 陳 (2014) 進行鳳梨雜交之後代。

### 3. 方法

#### (1) 催花

本試驗於 2014 年 11 月 19 日與 2015 年 11 月 15 與 12 月 1 日黃昏時進行催花，以 39.5% 益收 (Ethepon) 稀釋 1000 倍添加 2% (w/v) 尿素 (Urea) 進行催花。催花時取約 50 mL 之溶液倒入鳳梨植株心部。試驗植株 (包含催花株以及自然來花株) 於 2015 年 1 月底至 3 月中旬以及 2016 年 1 月中旬至 3 月底陸續觀察到已分化之花芽 (紅喉期)。

#### (2) 授粉

於 2015 年 2 月 28 日至 3 月 17 日與 2016 年 3 月 30 日至 5 月 4 日間，每日早上 7-10 時以新鮮花粉直接進行授粉。授粉期間皆以紙袋保護，避免昆蟲或風傳播花粉干擾試驗準確性。

#### (3) 採種及播種



2015 年授粉之鳳梨植株於 2015 年 6 月中旬至 8 月底陸續採收；2016 年授粉之鳳梨植株於 2016 年 5 月底至 9 月中旬陸續採收。採收後將果實切開，取出種子，經清洗後沉入水中之種子予以播種。栽培介質以泥炭土、珍珠石、蛭石分別為 2:1:1 之比例將鳳梨雜交種子播於穴盤中，並以保鮮膜加蓋保持濕度，培養條件為光強度 2500-3000 lux、溫度  $26 \pm 1$  °C，光周期為 16/8 (明/暗) 小時。2016 年試驗改以培養皿加蒸餾水先行培養，待胚根突出種皮時更換成栽培介質 (泥炭土:珍珠石:蛭石=2:1:1) 育苗。

#### (4) 雜交後代葉緣形態觀察

鳳梨雜交種子發芽後，待其長至約 5-6 cm 高時，觀察其葉緣刺之形態。最大葉長 10-15 cm 時進行第二次葉緣刺形態觀察。後代性狀分離比以卡方檢定計算  $\chi^2$  值。

## 結 果

不同鳳梨雜交組合子代葉緣刺分離情形如表、表及表所示，子代葉緣刺分離結果根據 Collins 及 Kerns (1946) 提出之葉緣刺理論經  $\chi^2$  檢定進行品種及品系之葉緣刺基因型推估。

#### 1. '台農 4 號'及'台農 20 號'回交試驗

試驗結果顯示以'台農 4 號'及'台農 20 號'為母本，後代'TN0420'與其回交，其雜交子代葉緣刺表型僅有全緣有刺及全緣無刺 2 類型。以全緣有刺品種'台農 4 號'為母本，白邊型全緣無刺雜交子代'TN0420 (SL)'與其回交，其回交後代全緣有刺 27 株，全緣無刺 15 株，經  $\chi^2$  檢定，子代全緣有刺:少刺:全緣無刺符合 1:0:1 分離率 (表 3)，但有刺 (全緣有刺+少刺):全緣無刺不符合 1:1 分離率，全緣有刺比率略高 (表 4)。以白邊型全緣無刺品種'台農 20 號'為母本，全緣有刺雜交子代'TN0420 (SW)'與其回交，其回交後代全緣有刺 15 株，全緣無刺 15 株，經  $\chi^2$  檢定，全緣有刺:少刺:全緣無刺符合 1:0:1 分離率，以有刺:全緣無刺亦符合 1:1 分離率 (表、表)。以白邊型全緣無刺品種'台農 20 號'為母本，白邊型全緣無刺雜交子代'TN0420 (SL)'與其回交，其回交後代全緣有刺 14 株，全緣無刺 23 株，經  $\chi^2$  檢定，子代有刺:少刺:全緣無刺符合 1:0:3 分離率，以有刺:無刺亦符合 1:1 分離率 (表、表)。

#### 2. 少刺與全緣無刺雜交試驗

試驗結果顯示以少刺鳳梨與全緣無刺鳳梨雜交，雜交子代葉緣刺表型分離成三大類：全緣有刺、少刺(尖端有刺及部分有刺)及全緣無刺。大多數雜交組合皆符合預期之葉緣刺分離率，僅有 2 雜交組合全緣有刺比率偏高。以尖端有刺品種'MD-2'及白邊型全緣無刺品種'台農 20 號'做正反交，正交獲得全緣有刺 85 株、少刺 52 株及 138 株全緣無刺，經  $\chi^2$  檢定，正交全緣有刺:少刺:全緣無刺不符合 1:1:2 分離率 (表)，但以有刺:全緣無刺符合 1:1 分離率 (表)，若以全緣有刺:少刺則不符合 1:1 分離率，全緣有刺比率偏高不符合

| Cross combination         | Phenotype <sup>z</sup> | Putative<br>genotype <sup>y</sup> | No. of individuals |       |     | Expected          |                   | Observed          |       | $\chi^2$ <sup>x</sup> |       |         |
|---------------------------|------------------------|-----------------------------------|--------------------|-------|-----|-------------------|-------------------|-------------------|-------|-----------------------|-------|---------|
|                           |                        |                                   | SW                 | SP/ST | SL  | SW : (SP+ST) : SL | SW : (SP+ST) : SL | SW : (SP+ST) : SL |       |                       |       |         |
| TN4 × TN0420 (SL)         | SW × SL                | <i>ppss</i> × <i>Ppss</i>         | 27                 | 0     | 15  | 50%               | 0%                | 50%               | 64.3% | 0.0%                  | 35.7% | 3.43 ns |
| TN20 × TN0420 (SW)        | SL × SW                | <i>Ppss</i> × <i>ppss</i>         | 15                 | 0     | 15  | 50%               | 0%                | 50%               | 50.0% | 0.0%                  | 50.0% | 0.00 ns |
| TN20 × TN0420 (SL)        | SW × SL                | <i>Ppss</i> × <i>Ppss</i>         | 14                 | 0     | 23  | 25%               | 0%                | 75%               | 37.8% | 0.0%                  | 62.2% | 3.25 ns |
| TN20 × MD-2               | SL × ST                | <i>Ppss</i> × <i>ppS-</i>         | 105                | 86    | 172 | 25%               | 25%               | 50%               | 28.9% | 23.7%                 | 47.4% | 2.98 ns |
| TN0420 (SL) × MD-2        | SL × ST                | <i>Ppss</i> × <i>ppS-</i>         | 8                  | 7     | 12  | 25%               | 25%               | 50%               | 29.6% | 25.9%                 | 44.4% | 0.41 ns |
| MD-2 × TN20               | ST × SL                | <i>ppS-</i> × <i>Ppss</i>         | 85                 | 52    | 138 | 25%               | 25%               | 50%               | 30.9% | 18.9%                 | 50.2% | 7.92 ** |
| MD-2 × TN0420 (SL)        | ST × SL                | <i>ppS-</i> × <i>Ppss</i>         | 80                 | 79    | 145 | 25%               | 25%               | 50%               | 26.3% | 26.0%                 | 47.7% | 0.65 ns |
| RS × TN20                 | SP × SL                | <i>ppSs</i> × <i>Ppss</i>         | 20                 | 22    | 35  | 25%               | 25%               | 50%               | 26.0% | 28.6%                 | 45.5% | 0.74 ns |
| RS × TN0420 (SL)          | SP × SL                | <i>ppSs</i> × <i>Ppss</i>         | 8                  | 6     | 9   | 25%               | 25%               | 50%               | 34.8% | 26.1%                 | 39.1% | 1.43 ns |
| TN11 × TN1120 (SL)        | SP × SL                | <i>ppSs</i> × <i>Pp--</i>         | 5                  | 4     | 10  | --- <sup>w</sup>  | ---               | ---               | ---   | ---                   | ---   | ---     |
| TN1120 (SL)×TN11          | SL × SP                | <i>Pp--</i> × <i>ppSs</i>         | 8                  | 7     | 20  | ---               | ---               | ---               | ---   | ---                   | ---   | ---     |
| TN4 × MD-2                | SW × ST                | <i>Ppss</i> × <i>ppS-</i>         | 6                  | 9     | 0   | 50%               | 50%               | 0%                | 40.0% | 60.0%                 | 0.0%  | 0.60 ns |
| TN11 × MD-2               | SP × ST                | <i>ppSs</i> × <i>ppS-</i>         | 7                  | 9     | 0   | 25%               | 75%               | 0%                | 43.8% | 56.3%                 | 0.0%  | 3.00 ns |
| TN1320 (SW) × TN1320 (SL) | SW × SL                | <i>ppss</i> × <i>Pp-s</i>         | 15                 | 5     | 25  | 25%               | 25%               | 50%               | 33.3% | 11.1%                 | 55.6% | 5.00 *  |

<sup>z</sup> ST= spiny tip, SP= partially spiny, SL= spineless, SW= spiny on the whole leaf. <sup>y</sup> According to the hypothesis of Collins and Kerns (1946). <sup>x</sup> ns= not significant at the probability level of 0.10. \* \*\* significant at the probability level of 0.01 and 0.05, respectively. <sup>w</sup> --- : Date were not analyzed due to the uncertainty of TN1120 (SL) genotype.

表 2. 不同雜交組合之鳳梨子代葉緣刺分離情形

Table 2. The segregation of pineapple leaf margin types in progenies derived from different cross combinations.

| Cross combination         | Phenotype <sup>z</sup> | Putative genotype <sup>y</sup> | No. of individuals |    |     | Expected (SW+SP) : SL | Observed (SW+SP) : SL | $\chi^2$ <sup>x</sup> |
|---------------------------|------------------------|--------------------------------|--------------------|----|-----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                           |                        |                                | SW                 | SP | ST  |                       |                       |                       |
| TN4 × TN0420 (SL)         | SW×SL                  | <i>ppss</i> × <i>Ppss</i>      | 27                 | 0  | 15  | 50%                   | 64.3%                 | 2.88 <sup>*</sup>     |
| TN20 × TN0420 (SW)        | SL×SW                  | <i>Ppss</i> × <i>ppss</i>      | 15                 | 0  | 15  | 50%                   | 50.0%                 | 0.03 ns               |
| TN20 × TN0420 (SL)        | SL×SL                  | <i>Ppss</i> × <i>Ppss</i>      | 14                 | 0  | 23  | 25%                   | 37.8%                 | 2.60 ns               |
| MD-2 × TN20               | ST×SL                  | <i>ppSs</i> × <i>Ppss</i>      | 85                 | 52 | 138 | 50%                   | 48.1%                 | 0.00 ns               |
| TN20 × MD-2               | ST×SL                  | <i>Ppss</i> × <i>ppSs</i>      | 105                | 86 | 172 | 50%                   | 52.6%                 | 0.89 ns               |
| MD-2 × TN0420 (SL)        | ST×SL                  | <i>ppSs</i> × <i>Ppss</i>      | 80                 | 79 | 145 | 50%                   | 52.3%                 | 0.56 ns               |
| TN0420 (SL) × MD-2        | SL×ST                  | <i>Ppss</i> × <i>ppSs</i>      | 8                  | 7  | 12  | 50%                   | 55.6%                 | 0.15 ns               |
| RS × TN20                 | SP×SL                  | <i>ppSs</i> × <i>Ppss</i>      | 20                 | 22 | 35  | 50%                   | 54.5%                 | 0.47 ns               |
| RS × TN0420 (SL)          | SP×SL                  | <i>ppSs</i> × <i>Ppss</i>      | 8                  | 6  | 9   | 50%                   | 60.9%                 | 0.70 ns               |
| TN11 × TN1120 (SL)        | SP×SL                  | <i>ppSs</i> × <i>Pp--</i>      | 5                  | 4  | 10  | 50%                   | 47.4%                 | 0.00 ns               |
| TN1120 (SL)×TN11          | SL×SP                  | <i>Pp--</i> × <i>ppSs</i>      | 8                  | 7  | 20  | 50%                   | 42.9%                 | 0.46 ns               |
| TN4 × MD-2                | SW×ST                  | <i>ppss</i> × <i>ppSs</i>      | 6                  | 9  | 0   | 100%                  | 100.0%                | 0.02 ns               |
| TN11 × MD-2               | SP×ST                  | <i>ppSs</i> × <i>ppSs</i>      | 7                  | 9  | 0   | 100%                  | 100.0%                | 0.02 ns               |
| TN1320 (SW) × TN1320 (SL) | SW×SL                  | <i>Ppss</i> × <i>PpSs</i>      | 15                 | 5  | 25  | 50%                   | 44.4%                 | 0.36 ns               |

<sup>z</sup> ST= spiny tip, SP= partially spiny, SL= spineless, SW= spiny on whole leaf. <sup>y</sup> According to the hypothesis of Collins and Kems (1946). <sup>x</sup> ns= not significant at the probability level of 0.10. <sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup>, <sup>\*\*\*</sup> significant at the probability level of 0.10 and 0.05, respectively. The  $\chi^2$  values were adjusted by Yate correction.

預期 (表)；反交獲得全緣有刺 105 株、少刺 86 株及 172 株全緣無刺，經  $\chi^2$  檢定，反交子代葉緣刺之全緣有刺：少刺：全緣無刺符合 1:1:2 分離率 (表)，有刺：全緣無刺及全緣有刺：少刺皆符合 1:1 分離率 (表、表)。另外，以尖端有刺品種'MD-2'及白邊型無刺品系'TN0420 (SL)'進行正反交，正交獲得全緣有刺 82 株、少刺 79 株及 145 株全緣無刺，反交獲得全緣有刺 8 株、少刺 7 株及 12 株全緣無刺，經  $\chi^2$  檢定全緣有刺：少刺：全緣無刺皆符合 1:1:2 分離率(表)，此外，子代有刺:全緣無刺及全緣有刺：少刺皆符合 1:1 分離率(表、表)。

而以部分有刺紅皮種雜交白邊型無刺品種'台農 20 號'，其雜交子代獲得全緣有刺 20 株、少刺 22 株及全緣無刺 35 株，經  $\chi^2$  檢定，全緣有刺：少刺：全緣無刺符合 1:1:2 分離率 (表)，有刺：全緣無刺及全緣有刺:少刺亦符合 1:1 分離率 (表、表)；部分有刺紅皮種雜交白邊型無刺品系'TN0420 (SL)'，其雜交子代獲得全緣有刺 8 株、少刺 6 株及 9 株全緣無刺，經  $\chi^2$  檢定全緣有刺：少刺：全緣無刺符合 1:1:2 分離率 (表 3)，有刺：全緣無刺及全緣有刺：少刺亦符合 1:1 分離率 (表、表)。相同地，以部分有刺品種'台農 11 號'及全緣無刺品系'TN1120 (SL)'做正反交，正交獲得全緣有刺 5 株、少刺 4 株及 10 株全緣無刺，反交全緣有刺 8 株、少刺 7 株及 20 株全緣無刺，經  $\chi^2$  檢定，子代有刺：全緣無刺皆符合 1:1 分離率(表)。

### 3. 有刺雜交有刺組合

試驗結果顯示有刺雜交有刺組合之雜交子代葉緣刺表型僅有全緣有刺及少刺 2 類型。試驗中以全緣有刺品種'台農 4 號'雜交尖端有刺品種'MD-2'，子代獲得全緣有刺 6 株，少刺 9 株，經  $\chi^2$  檢定，子代全緣有刺：少刺：全緣無刺符合 1:1:0 分離率 (表)，有刺:全緣無刺符合 1:0 分離率 (表)，全緣有刺：少刺符合 1:1 分離率 (表)。以部分有刺品種'台農 11 號'雜交尖端有刺品種'MD-2'，子代獲得全緣有刺 7 株，少刺 9 株，經  $\chi^2$  檢定，子代全緣有刺：少刺：無刺符合 1:3:0 分離率 (表)，有刺：無刺符合 1:0 分離率 (表)，全緣有刺：少刺符合 3:1 分離率 (表)。

### 4. 其他雜交組合

以全緣有刺雜交子代'TN1320 (SW)'雜交白邊型全緣無刺'TN1320 (SL)'，其雜交後代葉緣刺為全緣有刺、少刺及全緣無刺，全緣有刺 7 株，少刺 5 株，全緣無刺 7 株，經  $\chi^2$  檢定，子代全緣有刺比率偏高，全緣有刺：少刺：全緣無刺不符合 1:1:2 分離率 (表)，但以有刺：全緣無刺符合 1:1 分離率 (表)，若以全緣有刺：少刺則不符合 1:1 分離率，全緣有刺比率偏高不符合預期 (表)。

表 3. 不同雜交組合之鳳梨子代葉緣刺分離情形

Table 3. The segregation of pineapple leaf margin types in progenies derived from different cross combinations.

| Cross combination         | Phenotype <sup>z</sup> | Putative genotype <sup>y</sup> | No. of individuals |       |     | Expected SW : (SP+ST) | Observed SW : (SP+ST) | $\chi^2$ |
|---------------------------|------------------------|--------------------------------|--------------------|-------|-----|-----------------------|-----------------------|----------|
|                           |                        |                                | SW                 | SP/ST | SL  |                       |                       |          |
| TN4 × TN0420 (SL)         | SW×SL                  | <i>ppss</i> × <i>Ppss</i>      | 27                 | 0     | 15  | 100%                  | 100.0%                | 0.01 ns  |
| TN20 × TN0420 (SW)        | SL×SW                  | <i>Ppss</i> × <i>ppss</i>      | 15                 | 0     | 15  | 100%                  | 100.0%                | 0.02 ns  |
| TN20 × TN0420 (SL)        | SL×SL                  | <i>Ppss</i> × <i>Ppss</i>      | 14                 | 0     | 23  | 100%                  | 100.0%                | 0.02 ns  |
| MD-2 × TN20               | ST×SL                  | <i>ppSs</i> × <i>Ppss</i>      | 85                 | 52    | 138 | 50%                   | 62.0%                 | 7.47 *** |
| TN20 × MD-2               | ST×SL                  | <i>Ppss</i> × <i>ppSs</i>      | 105                | 86    | 172 | 50%                   | 55.0%                 | 1.70 ns  |
| MD-2 × TN0420 (SL)        | ST×SL                  | <i>ppSs</i> × <i>Ppss</i>      | 80                 | 79    | 145 | 50%                   | 50.3%                 | 0.00 ns  |
| TN0420 (SL) × MD-2        | SL×ST                  | <i>Ppss</i> × <i>ppSs</i>      | 8                  | 7     | 12  | 50%                   | 53.3%                 | 0.00 ns  |
| RS × TN20                 | SP×SL                  | <i>ppSs</i> × <i>Ppss</i>      | 20                 | 22    | 35  | 50%                   | 47.6%                 | 0.02 ns  |
| RS × TN0420 (SL)          | SP×SL                  | <i>ppSs</i> × <i>Ppss</i>      | 8                  | 6     | 9   | 50%                   | 57.1%                 | 0.07 ns  |
| TN11 × TN1120 (SL)        | SP×SL                  | <i>ppSs</i> × <i>Pp--</i>      | 5                  | 4     | 10  | ---                   | ---                   | ---      |
| TN1120 (SL)×TN11          | SL×SP                  | <i>Pp--</i> × <i>ppSs</i>      | 8                  | 7     | 20  | ---                   | ---                   | ---      |
| TN4 × MD-2                | SW×ST                  | <i>ppss</i> × <i>ppSs</i>      | 6                  | 9     | 0   | 50%                   | 40.0%                 | 0.27 ns  |
| TN11 × MD-2               | SP×ST                  | <i>ppSs</i> × <i>ppSs</i>      | 7                  | 9     | 0   | 25%                   | 43.8%                 | 2.08 ns  |
| TN1320 (SW) × TN1320 (SL) | SW×SL                  | <i>ppss</i> × <i>PpSs</i>      | 15                 | 5     | 25  | 50%                   | 75.0%                 | 5.05 **  |

<sup>z</sup> ST= spiny tip, SP= partially spiny, SL= spineless, SW= spiny on whole leaf. <sup>y</sup> According to the hypothesis of Collins and Kerns (1946). <sup>x</sup> ns= not significant at the probability level of 0.10. <sup>\*\*</sup> \*\*\* significant at the probability level of 0.05 and 0.01, respectively. The  $\chi^2$  values were adjusted by Yate correction. <sup>w</sup> --- : Data were not analyzed due to the uncertainty of TN1120 (SL) genotype.

## 討 論

Collins 及 Kerns (1946)認為鳳梨葉緣刺為質量性狀，受到 *P* 基因與 *S* 基因調控，*P* 基因具有上位性，控制鳳梨葉片出現葉背向上捲的白邊‘piping’特徵，因此葉緣全緣無刺。而少刺或全緣有刺受到 *S* 基因的控制，顯性 *S* 基因控制葉緣刺性狀為尖端有刺，隱性 *s* 基因控制葉緣刺性狀為全緣有刺，而異質結合 *Ss* 基因容易受到環境因子影響而出現少刺型態。基於此理論，葉緣刺基因型與相對應之外表型為全緣有刺 (*ppss*)、尖端有刺或部分有刺 (*ppS-*)及白邊型葉緣無刺 (*P---*)。本研究總共進行了 14 種雜交組合，有 12 個組合全緣有刺:少刺:全緣無刺分離情形符合 Collin 及 Kerns (1946)的葉緣刺遺傳理論，不符合葉緣刺分離理論的 2 組合分別為'MD-2' × 'TN20'及'TN1320 (SW) × TN1320 (SL)'，2 組合之有刺(全緣有刺+少刺):全緣無刺符合葉緣刺遺傳理論之期望，然而以全緣有刺:部分有刺，結果並不符合葉緣刺遺傳理論之期望，以全緣有刺比例偏高。此外，'TN4' × 'TN0420 (SL)'後代葉緣刺全緣有刺:全緣無刺亦不符合理論之期望，以全緣有刺比例偏高。本研究結果與 Cabral 等人(1997)之試驗結果相似，部分雜交組合之全緣有刺比例會略為偏高，並非完美地符合假說。導致此現象的可能原因為受環境影響而 *S* 基因外顯率降低，使得全緣有刺比例略微提高，加上異質結合 *ppSs* 基因易產生突變，使得表現度不一，不能穩定表現尖端有刺外表型，因此基因型同為 *ppSs* 之外表型卻有尖端有刺及部分有刺 2 類。Collins 及 Kerns (1946)指出異質結合'Smooth Cayenne' (*ppSs*) 在缺氮、乾旱條件下葉緣刺有增加之情形。此外，Collins (1960)指出異質結合 *Ss* 基因尖端有刺表型突變率為 0.887~4.79%，而同質結合 *SS* 基因則可穩定表現尖端有刺表型 (0%)，因此不能完全排除基因型為 *ppSs* 多刺之個體有被誤判為全緣有刺的機率。

全緣有刺 (*ppss*) 品種'TN4'雜交尖端有刺品種 (*ppS-*) 'MD-2'，其後代葉緣刺分離型態為全緣有刺以及少刺 2 種葉緣刺類型，經 $\chi^2$ 分析，全緣有刺:少刺符合 1:1 分離率。此外，部分有刺 (*ppSs*) 品種'TN11'雜交尖端有刺品種 (*ppS-*) 'MD-2'，其後代葉緣刺分離型態亦為全緣有刺以及少刺 2 種葉緣刺類型，經 $\chi^2$ 分析，全緣有刺:少刺符合 1:3 分離率，故尖端有刺 (*ppS-*) 品種'MD-2'之 *S* 基因應為異質結合 *Ss*。在栽培過程中亦觀察到'MD-2'葉緣刺受環境影響，葉緣刺有變多的現象，但隨後生長又回復尖端有刺型態，此與'Smooth Cayenne' (*ppSs*) 葉緣刺生長特性相似 (Collin and Kerns, 1946)。

尖端有刺品種'MD-2' (*ppSs*) 與無刺品種相互雜交之組合，雜交後代分離葉緣刺型態有葉緣無刺、葉緣少刺 (含部分有刺及尖端有刺) 及全緣有刺 3 種類型，且無刺:有刺 (少刺加全緣有刺) 為 1:1，由此試驗結果可知白邊型全緣無刺品種'TN20'及其雜交後代'TN0420 (SL)'之 *P* 基因應為異質結合 *Pp*，故後代有一半葉緣有刺。以部分有刺品種'RS'雜交無刺 (*Pp--*) 品種'TN20'或'TN0420 (SL)'，雜交後代分離葉緣刺型態為葉緣無刺、葉緣少刺及全緣有刺 3 種類型，經 $\chi^2$ 分析，全緣有刺:少刺:無刺符合 1:1:2 分離率，故部分有刺品種'RS'葉緣刺基因型應為 *ppSs*，而無刺品種'TN20'及'TN0420 (SL)'基因型均應為 *Ppss*；'TN20'基因型推論與陳 (2014)試驗結果相符。此外，回交組合葉緣刺分離結果亦支持陳 (2014)之

基因型推論，回交組合之'TN0420 (SL)'回交'TN20'、'TN0420 (SW)'回交'TN20'及'TN0420 (SL)'回交'TN4'其後代葉緣刺型態分離為全緣有刺及全緣無刺 2 群，經 $\chi^2$  分析，全緣有刺：全緣無刺皆符合 1:1 分離率。

Usberti Filho 等人 (1995)則認為控制葉緣有刺為顯性S基因，葉緣無刺為隱性s基因，異質結合Ss基因其葉緣刺表現型受環境或其他基因複合調控而有全緣有刺或少刺等表徵。與 Collin 及 Kerns (1946)葉緣刺遺傳理論相比，雙方假說皆支持 P 基因控制 pinping 型態的全緣無刺性狀且具有上位性。不同的是 Usberti Filho 等人 (1995)提出之葉緣刺遺傳理論認為無刺的表徵為 P 基因或 S 基因共同表現的結果 (P---及 ppss)，固有不具 piping 之無刺型態出現。本試驗結果並不支持 Usberti Filho 等人 (1995)提出之葉緣刺遺傳理論，根據其理論，部分有刺品種'TN11' (ppSs)雜交尖端有刺品種'MD-2' (ppSs)，其後代應有 1/4 機率出現葉緣平滑型無刺 (no-piping spineless)，但其子代葉緣刺只有全緣有刺及部分有刺兩類型。

## 參 考 文 獻

- 林榮貴。2004。鳳梨新品種台農 20 號(牛奶鳳梨)之介紹。農業試驗所技術服務。60: 20-22。
- 唐佳惠、蔡孟勳、蔡惠文、官青杉。2014。鳳梨「台農 21 號(黃金)」之育成。台灣農業研究。63: 167-177。
- 陳美齡。2010。鳳梨果實發育期間理化性狀、礦物元素及水浸狀生理裂變之研究。國立中興大學園藝學系碩士論文。
- 陳瑤芳。2014。鳳梨葉緣刺遺傳與台農 4 號鳳梨誘變育種之研究。國立中興大學園藝學系碩士論文。台中。
- 張清勤。1991。鳳梨台農四號外銷果實採收成熟度之研究。中華農業研究。40: 37-44。
- 蘇宗宏。2001。台灣鳳梨蟲害及其防治。台灣鳳梨品種改良與病蟲害管理研討會專刊。農業試驗所嘉義分所編印。台灣:嘉義。pp. 31-36。
- 蔡精強、黃碧海。2001。鳳梨產銷改進與發展。台灣鳳梨品種改良與病蟲害管理研討會專刊。農業試驗所嘉義分所編印。台灣:嘉義。pp. 21-30。
- Cabral, J. R. S., A. P. de Matos, and G. Coppens d'Eeckenbrugge. 1997. Segregation for resistance to fusariose, leaf margin type, and leaf color from the EMBRAPA pineapple hybridization programme. Acta. Hort. 425: 193-200.
- Collins, J. L. and K. R. Kerns. 1946. Inheritance of three leaf types in the pineapple. J. Hered. 37: 123-128.
- Collins, J. L. 1960. The pineapple: Botany, cultivation, and utilization. Leonard Hill Ltd., London. 294pp.



FAOSTAT, 2014. <http://www.fao.org/faostat/zh/#data>

Lapade, A. G., A. M. S. Veluz, and I. S. Santos. 1995. Genetic improvement of the queen variety of pineapple through induced mutation and in vitro culture techniques. In: Proc Induced Mutations and Molec Techn for Crop Improvement. Internl Symp IAEA and Food Agric Org of the UN, IAEA, Vienna. pp. 684-687.

Pérez, G., E. Yanez, A. Mbogholi, B. Valle, F. Sagarra, L. Yabor, C. Aragón, J. González, M. Isidró and J. C. Lorenzo. 2012. New pineapple somaclonal variants: P3R5 and Dwarf. Amer. J. Plant Sci. 3: 1-11.

Usberti Filho, J. A., W. J. Siqueira, A. Spironello, M. Harris, and A. C. C. Badan. 1995. Inheritance of leaf spininess and segregation of leaf color in pineapple (*Ananas comosus* L. Merrill). Braz. J. Genet. 18: 547-552.

## Studies on Inheritance of Leaf Spininess in Pineapple

Jai-Hui Lin <sup>1)</sup> Ching-Cheng Chen <sup>2)</sup>

Key words: *Ananas comosus*, Leaf spininess

### Summary

The objective of this study was to examine the inheritance hypothesis of leaf spininess and the genotypes of important pineapple cultivars in Taiwan. Most of cross combination segregation for leaf spininess type examined in this study supported the hypothesis of Collin and Kerns (1946) except combinations of 'MD-2' × 'Tainung No. 20' and 'TN1320 (SW)' × 'TN1320 (SL)', which had higher ratios of whole leaf spiny and not perfectly fit the above hypothesis. This can be due to incomplete penetrance and mutation of *S* allele caused by environment so the expression of spiny tip is not stable. The results suggest that spineless (piping) is controlled by dominant *P* gene, with epistatic effect on the *S* gene. Spiny tip is controlled by dominant *S* gene and whole leaf spiny is controlled by recessive *s* gene. According to the segregations of leaf spininess type, spiny 'Tainung No. 4' genotype is *ppss*. Partially spiny 'Tainung No. 11', 'Tainung No. 13', 'Tropical Gold', 'RS' and spiny tip 'MD-2' genotypes are *ppSs*. Spineless piping 'Tainung No. 20' genotype is *Ppss*.

---

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

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

Corresponding author.



## 耐莖潰瘍病紅龍果品系篩選與耐病相關 植物防禦因子之探討

洪 筱 雁<sup>1)</sup> 謝 慶 昌<sup>2)</sup> 林 慧 玲<sup>3)</sup>

關鍵字：紅龍果、莖潰瘍病、耐病品系、植物防禦因子、抗氧化系統

**摘要：**紅龍果莖潰瘍病 (pitaya stem canker) 是近幾年來紅龍果的重要病害，嚴重影響紅龍果的生長發育及產量。本試驗探討紅龍果不同品系之耐病能力與耐病能力相關之植物防禦因子。將紅龍果'無刺'、'大紅'和'宜蘭紅肉' 3 個品系當季成熟之肉質莖剪取 20 cm 進行莖潰瘍病原菌 (*Neoscytalidium dimidiatum*) 接種於植體，探討不同品系之紅龍果對於病原菌之抗病性，'無刺'具有較佳之紅龍果莖潰瘍病耐病力，其次為'大紅'，而以'宜蘭紅肉'抗病力最差。進一步測定與植物抗病力相關之因子，結果顯示總酚類化合物 (Total Phenolic Compound; TPC)、可溶性蛋白質 (Soluble Protein; SP)、總游離氨基酸 (Total free amino acid; FAA)、抗壞血酸 (Ascorbic acid; ASA)、過氧化物酶 (Peroxidase; POD)、抗氧化能力 (Antioxidant capacity; FRAP) 在耐病品系'無刺'具有較高濃度或較高活性，且相較於不耐病之'大紅'及'宜蘭紅肉'品系具有顯著差異，顯示上述成分及酵素活性與耐病力具良好相關性。

### 前 言

紅龍果 (*Hylocereus* spp.) 為仙人掌科 (Cactaceae) 三角柱屬 (*Hylocereus*) 植物，原產於中南美洲一帶，因栽培容易、病蟲害少、適應性極廣，因而被認為相當具有潛力的新興果樹之一 (顏，1985)。紅龍果多採粗放栽培，對於病蟲害防治甚少，但近年來病害對紅龍果的危害逐漸嚴重，如炭疽病、果腐病、莖腐病、病毒病等，重挫紅龍果的產值 (蔡，2004；

---

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。  
3) 國立中興大學園藝學系教授，通訊作者。

蔡, 2013; Volencia-Botín *et al.*, 2003)。2012 年 6 月農委會農業試驗所嘉義分所發表由 *Neoscytalidium dimidiatum* 引起之病害, 並定名為紅龍果莖潰瘍病 (pitaya stem canker), 為紅龍果之新興病害, 目前推薦防治藥劑極少, 栽培管理不當之果園甚至會因此病害遭受廢園之命運, 只能從健康種苗、抗病品系選育、清園、適當的栽培管理配合化學藥劑防治等方法, 來達到防止紅龍果莖潰瘍病傳播與感染 (倪等, 2013; 2015; 蔡, 2013; Chuang *et al.*, 2012)。

李 (2015) 篩選出耐紅龍果莖潰瘍病之品系'無刺', 本試驗以此品系進行接種試驗, 確定其耐病程度, 進一步以耐病程度不同之紅龍果品系測定與植物抗病力相關之因子, 包括抗氧化能力、抗氧化物質濃度、抗氧化物酶活性與元素濃度, 了解紅龍果莖潰瘍病與其抗病力相關因子之關係。

## 材 料 與 方 法

### 一、試驗材料及取樣方法

本試驗以位於台中霧峰區之國立中興大學園藝試驗場葡萄中心內所栽培之紅龍果品系'無刺'、'大紅'、'宜蘭紅肉'為試驗材料。植株種植於直徑一尺塑膠盆中, 定期給予適當田間管理。耐病品系試驗於 2015 年 12 月 15 日接種, 每品系取 20 公分之當季肉質莖, 為 3 重複進行耐病性評估。耐病能力相關植物防禦因子調查試驗於 2016 年 11 月 4 日進行。每品系取 2 根 20 公分之當季肉質莖。

### 二、紅龍果莖潰瘍病原菌接種

紅龍果莖潰瘍病菌株, 取自行政院農委會臺中區農業改良場。取 0.5 cm<sup>2</sup> 之紅龍果莖潰瘍病菌絲塊放置於含有馬鈴薯葡萄糖瓊脂培養基 (Potato Dextrose Agar, PDA) 之 9 公分塑膠培養皿放置於室溫培養 7 天後, 添加 15 mL 的無菌水, 再以消毒過後的 L 型玻璃棒輕刮並靜置 30 分鐘, 之後倒入 50 mL 燒杯中以血球計數器於電子顯微鏡計算孢子濃度。

接種耐病評估試驗使用的菌液孢子濃度為  $2.23 \times 10^6$  spore·mL<sup>-1</sup>。耐病能力相關植物防禦因子調查試驗使用的菌液孢子濃度為  $1.275 \times 10^6$  spore·mL<sup>-1</sup>。試驗以消毒過的鐵釘於肉質莖上製造深 0.18 公分、寬 0.07 公分之傷口, 接著在傷口上以分注器注射菌液 5μl, 每個肉質莖處理 30 個點, 15 個點為病菌處理組、15 個點為無菌水對照組, 每點距離大約 1 公分, 將所有肉質莖放置於 25°C 之 60 L 呼吸缸中培養 28 天, 並以打氣加濕的方式保持 100% 空氣相對溼度。

### 三、調查項目及分析方法

#### (一) 每週調查發病率

接種傷口出現明顯紅色小病斑即視為發病, 每週計算調查肉質莖接種點發病數。

發病率 = 已發病接種數/總接種數×100%, 單位以百分比表示。

(二) 每週調查病斑直徑大小 (Diameter of canker spots)

病斑直徑大小在接種 7 天後每週測量。以游標卡尺 (Digimatic caliper, Model CD-6", Mitytoty Corporation)測量病斑最大直徑，再減去傷口大小。單位以公分 (cm)表示。

(三) 總酚類化合物 (Total phenolic compound, TPC)濃度

參考 Keith 等 (1958)之方法。取肉質莖的部分並切碎混合均勻，秤取 2 公克肉質莖組織加入 5 mL 之 0.1 M 磷酸緩衝溶液 (pH 7.0)及適量海砂於冰浴中研磨，隨後以 4℃ 20000 xg 離心 20 分鐘，以 Miracloth (Merck)過濾，取上清液備用。

參考周 (2016)之方法，分析時取 0.1 mL 萃取液稀釋至 1 mL，加入 0.1 mL Folin-Ciocalteus phenol reagent (Merck)、0.2 mL 之 20% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 及 8.7 mL 去離子水震盪均勻後，利用沸水煮 3 分鐘後取出冷卻，隨後以 Elisa Reader (BMG LABTECH, FLUOstar Omega Ω, Germany)測定 660 nm 波長下之吸光值，標準曲線以 100 ppm caffeic acid 配置。TPC 濃度以 µg/g FW 表示。

(四) 可溶性蛋白質 (Soluble protein, SP)濃度

參考 Lowry 等 (1951)方法。取肉質莖的部分並切碎混合均勻，秤取 2-公克肉質莖組織加入 5 mL 之 0.1 M 磷酸緩衝溶液 (pH 7.0)及適量海砂於冰浴中研磨，隨後以 4℃ 20000 xg 離心 20 分鐘，以 Miracloth (Merck)過濾，取上清液備用。

參考周 (2016)之方法，分析時取 0.1mL 萃取液稀釋至 2 mL，加入 5 mL 之 Reagent A [ 2 公克 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 1mL K<sub>2</sub>C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub> (2% potassium tartrate) , 1 mL CuSO<sub>4</sub> (1% CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O) , 10 mL 1N NaOH , 90 mL H<sub>2</sub>O ] 後震盪均勻，靜置 10 分鐘後加入 5 mL 之 Reagent B [ Folin-Ciocalteus phenol reagent (Merck):H<sub>2</sub>O = 1:1 ] 後震盪均勻，靜置 30 分鐘，隨後以 Elisa Reader (BMG LABTECH, FLUOstar Omega Ω, Germany)測定 660 nm 波長下之吸光值，標準曲線以 0.25 mg · mL<sup>-1</sup>BSA 配置 SP 濃度以 mg/g FW 表示。

(五)過 氧化物酶 (Peroxidase, POD)活性

參考 Johnson 及 Cunningham (1972)之方法。取肉質莖的部分並切碎混合均勻，秤取 2 公克肉質莖組織加入 5 mL 之 0.1 M 磷酸緩衝溶液(pH 7.0)及適量海砂於冰浴中研磨，隨後以 4℃ 20000xg 離心 20 分鐘，以 Miracloth (Merck)過濾，取上清液備用。

分析時取 0.1 mL 酶萃取液加入 2 mL 含 3.6×10<sup>-3</sup>M Guaiacol 之緩衝溶液 (100mL 0.1 M 磷酸緩衝溶液 pH6.0 加入 0.04 mL guaiacol)及 0.4 mL 去離子水，最後加入 0.2 mL 0.0135 M H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 開始反應。以分光光度計 (Shimadzu UV-200S)及記錄器 (Recorder)紀錄 470 nm 波長一段時間內之吸光值變化，空白組以 0.1 mL 之萃取緩衝溶液代替酶萃取液進行相關測定。POD 活性以 △A/g FW/min 表示，POD 比活性以 unit/mg protein 表示。

(六) 總游離胺基酸 (Total free amino acid, FAA)濃度

參考 Rosen (1957)之方法。取肉質莖的部分並切碎混合均勻，秤取 2 公克肉質莖組織加入 5 mL 之 0.1 M 磷酸緩衝溶液 (pH 7.0)及適量海砂於冰浴中研磨，隨後以 4℃ 20000x g 離心 20 分鐘，以 Miracloth (Merck)過濾，取上清液備用。

分析時取 0.2 mL 萃取液稀釋至 1 mL，加上 1 mL 之 ninhydrin reagent (5 g ninhydrin, 95 g  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 43 g  $\text{Na}_2\text{HPO}_3$ , 3 g fructose, 溶於 1 L 去離子水保存於低溫黑暗環境)均勻震盪後，利用沸水煮 10 分鐘後取出冷卻，再加入 5 mL 之 color diluents (2g  $\text{KIO}_3$  溶解於 600 mL 去離子水，再以 95%酒精稀釋至 1 L)，隨後以 Elisa Reader (BMG LABTECH, FLUOstar Omega  $\Omega$ , Germany)測定 570 nm 波長下之吸光值，標準曲線以 1 mM  $\alpha$ -alanine 配置。FAA 濃度以 m mole alanine/g FW 表示。

#### (七) 抗壞血酸 (Ascorbic acid, ASA)濃度

取肉質莖的部分並切碎混合均勻，秤取 2 公克肉質莖組織加入 5 mL 偏磷酸抽取液 (含 6%之 metaphosphoric acid 的 2N acetic acid)，研磨後以抗壞血酸試條 (Reflectoquant ascorbic acid test strip, 24-450 mg/L, Merck)沾取待測溶液，置於 RQ-flex 讀取抗壞血酸濃度。抗壞血酸濃度以 mg/g FW 表示。

#### (八) 抗氧化能力 (Antioxidant capacity, FRAP)

參考 Benzie 及 Strain (1996)之方法，測量紅龍果肉質莖 FRAP (Ferric reducing ability of plasma)抗氧化能力。取肉質莖的部分並切碎混合均勻，秤取 2 公克肉質莖組織加入 5 mL 醋酸緩衝溶液 (pH 3.6)及適量海砂於冰浴中研磨，隨後以 4°C 20000xg 離心 20 分鐘，以 Miracloth (Merck)過濾，取上清液備用。

參考周 (2016)之方法，分析時取 50  $\mu\text{L}$  萃取液加入 700  $\mu\text{L}$  working reagent (30mM 醋酸緩衝溶液 (pH 3.6)、10 mM TPTZ (2,4,6-tripyridyl-s-triazine)及 20 mM  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  以 10:1:1 比例配置)均勻震盪後，將試管置於 37°C 水浴 10 分鐘，隨後以 Elisa Reader (BMG LABTECH, FLUOstar Omega  $\Omega$ , Germany)測定 593 nm 波長下之吸光值，標準曲線以 1000  $\mu\text{M}$   $\text{FeSO}_4$  配置。抗氧化能力以  $\mu\text{mol/g}$  FW 表示。

## 結 果

### 一、發病率及病斑大小

'無刺'、'大紅'、'宜蘭紅肉'三品系之當季肉質莖進行莖潰瘍病接種，接種 7 天後已出現病徵，在病原菌接種處理，'無刺'、'大紅'及'宜蘭紅肉'發病率分別為 0%、2.2%及 0%(表 1)；病斑直徑分別為 0 cm、0.004 cm、0 cm (表 2)。在接種 14 天後，'無刺'、'大紅'及'宜蘭紅肉'發病率分別為 0%、31.1%及 86.7%(表 1)；病斑直徑分別為 0 cm、0.107 cm 及 0.358 cm (表 2)。接種 21 天後，'無刺'、'大紅'及'宜蘭紅肉'發病率分別為 0%、35.6%及 100%(表 1)；病斑直徑分別為 0 cm、0.252 cm 及 0.845 cm (表 2)。接種 28 天後，'無刺'、'大紅'及'宜蘭紅肉'發病率分別為 0%、40.0%及 100%(表 1)；病斑直徑分別為 0 cm、0.267 cm 及 0.867 cm (表 2)。最終以'宜蘭紅肉'具有最高發病率及最大病斑直徑，而'無刺'則具有最低發病率及最小病斑直徑，整體上而言三品系耐病程度為'無刺'最佳，'大紅'次之，'宜蘭紅肉'最易感病。



表 1. 不同品系紅龍果肉質莖接種莖潰瘍病後不同時期的發病率比較 (接種孢子懸浮液濃度  $2.23 \times 10^6$  spore·mL<sup>-1</sup>)

Table 1. Disease incidence on in-season mature stems of pitayas after inoculated with *Neoscytalidium dimidiatum* (spore concentration  $2.23 \times 10^6$  spore·mL<sup>-1</sup>).

| Treatment <sup>z</sup> | Disease incidence (%) |        |        |        |
|------------------------|-----------------------|--------|--------|--------|
|                        | 7 day                 | 14 day | 21 day | 28 day |
| 無刺 inf                 | 0.0a <sup>y</sup>     | 0.0c   | 0.0c   | 0.0c   |
| 無刺 ck                  | 0.0a                  | 0.0c   | 0.0c   | 0.0c   |
| 大紅 inf                 | 2.2a                  | 31.1b  | 35.6b  | 40.0b  |
| 大紅 ck                  | 0.0a                  | 0.0c   | 0.0c   | 0.0c   |
| 宜蘭紅肉 inf               | 0.0a                  | 86.7a  | 100.0a | 100.0a |
| 宜蘭紅肉 ck                | 0.0a                  | 0.0c   | 0.0c   | 0.0c   |

<sup>z</sup>inf: stem inoculation *N. dimidiatum*; ck: stem inoculation water.

<sup>y</sup>Mean separation within columns was by LSD at  $p \leq 0.05$ .

<sup>y</sup>Root gall index based on a scale from 0 to 4; 0 = no infestation, 1 = 1-25% of galled root in whole root, 2 = 26-50%, 3 = 51-75%, 4 = 76-100%.

<sup>x</sup>Number of knots from 10 cm randomly harvested roots.

<sup>w</sup>Means within a column followed by the same letter are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

表 2. 不同品系紅龍果肉質莖接種莖潰瘍病後不同時期病斑直徑的比較 (接種孢子懸浮液濃度  $2.23 \times 10^6$  spore·mL<sup>-1</sup>)。

Table 2. Lesion diameters on in-season mature stems of pitayas after inoculated with *Neoscytalidium dimidiatum* (spore concentration  $2.23 \times 10^6$  spore·mL<sup>-1</sup>).

| Treatment <sup>z</sup> | Lesion diameter (cm) |        |        |        |
|------------------------|----------------------|--------|--------|--------|
|                        | 7 day                | 14 day | 21 day | 28 day |
| 無刺 inf                 | 0.000a <sup>y</sup>  | 0.000c | 0.000c | 0.000c |
| 無刺 ck                  | 0.000a               | 0.000c | 0.000c | 0.000c |
| 大紅 inf                 | 0.004a               | 0.107b | 0.252b | 0.278b |
| 大紅 ck                  | 0.000a               | 0.000c | 0.000c | 0.000c |
| 宜蘭紅肉 inf               | 0.000a               | 0.358a | 0.845a | 0.867a |
| 宜蘭紅肉 ck                | 0.000a               | 0.000c | 0.000c | 0.000c |

<sup>z</sup>inf: stem inoculation *N. dimidiatum*; ck: stem inoculation water.

<sup>y</sup>Mean separation within columns was by LSD at  $p \leq 0.05$ .

## 二、可溶性蛋白質濃度與總游離胺基酸濃度

'無刺'、'大紅'及'宜蘭紅肉'三品系對於莖潰瘍病之耐病程度以'無刺'最耐，'大紅'次之，'宜蘭紅肉'最差。可溶性蛋白質濃度之變化與'無刺'、'大紅'及'宜蘭紅肉'耐莖潰瘍病程度有相似趨勢，濃度以'無刺'為最高，次之為'大紅'及'宜蘭紅肉' (圖 1)。數據顯示未感染之'無刺'為  $8.26 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$  及'無刺'感染組  $7.19 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$  最高，次之為'宜蘭紅肉'未感染組  $5.04 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ 、'大紅'未感染組  $4.76 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ 、'大紅'感染組  $4.36 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$  及'宜蘭紅肉'感染組  $4.01 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$  (圖 1)。

總游離胺基酸濃度與'無刺'、'大紅'及'宜蘭紅肉'耐莖潰瘍病程度有相似趨勢，濃度以'無刺'為最高，次之為'大紅'及'宜蘭紅肉' (圖 2)。結果為'無刺'感染組  $13.34 \times 10^{-3} \text{ m mole alanine} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$  及'無刺'未感染組  $12.83 \times 10^{-3} \text{ m mole alanine} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$  最高，次之為'大紅'感染組  $8.91 \times 10^{-3} \text{ m mole alanine} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ 、'大紅'未感染組  $8.64 \times 10^{-3} \text{ m mole alanine} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ 、'宜蘭紅肉'感染組  $6.75 \times 10^{-3} \text{ m mole alanine} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$  及'宜蘭紅肉'未感染組  $6.41 \times 10^{-3} \text{ m mole alanine} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$  (圖 2)。

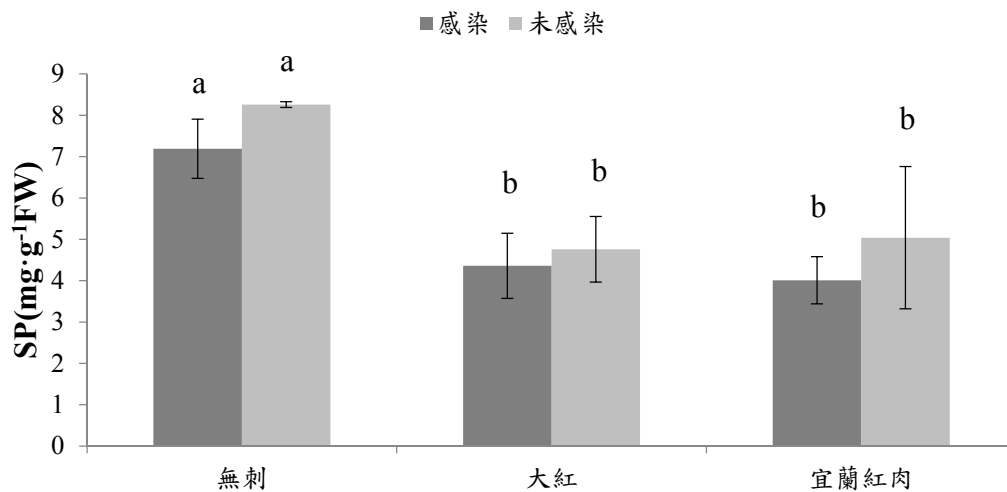


圖 1. 未感染與感染莖潰瘍 3 天後'無刺'、'大紅'、'宜蘭紅肉'肉質莖可溶性蛋白質濃度。

Fig. 1. Soluble protein concentrations in in-season mature stems of 'Wu Ci', 'Ta Hong' and 'Yi Lan Hong Rou' pitaya after *Neoscytalidium dimidiatum* inoculation and without inoculation 3 days. Means followed by the same letter are not significantly different by LSD at  $p \leq 0.05$ .

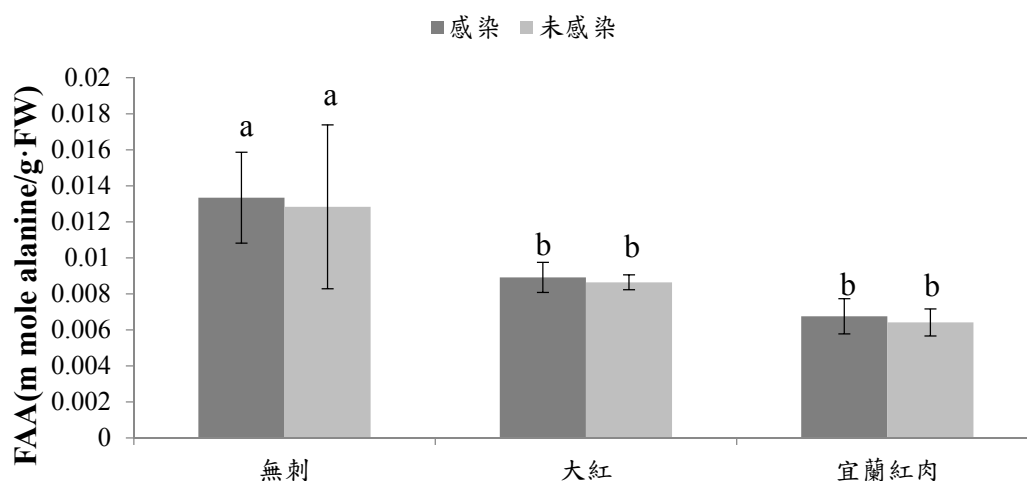


圖 2. 未感染與感染莖潰瘍 3 天後'無刺'、'大紅'、'宜蘭紅肉'肉質莖總游離胺基酸濃度。

Fig. 2. Total free amino acid concentrations in in-season mature stems of 'Wu Ci', 'Ta Hong' and 'Yi Lan Hong Rou' pitaya after *Neoscytalidium dimidiatum* inoculation and without inoculation 3 days. Means followed by the same letter are not significantly different by LSD at  $p \leq 0.05$ .

### 三、抗氧化能力、總酚類化合物濃度與抗壞血酸濃度

抗氧化能力以 FRAP 測定。'無刺'、'大紅'及'宜蘭紅肉'三品系對於莖潰瘍病之耐病程度為'無刺'最佳，'大紅'次之，'宜蘭紅肉'最差。抗氧化能力與'無刺'、'大紅'及'宜蘭紅肉'耐莖潰瘍病程度有趨勢相似，以'無刺'為最高，次之為'宜蘭紅肉'及'大紅'，在同品系之感染組與未感染組間並無顯著差異（圖 3）。結果以'無刺'未感染組  $9.56 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$  及'無刺'感染組  $9.09 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$  最高，其次為'宜蘭紅肉'感染組  $6.26 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ 、'宜蘭紅肉'未感染組  $5.17 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$  及'大紅'感染組  $4.71 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ ，'大紅'感染組  $4.63 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$  為最低（圖 3）。

總酚類化合物為抗氧化物。肉質莖總酚類化合物濃度與'無刺'、'大紅'及'宜蘭紅肉'耐莖潰瘍病程度呈正相關，以'無刺'為最高，次之為'大紅'及'宜蘭紅肉'，但感染及未感染組間總酚類化合物濃度並無顯著差異（圖 4）。數據顯示'無刺'感染組  $826.58 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$  及'無刺'未感染組  $743.25 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$  最高，其次為'大紅'感染組  $503.34 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ 、'宜蘭紅肉'感染組  $492.00 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ 、'宜蘭紅肉'未感染組  $464.71 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$  及'大紅'未感染組  $439.99 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ （圖 4）。

抗壞血酸同為抗氧化物之一。紅龍果肉質莖抗壞血酸濃度與總酚類化合物濃度有變化趨勢相似，'無刺'、'大紅'及'宜蘭紅肉'耐莖潰瘍病程度呈正相關，但在感染組與未感染組間統計上無顯著差異（圖 5）。'無刺'未感染組抗壞血酸之濃度顯著高於'大紅'與'宜蘭紅肉'，數據顯示'無刺'未感染組  $43.75 \text{ mg}/100\text{g} \cdot \text{FW}$  及'無刺'感染組  $35.18 \text{ mg}/100\text{g} \cdot \text{FW}$  最高，其餘品系間及感染、未感染間均無顯著差異（圖 5）。

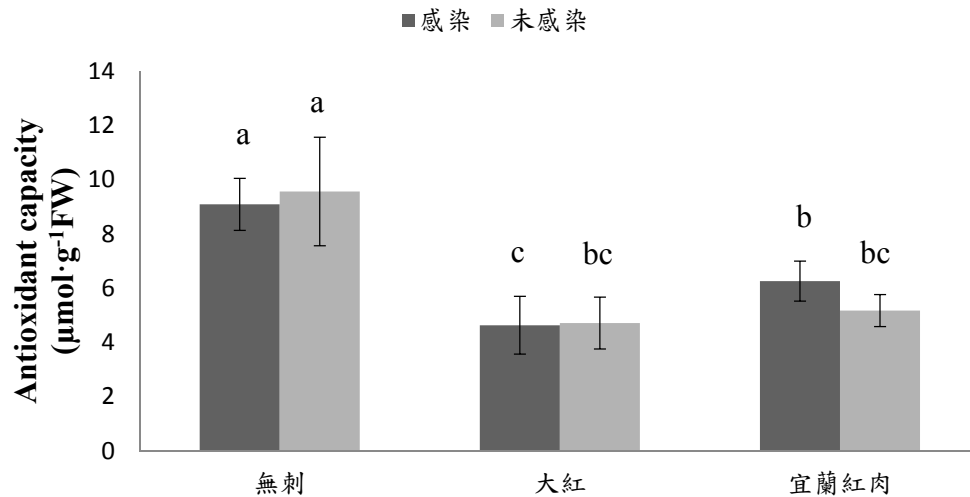


圖 3. 未感染與感染莖潰瘍 3 天後'無刺'、'大紅'、'宜蘭紅肉'肉質莖抗氧化能力(FRAP)。

Fig. 3. Antioxidant capacity in in-season mature stems of 'Wu Ci', 'Ta Hong' and 'Yi Lan Hong Rou' pitaya after *Neoscytalidium dimidiatum* inoculation and without inoculation 3 days. Means followed by the same letter are not significantly different by LSD at  $p \leq 0.05$ .

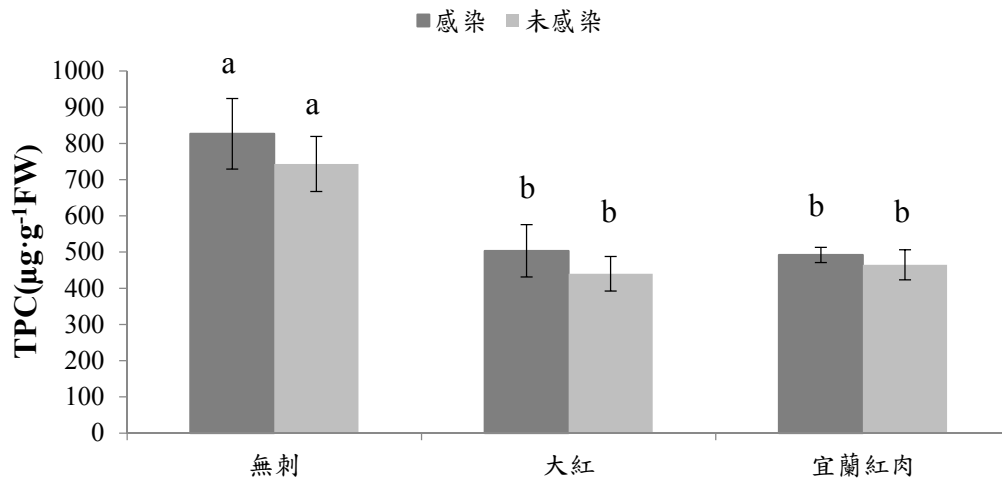


圖 4. 未感染與感染莖潰瘍 3 天後'無刺'、'大紅'、'宜蘭紅肉'肉質莖總酚類化合物濃度。

Fig. 4. Total phenolic compound concentrations in in-season mature stems of 'Wu Ci', 'Ta Hong' and 'Yi Lan Hong Rou' pitaya after *Neoscytalidium dimidiatum* inoculation and without inoculation 3 days. Means followed by the same letter are not significantly different by LSD at  $p \leq 0.05$ .

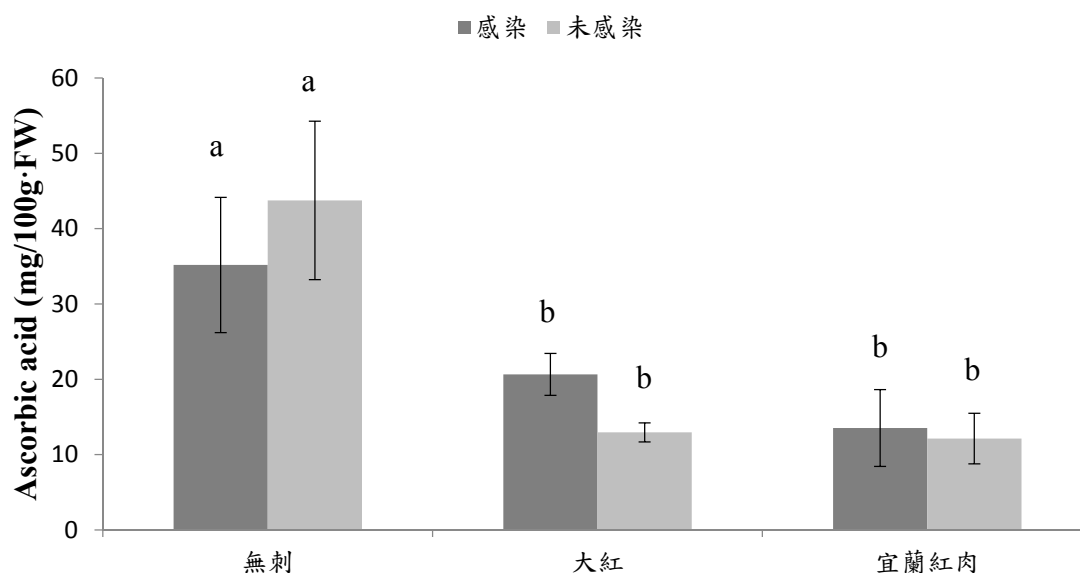


圖 5. 未感染與感染莖潰瘍 3 天後'無刺'、'大紅'、'宜蘭紅肉'肉質莖抗壞血酸濃度。

Fig. 5. Ascorbic acid concentrations in in-season mature stems of 'Wu Ci', 'Ta Hong' and 'Yi Lan Hong Rou' pitaya after *Neoscytalidium dimidiatum* inoculation and without inoculation 3 days. Means followed by the same letter are not significantly different by LSD at  $p \leq 0.05$ .

#### 四、過氧化物酶活性變化

'無刺'、'大紅'及'宜蘭紅肉'三品系對於莖潰瘍病之耐病程度以'無刺'最佳，'大紅'次之，'宜蘭紅肉'最差。過氧化物酶為抗氧化酶之一。過氧化物酶活性及比活性與'無刺'、'大紅'及'宜蘭紅肉'耐莖潰瘍病程度呈正相關，尤其在未感染組品系間過氧化物酶活性及比活性皆以'無刺'最高、'大紅'其次、'宜蘭紅肉'最低，在感染組也有類似的趨勢（圖 6、圖 7）。過氧化物酶活性及比活性非常相似，過氧化物酶活性為'無刺'未感染組  $1.50 \Delta A/g \cdot FW \cdot min$  活性最高，次之為'無刺'感染組  $0.50 \Delta A/g \cdot FW \cdot min$ 、'大紅'感染組  $0.37 \Delta A/g \cdot FW \cdot min$ 、'大紅'未感染組  $0.25 \Delta A/g \cdot FW \cdot min$ 、'宜蘭紅肉'感染組  $0.04 \Delta A/g \cdot FW \cdot min$ ，'宜蘭紅肉'未感染組  $0 \Delta A/g \cdot FW \cdot min$  活性最低，過氧化物酶比活性為'無刺'未感染組  $0.18 \text{ unit} \cdot \text{mg}^{-1} \text{ protein}$  最高，其次為'大紅'感染組  $0.09 \text{ unit} \cdot \text{mg}^{-1} \text{ protein}$ 、'無刺'感染組  $0.07 \text{ unit} \cdot \text{mg}^{-1} \text{ protein}$ 、'大紅'未感染組  $0.05 \text{ unit} \cdot \text{mg}^{-1} \text{ protein}$ ，最低為'宜蘭紅肉'感染組  $0.01 \text{ unit} \cdot \text{mg}^{-1} \text{ protein}$  及'宜蘭紅肉'未感染組  $0 \text{ unit} \cdot \text{mg}^{-1} \text{ protein}$ （圖 6、圖 7）。

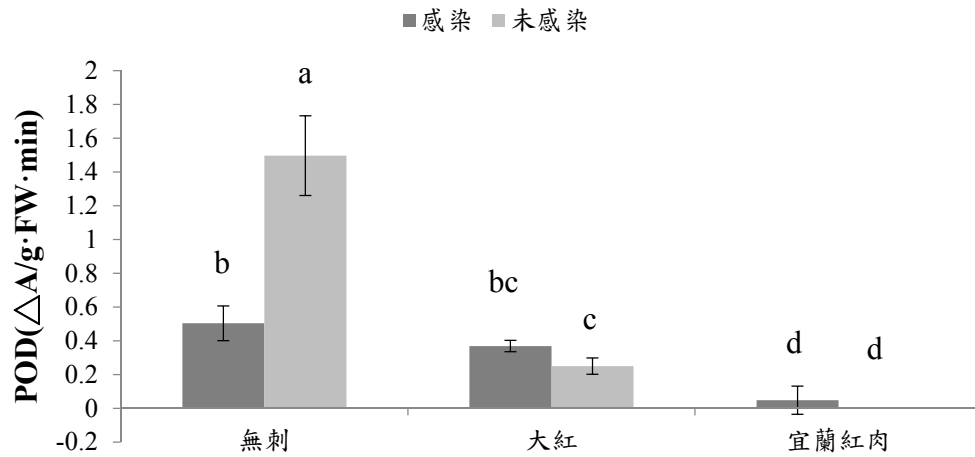


圖 6. 未感染與感染莖潰瘍 3 天後'無刺'、'大紅'、'宜蘭紅肉'肉質莖之過氧化物酶活性。

Fig. 6. Peroxidase activity in in-season mature stems of 'Wu Ci', 'Ta Hong' and 'Yi Lan Hong Rou' pitaya after *Neoscytalidium dimidiatum* inoculation and without inoculation 3 days. Means followed by the same letter are not significantly different by LSD at  $p \leq 0.05$ .

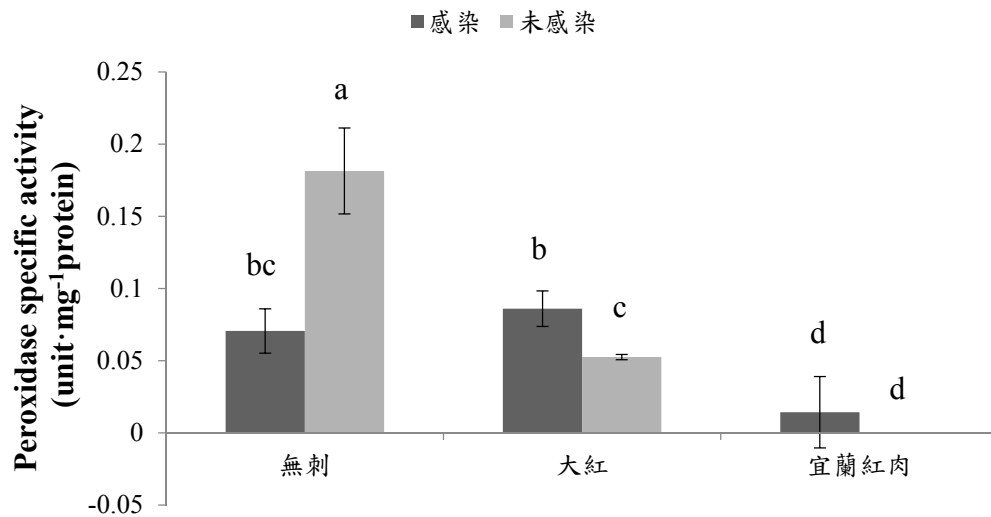


圖 7. 未感染與感染莖潰瘍 3 天後'無刺'、'大紅'、'宜蘭紅肉'肉質莖之過氧化物酶比活性。

Fig. 7. Peroxidase specific activity in in-season mature stems of 'Wu Ci', 'Ta Hong' and 'Yi Lan Hong Rou' pitaya after *Neoscytalidium dimidiatum* inoculation and without inoculation 3 days. Means followed by the same letter are not significantly different by LSD at  $p \leq 0.05$ .

## 討 論

### 一、發病率及病斑大小

倪等 (2013)以針刺接種法，將紅龍果莖潰瘍病原菌接種於田間紅龍果肉質莖上，接種 14 天後即可發現病徵。葉 (2012)同樣以針刺接種法將紅龍果莖潰瘍病原菌接種於栽培於溫室中紅龍果肉質莖上，一樣在接種 14 天後可發現病徵。本試驗中在接種 7 天後即可觀察到病徵之出現，與上述倪等 (2013)及葉 (2012)結果有所差異，可能與試驗環境不同有關，25-35°C 為莖潰瘍病原菌發病之最適溫 (倪等，2013、2015；葉，2012；Mohd *et al.*, 2013)，且發病最適合之相對濕度為 95%以上 (倪等，2013、2015；葉，2012)，在本試驗中給予了最適發病溫度 25°C 及相對濕度 100%。

本試驗紅龍果品系'無刺'、'大紅'及'宜蘭紅肉'對莖潰瘍病發病率與李 (2015)試驗結果有相似趨勢，李 (2015)試驗中接種 28 天後'無刺'、'大紅'及'宜蘭紅肉'發病率分別為 3.85%、11.54%及 100%；病斑直徑分別約為 0.043、0.170 及 1.507 公分，本試驗中接種 28 天後'無刺'、'大紅'及'宜蘭紅肉'發病率分別為 0%、40%、100% (表 1)；病斑直徑分別為 0、0.267、0.867 公分 (表 2)，發病率及病斑直徑皆為'宜蘭紅肉'最高、'大紅'次之、'無刺'最低。於試驗結果可以推測，'無刺'為較耐病品系，次之為'大紅'，而'宜蘭紅肉'為最不耐病之品系。

'無刺'具有耐紅龍果莖潰瘍病與肉質莖上刺極短之特性，較不易造成田間栽培上之困擾，但果實品質及特性尚有待進一步調查，2017 年採收果實平均重量約 400 克左右、果實硬度約 13.72N、糖度約 18°Brix、酸度約 0.28%，是具有成為栽培種之潛力。

### 二、可溶性蛋白質濃度與總游離胺基酸濃度

可溶性蛋白質為能夠以小分子狀態溶於水或其他溶劑的蛋白質，常在植物生理、微生物、食品加工等試驗中作為重要指標。胺基酸是組成蛋白質之基本物質，同時為主要滲透調節物質。Hurng 和 Kao (1993)於於草淹水逆境試驗中葉片蛋白質濃度下降，Ashraf 和 Mehmood (1990)淹水逆境試驗中最不耐淹水 *B. napus* L.會抑制可溶性蛋白及總游離胺基酸濃度增加，但耐淹水 *B. juncea* L.可溶性蛋白質濃度增加，同樣為耐淹水之 *B. carinata* 總游離胺基酸濃度顯著增加。

'無刺'、'大紅'及'宜蘭紅肉'三品系對於莖潰瘍病之耐病程度為'無刺'最佳，'大紅'次之，'宜蘭紅肉'最差。在未感染組紅龍果肉質莖可溶性蛋白質濃度及總游離胺基酸濃度與'無刺'、'大紅'及'宜蘭紅肉'耐莖潰瘍病程度有相似趨勢 (圖 1、圖 2)。在感染組部分則是可溶性蛋白質濃度較未感染組低，而總游離胺基酸濃度較未感染組高，雖然兩者在統計上並無顯著差異 (圖 1、圖 2)。紅龍果肉質莖可溶性蛋白質及總游離胺基酸濃度似乎沒有隨著病害發生而有所增加，但是在耐病品系'無刺'顯著具有較高可溶性蛋白質及總游離胺基酸濃度，推測兩者濃度與耐病力有關。

### 三、抗氧化能力、總酚類化合物濃度與抗壞血酸濃度

抗氧化物包含酚類化合物 (phenols)、抗壞血酸 (ascorbic acid, ASA)等，可不經由酶參

與反應，直接與體內活性氧族反應，再經由其他抗氧化物還原，以達到降低活性氧族對植物體傷害之目的 (Wahid *et al.*, 2007; Jaleel *et al.*, 2009)。Zeng 等人 (2010)對甲殼素處理臍橙果實接種病害後，抗壞血酸濃度隨著時間下降，有抑制病害效果時，處理組抗壞血酸濃度下降程度較未處理感染組緩慢。

'無刺'、'大紅'及'宜蘭紅肉'三品系對於莖潰瘍病之耐病程度為'無刺'最佳，'大紅'次之，'宜蘭紅肉'最差。紅龍果肉質莖總酚類化合物濃度及抗壞血酸濃度與'無刺'、'大紅'及'宜蘭紅肉'耐莖潰瘍病程度有相似趨勢，以'無刺'兩者濃度為最高，在'大紅'及'宜蘭紅肉'濃度則無顯著差異 (圖 4、圖 5)。感染組總酚類化合物濃度及抗壞血酸濃度與未感染組有相似之趨勢，感染組總酚類化合物濃度有較未感染組高之現象，但是統計上並無差異，在抗壞血酸濃度方面並無出現類似現象 (圖 4、圖 5)。

抗氧化能力以 FRAP 進行測定。未感染組抗氧化能力相同的與'無刺'、'大紅'及'宜蘭紅肉'耐莖潰瘍病程度有相似趨勢，一樣以'無刺'最高，次之為'大紅'及'宜蘭紅肉'，在感染組與未感染組間並無顯著差異，但是有相似之趨勢 (圖 3)。

抗氧化能力與抗氧化物濃度在耐病品系'無刺'皆為最高，同時在紅龍果肉質莖感染後 2 者也無顯著改變，由試驗結果可以推測兩者與耐病力有關。

#### 四、過氧化物酶活性變化

抗氧化酶如過氧化物酶，能夠將植物體內之活性氧族轉會為較無害之物質，達到降低活性氧族對植物體的傷害 (Apel and Hirt, 2004; Mittler *et al.*, 2002; Jaleel *et al.*, 2009; Wahid *et al.*, 2007; Scandalios, 2005)。Zeng 等人 (2010)對甲殼素處理臍橙果實及 Shao 等人 (2013)茶樹精油處理草莓果實接種病害後，具有抑制病害之效果，在 2 個試驗中具有抑制效果處理組之過氧化物酶有較未處理感染組高之趨勢，有較未處理感染組高之趨勢。

'無刺'、'大紅'及'宜蘭紅肉'三品系對於莖潰瘍病之耐病程度為'無刺'最佳，'大紅'次之，'宜蘭紅肉'最差。在未感染組過氧化物酶活性及比活性與'無刺'、'大紅'及'宜蘭紅肉'耐莖潰瘍病程度有相似趨勢，在感染組也有相似之趨勢但較不明顯，耐病品系'無刺'之氧化物酶活性及比活性明顯的在感染組較未感染組有下降趨勢，但是'大紅'及'宜蘭紅肉'兩品系在感染組與未感染組之氧化物酶活性及比活性則是無明顯差異，有感染組活性稍高於未感染組之現象 (圖 6、圖 7)。

試驗中過氧化物酶活性變化與 Zeng 等人 (2010) 及 Shao 等人 (2013)前人研究相似，未感染組活性較感染組高，且活性及其比活性與莖潰瘍病耐病程度具有正相關趨勢，且耐病力最佳之'無刺'未感染組活性及其比活性為最高，推測過氧化物酶活性與莖潰瘍病耐病力有關。



## 參考文獻

- 李家輝。2015。紅龍果肉質莖礦物營養調查、花芽誘導與抗莖潰瘍病品系篩選。國立中興大學園藝學系碩士論文。113pp。
- 周佳頤。2016。肉桂醛處理對‘臺農二號’番木瓜果皮轉色、抗氧化物含量及抗氧化酶活性之影響。國立中興大學園藝學系碩士論文。53pp。
- 倪蕙芳、黃巧雯、許淑麗、賴素玉、楊宏仁。2013。紅龍果莖潰瘍病之病原特性及防治藥劑篩選。台灣農業研究。62(3): 225-234。
- 倪蕙芳、黃巧雯、林筑蘋、林靜宜、安寶貞、楊宏仁、蔡志濃。2015。紅龍果莖潰瘍病病原特性及防治研究。台灣紅龍果生產技術改進研討會專刊。pp.81-91。
- 葉洹瑜。2012。臺灣紅龍果莖部潰瘍病之研究。國立台灣大學植物病理與微生物學研究所碩士論文。84pp。
- 蔡志濃。2013。紅龍果的重要病害及其防治。農業試驗所技術服務。95: 1-7。
- 蔡怡芳。2004。紅龍果莖腐病病因之探討。國立屏東科技大學植物保護系碩士論文 121pp。
- 顏昌瑞。1985。紅龍果—台灣農家要覽(農作篇二)。財團法人豐年社。台北。pp. 173-176。
- Apel, K. and H. Hirt. 2004. Reactive oxygen species: Metabolism, oxidative stress, and signal Transduction. Annu. Rev. Plant Biol. 55: 373-399.
- Ashraf, M. and S. Mehmood. 1990. Effects of waterlogging on growth and some physiological parameters of four Brassica species. Plant Soil. 121(2): 203-209.
- Benzie, I. F. and J. J. Strain. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “Antioxidant Power”: The FRAP assay. Anal. Biochem. 239(1): 70-76.
- Chuang, M. F., H. F. Ni, H. R. Yang, S. L. Shu, S. Y. Lai, and Y. L. Jiang. 2012. First report of stem canker disease of pitaya (*Hylocereus undatus*, *H. polyrhizus*) caused by *Neoscytalidium dimidiatum* in Taiwan. Plant Dis. 96(6): 906.
- Hurng, W. P. and C. H. Kao. 1993. Loss of starch and increase of  $\alpha$ -amylase activity in leaves of flooded tobacco plants. Plant Cell Physiol. 34(4): 531-534.
- Jaleel, C. A., K. Riadh, R. Gopi, P. Manivannan, J. Ines, H. J. Al-Juburi, Z. Chang-Xing, S. Hong-Bo, and R. Panneerselvam. 2009. Antioxidant defense responses: physiological plasticity in higher plants under abiotic constraints. Acta. Physiol. Plant. 31(3): 427-436.
- Johnson, L. B. and B. A. Cunningham. 1972. Peroxidase activity in healthy and leaf-rust-infected leaves. Phytochemistry. 11(2): 547-551.
- Keith, R. W., D. L. Tournau, and D. Mahlum. 1958. Quantitative paperchromatographic determination of phenols. J. Chromatogr. 1: 534-536.
- Lowry, D. H., N. J. Rosebrough, A. L. Farr, and R. J. Randal. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 193(1): 265-275.

- Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends Plant Sci.* 7(9): 405-410.
- Mohd, M. S., B. Salleh, and L. Zakaria. 2013. Identification and molecular characterizations of *Neoscytalidium dimidiatum* causing stem canker of red-fleshed dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) in Malaysia. *J. Phytopathol.* 161(11-12): 841-849.
- Rosen, H. 1957. A modified ninhydrin colorimetric analysis for amino acids. *Arch. Biophys.* 67(1): 10-15.
- Scandalios, J. G. 2005. Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. *Braz. J. Med. Boil. Res.* 38(7): 995-1014.
- Shao, X., H. Wang, F. Xu, and S. Cheng. 2013. Effects and possible mechanisms of tea tree oil vapor treatment on the main disease in postharvest strawberry fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 77: 94-101.
- Volencia-Botín, A. J., J. S. Sandoval-Islas, E. Cárdenas-Soriano, T. J. Michailides, and G. Rendón-Sánchez. 2003. *Botryosphaeria dothidea* causing stem spots on *Hylocereus undatus* in Mexico. *Plant Pathol.* 52(6): 803-803.
- Wahid, A., S. Gelani, M. Ashraf, and M. R. Foolad. 2007. Heat tolerance in plants: An overview. *Environ. Exp. Bot.* 61: 199-223.
- Zeng, K., Y. Deng, J. Ming, and L. Deng. 2010. Induction of disease resistance and ROS metabolism in navel oranges by chitosan. *Sci. Hortic.* 126(2): 223-228.

## Selection of Pitaya (*Hylocereus* spp.) Genotypes Tolerant and Defense Responses to Pitaya Stem Canker (*Neoscytalidium dimidiatum*)

Hsiao-Yen Hong <sup>1)</sup>   Ching-Chang Shiesh <sup>2)</sup>   Huey-Ling Lin <sup>3)</sup>

Key words: Pitaya, Pitaya stem canker, Resistant line, Plant defense factor, Antioxidant system

### Summary

Pitaya stem canker is a serious disease in recent years that affects growth and yield of pitaya. In this study, different lines of pitaya were investigated for their tolerance to stem canker. On season mature stems of pitaya 'Wu Ci', 'Ta Hong' and 'Yi Lan Hong Rou' with a length of 20 cm were inoculated with *Neoscytalidium dimidiatum* to evaluate their resistance to pitaya stem canker. Our results showed that pitaya 'Wu Ci' has the best pitaya stem canker disease resistance, followed by 'Ta Hong', and 'Yi Lan Hong Rou' has the worst resistance. Furthermore, results from analysis of plant defense associated factors indicated that total phenolic compound (TPC), soluble protein (SP), total free amino acid (FAA), ascorbic acid (ASA) concentrations, peroxidase (POD) activity and antioxidant capacity (FRAP) significantly higher in 'Wu Ci', compared with 'Ta Hong' and 'Yi Lan Hong Rou'. Taken together, our results suggested that the concentrations or activity of above-mentioned components are correlated to plant defense responses.

---

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

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

3) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.



## 氮、鉀處理對薤菜水煮後褐化現象之影響

許 意 筠<sup>1)</sup> 謝 慶 昌<sup>2)</sup> 林 慧 玲<sup>3)</sup>

關鍵字：氮、鉀、薤菜、褐化

**摘要：**薤菜是臺灣夏季重要的蔬菜，在薤菜水煮後呈現褐化的現象，一直為農民所困擾。本試驗利用 1 分鐘水煮的方式，進行薤菜'竹葉'與'白骨'兩品種於水煮前與水煮後之呈色調查結果，顯示水煮後的薤菜 L\*值皆下降，明亮度變低；其中以'竹葉'種在水煮前顏色較'白骨'種較深，水煮後轉顏色轉變也較'白骨'較大，呈現更偏紅褐色與明亮度較暗。此外，進一步分析其植體內之氮素與鉀素之含量，兩品種對於氮養液添加處理在葉片與莖部的含量上均有上升之現象。鉀加量養液處理組之葉片鉀含量均較對照組為高，鉀減量養液處理者則否；鉀減量養液試驗中，'白骨'種莖部鉀含量以對照組為最高，'竹葉'種則否。綜合上述結果，推測在'竹葉'種氮與鉀的吸收呈現競爭現象，'白骨'種則呈現促進現象；且在氮、鉀兩元素的吸收上呈現競爭，造成其水煮後褐化程度較高的現象。

### 前 言

薤菜 (*Ipomoea aquatica* Forsk.) 為旋花科作物，屬於一年生或多年生草本蔓性植物，又稱空心菜、無心菜、應菜、壅菜、藤菜、葛菜、薤菜及通菜，原產於中國中南部，廣泛分布於熱帶亞洲地區。適應性廣，栽培容易，能在旱地栽培，也可半水生、水生或浮生栽培。薤菜屬熱帶作物，生育適溫為 26~32℃，超過 35℃ 時，會使植株生育太快，莖部易產生刺瘤，組織老化，進而降低商品價值。耐寒力弱，遇霜害植株會有枯死現象，溫度降至 15℃ 時，植株生育遲緩且組織老化，喪失食用價值。薤菜若生長發育期間土壤過分乾燥，則莖部纖維增多、生育不佳、易老化，降低其品質。薤菜根群對於水分與養分的吸收能力強，葉片蒸散量大，需供給充足的水分，以保持其品質優良 (劉和林，2005)。根據 104

---

1) 國立中興大學園藝學系研究生。

2) 國立中興大學園藝學系副教授。

3) 國立中興大學園藝學系教授，通訊作者。

年農業統計年報統計，栽培面積達 1,900 公頃以上，由於栽培容易，生長快，故薤菜為臺灣夏季重要蔬菜之一；薤菜可於全台灣栽培，主要栽培地區有雲林縣、桃園市、高雄市、台中市與新北市等，面積均達 100 公頃以上。

園產品在採收後或加工過程中，因為其組成物質有酵素或無酵素情況下參與，易產生黑色素的褐變反應過程 (Browning reaction) (Friedman, 1996)。植物褐變反應可以依據其過程是否有酵素參與而分為酵素性褐化、非酵素性褐化兩種 (Meyer, 1982)。非酵素褐化又可分為梅納反應、焦糖化反應以及抗壞血酸氧化三類 (Meyer, 1982)；酵素性褐化則酚類化合物與多酚氧化酶 (Polyphenol oxidase, 簡稱 PPO) 或過氧化酶 (Peroxidase, 簡稱 POD) 作用產生醌酚類化合物而成 (李, 1996)。

## 材 料 與 方 法

### 一、試驗材料與方法

#### (一) 材料植物：

本試驗採薤菜作為試驗材料，選用的品種為'白骨'大葉'種與'竹葉'種；'白骨'、'大葉'種之葉與莖均呈淡綠色，葉形短闊長卵形，可全株採收，再生能力強，產量高。早生，旱地栽培自播種後 20 至 30 天即可全株採收。'竹葉'種葉呈倒卵形或竹葉型；品質佳，產量高，耐熱耐濕，耐寒力較高；多採旱地栽培，自播種後 20 至 30 天即可全株採收，實生株品質柔嫩。

#### (二) 栽培設施：

試驗地點位於台中市新社區之行政院農業委員會種苗改良繁殖場遮雨網室進行。

#### (三) 栽培管理：

使用於長盆栽培方式，長盆長 64 公分、寬 21 公分、高 19 公分，置於高床上，採種子直播種植，行距為 10 公分，株距約 10 公分；一長盆約種植 10 穴，一穴播 2-3 粒種子；介質為泥炭苔 (Base Substrate, 拓治有限公司)。試驗從 2016 年 4 月至 10 月種植，播種後待植株展開兩片子葉即開始進行養液澆灌，每周澆灌兩次養液，每盆一次約 500 mL，其餘時間視環境變化與植株生長情形給水。播種後 25 至 30 天後採收後進行試驗分析，每處理 4 重複。

#### (四) 養液配置：

本試驗以純水為水源進行養液配置，配方以全量之 Hoagland 及 Aron 氏配方 (1950) 為基礎進行修正，微量元素則配合採用 Johnson 修正調配法 (1957)。養液另添加 Fe-EDTA (Ethylenediaminetetracetic acid) 作為鐵元素之來源。養液調配後氮與鉀濃度如表 1。

表 1. 養液調配後氮與鉀濃度。

Table 1. Nitrogen and potassium treatment concentration.

| 養液調配濃度    | 氮濃度 (ppm) | 鉀濃度 (ppm) |
|-----------|-----------|-----------|
| 對照組       | 210       | 234       |
| 3 倍氮養液處理  | 630       | 234       |
| 5 倍氮養液處理  | 1050      | 234       |
| 7 倍氮養液處理  | 1470      | 234       |
| 10 倍氮養液處理 | 2100      | 234       |
| 3 倍鉀養液處理  | 210       | 702       |
| 5 倍鉀養液處理  | 210       | 1170      |
| 7 倍鉀養液處理  | 210       | 1638      |
| 10 倍鉀養液處理 | 210       | 2340      |

## 二、調查項目與方法

### (一) 葉子加熱處理：

取最上端完全展開葉下第 4、5 片葉，為無蟲咬、破損之健康葉，利用純白 A4 紙裁成長條狀，搭載完整之空心菜葉，以迴紋針將兩者固定；將去離子水保持於煮沸狀態，將上述樣品丟入水煮 1 分鐘後拿出，儘量使葉子維持平鋪於 A4 紙之狀態，稍微陰乾後以攜帶型分光色差儀 (Mini Scan® XE Plus, Model 4500S) 測定之。

### (二) 葉子顏色測定：

樣品採樣用後先去離子水小心清洗並擦拭乾淨，以攜帶型分光色差儀 (Mini Scan® XE Plus, Model 4500S) 測定葉子主脈兩側之  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  值，並換算出  $C^*$  與  $h$  值。依據色座標 (color scale) 以 CILAB 表示： $L^*$  代表明亮度 (lightness)，以 0 至 100 為範圍，數值 0 為黑色，100 則為白色； $a^*$  代表紅綠程度，正值偏向紅色，負值則偏向綠色； $b^*$  值代表黃藍程度，正值偏向黃色，負值則偏向藍色； $C^*$  值為彩度 (chroma)，由公式  $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$  計算得出，數值越高代表色彩濃艷； $h^\circ$  值代表色相角 (Hue angle)，由公式  $h^\circ = \tan^{-1}(b^*/a^*)$  得出，色相角  $90^\circ$  為黃綠色， $180^\circ$  為綠藍色， $270^\circ$  藍紫色。

### (三) 樣品乾燥處理：

以乾灰化法進行營養元素分析，取最上端完全展開葉下第 4、5 片葉，先以自來水清洗附著於植體表面之塵土等物，再以 1% HCl 快速浸置洗滌拿出，以去除自來水無法洗淨之污物，最後以去離子水 (deionized water, D.I. water) 沖洗三次，去除 HCl 之殘留後瀝乾水分，放入牛皮紙袋中，先以  $100^\circ\text{C}$  烘一小時進行殺菁停止植體生化作用，再置於  $70^\circ\text{C}$  下烘 72 小時，以減少分解作用直至樣品完全乾燥為止。以磨粉機將完全乾燥之樣品磨成粉，

置入 70℃ 烘乾至少 12 小時以上，確保樣品乾燥。

#### (四) 氮元素分析：

採用 Micro-Kjedahl 法，秤取 0.2 g 樣品的乾燥粉末，用四分之一之濾紙 (Whatman #1) 包取，投入分解管中，加入 1 g 凱氏氮催化劑 (Merck 8030) 與 4.5 mL 濃硫酸，於 410℃ 分解爐中分解 2 至 2.5 小時，待分解管中樣品顏色呈現澄清或淡綠色即可取出。分解管取出冷卻後，加入 15 mL 之去離子水，混合均勻後將樣品倒入 Micro-Kjeldahl 裝置之燒瓶中，並以蒸餾水沖洗分解管 2 次，一同倒入裝置容器中；再加入 20 mL 12N 之 NaOH，通蒸氣使其氨化，並以裝有 20 mL 含指示劑 (含有 19 μM bromocresol green 及 25 μM methyl red) 之 2% boric acid 指示劑溶液塑膠杯來接收蒸餾出來的氨水，直至塑膠杯內溶液體積達 50 mL 時取出。最後以 1/4N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 標準酸進行滴定，計算氮含量之百分比，計算公式如下：  
氮濃度 (%) = [樣品硫酸滴定量 - Blank 硫酸滴定量](mL) × 標準酸校正值(f 值) × 0.1/樣品乾物重 (g)

#### (五) 灰化液製備：

稱取 0.5 g 樣品粉末置於研鍋中，放入灰化爐，設定為先以 200℃ 加溫 2 小時後，再以 400℃ 加熱 1 小時，最後以 550℃ 加熱 2 小時，使樣品完全灰化。待樣品冷卻後取出灰化爐，加入 5 mL 2 N HCl 將灰份完全溶解；利用去離子水將研鍋中樣品洗下，透過濾紙 (Whatman #42) 進行過濾到 25 mL 定量瓶中，並且用去離子水將濾液定量至 25 mL，作為待分析之樣品灰化液。

#### (六) 鉀元素測定：

取 0.1 mL 之樣品灰化液，加入 3.9 mL 去離子水震盪均勻，再取其 0.2 mL 溶液加入 3.8 mL 去離子水進行震盪均勻，最後取其 2 mL 溶液加入 2 mL 之去離子水進行震盪均勻，共稀釋 1600 倍，以原子吸收光譜儀 (Z-2000 Series Atomic Absorption Spectrophotometer) 進行測定。測定濃度為 ppm，利用公式換算成%，公式為：讀值\*25 (灰化液定量數 mL) × 1600 × 10<sup>-4</sup>/0.5 (取樣單位 g)。

## 結 果

### 一、氮養液處理對'白骨'與'竹葉'品種水煮前後之呈色影響

'白骨'蘗菜水煮前後之呈色表現來看，水煮前的 L\* 值大致高於水煮後的處理組，顯示水煮後的蘗菜在明亮度上較暗，其中以水煮前對照組明亮度最高，以水煮後的 7 倍氮處理組明亮度最差；a\* 值在水煮前之數值略高於水煮後，水煮後的紅色較深，視覺上呈現較深色的狀態如 (表 2)。試驗結果呈現，水煮後的明亮度低於水煮前，水煮前顯現為較青翠，水煮後顏色較為黯淡，與水煮後之 L\* 值與 a\* 值低於水煮前之各處理組吻合結果。'竹葉'種蘗菜水煮前後之呈色表現來看，L\* 值介於 21.61 至 37.56 之間，大抵以水煮前略高於水



煮後之處理組別，以水煮前之 5 倍氮養液處理最為明亮，水煮後 10 倍氮養液處理明亮度低，顯示水煮前之明亮度較高於水煮後之處理組。a\*值在水煮前各處理組間無顯著差異，水煮後各處理間數值大抵低於水煮前，顯示其紅色值較高，視覺上呈現較暗（表 3）。試驗結果呈現，水煮後的明亮度低於水煮前，水煮前顯現為較青翠，水煮後顏色較為暗沉，與水煮後之 L\*值與 a\*值低於水煮前之各處理組吻合結果。

表 2. 氮濃度養液對'白骨'菠菜水煮前與水煮後之呈色差異。

Table 2. Effect of nitrogen concentration on color value of water spinach 'white stem' before and after being boiled.

| N concentration     | Leaf color |           |          |          |           |
|---------------------|------------|-----------|----------|----------|-----------|
|                     | L*         | a*        | b*       | C*       | h°        |
| Before being boiled |            |           |          |          |           |
| 對照組                 | 41.74az    | -12.98ab  | 31.08a   | 33.69ab  | 112.28e   |
| 3 倍氮 y              | 39.18ab    | -11.38a   | 21.73bc  | 24.55c   | 118.10cd  |
| 5 倍氮                | 36.45ab    | -10.61a   | 23.25abc | 25.57c   | 114.62de  |
| 7 倍氮                | 38.24ab    | -11.53a   | 25.73abc | 28.20abc | 114.15d   |
| 10 倍氮               | 34.76bc    | -10.95a   | 24.06abc | 26.48bc  | 115.26de  |
| After being boiled  |            |           |          |          |           |
| 對照組                 | 32.80c     | -15.21bcd | 30.49ab  | 34.16a   | 120.38bc  |
| 3 倍氮                | 31.98c     | -15.73cd  | 25.81abc | 30.23abc | 122.14ab  |
| 5 倍氮                | 35.78bc    | -15.23bcd | 23.98abc | 28.44abc | 119.13bc  |
| 7 倍氮                | 31.57c     | -14.29bc  | 24.38abc | 28.26abc | 118.37bcd |
| 10 倍氮               | 35.84bc    | -17.24d   | 30.15ab  | 34.83a   | 124.82a   |

z Mean within each column followed by the different letter(s) are significantly different at  $P < 0.05$  by LSD test.

y 氮養液處理濃度由對照組至 10 倍養液處理依序分別為 210 ppm、630 ppm、1050 ppm、1470 ppm 與 2100 ppm。

表 3. 氮濃度對'竹葉'蕹菜水煮前與水煮後之呈色差異。

Table 3. Effect of nitrogen concentration solution on color value of water spinach 'large leaf' before and after being boiled.

| N concentration     | Leaf color |          |          |          |           |
|---------------------|------------|----------|----------|----------|-----------|
|                     | L*         | a*       | b*       | C*       | h°        |
| Before being boiled |            |          |          |          |           |
| 對照組                 | 37.06az    | -10.37a  | 22.64abc | 24.90abc | 114.63e   |
| 5 倍氮                | 37.56a     | -9.44a   | 20.91abc | 22.95abc | 114.36e   |
| 7 倍氮                | 31.88b     | -10.42a  | 22.81abc | 25.08abc | 114.68de  |
| 10 倍氮               | 31.78b     | -8.19a   | 17.04cd  | 18.90c   | 115.75cde |
| After being boiled  |            |          |          |          |           |
| 對照組                 | 28.87bc    | -14.01c  | 23.65ab  | 27.48ab  | 118.14bc  |
| 3 倍氮                | 24.56cd    | -10.99ab | 17.54bcd | 20.71bc  | 121.45a   |
| 5 倍氮                | 22.81d     | -10.03a  | 17.93bcd | 20.55bc  | 122.56a   |
| 7 倍氮                | 27.92bc    | -13.84bc | 25.94a   | 29.41a   | 120.57ab  |
| 10 倍氮               | 21.61d     | -10.22a  | 15.38d   | 18.49c   | 121.00ab  |

z Mean within each column followed by the different letter(s) are significantly different at  $P < 0.05$  by LSD test.

y 氮養液處理濃度由對照組至 10 倍養液處理依序分別為 210 ppm、630 ppm、1050 ppm、1470 ppm 與 2100 ppm。

## 二、鉀養液處理對蕹菜水煮前後之呈色表現

綜合'白骨'蕹菜水煮前與水煮後的呈色表現 (表 4)，L\*值介於 43.93 至 38.78 之間，以水煮前之對照組為最高，水煮後 10 倍鉀養液處理為最低，整體來看，大抵以水煮前之 L\*值略高於水煮後，顯示水煮前之'白骨'蕹菜略為明亮；a\*值最高為水煮後之 3 倍鉀養液處理-11.53，最低為水煮前對照處-17.16，水煮前後各處理組間差異不大；b\*值以水煮前 3 倍鉀處理 34.01 為最高，以水煮後之 3 倍鉀處理 24.84 為最低，水煮後各處理組數值大部分略低於水煮前；C\*值介於 27.42 至 36.94 之間，以水煮前 3 倍鉀養液處理最高，水煮後 3 倍鉀處理則為最低；h°值介於 105.67 至 115.95 之間，以水煮前之對照組為最低，最高亦落於水煮前之 5 倍鉀處養液處理。綜合'竹葉'蕹菜水煮前與水煮後之呈色表現 (表 5)，L\*值介於 40.13 至 34.67 之間，最高為水煮前之 3 倍鉀養液處理，各處理組之水煮前之 L\*大抵均略高於水煮後，顯示水煮前之'竹葉'蕹菜較為明亮；a\*值在水煮前後各處理組間統計上呈現無顯著差異，但各處理組水煮前之 a\*值略高於水煮後，顯示水煮後顏色轉為較暗

的狀態；b\*值介於 25.22 至 20.32 之間，最低與次低者分別落於水煮後 10 倍鉀養液處理與水煮前之 10 倍鉀養液處理，但各處理組之 b\*值經過水煮後均略微下降；C\*值最高為水煮前 3 倍鉀處理 27.98，最低則為水煮後 10 倍鉀養液處理 23.98，水煮前後之大部分處理處間並無顯著差異，惟 10 倍鉀養液處理在水煮前後於統計上有偏低之情形；h°值以水煮前 3 倍鉀為最高，最低為水煮後 10 倍鉀之 101.20，各養液處理組在水煮後之 h°值除 7 倍鉀與 10 倍鉀養液處理外，多有略微下降現象。

表 4. 鉀濃度對'白骨'蕹菜水煮前與水煮後之呈色差異。

Table 4. Effect of potassium concentration on color value of water spinach 'white stem' before and after being boiled.

| K concentration     | Leaf color |           |           |          |           |
|---------------------|------------|-----------|-----------|----------|-----------|
|                     | L*         | a*        | b*        | C*       | h°        |
| before being boiled |            |           |           |          |           |
| 對照組                 | 43.93az    | -17.16c   | 30.49abc  | 35.15ab  | 105.67c   |
| 3 倍鉀 y              | 43.08ab    | -14.41abc | 34.01a    | 36.94a   | 116.93a   |
| 5 倍鉀                | 43.05ab    | -13.23ab  | 30.52abc  | 33.28ab  | 115.95a   |
| 7 倍鉀                | 42.37ab    | -14.78abc | 33.49ab   | 36.61ab  | 115.37a   |
| 10 倍鉀               | 42.50ab    | -13.76ab  | 28.74bcd  | 31.87abc | 112.35abc |
| After being boiled  |            |           |           |          |           |
| 對照組                 | 42.79ab    | -16.31bc  | 31.67abc  | 35.62ab  | 109.46abc |
| 3 倍鉀                | 41.94ab    | -11.53a   | 24.84d    | 27.42c   | 114.59ab  |
| 5 倍鉀                | 40.15ab    | -15.14bc  | 29.63abcd | 33.31ab  | 109.70abc |
| 7 倍鉀                | 41.25ab    | -13.98abc | 29.82abcd | 32.96abc | 113.49ab  |
| 10 倍鉀               | 38.78b     | -14.85bc  | 27.35cd   | 31.13bc  | 107.34bc  |

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

y 鉀養液處理濃度由對照組至 10 倍養液處理依序分別為 234 ppm、702 ppm、1170 ppm、1638 ppm 與 2340 ppm。

表 5. 鉀濃度對'竹葉'蕹菜水煮前與水煮後之呈色差異。

Table 5. Effect of potassium concentration on color value of water spinach 'large leaf' before and after being boiled.

| K concentration     | Leaf color |         |         |         |           |
|---------------------|------------|---------|---------|---------|-----------|
|                     | L*         | a*      | b*      | C*      | h°        |
| Before being boiled |            |         |         |         |           |
| 對照組                 | 34.69bz    | -11.86a | 23.13ab | 26.01ab | 109.22abc |
| 3 倍鉀 y              | 40.13a     | -12.11a | 25.22a  | 27.98a  | 112.23a   |
| 5 倍鉀                | 36.99ab    | -12.16a | 24.95a  | 27.76ab | 111.74ab  |
| 7 倍鉀                | 39.29ab    | -11.35a | 21.70ab | 24.49ab | 108.71abc |
| 10 倍鉀               | 35.79b     | -11.26a | 21.11b  | 23.93b  | 107.99abc |
| After being boiled  |            |         |         |         |           |
| 對照組                 | 34.84b     | -12.59a | 22.23ab | 25.55ab | 105.49cd  |
| 3 倍鉀                | 36.01b     | -12.69a | 22.67ab | 25.99ab | 105.87c   |
| 5 倍鉀                | 35.70b     | -12.82a | 23.60ab | 26.86ab | 107.36bc  |
| 7 倍鉀                | 35.08b     | -12.32a | 21.49ab | 24.77ab | 104.70cd  |
| 10 倍鉀               | 34.67b     | -12.72a | 20.32b  | 23.98b  | 101.20d   |

z Mean within each column followed by the different letter(s) are significantly different at  $P < 0.05$  by LSD test.

y 鉀養液處理濃度由對照組至 10 倍養液處理依序分別為 234 ppm、702 ppm、1170 ppm、1638 ppm 與 2340 ppm。

### 三、不同養液處理對'竹葉'與'白骨'兩品種之植體氮與鉀含量之分析

在氮加量養液處理兩品種葉子鉀含量測定顯示，'竹葉'種介於 4.26 至 5.18 之間，3 倍氮養液處理為最低，對照組為最高；'白骨'種介於 1.93 至 3.30 之間，以對照組最低，5 倍氮養液處理最高。鉀倍加養液處理之'竹葉'種測定顯示，以 3 倍鉀養液處理 7.36 為最高，對照組 3.40 為最低，鉀加量養液處理均較對照組高；'白骨'種與'竹葉'種相似，養液處理者均較對照組 2.80 高，其中以 10 倍鉀養液處理 7.04 為最高。鉀減量養液處理之'竹葉'種測定顯示，葉片鉀含量介於 5.44 至 7.12 之間，以對照組為最低，0.6 倍養液處理最高；'白骨'種介於 5.88 至 8.12 之間，以 0.4 倍鉀養液處理最高，0.2 倍養液處理為最低 (表 6)。

在氮加量養液處理兩品種莖部鉀含量測定顯示，'竹葉'種介於 4.24 至 9.28 之間，最低與最高分別為對照組與 10 倍處理者；'白骨'種介於 1.72 至 7.66 之間，最低者

為對照組，最高者為 3 倍氮養液處理者；兩品種之各氮養液加量處理組之莖部鉀含量均較對照組為高。'竹葉'種之鉀加量養液處理測定結果顯示，以對照組 4.28 為最低，3 倍鉀處理 9.36 為最高；'白骨'種以對照組 4.68 為最低，5 倍鉀處理 10.24 為最高，兩品種之各鉀養液加量處理組之莖部鉀含量均較對照組為高。鉀減量養液處理測定結果顯示，'竹葉'種介於 5.56 至 9.64 之間，以 0.4 倍處理最低，0.8 倍處理為最高，'白骨'種則介於 8.48 至 10.12 間，0.2 倍處理最低，對照組為最高 (表 7)。

表 6. 不同濃度處理對於'竹葉'與'白骨'葉氮、鉀含量之比較。

Table 6. Comparison of Nitrogen and Potassium content in leaf of 'large leaf' and 'white stem' varieties with different fertilizer treatment.

| treatment    | N (%)      |            | K (%)      |            |
|--------------|------------|------------|------------|------------|
|              | large leaf | white stem | large leaf | white stem |
| N-increasing |            |            |            |            |
| 對照組          | 4.00       | 2.45       | 5.18       | 1.93       |
| 3 倍氮 y       | 4.72       | 2.98       | 4.26       | 2.77       |
| 5 倍氮         | 4.99       | 3.61       | 4.48       | 3.30       |
| 7 倍氮         | 3.85       | 3.52       | 4.66       | 2.83       |
| 10 倍氮        | 5.08       | 2.78       | 4.78       | 2.51       |
| K-increasing |            |            |            |            |
| 對照組 x        | 4.10       | 4.05       | 3.40       | 2.80       |
| 3 倍鉀         | 4.52       | 3.27       | 7.36       | 5.60       |
| 5 倍鉀         | 3.88       | 2.79       | 6.60       | 6.36       |
| 7 倍鉀         | 4.23       | 3.69       | 6.44       | 5.96       |
| 10 倍鉀        | 3.40       | 4.60       | 5.04       | 7.04       |

y 養液處理濃度由對照組至 10 倍養液處理依序分別為 210 ppm、630 ppm、1050 ppm、1470 ppm 與 2100 ppm。

x 鉀養液處理濃度由對照組至 10 倍養液處理依序分別為 234 ppm、702 ppm、1170 ppm、1638 ppm 與 2340 ppm。

表 7. 不同濃度處理對於'竹葉'與'白骨'莖氮、鉀含量之比較。

Table 7. Comparison of Nitrogen and Potassium content in stem of 'large leaf' and 'white stem' varieties with different fertilizer Treatment.

| treatment    | N (%)      |            | K (%)      |            |
|--------------|------------|------------|------------|------------|
|              | large leaf | white stem | large leaf | white stem |
| N-increasing |            |            |            |            |
| 對照組          | 1.93       | 2.45       | 4.24       | 1.72       |
| 3 倍氮 y       | 2.77       | 2.98       | 8.48       | 7.66       |
| 5 倍氮         | 3.30       | 3.61       | 7.20       | 3.91       |
| 7 倍氮         | 2.83       | 3.52       | 7.68       | 7.20       |
| 10 倍氮        | 2.51       | 2.78       | 9.28       | 6.04       |
| K-increasing |            |            |            |            |
| 對照組 x        | 2.05       | 1.64       | 4.28       | 4.68       |
| 3 倍鉀         | 2.29       | 2.25       | 9.36       | 5.84       |
| 5 倍鉀         | 1.78       | 2.63       | 8.48       | 10.24      |
| 7 倍鉀         | 1.78       | 2.16       | 8.36       | 8.52       |
| 10 倍鉀        | 2.26       | 2.53       | 6.64       | 8.08       |

y 氮養液處理濃度由對照組至 10 倍養液處理依序分別為 210 ppm、630 ppm、1050 ppm、1470 ppm 與 2100 ppm。

x 鉀養液處理濃度由對照組至 10 倍養液處理依序分別為 234 ppm、702 ppm、1170 ppm、1638 ppm 與 2340 ppm。

## 討 論

### 一、氮養液處理對'白骨'與'竹葉'品種水煮前後之呈色影響

'竹葉'種氮加量養液水煮前之色差儀測定結果，L\*值以 3 倍氮養液處理為最低；a\*值則以 3 倍養液處理與對照組為最高，且 a\*值於各養液處理間無顯著差異；b\*值則以 3 倍與 10 倍養液處理為最低。水煮後'竹葉'種氮加量養液處理，10 倍養液處理之 L\*值最低、a\*值最高、b\*值最低，故在圖 2 顯示較為深綠色。另外在'白骨'種的試驗結果，水煮前 L\*值 10 倍養液處理最低、a\*值為次高、b\*值為最低、h°值則為次低。

氮元素是植物生長所需之必要元素之一，植體乾重氮素含量約介於 1~5%之間 (Buchanan *et al.*, 2000)；而薤菜植株在環境或栽培時給予之營養元素足夠時，乾物葉片的氮原素濃度應介於 3.7~6.0 之間 (張和張, 1997)。在氮加量養液試驗中，'竹葉'與'白骨' 兩品種葉片之氮元素分別介於 3.85 至 5.08 與 2.45 至 3.61 之間，'白骨'種有略低於標準範圍

間之現象，'竹葉'種則否；另兩品種在氮養液加量個處理之葉片氮含量均較對照組有上升的現象。在莖部的元素測定結果顯示，兩品種在氮養液加量處理之莖部氮含量均較對照組有上升的現象；顯示兩品種對於氮養液添加處理在葉片與莖部的含量上均有上升之現象，顯示氮肥的施用有助於植株生質量的累加並促進植株生長（蕭等人，2013）。鉀加量與鉀減量的試驗中則在葉片氮素含量測定中，養液加量或減量處理組則無明顯比對照組高或低之現象發生。

## 二、鉀養液處理對薤菜水煮前後之呈色表現

'竹葉'種鉀加量養液水煮前之色差儀測定結果，L\*值以對照組為最低，a\*值為 5 倍養液處理最高、b\*值 10 倍養液處理最高、h°值則以 3 倍養液處理為最高；水煮後之 L\*值同樣為對照組最低、a\*值、b\*值與 h°以 5 倍養液最高，於圖四亦顯示為五倍鉀加量養液處顏色較其他組為深。在'白骨'種水煮前之色差儀測定結果，L\*值以 7 倍養液處理最低，a\*值以 5 倍養液最高，b\*值以 3 倍養液為最高 h°則以 5 倍養液處理為最高；水煮後之 L\*值 10 倍養液處理最低，a\*值以 3 倍養液處理為最高，b\*值以對照組為最高，h°值則以 3 倍養液處理為最高。在表三與表四的試驗結果中，其色差測定上與鉀加量養液處理的增加尚無明顯相關性。

在許等人 (2002)研究指出，薤菜之葉片鉀含量應介於 3.8 至 8.7 之間；'竹葉'與'白骨'兩品種葉片於鉀加量養液處理之鉀元素分別介於 3.40 至 7.36 與 2.80 至 7.04 之間，鉀加量養液處理組之葉片鉀含量均較對照組為高，鉀減量處理試驗則不一定為對照組為最高；但兩品種對照組之葉片鉀含量均低於標準範圍。薤菜莖部鉀含量測定的試驗結果中，'竹葉'與'白骨'兩品種在鉀加量養液處理均較對照組為高，鉀減量養液試驗中，'白骨'種以對照組為最高，'竹葉'種則否。植物對鉀離子的吸收率很高，會影響其他陽離子元素的吸收；當鉀離子的吸收增加就會抑制其他陽離子之吸收程度，產生競爭現象 (Balba, 1979)。在 Moinuddin 等 (2004)研究指出，鉀施用的增加可提升植株根部活力，鉀離子作為陽離子被吸收時可促進氮的吸收，此結果與本試驗'白骨'在鉀加量養液處理中之莖部有類似結果，當鉀元素給予增加，在莖部之氮含量亦隨之增加。

## 結 論

根據本研究結果顯示，在水煮前的色差儀測定上，'竹葉'種較'白骨'種顏色為深，兩品種在經過水煮後皆會使明亮度下降、顏色加深，但以'竹葉'種之色差儀測定上顏色較深，視覺上亦是如此。另外，在三種不同養液處理試驗結果中，氮的添加會使'竹葉'種總酚上升，顏色測定上也偏深綠色，'白骨'種則在 L\*值下降與 a\*值上升，總酚含量則沒有上升；鉀養液添加的處理則會使兩品種的總酚含量上升，但在'竹葉'種 10 倍鉀養液處理則顯示略微下降，推測可能是高劑量的鉀會與酚類化合物產生拮抗效應，造成總酚濃度的下降。

## 參 考 文 獻

- 李敏雄。1996。褐變反應。張為憲等編著。食品化學。華香園出版社。pp. 284-289。
- 張庚鵬、張愛華。1997。蔬菜作物營養障礙診斷圖鑑。臺灣省農業試驗所。109pp。
- 許秀惠、許苑培、馮永富、黃晉興、廖君達、徐玲明。2002。植物保護技術專刊系列 4-薤菜篇。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局。
- 蕭巧玲、楊純明、何佳勳、蔡淑珍、林毓雯、劉滄琴。2013。氮肥及氣象環境對設施葉萵苣生長及硝酸鹽含量之影響。作物、環境與生物資訊 10(4): 284-289。
- Balba, A. M. 1979. Salt affected soils. Rome. Italy. FAO.
- Buchanan, B. B., W. Gruissem, and R. L. Jones. 2000. Nitrogen and sulfur. Biochemistry and Molecular Biology of Plant. pp. 789.
- Moinuddin, K. Singh, S. K. Bnsal, and N. S. Pasricha. 2004. Influence of graded levels of potassium fertilizer on growth, yield an economic parameters of potato. J. plant nutr. 27: 239-259.



## Effects of Nitrogen and Potassium Concentration on the Browning of Water Spinach (*Ipomoea aquatica* Forsk.) after being Boiled

Yi-Yun Hsu <sup>1)</sup>   Ching-Chang Shiesh <sup>2)</sup>   Huey-Lin Lin <sup>3)</sup>

Key words: Nitrogen, Potassium, Water Spinach, Browning

### Summary

In the present study, investigating the color value of water spinach 'large leaf' and 'white stem' variety before and after a minute boiling. After be boiled, the L \* values of water spinach decreased, and the color becomes deeper. Before boiled, color of 'large leaf' more deep than 'white stem' variety. The color change is also 'large leaf' variety larger, more red and bright. The results showed that water the color of spinach 'large leaf' been dark when nitrogen concentration increased. And potassium concentration had the same results, it will make browning phenomenon increase after being boiled. The contents of nitrogen and potassium in the plant were analyzed, the contents of nitrogen and potassium in leaves and shoots were increased on the nitrogen-increasing treatments. Potassium-increasing treatment of leaf potassium content were higher than the control treatment, but potassium-decreasing treatment did not. Comparison of potassium content in the potassium-decreasing treatment, the 'white stem' species to the control group was the highest, but 'large leaves' species did not. In summary, the results of this experiment found that the absorption of nitrogen and potassium in 'large leaves' showed competition, and 'white stem' showed promotion. In addition, competition presented in the uptake of nitrogen, potassium, two elements caused a higher degree of browning after boiling.

---

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

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

3) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University, Corresponding author.



## 轉殖溶菌酶基因至小白菜葉綠體之研究

紀 銘 坤<sup>1)</sup> 馮 潔 雯<sup>2)</sup> 楊 明 德<sup>3)</sup>  
陳 俊 麟<sup>4)</sup> 曾 夢 蛟<sup>5)</sup>

關鍵字：溶菌酶、葉綠體基因轉殖

**摘要：**小白菜為台灣重要蔬菜之一，如何控制病蟲害是小白菜生產成功的關鍵因素。溶菌酶 (lysozyme, lys) 具有水解革蘭氏陽性細菌細胞壁 N-乙酰葡萄糖胺(N-acetyl glucosamine)和 N-乙酰胞壁酸(N-acetyl muramic acid)之分子間  $\beta$ -1, 4-糖苷鍵的活性，破壞細菌細胞壁結構，進而使細菌崩解。本研究將分離自 *Xanthomonas fragariae* (草莓角斑病菌) 菌株的類似噬菌體 (phage XF) 的溶菌酶 (lys)，並構築到甘藍葉綠體基因轉殖之四種載體 (pMT91-GLsA、pMT91-ELsA、pMT91F-GLsA、pMT91F-ELsA)，利用基因槍法轉殖到'台農 3 號'小白菜之本葉的葉綠體。培植體經 1~30 mg/L spectinomycin 漸進篩選及誘導再生，已獲得 T1 轉殖子代。T0 及 T1 葉片經 PCR 及 RT-PCR 分析之結果顯示，lys 基因已存在於轉殖之小白菜的葉綠體基因組中，並可表現 lys mRNA。本研究初步結果顯示，利用葉綠體基因轉殖系統，轉殖溶菌酶基因 (lys) 到小白菜，是可行的。

### 前 言

台灣四面環海，且地處熱帶與亞熱帶交界，夏熱冬暖，雨水豐沛。由於每年五月到十月間，台灣因夏季高溫高濕，且時有颱風侵襲，故病蟲害嚴重，平地蔬菜除了耐熱耐濕品種外，多不易生產，形成蔬菜種類少且品質差的淡季。小白菜為莖薹屬蔬菜，可全年生產，

- 
- 1) 國立中興大學園藝學系博士班研究生。
  - 2) 國立中興大學分子生物學研究所博士班研究生。
  - 3) 國立中興大學分子生物學研究所副教授。
  - 4) 中州科技大學景觀系助理教授。
  - 5) 國立中興大學園藝學系教授，通訊作者。

但是在夏季 (6-10 月)時由於蔬菜種類少，故價格較其他生產季節高；除此之外，夏季颱風過後，台灣常面臨蔬菜類 (尤其是葉菜類)遭受嚴重損失的窘境，由於小白菜在夏季時從播種到採收僅需 23-28 天，生長速度僅次於空心菜與莧菜，可即時調節市場供需，維持農產品市場價格的穩定 (王和林，2005)。小白菜雖然生長快速，但是由於質地幼嫩，容易發生嚴重的病蟲害，因此培育新的小白菜抗病品種是目前小白菜育種的重要方向之一。

溶菌酶 (lysozyme, EC3.2.1.17)又稱為胞壁質酶或 N-乙酰胞壁質肽聚糖水解酶 (N-acetylmuram idoglycanohydrlase)，是水解酶的一種，會直接水解革蘭氏陽性細菌之細胞壁組成單體 N-乙酰葡萄糖胺 (N-acetyl glucosamine)和 N-乙酰胞壁酸 (N-acetyl muramic acid)之分子間的  $\beta$ -1,4-糖苷鍵，使細菌細胞壁肽聚糖結構被破壞，進而使細菌崩解。有研究者將自人類溶菌酶選殖出來的 *hly* 基因以農桿菌基因轉殖法轉入菸草的基因組中，菸草轉殖株表現出高度抑制細菌性斑點病 (*Pseudomonas syringae*)生長的抗病性；另外在馬鈴薯 (Rivero *et al.*, 2013)、蘋果 (Ko *et al.*, 2002)的轉入溶菌酶基因相關研究中，也表現出顯著抵禦病菌生長的效果。

本試驗所使用的溶菌酶基因是由類噬菌體 XF 中所篩選而得，結合剔除篩選基因的無篩選標誌基因之葉綠體轉殖基因系統，將溶菌酶基因轉殖載體 (pMT91-GLsA、pMT91-ELsA)與經過修飾強化之溶菌酶基因轉殖載體 (pMT91F-GLsA、pMT91F-ELsA)轉殖到'台農 3 號'小白菜之葉綠體基因組中，探討利用葉綠體基因工程育成抗病小白菜的可能性。

## 材 料 與 方 法

### 一、試驗材料

#### (一)、基因轉移的植物材料

本試驗以'台農 3 號'小白菜 (*Brassica campestris* L. spp. *chinensis* (L.) Makino)為試驗材料，利用基因槍法進行葉綠體基因之直接基因轉殖。小白菜之無菌播種是先以 70%酒精振盪 1 分鐘，以無菌水清洗後，再以 Clorox<sup>®</sup> 2 %次氯酸鈉以震盪 10 分鐘的條件進行表面滅菌，之後以無菌水清洗 3 次，並將多餘的水以濾紙吸除。將表面滅菌後之種子播種於含 3 %蔗糖和 0.8 %瓊脂凝膠 (agar)的 1/2 MS (Murashing and Skoog, 1962)基本培養基上 (pH 5.7)。取小白菜 1 週苗齡的子葉或 2 週苗齡的本葉為材料進行葉綠體基因槍轉殖。

#### (二)、轉移基因種類

本試驗作為小白菜葉綠體基因轉殖的基因共有 4 種，包括：1. 由 *E. coli* 篩選出的  $\beta$ -glucuronidase 基因 (*gusA*)；2. 由志賀氏桿菌 (*Shigella* spp.)篩選出的 aminoglycoside-3'-adenyl transferase (*aadA*)基因；3. 從具有生物螢光的水母 (*Aequorea victoria*)篩選得到的綠色螢光蛋白基因並加以改造的加強型綠色螢光蛋白質表現基因 (enhanced green fluorescence protein, *egfp*)；4. 由草莓角斑病菌 (*Xanthomonas fragarice*)篩選出的溶菌酶基

因 (lysozyme, *lys*)。共計有 pMT91F-GLsA、pMT91F-ELsA、pMT91-GLsA 和 pMT91-ELsA 等 4 種轉殖載體 (圖 1)。

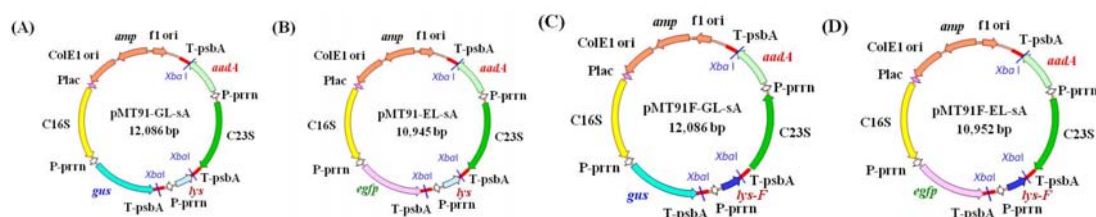


圖 1. 葉綠體轉殖載體 pMT91-GL-sA (A)、pMT91-EL-sA (B)、pMT91F-GL-sA (C)、pMT91F-EL-sA (D) 之基因圖譜。

Fig. 1. Genetic maps of transplastomic vectors pMT91-GL-sA (A), pMT91-EL-sA (B), pMT91F-GL-sA (C), and pMT91F-EL-sA (D).

## 二、試驗方法

### (一) 葉綠體基因轉殖法

#### 1. 基因槍轉殖法

本試驗之葉綠體基因轉移方式是利用直接基因轉移的基因槍法，所選用的機型為 Bio-Rad 公司研發成的 Biolistic®-PDS 1000/He Particle Delivery System。基因槍轉殖法參照紀等 (2016) 之方法。

#### 2. 植物的再生與篩選

將經轟擊後的小白菜子葉或本葉培植體，暗培養 3 日後，移至含篩選藥劑之 W1 再生培養基 (MS salt, 1 mg/L BA, 0.5 mg/L NAA, 0.25 mg/L GA<sub>3</sub>, 0.1 mg/L ABA, 3 mg/L AgNO<sub>3</sub>, 5 mg/L putrescine, 2 % sucrose, 0.8 % agar, pH 5.7) (許, 2006) 中進行再生。剛轟擊之小白菜培植體先以 1 mg/L spectinomycin 篩選，每 10 天繼代一次，每繼代兩次提升篩選藥劑濃度，到 30 mg/L spectinomycin 濃度為止。當小白菜抽芽後，將小白菜移至含 1 mg/L NAA 之 MS 培養基中，約 1-2 週發根，待根部生長健全後，將小白菜移出瓶外，種植於泥炭苔：蛭石：真珠石 = 2:1:1 之混合介質中。

### (二) 聚合酵素鏈鎖反應 (Polymerase chain reaction, PCR)

為了檢測小白菜基因轉殖是否成功，利用 PCR 技術以聚合連鎖反應器 (Peltier Thermal Cycle, PTC-200, MJ Research, INC.) 進行 PCR 增幅。取轉殖與未轉殖小白菜之 0.2 µg DNA 或 *E. coli* 葉綠體轉殖載體為模版，並加入 1.25 U DreamTaq™ DNA polymerase (Fermentas)、1 倍 DreamTaq™ Buffer、0.2 mM dNTP、0.4 µM 核酸引子，最後加入去離子

水，使最終反應體積為 25  $\mu$ l。各基因偵測方式分述如下：

偵測 *lys* 基因：使用之核酸引子分別為 LYS-1: 5'-TAAACACCACGCCATTTTCGC-3'、LYS-2: 5'-CCGCACCTCGCCCTATCAGT-3'，可增幅出 370 bp 大小的條帶片段，反應流程為 95°C 5 分鐘 1 個 cycle；95°C 30 秒、58°C 30 秒、72°C 30 秒進行 35 個 cycle；72°C 10 分鐘 1 個 cycle。反應完成後，取最終產物 8  $\mu$ l 於 1.2 %瓊脂凝膠(agarose gel)上進行電泳分析。

偵測 *aadA* 基因：使用之核酸引子分別為 AADA-1: 5'-GCGGTGATCGCCGAAGTATCGACTC-3'、AADA-2: 5'-GCCGACTACCTTGGTGATCTCGCC-3'，可增幅出 800 bp 大小的條帶片段，反應流程為 95°C 5 分鐘 1 個 cycle；95°C 30 秒、60°C 30 秒、72°C 30 秒進行 35 個 cycle；72°C 10 分鐘 1 個 cycle。反應完成後，取最終產物 8  $\mu$ l 於 1.2 %瓊脂凝膠(agarose gel)上進行電泳分析。

### (三) 植物總 RNA 的萃取

利用 GeneMark™ RNA kit 進行萃取，首先秤取 0.1 克的轉殖植物成熟葉組織，以液態氮冷凍後研磨成粉末狀，稍回溫後再加入 1 ml 的 RNA TriSolution Reagent buffer 繼續研磨，將混合液置入 1.5 ml 的離心管，加入 0.3 ml 的 phenol (pH 4.1) 震盪混合均勻，以 12,000 rpm 在 4°C 下離心 15 分鐘，取上清液到新的離心管，加入 0.25 ml 的異丙醇與 0.25 ml 的 PS 和 PG 混合均勻，置於冰上反應 10 分鐘，在 4°C 下以 12,000 rpm 離心 10 分鐘，保留沉澱物，以 75 % 的酒精清洗沉澱物後，風乾 10 分鐘，以適量的 DEPC 水回溶，保存於 -80°C。

### (四)、反轉錄 PCR (Reverse transcription-PCR；RT-PCR)

本試驗使用 Stratagene Two Step RT-PCR kit，First-stand cDNA 反應總體積為 20  $\mu$ l，內含有 0.01-5  $\mu$ g RNA，1  $\mu$ l oligo (dT) primer solution，BT 特定引子濃度 1  $\mu$ M，0.8  $\mu$ l 100 mM dNTP mix，2 mM 10X AccuScript RT buffer，加入 RNase-free water 至 17  $\mu$ l，充分混合後，於 65°C 作用 5 分鐘，冷卻後加入 1  $\mu$ l reverse transcriptase 與 2  $\mu$ l 100 mM DTT，充分混合後，於 42°C 作用 1 小時，再於 70°C 作用 15 分鐘，完後得到 cDNA (first-stand reaction)，存於 -20°C 保存。再以 PCR 進行分析。

### (五)、GUS 活性染色分析試驗

取葉綠體基因轉植株之成熟葉片，將其切割成小條狀後，浸漬於 GUS 染色分析緩衝溶液 [100 mM Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (sodium hydrogen phosphate)、100 mM KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (potassium dihydrogen phosphate)、10 mM Na<sub>2</sub>EDTA、0.5 mM K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> (potassium ferrocyanide)、0.5 mM K<sub>4</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> (potassium ferrocyanide)、10% MeOH、0.3% X-gluc (5-bromo-4-Chloro-3-indoylglucuronid)、0.1 % Tritone X-100]。其後進行真空抽氣，每次抽氣 5 分鐘，共重複三次，之後置於 37°C 的黑暗環境中放置 12-16 小時，最後以 95% 酒精除去組織葉綠素，若成功轉殖表現 GUS 酵素的基因，組織材料上會有藍色產物出現。

## 結 果

### 一、小白菜葉綠體基因轉殖之培植體篩選、再生與後續子代繁殖

本試驗以 pMT91-GLsA、pMT91-ELsA、pMT91F-GLsA 和 pMT91F-ELsA 等四種載體為葉綠體基因轉殖載體進行基因槍基因轉殖。小白菜播種 14 天後，取完全展開的本葉進行基因槍轟擊。轟擊後暗培養 3 天，使其葉綠體癒合後，移至生長箱中以 1 mg/L spectinomycin 開始篩選再生。隨著 spectinomycin 濃度的提升至 30 mg/L，轉入四種基因的小白菜培植體分別出現白化徵狀，大部分因而生長停滯，僅有少部分仍維持綠色正常生長（圖 2A、E、G、K）。當篩選三到四次後，小白菜培植體逐漸開始抽芽（圖 2B、F、H、L）。雖然自基因轉殖後即開始進行不同濃度的抗生素 spectinomycin 篩選，轉殖株的苗具有一定的抗力來抵禦，但仍有不少培植體在抽芽即葉片白化而死亡，最後，僅有 pMT91-GLsA、pMT91F-GLsA 和 pMT91F-ELsA 等三種基因的轉殖株移至發根培養基中促進發根（圖 2C、I、M）。待根部發展健全後，即將轉殖株移出瓶定植，並正常生長與開花（圖 2D、J、N）。

### 二、小白菜擬轉殖植株之基因及表現分析

以 PCR 技術分析 6 株 pMT91-GLsA 轉殖株中是否有溶菌酶基因 (*lys*) 的存在，結果顯示 GLsA-2、GLsA-5、GLsA-6 有 370 bp 的條帶出現，顯示這 3 株擬轉殖株中可能具有溶菌酶基因（圖 3）。

另外檢測 pMT91F-GLsA 和 pMT91F-ELsA 各 5 株 T1 轉殖株的基因表現。以 PCR 技術偵測 10 株 T1 植株的篩選基因 (*aadA*) 和溶菌酶基因 (*lys*)，結果顯示 91F-GLsA1-1、91F-GLsA1-2、91F-GLsA1-4、91F-ELsA1-1、91F-ELsA1-2、91F-ELsA1-3、91F-ELsA1-4、91F-ELsA1-5 等 8 株 T1 轉殖株有在 AADA 引子增幅下，得到約 800bp 大小的條帶，顯示這 8 株 T1 轉殖株中有 *aadA* 基因的存在（圖 4），但是以 LYS 引子增幅，結果顯示 91F-GLsA1-1、91F-GLsA1-2、91F-GLsA1-3、91F-GLsA1-5、91F-ELsA1-1、91F-ELsA1-2、91F-ELsA1-3、91F-ELsA1-4、91F-ELsA1-5 等 9 株轉殖株均有溶菌酶基因 (*lys*) 的存在（圖 5）。

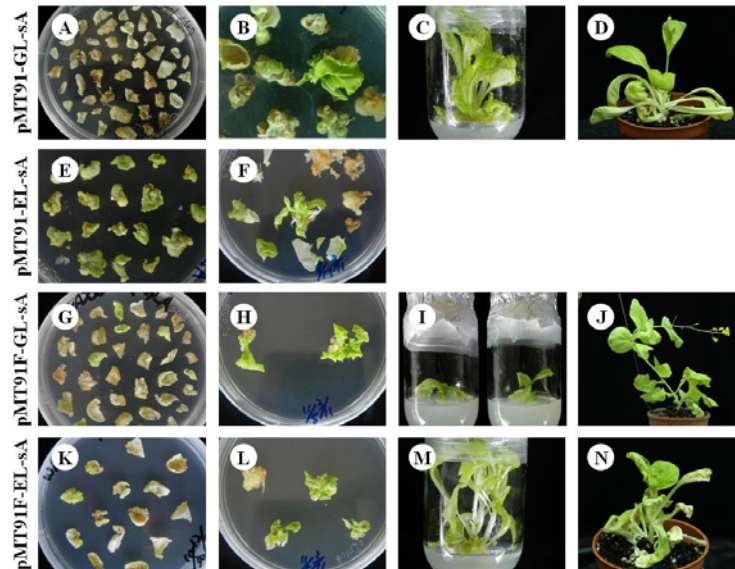


圖 2. '台農 3 號'小白菜本葉經葉綠體基因轉殖 pMT91-GL-sA (A~D)、pMT91-EL-sA (E~F)、pMT91F-GL-sA (G~J)、pMT91F-EL-sA (K~N) 之植株再生情形。(A、E、G、K)：轟擊後置於 spectinomycin 篩選兩~三個月後之情形；(B、F、H、L)：芽梢再生；(C、I、M)：成活芽梢，誘導發根；(D、J、N)：定植。

Fig. 2. Regeneration of transplastomic 'Tainung 3' Pak-choi from leaves after bombarded with pMT91-GL-sA (A~D), pMT91-EL-sA (E~F), pMT91F-GL-sA (G~J), pMT91F-EL-sA (K~N). (A, E, G, K): Appearances of transplastomic explants after selection with spectinomycin for two to three months. (B, F, H, L): Shoots formation. (C, I, M): Survival of putative transgenic plantlets and induction of root. (D, J, N) Putative transgenic plants were transferred to the soil and grown in the greenhouse.

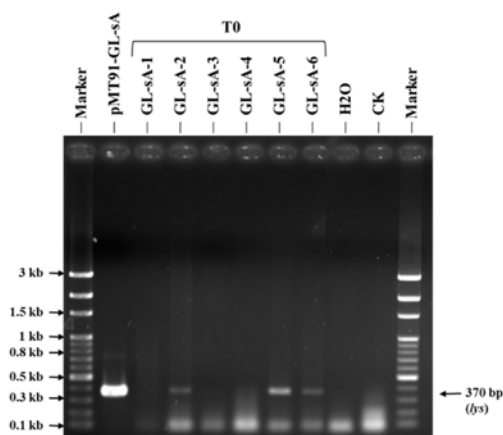


圖 3. 經轉殖質體 pMT91-GL-sA 之'台農 3 號'小白菜植株，以引子 LYS-1、LYS-2 分析 *lys* 基因，經 PCR 反應之產物在電泳膠片上分離之情形。CK：未經轉殖的'台農 3 號'小白菜。

Fig. 3. PCR analysis of *lys* gene in putative transplastomic 'Tainung 3' Pak-choi plants after transformed pMT91-GL-sA plasmid.



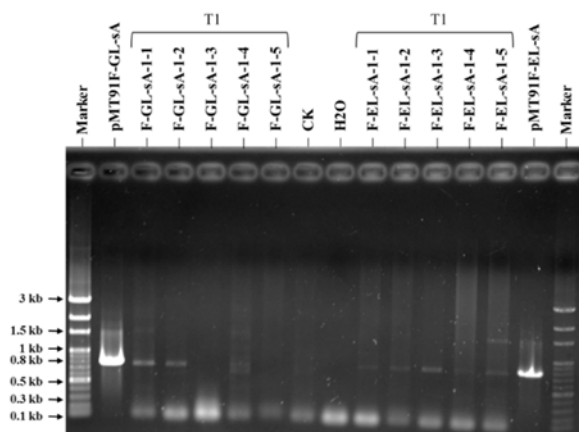


圖 4. 經轉殖質體 pMT91F-GL-sA 及 MT91F-EL-sA 之 T1 的'台農 3 號'小白菜植株，以引子 AADA-1、AADA-2 分析 *aadA* 基因，經 PCR 反應之產物在電泳膠片上分離之情形。CK：未經轉殖的'台農 3 號'小白菜。

Fig. 4. PCR analysis of *aadA* gene in putative T1 transplastomic 'Tainung 3' Pak-choi plants after transformed pMT91F-GL-sA and MT91F-EL-sA plasmids.

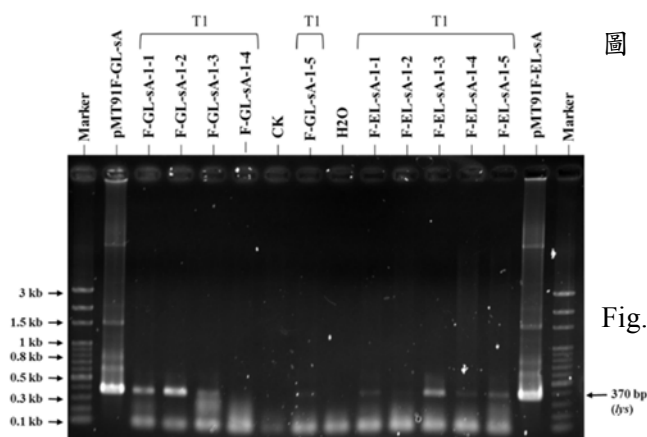


圖 5. 經轉殖質體 pMT91F-GL-sA 及 MT91F-EL-sA 之 T1 的'台農 3 號'小白菜植株，以引子 LYS-1、LYS-2 分析 *lys* 基因，經 PCR 反應之產物在電泳膠片上分離之情形。CK：未經轉殖的'台農 3 號'小白菜。

Fig. 5. PCR analysis of *lys* gene in putative T1 transplastomic 'Tainung 3' Pak-choi plants after transformed pMT91F-GL-sA and MT91F-EL-sA plasmids.

由圖 4 與圖 5 兩張 PCR 電泳圖做比較，發現 91F-GLsA-3 和 91F-GLsA-5 兩株小白菜 T1 轉植株僅有目標基因之溶菌酶基因 (*lys*) 的存在，沒有篩選基因 (*aadA*) 的存在；以 RT-PCR 分析轉植株的 RNA 表現，也發現 91F-GLsA-1、91F-GLsA-5、91F-ELsA-1、91F-ELsA-2、GLsA-1、GLsA-3 和 GLsA-5 溶菌酶基因正常表現生成 RNA (圖 6、圖 7)。依此結果初步判定 91F-GLsA-3 和 91F-GLsA-5 這兩株基因轉植株可能是已剔除篩選基因的無篩選基因轉植株。以 GUS 染色法分析小白菜葉片擬轉植株葉片是否正常表現 GUS 酵素活性，結果顯示 91FGLsA-1 和 GLsA-1 呈現藍色反應，推測 GLsA 和 91FGLsA 成功轉入小白菜葉綠體中，並能正常表現蛋白質活性 (圖 8)。

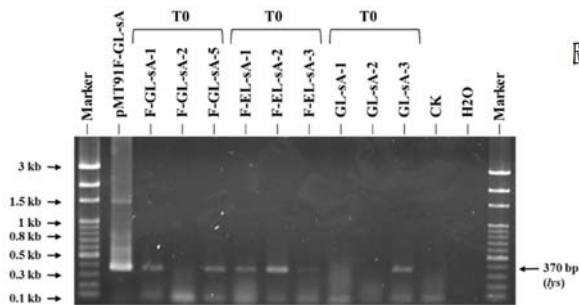


圖 6. 經轉殖質體 pMT91F-GL-sA、pMT91F-EL-sA 及 pMT91-GL-sA 之 T0 的'台農 3 號'小白菜植株，以引子 LYS-1、LYS-2 分析 *lys* mRNA，經 RT-PCR 反應之產物在電泳膠片上分離之情形。CK：未經轉殖的'台農 3 號'小白菜。

Fig. 6. RT-PCR analysis of *lys* gene in putative T0 transplastomic 'Tainung 3' Pak-choi plants after transformed pMT91F-GL-sA, MT91F-EL-sA, and pMT91-GL-sA plasmids.

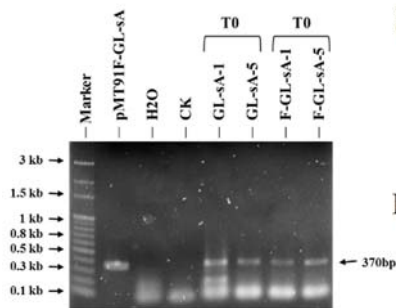


圖 7. 經轉殖質體 pMT91-GL-sA 及 pMT91F-GL-sA 之 T0 的'台農 3 號'小白菜植株，以引子 LYS-1、LYS-2 分析 *lys* mRNA，經 RT-PCR 反應之產物在電泳膠片上分離之情形。CK：未經轉殖的'台農 3 號'小白菜。

Fig. 7. RT-PCR analysis of *lys* gene in putative T0 transplastomic 'Tainung 3' Pak-choi plants after transformed pMT91-GL-sA and pMT91F-GL-sA plasmids.

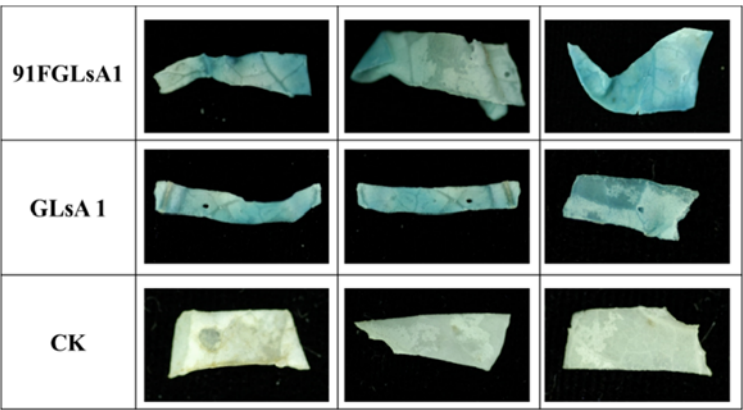


圖 8. 經轉殖 pMT91FGL-sA 或 pMT91GL-sA 質體之'台農 3 號'小白菜 T0 擬轉植株葉片進行 GUS 活性染色分析之情形。CK：未轉殖之'台農 3 號'小白菜。

Fig. 8. GUS histochemical staining putative transgenic 'Tainung 3' Pak-choi T0 plants after transformed with pMT91FGL-sA or pMT91GL-sA plasmids.

## 討 論

2003 年 Klaus 等人首先提出利用單邊同源重組剔除篩選基因的相關理論，他們利用葉綠體基因轉殖過程中，在篩選壓力下，轉殖載體可能經由單邊同源重組使位於側翼序列內側的目標基因與外側的篩選基因同時併入葉綠體中，移除篩選藥劑後，篩選基因會因為葉綠體基因組的二次同源重組而被置換，這部分在於草葉綠體中已被證實是可行的 (Klaus *et al.*, 2003; 2004)。本研究所使用的葉綠體轉殖載體將篩選基因 *aadA* 構築在甘藍葉綠體核糖體 23S 次單元體基因 (C23S) 序列的外側 (圖 1A~D)。在 spectinomycin 篩選壓力下，這 4 支轉殖載體可能發生單邊側翼序列的同源重組，使目標基因 (*lys*) 和篩選基因 (*aadA*) 基因均併入到小白菜葉綠體中，但是由於這是不穩定的狀態，在移除篩選藥劑後，葉綠體基因組可能會發生二次同源重組，移除篩選基因，使小白菜成為無篩選基因之轉殖株。

本研究以小白菜完全展開的本葉為材料，利用基因槍葉綠體轉殖法將 pMT91-GLsA、pMT91-ELsA、pMT91F-GLsA 和 pMT91F-ELsA 等四種載體轉入小白菜葉綠體中。隨著 spectinomycin 濃度的提升至 30 mg/L，轉入四種轉殖載體的小白菜培植體分別出現白化徵狀 (圖 2)。雖然自基因轉殖後即開始進行不同濃度的抗生素 spectinomycin 篩選，轉殖株的苗具有一定的抗力來抵禦，但仍有不少培植體在抽芽即葉片白化而死亡，最後，僅有 pMT91-GLsA、pMT91F-GLsA 和 pMT91F-ELsA 等三種基因的轉殖株移至發根培養基中促進發根 (圖 2C、I、M)。

以 PCR 方法偵測小白菜轉殖株是否有外源基因的存在，發現在 pMT91-GL-sA 之 T0 轉殖植株可見符合預期的 370bp 之 *lys* 基因片段 (圖 3)。檢測 pMT91F-GL-sA 及 MT91F-EL-sA 之 T1 轉殖植株的 *aadA* (圖 4) 及 *lys* 基因 (圖 5) 片段時，分別 800 bp 及 370 bp 可見符合的條帶。選取 pMT91-GL-sA、pMT91F-GL-sA 及 pMT91F-EL-sA 之 T0 擬轉殖植株植株，萃取其基因組 RNA，以 *lys* 基因特定的引子進行 RT-PCR 反應分析，結果顯示 pMT91F-GL-sA、pMT91F-EL-sA 和 GLsA 之 T<sub>0</sub> 擬轉殖植株共有 8 株偵測到 370 bp 的 *lys* 基因條帶，代表葉綠體轉殖質體順利併入到小白菜葉綠體中，並能表現 RNA (圖 6~7)，而且在蛋白質分析上，FGLsA 和 GLsA 之 T<sub>0</sub> 擬轉殖植株葉片都顯現代表 GUS 酵素活性的藍色反應，表示外源基因在小白菜葉綠體中能生成具生物活性的酵素蛋白，由此可推測獲得小白菜的 *lys* 基因轉殖株 (圖 8)。

本研究初步結果顯示轉殖溶菌酶基因 (*lys*) 已存在於轉殖小白菜植株上，並表現其 mRNA。這些轉殖小白菜之轉殖基因的穩定性、抗病性的效果等問題，都有待繁殖與分析大量葉綠體轉殖小白菜之後裔，選育穩定及大量表現 *lys* 基因的轉殖小白菜品系，進行深入研究，才能對上述問題有進一步的瞭解。

## 參考文獻

- 王三太、林子凱。2005。(十四)小白菜。台灣農家要覽 農作二。pp. 423-428。
- 行政院農業委員會。2014。農業統計年報。345pp。
- 紀銘坤、馮潔雯、楊明德、陳俊麟、曾夢蛟\*。2016。轉殖轉穀氨醯胺酵素(*tga*)基因至小白菜 (*Brassica campestris* L. ssp. *chinensis* (L.) Makino)葉綠體。興大園藝。41(1): 67-82。
- 許家言。2006。小白菜組織培養再生與基因轉殖之研究。國立中興大學園藝研究所博士論文。230pp。
- Bock R. 2015. Engineering plastid genomes: methods, tools, and applications in basic research and biotechnology. *Annu. Rev. Plant Biol.* 66: 211-241.
- Corneille, S., K. A. Lutz, Z. Svab, and P. Maliga. 2001. Efficient elimination of selectable marker genes from the plastid genome by the Cre-*lox* site-specific recombination system. *Plant J.* 27: 171-178.
- Fischer, N., O. Stampacchia, K. Redding, and J. D. Rochaix. 1996. Selectable marker recycling in the chloroplast. *Mol. Gen. Genet.* 251: 373-380.
- Iamtham, S. and A. Day. 2000. Removal of antibiotic resistance genes from transgenic tobacco plastids. *Nat. Biotechnol.* 18: 1172-1176.
- Kittiwongwattana, C., K. A. Lutz, M. Clark, and P. Maliga. 2007. Plastid marker gene excision by the phiC31 phage site-specific recombinase. *Plant Mol. Biol.* 64: 137-143.
- Klaus, S. M. J., F. C. Huang, C. Eibl, H. U. Koop, and T. J. Golds. 2003. Rapid and proven production of transplastomic tobacco plants by restoration of pigmentation and photosynthesis. *Plant J.* 35: 811-821.
- Klaus, S. M. J., F. C. Huang, T. J. Golds, and H. U. Koop. 2004. Generation of marker-free plastid transformants using a transiently cointegrated selection gene. *Nat. Biotechnol.* 22: 225-229.
- Ko, K., J. L. Norelli, J.-P. Reynold, H. S. Aldwinckle, and S. K. Brown. 2002. T4 lysozyme and attacin genes enhance resistance of transgenic 'Galaxy' apple against *Erwinia amylovora*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 127(4): 515-519.
- Lutz, K. A., A. K. Azhagiri, T. T. Huang, and P. Maliga. 2007. A guide to choosing vectors for transformation of the plastid genome of higher plants. *Plant Physiol.* 145: 1201-1210.
- Rivero, M., N. Furmana, N. Mencaccia, P. Piccaci, L. T., E. Lentz, F. Bravo-Almonacid, and A. Mentaberry. 2013. Stacking of antimicrobial genes in potato transgenic plants confers increased resistance to bacterial and fungal pathogens. *J. Biotechnol.* 157: 334-343.

## Studies on Transformation of Lysozyme Gene into Pak-Choi Chloroplasts

Ming-Kun Chi <sup>1)</sup>   Kit-Man Fung <sup>2)</sup>   Ming-Te Yang <sup>3)</sup>

Chun-Lin Chen <sup>4)</sup>   Menq-Jiau Tseng <sup>5)</sup>

Key words: Lysozyme, Plastid transformation

### Summary

Pak-choi (*Brassica campestris* L. ssp. *chinensis* (L.) Makino) is one of the important vegetable in Taiwan, how to control plant diseases and pests become a key factor in the success of vegetable production. In this study, four chloroplast transformation vectors (pMT91-GLsA, pMT91-ELsA, pMT91F-GLsA, pMT91F-ELsA) harboring the *aadA* as selectable marker genes and *lys* as target genes were transferred into Pak-choi chloroplast *via* biolistic bombardment. The regenerated plants were selected by 1-30 mg/L spectinomycin and further confirmed by PCR and RT-PCR. The results of PCR and RT-PCR analysis indicated that transformed genes *lys* was integrated into the plastid genome of transplastomic plants, and its mRNA was expressed. Preliminary results showed that the possibility of production of *lys* gene transplastomic Pak-Choi with marker gene-free system.

---

1) Student in Ph.D. program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Student in Ph.D. Program, Institute of Molecular Biology, National Chung Hsing University.

3) Associate Professor, Institute of Molecular Biology, National Chung Hsing University.

4) Assistant Professor, Department of Landscape Architecture, Chung Chou University of Science and Technology.

5) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.



## 鳳仙花屬植物種間雜交障礙與子房培養

林庭聿<sup>1)</sup> 邱清安<sup>2)</sup> 張正<sup>3)</sup>

關鍵字：非洲鳳仙花、黃花鳳仙花、棣慕華鳳仙花

**摘要：**台灣原生鳳仙花屬植物具有特殊花形及花色，試驗試圖將台灣原生黃花鳳仙花、棣慕華鳳仙花作為花粉親與台灣冬季重要的花壇作物非洲鳳仙花雜交。三種鳳仙花皆由花絲包覆柱頭。棣慕華鳳仙花於開花當日柱頭即伸入已開裂花藥中，黃花鳳仙花及非洲鳳仙花須待雄蕊脫落後始進入雌花期，且柱頭並未伸入花藥中。以鮭紅色及白色非洲鳳仙花'Accent'為種子親與黃花鳳仙花、棣慕華鳳仙花進行單向雜交，蒴果平均在授粉後 4~6 天內落果。由切片圖觀察，以黃花鳳仙花為父本，於授粉後 8 天胚囊已呈現空洞化；授粉後 6 天有觀察到球形胚，此時胚囊內部已無胚乳。使用不同生長調節劑比例進行子房培養，以  $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  NAA+  $0.1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  BA 內部褐化速率較慢，未來以此濃度比例進行微調並減短繼代的時間應為可嘗試的方向。

### 前言

鳳仙花科 (Balsaminaceae) 鳳仙花屬 (*Impatiens*) 植物是常見的盆花及花壇作物，然而僅有印度鳳仙花 (*I. balsamina* L.)、喜馬拉雅鳳仙花 (*I. glandulifera* Royle)、新幾內亞鳳仙花 (*I. hawkeri* Bull) 以及非洲鳳仙花 (*I. walleriana* Hook.) 被廣泛種植 (Grey, 1983)。非洲鳳仙花於 2010 年占台灣秋冬季花壇作物總量的 39%，為重要的花壇作物之一 (陳等, 2011)。

台灣原生鳳仙花屬植物共有三種，其中黃花鳳仙花分布於海拔 2000~3000 公尺、棣慕華鳳仙花分布海拔 2000~2100 公尺 (Huang, 1977)，於平地難以見到其蹤跡，期能透過與平地生長的非洲鳳仙花雜交，生產出可於平地生長，並具有台灣原生花卉特色之鳳仙花。

---

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

2) 國立中興大學森林學系副教授。國立中興大學實驗林管理處副研究員兼任研究發展組組長

3) 國立中興大學園藝學系副教授，通訊作者。

本試驗採用非洲鳳仙花為母本、黃花鳳仙花及棣慕華鳳仙花為父本，報導指出此種組合會發生受精後障礙 (王，2010)，透過石蠟切片釐清障礙發生的原因、時間，並採用子房培養期能克服雜交障礙。

## 材 料 方 法

### 一、黃花鳳仙花、棣慕華鳳仙花、非洲鳳仙花開花階段調查

2016 年 6 月將黃花鳳仙花、棣慕華鳳仙花以及非洲鳳仙花栽培於組合式植物生長箱 (A 型-600uE 照度，名器 Fame) 恆溫 20°C，每周以 1000 mg L<sup>-1</sup> Peters 20-20-20 (J. R. Peters, Inc., Allentown, USA) 澆灌施肥，觀察開花當日至其後數日的花朵各階段特徵，拍照紀錄雄花期轉至雌花期花藥開裂狀況、花絲脫落、花柱伸長及開張情形，使用解剖顯微鏡 (Nikon, SMZ645, Japan) 觀察雌雄蕊相對位置，並以 CCD 影像系統 (Prog Res MF scan, Germany) 進行拍照紀錄。

### 二、黃花鳳仙花及棣慕華鳳仙花花藥開裂天數與花粉萌發率調查

黃花鳳仙花花藥完全開裂花絲未脫落柱頭時的狀態，可於 20°C 生長箱中維持二天，調查花粉體外萌發率；使用鑷子沿著花絲將雄蕊取下，將單一雄蕊的花粉均勻灑布雙凹玻片的單一凹槽中，內含 2 滴 10% 蔗糖的修改過的 BK 培養基 (Brewbaker and Kwack, 1963) 成分為 100 mg L<sup>-1</sup> H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>、200 mg L<sup>-1</sup> Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> · 4H<sub>2</sub>O、100 mg L<sup>-1</sup> MgSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O、100 mg L<sup>-1</sup> KNO<sub>3</sub>；pH = 5.7，在 20°C 黑暗培養 1 小時後，於 100 倍光學顯微鏡 (Primo star, ZEISS, Germany) 視野下拍照記錄。每次試驗使用三個雄蕊，每個凹槽取三個視野，計算萌發率平均值。

### 三、非洲鳳仙花與黃花鳳仙花、棣慕華鳳仙花種間雜交與子房培養

#### (一) 非洲鳳仙花與黃花鳳仙花、棣慕華鳳仙花種間雜交果實發育情形

2016 年 5~7 月取用種子繁殖，培養於 20°C 之黃花鳳仙花以及棣慕華鳳仙花花藥開裂所釋出之花粉，用鑷子夾住花絲將花粉均勻塗抹於有黏液分泌之非洲鳳仙花雌蕊期的柱頭上，視花粉量多寡，單一花藥之花粉授於多朵花之柱頭，直到花粉用盡為止；授粉組合如下：1. 白色非洲鳳仙花 × 棣慕華鳳仙花、2. 白色非洲鳳仙花 × 黃花鳳仙花、3. 鮭紅色非洲鳳仙花 × 棣慕華鳳仙花、4. 鮭紅色非洲鳳仙花 × 黃花鳳仙花，授粉後之柱頭吊掛標牌加以辨識，每天進行觀察，蒴果若有出現萎縮、掉落情形即加以紀錄，每種組合均至少紀錄 30 個以上之蒴果。

#### (二) 非洲鳳仙花與黃花鳳仙花種間雜交胚發育階段之觀察

將採集樣本放置於裝 FAA (福馬林：醋酸：70%酒精 = 1:1:18) 固定液的離心管中，靜置隔夜後，抽氣直至材料沉至底部。再以 50% 酒精溶液浸泡材料清洗三次後，將組織浸泡在含有 1% Safranin O 染劑的 50% 酒精中，使組織染色以便觀察。



染色完畢後，以不同濃度的三級丁醇 (TBA; t-butanol) 溶液，經 50%、70%、85%、95%、100% 進行脫水。脫水後接續進行滲蠟步驟，將固定瓶添加 100% TBA 置於 60°C 烘箱 (Firstek, Taiwan) 中，與 TBA 體積等量之蠟粒 (LEICA, surgipath paraplast)，以一小時四十五分為一單位，將總蠟粒分四次加入，並在加完最後一次的蠟粒後，放回烘箱中打開固定瓶蓋，靜置隔夜使 TBA 揮發。隔天進行埋蠟，於室溫下將樣品埋入蠟塊中，以轉動式切片機 (LEICA, RM2235, Germany) 切片，厚度為 10  $\mu\text{m}$ 。將切片後的蠟帶，置於滴有純水的載玻片上展片，並置於 40°C 加熱板上隔夜至水分完全蒸發後，進行後續脫蠟步驟。

以二甲苯 (Xylene) 進行脫蠟 30 分鐘，經 100%、95%、70%、50% 酒精序列各浸 1 分鐘，以 1% Safranin O 染色 1 小時，再以 50%、70%、95% 序列各浸泡 1 分鐘後，以 0.5% Fast green 染色 5~10 秒鐘，再浸泡 100% 酒精、二甲苯各 6 分鐘，每一濃度的浸泡，皆須以紙巾吸附多餘的溶液。最終從染缸中取出玻片，多餘的二甲苯擦拭乾淨後，滴上適量的封片膠 (Entellan, Merck)，蓋上蓋玻片 (蔡, 1975) 後，將玻片中的氣泡擠壓出，置於室溫下待封片膠乾後即可以光學顯微鏡觀察 (Axiolab, ZEISS, Germany) (蔡, 1975)。

### (三) 非洲鳳仙花與黃花鳳仙花種間雜交授粉與子房培養

105 年 5~8 月，將鮭紅色非洲鳳仙花 'Accent' 為種子親與黃花鳳仙花為花粉親，依照前述步驟進行授粉，授粉後花梗會下垂，子房變長，以此作為判斷之依據，在授粉後 5 天取下未落果之子房連同花梗，一同放入含有 1% 次氯酸鈉的漂白水 (由高樂氏漂白水含 6% 次氯酸鈉稀釋而得) 及一滴 Tween20 (展著劑) 的 50 ml 離心管中，震盪 10 分鐘，於無菌操作臺中將子房以無菌水漂洗直至無泡沫為止，僅留花梗約 5 mm，其後，放入 5 種含有不同生長調節劑組合的培養基試管中，培養基成分為 1/2 MS (Murashige and Skoog, 1962) 鹽類濃度、MS 5-6 全量，myo-inositol 100  $\text{mg L}^{-1}$ 、蔗糖 30  $\text{g L}^{-1}$ ，使用 0.01 N NaOH 與 0.01 N HCl，調整 pH 至 5.7，生長調節劑比例含量分為五種 (1) NAA 5  $\text{mg L}^{-1}$  + BA 0.1  $\text{mg L}^{-1}$ 、(2) NAA 1  $\text{mg L}^{-1}$  + BA 0.5  $\text{mg L}^{-1}$ 、(3) NAA 1  $\text{mg L}^{-1}$  + BA 1  $\text{mg L}^{-1}$ 、(4) NAA 5  $\text{mg L}^{-1}$  + BA 0.5  $\text{mg L}^{-1}$ 、(5) NAA 1  $\text{mg L}^{-1}$  + BA 5  $\text{mg L}^{-1}$ ，培養基經 121°C、1.2  $\text{kg cm}^{-2}$  高溫高壓冷卻後使用。培養時，子房基部埋入培養基中，完成後於培養室中黑暗培養。每種培養基至少培養 6 個子房，觀察子房膨大情形並於培養後的三天以及第八天切開子房觀察胚珠發育情形，使用解剖顯微鏡 (Nikon, SMZ645, Japan) 拍照記錄。

## 結 果

### 一、黃花鳳仙花、棣慕華鳳仙花、非洲鳳仙花之開花階段調查

黃花鳳仙花，由花苞轉成黃色後至開放約需 3~5 天時間，待上萼片往上開展而二側花瓣往前伸出時即進入開花的第一天；開花後的第一階段為雄花期，由五枚花絲將柱頭緊密包覆，花絲之間的裂縫細微不易拆解，花絲末端往下延伸連接五枚花藥，分布為左二枚、

右二枚以及後部一枚，此階段白色塊狀花藥尚未開裂，花藥由花絲懸掛於空中，並未和花絲內包覆住的雌蕊接觸，此時期多維持 1 天；開花後第二階段，仍為雄花期，此時的花藥已開裂，由花朵正面可見花絲下方懸掛的花藥往二側展開，露出如棉絮般白色的花粉，此時，花絲間隙變大，較開花第一階段易與柱頭分離，後期花絲會由基部與小花梗分離而自動脫落，過程中並未見到花粉沾染於柱頭之情形，受氣溫環境影響，該階段約可維持 2 天；開花第三階段，進入雌蕊期，除花絲脫落外，雌蕊未有蜜液分部或柱頭開裂之情形，僅留有子房於小花梗上 (圖 1)。

棣慕華鳳仙花於花朵發育第一階段，上部萼片往下蓋住囊狀萼片前端，距向後伸直，拆解花朵可見白色略為透明的花絲包覆柱頭，花絲共五枚彼此間的裂縫大，花絲往下延伸的末端則為花藥，此時期未見花粉；花朵發育第二階段，上萼片往上開展與囊狀萼片前端分離，視為開花第一天，花絲基部與花梗分離，此時，花藥已開裂釋放出白色略帶粉紫色之花粉，由解剖顯微鏡可觀察到柱頭前端已沾有花粉，而子房部位出現不規則突起；開花階段三，子房明顯伸長，此時，花瓣仍未掉落，花柱已明顯突出柱頭並沾有花粉 (圖 2)。

非洲鳳仙花開花第一階段雄蕊期肥厚的花絲共五枚包覆住雌蕊，花絲間隙於靠近花梗的基部部位有較大的裂縫，花絲末端與花藥緊密結合，此時期的花粉尚未釋放；開花後第二階段，雄蕊期，花藥開裂花粉釋放，此時期的花絲基部仍與花梗相連，花絲間的裂縫較第一階段較為開張，肥厚的花絲將柱頭包覆住，柱頭並未與花粉接觸；開花第三階段，雌蕊期，花絲由基部脫落，柱頭末端共五裂呈星形，並有黏液分布 (圖 3)。

## 二、黃花鳳仙花及棣慕華鳳仙花花藥開裂天數與花粉萌發率

黃花鳳仙花於開花階段二花藥已開裂可維持二天，第一天花粉萌發率為 41.3%、第二天為 11.7%；棣慕華鳳仙花於階段二僅維持一天，此時的花粉萌發率為 28.2%，於第三階段同樣維持一天，花粉萌發率為 13.8% (表 1)。

表 1. 黃花鳳仙花及棣慕華鳳仙花花藥開裂天數與花粉萌發率

Table 1. Effect of anther cracking days on pollen germination percentage of *Impatiens tayemonii* and *I. devolii*.

| Anther cracking day | Pollen germination rate (%) |                   |
|---------------------|-----------------------------|-------------------|
|                     | <i>I. tayemonii</i>         | <i>I. devolii</i> |
| 1                   | 41.3                        | 28.2              |
| 2                   | 11.7                        | 13.8              |

Value represented the mean of 3 replication.



圖 1. 黃花鳳仙花開花階段雌雄蕊構造變化。(A) 開花階段一，花朵略為開放，(B) 花絲緊密包覆柱頭，(C) 花藥未完全開裂，(D) 開花階段二，花朵開放，囊狀萼片較為立體，(E) 花藥完全開裂，花粉釋放，(F) 花絲裂縫增大，(G) 開花階段三，花朵開放，(H) 花瓣自基部脫離花梗，(I) 雌花期柱頭無蜜液。

Fig. 1. *Impatiens taymonii* flowering stage and the change of stamen and pistil. (A) The flower of stage 1, (B) Stage1, filaments covered stigma, (C) Stage1, the anther didn't crack yet, (D) The flower of stage2, (E) Stage2, the anther cracked, pollen released from anther, (F) Stage2, flower filaments covered stigma but became loose, (G) The flower of stage3, (H) Stage3, from the base of stalk, the petals dropped, (I) Stage3, female flower, the stigma didn't secrete mucus.



圖 2. 棣慕華鳳仙花開花階段與雌蕊構造之變化。(A) 開花階段一，距伸直花朵尚未完全開放，(B) 花絲緊密包覆柱頭，(C) 花藥尚未開裂無花粉分布，(D) 開花階段二，花朵開放，(E) 花絲與花梗基部分離，(F) 於花藥部位已略可看到柱頭，(G) 開花階段三，花瓣尚未掉落且子房明顯伸長，(H) 子房伸長略為膨大，(I) 柱頭前端已穿透花藥之分布區，並沾有花粉。

Fig. 2. *Impatiens devolii* flowering stage and the change of stamen and pistil. (A) Stage1, spur became straighten and flower not opening yet, (B) Stage1, filaments covered stigma closely, (C) Stage1, anthers didn't crack and didn't observe pollen distribution, (D) Stage 2, flower opening, (E) Stage 2, filaments separated from the base of stalk, (F) Stage 2, from the anther side showed a little part of stigma, (G) Stage 3, the petal had not dropped yet but can see the ovary elongation, (H) stage 3, ovary elongation and became bigger. (I) stage 3, the stigma got into the anther and contacted with pollen.

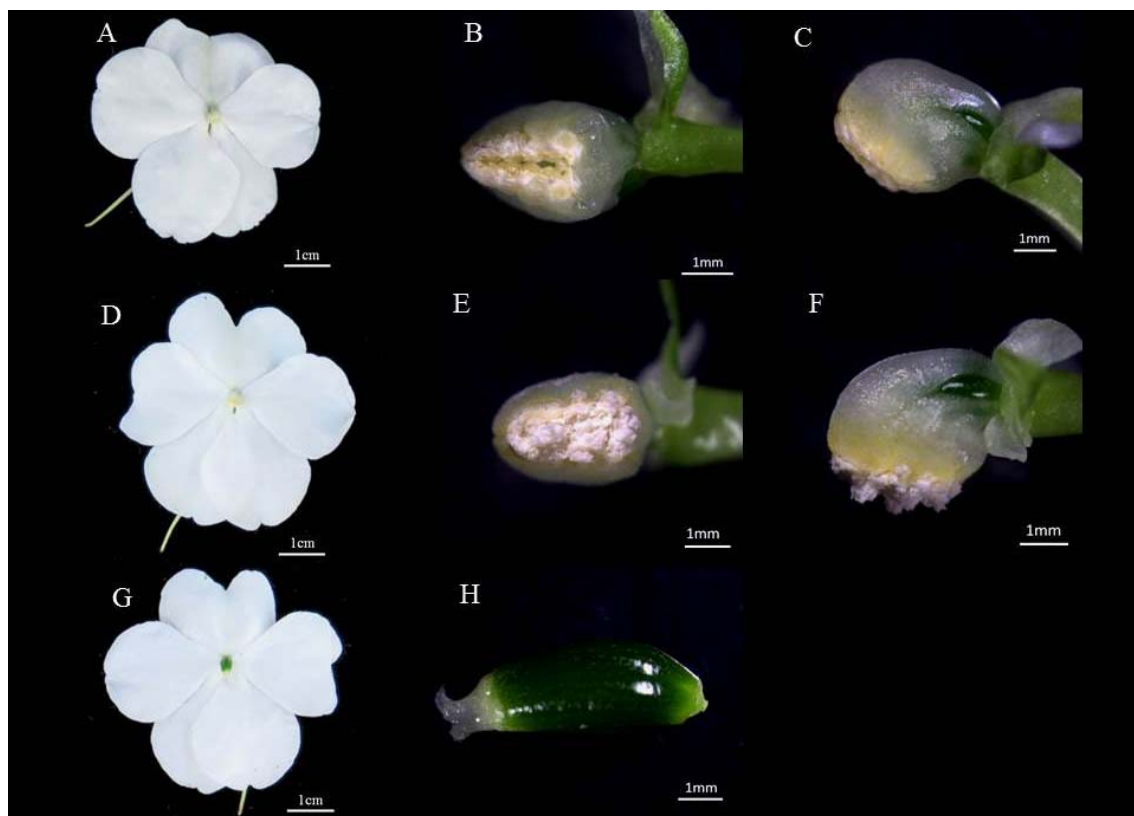


圖 3. 白色非洲鳳仙花'Accent'開花階段。(A) 開花階段一，雄蕊期花朵，花瓣略微皺摺未平整，(B) 花藥未開裂，(C) 花絲緊密包覆且未有花粉，(D) 開花階段二，雄蕊期花朵，花瓣平整，(E) 花藥開裂花粉分布，(F) 花絲緊密包覆，花粉裸露，(G)開花階段三，雌蕊期花朵，(H) 柱頭五裂並有黏液分布。

Fig. 3. *Impatiens walleriana* 'Accent' flowering stage. (A) Flowering stage one, staminate flower and petals surface are roughness, (B) The anther did not crack yet, (C) Filaments closely cover the ovary and did not observe pollen, (D) Flowering stage two, flower staminate and petals surface are flatness, (E) The anther cracked and the pollen distribution, (F) Filaments closely cover the ovary and observed pollen, (G) Flowering stage three, pistillate flower, (H) Stigma cracked into five parts and had mucilage.

### 三、非洲鳳仙花與黃花和棣慕華鳳仙花雜交試驗

#### (一) 非洲鳳仙花與黃花和棣慕華鳳仙花雜交後落果情形

鮭紅色非洲鳳仙花與黃花鳳仙花雜交於授粉後第 5.5 天落果，與棣慕華鳳仙花 5 天後落果；白色非洲鳳仙花與黃花鳳仙花雜交於授粉後第 4.9 天落果，與棣慕華鳳仙花於第 6.1 天後落果 (表 2)。

表 2. 非洲鳳仙花與原生種鳳仙花雜交後之落果時間

Table 2. Average capsule dropping time of the *Impatiens walleriana* crossed with *I. devolii* and *I. tayemonii*.

| Seed parent              | Pollen parent      | Capsule drop <sup>z</sup> (day after pollination) |
|--------------------------|--------------------|---------------------------------------------------|
| <i>I. walleriana</i> (紅) | <i>I. devolii</i>  | 5.0                                               |
|                          | <i>I.tayemonii</i> | 5.5                                               |
| <i>I. walleriana</i> (白) | <i>I. devolii</i>  | 6.1                                               |
|                          | <i>I.tayemonii</i> | 4.9                                               |

<sup>z</sup> Each cross including at least 30 fruits.

#### (二) 鮭紅色非洲鳳仙花與黃花鳳仙花受精後觀察

鮭紅色非洲鳳仙花'Accent'與黃花鳳仙花雜交，於授粉後第 3 天，可觀察到合子後已極化的原胚 (圖 4A)或是部分尚處於具有助細胞及卵的未受精階段 (圖 4D);授粉後 6 天，除可觀察到原胚 (圖 4B)，另也觀察到一個球型胚，然而胚內部並未觀察到胚乳的存在 (圖 4E);授粉後第 8 天，胚囊內多呈現空心，於珠孔端有類似卵或是原胚的黑色模糊沉澱物 (圖 4C)，另也有類似未受精階段的胚囊內部構造，然而，此時胚囊內空腔佔有多數體積，助細胞輪廓模糊 (圖 4F)。

#### (三) 鮭紅色非洲鳳仙花與黃花鳳仙花種間雜交授粉與子房培養

鮭紅色非洲鳳仙花'Accent'與黃花鳳仙花雜交，子房培養 8 天後皆可觀察到子房膨大的現象，除了 NAA 1 mg L<sup>-1</sup> + BA 0.5 mg L<sup>-1</sup> 所培養的子房膨大處位於基部 (圖 5B)，其餘皆呈現均勻膨大的情形；於同一時間，將子房培養之胎座連同胚珠一同取出，觀察到多數胚珠均已褐化或黑化，僅 NAA 5 mg L<sup>-1</sup> + BA 0.1 mg L<sup>-1</sup> 的培養基組合，子房內部胚珠褐化比例較低 (圖 5F)。



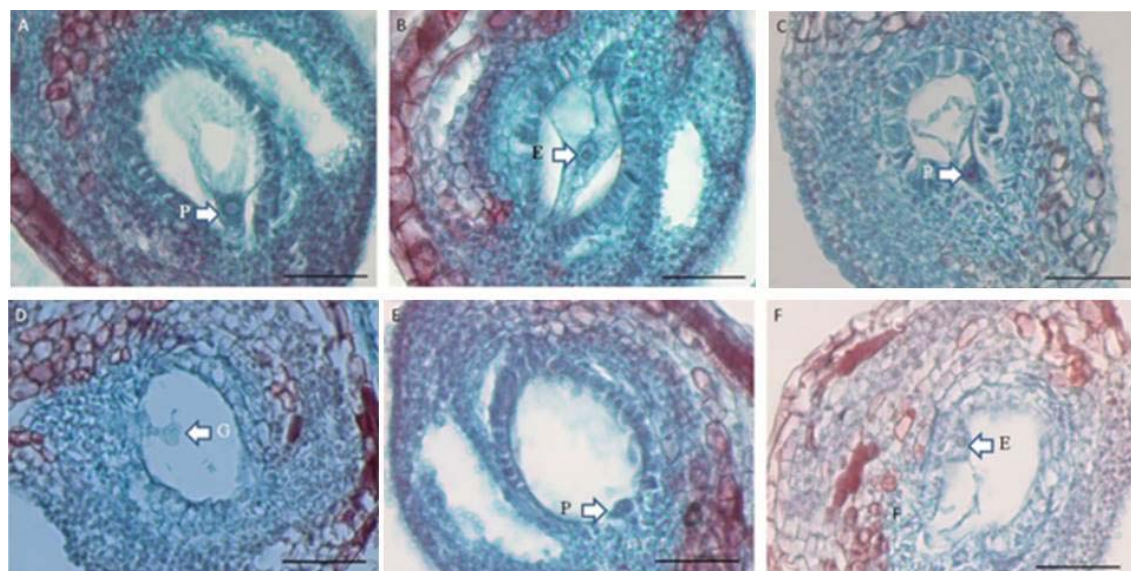


圖 4. 鮭紅色非洲鳳仙花'Accent'與黃花鳳仙花雜交胚發育。(A) 授粉後三天之原胚，(B) 授粉後三天未授精胚囊，(C) 授粉後六天原胚，(D) 授粉後六天之球形胚胚囊內無胚乳，(E) 授粉後八天原胚胚囊內無胚乳，(F) 授粉後八天未授精卵。E = 卵； G = 球形胚； P = 原胚。

Fig. 4. The development of embryo which used *Impatiens walleriana* 'Accent' salmon red to cross with *I. tayemonii*. (A) Pollination after 3 days, proembryo stage, (B) Pollination after 3days, egg stage, (C) Pollination after 6 days, proembryo stage, (D) Pollination after 6 days, globular stage had no endosperm, (E) Pollination after 8 days, proembryo stage and no endosperm, (F) Pollination after 8 days, egg stage. E = Egg; G = goulbar embryo; P = proembryo.

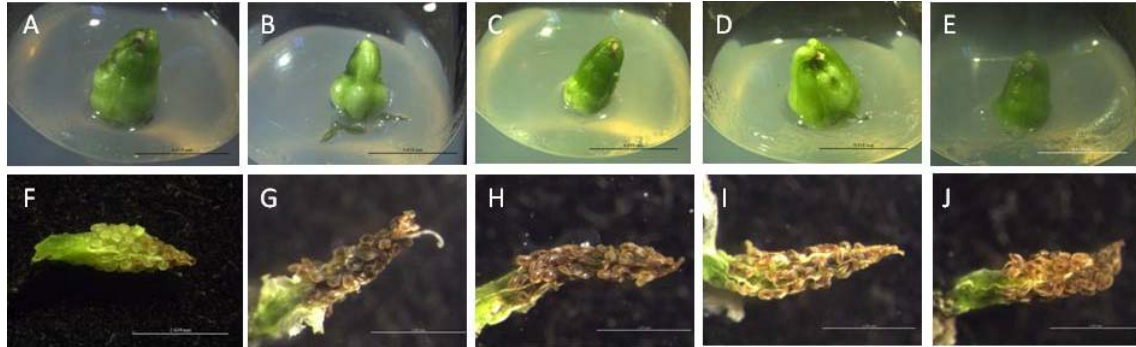


圖 5. BA、NAA 的濃度對鮭紅色非洲鳳仙花 × 黃花鳳仙花子房及胚珠發育之影響。(A、F) NAA 5 mg L<sup>-1</sup> + BA 0.1 mg L<sup>-1</sup>, (B、G) NAA 1 mg L<sup>-1</sup> + BA 0.5 mg L<sup>-1</sup>, (C、H) NAA 1 mg L<sup>-1</sup> + BA 1 mg L<sup>-1</sup>, (D、I) NAA 5 mg L<sup>-1</sup> + BA 0.5 mg L<sup>-1</sup>, (E、J) NAA 1 mg L<sup>-1</sup> + BA 5 mg L<sup>-1</sup>。(A - E) 子房培養八天後膨大情形，(F - J) 子房培養八天後胚珠生長情形。

Fig. 5. The effect of different BA and NAA concentration on the ovary culture of *Impatiens walleriana* (salmon red) × *Impatiens tayemonii*. (A, F) NAA 5 mg L<sup>-1</sup> + BA 0.1 mg L<sup>-1</sup>, (B, G) NAA 1 mg L<sup>-1</sup> + BA 0.5 mg L<sup>-1</sup>, (C, H) NAA 1 mg L<sup>-1</sup> + BA 1 mg L<sup>-1</sup>, (D, I) NAA 5 mg L<sup>-1</sup> + BA 0.5 mg L<sup>-1</sup>, (E, J) NAA 1 mg L<sup>-1</sup> + BA 5 mg L<sup>-1</sup>. (A - E) Ovaries after culture 8 days, (F - J) Ovules after ovary culture 8 days.

## 討 論

### 一、黃花鳳仙花、棣慕華鳳仙花、非洲鳳仙花開花階段調查

雌雄同花為鳳仙花屬植物之特徵，雄蕊期較雌蕊期早，雄蕊的上部花絲長度較下部長並且連接花藥，而花藥壁會相互黏合，整體構造花藥朝下，而不與內部柱頭接觸 (Fischer, 1822)。然而，亦有部分鳳仙花屬植物具有閉花授粉特性 (Waller, 1983; Shemske, 1978; Kulawiec *et al.*, 1996)。

黃色為目前商業上的非洲鳳仙花品種所欠缺的 (Uchneat, 2007)；黃花鳳仙花於囊狀化的萼瓣側邊有螢光粉紅色之線狀條斑分布相當豔麗，花器構造精巧特別，然而，多著生於葉片下方，較難被注意到。黃花鳳仙花於花朵發育過程中，花苞階段至開花後一天，花藥皆尚未開裂，直至花粉釋出，柱頭與花粉之間皆由花絲將兩者隔離、不相接處，此時期大多維持二天花絲即開始脫落，柱頭裸露進入雌花階段，試驗過程中尚有發現花絲連同花粉掉落於囊狀萼片，其後柱頭有接觸到花粉的情形，因此認為黃花鳳仙作為種子親時應於花藥未開裂時除雄較為適宜，

棣慕華鳳仙花為總狀花序，花型小巧且精緻，著生於莖頂，開放時相當明顯，具有囊



狀的下萼片，無論在花朵、花序形態與非洲鳳仙花相差甚遠。棣慕華鳳仙花花朵一旦開放即可見柱頭已伸入成熟且開放的花藥中並沾有自身的花粉，此觀察結果與王 (2010)於梅峰地區觀察棣慕華鳳仙花花朵發育的結果一致，顯見其為自交作物，與蕭 (2000)觀察到棣慕華鳳仙花遺傳變異極低，且族群內幾乎沒有遺傳變異的現象相互呼應；因此，棣慕華鳳仙花於人工授粉時，應於花苞時期除雄並套袋，隔日即可授粉。

非洲鳳仙花花器由花瓣五枚、萼片三枚組成，花朵形態平坦，花形圓整，為重要的花壇作物。花絲部位肥厚多汁，將花藥與花粉隔離，且花絲脫落進入雌花階段的第一天，柱頭前端尚未開裂且未有黏液分布，因此，非洲鳳仙花作為親本應可不必進行除雄。於非洲鳳仙作為花粉親方面，非洲鳳仙花花朵完全開放後多需等待 1~2 天才可見花藥開裂花粉釋放，在夏季溫度高的時期甚至未見花粉，雄蕊花藥緊閉皺縮，數天後掉落，進入雌蕊期；相似的結果在顧等 (2011)的研究指出高溫 (34°C)會導致非洲鳳仙花花粉萌發率顯著降低。而在開花天數與花粉萌發率方面非洲鳳仙花'Super Elfin'於花朵，以及花朵開放初期有較佳的萌發率 (顧等, 2011)，非洲鳳仙花'Accent rose'花藥開裂後開花天數對於花粉萌發率差異不大，又以花藥開裂的第二天較高。

## 二、黃花鳳仙花及棣慕華鳳仙花花藥開裂天數與花粉萌發率

植物授粉授精過程中，花粉於柱頭上萌發並藉由花粉管將精細胞送至胚珠。以體外培養的方式檢測花粉萌發率有助提高授粉後之著果率。試驗中黃花鳳仙花以及棣慕華鳳仙花之花粉均於花藥開裂第一天有較佳的花粉萌發率，可能與花粉活力受溫度、濕度、基因、花朵年齡、植株狀態等影響有關 (Johriand and Vasil, 1961)。

## 三、非洲鳳仙花與黃花和棣慕華鳳仙花種間雜交與子房培養

非洲鳳仙花'Accent'與黃花鳳仙花、棣慕華鳳仙花雜交授粉後皆出現子房脫落、無法順利產生種子的現象，證實種間雜交具有障礙；Arsumi (1980)進行非洲、印度以及新幾內亞三個地理區位之間的鳳仙花植物雜交，蒴果平均在授粉後的 4-7 天脫落，此外，由區域內鳳仙花雜交之親和性，推估非洲以及印度的鳳仙花屬植物演化相當早；因此，試驗中非洲鳳仙花與台灣原生棣慕華鳳仙花、黃花鳳仙花種間雜交障礙之原因應和地理隔閡以及演化的差異有關。

種間雜交落果現象在桃屬 (*Prunus*) (Liu et al., 2007)、麒麟花 (*Euphorbia milii*) 等皆曾有相關報導；以非洲鳳仙花為種子親與黃花鳳仙花雜交，授粉後 3 天胚珠狀態為原胚期或是無受精狀態，於授粉後 6 天，摘取仍在植株上之子房進行切片，胚珠狀態停留在原胚階段，而以鮭紅色非洲鳳仙花為母本的切片圖中，有觀察到球形胚，然而，此時胚囊內已無胚乳，掛果 8 天的子房切片，胚珠內部空洞且胚囊內部細胞已降解，輪廓相當模糊，推測胚珠開始敗育與子房落果時間點相當接近，取授粉後 3 天至 6 天的胚珠或子房進行培養應較為適當，而導致非洲鳳仙花與黃花鳳仙花雜交胚敗育的原因似乎與胚乳發育異常、崩解有關；此現象會抑制養分供給 (Baskin and Baskin, 2005)，在蕓苔屬 (*Brassica*) (Grubor et al., 1998)、風鈴草屬 (*Campanula*) (Roper et al., 2015)種間雜交胚囊內部發育狀況皆曾出現類

似的情形。

太過幼小的胚直接進行培養會造成發芽率低 (Cai *et al.*, 2015)或是不易與母體分離(王等, 2006)等問題, 試驗中所採取授粉後五天之胚珠尚處於原胚階段, 且子房內胚珠分布緊密易造成損傷, 因此嘗試使用子房進行培養。

培養基種類為影響胚拯救成功與否的重要因子。有報導指出低濃度的 Auxin 對於胚發育有促進作用, 然而高濃度卻會造成胚萌發受到抑制甚至長出癒傷組織 (Raghavan and Srivastava, 1982); 然而, 以鮭紅色非洲鳳仙花為母本與黃花鳳仙花雜交, 子房於培養後八天均有膨大, 以  $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NAA} + 0.1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{ BA}$  較其他比例的生長調節劑組合內部褐化速率較慢; 在繡球花屬 (*Hydrangea*) 種間雜交子房培養中以  $1/2\text{MS} + 1\text{mg} \cdot \text{L}^{-1} 6\text{-BA} + 1\text{mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NAA}$  培養七天後誘導癒傷組織, 再繼代至無生長調節劑的培養基中有最佳的小植株生成率 (Cai *et al.*, 2015), 獼猴桃屬 (*Actinidia*) 植物種間雜交胚珠培養, 於球形胚及心臟形胚以前不添加任何生長調節劑, 可有最佳胚珠存活率 (Hirsch, 2001), 而於印度、非洲與新幾內亞地區鳳仙花屬種間雜交中的 66 個組合採用  $1\text{mg L}^{-1} \text{ NAA}$  混合  $1\text{mg L}^{-1} \text{ BA}$  成功使 38 個組合的胚珠萌芽 (Arsumi, 1985), 採用同樣的生長調節劑濃度組合於黃花鳳仙花與非洲鳳仙花 'Accent rose' 種間雜交胚培養, 胚珠於 20 天內全數褐化 (王, 2010), 由以上結果得知, 使用生長調節劑的種類、比例隨不同物種、不同雜交組合有極大的差異 (Sharma *et al.*, 1996), 在鮭紅色非洲鳳仙與黃花鳳仙子房培養上, 或許以 Auxin 高於 BA 的比例再進行微調並減短繼代時間, 有助提升成功率。

培養過程中子房內的胚株褐化、敗育情形多由柱頭端往基部部位進行, 推測可能為次氯酸鈉滅菌消毒後未切除受傷的部位所致; 試驗中採用子房培養之方式雖然子房皆有出現膨大, 但往往內部胚珠已開始敗育, 在未來研究中採用胚珠培養, 或是胚珠連同胎座培養會更有利於觀察及紀錄。

## 致 謝

試驗期間感謝森林系 廖學儀學長協助雪霸國家公園觀霧園區原生鳳仙花植株調查並提供許多植株生長習性的資訊; 感謝台中改良場埔里分場研究員 洪惠娟學姐協助蒐集試驗所需的台灣原生鳳仙花種質材料, 使試驗得以順利進行, 在此表示謝忱。

## 參 考 文 獻

王一霖。2010。鳳仙花屬植物之種間雜交障礙。國立台灣大學園藝學系研究所碩士論文。pp. 37、91。

- 王丹菲、代漢萍、雷家軍。2006。百合種間雜種胚離體培養研究。北方園藝 4: 157-159。
- 陳錦木、李窓明、葉德銘。2011。台灣花壇植物現況與展望。綠色城市與花卉產業國際研討會論文集。國立台灣大學園藝學系編印。pp. 154-167。
- 蔡淑華。1975。植物組織切片技術綱要。茂昌圖書有限公司。72 pp.。
- 蕭詩馨。1999。台灣產鳳仙花屬(鳳仙花科)植物同功酶變異之研究。國立台灣大學植物學研究所碩士論文。75 pp.。
- 顧亞東、張華麗、張西西。2011。非洲鳳仙花粉萌發條件及花粉活力研究。北方園藝 6: 65-67。
- Arsumi, T. 1980. *In vitro* culture of embryos and ovules of certain in compatible selfs and crosses among *Impatiens* species. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105: 629-631.
- Arsumi, T. 1985. Rescuing abortive *Impatiens* hybrids through aseptic culture of ovules. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110: 273-276.
- Baskin, C. C. and J. M. Baskin. 2005. Underdeveloped embryos in dwarf seeds and implications for assignment to dormancy class. Seed Sci. Res. 15(4): 357-360.
- Brewbaker, J. L. and H. K. Beyoung. 1963. The essential role of calcium ion in pollen germination and pollen tube growth. Am. J. Bot. 50(9): 859-865.
- Cai, M., K. Wang, L. Luo, H. T. Pan, and Q. X. Zhang. 2015. Production of interspecific hybrids between *Hydrangea macrophylla* and *Hydrangea arborescens* via ovary culture. HortScience 50(12): 1765-1769.
- Fischer, E. 2004. Balsaminaceae. In: Kubitzki, K. (ed.). Families and Genera of Vascular Plants, vol. 6. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. pp. 20-25.
- Grey, W. C. 1983. A survey on *Impatiens* in cultivation. Plantsman 5: 86-102.
- Grubor, K. I., M. A. Stephen, and F. Larrey. 1998. Comparative morphological study of zygotic and microspore-derived embryos of *Brassica napus* L. as revealed by scanning electron microscopy. Ann. Bot. 82: 157-165.
- Hirsch, A. M., R. Testolin, S. Brown, J. Chat, D. Fortune, J. M. Bureau, and D. D. Nay. 2001. Embryo rescue from interspecific crosses in the genus *Actinidia* (kiwifruit). Plant Cell Rep. 20: 508-516.
- Huang, T. C. 1977. Balsaminaceae. In: H. L. Li, T. S. Liu, T. C. Hung, T. Koyama, and C. E. Devol (eds.). Flora of Taiwan v. 3 Angiospermae. Epoch, Taipei, Taiwan. pp. 599-604.
- Johriand, B. M. and I. K. Vasil. 1961. Physiology pollen. Bot. Rev. 27(3): 325-337.
- Kulawiec, M., E. Teske, and R. Snieszko. 1996. The selfcompatibility in *Impatiens balsamina* (a long day variety). Acta. Soc. Bot. Pol. 65(1-2): 107-109.
- Liu, W., X. Chen, G. Liu, Q. Liang, T. He, and J. Feng. 2007. Interspecific hybridization of *Prunus persica* with *P. armeniaca* and *P. salicina* using embryo rescue. Plant Cell Tiss. Org

88(3): 289-299.

- Raghavan, V. and P. S. Srivastava. 1982. Embryo culture. In: B. M. Johri (ed.). Experimental embryology of vascular plants. Springer Verlag. Berlin. pp. 195-230
- Roper, A. C., H. Lutken, B. Christensen, K. Boutilier, K. K. Petersen, and R. Muller. 2015. Production of interspecific *Campanula* hybrids by ovule culture: exploring the effect of ovule isolation time. *Euphytica* 203: 643-657.
- Sharama, D. R., R. Kaur, and K. Kumar. 1996. Embryo rescue in plants – A review. *Euphytica* 89: 325-337.
- Shemske, D. W. 1978. Evolution of reproductive characteristics in *Impatiens* (Balsaminaceae): the significance of cleistogamy and chasmogamy. *Ecology* 59(3): 596-613.
- Uchneat, M. S. 2007. *Impatiens: Impatiens wallerana*, In: N. O. Anderson (ed.). Flower breeding and genetics: issues, challenges and opportunities for the 21 centry. Springer. Dordrecht. Netherland. pp. 277-299.
- Waller, D. M. 1983. Differences in fitniss between seedlings derived from cleistogamous and chasmogamous flowers in *Impatiens capensis*. *Evolution*. 38(2): 427-440.

## Interspecies Hybridization Barriers of *Impatiens* and Ovary culture

Ting-Yu Lin <sup>1)</sup> Ching-An Chiu <sup>2)</sup> Chen Chang <sup>3)</sup>

Key words: *Impatiens walleriana* · *Impatiens tayemonii* · *Impatiens devolii*

### Summary

The flower characters or color of native *Impatiens* in Taiwan is distinctive. The purpose of this research was tried to use *Impatiens devolii* and *I. tayemonii* as pollen parent to hybride with *I. walleriana* which was the important winter bedding plants in Taiwan. For *I. devolii*, during the period of initial flower bloom, the stigma will grow and reach into the anther. However, the stamen of *I. tayemonii* and *I. walleriana* will fall off and then pistil mature. The capsules which used *I. walleriana* 'Accent' salmon and white color to cross with *I. tayemonii* and *I. walleriana* were dropped, after the flowers pollinated four to six days. Anatomical pictures showed that the embryo sacs were empty after the flowers pollinated eight days. In some case, after eight days could find global embryo but in these embryo sacs had no endosperm. Using different ratio of plant growth regulators to conduct ovary culture, the browning will slow down if using  $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  NAA+  $0.1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ . In the future, fine tuning the concentration of this ratio and shorting the subculture time should be the methods which we can try.

---

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

2) Associate Professor, Department of Forestry, National Chung Hsing University.

Associate research fellow and adjunct division chief, Research and Development Division, Experimental Forest/Department of Forestry, National Chung Hsing University.

3) Associate Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University,  
Corresponding author.



## 金門產野百合綠熟果播種與育苗

錡 虹 汝<sup>1)</sup> 陳 俊 源<sup>1)</sup> 張 正<sup>1、2)</sup>

關鍵字：野百合、無菌播種、種子發芽、出葉率

**摘要：**金門產野百合其黃熟蒴果內有效種子數少，採集綠熟果進行水洋菜無菌播種，種子於播種後 2 週可見胚根已突破種皮，胚軸已伸長，第三週可見胚軸末端明顯膨大。播種後 4 週之胚軸末端內部解剖已可見胚芽及子葉鞘拉長，5 週時可看出子葉鞘持續增厚，胚芽仍於胚芽鞘中，野百合種子發芽型態為快速地中發芽型。播種後 4 週之發芽種子，以蛭石層積法於 20℃ 生長箱中培養兩個月，後續移至金門植物園育苗室栽培，移植後 16 週其出葉率為 61%，並於 22 週時達 100%，於第一生長季時約 11000 苗株出葉。建立金門產野百合育苗流程，並探究種子苗發育型態，為提供野百合育苗繁殖方針與策略。

### 前 言

金門原生百合由呂 (2011) 鑑定為野百合 (*Lilium brownii* F. E. Brown ex Mieliez)，野百合於中國大陸分布甚廣，各族群之親源遠近具差異性 (Huang *et al.*, 2009)。野百合為中國大陸之蔬菜作物，兼具藥用價值 (汪和唐, 1980；龍等, 1999)，傳入日本則重於花卉觀賞性為主 (Okubo, 2012)。野百合於金門地區之個體數量不多且增加緩慢 (謝, 2013；楊, 2014)，以組織培養進行鱗片增殖 (謝, 2013)，或鱗片薄層培養 (楊, 2014) 建立繁殖方法。種子繁殖可維持野外族群多樣性，其後代可供育種改良 (謝, 2013)。鐵炮型百合之果實轉黃熟仍未開裂時，即可採收待其果實自然風乾開裂後，收集具線胚種子以播種 (許等, 2002；蔡, 2001；張等, 2015)。野百合黃熟階段之蒴果中有效種子少，於果實呈綠色時採收，可獲得較多種子，考量種子成熟度而採無菌播種期望提高成苗率。百合科種子以無菌播種加速發根，促進小鱗莖形成 (許等, 2002)，多數種子發芽屬忌光性 (趙, 1995)，謝等 (2013) 提出金門產野百合黃熟種子於 25℃ 黑暗環境下發芽為佳 (謝, 2013)。然而百合種子發芽

---

1) 國立中興大學園藝學系研究生、前研究生、副教授。

2) 通訊作者。

型態不同，影響其育苗時程長短。

以種子發芽型態分為地上型 (epigeal germination)，和地中型或地生型 (hypogeal germination) (Comber, 1949)。其中地中發芽型其依發芽快慢分為兩類，迅速發芽型稱為快速發芽 (immediate)；需於特定條件下，且經一段長時間才萌發型為延遲發芽 (delayed)。野百合種子為地中快速發芽型 (Comber, 1949)，於秋天播種為佳 (龍等, 1999)，地中發芽型之子葉於土中時養分來源為胚乳，其種子萌發前胚芽未分化 (劉等, 1992)，地中發芽型百合之真葉需經長時間，才會長出土表 (許等, 2002)。臺灣百合因其早熟性，播種後一年可開花 (蔡, 2001)，故張等 (2015)以野採風乾種子播種後，經濕冷層積 30 天後栽培，建立完整育苗系統。

金門野百合雖已有種子培養條件及增殖相關之研究，但未有建立育苗方法等。故本文使用野外採集金門產野百合綠熟果種子進行水洋菜無菌播種，探究其種子發芽型態及內部解剖，而發芽種子經蛭石層積培養，期望改善出葉之情況，建立播種至育苗之方法。

## 材 料 與 方 法

### 一、採集果實

野百合原生於金門縣太武山、植物園、花崗石醫院旁小路及裸岩區，採集自然結實綠熟果，並且標明採集地點和總計各區採集果實數量。

### 二、無菌播種

將採集之綠熟果果梗端修剪後，以清水將果實外部清洗，接續以 75%酒精擦拭，再使用 6%次氯酸鈉 (CLOROX, USA)添加 1 滴 Tween 20 震盪搖晃滅菌 20 分鐘，經無菌水漂洗 3 次至澄清無泡。以解剖刀切除果實頂端與近果梗端，依循蒴果心皮接合處 3 稜切開，以鑷子取出種子後將其平均鋪於經高溫高壓滅菌過的水洋菜 ( $8\text{ g L}^{-1}$ )培養基中，每皿接種 40-50 粒種子，以石蠟膜 (Parafilm M)封妥後，置於溫度  $25\pm 1^\circ\text{C}$ ，遮光黑暗中培養 1 個月。

### 三、培養基配製

水洋菜培養基為 2 次蒸餾水每升添加 8 g 洋菜 (Agar)，以血清瓶裝填培養基。經滅菌釜  $121^\circ\text{C}$ 、 $1.2\text{ kg cm}^{-2}$  高溫高壓滅菌 15 分鐘。滅菌完成後，於無菌操作臺將培養基分裝倒至  $90\text{ mm} \times 15\text{ mm}$  的塑膠培養皿中 (PETRI DISH, Alpha Plus Scientific Corp.)，每個培養皿分裝 25 ml，冷卻後備用。

### 四、種子發芽型態與石蠟切片觀察

於 2016 年 8 月 9 日原生地採集自然結實果，以水洋菜為培養基，進行綠熟果無菌播種，取樣培養 2、3、4、5 週的野百合發芽種子並拍照記錄。培養 2 週之樣品切取胚軸段，3、4、5 週樣品則切取長 5 mm (自小鱗莖基部至胚軸處之總長)為材料。將材料固定於 FAA 中 (50%酒精：醋酸：福馬林 = 18:1:1)並以抽氣幫浦靜置抽氣，直至樣品沉至底部後，以



50%酒精清洗3次，再以50%、70%、85%、95%、100%三級丁醇 (t-butanol, TBA)置換脫水。脫水後接續進行滲蠟步驟，將固定瓶添加100% TBA 置於60℃烘箱 (Firstek, Taiwan) 中，與TBA體積等量之蠟粒 (LEICA, surgipath paraplast)，以1小時45分為一單位，將總蠟粒分4次加入，並於最後多加一次的蠟粒量，最終回於烘箱中打開固定瓶蓋，靜置隔夜使TBA揮發。

隔天進行埋蠟，於室溫下將樣品埋入蠟塊中，以轉動式切片機 (LEICA, RM2235, Germany)切片，厚度為10 μm。將切片後的蠟條，置於滴有純水的載玻片上展片，並置於40℃加熱板上隔夜至水分完全蒸發後，進行後續脫蠟步驟。以二甲苯 (Xylene)進行脫蠟30分鐘，經100%、95%、70%、50%酒精依序各濃度浸1分鐘，以1% Safranin O 染色1小時，再以50%、70%、95%酒精序列各浸泡1分鐘後，以0.5% Fast green 染色5-10秒鐘，再浸泡100%酒精、二甲苯各3分鐘，每一濃度的浸泡，皆須以紙巾吸附多餘的溶液。最終從染缸中取出玻片，多餘的二甲苯擦拭乾淨後，滴上適量的封片膠 (Entellan, Merck)，蓋上蓋玻片後，將玻片中的氣泡擠壓出，置於室溫下待封片膠乾後即可以光學顯微鏡觀察 (Axiolab, ZEISS, Germany)並拍照 (CCD 影像系統 Prog Res CF scan, Germany)記錄 (蔡，1975)。

#### 五、發芽種子層積培養與育苗

將採集綠熟果階段之自然結實果實，以無菌播種法將種子平鋪培養於水洋菜培養基中1個月，於2015年08月將胚軸末端膨大之發芽種子，培養於蛭石 (南海3號)：水 (v/v) =5:1的介質中，塑膠盒為容器，並以塑膠袋包覆保濕，其上方戳孔以保持通氣，於20±1℃生長箱黑暗環境下培養兩個月。於2個月後2015年10月下旬將此批材料移至金門植物園溫室中移地栽植，於72格穴盤 (直徑4.2 cm × 高3.8 cm)中，介質為泥炭土 (Peltracom，扦插用介質，白泥炭，比利時)，並於移植後10、12、14、16、18、22週清點出葉單株的總數及計算出葉率。

## 結 果

### 一、採集自然結實果

於金門植物園、花崗石醫院旁裸岩及小路、太武山三個棲地採集綠熟果實，此階段果實呈綠色、未開裂，經組織培養技術之無菌播種法，以水洋菜為培養基培養。本次自然結實果共採集234顆，經水洋菜無菌播種共培養24190個種子。

### 二、種子發芽後發育態形態及內部解剖

播種後2週可見胚根已突破種皮 (圖1A)，胚軸拉長生長 (圖2A)，子葉中段伸長，播種後3週可於末端可見根系 (圖1B)，解剖可見胚軸近胚根末端子葉鞘膨大 (圖2B)。播種後4週末端形成米粒大之細小鱗莖 (圖1C)，解剖圖可見子葉鞘拉長，末端形成一腔

室，內為胚芽之構造，而此腔室稱為胚芽腔 (圖 2C)。播種後 5 周可見末端胚根持續伸長發育 (圖 1D)，解剖可知內部胚芽膨大抽長生長，而子葉鞘持續生長增厚，小鱗莖更為肥大 (圖 2D)，但可見種子之種皮已皺縮，而此時子葉前端吸器結構仍於種子中未脫離胚乳 (圖 1D)。

### 三、發芽種子層積培養後之育苗及出葉率

將無菌播種培養 4 週後獲得之自然結實果發芽種子(圖 1C)，利用  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  蛭石層積培養 2 個月後，即移往金門植物園上穴盤栽植。從蛭石中挑出米粒大之小鱗莖，可見有殘留部分種子已乾扁，子葉中段乾萎，多數小鱗莖已脫離種子，可見胚根伸長 (圖 3A)。將種子苗上盆栽植於 72 格穴盤 10 週後部分可見出葉 (圖 4B)，此時僅 9% 的小鱗莖出葉 (圖 4)，移植 13 週後苗株生長速度不一，少數已有 2 至 3 片葉，但其餘仍剛出葉(圖 3C)，從出葉率可知多數未出葉 (圖 4)。後於移植 16 週時出葉率達 61.64% (圖 4)，此時大部分植株葉片已展開，具 2 至 3 片葉 (圖 3D)，於 22 週出葉率可達到 100%(圖 4)。移植 25 週時苗株皆具有 3 至 4 片葉 (圖 3E)，於金門植物園育苗室中苗株栽植於 72 格穴盤之出葉情況 (圖 3F)，並清點共計 11017 株苗。

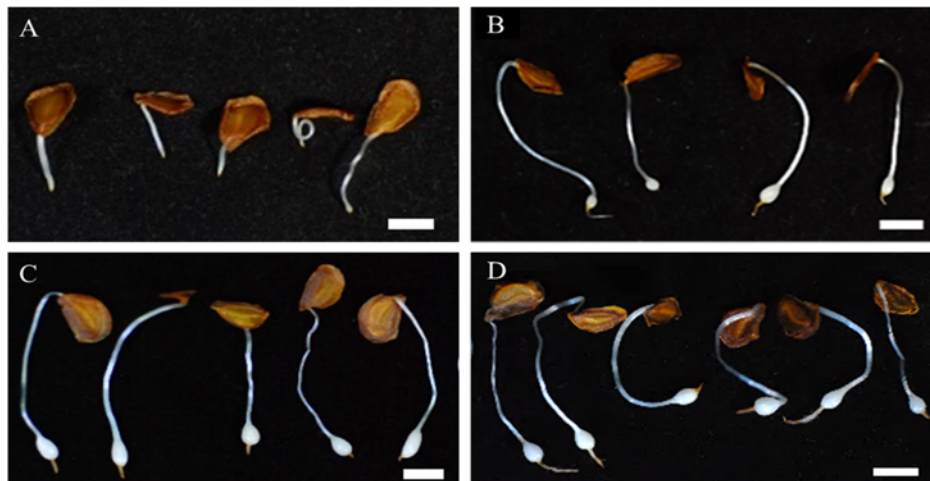


圖 1. 金門野百合種子無菌播種後其小鱗莖發育形態。(A) 播種後 2 週，胚根突破種皮，(B) 播種後 3 週，胚軸拉長且末端膨大，(C) 播種後 4 週，(D) 播種後 5 週，胚軸前端為吸器構造仍埋於種子中。(Bar = 2.5 mm)

Fig. 1. The morphology of *Lilium brownii*'s bulblet formation through sowing seed in vitro after different weeks. (A) Two weeks after sowing, radical emerges from seed coat. (B) Three weeks after sowing, the end of the hypocotyl enlarges and the hypocotyl elongates. (C) Four weeks after sowing. (D) Five weeks after sowing, the haustorium at the fore-end still remained inside the seed. (Bar = 2.5 mm)

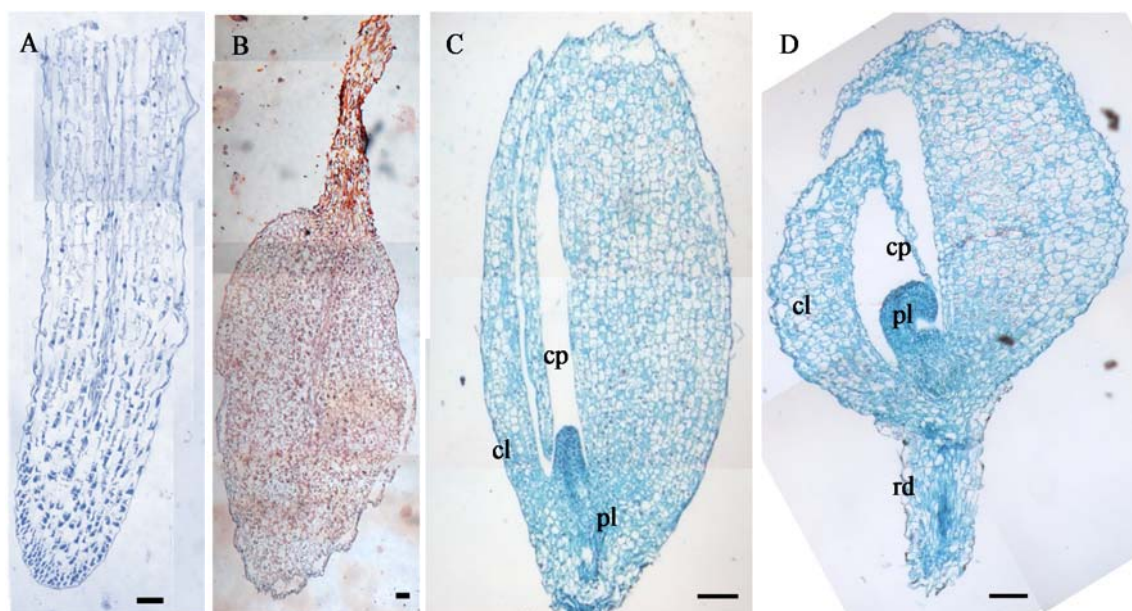


圖 2. 金門野百合種子無菌播種後小鱗莖發育其內部解剖。(A) 播種後 2 週之胚根 (Bar = 0.1 mm)，(B) 播種後 3 週胚軸末端膨大 (Bar = 0.1 mm)，(C) 播種後 4 週，子葉鞘拉長形成胚芽腔，且胚芽拉長 (Bar=0.2 mm)，(D) 播種後 5 週，鱗莖肥大且子葉膨大 (Bar = 0.2mm)。(radicle, rd, 胚根；plumule, pl, 胚芽；coleoptile, cl, 子葉；the cavity of plumule, 胚芽腔)

Fig. 2. The histology of *Lilium brownii*'s bulblet formation through sowing seed in vitro after different weeks. (A) The radicle after sowing two weeks (Bar = 0.1 mm). (B) The enlargement in end of the hypocotyl (Bar = 0.1 mm). (C) Four weeks after sowing, coleoptile (cp) elongates, forms the cavity of plumule (cp), and plumule (pl) enlarges (Bar = 0.2 mm). (D) Five weeks after sowing, bulblet and coleoptile enlarge (Bar = 0.2 mm). Rd: radicle; pl: plumule, cl: coleoptile, cp: the cavity of plumule.



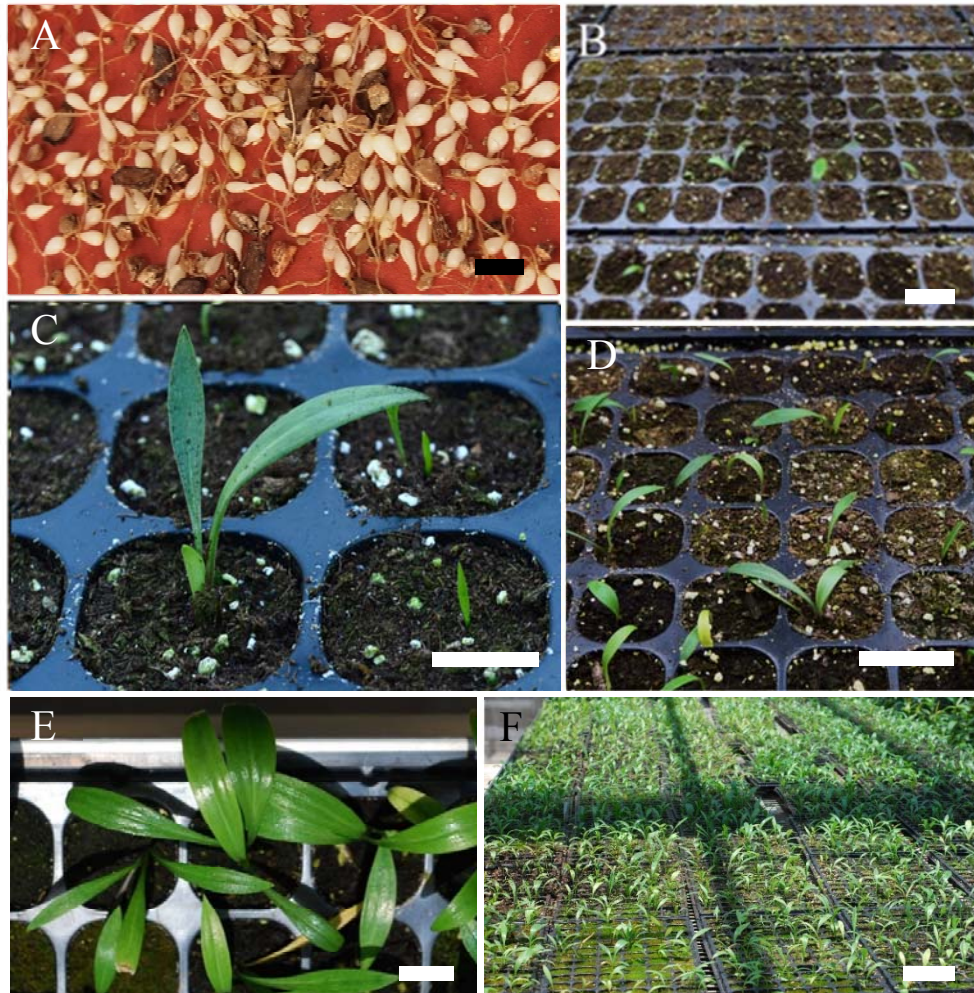


圖 3. 金門野百合自然結實果發芽種子經蛭石層積後，於金門植物園育苗室中栽培一個生長季。(A)種子苗經蛭石層積 2 個月 (Bar=2 cm)，(B) 於 72 格穴盤栽培 10 週 (Bar=4 cm)，(C) 於 72 格穴盤栽培 13 週之出葉情形 (Bar=2 cm)，(D) 於 72 格穴盤栽培 15 週之出葉情形 (Bar=4 cm)，(E) 於 72 格穴盤栽培 25 週，具有 3 至 4 片葉 (Bar=2 cm)，(F) 於 72 格穴盤栽培 25 週之出葉情形 (Bar=10 cm)。

Fig. 3. The germinating seed of *L. brownii* grows for a growth season at Kinmen botanical garden's green house after stratification in vermiculite. (A) the seedling is cultivated in stratification after 2 months. (Bar = 2 cm). (B) growing in 72-plug tray for 10 weeks (Bar=4 cm). (C) the leaf emergence of *L. brownii* grows in 72-plug tray for 13 weeks (Bar=2 cm). (D) growing in 72-plug tray for 15 weeks (Bar=4 cm). (E) after transplanting 25 weeks, the plantlet with 3-4 leaves (Bar=2 cm). (F) the leaf emergence of *L. brownii* growing in 72-plug tray for 25 weeks (Bar=10 cm).

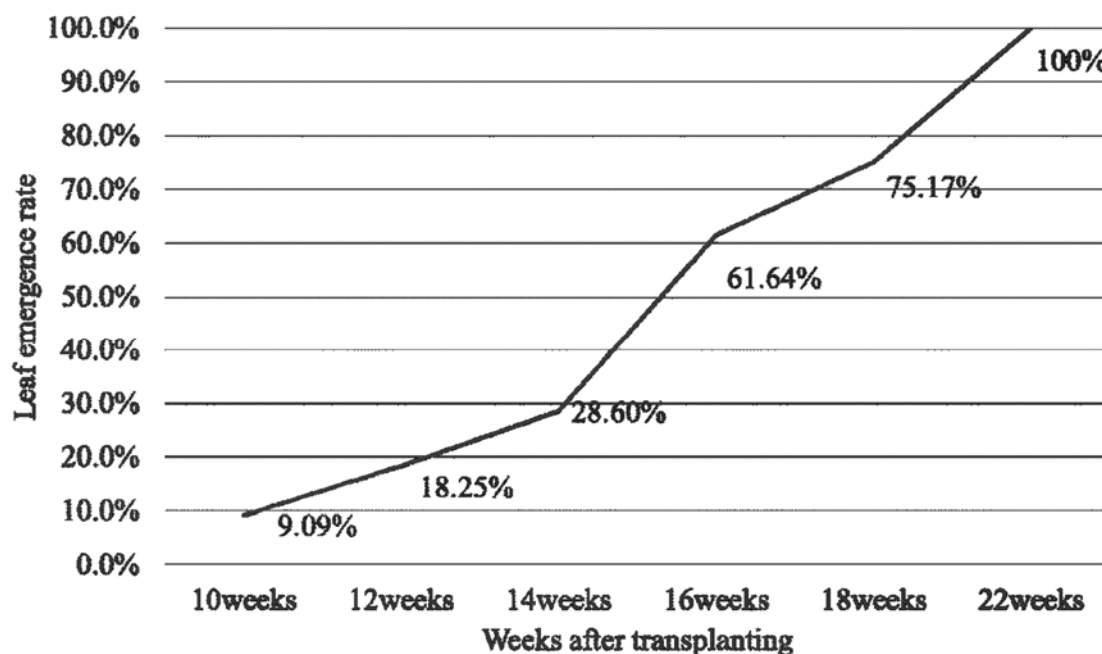


圖 4. 金門野百合初生小鱗莖經蛭石層積後栽培於金門植物園溫室之出葉率。

Fig. 4. The curve of the leaf emergence rate after transplanting in the green house at Kinmen botanical garden. The bulblet of *L. brownii* were cultivated in stratification.

## 討 論

龍等 (1999) 提出野百合其種子胚根突破種皮需時 15 至 30 天，於本文採綠熟果無菌播種則於 2 週時胚根突破種皮，且胚軸已伸長 (圖 1A)，於培養 4 週時解剖觀察種子苗可知其胚芽已形成 (圖 2C)，此綠熟果播種方法與黃熟種子播種於土中相比，可以獲得較多發芽種子。馬等 (2015) 提出去除種皮，或處理 NaClO 以解決巨球百合 (*Lilium brownii* F. E. Brown ex Mieliez var. *giganteum*) 種皮具影響發芽之物理性因素。而本實驗之綠熟果種子初期培養呈黃白色，培養後轉黃褐色 (圖 1A)，與前述之培養方法及處理具差異性，可能為種子成熟度所影響。

地中發芽型之百合種子發芽時胚根突破種皮後向下伸長，子葉頂端埋於胚乳之中 (許等, 2002; 劉等, 1992)。於胚軸末端單側形成一凹入處，其邊緣組織生長使子葉基部膨大，並鞘狀伸長形成子葉鞘，凹入處形成胚芽，隨胚芽及子葉鞘肥大發育，終形成初生小鱗莖 (劉等, 1992; 龍等, 1999; 許等, 2002; Comber, 1949; Michael and Howland, 1995)。觀察金門產野百合之發芽型態 (圖 1) 及內部解剖 (圖 2) 之結果與前述相符，且無須經特別處理或一段長時間，培養後 2 週胚根已突破種皮，故可知金門產野百合為快速地中發芽型。

水洋菜無菌播種法，先於 25℃播種利於發根，待胚根伸出形成細小鱗莖後，再經 20℃蛭石層積後栽植，可於移植 22 週時達 100%出葉率 (圖 4)，蛭石層積可能影響地中發芽型胚芽發育，可見縮短真葉長出所需日數，影響苗株出葉整齊度。許等 (2002)提出低溫處理細小鱗莖利於出葉，由此可進一步探討層積培養之溫度不同，是否能提高育苗效率。蛭石培養 2 個月後發芽種子於金門植物園育苗室栽培，該方法與組織培養瓶內養苗之成本比較，為相對粗放且省工。此外，以臺灣百合為例，野採成熟風乾種子經濕冷層積後，可於穴盤育苗一年內開花 (蔡，2001；張，2016)，其種子發芽型態與野百合不同，因此播種及育苗策略隨之相異。野百合綠熟果水洋菜無菌播種法與常規播種之育苗方法，相異點為透過無菌播種可提高最終成苗率。經層積培養之種子苗移回金門接力栽培育苗 (圖 3)，因氣候條件優勢，使得苗株生長勢良好，且減少於因氣候適應性之差異，造成不利苗株生長之影響。金門產野百合以綠熟果水洋菜無菌播種法可獲得約 25000 種子進行培養，終栽培獲得約 11000 苗株。以播種方法可獲得大量種苗，並擴大族群數量，亦可達到保種之目的 (李和雷，2007)，結合蛭石層積與移地栽培，為建立高效率之育苗模式，為金門產野百合之方針。

## 誌 謝

本試驗承蒙金門縣林務所葉媚媚前所長、金門縣農業試驗所李廣榮所長及金門縣政府鐘立偉科長協助，得以順利完成試驗，謹此致謝。

## 參 考 文 獻

- 呂福原。2011。野百合。金門植物誌下卷。金門國家公園管理處。pp. 266-267。
- 李敬、雷家軍。2007。百合屬植物種子發芽試驗研究。北方園藝 12: 126-128。
- 汪發鑽、唐進。1980。百合屬(梁松筠編)。中國植物誌。科學出版社。pp. 116-157。
- 馬怡迪、李岳、李丹青、任梓銘、夏宜平。2015。巨球百合無菌播種影響因素的研究。湖南農業大學學報(自然科學版)。41: 271-275。
- 張嘉恩、宋好、張正。2015。栽培介質對台灣百合種子發芽及苗株生長之影響。農林學報 64: 181-188。
- 張嘉恩。2016。臺灣原生鐵炮型百合種子貯藏、育苗及開花之研究。國立中興大學園藝系碩士論文。93 pp。
- 許圳塗、金石文、阮明淑。2002。百合。實用花卉栽培技術專輯(五)。財團法人台灣區花卉發展協會出版。
- 楊岳翰、李廣榮、曾建興、張正。2015。野百合鱗片之薄層培養。興大園藝 40: 65-74。

- 楊岳翰。2014。金門野百合族群與繁殖之研究。國立中興大學園藝系碩士論文。71 pp.。
- 趙篤樂。1995。光對種子休眠與萌發的影響(上)。生物學通報 30: 24-25。
- 劉祥君、楊利平、劉玫、李瑞軍、劉鳴遠。1992。毛百合與山丹幼苗發育的比較形態學。植物研究 12: 277-284。
- 蔡月夏。2001。臺灣原生種百合之繁殖與復育。花蓮區農業專訊 36: 11-14。
- 蔡淑華。1975。植物組織切片技術綱要。茂昌圖書有限公司。72 pp.。
- 龍雅宜、張金政、張蘭年。1999。百合一球根花卉之王。金盾出版社。pp. 55-56。
- 謝妤姍。2013。金門原生百合繁殖、棲地與植物形態調查。國立中興大學園藝系碩士論文。62 pp.。
- Comber, H. F. 1949. A new classification of genus *Lilium*. RHS Lily Year Book 13: 86-105.
- Huang, Y. F., M. X. Yang, H. Zhang, X. Y. Zhuang, X. H. Wu, and W. Xie. 2009. Genetic diversity and genetic structure analysis of the natural populations of *Lilium brownii* from Guangdong, China. Biochem. Genet. 47: 503-510.
- Michael, J. B. and H. Howland. 1995. The gardener's guide to growing lilies. Gardners Books. 160 pp.
- Okubo, H., M. Hiramatsu, J. I. Masuda, and S. Sakazono. 2012. New insight into *Lilium brownii* var. *colchesteri*. Floriculture ornamental biotech. 6: 44-45.

## Green Ripe Fruit-Sowing And Seedling Cultivation of *Lilium brownii*

Hung-Ju Chi <sup>1)</sup> Jyun-Yuan Chen <sup>1)</sup> Chen Chang <sup>1, 2)</sup>

Key words: *Lilium brownii*, leaf emergence rate, sowing in vitro, seed germination

### Summary

*Lilium brownii* is native to Kimen, the amount is enlarged slowly. It yellow ripe fruit has less seeds with embryo, as it the propagation efficiency is low. In this study, the fruit collection is at the green ripe stage. Then the seed are sown on water agar medium in vitro. After sowing 4 weeks, the seedlings are cultivated in stratification at 20°C for 2 months. The morphology of bulb formation after sowing in vitro 2 weeks, the radical emerges from seed coat. After 3 weeks sowing, the end of the hypocotyl enlarges and the hypocotyl elongates. After 4 weeks sowing, the coleoptile elongates and there is the cavity of plumule. After 5 weeks, the plumule remains inside the cavity of plumule. The seed germination type is hypogeal germination. Finally, the study finishes the process from seed sowing to nursery at two locations. This method propagates about 11000 seedlings. This study installs a modified nursery method by *Lilium brownii*'s green ripe fruit-sowing and stratification.

---

1) Graduate student, ex-graduate student, and professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Corresponding author.



## 氣候變遷下植栽凋零對生心理反應之影響

古 昕 平<sup>1)</sup> 吳 振 發<sup>2)</sup> 陳 思 宏<sup>3)</sup>

關鍵字：植栽凋零、氣候變遷、瞳位追蹤、注意力恢復力、情緒狀態

**摘要：**以綠色植栽為主的自然景觀，甚至是經過人工綠美化的環境，都已證實在生理及心理方面有效益，但聯合國跨政府氣候變遷小組第四次評估報告指出，在氣候變遷的影響下，未來極端氣候事件將大幅增加，對植物生長將造成影響，若都市中的植物因氣候變遷影響而死亡，可能導致植栽對一般大眾的生心理效益下降，而人們長期居住都市環境，會出現注意力渙散、過度緊張焦慮的情形，因此本研究針對都市植栽的綠量受到氣候變遷的影響後漸漸衰弱之情形，所造成民眾的生心理反應之影響進行研究。

研究地點為台中市的綠園道系統，選擇綠園道中較不耐旱、不耐水淹的植栽拍攝照片，並將原始拍攝的照片定義為凋零率 0%，再經由影像模擬的方式製作出 25%、50%、75% 的植物凋零情境，以投影片撥放的方式進行實驗，問卷以 ZIPERS 情緒狀態量表、注意力恢復量表並加入偏好問項進行意見調查。

研究結果發現，受測者最偏好的植栽凋零率為 0%，植栽凋零的環境下對民眾悲傷情緒影響最大且呈現正相關，在注意力恢復力方面則是對遠離性影響最大且呈現負相關，表示此環境在植栽凋零越高的情況下原本會帶給人遠離日常焦慮的效益會大幅降低，以情緒狀態及注意力恢復力檢測是否影響偏好，結果顯示開心情緒最能影響偏好，注意力恢復力方面是魅力性最能影響偏好，瞳位追蹤的實驗結果發現，表示綠園道環境帶給人開心情緒越高、越有吸引力，則會越偏好此環境，觀看照片中景觀元素的改變會受到環境凋零率高低的影響，受測者在凋零率低的情況下會觀看樹葉的次數偏多，凋零率提高時就不會再特別觀看樹葉部分。

---

1) 國立中興大學景觀與遊憩學程碩士。

2) 國立中興大學園藝學系教授。

3) 國立中興大學國際農業學程兼任助理教授,通訊作者。

## 前 言

植栽不僅在環境上有水土保持、行光合作用產生氧氣、減緩都市熱島效應的作用，對於人類來說植栽本身有的香味、外觀、質感也常拿來做療癒人心的工具，在生理層面植栽產生的負離子進入人體後，可以改善呼吸機能、改善心血管系統、促進造血功能，因此植栽在生活中看似稀鬆平常，卻是不可或缺的東西。

現代人身處於常有壓力的工作環境中，常會利用在室內空間或者自己辦公室的桌上擺放綠色植栽，甚至是到住家周邊的公園綠地以及某些森林遊樂區遊玩，為的就是能暫時忘卻及舒緩工作上的壓力，便有學者開始研究自然環境對人所產生的心理效益機制，其中Kaplan (1995)提出環境中具有四項特質（遠離性、魅力性、一致性、延展性）便是對觀賞者有注意力恢復的效果。

過去關於植栽效益的研究，多針對自然景觀與都市景觀、植栽綠化多寡、綠美化方式的不同、綠化場所的不同做心理效益的差異研究（游等，1999；張，2011；李，2010），並未針對植栽枯黃、凋零的多寡進行心理衝擊評估，IPCC 指出全球在過去百年之間平均溫度上升  $0.74^{\circ}\text{C}$ ，在近幾十年來升溫速度急遽增加，且極端氣候事件發生頻率增加，因此間接影響到的是生態系統的變遷，未來的綠地環境可能不是現在的模樣，對人們所產生的心理效益是否還是過往研究中是有助於正向情緒的產生，此議題值得省思，因此本研究的目的為瞭解植栽凋零的環境下對民眾的生心理影響。

## 文 獻 回 顧

### 一、全球氣候變遷趨勢

氣候變遷是指全球大氣中直接或間接可歸因於人類活動的變化而改變全球大氣成分，除了自然氣候變化，聯合國跨政府氣候變遷小組（IPCC）則認為，氣候變遷是隨著氣候變化或人類活動經過時間推移導致的。IPCC於2007年第四次評估報告指出全球表面氣溫在近幾年有加速增溫的現象，各種極端氣候海平面高度升高、熱浪、乾旱及豪大雨等強度及頻率增加，再加上全球經濟發展與人口成長趨勢，世界銀行預估未來災害的次數、受影響人口與災害損失將會大幅增加。

### 二、台灣氣候變遷趨勢

氣候變遷將導致天然災害發生的頻率以及規模加劇，根據台灣氣候變遷推估及資訊平台建置計畫，台灣年平均溫度在1911年至今上升了  $1.4^{\circ}\text{C}$ ，近30年內氣溫的上升更明顯的加快，大約每10年就上升  $0.29^{\circ}\text{C}$ ，是全球百年來趨勢值之兩倍。陳等（2014）指出，北臺灣較南臺灣的增溫幅度略高，而秋季較其他季節略低。

台灣地形複雜，就降雨日數而言有逐漸減少的趨勢，預估每10年降雨天數便減少4天，尤以夏天的減少幅度最大，在2002年至2004年是一百年來降雨數最少的三年甚至出現了乾

旱事件，但在雨量的部分，台灣夏季降與未來趨勢將近3/4的模式推估降水增加，約有一半的模式認為未來夏季平均雨量變化介於+13%至+36%之間，未來冬季平均雨量多半都是減少的，約有一半的模式推估減少幅度介於-1%至-23%之間，因此原本多雨的季節雨量將增加，少雨的季節雨量卻減少，這對未來台灣水資源的調配將是一大問題。

上述種種跡象都顯示台灣受到氣候變遷的影響程度比全球變化的更劇烈，在氣溫上升方面是全球變化的兩倍，假若台灣未來氣候變化的趨勢更加嚴重，像是強降雨的颱風、乾濕季越來越分明，再加上長久以來的都市排水系統不良、水土保持不佳的情形，台灣所受的災害的程度對環境、社會、經濟都將會難以估計的。

### 三、氣候變遷對植物之影響

氣候變遷影響全球氣溫及降雨型態等的氣候變化，間接造成地球上的生物可能為了適應新環境而產生改變，以植物而言，因溫度的上升導致生殖季的延長或開花期提早，相關的長期研究指出，全球溫度升高 1°C，將會導致許多種類的樹木提早發芽 (李, 2008)，而當植物受到淹水及乾旱的情況下會有甚麼情形出現，黃 (2015) 植被受到乾旱的逆境下，首先會引起植物脫水，導致細胞與組織的水勢下降，葉綠體受傷，氣孔關閉，光合作用、激素和酶活性等都會受到不同程度的影響，進而影響植物生長發育等其他過程，Anyia 等 (2004) 乾旱會使葉片生長緩慢、葉面積縮小或使葉片黃化、落葉。

### 四、自然景觀效益

許多研究指出，自然景觀在促進正面的心理狀態上，比人造景觀來的有效，Kaplan (1989) 認為自然環境之所以為人所偏好，是因為透過自然環境美質及認知處理的過程，可以讓人有注意力恢復、紓解壓力及消除心理疲憊的效果，而 Ulrich (1981) 則較強調自然景觀所帶來的生理效益，透過自然景觀對視覺的刺激，進而影響大腦  $\alpha$  波的振幅， $\alpha$  波的振幅越大表示越清醒及放鬆，在觀看只有植栽為主的景觀及有水體的景觀都有顯著增加的趨勢。Appleton (1975) 則認為人們在自然環境中的適應效果相對較強，在這種環境中做事的效率也相對提高，由此可知自然環境可以帶給精神疲憊的人們有恢復性體驗的效果，可以恢復已損耗的直接注意力。

### 五、環境綠化效益

自然景觀已被證實能帶來許多生心理上的效益，且帶有自然元素的景觀也具相同效果，Honeyman (1992) 比較有無綠化的都市環境對壓力感受的程度研究中發現，無綠化的都市景觀會讓正向情緒顯著下降，而有綠化的都市及鄉村景觀的負面情緒因子都有明顯下降的現象，且人們對於有植栽的環境會覺得較放鬆，較有親切感 (Asaumi et al., 1995b)，在缺乏自然景觀的環境中人們常有導入自然元素的行為出現，例如會在室內環境中擺放植栽、在自己的辦公桌前養植物、挑房子時選擇窗景有較多自然環境，都是一種渴望自然所帶來的效益之行為，人們對於自然度較高的公園有較好的體驗，在有植栽的都市環境對情感及生理狀態也有正向的反應 (Ulrich, 1986)，因此公園中植栽的多寡與品質，會成為使用者在都市公園的感受上之重要指標。

都市計畫綠化的評估標準無法完整的反應出都市空間所需的綠量，缺乏三度空間的考量 (王，1999)，是比較偏向生態上的顧慮，但以使用者的角度而言，在行走時映入眼簾的綠量為較實際的綠量評價方式 (井手，1980)，意即綠視率為觀賞者對環境中植栽的感知之重要元素。

#### 六、注意力恢復理論

James (1892)首先提出了注意力分為直接注意及非自主注意，直接注意是需要有意識的去控制專注在某個焦點上，而非自主注意則是完全不需要費力去專注，並且可以同時進行其他事情，Kaplan (1995)在注意力恢復理論中以此為重要核心架構，探討直接注意力及注意力恢復特徵環境，直接注意力為需耗費意志力去注意不吸引人的事物上並要維持不分心，這種過程會產生注意力疲勞，解決注意力疲勞最有效的方法為睡眠，另一種則是以非自主注意力取代對直接注意力的需求，而環境中則有許多可以喚起非自主性注意力的訊息及事物，可以影響想生心理達到放鬆及恢復的效果，又以自然環境能喚起較多的非自主性注意力，且在自然環境恢復疲勞的過程中，還發現可以給人省思，思考人生目標的效果。

Kaplan (1995)提出具有注意力恢復特徵的環境需有四項特質，也就是說環境具備這四項特質並會有可以不耗費自主注意力，且可恢復疲勞的心理狀態的效果，第一項為遠離性意指在心理上感覺可以遠離消耗注意力的事物，第二項為魅力性表示環境中具有魅力性的事物可以輕易地吸引人注意，不需要耗費直接注意力，第三項為延展性分為兩種層面，一是實際延伸感，表示這環境具有一致性 (coherence)，也就是說此地的元素、組合是否有序列 (曾，2003)，二是範圍 (scope)心理層面的延伸，表示是看到一個環境讓人可以激發聯想，第四項為相容性意指在一個環境中想做的事情能不能得到支持與共鳴，個人的意圖在當下的環境中能不能給予相符活動。

#### 七、瞳位追蹤原理

視覺的神經傳導不需要經過髓質連接而是直接傳達到大腦，因此在觀看影像的同時眼球移動的軌跡即可當下反應受測者的心理狀況，瞳位追蹤技術不僅用於神經科學、心理學、工業工程、人因工程、行銷/廣告、電腦科學等相關的研究 (Duchowski, 2002)，近年來也被用於在景觀方面。

陳等 (2010)眼球為何會移動，得先從眼球的結構來說明，眼球最內側的視網膜 (retina)中包含兩類的感光細胞分別是錐細胞 (cone)及桿細胞 (rod)，而大部分的錐細胞位於水晶體正後方的網膜上一點，此處是敏銳度最高的地方，稱之為「中央小窩」 (fovea)。我們在看物體時總是不停地轉動眼睛，目的就是要將注視的物體影像投射至中央小窩 (Van and Felleman, 1992)。眼球移動的方式大致分為兩種，跳視 (saccade)的平均速度通常高達每秒500 度視角 (Abrams et al., 1989)，眼球相對於跳視較靜止的狀態即為凝視 (fixation)，在此時個體才能真正進行知覺辨識以及認知的處理，RBerto (2008)以瞳位追蹤的方式，驗證注意力恢復理論中魅力性較高的環境不需消耗直接注意力，假設不同的觀賞模式會出現在魅力性不同的圖片上，研究結果發現，高魅力性照片產生的凝視次數明顯較少，並與低魅

力性照片呈現顯著差異。

## 材 料 與 方 法

本研究以植栽為主的都市景觀環境為研究地點，研究受測者在植栽凋零程度逐漸增加的情況下心理效益變化，心理效益的測量方式與過往研究相同，並以瞳位追蹤技術客觀的檢視受測者在每個場景中的觀看情形。

### 一、研究地點

本研究探討的為氣候變遷下災害後的綠地環境變化對心理效益的差異，針對的戶外環境空間的綠地環境衰退，文獻回顧中 (Tyrväinen, 2014)提到都市林地與自然林地產生的效益差異不大，因此本研究選擇的場所為都市中的綠園道。

### 二、研究變項定義

本研究主題為「氣候變遷下植栽枯黃率對心理效益之影響」，根據文獻回顧推論提出變項有「植栽凋零率」、「注意力恢復力」、「情緒狀態」等變項操作型定義及測量尺度說明，詳見表 1。

### 三、相片模擬

#### (一)相片取得

根據章錦瑜所著的「景觀喬木賞花圖鑑」、「景觀樹木觀賞圖鑑」挑選出對淹水乾旱較敏感的都市公園綠地植栽，並針對其所在位置以正常人眼視高 (約 150 cm)，於同一天、同一天氣型態實地進行拍照後，運用 Adobe Photoshop CS6 進行枯枝落葉的影像合成模擬。

#### (二)植栽凋零比率計算方法

本研究中僅以喬木作為綠量指標，因此僅計算喬木綠量的部分將植栽枯黃率，設定未經模擬的照片為 0%枯黃率，再將原始綠量所佔的畫面比例中經過模擬過後植栽綠量中凋零的比例定義為枯黃率，凋零的面積比例透過 Adobe Photoshop CS6 選取之後，再經過 Image Color Summarizer 軟體進行面積比例計算，並利用肉眼判斷將綠色部分視為凋零面積，白色部分視為未經模擬的區域，四種階層等級的凋零率正負不超過 5%，詳見圖 1。

### 四、問卷設計

問卷主要分成三個部分，第一、二部分為受測者基本資料、對氣候變遷風險認知及對公園綠地的感知及使用情形，此兩部分為觀看照片前事先填寫，共 19 個題項 (詳見表 3-4)，觀看照片後填寫第三部分心理效益量表，且每看完一張照片即填寫一次第三部分心理效益問卷以注意力恢復、偏好、情緒狀態為測量項目，注意力恢復使用 Berto (2005)將 PRS 量表簡化後一個構面僅一個問項之問卷，情緒狀態則使用 ZIPER 情緒量表，此兩種問卷經過原文翻譯後，再依本研究之實驗條件以不偏離原文意思的方式，進行語句上的修飾讓受

測者填寫問卷更能身歷其境，偏好則採用單項問項的方式，共 11 個題項，第三部分皆採六個等級做回答填寫（非常同意到非常不同意）。

表 1. 變項與操作型定義

Table 1. Variables and operational definition.

| 變項名稱 | 操作型定義  | 測量變項                                                        | 測量尺度                          |
|------|--------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 自變項  | 植栽凋零率  | 公園綠地原有植栽綠量凋零的百分比，約 0~75% (每張照片間隔約 25%)                      | 四個間隔<br>等級                    |
| 依變項  | 注意力恢復力 | 以 KAPLAN 注意力恢復理論為基礎，環境中具有四項特質（遠離性、魅力性、延展性、相容性）並具有注意力恢復的效果。  | 五個問項<br>以六個等級進行評分             |
|      | 情緒狀態   | 受測者觀看圖片後當下的情緒狀態，根據 ZIPERS 量表分為五種情緒（正向情感、恐懼喚起、悲傷、憤怒/侵犯、專注應對） | 五個問項<br>(6 = 非常同意到 1 = 非常不同意) |
|      | 偏好     | 人類對環境給予的刺激產生情感上的改變及認知變化，是一種偏好反應。                            | 一個問項                          |

## 五、瞳位追蹤實驗

本研究所使用的瞳位追蹤儀器為台灣師範大學所研發的EYENTNU螢幕眼動儀，此儀器為桌上型固定於桌面的眼動儀，相較於頭戴型眼動儀因頭部受到下巴架固定，準確度會較高、誤差值較小，此眼動儀取樣頻率為每秒拍攝120張照片作為分析素材，準確度在距離螢幕六十公分的情況下，偵測到實際眼動的誤差角度小於0.3度。

## 六、實驗流程

本研究為配合實驗器具及媒材的撥放，為減少外界因素光線、噪音等等的干擾實驗數據結果，需要再室內空間進行，先請所有受測者聆聽研究主題及實驗流程，接著一同填寫第一、二部份問卷，待受測者全部填寫完，開始觀看投影片進行作答，根據 Berto (2005) 對觀看照片多少時間會產生注意力恢復效果的實驗結果為 15 秒，因此本研究每張照片撥放 15 秒，每觀看完一張照片即填寫第三部分的問卷，並以隨機的方式撥放圖片，有瞳位

追蹤的受測者實驗流程相同，實驗說明後開始使用眼動儀並做瞳孔校正動作，播放媒介為筆記型電腦，第三部分問卷以 GOOGLE 表單的方式填寫。

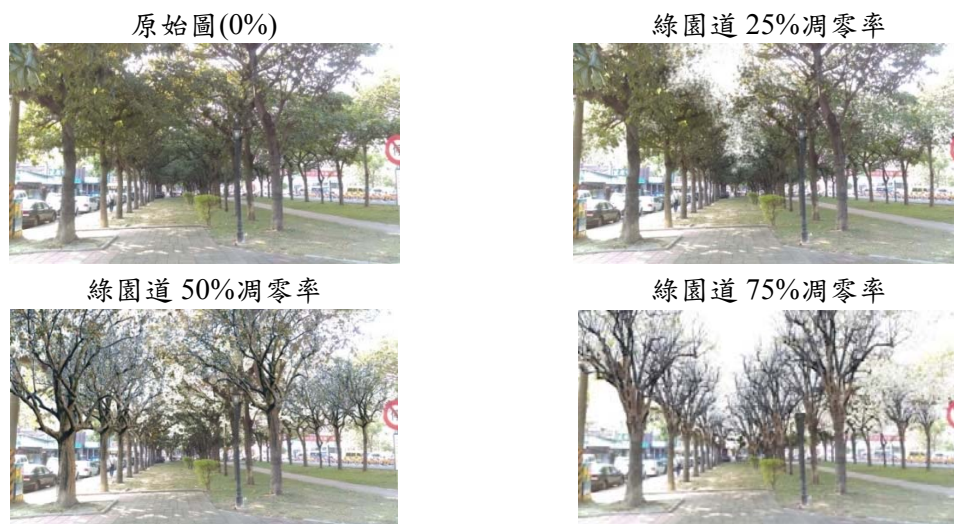


圖 1. 植栽凋零比例圖。

Fig. 1. Image of ratio of plant withering.

## 結果與討論

本研究於 3 月 3 日至 17 日於中興大學園藝系、景觀與遊憩學程及勤益科技大學景觀系的上課課堂時間進行問卷發放，3 月 20 日至 3 月 31 日進行瞳位追蹤之實驗，學生皆為中興大學園藝系之學生，總計回收 306 份問卷，另外瞳位追蹤實驗之問卷總計回收 34 份，問卷中或有每題填答答案皆相等之情形的問卷視為廢卷，經篩選後，共獲得 331 份有效問卷，9 分廢卷。

### 一、受測者基本資料描述

受測者基本資料有性別、年齡，性別方面女生人數大於男生，女生有 180 人 (佔 60.6%)，較男生人數多出 73 人，年齡方面因是於大學部及少數碩士部學生進行問卷發放，因此年齡平均為 20.29 歲。

### 二、植栽凋零率對情緒狀態、注意力恢復、偏好之描述性統計

以 ZIPERS 量表五個構面中的負面情緒中，令人反感 ( $M = 4.12$ )、可怕 ( $M = 4.15$ )、悲傷 ( $M = 4.42$ ) 的評值中，植栽凋零率 75% 時為最高，表示植栽凋零至 75% 最令人產生負面情緒，在正向情緒中，令人開心 ( $M = 3.52$ )、感到專注 ( $M = 3.53$ ) 的評值中，落在凋零

率 25%時評值最高，但與凋零率 0%差異不大，在注意力恢復量表五個構面（一致性  $M = 4.11$ 、相容性  $M = 3.72$ 、遠離性  $M = 3.52$ 、魅力性  $M = 3.19$ ）及偏好方面（ $M = 3.57$ ），除了範圍構面以外其餘皆是在 0%凋零率時與其他凋零率相比是最高的，只有範圍（ $M = 3.41$ ）評值最高落在 25%凋零率。

### 三、凋零率對各情緒狀態簡單迴歸分析

檢測受測者對於園道環境的情緒狀態受到凋零率改變影響的程度，利用簡單回歸的方式可以看出凋零率對情緒狀態影響的程度， $R^2$ 改變量除了"專注"呈現中度相關（相關係數 0.40~0.69）以外，其他情緒狀態呈現高度相關（相關係數 0.70~0.99），其中凋零率對反感、可怕、悲傷的情緒影響呈現正相關，表示凋零率越高的環境這三種情緒也跟著提高，以悲傷的情緒最為明顯，開心、專注的情緒則是呈現負相關，詳見表 2。

### 四、凋零率對注意力恢復、偏好簡單迴歸分析

檢測受測者對於園道環境的注意力恢復力、偏好評值受到凋零率改變影響的程度，利用簡單回歸的方式，可以看出凋零率影響的程度，Pearson 相關係數中每個情緒狀態皆達顯著水準， $R^2$ 除了"遠離性"呈現高度相關以外，其他的注意力恢復力之構面及偏好則呈現中度相關，其中以對"一致性"的影響最小（ $R^2 = 0.403$ ），且凋零率對注意力恢復力、偏好的影響呈現負相關，表示凋零率越高的環境，注意力恢復力、偏好會跟著降低，詳見表 3。

### 五、各凋零率的注意力恢復力與情緒對偏好之影響

情緒狀態、注意力恢復力對偏好皆在凋零率 50%的情況下解釋變異量是最高的，在凋零率 25%的情況下解釋變異量是最低的，情緒狀態對偏好的解釋變異量不管在哪個凋零率的情況下皆比注意力恢復力來的低，在情緒狀態的構面中開心、專注又最具解釋力，悲傷對偏好的解釋力則都無法達到顯著，在注意力恢復力的構面中魅力性最具解釋力，範圍性對偏好則都無法達到顯著，詳見表 4。

表 2. 植栽凋零率對情緒狀態之簡單迴歸分析表

Table 2. Simple linear regression of ratio of plant withering on emotional states

| 依變項 | B 之估計值 | Beta 分配 | t      | 顯著性   | R 平方  |
|-----|--------|---------|--------|-------|-------|
| 反感  | 2.500  | 0.893   | 8.442  | 0.000 | 0.798 |
| 可怕  | 2.377  | 0.881   | 7.910  | 0.000 | 0.777 |
| 悲傷  | 2.459  | 0.911   | 9.387  | 0.000 | 0.830 |
| 開心  | 3.864  | -0.868  | -7.427 | 0.000 | 0.754 |
| 專注  | 3.824  | -0.821  | -6.106 | 0.000 | 0.674 |



表 3. 植栽凋零率對注意力恢復力、偏好之簡單迴歸分析表

Table 3. Simple linear regression of ratio of plant withering on feelings of restoration and preference.

| 依變項 | B 之估計值 | Beta 分配 | t      | 顯著性   | R 平方  |
|-----|--------|---------|--------|-------|-------|
| 一致性 | 3.908  | -0.634  | -3.483 | 0.003 | 0.403 |
| 相容性 | 3.865  | -0.803  | -5.712 | 0.000 | 0.644 |
| 範圍  | 3.760  | -0.823  | -6.153 | 0.000 | 0.678 |
| 遠離  | 3.881  | -0.838  | -6.526 | 0.000 | 0.703 |
| 魅力  | 3.753  | -0.796  | -5.573 | 0.000 | 0.633 |
| 偏好  | 3.939  | -0.830  | -6.302 | 0.000 | 0.688 |

表 4. 凋零率環境之情緒狀態、注意力恢復力對偏好多元迴歸分析表

Table 4. multiple regression analysis of emotional states and feelings of restoration to preference in plant withering environment.

| 情緒狀態           |        |        |        |        |        |        |        |        |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                | 0%     |        | 25%    |        | 50%    |        | 75%    |        |
|                | B 值    | Beta   | B 值    | Beta   | B 值    | Beta   | B 值    | Beta   |
| 反感             | -      | -      | -0.247 | -0.269 | -      | -      | -0.189 | -0.212 |
| 可怕             | -0.157 | -0.161 | -      | -      | -0.215 | -0.233 | -0.142 | -0.163 |
| 悲傷             | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      |
| 開心             | 0.505  | 0.462  | 0.422  | 0.385  | 0.403  | 0.330  | 0.367  | 0.303  |
| 專注             | 0.377  | 0.338  | 0.382  | 0.331  | 0.539  | 0.443  | 0.360  | 0.292  |
| R <sup>2</sup> | 0.697  |        | 0.590  |        | 0.720  |        | 0.691  |        |
| 注意力恢復力         |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 一致性            | 0.179  | 0.153  | -      | -      | -      | -      | 0.89   | 0.81   |
| 相容性            | -      | -      | 0.153  | 0.147  | 0.229  | 0.189  | -      | -      |
| 範圍性            | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      |
| 遠離性            | 0.360  | 0.355  | 0.331  | 0.327  | 0.381  | 0.345  | 0.459  | 0.423  |
| 魅力性            | 0.444  | 0.465  | 0.426  | 0.444  | 0.459  | 0.446  | 0.450  | 0.447  |
| R <sup>2</sup> | 0.809  |        | 0.729  |        | 0.836  |        | 0.784  |        |

## 六、瞳位追蹤數據分析

本節主要想探討當凋零率逐漸增加時，受測者的觀看行為出現什麼變化，參與本實驗的受測者有 34 位，其中一位因瞳孔無法被偵測到，所以視為無效樣本，在實驗的過程中可能也會因受測者頭部晃動而造成某些照片的眼動數據過少或偏移太多，經篩選後都予以刪除，利用眼動數據分析軟體進行凝視次數計算，因沒有明確的文獻指出注視多久可以視為凝視 (Jacob and Karn, 2003)，但建議不得低於 100 ms (Inhoff and Radach, 1998)，所以本研究將凝視門檻值設定為 100 ms (毫秒, 1000 毫秒 = 1 秒)，首先會先將每張照片分為上、中、下部分，並計算每張照片的每個部份的凝視次數及整張照片的總凝視次數，再將兩者相除計算出每個部份被觀看的比例為多少，再來會針對最低凋零率 (0%) 的照片與最高凋零率 (75%) 的照片將兩者的每個部份凝視次數比例做相減，並且比對出增加及減少的部分是照片中的什麼景觀元素。

## 七、綠園道之觀看行為改變分析

以各張圖及觀看行為改變趨勢圖 (圖 2) 來看，在 0% 凋零率的情況下，凝視次數最高的區域為照片上半部 (樹葉)，隨著凋零率上升，在 25% 凋零率以上的情況下，凝視次數則就不再是上半部，反而是三部分的凝視比例呈現差距不多但中半部略高的狀態，顯示出受測者會因綠園道凋零率上升，越不會注意樹葉的區域，且越呈現隨意觀看的方式，以差距最大的兩種凋零率環境 (0%、75%) 進行各部分的相減後 (圖 3)，可以發現上半部是大幅減少，中半部大幅增加，下半部則沒有明顯改變，當園道的樹木樹葉凋零至幾乎沒有的時候，受測者會將觀看樹葉的行為減少變得跟看其他區域差不多。

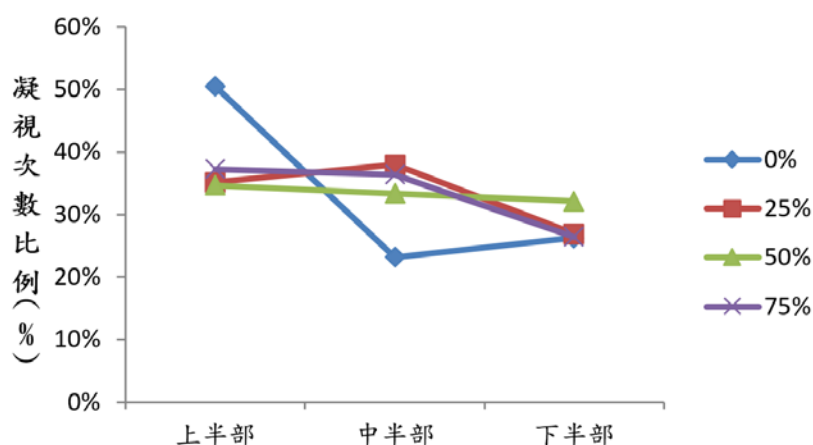


圖 2. 綠園道觀看行為改變趨勢圖。

Fig. 2. Trending Illustration of Watching behavior change of Green Parkway.

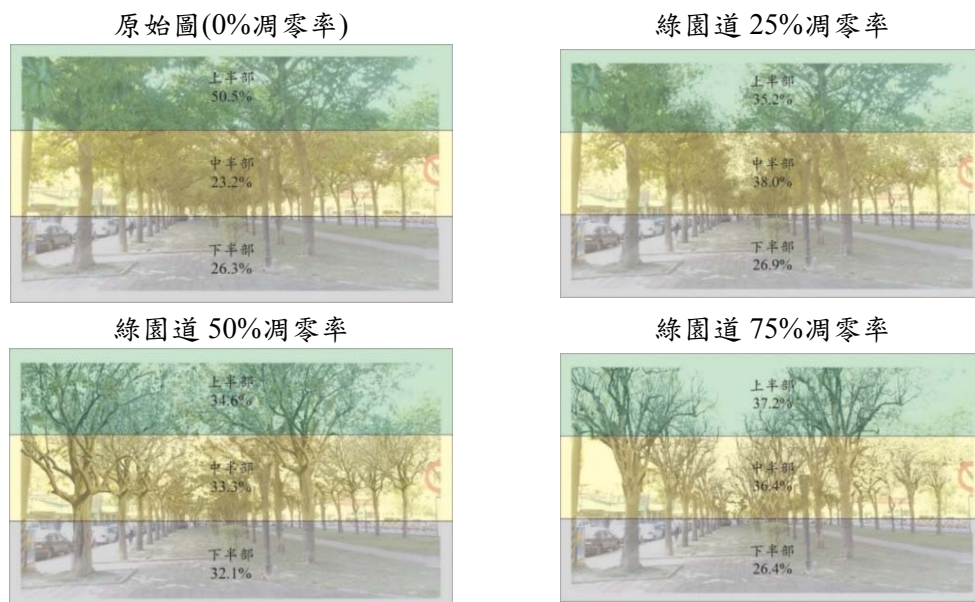


圖 3. 觀看行為改變分區。

Fig. 3. Subregion Illustration of watching behavior change of Green Parkway.

## 結論與建議

### 一、結論

#### (一) 植栽凋零的心理反應

都市綠園道環境植栽凋零的情況下，植栽凋零程度越高確實會對情緒狀態造成影響，且對負面情緒感受影響更高，尤其是悲傷的情緒，且在植栽凋零至 75% 的情況下所有負面情緒的評值皆是最高的，植栽凋零在對注意力恢復力方面就沒有對情緒狀態的影響來的高，其中對遠離性最有影響且呈現負相關，表示植栽凋零對綠地所產生的遠離日常生活的感受有負面程度的影響。

#### (二) 注意力恢復力較情緒狀態可以影響植栽凋零後的偏好感受

本研究將注意力恢復力的五種構面以及 ZIPERS 情緒量表的五種情緒狀態來影響偏好，結果顯示注意力恢復力較能影響偏好，解釋力皆在 70% 以上，在情緒方面，開心的情緒最能影響偏好，在注意力恢復力方面，魅力性最能影響偏好，表示綠園道環境帶給人開心情緒越高、越有吸引力，則會越偏好此環境，而在室內環境的研究中則是一致性最能影響偏好(洪筱梅，2009)，由此可知不同環境會有不同的注意力恢復力構面影響偏好。

### (三) 受測者的觀看行為會受植栽凋零有改變

透過瞳位追蹤技術觀察受測者對於植栽凋零後環境觀看行為變化，結果發現在大部分的地點觀看行為皆從原本觀看上半部 (樹葉)較多改為往人的視高接近的位置移動，在凋零率高的情況下，受測者的負面情緒會提高，在觀看行為也會隨之改變。

## 二、後續研究建議與景觀設計建議

### (一) 實驗刺激物撥放媒介及模擬

雖然文獻中提到影像模擬跟現場感受的無明顯差異，但現代科技日新月異，有可以到現場就可感受現場氛圍的方式，例如可用 VR 虛擬實境撥放刺激物，在影像模擬方面，本研究在每種植栽凋零的方式皆使用同一種樹幹做模擬，後續研究可以再加入每種植栽凋零的樣貌、凋零後葉色的不同進行模擬，可以更貼近現場情況。

### (二) 加強景觀設計層次感

經瞳位追蹤實驗結果發現，觀看行為會因植栽凋零從原本觀看喬木樹葉處改變為往地表處觀看，因此建議未來園道景觀設計也可多著重於與人的視野同高的區域或在草坪鋪面進行具有注意力恢復力特徵的景觀設計，例如增加園道的蜿蜒感，給人想探究的感受，就是提升範圍(scope)的特質，可降低在植栽凋零的情況下給人較負面的心理感受，但最重要的還是最初的植栽選種及後續的衛護管理避免凋零的情況發生。

## 參 考 文 獻

- 井手久登著、賴明洲、李叡明譯。1993。綠地保全的生態學。淑馨。台北。
- 王小璘。1999。都市公園綠量視覺評估之研究。設計學報。4(1): 61-90。
- 李培芬。2008。氣候變遷對生態的衝擊。科學發展。424: 34-43。
- 洪筱梅。2009。室內工作環境的植栽綠視率對心理復癒效益之研究。碩士論文。逢甲大學景觀與遊憩系研究所。台中。
- 陳正達、朱容練、許晃雄、盧孟明、隋中興、周佳、吳宜昭。2014。台灣氣候變遷推估研究。大氣科學。42(3): 207-251。
- 陳學志、賴惠德、邱發忠。2010。眼球追蹤技術在學習與教育上的應用。教育科學研究期刊。55(4): 39-68。
- 黃義春。2015。植物抗旱機制的研究概述。現代農業。10: 26-27。
- 曾慈慧。2003。景觀環境與福祉及復癒關係之研究。臺灣大學園藝學研究所博士論文。
- Abrams, R. A., D. E. Meyer, and S. Kornblum. 1989. Speed and accuracy of saccadic eye movements: characteristics of impulse variability in the oculomotor system. J. Expt. Psychol. Human Perception and Performance. 15(3): 529.
- Anyia, A. O. and H. Herzog. 2004. Water-use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of

- cowpeas under mid-season drought. *Eur. J. Agron.* 20(4): 327-339.
- Appleton, J. 1975. *The experience of landscape*. Wiley. 296 pp.
- Asaumi, H., H. Nishina, R. Namba, N. Masui, and Y. Hashimoto. 1995. Evaluation of impression of ornamental foliage plants and psychological rating of rooms with ornamental foliage plants by means of semantic differential method. *Shokubutsu Kojo Gakkaishi* 7(1): 34-45.
- Berto, R. 2005. Exposure to restorative environments helps restore attentional capacity. *J. Environ. Psychol.* 25(3): 249-259.
- Duchowski, A. T. 2002. A breadth-first survey of eye-tracking applications. *Behav. Res. Meth. Instrum. Comput.* 34(4): 455-470.
- Honeyman, M. K. 1992. *Vegetation and stress: a comparison study of varying amounts of vegetation in countryside and urban scenes. The role of horticulture in human well-being and social development*. Timber Press. pp. 143-145.
- James, W. 1892. *Psychology: The briefer course*. New York: Holt.
- Kaplan, R., and S. Kaplan. 1989. *The experience of nature: A psychological perspective*. NY: Cambridge University Press. *Nearby Nature*.
- Kaplan, S. 1995. The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. *J. Environ. Psychol.* 15(3): 169-182.
- Laumann, K., T. Gärling, and K. M. Stormark. 2003. Selective attention and heart rate responses to natural and urban environments. *J. Environ. Psychol.* 23(2): 125-134.
- Tyrväinen, L., A. Ojala, K. Korpela, T. Lanki, Y. Tsunetsugu, and T. Kagawa. 2014. The influence of urban green environments on stress relief measures: A field experiment. *J. Environ. Psychol.* 38: 1-9.
- Ulrich, R. S. 1981. Natural versus urban scenes: Some psychophysiological effects. *Environ. Behav.* 13(5): 523-556.
- Ulrich, R. S. 1986. Human responses to vegetation and landscapes. *Landsc. Urban Plan.* 13: 29-44.
- Van den Berg, A. E., S. L. Koole, and N. Y. van der Wulp. 2003. Environmental preference and restoration:(How) are they related?. *J. Environ. Psychol.* 23(2): 135-146.

## Effects of Plant Withering on Human Physiological and Psychological Reactions in a Perspective of Climate Change

Hsin-Ping Ku <sup>1)</sup>    Chen-Fa Wu <sup>2)</sup>    Szu-Hung Chen <sup>3)</sup>

Keywords: Plant withering 、 Climate change 、 Eyes tracking 、 Emotional states 、 Restoration

### Summary

Many studies have found that the natural environment and the natural landscape of green planting have proven to have significant physical and psychological benefits, even artificial environment. But the Intergovernmental Panel on Climate Change indicates the future extreme climate events will increase significantly under the influence of climate change in the fourth assessment report. And the impact of climate change on ecology is closely related to plant which growth is also affected. If climate change leads to death of plants in urban, on psychological side will cause pressure and anxiety. In that case, impacts of planting by climate change will lead to decline of psychological benefits that is a worthy study. Therefore, this study is aimed at the influence of psychological response under plant withering in the urban environment after the climate change.

The study site was selected as green parkway in Taichung. Taking Pictures in the green parkway has plants which cannot tolerant less rainy and drought. The original photograph was defined as the environment with 0% withered rate, and then simulated by image 25%, 50%, 75% of the plants were withered. The experiments were conducted by slides and questionnaires. The questionnaires were investigate by restorativeness scale 、 ZIPERS scale and aid a preference question.

The results of the study found that 0% withered rate is the most favored and plants withered environment is the greatest impact on sadness. If using emotional state and attention restoration predict preferences, the results show that happy mood can best predict the preference, on restoration side, fascination is the most predictive on preference. In the study of behavioral changes for watching found that the participants watch more leaves in the pictures with low rate of plants withered. The Participants will not particularly pay attention the same part of picture when the plants withered rate raise.

---

1) Graduate Student, Program of Landscape Recreation, National Chung Hsing University.

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

3) Adjunct Assistant Professor, International Master Program of Agriculture, National Chung Hsing University. Corresponding author

## 臺灣綠化樹木醣類含量年變化研究 ——以樟樹和楓香為例

張立詳<sup>1)</sup> 劉東啟<sup>2)</sup>

關鍵字：醣類、楓香、樟樹、儲藏物質、亞熱帶

**摘要：**本研究選擇臺灣原生樹種楓香 (*Liquidambar formosana* (Hance)) 和樟樹 (*Cinnamomum camphora* (L.)) 為試驗材料，使用苯酚硫酸法測定葉枝根樣品中總可溶性糖 (Total Soluble Sugar, TSS) 和澱粉 (starch) 含量，比較其含量逐月變化，與季節變化的關係，探究楓香與樟樹如何與臺灣氣候狀況互動。試驗結果顯示兩種樹種的醣類含量變化與季節變化有高度關聯。兩種樹種葉枝根總可溶性糖與澱粉從深冬進入春天時，均有降低的趨勢，表示此時一部分醣類供給要在冬季期間葉與花芽的分化，以預備春天萌發；並有另一部分供給地上部轉化成可溶性糖來適應冬季寒冷與乾旱，因此可觀察到葉與枝冬季總可溶性糖含量上升。另外，兩種樹種葉與枝的醣類年變化相似，僅根部不同，顯示在臺灣氣候下生長的楓香與樟樹，其落葉與常綠醣類利用模式間的差別，可能不像溫帶那樣分明。此外，樟樹的根部澱粉波動量比楓香還低，顯示樟樹可能傾向將光合產物儲存於地上部，以供全年生長新葉使用。

### 前 言

根據聯合國 2014 年統計資料，全世界有 54% 的人口住在都市地區 (United Nations, 2014)，且比例不斷上升中，加上環境污染日益嚴重，更需要都市林 (Urban Forest) 綠化、美化都市居住環境，並在大量原生森林被破壞後擔任吸收二氧化碳的角色 (Gene and Frederick, 1978；劉和林，2011)。然而，都市的水泥結構所產生的熱效應環境與水循環困難的環境並不適合樹木的生長，因此綠化樹木的管理技術研究是都市環境改善的重要工作。

---

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。

要管理樹木、保育樹木，對於都市樹木的生理特性進行研究是重要的。本研究以醣類作為都市綠化樹木研究的指標，因為：1. 醣類是樹木唯一的能量來源（光合產物，photosynthate），也是製造其他所需物質的材料 (Boyer, 2006; Pallardy, 2008)；2. 醣類構成植物體 3/4 的生物量 (Larcher, 2003)，包括組成木材的木質素等，或是細胞內的葡萄糖與蔗糖等，各自執行不同的功能；3. Waring (1987) 指出在逆境下仍能維持活力的樹，樹體內醣類累積量足夠，足以應付逆境下傷口癒合、防禦物質形成等必須代謝作用。

因醣類在樹木生理上有重要地位，藉由調查醣類含量的變化，便能知道植物是否有足夠的醣類，以及將醣類分配到哪條代謝路徑，以得知在各個生命階段，樹木最重視哪項代謝，以維持生命。例如乾旱逆境會使植物體內醣類含量會改變，Epron 和 Dreyer (2001) 研究耐旱性強的威爾斯橡 (Sessile Oak) 小苗，發現乾旱處理後葉片澱粉和蔗糖降低，葡萄糖和果糖卻升高 5 倍，因此認為葡萄糖和果糖是威爾斯橡樹滲透調節的材料，以免細胞在乾旱下脫水受傷 (荊, 1987; Ryugo, 1988)。郭 (1993) 則研究乾旱對楓香及烏心石苗木之影響，分別測定試驗開始之 9 月及三個月過後的 12 月測定根莖葉醣類含量變化，發現隨乾旱處理程度加劇，澱粉及可溶性糖濃度均遞減，而所有處理中，根部可溶性糖濃度三個月後均顯著增加，葉與莖的可溶性糖、根與莖的澱粉濃度則顯著降低，地上部可溶性糖的降低應與乾旱下光合作用能力降低有關，根部澱粉減少則應是分解成可溶性糖發展根部增強吸水。

除了逆境以外，醣類含量周年變化也能顯現環境對植物之影響。Grant (1983) 研究奇異果枝條醣類含量年變化，發現總可溶性糖冬季達到最高點，是因為抵抗寒冷而作為滲透調節使用。澱粉則是冬季最低點。而冬季澱粉低點前後各有一次峰值，10 到 11 月的峰值是生長停緩後達到的，而 3 到 4 月左右是總可溶性糖又重新組合成澱粉而達到，這是因為春季萌芽前樹體回收細胞內抗寒用的可溶性糖，因此可觀察到澱粉含量上升。以上結果與 Worley (1979) 研究核桃 (pecan) 之結果一致。此外，奇異果枝條中總可溶性糖與澱粉總和的值在萌芽後迅速下降，顯現萌芽對樹木來說是一個要大幅消耗資源的重要事件。

綜合以上因素，本研究選擇醣類作為指標，來理解樹木的健康與管理問題。本研究欲選擇臺灣原生樹種中常綠與落葉樹種各一作為研究對象，其中樟樹 (*Cinnamomum camphora* (L.)) 與楓香 (*Liquidambar formosana* (Hance)) 均為平地都市常見之景觀樹種 (劉等, 1994)，也具有豐富之生理研究資料，因此選擇樟樹與楓香為試驗對象，藉由測定樟樹與楓香的醣類含量年變化，來理解兩種樹種在亞熱帶臺灣氣候下，如何調配自身的醣類資源達到最佳的生長狀況。

## 材 料 與 方 法

### 一、試驗材料

本研究選擇樟樹與楓香作為試驗材料，試驗地點位於臺灣臺中市國立中興大學校園，



選擇種植於同一排之 3 棵樹為一個樣區，而每種樹種選擇兩個樣區，所以樟樹與楓香各自有 6 棵樹木作為試驗材料。醣類含量以兩樣區共 6 棵樹木的平均數據呈現。

## 二、取樣方法

每個月取樣一次。每株樹選取 3 個末端外層照光枝條，剪下後將枝葉分離，選 3 片葉子、1 枝條放入黃色牛皮紙袋中。採樣參考 Kalra (1997) 的建議，挑選在全光下、枝條末端正下方的成熟葉，選擇健康而完整的樣品。樣品採摘後一個小時內要處理。回實驗室後以去離子水漂洗，仔細除去灰塵與蟲卵，放進烘箱以 80°C 烘 48 小時，破壞酵素以停止生化反應，讓醣類含量並除去組織水分。根的取樣也是每月一次，以鏟子挖取根系，取直徑約 1-2 mm 的細根，取數條放入黃色牛皮紙袋中保存。一個小時內回到實驗室，使用 Böhm (1979) 的方法，用 3-5% 的 HCl(aq) 漂洗，促進無法用水洗掉、緊附於根上之土塊脫落，再以去離子水洗去殘餘的 HCl(aq)，放入烘箱 80°C 烘 48 小時。烘乾後之樣品均需使用磨粉機磨成細粉狀，裝入蠟光紙袋內，於玻璃乾燥皿中保存。

## 三、醣類測定方法

本研究使用苯酚硫酸法 (phenol-sulfuric acid method) (Nielsen, 2010) 來測定總可溶性糖與澱粉含量。烘乾磨粉之樣品取 0.1 g，放入試管內加水 10 mL 以 30°C 135 rpm 水浴震盪 3 小時，萃取出可溶性糖。取出試管後 3500 rpm 離心 30 分鐘，之後將上層液倒出，用來分析可溶性糖含量，底部殘渣則放入 80°C 烘箱除去水分，烘乾後用來分析澱粉含量。

1. 總可溶性糖：上層液取 0.2 mL 加入 4.8 mL 水混合稀釋，再取混合液 2 mL 加入 0.1 mL liquid phenol 與 6 mL 濃硫酸，此時溶液會變成橘紅色，以供比色法使用。震盪均勻混合後，靜置反應 30 分鐘，以分光光度計 (HITACHI U-2001) 測 490 nm 吸光值，而分光光度計會藉由標準溶液的線性回歸線，自動從吸光值換算出每一管的 ppm，再依公式 1 算出總可溶性糖佔根莖葉乾重的比例 (%)。標準溶液以葡萄糖配置，濃度分別為 0/10/20/30/40/50 ppm。Liquid phenol 配置方法為 phenol 與水體積比 9:1，在抽氣櫃中以 39°C 水溫溶解，於包裹鋁箔紙、不透光的容器中保存。

2. 澱粉：殘渣烘乾後 (至少 48 小時以上)，加入 2 mL 水用沸水浴煮 15 分鐘，取出後迅速冷卻。加入 2 mL 9.2 N HClO<sub>4</sub>，反應 15 分鐘，其間需不時再震盪均勻。加熱是為了使澱粉糊化，加入 HClO<sub>4</sub> 則是用酸將澱粉水解成葡萄糖。加水 6 mL，3500 rpm 離心 30 分鐘，取上層液 0.1 mL，加入 1.9 mL 水、0.1 mL liquid phenol 與 6 mL 濃硫酸，震盪混合，靜置反應 30 分鐘，以分光光度計測 490 nm 吸光值，用光度計上顯示的 ppm，以公式 2 算出澱粉佔根莖葉乾重的比例 (%)。標準溶液濃度與總可溶性糖相同。

$$\text{TSS}(\%) = \frac{(a \times 25) \text{ppm} \times 0.01 \text{L}}{100 \text{mg}} \times 100\% \dots \dots \dots \text{公式 1}$$

$$\text{starch}(\%) = \frac{(b \times 20) \text{ppm} \times 0.01 \text{L}}{100 \text{mg}} \times 100\% \dots \dots \dots \text{公式 2}$$

a: 分光光度計提供 TSS 樣品濃度 (ppm)

b: 分光光度計提供 starch 樣品濃度 (ppm)

#### 四、氣象資料

氣象資料採用距離中興大學校園最近之中央氣象局臺中測站（位於臺中市北區精武路 295 號，經度 120.684075，緯度 24.145736，海拔高 84.04 公尺）資料，收集研究期間 2016 年 3 月至 2017 年 2 月一年份之氣溫與雨量資料，而因樹木生理受到試驗開始時間以前更久遠的影響，因此另外收集往前推半年，也就是 2015 年 9 月至 2016 年 2 月之氣象資料。收集項目包括月均溫、月累計雨量和節氣，並依節氣界定四季。

### 結 果

根據節氣變化，本研究區分四季之時間為：春季 2 到 4 月，夏季 5 到 8 月，秋季 9 到 11 月，冬季 12 到翌年 1 月。圖 1 為試驗前半年開始到試驗結束的氣象資料，表 1 則為數據。氣溫呈現正常的夏熱冬冷波動，雨量則顯示出 2016 年 1 月的雨量較多，因此該年冬季較 2017 年之冬季更多雨。

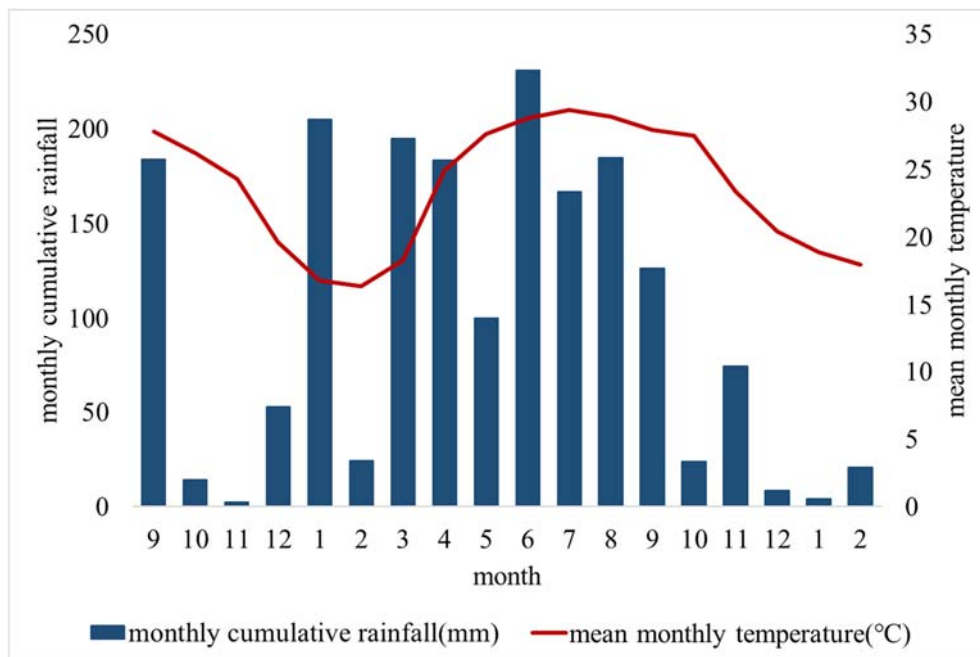


圖 1. 試驗開始前半年至試驗結束之雨量與氣溫資料。時間為 2015 年 9 月至 2017 年 2 月，試驗由 2016 年 3 月開始，至 2017 年 2 月結束。

Fig. 1. The precipitation and temperature data since a half year before the start of the trial to the end of the trial. The time is from September 2015 to February 2017, and the trial time is from March 2016 to February 2017.

表 1. 氣溫與雨量資料

Table 1. The data of temperature and precipitation.

| Month   | Temperature(°C) | Precipitation(mm) |
|---------|-----------------|-------------------|
| 2015/09 | 27.8            | 183.9             |
| 10      | 26.2            | 14.0              |
| 11      | 24.3            | 2.2               |
| 12      | 19.6            | 52.9              |
| 2016/01 | 16.8            | 204.9             |
| 02      | 16.4            | 24.2              |
| 03      | 18.3            | 194.6             |
| 04      | 24.9            | 183.4             |
| 05      | 27.6            | 100.3             |
| 06      | 28.8            | 230.9             |
| 07      | 29.4            | 166.7             |
| 08      | 28.9            | 184.6             |
| 09      | 27.9            | 126.2             |
| 10      | 27.5            | 23.9              |
| 11      | 23.4            | 74.2              |
| 12      | 20.4            | 8.4               |
| 2017/01 | 18.9            | 4.0               |
| 02      | 18.0            | 20.8              |

圖 2 為楓香葉枝根之醣類含量年變化，數據請見表 2。因作為試驗材料的 6 株楓香無葉期大約不到兩週，因此本研究於冬季仍能採到葉片測定醣類含量。圖 2 左半部為總可溶性糖，可看出比起根部的大幅變動，葉與枝的總可溶性糖年間變動幅度並不大。3 到 8 月間（春季到夏季）三個部位總可溶性糖含量無太大差異，除了 3 到 4 月時葉片總可溶性糖濃度是上升的，反之枝與根下降。8 月後根部總可溶性糖有兩次大幅上升，葉部總可溶性糖則在 10 月後緩慢上升。圖 2 右半部則為澱粉，顯示葉與枝的年變化幾乎相同，且都在 5 月和 9 月有高峰。根部變化則與地上部不同，在 8 和 11 月是高峰。若以季節來看，從春夏季開始，楓香根部澱粉逐漸上升，但葉與枝的澱粉則是劇烈增加後再大幅降低。入秋以後，根部澱粉達到全年最高，接著才是葉與枝的第二次高峰。冬季時根部有第二次高峰，之後逐漸降低，葉與枝則是維持較低含量。比較楓香總可溶性糖與澱粉差異，澱粉三個部位的年間變動都比總可溶性糖幅度更大，其中根部總可溶性糖的兩次波峰都比澱粉的兩次波峰晚一個月。此外，葉與枝的兩種醣類含量年變化幾乎沒有差異，但根部差異大。

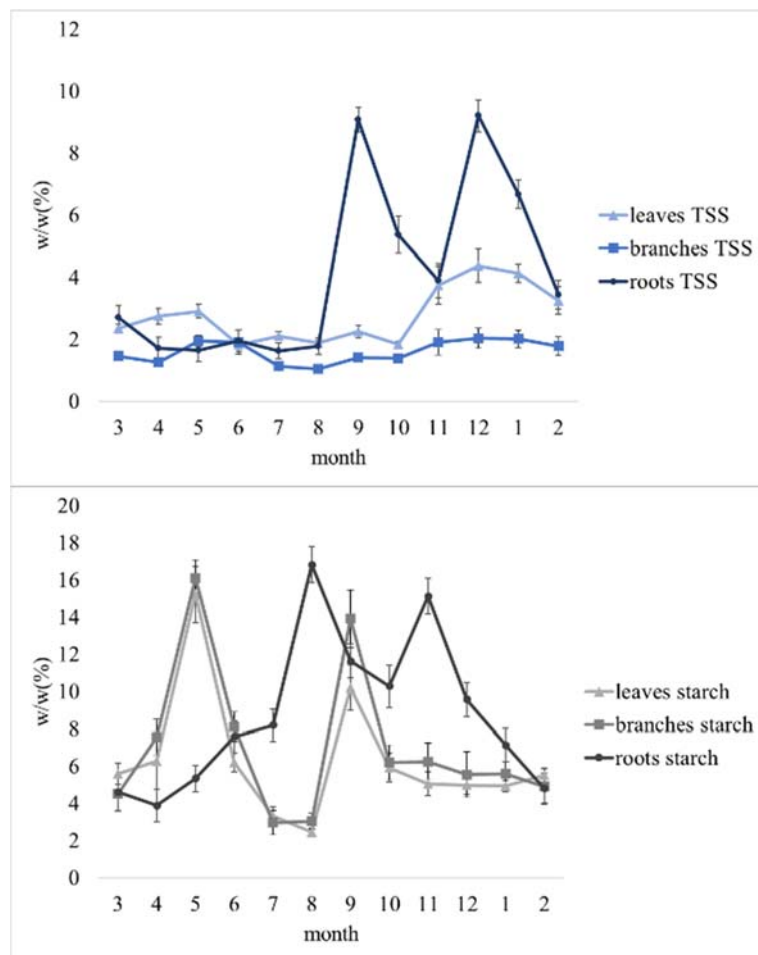


圖 2. 楓香葉枝根醣類含量年變化之比較。上圖為總可溶性糖，下圖為澱粉，折線顏色葉枝根依序為由淺至深，如圖例所示。

Fig. 2. The comparison between the carbohydrate contents of leaves, branches and roots of Formosa Sweetgum. Up: TSS. Down: starch. The color of lines are demonstrated in the legend.

表 2. 楓香葉枝根總可溶性糖與澱粉含量

Table 2. Total Soluble Sugar and starch content of leaves, branches and roots of *Liquidambar formosana*.

| Month   | Leaves                 |            | Branches  |            | Roots     |            |
|---------|------------------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
|         | TSS <sup>x</sup>       | starch     | TSS       | starch     | TSS       | starch     |
| 2016/03 | 2.35±0.15 <sup>y</sup> | 5.59±0.55  | 1.46±0.16 | 4.50±0.94  | 2.70±0.39 | 4.61±0.97  |
| 04      | 2.74±0.25              | 6.27±1.52  | 1.25±0.11 | 7.54±0.95  | 1.72±0.35 | 3.89±0.86  |
| 05      | 2.90±0.22              | 15.22±1.50 | 1.95±0.17 | 16.11±0.98 | 1.64±0.36 | 5.35±0.71  |
| 06      | 1.82±0.12              | 6.20±0.53  | 1.90±0.39 | 8.10±0.80  | 1.95±0.35 | 7.57±0.84  |
| 07      | 2.10±0.15              | 3.34±0.47  | 1.14±0.13 | 2.96±0.66  | 1.63±0.26 | 8.19±0.88  |
| 08      | 1.87±0.11              | 2.47±0.20  | 1.04±0.08 | 3.03±0.43  | 1.77±0.28 | 16.82±0.95 |
| 09      | 2.25±0.20              | 10.21±1.23 | 1.41±0.14 | 13.91±1.54 | 9.08±0.40 | 11.63±0.93 |
| 10      | 1.83±0.10              | 5.90±0.78  | 1.39±0.10 | 6.21±0.94  | 5.36±0.60 | 10.27±1.12 |
| 11      | 3.74±0.61              | 5.05±0.65  | 1.91±0.41 | 6.24±0.99  | 3.89±0.55 | 15.12±0.95 |
| 12      | 4.37±0.53              | 4.99±0.51  | 2.04±0.32 | 5.55±1.21  | 9.20±0.52 | 9.56±0.92  |
| 2017/01 | 4.13±0.29              | 4.94±0.30  | 2.01±0.28 | 5.59±0.65  | 6.67±0.45 | 7.13±0.91  |
| 02      | 3.26±0.46              | 5.51±0.40  | 1.78±0.31 | 4.90±0.91  | 3.43±0.46 | 4.80±0.86  |

<sup>x</sup>The percentage of TSS and starch = (the weight of TSS or starch/the weight of sample) × 100%. Leaves, branches and roots samples per tree were triplicates, and the data was the mean of 6 trees.

<sup>y</sup> Mean ± 95% confidence intervals

圖 3 為樟樹葉枝根之醣類含量年變化。圖 3 左半部為總可溶性糖，顯示三個部位的變化型態相似，僅有含量上的差異，依序是根>枝>葉。三部位同樣在 4 月降低，5 月升高後，6 月又降低，以後逐漸增加。葉與枝總可溶性糖含量在 12 月達到高點，根則是 1 月最高點，比葉與枝晚一個月。圖 3 右半部為澱粉。相較於總可溶性糖的一致性，澱粉在葉枝根三個部位的變化都有差異，其中葉與枝的變化相似，同樣在 5 月與 9 月有一高峰，反之澱粉則是在 6 月和 11 月才是高峰。秋冬時葉的澱粉含量變化雖與枝相似，但含量都比枝條高一些。比較樟樹總可溶性糖與澱粉差異，除了 5 月時根澱粉以外的曲線都有一高峰，其餘變化無明顯相同之處。與楓香相同，樟樹葉與枝的兩種醣類含量年變化幾乎無差異。

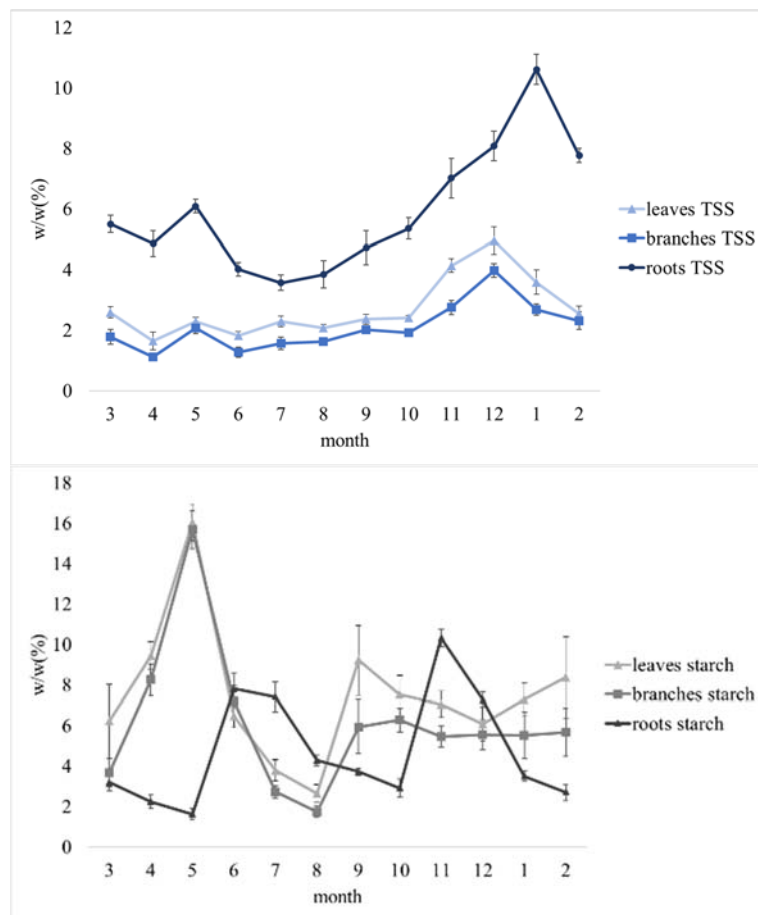


圖 3. 樟樹葉枝根醣類含量年變化之比較。上圖為總可溶性糖，下圖為澱粉，折線顏色葉枝根依序是由淺至深，如圖例所示。

Fig. 3. The comparison between the carbohydrate contents of leaves, branches and roots of Camphor trees. Left: TSS, Right: starch. The color of lines are demonstrated in the legend.

表 3. 樟樹葉枝根總可溶性糖與澱粉含量

Table 3. Total Soluble Sugar and starch content of leaves, branches and roots of *Cinnamomum camphora*.

| Month   | Leaves           |            | Branches  |            | Roots      |            |
|---------|------------------|------------|-----------|------------|------------|------------|
|         | TSS <sup>x</sup> | Starch     | TSS       | starch     | TSS        | starch     |
| 2016/03 | 2.60±0.20        | 6.22±1.82  | 1.78±0.25 | 3.67±0.69  | 5.50±0.28  | 3.19±0.42  |
| 04      | 1.65±0.29        | 9.44±0.69  | 1.12±0.10 | 8.25±0.76  | 4.86±0.42  | 2.24±0.32  |
| 05      | 2.29±0.15        | 16.03±0.91 | 2.08±0.20 | 15.68±0.94 | 6.08±0.22  | 1.63±0.28  |
| 06      | 1.82±0.14        | 6.46±0.57  | 1.27±0.17 | 7.21±0.76  | 4.02±0.23  | 7.80±0.77  |
| 07      | 2.29±0.18        | 3.80±0.53  | 1.56±0.21 | 2.73±0.31  | 3.58±0.25  | 7.41±0.73  |
| 08      | 2.07±0.12        | 2.65±0.43  | 1.62±0.10 | 1.73±0.27  | 3.85±0.45  | 4.29±0.27  |
| 09      | 2.36±0.16        | 9.22±1.73  | 2.02±0.11 | 5.94±1.32  | 4.72±0.56  | 3.72±0.18  |
| 10      | 2.41±0.07        | 7.52±0.94  | 1.92±0.11 | 6.28±0.59  | 5.35±0.36  | 2.92±0.45  |
| 11      | 4.14±0.22        | 7.05±0.65  | 2.75±0.24 | 5.47±0.55  | 7.02±0.65  | 10.33±0.44 |
| 12      | 4.96±0.45        | 6.08±0.82  | 3.98±0.23 | 5.54±0.73  | 8.08±0.49  | 7.28±0.36  |
| 2017/01 | 3.59±0.40        | 7.28±0.81  | 2.68±0.18 | 5.53±1.14  | 10.61±0.49 | 3.51±0.27  |
| 02      | 2.55±0.25        | 8.38±2.00  | 2.32±0.30 | 5.67±1.19  | 7.76±0.24  | 2.71±0.39  |

<sup>x</sup> The percentage of TSS and starch = (the weight of TSS or starch/the weight of sample) × 100%. Leaves, branches and roots samples per tree were triplicates, and the data was the mean of 6 trees.

<sup>y</sup> Mean ± 95% confidence intervals

若比較兩種樹種之異同，結果顯示相異處在於楓香根部總可溶性糖秋冬有兩個高峰，樟樹卻是入秋後就逐漸增加，直到 1 月份達到高峰。根部澱粉則是楓香全年都高于樟樹，而楓香高峰在秋初與冬初，樟樹則是夏季與冬初。相同處則在於葉部冬季總可溶性糖都會上升，對比冬季根部澱粉減少，可知此時澱粉被分解用於冬季對抗低溫與乾旱使用。另外，葉與枝澱粉都是春季的波峰比秋季的還要高。

## 討 論

本研究以國立中興大學校園內之楓香與樟樹各 6 棵作為試驗對象，以苯酚硫酸法測定其葉枝根自 2016 年 3 月至 2017 年 2 月中十二個月之總可溶性糖與澱粉含量變化。首先，

研究結果顯示兩種樹種均為葉與枝的變化相近，這可能是葉與枝取樣的位置過於接近，導致測定結果相似，無法看出葉與枝醣類運移狀況顯著的差距。

將楓香醣類變化與氣候比較的話，3 月開始氣溫逐漸提升，7 月後開始下降，此時降雨充沛，應無乾旱問題。對照總可溶性糖曲線，在春夏季氣溫逐漸增高的期間，三個部位的總可溶性糖含量都較低，且無明顯波動。入冬後氣溫降低，降雨變少，葉部總可溶性糖 10 月後提升，而根部的總可溶性糖則在 9 月和 12 月就有兩次大幅增加。至於澱粉含量變化，則可看出春夏季時根部澱粉隨氣溫上升而增加，直到 8 月氣溫開始下降後，而 11 月時已進入冬季乾旱期，又有一次增加。葉與枝的澱粉含量則是春季 3 到 5 月時隨氣溫上升而增加，5 月後卻大幅下降。秋季 9 月時葉與枝的澱粉有第二次高峰，但整個冬季葉與枝的澱粉變少，而且幾乎無變化。

楓香為落葉樹種，春季萌芽時需要大量養分，因此兩種醣類含量此時都是全年的低點。另外，可觀察到葉片總可溶性糖與澱粉都上升，應該是春季萌發新葉後，隨著葉片成熟，光合作用速率也逐漸增加，但光合產物過多時日間會先暫時以澱粉型態儲存於葉片 (Herold, 1984; Dickson, 1987)，因此葉片測定到的兩種醣類含量都上升。而枝條澱粉含量也上升，可能是光合產物一部分先儲藏於地上部，以供夏季新梢生長時能快速分解成可溶性糖來使用。5 月後葉片總可溶性糖與澱粉開始下降，可能是用於夏季新梢生長，並且可觀察到 4 月後根部澱粉逐漸增加，應是大量光合產物開始運送到根部儲藏起來。

黃和杜 (2017) 的研究結果指出楓香 5 月及 9 月是生長細根的時間點，其中 5 月根部可溶性糖無明顯變動，而澱粉含量則是 4 月稍微降低後又上升；9 月則是根部總可溶性糖含量大幅提升，符合細根大量生長的時間點，而澱粉則可觀察到 8 月份達到高峰後下降，推估是根系儲藏澱粉分解成可溶性糖供給 9 月細根生長。

秋季楓香地上部生長漸緩後，不再需要耗費養分發育新生組織，因此所有光合產物都可作為儲藏，或是根系的生長使用。因樹木所有多年生部位都可作為儲藏器官 (Loescher *et al.*, 1990)，所以可觀察到葉枝根的澱粉含量在秋季都達到第二次的高峰。對照郭 (1993) 之研究結果，未施予乾旱的楓香苗木對照組 9 月和 12 月的醣類含量變化，分別是根部總可溶性糖上升，以及葉與莖總可溶性糖、莖與根澱粉含量降低，與本研究之結果不同，但因郭 (1993) 使用盆植苗作為試驗材料，可能其醣類含量年變化與本研究以行道樹作為試驗材料不同。

入冬後楓香葉與根總可溶性糖明顯上升，而臺灣的冬季低溫又乾燥，符合 Ryugo (1988) 與 Epron 和 Dreyer (2011) 的研究結果，為了適應冬季逆境，植物會升高樹體可溶性糖含量以保護細胞，此時也能觀察到根部澱粉 11 月後逐漸降低，應是分解成可溶性糖提供滲透調節使用。此外，根部總可溶性糖和澱粉冬季持續下降，符合冬季期間需進行花芽分化，以及在光合作用低落的冬季，其他組織仍持續維持呼吸作用而耗費儲藏養分的現象，直到春季萌芽時葉枝根的醣類含量達低點。

再來對照樟樹醣類變化與氣候之關係。樟樹葉枝根之總可溶性糖變化在溫暖且降雨豐



沛的春夏季，含量都在全年較低的位置，入秋 8 月後才開始逐漸增加，此時氣溫開始逐月降低，雨量也減少。到了冬季末期要進入春天時，總可溶性糖才又下降。澱粉則是在春季 3 到 5 月時，在葉枝和根兩組之間有相反的變化，葉與枝澱粉大幅增加，根的澱粉卻減少。葉與枝澱粉含量於地上部生長開始減緩的 8 月後又升高。5 月後夏季根部澱粉有一高峰，另一次的高峰在 11 月，都比葉枝澱粉的高峰晚出現。

樟樹葉枝根的總可溶性糖全年變化幾乎一致，與 Davidson (2000) 的研究結果相符。Davidson 未測定葉片醣類含量，僅測定主幹與根部之醣類含量變化，但結果顯示主幹與根之醣類變化狀態相關性很高，變化幾乎一致。然而 Davidson 測定的樹種都是落葉樹，與常綠的樟樹不同。然而 Cameron 等 (1938) 測定酪梨主幹與根部澱粉含量年變化，發現酪梨的兩個部位澱粉變化狀態全年也是一致的。然而，酪梨雖然與樟樹一樣都屬樟科，但酪梨變化一致的是澱粉，不同於樟樹是總可溶性糖。

身為常綠樹種的樟樹全年都有葉，所以春季萌芽可能不像楓香一樣需要一次投注全身養分，但是春夏季高溫且多雨，生長旺盛，所以葉枝根的總可溶性糖消耗於生長，此時含量仍較低。此外，春夏時葉光合作用旺盛，光合產物也會以澱粉型態暫時儲存於葉片 (Herold, 1984; Dickson, 1987)，所以可觀察到 3 到 5 月葉與枝澱粉含量大幅增加，但根系澱粉卻是降低的。5 月進入夏季後，地上部總可溶性糖與澱粉都明顯降低，應是消耗於夏稍的生長，而根系澱粉含量則增加。

入秋後樟樹地上部生長漸漸停止，因此光合產物開始累積，因此可觀察到樟樹葉枝根三個部位的總可溶性糖、還有葉與枝的澱粉都增加。冬季 10 月份以後可觀察到葉枝根的總可溶性糖都明顯增加，可能是作為滲透調節使用 (Ryugo, 1988; Epron and Dreyer, 2011)，且陳與劉 (2009) 指出乾旱狀況下樟樹葉與根的可溶性糖都會上升，符合冬季少雨的狀況。此時葉片澱粉稍降低，根部卻升高，所以滲透調節的材料可能是直接分解葉片內的澱粉。深冬要入春時，根部澱粉持續降低，葉與枝的澱粉微幅上升，有可能是用於冬季葉與花芽分化時，部分儲藏物質運移到地上部供給冬季分化使用。

比較楓香與樟樹，則發現兩種樹種葉與枝的兩種醣類年變化幾乎無差異，但根部有顯著差異。在差異最大的根部，總可溶性糖曲線可明顯看出兩種樹種波動時間的差異，楓香在 9 月和 12 月是高峰，樟樹則是 5 月和 1 月。而春夏季 3 到 8 月間，樟樹根部的總可溶性糖含量都比楓香來得高。根部澱粉變化呈現楓香高峰在 8 月和 11 月，樟樹則是 6 月和 11 月，因此 11 月的變化相同。但是全年含量變化幾乎都是楓香高於樟樹。顏 (1972) 之研究指出楓香與樟樹之根型相似，均為水平或斜出根，少垂直根，分布深度中等，但樟樹根系較稀疏、粗大，楓香則較細密；Gilman 與 Watson (1993) 指出楓香能夠耐受通氣不良的土壤；蔡和陳 (1991) 的研究則發現楓香在乾旱下傾向投資更多光合產物發展根系，反之樟樹在乾旱下根莖比則降低。以上顯示兩種樹種醣類利用模式的不同，而楓香根系澱粉含量幾乎全年高於樟樹，可能與楓香在逆境下傾向於發展根系有關。此外，樟樹也是常綠樹種，全年多次長新葉，樟樹根系澱粉含量較低，可能是樟樹傾向將醣類儲藏於地上部，以便全

年發展新葉。

綜合以上結果，楓香與樟樹醣類含量年變化都與氣候有高度關係，均會隨氣候變化產生改變，顯示能夠藉由兩種樹種的醣類含量變化來探討兩種樹種與環境間的互動。此外，楓香與樟樹在台灣氣候條件下醣類含量年變化的差異，是在根部，葉與枝則無明顯差異。其中根部澱粉含量楓香全年高於樟樹，可能是楓香傾向於將醣類儲藏於根部，樟樹則傾向儲藏於地上部，以即時提供生長新葉使用。

## 參 考 文 獻

- 郭志誠。1993。楓香及烏心石苗木對水分供給之反應。國立中興大學森林學系碩士論文。52pp。
- 陳凌雲、劉瓊霏。2009。升高二氧化碳濃度與水分缺乏對樟樹苗木形質生長及碳水化合物分配的影響。林業研究季刊。31(3): 43-54。
- 黃菊美、杜清澤。2017。台灣東部地區三種闊葉樹人工林的細根生產量與周轉率。中華林學季刊。50(1): 73-84。
- 劉癸君、林喻東。2011。都市林之生態價值與評估。林業研究專訊。18(4): 55-58。
- 劉業經、歐辰雄、呂福原。1994。臺灣樹木誌。南天書局。925pp。
- 蔡青園、陳清義。1991。缺水對樟樹及楓香光合作用及生理特性之影響。中華林學季刊24(2): 47-57。
- 顏正平。1972。水土保持木本植物根系分佈類型研究。中華水土保持學報。3(2): 179-204。
- 蒯住昇。1987。樹木根系圖說。誠光堂新文社。516pp。
- Böhm, W. 1979. Methods of studying root systems. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 190pp.
- Boyer, F. R. 2006. Concepts in biochemistry. 3<sup>rd</sup> ed. John Wiley & Sons. Asia. 666pp.
- Cameron, S. H., and G. Borst. 1938. Starch in the avocado tree. Pro. Am. Soc. Hort. Sci. 436: 255-258.
- Chien, C., J. H. Xiao, Y. H. Tseng, Y. H. Kuo, and S. Y. Wang. 2013. Composition and antifungal activity of balsam from *Liquidambar formosana* Hance. Holzforschung. 67(3): 345-351.
- Davidson, J. L. 2000. Comparison between root and stem total nonstructural carbohydrate concentrations in three woody plant species. Master dissertation. Texas Tech University.
- Dickson, E. R. 1987. Diurnal changes in leaf chemical constituents and 14C partitioning in cottonwood. Tree Physiol. 3(2): 157-171.
- Epron, D. and E. Dreyer. 1996. Starch and soluble carbohydrates in leaves of water-stressed oak saplings. Ann. sci. for. 53(2-3): 263-268.
- Gene, W. G., and J. D. Frederick. 1978. Urban Forestry. Wiley, New York. 279pp.

- Gilman, E. F., and D. G. Watson. 1993. *Liquidambar formosana* Formosa Sweetgum. US Forest Service.
- Grant, J. A. 1983. Influence of in-vine light environment on compounds of yield of kiwifruit. Master of Science thesis, University of California at Davis.
- Herold A. 1984. Biochemistry and physiology of synthesis of starch in leaves: autotrophic and heterotrophic chloroplasts. In: Storage carbohydrates in vascular plants, Lewis D. H. (ed.). Cambridge University Press, pp. 181-204.
- Kalra, Y. (Ed.). 1998. Handbook of reference methods for plant analysis. CRC press, Boca Raton. 300pp.
- Larcher, W. 2003. Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups. Springer-Verlag, Berlin, New York. 252pp.
- Loescher, W. H., T. McCamant, and J. D. Keller. 1990. Carbohydrate reserves, translocation, and storage in woody plant roots. Hort. Sci. 25(3): 274-281.
- United Nations. 2014. World Urbanization Prospects 2014. 27pp.
- Nielsen, S. S. 2010. Phenol-sulfuric acid method for total carbohydrates. In: Food Analysis Laboratory Manual, Nielsen S. S. (ed.). Springer, pp. 47-53.
- Pallardy W. 2008. Physiology of Woody Plants. 3<sup>rd</sup> ed. Elsevier, Amsterdam, Boston. pp. 454.
- Ryugo K. 1988. Fruit Culture: It's Science and Art. J. Wiley and Sons, New York. 344pp.
- Wargo, P. M. 1979. Starch storage and radial growth in woody roots of sugar maple. Can. J. For. Res. 9(1): 49-56.
- Waring, R. 1987. Characteristics of Trees Predisposed to Die. Bioscience. 37(8): 569-574.
- Worley R. E. 1979. Fall defoliation date and seasonal carbohydrate concentration of pecan wood tissue. J. Am. Soc. Hort. Sci. 195-199.

## Annual Variations of Carbohydrate Content Dynamics in Taiwanese Urban Trees—A Case Study of Camphor and Sweetgum Trees

Li-Xiang Zhang <sup>1)</sup>    Tung-Chi Liu <sup>2)</sup>

Keywords: Carbohydrate, Formosa sweetgum, Camphor tree, Reserves, Subtropics

### Summary

This study has taken two Taiwanese native species: Formosa sweetgum (*Liquidambar formosana*) and camphor tree (*Cinnamomum camphora*) for examples, using phenol-sulfuric acid method to determine the Total Soluble Sugar (TSS) and starch content of leaves, branches, and roots of the two species. Carbohydrate content dynamics of two species was compared with the factors of season changing, exploring how these two species to be detected to interact with the subtropical environment of Taiwan. The results showed that carbohydrate content dynamics of both species has higher correlation with seasonal changes. Their TSS and starch content in leaves, branches, and roots was detected to be lower from the middle of winter to spring, which means a fraction of carbohydrates offered for differentiation of leaf and flower bud during winter, preparing for the bud break in spring. The other fraction of carbohydrates turned into soluble sugars for the aboveground part of trees to adopt to coldness and drought during winter. Thus, TSS increased in leaves and branches. Besides, the carbohydrate content dynamics of leaves and branches were similar in both species, while dynamics of roots were different. This means the differences of carbohydrate utilization models between deciduous and evergreen trees might be ambiguous under subtropical climate. Furthermore, the root starch fluctuation of camphor trees was less than Formosa sweetgums, which means camphor trees might tend to store photosynthate in aboveground part in order to grow new leaves continuously throughout every season.

---

1) Graduate Student in Master Program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Associate Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.

## 臺灣農村美學問題之探索研究

顏 梓 安<sup>1)</sup> 歐 聖 榮<sup>2)</sup>

關鍵字：農村、農村美學、審美

**摘要：**自農村再生條例施行以來，臺灣在農村建設上有多方面的改善。再生計畫中的單點式景觀改善雖有助部分社區環境的提升，卻仍然缺乏整體性美學。從近年的農村建設現象中可發現，部分民眾對於農村之美的想像僅限於壁面的加工以及建築的仿效，低估當地的景觀與文化價值，農村環境在美學方面始終沒有一個明確的定義和標準。身為景觀專業者，如何協助呈現農村之美？是一項重要的任務。本研究針對美學基礎概念及農村美學之文獻資料與現況推動政策進行彙整，發現美感由人的主體情感面和認知所引發；農村之美包含人文、自然與在地之美，且強調居民的參與。研究最後建議未來農村之美的相關規劃，可藉由居民和景觀專業者的合作，針對農村自身的地方特色進行適當操作。

### 前 言

水保局農村再生計畫單點式的景觀改善雖然有助部分社區環境的提升，但還是缺乏整體性美學 (陳和吳, 2013)。在現今農村地區對於美的想像中，部分民眾之思考僅限於壁面的加工或是建築的仿效，盲從潮流，低估當地景觀與自身文化價值。筆者走訪農村後發現一個重要問題，那就是如果我們只是想要表現卡通人物的討喜和鮮艷色彩，以傳統農村建築作為畫布的今天，會不會太過奢侈？臺灣的農村，不管是自然產業還是傳統農村建築，都有他們存在的道理，我們還沒有深入了解他們之前，就先用艷麗的塗料掩蓋住了，不是太可惜了嗎。漢寶德 (2003)認為一個追求進步的落後國家，其人民的美感素養的提升，也可以作如是觀，審美活動是有其個性內發的成份，但那要建立在普遍的美感之上才有價值。本研究的主要目的，在針對農村環境建立相關的美學思考，期望能夠藉由議題探索現今的臺灣農村風貌之美與其中問題。

---

1) 國立中興大學園藝學系造園組碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝系兼任教授、朝陽科技大學景觀及都市設計系教授，通訊作者。

## 美學相關理論

美學 (aesthetics) 一詞源自於希臘文 (aisthetikos)，指的是「感官知覺」 (sensation)，意思是用感官去感覺。經由科學的方法，對人類的感官以及感覺做細密的研究，讓人類能夠更為深入的了解自身的感官世界，而美學歷經世界各地的發展與傳播，近年來更加精確的意義為可兼談自然美與藝術美，同時也包括美感相關的活動內容，對美、藝術以及人的美感進行思考並且能夠歸納出有系統和普遍性的觀點 (蔣，2006；李，2014)。因此，本研究將美學定義為，透過感官知覺接觸能夠感受到的美，並經由科學的方法解析，能系統性歸納出眾人普遍接受的觀點。

在實用的和科學的世界中，事物都藉著和其他事物發生關係而得到意義，但在美感世界中它卻能孤立、絕緣，卻能在本身現出價值 (朱，1995)。在審美的過程中人類可獲得心靈的觸動與提升，在此一過程中，人類在情感上將呈現精神愉悅的狀態且產生無以名狀的深層感動 (紀，2008)。美感的價值在於他並不需要有實際的益處，卻能帶給人們愉悅與感動 (李，2014)。

美感的歷程可能有兩個階段或是兩個方向，一部分是生理感官直覺對於客體外在形式，不涉及個人、社會、文化等干擾因素，直接引發的美感 (較少認知的情感)；另一部分則是透過社會感官的篩子，涉入記憶與聯想所引發之美感 (較多認知的情感) (李，2006)。以 Español-Echániz (2010) 的研究為例，一名觀察者在感受一個地方時會產生諸多情緒如熟悉感、喚醒感、思鄉感、格格不入感和孤獨感等，當旅行的人認同一些景觀有他們家鄉的特點時，會喚起對家鄉的記憶，此部分即為較多認知的情感。李 (2006) 研究發現，審美評估之情感判斷，皆是過去經驗、記憶積淀深化在右腦及左腦語言體系中美感之呈現，所以皆是情感之認知評價，進而形成主體心中所認為之美感，在他的研究結果中對國家公園回憶聯想、現地聯想及感覺聯想越多、對國家公園現地印象與媒體印象越深的受訪者、對國家公園熟悉度越高、自然知識越豐富及美學藝術涵養越好、童年接觸自然經驗頻度越高及目前越常到自然從事休閒遊憩之受訪者、自然休閒遊憩興趣越高、受訪者當日心情愉悅度越高和受訪者樂觀度越高，這些都會讓美感的評值越高，並在後續研究建議中提出，未來在進行景觀美感之相關研究時，純粹客體因素部分可能只需考量構圖類型之影響效果。因此我們可以了解，美感受主體自身的情感和認知評價的影響是最大的。

而在主體與客體的互動中，過去文獻曾敘述關於審美主體對客體的投射相關論述，如劉 (2012) 提出“有一千個讀者就有一千個哈姆雷特”說明不同的哈姆雷特都是每個讀者心靈投射的結果；但這些不同的哈姆雷特都存在著某些共同特徵，這是由作品結構決定，而又主體抽象出的結果。亦符合 Budd (1996) 所述，即便是同一件事情，但並不是每個描述都適用於每個人的感受。由此可以了解到，美感受主體影響而成，因此即便客體是同一個對象，不一定會得到同樣的結果。

綜上所述，美感的構成以審美主體 (人) 透過感官去感受審美客體，喚起其回憶聯想或

情感狀態，進而產生美的感受。不同的審美主體面對相同的客體，亦會因個人素質和生命經驗產生不同的結果。將美感經驗應用於景觀上，劉 (2012)提出優秀的景觀，除了能夠給人以形式美感之外，還往往以深邃的內在結構給人以豐富、深刻的情感激喚，使人產生難以言表的心靈感動，生發出無盡的意蘊，給人以美的享受。

### 環境美學相關理論

環境美學在 20 世紀中後段的分析美學中興起，在這之前，傳統的美學主要為藝術哲學，美學忽視了自然界的反應，引發自然美學的復興，加上工業化的發展，嚴重破壞環境品質，影響人們的生活。因此，以歐美為中心，有關環境的科學研究得到迅速發展，雖然環境美學於過去四十年中才發展成西方哲學的一個子領域，但其具 18、19 世紀之自然美學之根基，這其中包含無利害性、崇高美、風景如畫般的性質和肯定自然物皆具審美價值的肯定美學。到了後期，越來越顯示與傳統美學的區別，發展兩派認知取向與非認知取向的觀點，包含以卡爾松 (Allen Carlson)為代表的認知理論，以及以阿諾德·柏林特 (Arnold Berleant)的「介入美學」 (Aesthetics of Engagement)為代表的非認知理論。認知取向觀點強調實質的知識，如神話、歷史、藝術與宗教等有助於自然欣賞；非認知取向主張透過感官體驗、想像和融入的方式，才得以欣賞環境之美。前者以嚴格的分析哲學方法探討自然問題，後者結合美國實用主義與法國現象學。非認知路線贊同者較為多元化方法也更為多樣，包含赫伯恩的「多維審美」 (Multi-Dimensional Aesthetic)理論、諾埃爾·卡羅爾 (Carroll)的「激發模式」 (arousal model)、齊藤百合子 (Saito)的「多元主義方法」、戈德拉維奇 (Godlovitch)的自然美學思想等；環境美學從把重點立於自然環境中，發展到日常的美學調查與環保主義，其哲學基礎由傳統的人文主義和科學主義，延伸至生態主義，從鄉村景觀、城市景觀、工業場所等延伸至個人生活空間與院落環境等，朝日常的實踐和生活運用邁進 (陳，2007；劉，2010；楊，2015；Carlson, 2016)。

環境美學的興起讓學界從單純的藝術欣賞，延伸至日常環境的應用。張 (2004)對環境定義為，環境的形成很少是單個人的作品，而更多的是集體和自然共同創造的結晶，是不斷生成的，流動不拘，時刻都在變化，不是僵死不動的，並且擁有與藝術不同的審美標準。陳 (2010)也提到環境體驗不一定完全是視覺的，它是綜合的，涵蓋了所有的感覺形式。環境美學將審美行為侷限於博物館、音樂廳等特殊地點與時間中抽離出來，美學不再是一項引人注目或超乎尋常的事物，而是在大眾文化中也可以找到不亞於精緻藝術的審美趣味，環境美學並不單單涉及單獨的建築或單一場所，更涉及人們的參與，人是環境美學中最重要的因素 (Berleant,1992)。當人把自然環境作為價值物時，會面對兩種情形，一是資源，二是環境，過去將自然界一味看成資源的觀念應該有所轉變，人應當適度開發自然資源，保護好自然環境，因為它是我們人類的家 (陳，2010)。在環境美學中，環境被視為家園而

非資源，重視環境用情感塑造成人類的家園，人與環境的「合一」，這樣的觀念不是成就環境的自然屬性，而是促成了家園感；環境美學將家園區分成三個層次，分別為「宜居」、「利居」和「樂居」，並將「樂居」視為環境美的最高功能，「宜居」只考慮到基本的生存需求，「利居」重視環境的硬體與設施，忽略了精神文化，「樂」居則是情感性的，除了包含前述宜居和利居的功能之外，亦滿足了精神層次的需求(陳，2010；陳，2010)。而 (2012) 提出人類的三種生活環境、自然、農村以及城市中，農業發展時期的定居方式，人們才開始有了家園的概念，既然環境的本質認定為「家」，將環境美的本質認定為「家園感」，那原始農業實際上是環境美學的胚胎，那麼當今環境美學建設中，我們理應關注環境美學的母體－農業。

綜上所述，環境美學不拘泥於特殊時間地點，環境體驗源自於所有感官的感受，可以細微至日常生活的衣著服飾，大至自然生態的保護，環境美學重視人與環境之間的關係，取得對人類來說，環境是資源或是家園環境的平衡點；而環境美學與前述美感的定義有部分衝突之處，兩者不同的面向為，環境美學所附加的「實用」和「效益」性質，有助其美感的深化，與美的無用觀點大相逕庭，且環境美學強調人的參與，與美學中「心距說」及「靜觀說」的審美方式截然不同。環境美學在近代的理論延伸至「家園感」一詞，在陳望衡的論述中，家園感分成三種層次，最終追求的層次為基本生理、環境硬體以及精神層次皆滿足的「樂居」模式；而就「家園」環境來深入探究，又以農村為最開始有了「家園」的雛型概念；前述文獻回顧從基礎美學，延伸至日常實務應用的環境美學中，若要將美學實際運用於臺灣現況，可從農村之審美為起始點。

## 農村美學相關理論

本研究統整過往學者論述何謂農村之美，並將之分門別類為自然之美、人文之美、在地性三者。

### 一、自然之美

過往研究將農村景觀資源分類出自然景觀資源 (林，1995；林，2003)，或在意象或元素分類出自然景觀之類型 (洪，2005；賴，2007)。王 (2012)提出，農村美學的基礎在於其自然之美、人文之美、五感體驗的認知以及不同於都市之魅力。人類的村落環境，主要是農業人口聚居的地方，而農業雖非自然地景，但卻是人類生產活動中較為接近自然且擾動較少的土地利用景觀，舉目可見若非原生態的自然就是農作物的自然；且由於自然條件不同，加上居民從事農業活動的差異，使農村類型變得相當豐富，環境也出現了多樣化，過往研究就提出臺灣農村產業現況可分為八種景觀類型，如高臺農作類、平原農作類、縱谷農作類、溪谷農作類、梯田茶園類、近山林野類、濱海水鄉類以及海岸田園類；而村落環境隨自然中物候的變化，一年四季出現不同之季相，使村落變得更加絢麗多姿。而過往研



究就都市居民的角度敘述，不僅自然化的景觀受到喜愛，與傳統農業相關的景觀同樣的也受到高程度的偏好；但亦有研究在調查一般大眾對農村景觀偏好時提出，即便是自然景觀，無人管理的草木和沼澤為受訪者最不好偏好之景觀。而現代化的集約農業和對環境感到冷漠在大眾眼中有強烈相關，不同族群和個人對環境的價值取向亦會讓景觀偏好而有所差異，如居住於農村的居民，相較於都市地區會給予農業景觀與水景較高度的評價（周與劉，1993；蔡，2008；王，2012；陳，2012；Howley, 2011；Almeida *et al.*, 2015）。

## 二、人文之美

過往研究將農村景觀資源分類出空間結構與人文活動（林，1995），亦或農村文化景觀（林，2003），或在元素與意象上歸咎出人文景觀之類型（洪，2005；賴，2007）。Howley (2011) 針對鄉村景觀的研究結果發現，文化景觀是民眾在視覺上除了水景之外較為偏好的景觀，在其研究中文化景觀包含古建築、紀念碑、雕塑等空間設施結構物。劉和洪（2003）指出農村景觀資源包含非實體景象農村特質，如人文、采風、信仰、習俗、生命歸屬感等。王（2012）提出，農村美學的基礎其一在於人文之美。過往研究也曾探討在人文特色如農村生活經驗等，創造出農村美感經驗之案例（蔡，2012）。農村審美中，除了親自然性和生活環境的廣闊性之外、更有與自然生命交流、豐富的人際交流之特性（陳，2012）。

## 三、在地性

林（2004）認為，社區常常看不到「在地性」的重要，若透過不斷的對話、反省，或許在決定社區發展時就能夠沉澱出在地自然、環保、生態、美學、鄉土多元的社區風格。農村空間的美學在於傳承和保留其道德觀、在地化、自然生活空間和獨特魅力，農村社造不是單純改變農村村貌，而是再現原鄉風情（蔡，2012）。農村的在地包含了永續的在地、農業的在地、環境的在地、景觀的在地、社區的在地和文化的在地，其中景觀的在地在於是能否夠詮釋在地的環境特質、風俗文化、人類需求等特徵，並形成一種在地的環境秩序、景觀美感和意象傳遞（周，2010）。農村的建設應盡量避免泛都市化意象的強植，需顧及聚落、空間與農業三者的互動環境，若按照城市模式改造農村，實際上就是消滅農村（祝，2008；陳，2012）。

綜上所述，農村有產業中最接近自然環境的特性，加上臺灣農村地形和生態的豐富性，讓農村有其無可替代的自然之美，而所謂的自然之美，除了純粹的自然環境，也包含了農業景觀；但依照自然環境以及農業形式的不同，其不見得全部能被大眾接受其與環境之美相關。除了自然之美，農村之美也建立在有形和無形的文化景觀，有形如空間設施結構，無形如農村的生活經驗和人文活動，兩者皆能夠為代表其美之部分，並創造美感經驗。農村環境本身的环境特徵與風貌有其存在的必然性，農村之美的基礎應當建立於在地化上，所有的營造需依循地方風情與風格，而不是單純社區改造或是複製都市化的操作。

### 臺灣農村美學發展現況與農村美學之問題

農村美學相關計畫自 95 年開始即有農村景觀空間美學教育訓練之推動，近期相關計畫如農村景觀美學營造競賽、景觀美學共識營和農村再生計畫窳陋空間改善等，於綠化造景、生態、人文方面推廣相關知識及經驗，並於農村景觀中導入地方生態、文化、產業元素，農村美學日漸抬頭(見表 1)。在農村居民的角色上，近期實施計畫如農村再生，期望啟發社區居民主動投入社區活化再生的工作，鼓勵青年返鄉，透過培根訓練建立居民之間的共識，從生活滿足、環境改善至心靈的成長與改變，而農村美學亦然，期望先由在地認同、再來是農民主導至親身實作，最後達到環境共榮的效果(行政院農業委員會水土保持局，2012；王，2012；陳與吳，2013)。在景觀專業者的角色中，除了實質環境營造的參與外，亦須扮演環境教育與大眾之間的橋樑，並協助業主跳脫資本邏輯的角色，啟發其審美意識的價值與意義(許等，2006)。

陳(2012)提到農村美學有四個主要的問題，一為過往讚美農村風光、欣賞農業美的，主要非農民，而是城市居民；二為農村特色為農業景觀，那就是田野、牧場、種植基地等，不要讓這些景觀消失於新興之農村；三為農村建設需有自己的特性，不可同一套圖紙；最後則為在建設上，需注意與當地地形地貌和傳統文化的和諧。農村社區在農村再生條例和休閒農業輔導管理辦法公布施行後，社區環境有比過往乾淨整齊，但隨著農村休閒需求的增加，農村和休閒農業區存在這景觀美學上的問題，如單點式的空間改善無法將整體性的美質提升；雖然有研究提出空間改善工作已在空間區位(整體性)和功能效益(正當性)上發揮正面意義，但在融入文化藝術內涵和創意發明等方面需加強，建議透過農村美學概念以全面提升農村整體美質(陳與吳，2013；石，2014)。農村形塑的關鍵點，在於農村社區是否能夠透過聚落、空間與農業三者間的互動環境，營造出具歷史痕跡之農業風貌(祝，2008)。

綜上所述，農村在空間環境上雖然已經有所改善，若能藉由農村美學概念加以深植，更能做整體性的改善，而農村美學希冀能夠由地方居民的角度探討，用其美學眼光重新審視農村景觀，在建設上避免失去農業景觀、避免制式化、避免失去在地性的特質。

表 1. 農村社區之美學相關計畫

Table 1. Aesthetics plans of rural communities.

| 名稱                                              | 單位                    | 內容                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 95 年<br>農村景觀空間美學教育<br>訓練                        | 行政院農業<br>委員會水土<br>保持局 | 透過農村景觀案例影像的賞析及教育課程，<br>提升相關單位人員、設計施工單位、以及地<br>方居民對於農村生活空間的美學涵養。                                                     |
| 95-96 年<br>十大經典農漁村選拔                            | 行政院農業<br>委員會水土<br>保持局 | 推動「新農業運動」的背景下，鼓勵傳統農<br>村推動新觀念、訂定新目標、吸引新農民，<br>以生活、生產、生態三面向之為選拔標準。                                                   |
| 99 年<br>農村美學幸福講座規劃                              | 水土保持局<br>臺中分局         | 邀請專業人士交流分享空間營造、綠化、環<br>保、節能生活等相關專業知識與技巧。                                                                            |
| 101 年<br>農村美學研討會                                | 水土保持局<br>臺北分局         | 邀請國內具農村規劃及營造經驗之專家學<br>者，提供交流與學習的機會。                                                                                 |
| 101 年<br>彰投雲嘉農村景觀美學<br>營造及推廣計畫                  | 水土保持局<br>南投分局         | 配合農村社區窳陋空間改善工作導入美學概<br>念，篩選出培根組 20 個社區及輔導 3 處再生<br>社區，辦理「2012 彰投雲嘉農村景觀美學競<br>賽」，提升農村社區對空間美學之知識，促進<br>農村景觀營造與維護邁向自主。 |
| 101 年<br>南區農村景觀美學營造<br>及推廣計畫                    | 水土保持局<br>臺南分局         | 針對轄區內各農村社區不同特性與需求進行<br>景觀美學營造輔導，並藉由社區參與過程增<br>進居民環境美學的概念。                                                           |
| 102 年<br>彰投雲嘉農村景觀美學<br>營造及推廣計畫                  | 水土保持局<br>南投分局         | 配合農村社區窳陋空間改善工作導入美學概<br>念，彰、投、雲、嘉四縣之農村社區於分局<br>競賽後，推薦 10 社區參加總局評選，以鼓勵<br>農村社區對空間美學之知識提升，展現在地<br>農村社區窳陋空間改善之成果。       |
| 102 年<br>北區窳陋空間改善示範<br>推廣計畫『紆余·窳<br>喻』-北區綠珠環串行動 | 水土保持局<br>臺北分局         | 透過在地團隊帶領及輔導社區，使社區了解<br>環境改善之重要性，提升社區美學涵養。                                                                           |
| 102 年<br>窳陋空間改善示範推廣<br>計畫                       | 水土保持局<br>臺東分局         | 改善社區窳陋景觀，將更多美學因子帶入農<br>村，並展現社區凝聚與活力。                                                                                |

表 1. 農村社區之美學相關計畫

Table 1. Aesthetics plans of rural communities.

| 名稱                                                       | 單位             | 內容                                                                               |
|----------------------------------------------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 103 年<br>農村社區景觀美學及窳<br>陋空間改善推廣專管計<br>畫「農村社區景觀美學<br>教育訓練」 | 農業委員會<br>水土保持局 | 辦理 6 場並邀請各分局所轄之農村社區幹部<br>及成員，加強窳陋空間改善成功案例推廣課<br>程，以提升社區實務操作品質、管理維護及<br>農村景觀美學觀念。 |
| 103 年<br>「南區窳陋空間改善示<br>範計畫」南區窳陋美學<br>共識營                 | 水土保持局<br>臺南分局  | 邀請美學景觀、綠化造景、窳陋改善經驗等<br>專業講師授課，鼓勵社區幹部共同參與學習<br>綠化、美學營造相關專業知識                      |
| 103 年<br>農村窳陋空間改善競賽                                      | 農業委員會<br>水土保持局 | 鼓勵社區選擇適當窳陋地點，透過居民自主<br>參與與雇工購料方式，提升景觀及生態品<br>質。                                  |
| 104 年<br>臺東地區農村社區景觀<br>美學推廣計畫 2 天 1 夜<br>共識營             | 水土保持局<br>臺東分局  | 提升參與者設計概念、學習實際案例的美感<br>與實務經驗，為農村社區推動自主營造之僱<br>工購料及窳陋空間改善參考。                      |
| 104 年<br>彰投雲嘉<br>”發現農村·真善美”<br>農村社區景觀美學營造<br>競賽          | 水土保持局<br>南投分局  | 訂出可食地景、友善環境、棲地營造、鄉土<br>回憶社區環境空間營造計畫，提昇農村社區<br>生活環境品質及整體景觀。                       |
| 101-104 年<br>農村再生計畫<br>”老地方、新色彩”<br>窳陋空間改善               | 水土保持局<br>臺中分局  | 透過農村窳陋空間的改善，希望藉此讓社區<br>自主參與，使居民能夠重新審視在地特色與<br>環境的關聯，凝聚再生的力量。                     |
| 105 年<br>中苗農村社區景觀美學<br>成果發表活動                            | 水土保持局<br>臺中分局  | 以可食地景、農夫市集、古法技藝、友善環<br>境、文化脈絡等主題面向引導營造，讓農村<br>窳陋空間改善成效更顯著，發揮在地特色。                |
| 105 年<br>農村景觀美學整合加值<br>計畫                                | 水土保持局          | 辦理社區觀摩研習、美學課程講座、工程景<br>觀指導等，藉由計畫安排景觀相關專業者與<br>農村營造規劃參與者等，彼此交流與學習。                |

續表 1. 農村社區之美學相關計畫

Table 1. Aesthetics plans of rural communities.

| 名稱                             | 單位           | 內容                                                                                                             |
|--------------------------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 106-107 年<br>第一屆金牌農村競賽選<br>拔計畫 | 行政院農業<br>委員會 | 暨 96 年十大經典農漁村選拔後，為樹立臺灣<br>農村典範使農村社區發展有所依循，透過競<br>賽選拔機制，促進中央及縣(市)政府合作投<br>入農村發展，激發農村向心力，營造特色風<br>貌，邁向多元永續發展之目標。 |

## 結 論

身為景觀專業者應探究目前的社會現象，反思何謂農村之美的真正樣貌。因此，針對美學基礎概念及農村美學之文獻資料與現況推動政策進行彙整，本研究以現有的文獻解構農村之美可能涵括的面向，將農村之美分類為自然之美、人文之美和在地性。農村之美在於它的素色面貌，在於它與自然的親近性，在於它的傳統在地文化，在於它相對於都市狹窄的個人空間的寬敞，這些都是不需要刻意脂粉就擁有的優勢，而這些美的感受，回顧美感的構成以及環境美學的宗旨，都起因於審美主體（人）對審美客體（農村）的認知、聯想、情感與實際參與。

綜合以上國內外的文獻回顧與探討提出以下幾點結論，以作為未來農村美學相關規劃之參考：

- 一、保留農村之美並不代表著就不需操作，在日新月異的現代，用更細膩的方式維護其地方自然、人文風貌，營造具地方特色與多樣性的農村景觀，是未來農村之美在營造上的課題。
- 二、農村美學希冀由居民角度去探討，農村美學的概念若能藉由專業者的指導，與社區居民達到共識與相互理解，深植於農村社區中，更能協助改善現今的空間營造盲點。
- 三、建議未來對農村具有情感和了解的農村居民投入農村美學的建設，挖掘和開發外人看不到的在地農村之美和特色，並且與專業者經由詳細縝密的討論、溝通後，再進行軟硬體的建設；期望農村之美不再流於膚淺的圖樣和形式，而是能夠感受大地賜與豐饒、前人生活智慧的感動。

## 參考文獻

- 王秀娟。2012。農村美學之推動。造園景觀雜誌。74: 3-9。
- 石証穎。2014。農村美學-社區自辦窳陋空間改善關鍵成功因素之分析。長榮大學碩士論文。
- 朱光潛。1995。談美。臺北。漢藝色研。
- 行政院農業委員會水土保持局。2012。農村再生政策方針【政府網站】。取自 <http://www.swcb.gov.tw/content/index.asp?m=1&m1=4&m2=467&gp=18>。
- 李佩璇。2014。圖解美學。臺北。易博士文化。
- 李彥希。2006。臺灣地區景觀美感因素結構之研究—以臺灣國家公園為例。國立中興大學博士論文。
- 周鴻、劉韻涵。1993。環境美學。臺北。地景出版。
- 周鶴樹。2010。臺灣農村地區的永續發展前景與評估。環境與藝術學刊。8: 11-32。
- 林文毅。2003。農村景觀空間之符號學分析-以田尾鄉為例。東海大學碩士論文。
- 林幸怡。1995。農村景觀資源評估模式之研究。國立中興大學碩士論文。
- 林書筠。2004。社區美學研究-嘉義市興村里社區總體營造的美學歷程與詮釋。南華大學碩士論文。
- 洪飛碩。2005。觀賞者對臺灣農村景觀元素認知之研究-以屏東科技大學學生為例。國立屏東科技大學碩士論文。
- 紀俊吉。2008。以「人」為本的休閒運動觀—馬斯洛「需求層次論」內涵之探討。國立雲林科技大學碩士論文。
- 祝瑞敏。2008。德國的鄉村印象—景觀中的農村。水保技術。4(3): 254-261。
- 張敏。2004。阿諾德·伯林特的環境美學建構。文藝研究。4: 90-94。
- 許浩龍、李傳房、何肇喜。2006。美學工程—全民參與環境改造與公民美學教育之研究。設計研究。6: 12-19。
- 陳又綺、吳俊龍。2013。休閒農業旅遊—創造農村美學新價值。農政與農情。254: 19-22。
- 陳國雄。2010。環境的審美經驗研究。美學藝術學。5: 109-123。
- 陳望衡。2007。環境美學的興起。鄭州大學學報。38: 80-83。
- 陳望衡。2010。環境美學的當代使命。美學藝術學。5: 1-6。
- 陳望衡。2012。試論農業審美願景—新農村建設與環境美學。江淮論壇。2: 15-19。
- 楊忠斌。2015。評析自然美學的爭論及其在美育上的意涵。當代教育研究季刊。23(2): 115-146。
- 漢寶德。2003。美感教育的有效途徑。國家政策論壇。92(2): 268-272。
- 劉悅笛。2010。融入「生活美學」的當代「環境美學」。應用倫理評論。49: 73-86。
- 劉健哲、洪忠修。2003。建立農村新風貌帶動休閒農業發展之研究。行政院農業委員會委

託研究。

劉曉光。2012。景觀美學。北京。中國林業。

蔡芷儀。2012。傳統工藝與村野風光結合的生活美學空間—以新港板頭藝術村為例。視覺藝術學系會議論文。國立屏東教育大學。

蔡淑美。2008。臺灣鄉村地區景觀意象之探討。興大園藝。33: 105-117。

蔣勳。2006。美的覺醒。臺北。遠流。

賴玉梅。2007。苗栗縣通霄鎮福興社區居民之鄉村意象研究。國立中興大學碩士論文。

Almeida, M., I. Loupa-Ramos, H. Menezes, S. Carvalho-Ribeiro, N. Guiomar, and T. Pinto. 2015. Urban population looking for rural landscapes: Different appreciation patterns identified in Southern Europe. Land Use Policy. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.09.025>>.

Berleant, A. 1992. The aesthetics of environment. Philadelphia: Temple University Press.

Budd, M. 1996. The aesthetic appreciation of nature. British J. Aesthetic. 36(3): 207-222.

Carlson, A. 2016. " Environmental Aesthetics" In The Stanford Encyclopedia of Philosophy. edited by Edward N. Z. <<https://goo.gl/ZAWFkc>>.

Español-Echániz, I. 2010. Aesthetic experience of (landscape) nature as a means for environmental awareness. Enrahonar. 45: 41-50.

Howley, P. 2011. Landscape aesthetics: assessing the general publics' preferences towards rural landscapes. Ecol. Econ. 72: 161-169.

## Explorative Study on Problems of Contemporary Rural Aesthetics in Taiwan

Tzu-An Yen <sup>1)</sup>    Sheng-Jung Ou <sup>2)</sup>

Keyword : Aesthetics, Rural communities, Meaning

### Summary

Since Rural Rejuvenation Act practice, there are a lot of constructions being done in Taiwan, but it still lacks of integrity aesthetics. In recent years, although aesthetics construction of rural communities was built up with good intentions in Taiwan, however when observing the phenomenon of rural construction, we need to ask ourselves that is it really what residents need. It is important for the landscape professionals show the beauty of rural communities, therefore the study collected and analyzed literature about basic aesthetics and aesthetics of rural communities. We found that subject factors directly influenced feelings and cognition of aesthetic. Beauty of rural communities includes culture, nature, and localization and emphasizes on residents participation. Finally, the study recommends that the operation of the aesthetics of rural communities could start from residents and landscape professional's cooperation in the future.

---

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

2) Adjunct Professor and Professor, Department of Horticulture, National Chung-Hsing University and Department of Landscape and Urban Design, Chaoyang University of Technology, Corresponding Author.



# 興大園藝

第四十三卷 第二期

- 草莓果實採後特性與處理方式  
.....吳岱融 謝慶昌..... 1
- '珍珠拔'番石榴果實發育期受東方果實蠅為害之探討  
.....林高偉 林慧玲 謝慶昌.....17
- 貯藏溫度對'Eureka'檸檬果實轉色之影響  
.....賴筱茹 林慧玲 謝慶昌.....33
- 黑芥子酶 (Myrosinase, MYR)及表皮特異硫蛋白修飾子 (Epithiospecifier  
modifier, ESM)基因轉殖至青花菜葉綠體之研究  
.....林泳伸 潘怡君 陳柏亨 曾夢蛟...45
- 果上留葉數及著果位置對西洋南瓜植株生育及果實品質之影響  
.....梁桂嘉 宋 好.....63
- 稻稈生物炭混合介質培育之甘藍及番茄幼苗移植後之生育評估  
.....陳奕君 黃三光...77
- 轉殖 *API* 基因至春石斛蘭之研究  
.....董怡君 潘怡君 林育聖 曾夢蛟...93
- 聽覺與視覺間的韻律關係及其共感覺之初探  
.....陳韻文 歐聖榮.....105

國立中興大學園藝學系編印

中華民國一〇七年六月

## 草莓果實採後特性與處理方式

吳岱融<sup>1)</sup> 謝慶昌<sup>2)</sup>

關鍵字：草莓、採後、貯藏

**摘要：**草莓為非更年性作物，在完全成熟時風味最佳。除了機械傷害外，草莓貯藏期的品質損失，源自於它採後仍然處於高代謝活性，而且易受黴菌侵害。草莓果實貯藏維持品質、控制腐敗的主流方式為冷藏，輔以其他的做法如熱、二氧化碳氣變貯藏、可食性覆膜、植物精油、酵母菌、超音波等處理，或是新型的包裝材質等。未來增進草莓貯藏品質的可能研究方向包括：1. 改善產銷供應鏈 2. 研發物理性或非農藥的採後處理作法：3. 開發育成耐貯藏品種。

### 一、草莓果實的特性

草莓被歸類為非更年性作物，果實成熟期間它的乙烯產生不會有增加的現象 (Biale, 1981)。果實之含糖量於採收後不會再提升，因此需收穫完全成熟的草莓，風味最佳 (Kader, 1999)。草莓風味影響因子最主要的是可溶性糖，其次為有機酸。草莓可溶性糖的主要成分為果糖，其次為葡萄糖。有機酸的主要成分為檸檬酸 (含量超過 90%) (Cordenunsi *et al.*, 2003)。草莓富含維他命 C (抗壞血酸)、維他命 E、 $\beta$ -胡蘿蔔素、花青素等物質，具有高抗氧化活性，對於人體健康的維持有所助益 (Van De Velde *et al.*, 2013)。

花青素為水溶性化合物，主要存於細胞液泡中，是草莓果實顏色的來源，也是含量較多的酚類化合物 (da Silva *et al.*, 2007)。草莓果實的紅色來自於矢車菊素-3-葡萄糖苷 (cyanidin-3-glucoside)，橘色部分來自天竺葵素-3-葡萄糖苷 (pelargonidin-3-glucoside) (Bakker *et al.*, 1994)。其他種類的花青素，還有天竺葵素-3-丙二酰葡萄糖苷 (pelargonidin-3-malonylglucoside)、天竺葵素-3-芸香苷 (pelargonidin-3-rutinoside) 等 (Aaby *et al.*, 2012)。

草莓成熟的過程當中，可滴定酸逐漸降低，pH 值逐漸增加，可溶性固形物逐漸增加 (Nunes *et al.*, 2006)。草莓果實的硬度從 0%轉紅到 50%轉紅逐步減少，但 75%轉紅到 100%

---

1) 國立中興大學園藝學系博士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系副教授，通訊作者。

轉紅的硬度則維持穩定 (Ménager *et al.*, 2004)。草莓果實的軟化主因，在於聚半乳糖醛酸苷酶 (polygalacturonase, PG)溶解或分解細胞壁的聚醣醛酸化合物 (polyuronides)。成熟果實的可溶性聚醣醛酸化合物含量，比未成熟的要高 (Nogata *et al.*, 1993)。

除了採收時所造成的機械傷害外，草莓貯藏期的品質損失，源自於它採後仍然處於高代謝活性，而且易受黴菌侵害 (Garcia *et al.*, 1998; Romanazzi *et al.*, 2001)。Botrytis cinerea 引起的灰黴病 (gray mold)是草莓貯運過程中，常見且為害嚴重的病害 (Zhang *et al.*, 2007)。雖然部分殺菌劑可以抑制灰黴病造成的損失，但也可能造成授粉不完全或果實畸形問題 (Kovach *et al.*, 2000)。另一方面，使用殺菌劑的殘留問題，日漸受到公眾關注與法規限制，因此發展病害防治的替代方法成為研究的亮點 (Smilanick, 1994)。

## 二、草莓果實貯藏時的變化

草莓採收後，仍處於高代謝活性的狀態。影響果品品質的項目如可溶性固形物、可滴定酸、顏色、硬度、酵素等在貯藏期的變化(表 1)如下：

表 1. 草莓果實貯藏之品質變化

Table 1. Quality changes of the strawberry fruit during storage.

| 項目 | 貯藏變化  | 原因           | 參考文獻                                                             |
|----|-------|--------------|------------------------------------------------------------------|
| 顏色 | 持續轉色  | 花青素含量增加      | Holcroft and Kader, 1999<br>Kalt <i>et al.</i> , 1993            |
| 糖度 | 持平    | 果實蔗糖含量低，轉化有限 | Souleyre <i>et al.</i> , 2004<br>Cordenunsi <i>et al.</i> , 2003 |
| pH | 減少或持平 | 檸檬酸含量增加      | Cordenunsi <i>et al.</i> , 2003<br>Nunes <i>et al.</i> , 2006    |
| 硬度 | 減少    | 果膠質解聚        | Rosli <i>et al.</i> , 2004<br>Zhou <i>et al.</i> , 2011          |
| 病害 | 增加    | 灰黴病為主        | Zhang <i>et al.</i> , 2007a                                      |

### 可溶性固形物

草莓果實採收後通常糖度不會增加，但有些品種的草莓採收後會有糖度增加的情況。採收後草莓果實糖度的增加通常不認為是來自蔗糖，因為草莓果實發育時並不會有多量的

蔗糖累積 (Souleyre *et al.*, 2004)。貯藏期間的糖度提升，可能是因為細胞壁分解的緣故 (Cordenunsi *et al.*, 2003; Nogata *et al.*, 1993)。

#### 可滴定酸

草莓果實貯藏期間，通常可滴定酸含量會增加 (Nunes *et al.*, 2006)。貯藏期間檸檬酸與 pH 值，依不同草莓品種有不同的變化程度。臺灣草莓產業的主流品種「桃園 1 號」源自於「豐香」。「豐香」果實在貯藏期間，檸檬酸的含量增加，pH 值降低 (Cordenunsi *et al.*, 2003)。

#### 顏色

草莓採收後，花青素合成的反應會持續作用，就算在低溫貯藏時，也不會抑制這個反應 (Holcroft and Kader, 1999)。因此草莓在貯藏期間，花青素含量會提高 (Kalt *et al.*, 1993)。花青素生合成的反應，受到貯藏低溫的影響而減緩 (Cordenunsi *et al.*, 2005)。因此草莓果實採後的轉色速度與貯藏時間、貯藏溫度有關，貯藏溫度低會延遲轉色時間 (Nunes *et al.*, 1995)。10℃貯藏的草莓，轉色速度比貯藏在 20℃的慢 (Miszczak *et al.*, 1995)。草莓在轉紅前就採收，果實仍可在貯藏期間持續轉色，但果實有的糖、酸含量則未必能符合消費者需求 (Kalt *et al.*, 1993)。

#### 硬度

果實軟化影響到採後貯架壽命與病原菌侵害的情況 (Brummell and Harpster, 2001)。草莓果實的軟化與果膠質的溶解性與解聚作用 (depolymerization) 密切相關 (Rosli *et al.*, 2004)。果膠質是細胞壁的中膠層和初生胞壁的主要成分，它會被果膠甲基酯酶 (pectin methyl esterase, PME) 水解成去甲基化的果膠質。去甲基化的果膠質則容易被 PG 水解，因此造成果膠質的解聚作用的發生 (Zhou *et al.*, 2011)。

#### 和抗氧化有關之酵素變化

在貯藏的過程中，園產品的傷口與真菌滋生也是一種逆境的形式，其會造成活化氧族 (reactive oxygen species, ROS) 的產生 (Bolwell and Wojtaszek, 1997)。ROS 可做為激發逆境反應或防禦反應的訊息傳導物，或二次代謝物 (Desikan *et al.*, 2001)。活化氧族的過度形成，會造成脂質過氧化作用而引發氧化損害 (Thoma *et al.*, 2003)。對於氧化傷害，植物會利用抗氧化系統來抵抗，牽涉其中的酵素，像是超氧化物歧化酶 (superoxide dismutase, SOD)、過氧化物酶 (peroxidase, POD)、過氧化氫酶 (catalase, CAT)、抗壞血酸過氧化物酶 (ascorbate peroxidase, APX) 等 (Maya and Matsubara, 2013)，而脂質過氧化作用的產物為丙二醛 (malondialdehyde, MDA)，其為多元不飽和脂肪酸的二次代謝物，通常用來代表脂質過氧化物的含量、細胞膜的完整性，作為果品成熟過程的指標 (Hodges *et al.*, 1999)。

### 三、草莓果實的採後處理方式

低溫貯藏是草莓採後主要的保存方式 (Han *et al.*, 2004)，在這個基礎上，有許多其他的處理方法用來延長草莓的貯藏期限，而這些方法，也有可能合併使用來提高處理效果 (表 2)。

表 2. 配合低溫貯藏的草莓果實採後處理方式

Table 2. Different methods applied in the postharvest handling of strawberry fruit in the refrigerated storage.

| 種類    | 方式                                                                                                            | 參考文獻                                                                                                                           |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 熱     | 42-48℃、熱空氣 3 小時<br>45℃、熱水 15 分鐘                                                                               | Civello <i>et al.</i> , 1997<br>Vicente <i>et al.</i> , 2002<br>Garcia <i>et al.</i> , 1995                                    |
| 二氧化碳  | 10-15%CO <sub>2</sub> 氣變包裝                                                                                    | Wells and Uota, 1970<br>Li and Kader, 1989                                                                                     |
| 可食性覆膜 | 1.5%殼聚醣<br>1.5%殼聚醣<br>蜂蠟與椰子油(4:1)、小燭樹臘與椰子油(4:1)                                                               | Hernández-Muñoz <i>et al.</i> , 2006<br>El Ghaouth <i>et al.</i> , 1991<br>Peñarubia <i>et al.</i> , 2014                      |
| 植物精油  | 50-200ppm 百里香精油<br>0.9 g/L 茶樹精油<br>大豆麩質蛋白與 1%百里香精油<br>小麥麩質蛋白與 1%百里香精油<br>1% 殼聚醣與 3%檸檬精油                       | Bhaskara Reddy <i>et al.</i> , 1998<br>Shao <i>et al.</i> , 2013<br>Amal <i>et al.</i> , 2010<br>Perdones <i>et al.</i> , 2012 |
| 酵母菌   | <i>Rhodotorula glutinis</i><br><i>Candida reukaufii</i> , <i>C. pulcherima</i><br><i>Hanseniaspora uvarum</i> | Zhang <i>et al.</i> , 2007<br>Guinebretiere <i>et al.</i> , 2000<br>Cai <i>et al.</i> , 2015                                   |
| 超音波   | 30W、60W                                                                                                       | Aday <i>et al.</i> , 2013                                                                                                      |
| 奈米材料  | 奈米二氧化鈦添加於包裝資材中                                                                                                | Yang <i>et al.</i> , 2010                                                                                                      |

### 熱處理

熱處理在採後處理可帶來減蟲、防治腐敗、延遲成熟、改善果實的逆境反應等效果 (Lurie, 1998)。草莓使用 42-48°C 的熱風處理 3 小時，可以延緩果實成熟，並降低真菌侵害 (Civello *et al.*, 1997; Vicente *et al.*, 2002)。以 45°C 熱水處理草莓果實 15 分鐘，可降低採後損失、果品重量損失與可滴定酸；同時具有較高的果實硬度、可溶性糖含量與感官評鑑數值，不過在果品的光澤度上則損失較多 (Garcia *et al.*, 1995)。通常熱處理所造成的效果，不是在處理後馬上顯現，而是在之後的貯藏過程中顯現 (Vicente *et al.*, 2006)。

經過熱處理的草莓果實，能在貯藏期維持較高的硬度 (Civello *et al.*, 1997; Vicente *et al.*, 2002)。因為熱處理影響果膠質與半纖維素的溶解性，PG 及  $\beta$ -半乳糖苷酶 ( $\beta$ -galactosidase,  $\beta$ -Gal) 的活性受熱處理抑制，PME 的活性則受到提升，且果實具有更高含量的螯合果膠質 (chelator-soluble) (Vicente *et al.*, 2005)。

隨著熱處理時間增加，會造成草莓果實的重量、表皮顏色 a、b 值與色彩飽和度顯著降低。pH 值、可溶性固形物、可溶性酚醛提升，而抗壞血酸與花青素含量會降低 (Musto and Satriano, 2010)。因為熱處理會引發暫時的呼吸率提升，而顯著消耗有機酸含量 (Lurie and Klein, 1990)。花青素含量的降低，可能源自於 PAL 活性的降低 (Civello *et al.*, 1997)。

熱處理可能誘發 ROS，伴隨著氧自由基清除物的產生，像是 SOD、POD、CAT 等 (Mittler *et al.*, 2004)。SOD 牽涉到超氧自由基的消除，他因此保護細胞免受自由基累積的傷害 (Van Breusegem *et al.*, 1999)。草莓果實在熱處理後的當下，SOD 活性與對照組沒有差異，但在貯藏的過程中，熱處理果實有較高的 SOD 活性，因此降低果實受到超氧自由基的傷害 (Vicente *et al.*, 2006)。POD 牽涉與木質化或癒傷組織相關的生理反應 (Wakamatsu and Takahama, 1993)。POD 活性在草莓果實貯藏的期間逐漸增加，表示植物組織可能受到損害，其中熱處理果實的 POD 活性，比對照組要來得低，顯示經過熱處理可降低果實貯藏過程所受到的損害 (Vicente *et al.*, 2006)。

### 二氧化碳

漿果類果品的貯藏期，通常透過低溫保存或氣體調節 (通常是高濃度的二氧化碳) 來延長 (Kalt *et al.*, 1999)。在草莓鮮果運送的過程中，採用二氧化碳氣體進行氣變包裝是常見的保存方法 (Olias *et al.*, 2000)。氣變 (modified-atmosphere) 或氣調 (controlled-atmosphere) 貯藏具有降低呼吸率、維持硬度、抑制腐敗等效果而延長草莓的貯架壽命 (Nunes *et al.*, 2002)。

多數草莓品種可藉由二氧化碳處理而增加果實硬度 (Smith and Skog, 1992)，而且不同於熱處理的暫時性效果，因為二氧化碳處理而造成的果實硬度增加，可以持續維持著 (Watkins *et al.*, 1999)。果實硬度的增加，源自於處理後果實水溶性果膠質的比率降低，而螯合果膠質 (chelator-soluble) 的比例提升 (Siriphanich, 1998)。由於高濃度的二氧化碳可以增進草莓果實硬度，所以配合適當的草莓品種，可以延長貯架壽命與促成遠距運輸 (Matsumoto *et al.*, 2010)。

有研究指出，以 10 至 15% 的二氧化碳氣體進行氣變包裝 (Modified atmosphere packaging, MAP) 能減緩灰黴病的發生 (Wells and Uota, 1970) 與降低果品呼吸速率 (Li and Kader, 1989)，進而延長果品保鮮期。藉由提高二氧化碳、降低氧氣比例的氣體調節貯藏，對於延長草莓的貯藏期有正面的效果，但會造成果實抗壞血酸含量降低，花青素合成酵素的作用也會受到影響 (Wills *et al.*, 2000)。研究顯示，低溫加上氣變貯藏之下，二氧化碳的濃度與花青素的含量成反比關係 (Gil *et al.*, 1997)。

長時間暴露於二氧化碳中會造成果實脫色與發酵作用 (Ke *et al.*, 1991; Watkins *et al.*, 1999)。過高的二氧化碳濃度，可能會造成草莓果實外部顏色轉為紫紅色，或組織呈水浸狀損傷，內部的顏色強度則會轉淡 (Ke *et al.*, 1991)。Gil 等學者 (Gil *et al.*, 1997) 指出，高濃度的二氧化碳濃度 (40%) 會影響果實外部顏色。果實內部的顏色，只要在二氧化碳濃度達到 10% 以上，就會被淡化掉。

#### 可食性覆膜

可食性覆膜藉由改變園產品組織的氣體組成達到延遲果品老化、控制果品腐敗及延長果品貯藏壽命的效果。也有在可食性覆膜中，添加抗微生物物質，以增進果品品質及貯藏期限的作法 (Cagri *et al.*, 2004)。覆膜的半通透性，可作為氧氣、二氧化碳及溼氣的阻隔，因此降低果品呼吸率、水分散失、及氧化反應 (Maqbool *et al.*, 2011)。以多醣體為基底的可食性覆膜，像是纖維素的衍生物：甲基纖維素、羧甲基纖維素、羥丙基甲基纖維素等，已商業化生產並得到相當的進展 (Olivas and Barbosa-Cánovas, 2005)。殼聚糖是一種覆膜經常使用的多醣體原料，能夠抑制病原真菌、細菌的滋長，或形成物理性的阻隔，阻擋病原菌的侵害 (Butler *et al.*, 1996)。殼聚糖可能會引發幾丁質酵素的作用，催化幾丁質的水解反應，由於幾丁質是真菌細胞壁的構成要素，因此防止了真菌在果品上的滋長 (El Ghaouth *et al.*, 1992)。

草莓果實以纖維素衍生物作為可食性覆膜處理後，顯著延遲了失水、腐敗程度、可滴定酸、pH 值、可溶性固形物、抗壞血酸的變化。對於總酚、總花青素這些老化過程中逐漸降低的物質，具有維持含量的效果。對於分解細胞壁的酵素，則有抑制的效果 (Gol *et al.*, 2013)。殼聚糖覆膜處理可以顯著維持草莓果實硬度與表面顏色，而減緩果實成熟過程 (Hernández-Muñoz *et al.*, 2006)；在降低果實腐敗情況方面，降低效果與殺菌劑 (依普同，iprodione) 相比沒有顯著差異 (El Ghaouth *et al.*, 1991)。蜂蠟或小燭樹臘，混合椰子油的覆膜配方，可以延長草莓果實的貯藏期限至 10 天以上，貯藏期間也有較低的失水率 (Peñarubia *et al.*, 2014)。

草莓在貯藏過程中，會因為呼吸作用而使可溶性固形物含量降低，而覆膜藉由降低呼吸作用，而能維持果品的可溶性固形物含量 (Velickova *et al.*, 2013)。由於覆膜對氣體的阻隔作用，使果品內的二氧化碳濃度提升，而延緩了花青素的合成作用，因此具有覆膜的草莓果實，其花青素的含量比較低 (Tzoumaki *et al.*, 2009)。覆膜處理能使果品中與細胞壁分解相關的酵素，像是 PG、PME、 $\beta$ -Gal、纖維素酶 (cellulose) 等，維持在較低的活性中 (Gol

et al., 2013)。

#### 植物精油

植物精油的組成成份，包括植物生成的萜 (terpenes)、倍半萜 (sesquiterpenes)、醛、酮、酚類成分。植物精油的主成分，有些具有抗微生物性質，同時對哺乳類動物低毒性，及對環境影響較少 (Kalemba and Kunicka, 2003)。這些特性，使植物精油可作為化學殺菌劑的替代選擇之一 (Sivakumar and Bautista-Baños, 2014)。

研究顯示，百里香精油對草莓貯藏灰黴病、黑黴病病原菌 (*Botrytis cinerea*、*Rhizopus stolonifer*) 具有抑制效果，能夠降低草莓果實的腐敗情形 (Bhaskara Reddy et al., 1998)。茶樹精油顯著抑制草莓果品的灰黴病發生，使果實維持較好的品質，同時也增加了草莓果實對灰黴病的抗性 (Shao et al., 2013)。植物精油除了單方使用之外，也可能與可食性覆膜搭配使用。例如大豆或小麥麴質蛋白覆膜，混合百里香精油配方，可以維持草莓果實貯藏期間的抗壞血酸含量、果實硬度、可溶性固形物含量與降低病原數量 (Amal et al., 2010)。在殼聚糖覆膜中，加入檸檬精油配方，可以增進覆膜的抗菌能力，對冷藏草莓上的灰黴病原產生抑制效果 (Perdones et al., 2012)。

使用植物精油進行果品的採收後處理，應注意不可影響果品本身氣味的揮發物 (酯類、醛類、酮類等)，在高濃度的植物精油處理中，亦不可影響果品本身的風味 (Ponce et al., 2008)。

#### 酵母菌

拮抗微生物因為拮抗範圍廣、拮抗效果良好、基因穩定性、低營養需求與高安全性，成為潛力發展主題 (Mekbib et al., 2011)。酵母菌主要存在於果品表面，其他像是植株其他部分、土壤、海水也都可能分離出酵母菌 (Liu et al., 2013)。酵母菌的拮抗機制，主因來自於它與病原黴菌對營養與生存空間的競爭性 (Liu et al., 2013)。這通常發生於它與果品表面接觸後的 24 小時內，其他像是誘發果實抗性、引發果品的抗氧化族群反應等 (Cai et al., 2015)。

*Rhodotorula glutinis* 酵母菌在濃度  $1 \times 10^9$  CFU/ml 時有最佳的防治效果，可在 20°C 及 4 °C 時，分別降低灰黴病的發生率 94.7 及 95% (Zhang et al., 2007)。草莓採後使用酵母菌 *Hanseniaspora uvarum* 處理，可顯著降低貯藏期的黴菌侵害、維持果實硬度、可溶性固形物含量、pH 值與果實表面顏色 (Cai et al., 2015)。酵母菌 *Candida reukaufii*, *C. pulcherrima* 能夠在草莓果實傷口上形成群聚，有效的抑制灰黴病孢子發芽 (Guinebreteire et al., 2000)。

#### 超音波

超音波處理降低腐敗程度的原因，可能源自於對病原細胞壁及細胞膜的破壞 (Guerrero et al., 2005)。影響超音波處理食品效果的因子很多，包括超音波製造機的頻率與強度、介質溫度、處理壓力、介質特性等 (Manas et al., 2000)。過強的超音波 (90W) 會造成果品細胞結構的損壞 (Fernandes et al., 2009)。研究顯示，以 30W 與 60W 的超音波處理，可以改善草莓果實貯藏時 pH 值、可溶性固形物、顏色等品質及延長貯藏期限 (Aday



et al., 2013)。此外，超音波處理也可以搭配氣變包裝法應用 (Zhao et al., 2007)。

#### 包裝材質

近年來奈米物質在工業上被廣泛利用，其中二氧化鈦 (TiO<sub>2</sub>)因為有受 UV 輻射催化的特性，又兼具物理、化學上的穩定性、較低成本、易取得、無毒性等優點而備受重視 (Han and Nie, 2004)。奈米銀與二氧化鈦的包裝盒可維持草莓果品在 4℃ 冷藏時的理化特性與生理品質，降低腐敗程度，顯著抑制果實總固形物、可滴定酸、與抗壞血酸的減少程度，POD 與多酚氧化酶 (polyphenol oxidase, PPO) 的活性也顯著較低。因此，奈米包裝也可做為延長草莓貯藏期限的發展選擇 (Yang et al., 2010)。

### 四、未來研究方向

草莓風味深受消費者喜愛、果品營養豐富，具有市場價值。其難以保存的特性，常被做為研究的主題。綜觀文獻論述，未來草莓採後處理的可能研究方向包括：1. 修正產銷供應鏈：調整最適採收期、貯藏條件控制、研發新型貯運包裝等。2. 研發採後處理配方：以物理方法、自然添加物、可食性配方等替代化學殺菌劑而維持果品品質、防治採後病害發生。3. 使用耐貯藏品種：草莓果實貯藏期品質表現依草莓品種而有所不同，使用耐貯運的草莓品種，將有助於提升整體貯運價值鏈的效益。

### 參考文獻

- Aaby, K., S. Mazur, A. Nes, and G. Skrede. 2012. Phenolic compounds in strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) fruits: Composition in 27 cultivars and changes during ripening. *Food Chem.* 132: 86-97.
- Aday, M. S., R. Temizkan, M. B. Büyükcan, and C. Caner. 2013. An innovative technique for extending shelf life of strawberry: Ultrasound. *LWT Food Sci. Technol.* 52: 93-101.
- Amal, S., M. El-Mogy, H. Aboul-Anean and B. Alsanius. 2010. Improving strawberry fruit storability by edible coating as a carrier of thymol or calcium chloride. *J. Hort. Sci. Ornament. Plants* 2: 88-97.
- Bakker, J., P. Bridle, and S. J. Bellworthy. 1994. Strawberry juice colour: a study of the quantitative and qualitative pigment composition of juices from 39 genotypes. *J. Sci. Food Agric.* 64: 31-37.
- Bhaskara R., M., P. Angers, and A. Gossenlin. 1998. Characterization and use of essential oil from *thymus vulgaris* against *Botrytis cinerea* and *Rhizopus stolonifer* in strawberry fruits. *Phytochemistry* 47: 1.

- Biale, J. 1981. Respiration and ripening in fruits-retrospect and prospect. Recent Advances in the Biochemistry of Fruits and Vegetables: 1-39.
- Bolwell, G. P. and P. Wojtaszek. 1997. Mechanisms for the generation of reactive oxygen species in plant defence - a broad perspective. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 51: 347-366.
- Brummell, D. A. and M. H. Harpster. 2001. Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants. *Plant Mol. Biol.* 47: 311-339.
- Butler, B., P. Vergano, R. Testin, J. Bunn, and J. Wiles. 1996. Mechanical and barrier properties of edible chitosan films as affected by composition and storage. *J. Food Sci.* 61: 953-956.
- Cagri, A., Z. Ustunol, and E. T. Ryser. 2004. Antimicrobial edible films and coatings. *J. Food Prot.* 67: 833-848.
- Cai, Z., R. Yang, H. Xiao, X. Qin, and L. Si. 2015. Effect of preharvest application of *Hanseniaspora uvarum* on postharvest diseases in strawberries. *Postharvest Biol. Technol.* 100: 52-58.
- Civello, P. M., G. A. Martínez, A. R. Chaves, and M. C. Añón. 1997. Heat treatments delay ripening and postharvest decay of strawberry fruit. *J. Agric. Food Chem.* 45: 4589-4594.
- Cordenunsi, B., J. d. Nascimento, and F. Lajolo. 2003. Physico-chemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during cool-storage. *Food Chem.* 83: 167-173.
- Cordenunsi, B. R., M. I. Genovese, J. R. O. do Nascimento, N. M. A. Hassimotto, R. J. dos Santos, and F.M. Lajolo. 2005. Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. *Food Chem.* 91: 113-121.
- da Silva, F. L., M. T. Escribano-Bailón, J. J. P. Alonso, J. C. Rivas-Gonzalo, and C. Santos-Buelga. 2007. Anthocyanin pigments in strawberry. *LWT Food Sci. Technol.* 40: 374-382.
- Desikan, R., A. H. Soheila, J. T. Hancock, and S.J. Neill. 2001. Regulation of the *Arabidopsis* transcriptome by oxidative stress. *Plant Physiol.* 127: 159-172.
- El Ghaouth, A., J. Arul, J. Grenier, and A. Asselin. 1992. Antifungal activity of chitosan on two postharvest pathogens of strawberry fruits. *Phytopathology* 82: 398-402.
- El Ghaouth, A., J. Arul, R. Ponnampalam, and M. Boulet. 1991. Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. *J. Food Sci.* 56: 1618-1620, 1631.
- Fernandes, F. A., M. I. Gallão, and S. Rodrigues. 2009. Effect of osmosis and ultrasound on pineapple cell tissue structure during dehydration. *J. Food Eng.* 90: 186-190.
- Garcia, J. M., C. Aguilera, and M. A. Albi. 1995. Postharvest heat treatment on Spanish strawberry (*Fragaria* × *ananassa* cv. Tudla). *J. Agric. Food Chem.* 43: 1489-1492.
- Garcia, M. A., M. N. Martino, and N. E. Zaritzky. 1998. Plasticized starch-based coatings to improve strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) quality and stability. *J. Agric. Food Chem.* 46: 3758-3767.

- Gil, M. I., D. M. Holcroft, and A. A. Kader. 1997. Changes in strawberry anthocyanins and other polyphenols in response to carbon dioxide treatments. *J. Agric. Food Chem.* 45: 1662-1667.
- Gol, N. B., P. R. Patel, and T. V. R. Rao. 2013. Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. *Postharvest Biol. Technol.* 85: 185-195.
- Guerrero, S., M. Tognon, and S. M. Alzamora. 2005. Response of *Saccharomyces cerevisiae* to the combined action of ultrasound and low weight chitosan. *Food Control* 16: 131-139.
- Guinebretiere, M., C. Nguyen-The, N. Morrison, M. Reich, and P. Nicot. 2000. Isolation and characterization of antagonists for the biocontrol of the postharvest wound pathogen *Botrytis cinerea* on strawberry fruits. *J. Food Prot.* 63: 386-394.
- Han, C., Y. Zhao, S. Leonard, and M. Traber. 2004. Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria × ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). *Postharvest Biol. Technol.* 33: 67-78.
- Han, Y. and L. Nie. 2004. The mechanism of protecting fresh and preparation of nano TiO<sub>2</sub> thin film. *J. Zhuzhou Inst. Technol.* 18: 148-150.
- Hernández-Muñoz, P., E. Almenar, M. J. Ocio, and R. Gavara. 2006. Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria × ananassa*). *Postharvest Biol. Technol.* 39: 247-253.
- Hodges, D. M., J. M. DeLong, C. F. Forney, and R. K. Prange. 1999. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. *Planta* 207: 604-611.
- Holcroft, D. M. and A. A. Kader. 1999. Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 17: 19-32.
- Kader, A. 1999. Fruit maturity, ripening, and quality relationships. *Acta Hort.* 485: 203-208.
- Kalemba, D. and A. Kunicka. 2003. Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Curr. Med. Chem.* 10: 813-829.
- Kalt, W., C. F. Forney, A. Martin, and R.L. Prior. 1999. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits. *J. Agric. Food Chem.* 47: 4638-4644.
- Kalt, W., R. Prange, and P. Lidster. 1993. Postharvest color development of strawberries: influence of maturity, temperature and light. *Can. J. Plant Sci.* 73: 541-548.
- Ke, D., L. Goldstein, M. O'mahony, and A. A. Kader. 1991. Effects of short-term exposure to low O<sub>2</sub> and high CO<sub>2</sub> atmospheres on quality attributes of strawberries. *J. Food Sci.* 56: 50-54.
- Kovach, J., R. Petzoldt, and G. E. Harman. 2000. Use of honey bees and bumble bees to disseminate *Trichoderma harzianum* 1295-22 to strawberries for *Botrytis* control. *Biol.*

- Control 18: 235-242.
- Li, C. and A. A. Kader. 1989. Residual effects of controlled atmospheres on postharvest physiology and quality. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 114: 629-634.
- Liu, J., Y. Sui, M. Wisniewski, S. Droby, and Y. Liu. 2013. Utilization of antagonistic yeasts to manage postharvest fungal diseases of fruit. *Int. J. Food Microbiol.* 167: 153-160.
- Lurie, S. 1998. Postharvest heat treatments. *Postharvest Biol. Technol.* 14: 257-269.
- Lurie, S. and J. D. Klein. 1990. Heat treatment of ripening apples: differential effects on physiology and biochemistry. *Physiol. Plant* 78: 181-186.
- Ménager, I., M. Jost, and C. Aubert. 2004. Changes in physicochemical characteristics and volatile constituents of strawberry (cv. Cigaline) during maturation. *J. Agric. Food Chem.* 52: 1248-1254.
- Manas, P., R. Pagan, J. Raso, F. J. Sala, and S. Condon. 2000. Inactivation of *Salmonella Enteritidis*, *Salmonella Typhimurium*, and *Salmonella Senftenberg* by ultrasonic waves under pressure. *J. Food Prot.* 63: 451-456.
- Maqbool, M., A. Ali, P. G. Alderson, N. Zahid, and Y. Siddiqui. 2011. Effect of a novel edible composite coating based on gum arabic and chitosan on biochemical and physiological responses of banana fruits during cold storage. *J. Agric. Food Chem.* 59: 5474-5482.
- Matsumoto, K., Y. S. Hwang, C. H. Lee, and D.J. Huber. 2010. Changes in firmness and pectic polysaccharide solubility in three cultivars of strawberry fruit following short-term exposure to high PCO<sub>2</sub>. *J. food Qual.* 33: 312-328.
- Maya, M. A. and Y. I. Matsubara. 2013. Tolerance to Fusarium wilt and anthracnose diseases and changes of antioxidative activity in mycorrhizal cyclamen. *Crop Prot.* 47: 41-48.
- Mekbib, S. B., T. J. Regnier, and L. Korsten. 2011. Efficacy and mode of action of yeast antagonists for control of *Penicillium digitatum* in oranges. *Trop. Plant Pathol.* 36: 233-240.
- Miszczak, A., C. F. Forney, and R. K. Prange. 1995. Development of aroma volatiles and color during postharvest ripening of 'Kent' strawberries. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 120: 650-655.
- Mittler, R., S. Vanderauwera, M. Gollery, and F. Van Breusegem. 2004. Reactive oxygen gene network of plants. *Trends Plant Sci.* 9: 490-498.
- Musto, M. and M. Satriano. 2010. Fruit responses to postharvest heat treatment time: characterisation of heat-treated strawberry (*Fragaria × ananassa*) cv. 'Candonga' fruits. *Agron. Res.* 8: 815-826.
- Nogata, Y., H. Ohta, and A. Voragen. 1993. Polygalacturonase in strawberry fruit. *Phytochemistry* 34: 617-620.
- Nunes, M., J. Brecht, A. Morais, and S. Sargent. 1995. Physical and chemical quality characteristics of strawberries after storage are reduced by a short delay to cooling.

- Postharvest Biol. Technol. 6: 17-28.
- Nunes, M., A. Morais, J. Brecht, and S. Sargent. 2002. Fruit maturity and storage temperature influence response of strawberries to controlled atmospheres. J. Am. Soc. Hort. Sci. 127: 836-842.
- Nunes, M. C. N., J. K. Brecht, A. M. M. B. Morais, and S.A. Sargent. 2006. Physicochemical changes during strawberry development in the field compared with those that occur in harvested fruit during storage. J. Sci. Food Agric. 86: 180-190.
- Olias, J. M., C. Sanz, and A. G. Perez. 2000. Postharvest handling of strawberries for fresh market. Grop Management and Postharvest Handling of Horticultural Products. Quality management 1: 364.
- Olivas, G. and G. Barbosa-Cánovas. 2005. Edible coatings for fresh-cut fruits. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 45: 657-670.
- Peñarubia, O. R., M. F. D. J. Raposo, R. M. S. C. D. Morais, and A. M. M. B. D. Morais. 2014. Beeswax - and candelilla wax-coconut oil edible coatings extend the shelf life of strawberry fruit at refrigeration temperatures. Int. J. Postharvest Technol. Innov. 4: 221-234.
- Perdones, A., L. Sánchez-González, A. Chiralt, and M. Vargas. 2012. Effect of chitosan - lemon essential oil coatings on storage-keeping quality of strawberry. Postharvest Biol. Technol. 70: 32-41.
- Ponce, A. G., S. I. Roura, C. E. del Valle, and M.R. Moreira. 2008. Antimicrobial and antioxidant activities of edible coatings enriched with natural plant extracts: *in vitro* and *in vivo* studies. Postharvest Biol. Technol. 49: 294-300.
- Romanazzi, G., F. Nigro, A. Ippolito, and M. Salerno. 2001. Effect of short hypobaric treatments on postharvest rots of sweet cherries, strawberries and table grapes. Postharvest Biol. Technol. 22: 1-6.
- Rosli, H., P. Civello, and G. Martínez. 2004. Changes in cell wall composition of three *Fragaria* × *ananassa* cultivars with different softening rate during ripening. Plant Physiol. Biochem. 42: 823-831.
- Shao, X., H. Wang, F. Xu, and S. Cheng. 2013. Effects and possible mechanisms of tea tree oil vapor treatment on the main disease in postharvest strawberry fruit. Postharvest Biol. Technol. 77: 94-101.
- Siriphanich, J. 1998. High CO<sub>2</sub> atmosphere enhances fruit firmness during storage. J. Jpn. Soc. Hortic. Sci. 67: 1167-1170.
- Sivakumar, D. and S. Bautista-Baños. 2014. A review on the use of essential oils for postharvest decay control and maintenance of fruit quality during storage. Crop Prot. 64: 27-37.
- Smilanick, J. 1994. Strategies for the isolation and testing of biocontrol agents. Biological control

- of postharvest diseases, theory and practice: 25-42.
- Smith, R. and L. Skog. 1992. Postharvest carbon dioxide treatment enhances firmness of several cultivars of strawberry. *HortScience* 27: 420-421.
- Souleyre, E. J., P. P. M. Iannetta, H. A. Ross, R. D. Hancock, L.V. T. Shepherd, R. Viola, M. A. Taylor, and H. V. Davies. 2004. Starch metabolism in developing strawberry (*Fragaria × ananassa*) fruits. *Physiol. Plant* 121: 369-376.
- Thoma, I., C. Loeffler, A. K. Sinha, M. Gupta, M. Krischke, B. Steffan, T. Roitsch, and M. J. Mueller 2003. *Cyclopentenone isoprostanes* induced by reactive oxygen species trigger defense gene activation and phytoalexin accumulation in plants. *Plant J.* 34: 363-375.
- Tzoumaki, M. V., C. G. Biliaderis, and M. Vasilakakis. 2009. Impact of edible coatings and packaging on quality of white asparagus (*Asparagus officinalis*, L.) during cold storage. *Food Chem.* 117: 55-63.
- Van Breusegem, F., L. Slooten, J. M. Stassart, J. Botterman, T. Moens, M. Van Montagu, and D. Inzé 1999. Effects of overproduction of tobacco MnSOD in maize chloroplasts on foliar tolerance to cold and oxidative stress. *J. Exp. Bot.* 50: 71-78.
- Van De Velde, F., A. M. Tarola, D. Güemes, and M. E. Pirovani. 2013. Bioactive compounds and antioxidant capacity of Camarosa and Selva strawberries (*Fragaria × ananassa* Duch.). *Foods* 2: 120-131.
- Velickova, E., E. Winkelhausen, S. Kuzmanova, V. D. Alves, and M. Moldão-Martins. 2013. Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv Camarosa) under commercial storage conditions. *LWT Food Sci. Technol.* 52: 80-92.
- Vicente, A. R., M. L. Costa, G. A. Martínez, A. R. Chaves, and P. M. Civello. 2005. Effect of heat treatments on cell wall degradation and softening in strawberry fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 38: 213-222.
- Vicente, A. R., G. A. Martínez, P. M. Civello, and A. R. Chaves. 2002. Quality of heat-treated strawberry fruit during refrigerated storage. *Postharvest Biol. Technol.* 25: 59-71.
- Vicente, A. R., G. A. Martínez, A. R. Chaves, and P. M. Civello. 2006. Effect of heat treatment on strawberry fruit damage and oxidative metabolism during storage. *Postharvest Biol. Technol.* 40: 116-122.
- Wakamatsu, K. and U. Takahama. 1993. Changes in peroxidase activity and in peroxidase isozymes in carrot callus. *Physiol. Plant* 88: 167-171.
- Watkins, C. B., J. E. Manzano-Mendez, J. F. Nock, J. Zhang, and K. E. Maloney. 1999. Cultivar variation in response of strawberry fruit to high carbon dioxide treatments. *J. Sci. Food Agric.* 79: 886-890.

- Wells, J. M. and M. Uota. 1970. Germination and growth of five fungi in low-oxygen and high-carbon dioxide atmospheres. *Phytopathology* 60: 50-53.
- Wills, R., V. Ku, and Y. Leshem. 2000. Fumigation with nitric oxide to extend the postharvest life of strawberries. *Postharvest Biol. Technol.* 18: 75-79.
- Yang, F. M., H. M. Li, F. Li, Z. H. Xin, L. Y. Zhao, Y. H. Zheng, and Q. H. Hu. 2010. Effect of Nano-Packing on Preservation Quality of Fresh Strawberry (*Fragaria ananassa* Duch. cv Fengxiang) during Storage at 4°C. *J. Food Sci.* 75: 236-240.
- Zhang, H., L. Wang, Y. Dong, S. Jiang, J. Cao, and R. Meng. 2007. Postharvest biological control of gray mold decay of strawberry with *Rhodotorula glutinis*. *Biol. control* 40: 287-292.
- Zhao, Y., Z. Feng, and X. Li. 2007. Effect of ultrasonic and MA packaging method on quality and some physiological changes of fragrant pear. *J. Xinjiang Agric. Univ.* 30: 61-63.
- Zhou, R., Y. Li, L. Yan, and J. Xie. 2011. Effect of edible coatings on enzymes, cell-membrane integrity, and cell-wall constituents in relation to brittleness and firmness of Huanghua pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai, cv. Huanghua) during storage. *Food Chem.* 124: 569-575.

## Postharvest Characteristic and Handlings of Strawberry Fruit

Dai-Rong Wu <sup>1)</sup> Ching-Chang Shiesh <sup>2)</sup>

Key Word : Strawberry, Postharvest, Storage

### Summary

Strawberry is a non-climacteric fruit, having the best flavor when full maturity. Beside mechanical injury, the strawberry loses fruit quality during storage because it is still in high metabolic activity and easily infected by the fungi. The main method to maintain the quality and control the decay is cooling, and combined with other handling methods such as heat, Modified Atmosphere Package (MAP) with carbon dioxide, edible coatings, essential oils, yeasts, ultrasound or the new packing materials. To promote the storage quality of strawberry fruit, the research topic in the future might focus on 1. Optimizing the supply chain, 2. Exploring the physical or non-chemical postharvest handling methods, 3. Developing the suitable varieties.

---

1) Student in Ph.D. Program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Associate Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.  
Corresponding author.





## '珍珠拔'番石榴果實發育期受東方果實蠅 為害之探討

林 高 偉<sup>1)</sup> 林 慧 玲<sup>2)</sup> 謝 慶 昌<sup>3)</sup>

關鍵字：番石榴、東方果實蠅、果實發育、果實套袋

**摘要：**東方果實蠅為'珍珠拔'番石榴果實發育期間之主要害蟲之一，在栽培管理上，以套袋方式防治果實蠅為害為目前廣泛的作法。套袋會影響果實發育，本試驗以田間觀察記錄及採樣調查不同發育期果實受果實蠅危害情形。結果顯示，夏季果實於花後第 11 週起，易受果實蠅為害，於花後第 13 週，果實發育進入第三階段之快速生長期，受害率顯著增加。以果實大小區分，調查受果實蠅危害情形，除少數發育不良提早轉色軟化之果實外，果實直徑 4 公分以下，受害風險極微；果實以人工接種東方果實蠅蟲卵和放置於東方果實蠅成蟲飼育箱內，顯示直徑 4 公分以下之果實亦不利於果實蠅幼蟲生長發育。

### 前 言

番石榴原產美洲和墨西哥地區，為熱帶和亞熱帶重要的經濟果樹 (Gutierrez *et al.*, 2008)，早期栽培品種眾多，民國 80 年後經農民選育出珍珠拔 (張和林, 1998)，為目前臺灣種植面積最廣和產量最大之番石榴品系 (行政院農業委員會, 2016)。果實發育期間其害蟲種類有粉介殼蟲、薊馬、粉蝨和東方果實蠅等，其中東方果實蠅為主要害蟲之一，在栽培管理上，為防治東方果實蠅侵害，目前以果實套袋方式最為普遍 (溫和吳, 2011；謝等, 2001)。

套袋改變果實發育的微環境，如增加濕度、溫度和影響光照強度等，這些改變影響到果實發育，果實品質和葉片光合作用等 (Li, 2001；Yang *et al.*, 2009)。王 (2008) 以聚乙烯塑膠袋內襯白色舒果套袋於'珍珠拔'番石榴，果實發育較快進入第三階段生長期且果實較大。

---

1)國立中興大學園藝系博士班研究生。

2)國立中興大學園藝系教授。

3)國立中興大學園藝系副教授，通訊作者。

但套袋應用也有不良的影響，套袋阻礙陽光的照射，低的光照強度致使果實對病菌的抵抗較弱，影響光合作用，導致果實中碳水化合物和有機酸含量降低等 (Barde and Bramlage, 1994; Hiratsuka *et al.*, 2012)。

許多研究探討番石榴果實受東方果實蠅為害因子，如果實成熟度、揮發性成分、果皮色澤和果肉成分等 (邱和朱, 1987; 黃等, 2002; 劉和黃, 1990; Prokopy and Roitberg, 1984)，但針對番石榴果實發育階段受果實蠅為害時期研究甚少，雖然果實以套袋方式可有效防止果實蠅為害，但亦影響果實發育速率與品質 (蔡和林, 2011; Morera-Montoya *et al.*, 2010)。

本研究以田間觀察'珍珠拔'番石榴果實發育期和採樣調查果實受東方果實蠅為害時期和危害情形，並將不同發育期果實以人工接種東方果實蠅蟲卵和置於內含約 1,000-1,500 隻羽化後第 15-25 日齡之東方果實成蟲飼育箱內，調查東方果實蠅為害果實比率，以瞭解'珍珠拔'番石榴果實發育期間受東方果實蠅為害時期，以作為探討影響東方果實蠅為害'珍珠拔'番石榴的主要因子和評估不同套袋時間對果實品質影響之基礎。

## 材料及方法

### 一、試驗材料

#### (一)'珍珠拔'番石榴

本試驗於 2016 年和 2017 年進行，材料為 4-8 年生'珍珠拔'番石榴植株，試驗區位於臺中地區番石榴果園，果實樣本採集，依試驗方法區分，以開花後標花，計算其發育期，及於果園中逢機選取不同發育期之果實。試驗期間未施用藥劑防治病蟲害，施肥、灌溉等採慣行栽培方式。

#### (二)東方果實蠅

於臺中和南投地區番石榴果園採收被害果實，攜回試驗室，置入透明壓克力蟲箱中飼育，待幼蟲羽化為成蟲鑑別為東方果實蠅後，以其繼代做為後續繁殖之蟲源。為維持族群之自然生物特性，每年 3 月和 9 月至田間蒐集野生東方果實蠅，混入現有族群。本次試驗供試蟲源為繼代第 60 至 70 代族群，選擇羽化後約 15-25 日齡成蟲進行試驗。飼育條件設定為  $26\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，相對濕度  $70\pm 10\%$ ，光週期 12L:12D，成蟲飼育箱為  $70\times 50\times 40\text{ cm}$  之不銹鋼箱，外覆透明紗網 ( $0.6\times 0.6\text{ mm}$ )。成蟲飼料配方：砂糖 400 g、蛋白胨 75 g 和酵母抽出物 75 g；幼蟲飼料配方：麥麩 110 g、酵母粉 40 g、砂糖 75 g、鹽酸 2.5 ml、安息香酸 0.2-3 g 和蒸餾水 500 ml。

### 二、調查項目及方法

#### (一)果實生長曲線和東方果實蠅為害時期調查

2016 和 2017 年 3 至 4 月期間於番石榴果園以塑膠彩帶標記盛開之花朵，去除相鄰花朵後，每 3 日以游標卡尺調查果實直徑大小，調查至果實變形或落果為止，以和目視觀察並記錄果實受果實蠅危害情形。由於未套袋之果實，約於花後 13 週後，皆以受果實蠅為

害影響發育，故第 14 週至 18 週果實生長曲線，以花後第 6-8 週進行果實套袋，於第 14-18 週採收調查果實直徑。果實受東方果實蠅危害情形調查，將果實受害程度區分 3 階段，如圖 1 所示，第 1 階段，果實受害 (fruit infestation)，為果實受東方蠅為害初期，果皮有輕微凹陷或可見產卵孔。第 2 階段，果實損害(fruit damage)，果實受損和內陷明顯。第 3 階段，果實變形 (fruit deformation)，果實形狀明顯改變、腐爛或落果。

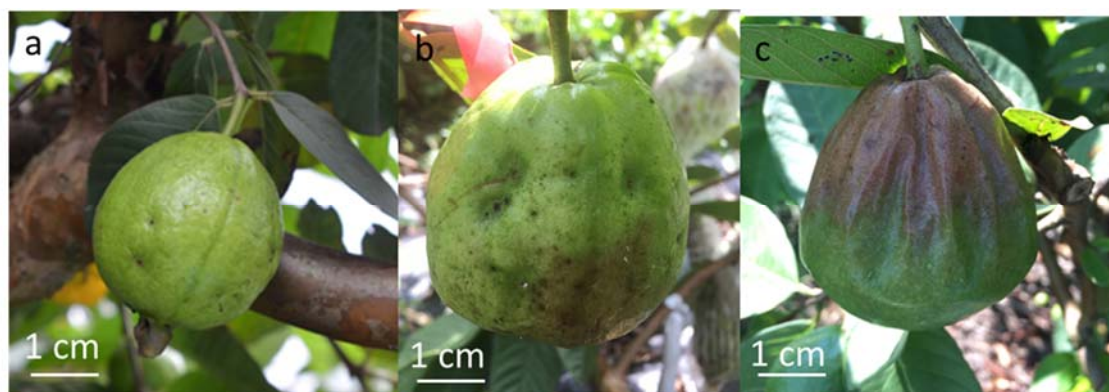


圖 1. '珍珠拔'番石榴發育期受東方果實蠅危害情形。a:果實受害 b:果實損害 c:果實變形。

Fig. 1. Characteristics of the 'Jen-Ju Bar' guava fruit infested with oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis* Hendel). a: fruit infestation; b: fruit damage; c: fruit deformation.

## (二) 東方果實蠅為害不同生長週期果實調查

於盛花時期，標記盛開之花朵後，每週套袋 10 顆果實和採樣 10 顆調查果實色澤、硬度的變化。套袋材質為具有排水孔之聚氯乙烯袋，內襯白色舒果網。調查至未套袋果實已經明顯受果實蠅為害為止，採收各週套袋果實，攜回實驗室解剖調查果實危害情形和蟲數，將幼蟲置於飼育箱內，待羽化成蟲後鑑別種類。自花後第 1 週開始套袋至花後第 11 週，共計套袋 11 週，於第 13 週採果調查。本試驗 3 重複。

### 1、果實色澤

於果實赤道處以手持式色相差儀 (Hand-held colorimeter, Nippon Denshoku model NR-3000)測定果皮顏色，每果選取對稱 2 處測定點，果色以  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 表示。 $L$  為明度 lightness； $a^*$ 為紅-綠色； $b^*$ 為藍-黃色。

### 2、果實穿刺壓力

以物理性檢測器 (Sun Scientific Co. Ltd., model cr-100)測定果皮受穿刺入果肉時，單位面積內所需最大之壓力。單位以牛頓 (N)表示。儀器參數設定值:探頭為圓錐型 ( $\varnothing 12$  mm  $\times$  16 mm)，刺入深度 3 mm，移動速度 120 mm/min，R/H: HOLD，P/T: PRESS，MAX: 10 kg。

### (三)不同發育期果實以人工接卵和置入蟲箱內受東方果實蠅為害調查

參照果實生長曲線和果實蠅為害時期，考量不同發育期果實受東方果實蠅危害情形，依果實直徑區分不同發育期果實。'珍珠拔'番石榴果園中逢機採收不同大小果實，依果實直徑大小排序後，依果實直徑大小排，依直徑大小區分為小於 2 cm、2-3 cm、3-4 cm、4-4.5 cm、4.5-5 cm、5-6 cm、和大於 6 cm 等 7 組不同尺寸之果實，此果實直徑之選擇，乃參照果實發育曲線和果實蠅為害時期，區分果實對應圖 3-1a 果實發育曲線。試驗將果實區分為 3 組試驗組。第 1 組放置於東方果實蠅飼育箱，內含約 1,000-1,500 隻羽化後第 15-25 日齡之東方果實成蟲，24 小時後取出。第 2 組以人工接卵方式，以採卵器放入 15-25 日齡之東方果實蠅飼育箱內，在其表面塗抹上番石榴果汁，利用果汁之芳香風味誘引雌果實蠅產卵於產卵器之內壁，以自來水將蟲卵沖洗於 325 mesh 之篩網中收集，再以計數器計數，每 50 卵粒分別撥聚成一堆，用直徑 1.8 cm 之圓形不銹鋼打孔器在番石榴果實上鑽穴，約鑽 0.5 cm 深，切除部分果肉製作果蓋，並埋入蟲卵後再蓋回原處，以透氣膠布粘貼確保蟲卵在果實內孵化生長，每顆果實接種 50 粒卵。第 3 組為對照組。3 組試驗果實分別存放在透氣塑膠盒於  $26\pm 1^{\circ}\text{C}$  室溫內，於第 6 天後，觀察和解剖調查果實危害情形。本試驗 3 重複。

### (四)未成熟果實置入蟲箱內受東方果實蠅為害調查

'珍珠拔'番石榴果園中逢機採收果實直徑 4 cm 以下之未成熟果實，依直徑大小區分為小於 2 cm、2-3 cm、3-4 cm 等 3 種不同直徑之果實，果實以解剖顯微鏡檢查果實表面完整性，將果皮有孔洞部分以黑筆標示位置。3 種不同直徑之果實分別置入於不同東方果實蠅飼育箱內，內含約 1,000-1,500 隻羽化後第 15-20 日齡之東方果實成蟲，2 小時後取出，當日檢查果實受東方果實蠅為害之產卵孔數，和於第 6 天後，觀察和解剖果實受東方果實蠅危害情形。本試驗 3 重複。

## 結 果 與 討 論

### 一、果實生長曲線及受東方果實蠅危害情形

果實生長曲線，如圖 2a 所示，具有 2 段生長快速期，第 1 階段為開花結果後至 6 週左右，第 2 階段為花後第 12 週左右至果實成熟，此階段為果實轉色至成熟，其發育速率明顯增加，這與 Mercado-Silva 等 (1998) 和 Salazar 等 (2006) 所調查的結果相似。Mercado-Silva 等 (1998) 將果實發育過程區分為 3 階段，第 1 段為花後之快速生長期，第 2 段為花後第 6-12 週左右，發育較為緩慢階段，第 3 段為果實進入轉色快速發育至成熟；第 3 段成熟期又再細分 3 個成熟度，作為採收成熟度的區分指標，為 mature green (MG)、ripening green yellow (GY) 和 yellow ripe (Y) 三種不同熟度之成熟果，調查不同發育階段果實之全可溶性糖和果實比重，顯示第 3 段成熟期果實比重顯著下降而醣分含量快速增加，本試驗田間觀察，於花後第 13 週左右，亦為'珍珠拔'番石榴果實進入第 3 段生長期，果實

快速增長階段，果實蠅明顯開始為害果實 (圖 2b)。

Jain 等 (2003)將第 3 段成熟期細分 4 個成熟度，綠熟期 mature green (MG)、轉色期 color turning (CT)、後熟期 ripe (R)和完熟期 overripe (OR)等四種不同熟度熟果，調查其碳水化合物和細胞壁的組成，顯示果實由綠熟期(MG)發育至轉色期 (CT)時，其還原糖類明顯增加，半纖維素 (hemicellulose)和纖維素 (cellulose)含量明顯下降，果實有軟化現象。還原糖類如葡萄糖、果糖和乳糖等為動物較易吸收和利用，果實軟化有利於果實蠅產卵和寄生 (Oi and Mau, 1989)。田間觀察果實受果實蠅危害情形，花後第 13 週後，果實受果實蠅為害程度嚴重。

番石榴果實受東方果實蠅為害，果實發育期為重要的決定因子，果實不同的發育期代表者不同的物理或生理化學狀態，直接影響到果實蠅的入侵、為害、生存和發育。Seo 等 (1982)調查夏威夷地區不同發育期木瓜果實受東方果實蠅危害情形，顯示果實蠅只為害於成熟之果實和少數為害於過半轉黃果實，對於青果、初轉色和四分之一轉色果實並不受果實蠅為害，於蟲箱內觀察果實蠅產卵行為，果實蠅產卵次數隨著果實發育期而增加，在成熟果實上產卵次數顯著高於各階段未成熟果實。Tabilio 等 (2013)田間觀察和實驗室調查地中海實蠅對於不同發育期桃果實之危害情形，亦顯示果實蠅明顯偏好為害成熟果實。

臺灣針對番石榴果實發育期調查東方果實蠅危害情形，較早為邱和朱 (1987)將番石榴區分小型果 (small-green)、中型果 (mid-green)、大型果 (large-green)和後熟果 (ripen)等 4 種不同發育期果實，調查果實受東方果實蠅危害情形，顯示越成熟而具有特有香味之果實越能誘引果實蠅前往產卵，而在成熟果同時存在之情況下，雌成蟲不會趨近小型果和綠色果，測定其產卵選擇性，成熟果上之產卵孔數和產卵粒數顯著高於其他未成熟果實。劉和黃 (1990)將番石榴區分為深綠果 (dark green)、綠果 (green)和黃綠果 (yellow green)等 3 種不同發育期番石榴，調查東方果實蠅對番石榴不同發育期之產卵偏好顯示，在小果期，番石榴結實的小果雖偶有雌蟲受誘引前往爬行，但無產卵為害發生；在中果期，果實已經快速發育，此時已有雌蟲受誘引並產卵，且幼蟲可發育生長，但數量不多；雌成蟲明顯偏好產卵於成熟果，幼蟲存活率高；同試驗中調查不同發育期之芒果和柑桔果實受危害情形，得到相似的結果，果實蠅只在大果期和熟果期始有幼蟲之存活。此二篇結果相似，前者調查顯示，番石榴於大型果只有少數被為害和成熟果受害情形嚴重；後者調查顯示，綠果少數為害和黃綠果嚴重危害。本試驗調查'珍珠拔'番石榴果實發育期被果實蠅為害時期，於果實發育進入第三階段快速生長期時，始有被產卵為害的現象，隨著果實漸進成熟，果實受害比率顯著增加。

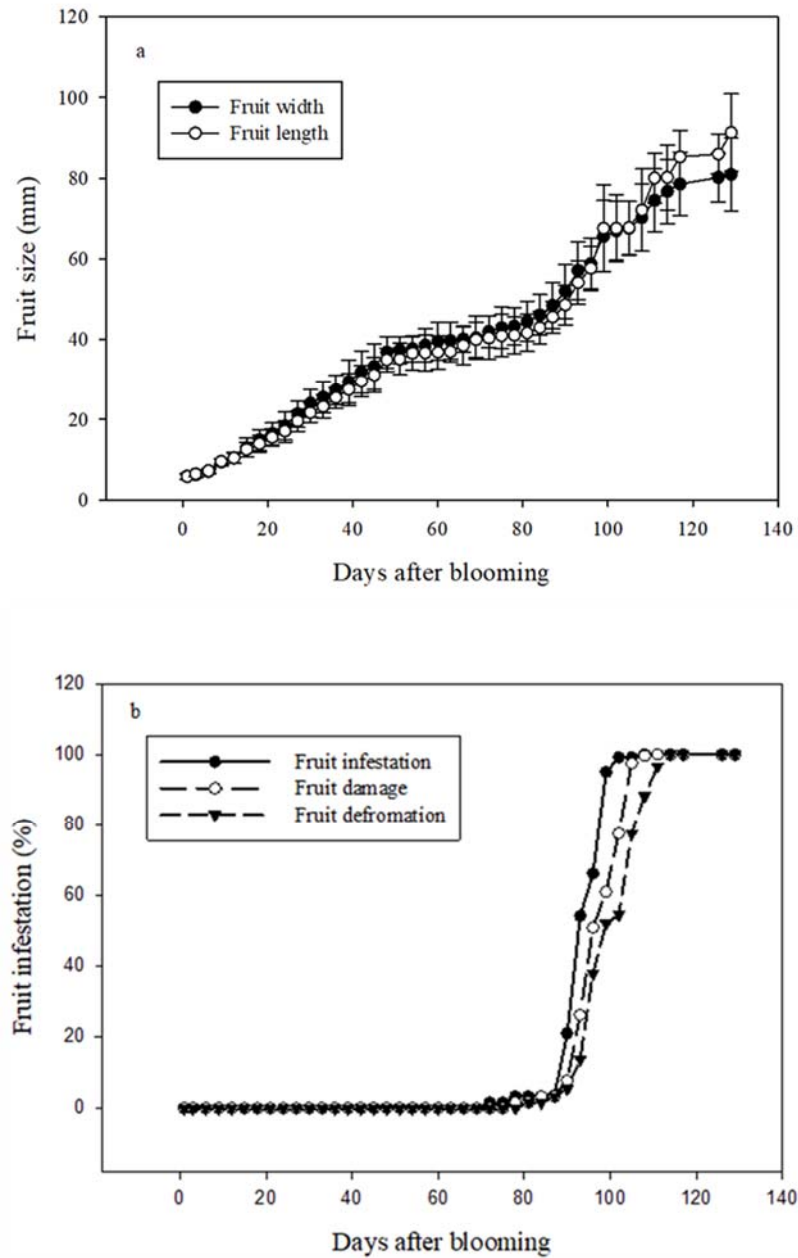


圖 2. 夏季'珍珠拔'番石榴果實生長曲線(a)和受東方果實蠅危害情形(b)。

Fig. 2. Fruit length and width of 'Jen-Ju Bar' guava during growth in summer (a) and different damage of fruit infested with fruit fly (b). The vertical bars represent means  $\pm$  SD of two replicates, n = 120 fruits.

## 二、不同發育週期果實受東方果實蠅危害情形

觀察果實發育期間套袋與未套袋果受東方果實蠅危害情形，由表 1 結果顯示，未套袋處理果實於花後第 10 週始發現少數受害果，這些受害果實有果形較大或有轉色軟化現象，當果實發育至第 12 週後才有 10% 受害果。於花後第 13 週採收各週套袋果實，解剖調查果實受果實蠅危害情形和種類，結果顯示，每週套袋之果實於花後第 10 週套袋者未發現果實蠅為害，於第 11 週僅有 3.3% 受害果，受害果存放於飼育箱內，等幼蟲發育至成蟲後鑑定確認果實蠅種類，皆為東方果實蠅，番石榴被害果中之東方果實蠅 3 齡幼蟲特徵和受危害情形 (圖 3)，果實蠅特徵依據 Mahmood (2004) 報告。林等 (2005) 調查不同地區果園受果實蠅危害情形，於番石榴果實上，只發現東方果實蠅存在，與本試驗從田間採收果實調查結果一致。

調查花後第 1-13 週果實色澤和硬度變化，由圖 4 顯示，除自第 10 週後果皮色相 a 值增加，果實深綠色澤少許轉淡外，其 L 值與 b 值在第 2-13 週間並無較大的變化。東方果實蠅成蟲對光色之選擇有明顯差異性，一般對黃光之趨性最強，在產卵行為上，對於寄主色澤具有選擇偏好性，果實色澤會吸引果實蠅接近或產卵，一般以白色和黃色對其誘引效果最好 (劉, 1981)，Stark 和 Vargas (1992) 以甲基丁香油搭配不同顏色之誘引器進行東方果實蠅雄成蟲對顏色之偏好試驗，結果以白色和黃色誘引效果最好。莊和侯 (2008) 以含毒甲基丁香油誘殺器之上蓋塗裝白、黃、紅、綠等不同顏色，進行東方果實蠅雄成蟲誘引試驗，顯示黃色之誘引效果最佳。陳 (2013) 指出黃色黏著資材對東方果實雌、雄成蟲皆有良好的誘引效果。Wu 等 (2007) 指出綠色光譜亦可增加對東方果實蠅之誘引力。田間觀察轉色後成熟果有較多果實蠅接近和產卵，而花後第 12 週後即有被果實蠅為害的風險，但此階段果實仍呈現青綠色並無明顯轉黃或白。

由圖 5 顯示，果實表皮穿刺壓力在花後第 12 週後有明顯下降，此時果實約於進入第 3 階段快速發育期，在果實蠅為害率調查中，顯示低為害率，果實隨著成熟後硬度逐漸軟化，果實蠅為害率也增加，如圖 3-2b 所示。Mercado-Silva 等 (1998) 調查番石榴綠熟期 mature green (MG) 採收後其果實硬度也是明顯的下降，此階段果肉質地的軟化，El-Buluk 等 (1995) 和 Jain 等 (2003) 調查番石榴果實軟化現象，果實理化性質改變包含果實細胞壁水解酶 (cellulase)、聚半乳糖醛酶 (polygalacturonase)、果膠甲基酯酶 (pectin methyl esterase) 活性的增加，水分含量、水溶性果膠快速的增加等。



表 1. 不同發育週期'珍珠拔'番石榴果實受東方果實蠅危害情形。

Table 1. The 'Jen-Ju Bar' Fruit infested with oriental fruit fly during different growth weeks after blooming.

| Fruit maturity<br>(weeks after blooming) | Infested fruit (%) |             | Fruit drop (%)<br>of bagging |
|------------------------------------------|--------------------|-------------|------------------------------|
|                                          | Bagging            | Non-bagging |                              |
| 1                                        | 0.0                | 0.0         | 46.6                         |
| 2                                        | 0.0                | 0.0         | 30                           |
| 3                                        | 0.0                | 0.0         | 30                           |
| 4                                        | 0.0                | 0.0         | 3.3                          |
| 5                                        | 0.0                | 0.0         | 3.3                          |
| 6                                        | 0.0                | 0.0         | 3.3                          |
| 7                                        | 0.0                | 0.0         | 0                            |
| 8                                        | 0.0                | 0.0         | 0                            |
| 9                                        | 0.0                | 0.0         | 0                            |
| 10                                       | 0.0                | 1.7         | 0                            |
| 11                                       | 3.3                | 3.3         | 0                            |
| 12                                       | *                  | 10.0        | *                            |

Mean = average value, three replication.\*no investigate.

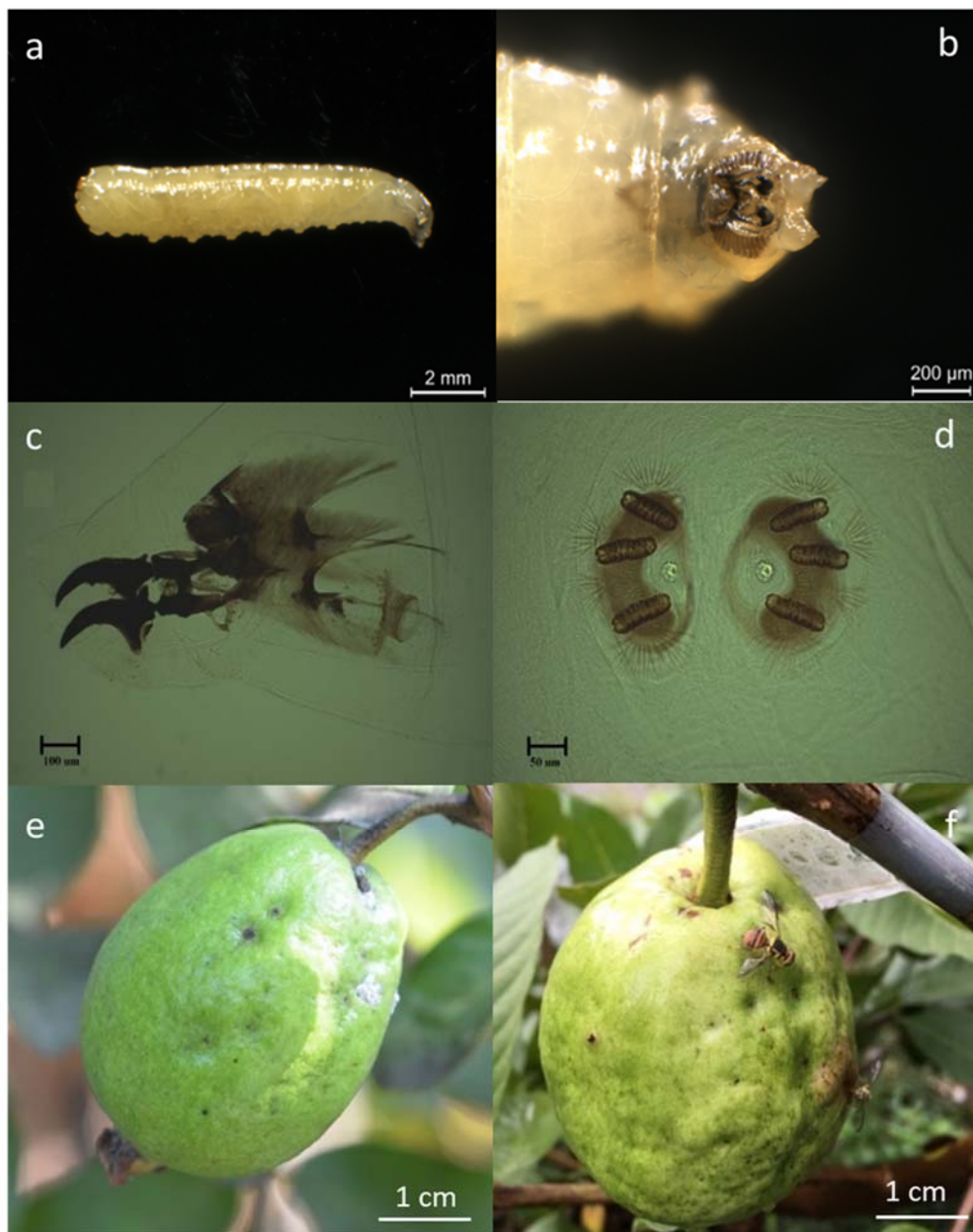


圖 3. 東方果實蠅 3 齡蟲特徵圖 (a-d)和其為害'珍珠拔'番石榴果實情形 (e-f)。  
a：側面，b：頭部，c：口鉤，d：後氣門，e：初期為害，f：果實損害。

Fig. 3. Characteristics of the third instars of oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis* Hendel) (a-d) and infestation with 'Jen-Ju Bar' fruit (e-f). a: lateral side; b: head; c: mouth hooks; d: posterior spiracle; e: infestation; f: fruit damage. A scale bar is shown.

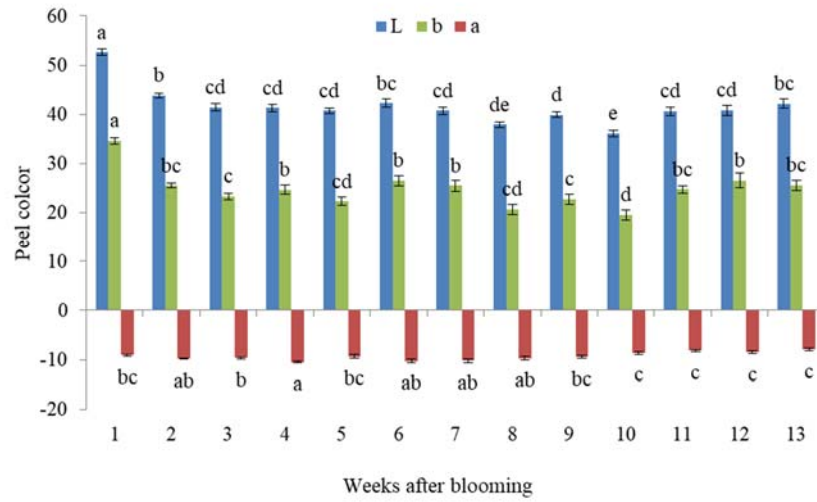


圖 4. 不同發育週期'珍珠拔'番石榴果實之果皮色澤變化。

Fig. 4. Changes in peel color of 'Jen-Ju Bar' fruit when different growth weeks after blooming.

Vertical bars represent means  $\pm$  SE of three replicates. means with the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

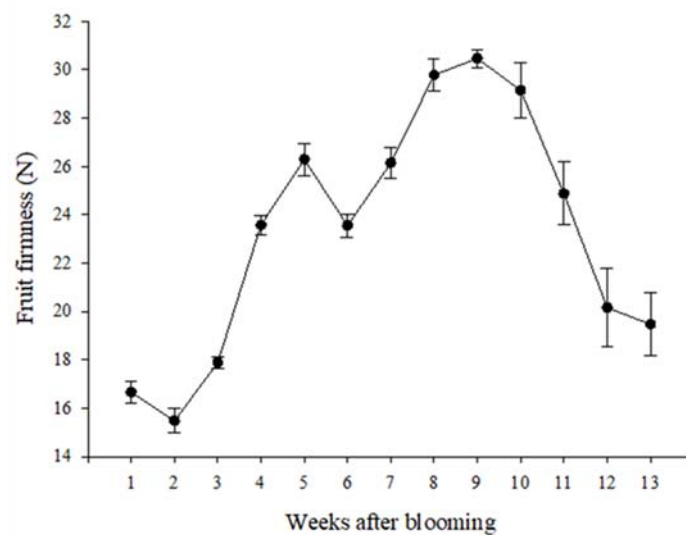


圖 5. 不同發育週期'珍珠拔'番石榴果實之果皮穿刺壓力變化。

Fig. 5 Changes in pericarp firmness of 'Jen-Ju Bar' fruit when different growth weeks after blooming. Vertical bars represent means  $\pm$  SE of three replicates.

### 三、不同發育期果實以人工接卵和置入蟲箱內受東方果實蠅為害率

本試驗以人工接種蟲卵和將果實放置於成蟲飼育箱內方式，調查東方果實蠅在不同發育期番石榴果實之為害率，由圖 6 結果顯示果實直徑 4 cm 以下，是不利果實蠅存活，以人工接卵於果肉內和放置於東方果實蠅飼育箱（內含約 1,000-1,500 隻東方果實成蟲）內 24 小時，其幼蟲為害率皆低於 10% 以下，觀察此階段受為害之果實，多數為發育不良或軟化者；果實直徑 4-4.5 cm，放置於蟲箱內果實，受害率亦是 10% 以下，雖然果皮外表有許多卵產於上，但多數未產於果皮內，解剖和削皮觀察，東方果實蠅產卵於果實表皮，卻未能將產卵管插入果皮產卵於果肉，推測與果實硬度有關，此階段果實尚未軟化，不利於果實蠅產卵管穿刺產卵，而人工接卵方式果實蠅存活率達 41.1%，此與生長期調查 4.5-5 cm 果實之為害率相當，但果實個體差異性大。果實直徑 5-6 cm，以生長曲線估算為花後果實發育至第 13-14 週期，於生長期間調查受害率與放入東方果實蠅成蟲飼育箱內所得結果相當。

由於本試驗所採樣以田間未受害果實為試驗材料，故對照組受為害率遠低於前試驗生長期調查為害情形之數據。董等 (2011) 以臺農二號木瓜進行果實發育期分級，檢測東方果實蠅危害情形，結果顯示，於 8-9 分熟果實才受果實蠅產卵為害，顯示東方果實蠅偏好為害成熟果，對於珍珠拔番石榴果實而言，果實發育至第 3 階段快速生長期時，才有較高被為害之風險。

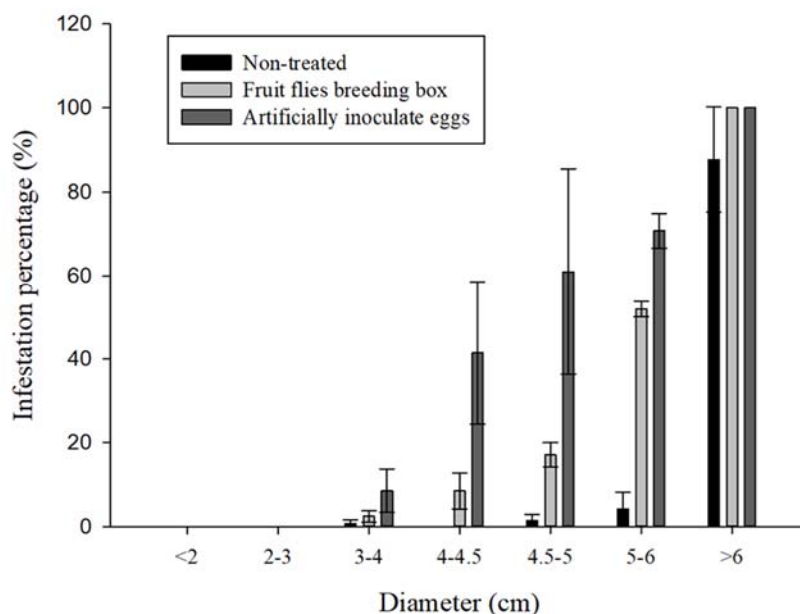


圖 6. 不同發育期'珍珠拔'番石榴果實對東方果實蠅為害率。

Fig. 6. Infestation percentage of 'Jen-Ju Bar' fruit infested with oriental fruit fly in different maturities. Vertical bars represent means  $\pm$  SE of three replicates.

#### 四、未成熟果實置入蟲箱內受東方果實蠅危害情形

前試驗是將不同發育期果實置入蟲箱調查受東方果實蠅危害情形，不同發育期果實放入同一蟲箱內，此方式可能影響果實蠅產卵偏好的選擇。邱和朱 (1987)調查番石榴果實受東方果實蠅危害情形，顯示在成熟果與不同發育期綠果同時存在之情況下，雌成蟲不會趨近小型果和青綠果，劉和黃 (1990)在東方果實蠅在番石榴產卵偏好研究顯示，雌成蟲偏好於成熟果實上產卵，愈成熟果實其誘得雌蟲愈多，產卵數量亦愈多，黃和陳 (2003)研究顯示，番石榴果實受害與否，與果皮上之產卵孔之有無與數量有明顯相關性。故本試驗將不同發育期果實分別放置於不同成蟲飼育箱內，調查果皮上之產卵孔有無，以確認果實受東方果實蠅危害情形。

調查結果，果實直徑 4 cm 以下之未成熟果實，果皮被東方果實蠅插入產卵管所產生產卵孔情形，顯示各階段未成熟果，皆有少數果實被果實蠅雌成蟲產卵 (表 2)，但於 7 日後觀察具有產卵孔果實，皆未發現幼蟲存活情形。劉和黃 (1990)將番石榴區分小果期 (重量 10 g 以下)、中果期 (重量 10-20 g)和成熟果 (重量 20 g 以上)調查果實受東方果實蠅產卵危害情形，顯示小果期雖然能誘引雌蟲接近，但無產卵為害發生。黃和陳 (2003)將'世紀拔'與'梨仔拔'番石榴果實依果實直徑區分為 3.5 cm 以下、3.5-4.5 cm 和 4.5 cm 以上等 3 級別，調查果實上之產卵孔數來估算果實受東方果實蠅為害率，亦顯示果實在 3.5 cm 以上才有發現產卵孔情形，在 '世紀拔'番石榴果實直徑 3.5-4.5 cm 調查上，約有 64%果實未發現產卵孔。本試驗調查'珍珠拔'番石榴生長曲線，顯示果實重量 10 g，其果實直徑約於 3 cm 左右，因番石榴品系不同和試驗果實規格區分不同，結果有少許差異，未成熟果亦會誘引東方果實蠅產卵，多數產卵於果皮上，只少數果實有產卵孔，7 日後調查果實，皆未受東方果實蠅為害。觀察果皮之蟲卵孵化情形，蟲卵孵化至 1 齡亦無法取食而缺水致死，另將蟲卵接種於成熟果實表皮上，亦顯示相同的結果。

表 2. 未成熟'珍珠拔'番石榴果實置入蟲箱內受東方果實蠅產卵危害情形。

Table 2. Different size of 'Jen-Ju Bar' guava fruit Infested with oriental fruit fly in the oriental fruit fly breeding box.

| Fruit diameter | Sample size | Fruit with ovipositional punctures |          | Fruit Infested with oriental fruit fly |
|----------------|-------------|------------------------------------|----------|----------------------------------------|
|                |             |                                    | Breeding |                                        |
|                |             | harvest                            | box      |                                        |
| <2 cm          | 107         | 7                                  | 3        | 0                                      |
| 2-3 cm         | 148         | 5                                  | 6        | 0                                      |
| 3-4 cm         | 146         | 13                                 | 4        | 0                                      |

## 結 論

'珍珠拔'番石榴於開花後第 10 週起，果色較為淡綠及果實逐漸軟化。果實發育進入第三階段之快速生長時期，才逐漸受東方果實蠅為害，以開花後時間，於花後第 11 週起；以果實大小區分，當果實直徑大於 4 cm 以上，受害率才顯著增加。另一方面，於花後 4 週內套袋，會提高套袋內果實落果率。

## 參 考 文 獻

- 行政院農業委員會。2016。農業統計年報。農業統計資料查詢。<<http://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx>>
- 王歆婷。2008。套袋對'珍珠拔'番石榴果實發育期間生理特性和果膠酵素活性之影響。國立中興大學園藝學研究所碩士論文。87pp。
- 邱輝宗、朱耀沂。1987。東方果實蠅之產卵行為(I)產卵潛能。中華昆蟲 7: 119-126。
- 林明瑩、陳昇寬、劉玉章。2005。南瓜實蠅寄主植物之探討。臺南區農業改良場研究彙報 45: 39-52。
- 莊益源、侯豐男。2008。改良型長效誘殺器外觀顏色對東方果實蠅誘殺效果之田間測試與評估。台灣昆蟲 28: 259-276。
- 陳昇寬。2013。黃色黏著資材對東方果實蠅 (*Bactrocera dorsalis*)及瓜實蠅 (*Bactrocera cucurbitae*)之誘引效果。臺南區農業改良場研究彙報 62: 41-49。
- 陳易徵、楊雯如。2015。'珍珠拔'番石榴發育期間果實抗氧化能力變化。臺灣園藝 61(1): 33-44。
- 張哲嘉、林宗賢。1998。台灣番石榴生產之現況與改進。中國園藝 44(2): 116-124。
- 黃莉欣、陳秋男。2003。以果實蠅 (*Bactrocera dorsalis*) (雙翅目：果實蠅科)產卵孔數估算番石榴果實受害率。台灣昆蟲 23: 35-48。
- 黃振聲、顏耀平、張明謙、劉佳瑩。2002。番石榴果實揮發性成分之萃取分析鑑定及其對東方果實蠅之誘引性。植物保護學會會刊 44: 279-302。
- 溫宏治、吳文哲。2011。番石榴主要害蟲之生態與防治。番石榴栽培技術與經營管理研討會論文輯-特刊 108: 165-187。
- 董耀仁、宋家瑋、莊益源、蔣國司、吳文哲、鄭玲蘭、陳健忠。2011。木瓜成熟度影響瓜果實蠅 (Diptera: Tephritidae) 之感染。台灣農業研究 60(4): 253-262。
- 劉玉章。1981。臺灣東方果實蠅之研究。興大昆蟲學報 16: 9-26。
- 劉玉章、黃莉欣。1990。東方果實蠅之產卵偏好。中華昆蟲 10: 159-168。
- 蔡宜君、林慧玲。2011。套袋材質對珍珠拔番石榴品質之影響。興大園藝 36(2): 09-19。
- 謝鴻業、黃和炎、鄭安秀。2001。番石榴栽培管理。臺南區農業改良場技術專刊 117: 1-13。
- Barden, C. L. and W. J. Bramlage. 1994. Separating the effects of low temperature, ripening,

- and light on loss of scald susceptibility in apples before harvest. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119(1): 54-58.
- El-Buluk, R. E., E. E. Babiker, and A. H. El Tinay. 1995. Biochemical and physical changes in fruits of four guava cultivars during growth and development. Food Chem. 54: 279-282.
- Gutierrez, R. M., S. Mitchell, and R. V. Solis. 2008. *Psidium guajava*: A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. J. Ethnopharmacol. 117: 1-27.
- Hiratsuka, S., Y. Yokoyama, H. Nishimura, T. Miyazaki, and K. Nada. 2012. Fruit photosynthesis and phosphoenolpyruvate carboxylase activity as affected by lightproof fruit bagging in satsuma mandarin. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 137(4): 215-220.
- Jain, N., K. Dhawan, S. Malhotra, and R. Singh. 2003. Biochemistry of fruit ripening of guava (*Psidium guajava* L.): compositional and enzymatic changes. Plant Foods Human Nutr. 58: 309-315.
- Li, S. H., M. Genard, J. G. Bussi, J. G. Huguet, R. Habib, J. Besset, and R. Laurent. 2001. Fruit quality and leaf photosynthesis in response to microenvironment modification around individual fruit by covering the fruit with plastic in nectarine and peach trees. J. Hort. Sci. Biotechnol. 76: 61-69.
- Mahmood, K. 2004. Identification of pest species in oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) species complex. Pakistan J. Zool. 36(3): 219-230.
- Mercado-Silva, E., P. Benito-Bautista, and M. Garcí'a-Velasco. 1998. Fruit development harvest index and ripening changes of guavas produced in Central Mexico. Postharvest Biol. Tec. 13: 143-150.
- Morera-Montoya, R., H. Blanco-Metzler, and C. Luis-Loria. 2010. Evaluation of different bagging materials for the control of the fruit fly *Anastrepha* sp. (Diptera:Tephritidae) and fruit pathogens in Taiwanese guava fruit (*Psidium guajava* L.). Acta Hort. 849: 283-292.
- Nisha, J., K. Dhawan, S. Malhotra, and R. Singh. 2003. Biochemistry of fruit ripening of guava (*Psidium guajava* L.): compositional and enzymatic changes. Plant Foods Human Nutr. 58: 309-315.
- Oi, D. H. and R. F. L. Mau. 1989. Relationship of fruit ripeness to Infestation in 'Sharwil' avocados by the mediterranean fruit fly and the oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol. 82: 556-560.
- Prokopy, R. J. and B. D. Roitberg. Foraging behavior of true fruit flies. 1984. American Sci. 72: 41-49.
- Salazar, D. M., P. Melgarejo, R. Martí'nez, J. J. Martí'nez, F. Herna'ndez, and M. Burguera. 2006. Phenological stages of the guava tree (*Psidium guajava* L.). Sci. Hortic. 108: 157-161.
- Seo, S. T., G. J. Farias, and E. J. Harris. 1982. Oriental fruit fly: ripening of fruit and its effect

- on index of infestation of Hawaiian papayas. J. Econ. Entomol. 75: 173-178.
- Stark, J. D., and R. I. Vargas. 1992. Differential response of male oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) to colored traps baited with methyl eugenol. J. Econ. Entomol. 85(3): 808-812.
- Tabilio, M. R., D. Fiorini, E. Marcantoni, S. Materazzi, M. Delfini, F. R. D. Salvador, and S. Musmeci. 2013. Impact of the mediterranean fruit fly (Medfly) *Ceratitis capitata* on different peach cultivars: The possible role of peach volatile compounds. Food Chem. 140: 375-381.
- Wu, W. Y., Y. P. Chen, and E. C. Yang. 2007. Chromatic cues to trap the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis*. J. Insect Physiol. 53: 509-516.
- Yang W. H., X. C. Zhu, J. H. Bu, G. B. Hua, H. C. Wanga, and X. M. Huang. 2009. Effects of bagging on fruit development and quality in cross-winter off-season longan. Sci. Hortic. 120: 194-200.



## Infestation with Oriental Fruit Fly of 'Jen-Ju Bar' Guava during Fruit Developmental Stages

Kao-Wei Lin <sup>1)</sup> Huey-Ling Lin<sup>2)</sup> Ching-Chang Shiesh <sup>3)</sup>

Key word: Guava (*Psidium guajava* L. 'Jen-Ju Bar'), Oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis* Hendel), Fruit development, Fruit bagging

### Summary

The oriental fruit fly is one of the major pests in guava fruit during developmental stages. In the cultivation and management to prevent the fruit fly damage, used bagging for fruit was the most widely method. In this study, in the field observation was made to record the time of fruit infested with fruit flies at different developmental stages. The results showed that the summer fruits were to be infested with fruit flies at the 11th week after blooming. At the 13th week after blooming, fruit development entered the rapid growth stage, and the hazard ratio of fruits with fruit fly was significantly increased. In the fruit size, survey endanger situation of fruits by fruit flies, exception of a few fruit hypoplasia early turn color and softening, the fruit diameter of 4 cm or less, the harm risk of fruit fly is minimal. Artificial eggs and placed in the oriental fruit fly breeding box to investigate the fruit infected with fruit fly, show that the fruit diameter of less than 4 cm, was also not conducive to fruit fly growth and development.

---

1) Student in Ph.D. Program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

3) Associate Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

Corresponding author.

## 貯藏溫度對'Eureka'檸檬果實轉色之影響

賴 筱 茹<sup>1)</sup> 林 慧 玲<sup>2)</sup> 謝 慶 昌<sup>3)</sup>

關鍵字：溫度、檸檬、轉色

**摘要：**檸檬為臺灣地區性重要果樹產業之一，栽培面積逐年增加，盛產季時國內消費容易過度飽和，如何調節市場是為重要課題，但因國外多以黃皮檸檬為主，若可利用綠檸檬進行長期貯藏，以黃檸檬提供消費市場，將可減緩檸檬盛產期之市場壓力，拓展內、外銷售市場。本試驗結果顯示檸檬貯藏於 12℃ 環境下，貯藏 14 天即開始轉色至 28 天果皮可自然轉為黃橙色，對果實內部品質亦無不良影響，溫度過低 (3℃) 綠色無法褪去，過高 (15、20℃) 則轉色不均勻，另於 12℃ 貯藏溫度下，檸檬果蒂未有脫落且果蒂褐化不顯著，對於國內習慣挑選保有柑橘類果實之果蒂，為一大優勢。

### 前 言

檸檬為臺灣常見的果樹之一，近十年栽培面積平均約 1,755 公頃，產量約為 22,103 公噸 (農業統計年報，2017)，台灣氣候溫暖多濕，檸檬於臺灣種植具有周年開花的特性，可四季生產又有四季檸檬的別名，主要產季集中於夏季，因臺灣氣候溫暖檸檬成熟時氣溫高果皮無法轉為黃色，呈現綠色或黃綠色，是世界少數生產綠檸檬的國家 (呂，2005；林等，2013)，消費習慣上也多喜使用綠色檸檬，與歐美喜好食用黃色檸檬習慣不同，臺灣鄰近國家如日本、韓國、中國、新加坡、馬來西亞鮮食也以黃色為主。臺灣檸檬栽培面積逐年增加，消費市場屬於易供需失衡之淺碟性市場，常有量多價跌之情事發生 (李，2017)，農民常因無法掌握供需超量種植，市場飽和便會造成嚴重經濟損失。所以積極開拓多元行銷通路，包括國外銷售通路及取代進口檸檬汁需求性，為產業重要課題。國外需求市場以黃色檸檬為主，若能透過催色技術促進綠色檸檬褪綠轉黃之技術及條件，係為拓展行銷通

---

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教授。

3) 國立中興大學園藝學系副教授，通訊作者。

路前，可預先建立採後處理技術。本試驗擬透過不同貯藏溫度以瞭解適合檸檬轉色之溫度。

## 材 料 與 方 法

### 一、試驗材料來源

果實來自南投縣集集鎮，並依臺北農產運銷股份有限公司分級包裝標準挑選 M 級 (果重 100-150 克)特級果實，特級果實之標準係指同一品種，成熟適度，果形完整，色澤優良，果面光滑，無病蟲害及其他傷害。於 2016 年 7 月送至試驗室，再經肉眼挑選果實大小一致、果色均一、無明顯病蟲害及果皮光滑無外傷之果實。

### 二、試驗方法

共 5 組試驗處理，以每組重複各 10 果放置於 1 紙箱 (尺寸：長 27 cm×寬 17 cm×高 19 cm)中，分別放置於 3℃、9℃、12℃、15℃及 20℃下進行貯藏，每處理 3 重複，每重複 10 果，共計 150 果，每 7 天觀察及紀錄，共 28 天。

### 三、調查項目及分析方法

#### (一)果皮轉色等級 (1 至 5 級)

果實以肉眼目測轉色程度分為 1 至 5 級，1 級果實為綠色或具有少量黃色淺斑，整體轉色小於 20%，2 級果實為綠黃色，以綠色為主，果皮上有明顯的黃色區塊，整體轉色面積 21~40%，3 級果實黃色及綠色區塊約佔一半，整體轉色面積 41~60%，4 級果實為黃綠色，以黃色為主，果皮上有明顯的綠色區塊，整體轉色面積 61~80%，5 級果實為黃色或具有少量綠色淺斑，整體轉色面積大於 80%，轉色級數如圖 1。

#### (二)果皮顏色 (Color measurements)

果實經挑選後擦拭乾淨，於入庫或處理前以油性奇異筆圈畫 2 處果皮平滑、顏色一致的測定範圍 (直徑約 3 公分圓形)，以手持式分光色差儀 (Mini Scan XE Plus, Model 4500S) 測量，所得數值分別為  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  並換算出  $C^*$ 、 $h^\circ$ ，顏色座標以 CIELAB 表示， $L^*$  值表示亮度，值為 0 到 100，值越大亮度越大， $a^*$  值代表紅綠色，正值偏紅色，負值偏綠色。 $b^*$  值代表黃藍色，正值偏黃色，負值偏藍色。經計算可得  $C^*$  值和  $h^\circ$ 。 $C^*$  值代表顏色的飽和程度，數值越高顏色越飽和。 $h^\circ$  表示色相的角度。數值從  $0^\circ\sim 360^\circ$ ，以逆時針觀看  $0^\circ\sim 90^\circ$  顏色為紅、橙、黃， $90^\circ\sim 180^\circ$  顏色為黃、黃綠、綠色， $180^\circ\sim 270^\circ$  為綠、青綠到青色， $270^\circ\sim 360^\circ$  為青色、紫色及紅色。

#### (三)果實失重率 (Weight loss rate, %)

每處理分別於入庫貯藏當日、貯藏期間及貯藏期滿時測量每重複果實重量。失重率以貯藏前測定果實鮮重減貯藏後果實鮮重除以貯藏前果實鮮重，再乘以 100 %，為失重率，以 % 表示之。

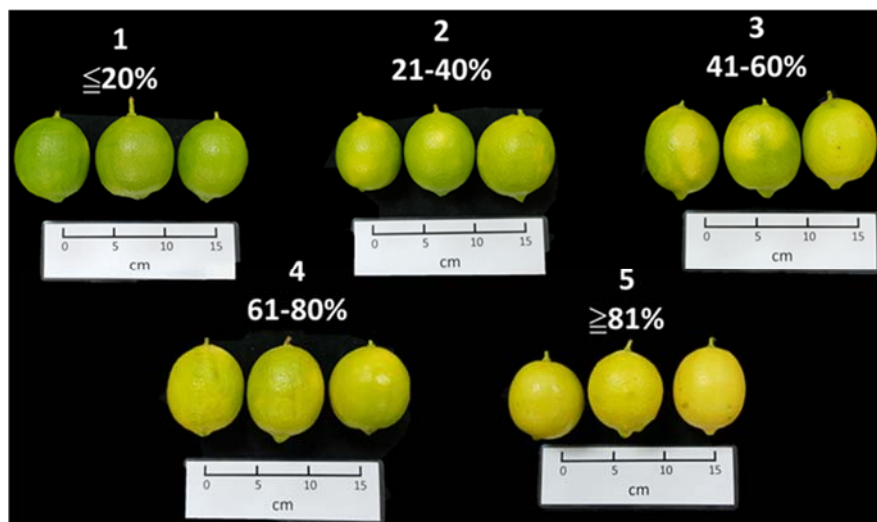


圖 1. 'Eureka'檸檬果實轉色級數。轉色級數 1-5 級，1：黃色區塊 $\leq 20\%$ ，2：黃色區塊 21%~40%，3：黃色區塊 41%~60%，4：黃色區塊 61%~80%，5：黃色區塊 $\geq 81\%$ 。

Fig. 1. Peel color index of 'Eureka' lemon. Color index level 1-5: 1  $\hat{=}$  yellow area from  $\leq 20\%$ , 2  $\hat{=}$  yellow area from 21%~40%, 3  $\hat{=}$  yellow area from 41%~60%, 4  $\hat{=}$  yellow area from 61%~80%, 5  $\hat{=}$  yellow area from  $\geq 81\%$ .

公式：(貯藏前果實鮮重-貯藏後果實鮮重)/貯藏前果實鮮重 $\times 100\%$ 。

(四)綠蒂率 (Green button rate, %)

綠蒂率為每重複果實之果蒂未脫落且呈綠色者佔各處理果實數量之比率，單位為%。

(五)腐爛率 (Decay, %)

貯藏期間果實腐爛占比，腐爛的原因主要為貯藏性病害、擦壓傷引起果實腐爛，腐爛率每重複果實中腐爛果實量佔各處理果實量之比例，單位為%。

(七)總可溶性固形物 (Total soluble solid, TSS)

將檸檬對半切開後，取擠壓果肉之汁液，每處理為 3 重複，每重複共 10 果，分別混合每重複果實之汁液，並以電子式糖度計 (ATAGO PR-32)測定其可溶性固形物，為總可溶性固形物，單位 $^{\circ}\text{Brix}$ 。

(八)可滴定酸 (Titratable acidity, TA)

取(七)的混合果汁 0.5 ml，加入 29.5 ml 的純水，在以 0.1 N NaOH 滴定至 pH 8.2，記錄滴定量後換算為 100ml 果汁所含檸檬酸含量，單位為%。

(九)糖酸比 (TSS/TA ratio)

上述所得糖度 (TSS)除以酸度 (TA)所得數值為糖酸比 (TSS/TA ratio)。

## 結 果

### 一、貯藏期間檸檬果皮顏色之變化

本試驗期共 28 天，從試驗結果顯示各貯藏溫度以貯藏於 12℃ 下之檸檬果皮轉色最為迅速，貯藏至第 14 天時目測觀察轉色級數為 2.7 級，貯藏至第 28 天時，果實顏色均勻呈現黃色，各果實間轉色速度如表 1、圖 2 所示。貯藏於 3℃ 下檸檬果皮轉色緩慢，至貯藏第 28 天試驗結束時，轉色級數為 1.9 級，顏色仍維持綠色。貯藏於 15℃ 及 20℃ 環境下果實間轉色情形不一致 (表 1、圖 2)。

柑橘類果實於成熟過程中，果皮光澤度逐漸顯現，本試驗中未入庫貯藏之檸檬，果皮為深綠色其色澤偏暗，貯藏期間果皮顏色轉變，色澤亦由深轉淺， $L^*$ 值隨著貯藏時間增加，貯藏至第 28 天時達到最大，其中以貯藏於 12℃ 下之檸檬果皮  $L^*$ 值最高為 56.1，15℃ 次之為 53.3，而貯藏於 3℃ 下為 38.2 與未貯藏前 36.0 僅有微幅的增加 (表 2)。

$a^*$ 、 $b^*$ 值是柑橘類果實轉色的指標之一， $a^*$ 值為正代表為紅色，負值為綠色，果皮的褪綠過程可由負值逐漸減少轉為正值來表示， $b^*$ 值為正代表黃色，負值為藍色，果皮的黃化則可由數值增加來表示。本試驗的檸檬果皮其  $a^*$ 值於貯藏至第 28 天為 -2.4 增加最為明顯，而貯藏於 3℃ 下果皮  $a^*$ 值幾乎沒有增加，貯藏至第 28 天為 -9.8 (表 2)。試驗中觀察檸檬顏色轉變主要由綠轉黃，沒有呈現更深的橙黃色，主要應是果皮綠色色素的逐漸消退後所顯現出的黃色 (圖 2)。各處理間  $b^*$ 值整體變化亦隨著貯藏時間增加上升，各處理組反應相似，12℃ 及 15℃ 貯藏至第 28 天數值分別為 47.6 及 45.8，增加幅度最大 (表 2)。 $b^*$ 值主要反應果皮中黃色色素的累積，由圖 2 中第 28 天可觀察到貯藏於 12、15℃ 果皮多數已呈現金黃色。

本試驗中  $C^*$ 值整體變化趨勢係隨貯藏時間而上升，貯藏至第 28 天數值分別為 46.3、56.1、53.3，而貯藏於 3℃ 及 20℃ 增幅小，數值分別為 30.8、32.8 (表 2)。色相角為顏色的變化，隨著貯藏時間角度逐漸減小，顏色由綠往黃色變化，貯藏 3℃、9℃、12℃、15℃ 及 20℃ 下貯藏至第 28 天之色相角分別為 107.5°、102.3°、93.2°、97.4° 及 106.4°，其數據與所觀察的顏色相仿 (表 2、圖 2)。

色澤呈現為色彩綜合性表現，色差儀所測之單一色差座標，無法解讀確切顏色變化，為能更瞭解柑橘類果實真實的顏色，可利用所得之  $a^*$ 值及  $b^*$ 值運算並以  $a^*/b^*$ 值表示之，正值為紅色、0 為黃色、負值為綠色。本試驗中各處理組  $a^*/b^*$ 值變化趨勢，係隨著貯藏時間逐漸上升，至貯藏第 28 天各組間差異達到最大，其中貯藏於 12℃ 之果實  $a^*/b^*$ 值入庫貯藏前為 -0.42，貯藏至第 28 天為 -0.05，以肉眼目測觀之果色已轉為黃色，而貯藏於 3℃ 下果實  $a^*/b^*$ 值入庫時為 -0.41，貯藏至第 28 天為 -0.34，肉眼目測果色仍為綠色，轉色速度緩慢，各處理間具有顯著差異 (表 1、圖 2)。

表 1. 貯藏溫度對'Eureka'檸檬轉色級數及 a\*/b\* 值之影響。

Table 1. Effect of storage temperature on peel color index and a\*/b\* rate of 'Eureka' lemon.

| Storage temperature | On day 14                |        | On day 28   |        |
|---------------------|--------------------------|--------|-------------|--------|
|                     | Color index <sup>z</sup> | a*/b*  | Color index | a*/b*  |
| 3°C                 | 1.7b <sup>y</sup>        | -0.36c | 1.9d        | -0.34e |
| 9°C                 | 1.9b                     | -0.32b | 2.8bc       | -0.21c |
| 12°C                | 2.7a                     | -0.26a | 4.6a        | -0.05a |
| 15°C                | 1.7b                     | -0.27a | 3.0b        | -0.12b |
| 20°C                | 1.5b                     | -0.32b | 2.2cd       | -0.26d |

<sup>z</sup> The degree of yellowing from green fruit.

Color index 1-5 : 1 (yellow ≤20%)、2 (yellow 21%~40%)、3 (yellow 41%~60%)、4 (yellow 61%~80%)、5 (≥81%)

<sup>y</sup>Means followed by the same letter within same row of each quality are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

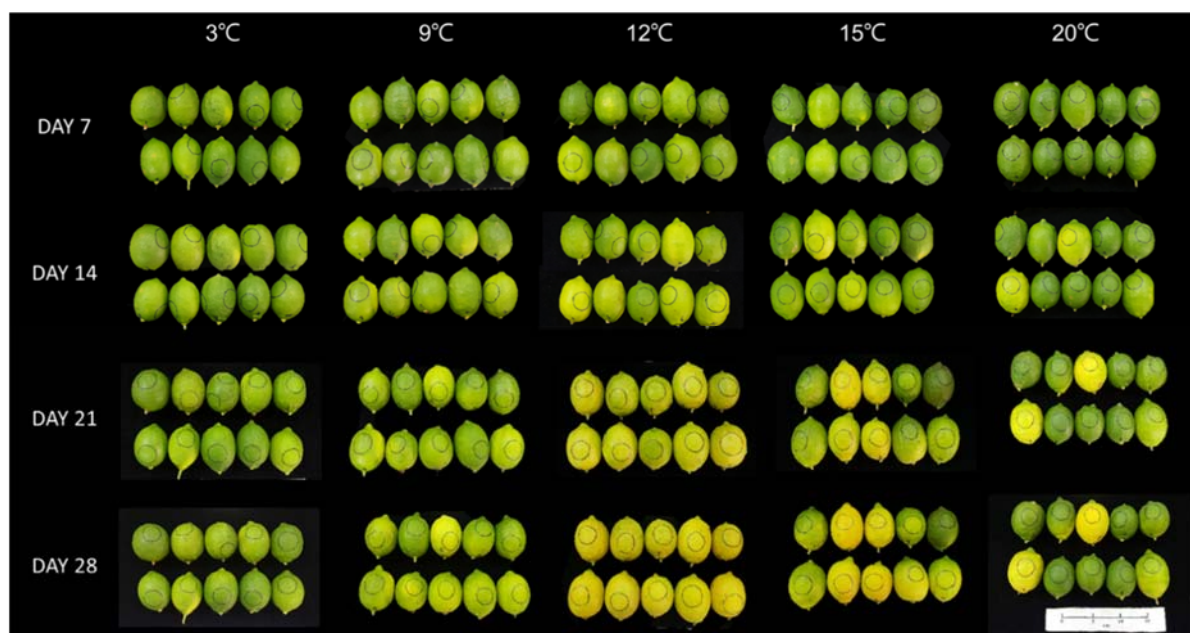


圖 2. 貯藏期間'Eureka'檸檬果實外觀之變化。

Fig. 2. Change in appearance of 'Eureka' lemon during storage at varies temperature.

表 2. 貯藏溫度對'Eureka'檸檬貯藏至第 28 天果皮顏色之影響。

Table 2. Effect of storage temperature on peel color of 'Eureka' lemon after 28 days.

| Storage temperature | Peel Color         |       |       |       |        |
|---------------------|--------------------|-------|-------|-------|--------|
|                     | L*                 | a*    | b*    | C*    | h°     |
| 3°C                 | 38.2c <sup>z</sup> | -9.8c | 29.1c | 30.8c | 107.5a |
| 9°C                 | 46.3b              | -8.6c | 40.3b | 41.3b | 102.3b |
| 12°C                | 56.1a              | -2.4a | 47.6a | 47.8a | 93.2d  |
| 15°C                | 53.3a              | -5.3b | 45.8a | 46.4a | 97.4c  |
| 20°C                | 44.1b              | -8.2c | 31.4c | 32.8c | 106.4a |

<sup>z</sup>Means followed by the same letter within same row of each quality are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

## 二、貯藏溫度對檸檬果實外部品質 (失重率、綠蒂率、落蒂率及腐爛率)之影響

本試驗將檸檬分別置於 3°C、9°C、12°C、15°C 及 20°C 環境中貯藏，溼度未經特別控制，試驗結果顯示貯藏於 9°C 及 12°C 下果實失重與其他處理有明顯差異，失重率分別為 5.36% 及 4.87%，貯藏至第 28 天時分別為 6.36% 及 6.03%，貯藏於 15°C 下果實失重率則是隨著貯藏時間逐漸上升，貯藏至第 28 天失重率為 4.27%，而貯藏於 20°C 下之果實於貯藏第 7 天失重率為 0.69%，第 14 天時為 3.64%，失重情形明顯，惟各處理間失重率並無顯著差異 (表 3、圖 3)。

檸檬貯藏於各溫度中果蒂褐化情形並不顯著，於貯藏至第 28 天果蒂綠蒂率各處理組皆在 80% 以上，且未有果蒂脫落，落蒂率為 0%，另本試驗中果實未受到病菌或外力損傷而引起腐爛，其腐爛率亦為 0% (表 3)。

## 三、貯藏溫度對檸檬果實內部品質 (可溶性固形物、可滴定酸及糖酸比)之影響

於貯藏試驗第 28 天時進行破壞性果實品質測定，可溶性固形物 3°C 為 7.6°Brix、9°C 為 7.8°Brix、12°C 為 7.7°Brix、15°C 為 7.0°Brix，貯藏於 3°C 及 20°C 之果實可溶性固形物達顯著差異 (表 3)。可滴定酸貯藏於 3°C 為 6.2%、9°C 為 6.5%、12°C 為 6.2%、15°C 為 6.2%、20°C 為 6.1%，各處理組間未有顯著差異 (表 3)。糖酸比結果顯示 3°C 為 1.2、9°C 為 1.2、12°C 為 1.2、15°C 為 1.3、20°C 為 1.4，糖酸比在貯藏溫度超過 12°C 後，有隨著貯藏溫度而上升，惟此差異並未達到顯著水準 (表 3)。試驗結果各貯藏溫度對果實中可溶性固形物 (TSS)、可滴定酸 (TA) 及糖酸比 (TSS/TA)，造成的差異影響不大。

表 3. 貯藏溫度對'Eureka'檸檬貯藏至第 28 天果實品質、失重率、綠蒂率、落蒂率及腐爛率之影響。

Table 3. Effect of storage temperature on fruit quality, weight loss, green button, button abscission and decay of 'Eureka' lemon after 28 days.

| Storage temperature | TSSW (°Brix) | TA (%) | TSS/TA ratio | Weight loss (%) | Green button (%) | Button abscission (%) | Decay (%) |
|---------------------|--------------|--------|--------------|-----------------|------------------|-----------------------|-----------|
| 3°C                 | 7.6b         | 6.2a   | 1.2a         | 1.25a           | 97a              | 0a                    | 0a        |
| 9°C                 | 7.8ab        | 6.5a   | 1.2a         | 6.36a           | 83a              | 0a                    | 0a        |
| 12°C                | 7.7ab        | 6.2a   | 1.2a         | 6.03a           | 80a              | 0a                    | 0a        |
| 15°C                | 8.0ab        | 6.2a   | 1.3a         | 4.27a           | 90a              | 0a                    | 0a        |
| 20°C                | 8.2a         | 6.1a   | 1.4a         | 6.91a           | 90a              | 0a                    | 0a        |

<sup>a</sup>Means followed by the same letter within same row of each quality are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

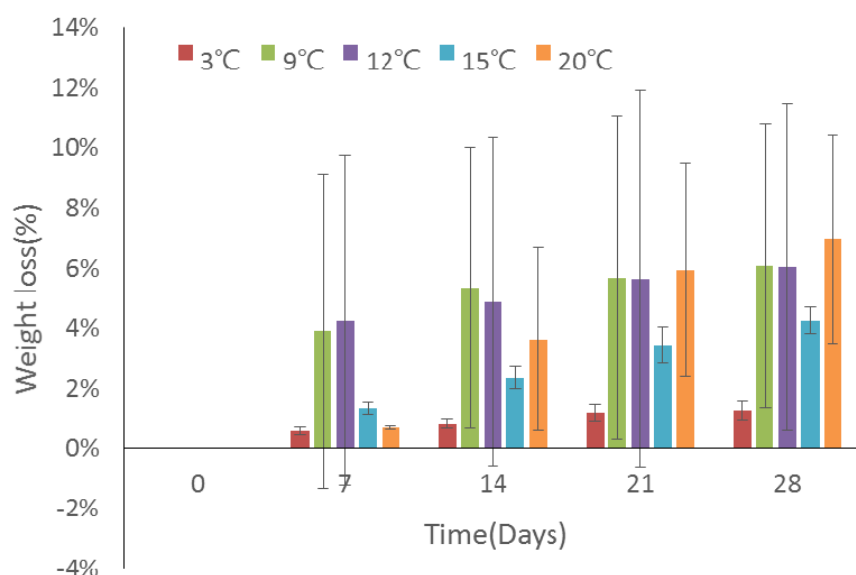


圖 3. 貯藏期間'Eureka'檸檬果實失重率之變化。

Fig. 3. Change in weight loss percentage (%) of 'Eureka' lemon peel during storage at varies temperature.



## 討 論

### 一、貯藏溫度的改變對果皮轉色之效果

果實的顏色為消費者考量購買的重要因素，所以經營者對保有或維持果實良好的果色相當重視，所以對於改善不良果色的採後處理技術持續被研究及探討。而在顏色測定上多採用國際照明委員會 International Commission on Illumination，法文：Commission internationale de l'éclairage (採用法文縮寫：CIE)所提出的 CIE  $L^*a^*b^*$  (CIELAB)這色彩模型常用來說明人眼所見的所有顏色，是目前使用最為廣泛的一種模型，色度座標中  $L^*$  值代表為明亮度 (Lightness) 其範圍至 0 = 黑色至 100 = 白色， $a^*$  值代表為綠紅顏色 ( $a^*$  負值為綠，正值為紅)， $b^*$  值代表藍黃顏色 ( $b^*$  負值為藍，正值為黃) (McGuire, 1992)，而  $a^*$  值及  $b^*$  值為間接表述顏色的座標，難以單一的數值得知物體實際所代表的顏色，所以國際照明委員會透過 CIE  $L^*a^*b^*$  加以運算可以得到另一個色度座標 CIE  $L^*C^*h$ ， $C^*$  值代表顏色的飽和程度 (Chroma)，是由  $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$  計算而來， $h^\circ$  值為代表色相角 (Hue angle)，代表顏色的色相，由  $(\tan^{-1}b^*/a^*)$  計算而來，為一個  $360^\circ$  色環， $0^\circ \sim 90^\circ$  為紅、橙、黃， $90^\circ \sim 180^\circ$  為黃、黃綠、綠， $180^\circ \sim 270^\circ$  為綠、青綠、青， $270^\circ \sim 360^\circ$  為青、紫、紅 (McGuire, 1992)。

$L^*C^*h$  組合成明亮度、飽和度及色相的綜合指數就能大約表示物體的整體顏色表現。在各試驗研究中測定果實顏色時也經常使用，另 Brandt 等人 (2006) 於試驗結果中得知番茄再由綠轉紅的粉紅色階段番茄紅素會迅速的累積，而番茄紅素含量和顏色值 ( $a^*/b^*$ ) 之間有很高的相關性 ( $R^2 = 0.92$ )  $a^*/b^*$  的比例越高，番茄紅素含量越高。劉等人 (2005) 試驗中表示  $L^*$ 、 $h^\circ$  或  $L^*$ 、 $a^*/b^*$  對柑橘類作物的顏色有相當好的代表性。

本試驗結果顯示檸檬貯藏於  $12^\circ\text{C}$  下，檸檬果皮轉色最為迅速，且各果實間轉色速度平均，顏色均勻 (圖 2)。貯藏至第 28 天時  $a^*/b$  值為 -0.05，而色相角 ( $h^\circ$ ) 為  $93.2^\circ$ ，由數據上及果實外觀的變化上，果皮由綠轉黃的情形皆優於其他處理組，且貯藏於  $12^\circ\text{C}$  之果實  $L^*$  值在貯藏過程中增幅最大，整體數據顯示檸檬貯藏於  $12^\circ\text{C}$  下轉色效果最好，且果實光澤感也能顯現 (表 2)；果實貯藏於  $3^\circ\text{C}$  下轉色情形緩慢，貯藏至第 28 天果色仍為綠色， $a^*/b$  值為 -0.34 色相角為  $107.5^\circ$ ，果皮黃化的情形不甚理想，轉色有遲滯的現象 (表 1、表 2)。而貯藏  $15^\circ\text{C}$  及  $20^\circ\text{C}$  下果實間轉色程度不一，其中以  $20^\circ\text{C}$  下果實最為明顯 (圖 2)。

在 Sdiri 等人 (2012) 試驗中不同成熟度的 'Navelina' 橙在相同的處理環境下貯藏一段時間後，高成熟度的果實具有較高的轉色指數。因臺灣之檸檬採收並非以成熟度為考量，多以果實大小作為採收的指標，本試驗所選用的果實，未針對果實成熟度做統一的選擇，本試驗中果實間所出現的轉色差異，應與個別果實成熟度相關。另 'Navelina' 橙果於貯藏  $12^\circ\text{C}$  下增加了果實中總類胡蘿蔔素含量，並增強了果皮和果肉的轉色，而貯藏在  $2^\circ\text{C}$  的果實，轉色和類胡蘿蔔素含量幾乎保持不變 (Carmona et al., 2012)，林等 (2005) 觀察明尼桔柚貯藏於 1 至  $20^\circ\text{C}$  下果實的轉色情形，試驗結果顯示促進明尼桔柚果皮轉為橙紅色以  $12\text{--}15^\circ\text{C}$  較佳，Petracek 和 Montalvo (1997) 於 'Fallgile' 橙貯於  $15.5^\circ\text{C}$  中轉色良好，但高溫  $26.5^\circ\text{C}$  或低

溫 4.5℃貯藏都阻礙轉色，本試驗結果與前人研究結果相似。本試驗檸檬貯藏於 3℃環境下貯藏 28 天試驗結束時色相角僅有微幅增加，果實轉色情形不良，而於 12℃下轉色均勻且良好。

二、貯藏溫度對檸檬果實品質 (糖度、酸度、失重率、綠蒂率、落蒂率及腐爛率)之影響

檸檬在許多地區如南非、加州等地皆是食用黃色檸檬，其產季為 3-7 月，多於 4 月果皮顏色開始轉變時採收，經分級包裝之後，以 10℃貯藏至 8-9 月，並在 9-11 月間以 11℃運輸銷往海外，其果實品質及果皮顏色優良 (Ladaniya, 2008)。果實採收後的良好貯藏條件，可以確保果實品質並有利於銷售，在貯藏期間果實內部糖度、酸度、糖酸比、失重率、及果實外部的果蒂綠蒂率、落蒂率、果實腐爛率及生理障礙，會隨著貯藏而逐漸改變或發生。

在本貯藏溫度試驗中，果實分別貯藏 3~20℃至第 28 天時，貯藏於 3℃及 20℃之果實在可溶性固形物，數值分別為 7.6°Brix 及 8.2°Brix 達到顯著差異，而貯藏於 9℃、12℃及 15℃環境下則無顯著差異，另可滴定酸 (TA)各處理數值在 6.1~6.5 %之間，糖酸比 (TSS/TA)數值 1.2-1.4 之間，各處理組間均未達顯著差異。在本試驗之貯藏期間果實內部品質經不同溫度貯藏後，各處理組的糖度及酸度差異不大 (表 3)。

失重率的表現上，本試驗於貯藏第 28 天觀察各處理間失重率無顯著差異 (表 3)，而從變化趨勢中可以觀察到貯藏於 9℃、12℃下的檸檬果實於試驗 0 至第 7 天有較高的失重率，第 7 天後失重的情形減緩，而貯藏於 20℃下的檸檬於貯藏後第 7 天開始出現較高的失重率，失重率迅速增加一直持續至試驗結束，而貯藏於 3℃下的檸檬失重率則是隨著貯藏時間逐漸增加 (圖 3)。栽培地區的不同，其檸檬的貯藏最佳溫度亦有所不同。澳洲檸檬貯藏適溫 9-12℃。美國加州檸檬貯藏適溫 12.5-15℃，而古巴檸檬儲存在 12℃。貯藏之相對濕度應保持在 85-90 %。在適當的貯藏溫度、濕度和通風條件下，果重每月仍會以 2-3% 減少 (Ladaniya, 2008)。本研究貯藏期間濕度並未另加控制，至試驗結束貯藏於 12℃及 15℃下失重率分別為 6.03%及 4.27% (表 3)。

檸檬採收時大多利用果剪對齊果蒂處剪下，果實上會殘留部分果梗及萼片，雖非可食用之部位，卻為消費者判斷果實是否新鮮的依據之一。果蒂的留存或是否褐化與果實品質似無一定的關係，有此果蒂在貯藏期間可長時間保持綠色，有些則亦褐化 (劉，2005)，本研究的溫度貯藏試驗中果蒂的褐化並不顯著 (表 3)，貯藏至 28 天試驗結束各處理之綠蒂率皆在 80%以上，亦無脫落的情形發生。果蒂的存在與否及顏色是否褐化，作為品質指標，似並不客觀。

## 參 考 文 獻

李文豪。2017。檸檬栽培管理要點。高雄區農業技術專刊 7: 2-15。

- 呂明雄。2005。柑桔。臺灣農家要覽。農作篇:19-27。
- 林詠洲、陳邦華、蔡雲鵬。2013。柑橘生長與栽培管理。pp. 31-32。
- 林建志、薛淑滿、謝慶昌。2005。溫度對採後明尼桔柚果皮轉色及品質之影響。台灣柑桔產業發展研討會專刊。pp. 375-383。
- 劉富文、韓青秀、梁穎芝。2005。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。
- 農業統計年報(105 年)。2017。行政院農業委員會。
- Barry, G. H. and A. A. Van Wyk. 2006. Low-temperature cold shock may induce rind colour development of 'Nules Clementine' mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) fruit. Postharvest Biol. Technol. 40: 82-88.
- Carmona, L., L. Zacarias, and M. J. Rodrigo. 2012. Stimulation of coloration and carotenoid biosynthesis during postharvest storage of 'Navelina' orange fruit at 12°C. Postharvest Biol. Technol. 74: 108-117.
- Ladaniya, M. S. 2008. Storage systems and response of citrus fruits. In: Citrus Fruit: Biology, Technology and Evaluation, M. S. Ladaniya (eds). Academic Press pp. 333-373.
- McGuire, R. G. 1992. Reporting of objective color measurements. HortScience 27: 1254-1255.
- Petracek, P. D. and L. Montavo. 1997. The degreening of 'Fallglo' tangerine. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 122: 547-552.
- Sdiri, S., P. Navarro, A. Monterde, J. Benabda, and A. Salvadora. 2012. New degreening treatments to improve the quality of citrus fruit combining different periods with and without ethylene exposure. Postharvest. Biol. Tech. 63: 25-32.

## Effect of Storage Temperature on Coloration of 'Eureka' Lemon (*Citrus limon* L. Burm. F. cv. 'Eureka') Fruits

Hsiao-Ju Lai <sup>1)</sup> Huey-Ling Lin <sup>2)</sup> Ching-Chang Shiesh <sup>3)</sup>

Key words: Temperature, Lemon, Coloration

### Summary

Lemon is one of the most important fruit trees in Taiwan. The cultivation area of lemon has been increasing year by year. Domestic consumption is easily over-saturated during the season, it is important to open overseas market for lemon. Overseas consumers are accustomed to yellow lemons, the tension from over-saturated domestic market may be reduced if long-term storage of green lemons can be established and then sold as yellow lemons. Results from this study indicated that peel color starts to change and turns to yellow-orange at 14 and 28 days of storage at 12°C, respectively. No adverse effect of internal fruit quality was observed after 28 days of storage at 12°C. Degreening failed at a low storage temperature(3°C) and uneven peel color appeared at higher storage temperatures (15, 20°C). In addition, button abscission did not occur and the button remained green when stored at 12°C which is a big advantage for domestic lemon market.

---

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

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

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

Corresponding author.



## 黑芥子酶(Myrosinase, MYR)及表皮特異硫蛋白修飾子(Epithiospecifier modifier, ESM)基因轉殖至青花菜葉綠體之研究

林 泳 伸<sup>1)</sup> 潘 怡 君<sup>2)</sup> 陳 柏 亨<sup>3)</sup> 曾 夢 蛟<sup>4)</sup>

關鍵字：青花菜、葉綠體基因轉移、蘿蔔硫素、代謝工程

**摘要：**蘿蔔硫素 (sulforaphane)具有抑制癌細胞繁殖、防止癌細胞的發展、抗癌細胞轉移等作用。蘿蔔硫素是一種異硫氰酸鹽 (isothiocyanate)，由硫代葡萄糖苷 (glucosinolates)經存在於植物體液泡內的黑芥子酶 (myrosinase, MYR)水解而得，研究同時顯示 ESM (epithiospecifier modifier, 表皮特異硫蛋白修飾子)會促進蘿蔔硫素的生成。我們將攜帶青花菜之 *Myr* 及 *Esm* 基因之蕓苔屬葉綠體轉殖載體 (pMT91t-Esm-Myr-GA)載體，利用基因槍法將其轉移至'綠王'青花菜下胚軸中。再生培植體經 10 ppm spectinomycin 持續篩選，已獲得再生植株。轉殖再生植株葉片之 PCR、RT-PCR 及 qrt-RT-PCR 分析之結果顯示，轉殖之 *Myr* 及 *Esm* 基因已存在於轉殖植株之葉綠體基因組，並表現其 mRNA。

### 前 言

青花菜，學名 *Brassica oleracea* var. *italica*，英名 broccoli，為野生甘藍變種而來，在台灣大多於秋冬裡作栽培 (林，2013)，2016 年台灣青花菜的栽種面積為 1,900 公頃，全年生產總值約為新台幣 13.8 億元，青花菜及花椰菜全年進口總值約為新台幣 7 億元 (農業統計年報，2016)。青花菜營養價值高，含有豐富的維生素 A、C 及礦物質，此外還含有具強效抗癌性能的多種營養成分，如蘿蔔硫素 (sulforaphane)、二吡啶甲烷、類黃酮、多酚類等，且具有抗病毒、抗細菌和抗腫瘤活性等作用，受到消費者的青睞(林，2011)。

---

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝系助理教授。

3) 國立中興大學園藝學系博士班研究生。

4) 國立中興大學園藝系教授，通訊作者。

蘿蔔硫素 (1-異硫氰酸-4-甲磺基丁烷, sulforaphane)是至目前為止所有天然抗癌物質中效力最強、效果最好的活性物質 (Tilaar *et al.*, 2012)，為一種異硫氰酸鹽 (isothiocyanates)，由硫代葡萄糖苷 (glucosinolates)經植物體內黑芥子酶 (myrosinase, MYR)水解所得。在黑芥子酶 (myrosinase, MYR)－硫代葡萄糖苷體 (glucosinolates)系統中，黑芥子酶存在於植物體內一種特化細胞——黑芥子酶細胞中，硫代葡萄糖苷儲存於液胞中，二者分佈呈現區室化隔離 (Pontoppidan *et al.*, 2005)。當植物器官組織受到傷害時，黑芥子酶－硫代葡萄糖苷的區室化被破壞，黑芥子酶催化硫代葡萄糖苷發生水解並釋放相應的物質。黑芥子酶催化硫代葡萄糖苷水解生成葡萄糖和不穩定中間物硫苷配基 (aglycone) (圖 1)；硫苷配基在 ESP (epithiospecifier protein, 上皮硫特異蛋白)存在時，會促使腈類化合物 (nitriles)的產生，抑制蘿蔔硫素的合成 (Matusheski *et al.*, 2006; Williams *et al.*, 2008)；在 ESM (epithiospecifier modifier, 表皮特異硫蛋白修飾子)存在時，會抑制腈類化合物 (nitriles)形成及促進蘿蔔硫素的生成 (Zhang *et al.*, 2006; Ku *et al.*, 2013)。

植物葉綠體基因轉殖具有大量表現轉殖基因、母系遺傳不會造成基因污染、不會有基因靜寂及插入位置效應、合成物質能區間隔離及較細胞核基因轉殖穩定等優點 (Maliga, 2004)。因此本研究將自青花菜分離之 *Myr* 及 *Esm* 基因構築到蕓苔屬葉綠體基因轉殖載體系統，將此二個基因共同轉移至青花菜之葉綠體中，期望在葉綠體中大量表現 *Myr* 及 *Esm* 基因，如此當植物器官組織受到傷害時，即可大量合成蘿蔔硫素。

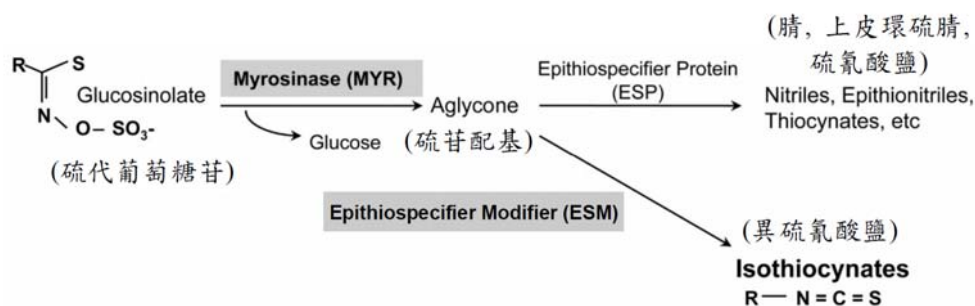


圖 1. 異硫氰酸鹽(包括:蘿蔔硫素)之生合成途徑。(來自: Park *et al.*, 2011)

Fig. 1. Isothiocyanate (include: sulforaphane) biosynthesis pathway. (Source: Park *et al.*, 2011)

## 材料與方法

### 一、轉殖植物材料

#### (一)、基因轉殖植物材料

本試驗以十字花科蕓苔屬蔬菜之'綠王'青花菜 (*Brassica oleracea* L. var. *italica* L. cv. 'Green King') 為葉綠體基因轉殖之試驗材料。無菌播種流程如下，將適量的種子裝於 50 ml 離心管中，加入 70%酒精 (約半滿)，劇烈震盪 1 分鐘後，去除酒精再以無菌水洗滌一

次後，去除無菌水並加入現配混勻之 1.5% 的 Colroox 漂白水，以迴轉式震盪器搖晃 15 分鐘，去除漂白水後以無菌水洗滌五次。將完成滅菌後之種子播於 MS (Murashige and Skoog, 1962) 培養基中 (MS 培養基含有 3% sucrose、400 mg/L MES hydrate、pH 5.7)，放置於 25°C 光週期為 12 小時的生長箱中，培養七至八天後取其下胚軸直立插入培養基中排列於培養基正中央之 2 公分同心圓中，進行基因槍轟擊。

## (二)、葉綠體基因轉殖載體

本試驗轉殖的載體為 pMT91t-Esm-Myr-GA (圖 2)。pMT91t-Esm-Myr-GA 上攜帶有 *PpsbA* 啟動子及 *gus* 報導基因、*Esm* 及 *Myr* 目標基因、*TpsbA* 終結子之操縱組 (operon)，與 *Prrn* 啟動子、*aadA* 篩選基因及 *TpsbA* 終結子，以 *trnA* 及 *trnI* 葉綠體 DNA 為有同源重組的位置。

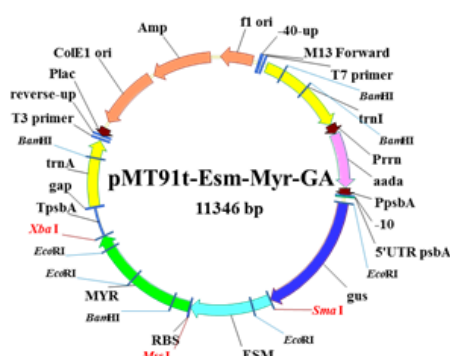


圖 2. 葉綠體轉殖載體 pMT91t-Esm-Myr-G 之基因圖譜。

Fig. 2. Genetic maps of transplastomic vectors pMT91t-Esm-Myr-GA.

## 二、試驗方法

### (一)、基因槍轉殖方法

#### 1. 鹼裂解法質體 DNA 萃取

取單一菌落置於 5 ml LB 培養液中，加入抗生素 (ampicillin) 濃度為 100 ppm，以 37°C 轉速 100 rpm 培養 12-16 小時後，吸取 100 µl 菌液到 100 ml LB 中，添加 100 ppm ampicillin，以 37°C 轉速 100 rpm 培養 12-16 小時後，取菌液置於 50 ml 離心管中以 8,000 rpm 4°C 離心 10 分鐘，除去上清液體。重複兩次後，加入 10 ml solution I (alkaline lysis) vortex 直到菌體被充分懸浮，加入 15 ml solution II (alkaline lysis) 上下混勻 2 分鐘，置於冰上 3 分鐘，以最高速 (12,000 rpm) 4°C 離心 30 分鐘去除上清液，加入 10 ml 70% 酒精將 pellet 旋起，以最高速 (12,000 rpm) 4°C 離心 30 分鐘去除上清液，離心 30 分鐘，取上清液以濾紙過濾至於新的 50 ml 離心管中，加入等體積 isopropanol 混勻後室溫下靜置 20 分鐘，最高速 (12,000 rpm) 4°C 離心 20 分鐘去除上清液，加入 10 ml 70% 酒精將 pellet 旋起，以最高速 (12,000 rpm) 4°C 離心 10 分鐘去除上清液，加入 500 µl TE buffer 回溶 pellet 加入 RNase A



使終濃度為 10 mg/ml，37°C 水浴槽培養 1 小時後，取 1 µl 跑膠確認 RNA 已消除。再分裝至 1.5 ml 離心管中加入等體積量的 phenol/ chloroform/isopropanol (24 : 25 : 1) vortex 15 分鐘後，最高速 (15,000 rpm) 4°C 離心 10 分鐘，取上清液加入等體積量的 phenol/isopropanol (24 : 1) vortex 5 分鐘，最高速 (15,000 rpm) 4°C 離心 10 分鐘取上清液，加入 2 倍體積的絕對酒精與 0.1 倍的 3M NaOAc 混勻後，放進 -70°C 冰箱 20 分鐘沉澱，最高速離心 (15,000 rpm) 4°C 20 分鐘，去除上清液體，加入 10 ml 的 70% 酒精後將 pellet 懸起，最高速離心 (15,000 rpm) 4°C 10 分鐘，去除上清液 pellet 以適當的 TE buffer 回溶，稀釋適當倍率的 DNA 跑膠以 image J 軟體進行 DNA 濃度計算，將 DNA 濃度調整至 1 µg/µl，儲存於 4°C 冰箱備用。

#### 2. 金粒子 (0.6 µm gold particle, Bio-Rad) 的滅菌與清洗

秤取 50 mg 金粒子於微量離心管中，加入 1 ml 70% 酒精，高速震盪 2 分鐘後，以 600 g 離心 30 秒去上清，加入 1 ml 無菌水，高速震盪 2 分鐘後，以 600 g 離心 30 秒去上清。重複清洗三次後加入 833 µl 的 50% glycerol，高速震盪 1 分鐘後，均勻分裝成每管 50 µl，儲存於 -20°C 備用。

#### 3. 金粒子披覆轉殖載體 DNA

取由上述步驟的一管 50 µl 清洗過的金粉溶液，加入 5 µl (1 µg/µl) 的轉殖載體 DNA，混合均勻後，慢速加入 50 µl 2.5 M 氯化鈣溶液，均勻混合後再加入 20 µl 0.1 M spermidine (SIGMA)，混合均勻後室溫靜置 10 分鐘。再以 600×g 離心 17 秒鐘後去上清液，加入 150 µl 無水酒精混合均勻後，再以 600×g 離心 17 秒鐘後去上清液，最後加入 55 µl 無水酒精混合均勻。

#### 4. 基因槍轟擊

本實驗以 Bio-Rad 公司所研發的基因槍型號 Biolistic® PDS-1000/He Particle Delivery System 進行基因槍轟擊。首先以 70% 酒精擦拭無菌操作台與基因槍室內，將微載片、壓力膜 (1,100 psi)、鐵網等基因槍耗材以 95% 之酒精潤濕後，將微載片與 macrocarrier holder 組裝完成置於無菌擦手紙上備用，將 spacer rings 與 stopping screen support 組裝後，開啟 UV 燈照射 15 分鐘。將氬氣瓶開啟升壓高至 1,100 psi 以上後開啟真空幫浦，開啟抽氣馬達及基因槍開關後即可準備轟擊。將 10 µl DNA-coated gold particles 均勻塗抹在組裝好的 macrocarrier-macrocarrier Holder 的中心，待金粒子內酒精揮發乾後，將所有基因槍零件組裝至基因槍室內，再將準備之培植體，置於槍口正下方的塑膠盤上，調整微載片與培植體至 6 公分之距離準備轟擊。轟擊時將按下抽真空按鈕使基因槍室內達到 27-28 in Hg，再按下加壓開關引入氬氣累積至 1,100 psi 時便會使壓力膜爆破，將微載片上帶有 DNA 之金粒子轟擊至培植體。轟擊後，卸除真空壓力，取出培植體，待所有培植體轟擊完後，關閉氬氣瓶關，抽真空進行空槍擊發，待壓力表皆為 0 時，鬆開壓力閥，關閉馬達與基因槍。

#### (二)、植株再生、抗生素之篩選、出瓶

轟擊後之培植體於暗室培養 2 天後，將其平貼置於再生培養基一周後，再移至篩選再

生培養基 (再生培養基添加 10 mg/L spectinomycin), 每兩週繼代一次, 直到誘導出芽體後。將芽體切下移入發根培養基 [含有 2.2 g/L Murashige and Skoog medium (Duchefa Biochemie)、0.4 g/L MES hydrate (SIGMA)、15 g/L sucrose (Biochemie MERCK)、0.3 mg/L 1-naphthylacetic acid (MERCK)、8 g/L Agar (USB)、pH 值 5.8], 誘導發根。待誘導出根部且強健後, 移出瓶外定植於混和介質 (泥炭土: 珍珠石: 蛭石 = 8: 1: 1), 先套上塑膠袋保濕, 直到植物健化後移除塑膠袋, 放置溫室栽培。

### (三)、甘藍及青花菜轉殖植株之檢測

#### 1. 聚合酵素鏈鎖反應 (Polymerase chain reaction, PCR) 分析

採用 Thermo Hybrid 儀器進行 PCR 技術增幅目標基因片段以檢測分析載體是否帶有目標基因。以質體 DNA 作為模板, PCR 總反應體積為 25  $\mu$ l, 包含有的 1 倍的 Blend Taq buffer、0.2 mM each dNTP、0.1  $\mu$ M 核酸引子、0.625 U Blend Taq® -Plus- DNA polymerase (TOYOBO), 再以去離子水補滿。置於 DNA 聚合酵素鏈鎖反應器中進行 PCR 反應。各基因偵測方式分述如下:

偵測 *Myr* 基因引子, 5'-GAGGAATGCCAAGAGAACGAGC-3' (*Myr*-1) 及 5'-ACACCCCTCTCCCTGATGACCT-3' (*Myr*-2), 可增幅出 1,331 bp 片段。反應流程為 94°C 10 分鐘, 1 個 cycle; 94°C 30 秒, 55°C 30 秒, 72°C 60 秒, 共進行 35 個 cycles, 最後再進行 72°C 10 分鐘 1 個 cycle。反應完畢後, 取終產物 8  $\mu$ l 於 1% 之洋菜膠上進行電泳分析。

偵測 *Esm* 基因引子, 5'-TGTGAGTGTTCATGGGAGCAC-3' (*Esm*-1) 及 5'-CGACGACG AATAGACGGCTT-3' (*Esm*-2), 可增幅出 1,101 bp 片段。反應流程為 94°C 10 分鐘, 1 個 cycle; 94°C 30 秒, 55°C 30 秒, 72°C 60 秒, 共進行 35 個 cycles, 最後再進行 72°C 10 分鐘 1 個 cycle。反應完畢後, 取終產物 8  $\mu$ l 於 1% 之洋菜膠上進行電泳分析。

偵測部分 *Esm* 基因到 *Myr* 基因的引子, 5'-ACGCTTCTATTCTTGGGGCTCC-3' (*Esm*-3) 及 5'-GCAGCAGAAGCAACACCGAATA-3' (*Myr*-3), 可增幅出 1,104 bp 片段。反應流程為 94°C 10 分鐘, 1 個 cycle; 94°C 30 秒, 55°C 30 秒, 72°C 60 秒, 共進行 35 個 cycles, 最後再進行 72°C 10 分鐘 1 個 cycle。反應完畢後, 取終產物 8  $\mu$ l 於 1% 之洋菜膠上進行電泳分析。

偵測 *gus* 基因引子, 分別為 5'-ATGTGCTGTGCCTGAACCGT-3' (*gus*-3) 及 5'-TTTGCC TCCCTGCTGCGG-3' (*gus*-2), 可增幅出 425 bp 片段。反應流程為 94°C 10 分鐘, 1 個 cycle; 94°C 30 秒, 55°C 30 秒, 72°C 30 秒, 共進行 35 個 cycles, 最後再進行 72°C 10 分鐘 1 個 cycle。反應完畢後, 取終產物 8  $\mu$ l 於 1% 之洋菜膠上進行電泳分析。

偵測 *aadA* 基因引子, 分別為 5'-ATGGCAGAAGCGGTGATCG-3' (*aadA*-1) 及 5'-CTAC CTTGGTGATCTCGCCTTTC-3' (*aadA*-2), 可增幅出 0.8 kb 片段。反應流程為 94°C 10 分鐘, 1 個 cycle; 94°C 30 秒, 55°C 30 秒, 72°C 60 秒, 共進行 35 個 cycles, 最後再進行 72°C 10 分鐘 1 個 cycle。反應完畢後, 取終產物 8  $\mu$ l 於 1% 之洋菜膠上進行電泳分析。

#### 2. 反轉錄聚合酵素連鎖反應 (RT-PCR) 分析

進行 RT-PCR 時以 cDNA 作為模板進行 PCR 工作。偵測各基因之引子及 PCR 反應流程，與上述 (轉殖載體之 PCR 分析) 相同。

3. 即時定量反轉錄聚合酵素連鎖反應 (Quantitative real-time reverse transcriptase polymerase chain reaction, qrt-RT-PCR) 分析

採用 CFX Connect Real-Time PCR Detection System 儀器進行 qrt-PCR，利用的螢光染料為非專一性的 SYBR Green I。取 1  $\mu$ l 的 cDNA 加入含有 0.5  $\mu$ l 的 0.1  $\mu$ M 核酸引子及 10  $\mu$ l iQ™ SYBR® Green Supermix (BIO-RAD)，再以去離子水補滿至 20  $\mu$ l。置於即時定量聚合酶鏈鎖反應器中進行 qrt-PCR 反應。各基因偵測方式分述如下：

偵測 *Actin* 基因引子，5'-CATGTTTACCACCACAGCCG-3' (Myr-4) 及 5'-TCTTCTCG ATGGAGGAGCTGGTT-3' (Myr-5)。反應流程為 95°C 3 分鐘，1 個 cycle；95°C 10 秒，60°C 10 秒，72°C 30 秒，共進行 39 個 cycles。

偵測 *Myr* 基因引子，5'-GATAAGACTGACCAAGCCAGCAGAG-3' (Myr-4) 及 5'-GAAG CCGACTACCCACAATTTCC-3' (Myr-5)。反應流程為 95°C 3 分鐘，1 個 cycle；95°C 10 秒，60°C 10 秒，72°C 30 秒，共進行 39 個 cycles。

偵測 *Esm* 基因引子，5'-CTAGCACCATTGGGTTGCTTACC-3' (Esm-4) 及 5'-CGGACC GATCTTCTCGTTGTG-3' (Esm-5)。反應流程為 95°C 3 分鐘，1 個 cycle；95°C 10 秒，60°C 10 秒，72°C 30 秒，共進行 39 個 cycles。

## 結 果

### 一、青花菜的葉綠體基因轉殖、培植體篩選及誘導再生

本研究之試驗材料是將青花菜的種子無菌播種一週後 (圖 3A) 取其下胚軸，以便進行基因槍轟擊。基因槍轟擊時將青花菜之下胚軸直立排列於培養基中間 2 公分的圓周內 (圖 3B)，進行轟擊。轟擊過後的下胚軸經暗處理兩天後，換至再生培養基培養一週 (圖 3C)，讓傷口癒合。隨後將下胚軸平躺於含有 10 ppm spectinomycin 的再生培養基中進行篩選，並於每兩週更換至含有新的 10 ppm spectinomycin 的再生培養基中，以保持篩選壓力的穩定。

篩選兩週後下胚軸末端會形成較肥大的癒傷組織 (圖 3D)。篩選六週後，下胚軸末端癒傷組織會形成芽體 (圖 3E)，因其 spectinomycin 的作用，導致下胚軸再生成芽時會出現不同程度的白化現象 (圖 3F)。將芽體經過多次長時間篩選，芽體會逐漸褐化死亡，不再有分化生長的現象 (圖 3G)。轉殖成功之培植體在具有 spectinomycin 長期篩選壓力下仍會再生出正常芽體 (圖 3H)。存活的植株則移至不含 spectinomycin 的發根培養基誘導發根 (圖 3I)，約二至四週後，芽體成功分化出健全的根部 (圖 3J)，將發根完全的植株移出瓶外定植於滅菌過的混合介質 (泥炭土：珍珠石：蛭石=3：1：1)，套上塑膠袋保濕 (圖 3K)，待植株健化完全後移除塑膠袋，放置溫室 (圖 3L)。

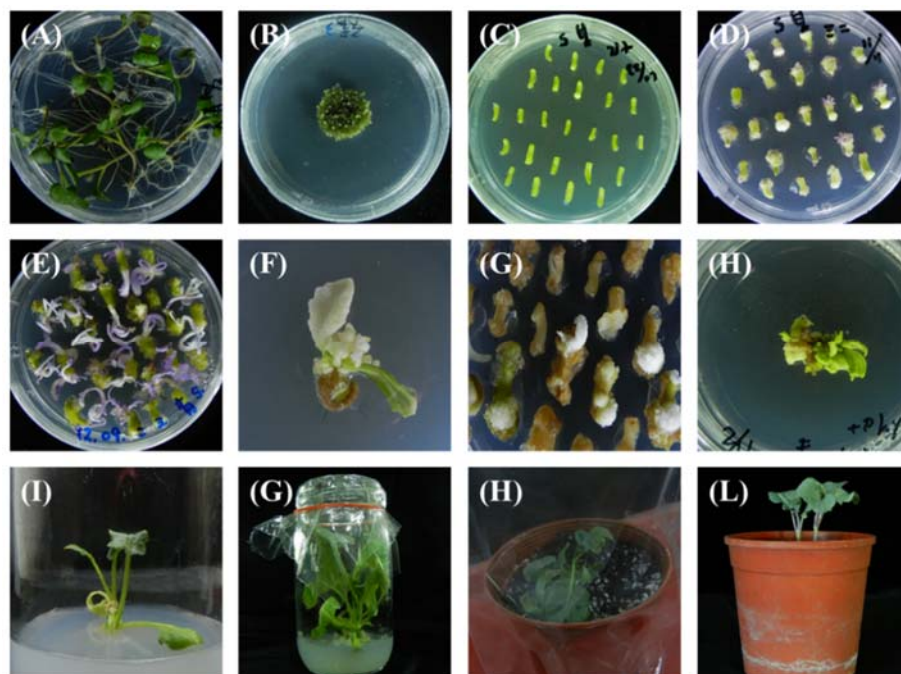


圖 3. '綠王'青花菜下胚軸經基因槍轉移基因、篩選及誘導植株再生之情形。(A) 甘藍種子無菌播種一週後之情形；(B)將無菌播種一週後之甘藍下胚軸排列在 2 cm 的圓周內準備轟擊；(C) 培植體轟擊後暗處理兩天移至再生培養基再生一週之情形；(D) 篩選二週後培植體生長情形；(E) 篩選六週後培植體生長情形；(F) 經過 10 ppm spectinomycin 篩選後植株白化之情形；(G) 篩選十週後，未轉殖成功之培植體逐漸褐化死亡；(H) 在有篩選壓力下，仍正常生長之培植體；(I) 篩選存活之植株移至發根培養基；(J) 芽體分化出完整根部；(K) 再生植株出瓶馴化；(L) 定植於溫室植株。

Fig. 3. Regeneration of transplastomic 'Green King' broccoli from hypocotyls after biolistic bombardment. (A) Broccoli seeds were germinated *in vitro* for 7 days. (B) The hypocotyls were excised from 7-day-old seeding and placed in a circle within a 2 cm radius for biolistic bombardment. (C) After biolistic bombardment, hypocotyls were cultivated in dark for 2 days and then transferred to the regeneration medium for 7 days. (D), (E) Regenerated shoots were subjected to 10 ppm spectinomycin for 2 weeks and 6 weeks, respectively. (F) Bleaching leaves were appeared in non-transplastomic explants after 10 ppm of spectinomycin treatment. (G) After 10 weeks of cultivation, non-transplastomic explants showed chlorosis and bleaching. (H) Vigorous growths were shown in transplastomic plantlets in 10 ppm spectinomycin. (I) Induction of root formation was performed in root-inducing medium. (J) Growth of roots. (K) Putative transplastomic plants were transferred to pot and acclimated for ambient environment. (L) Putative transplastomic broccoli was grown in the greenhouse.

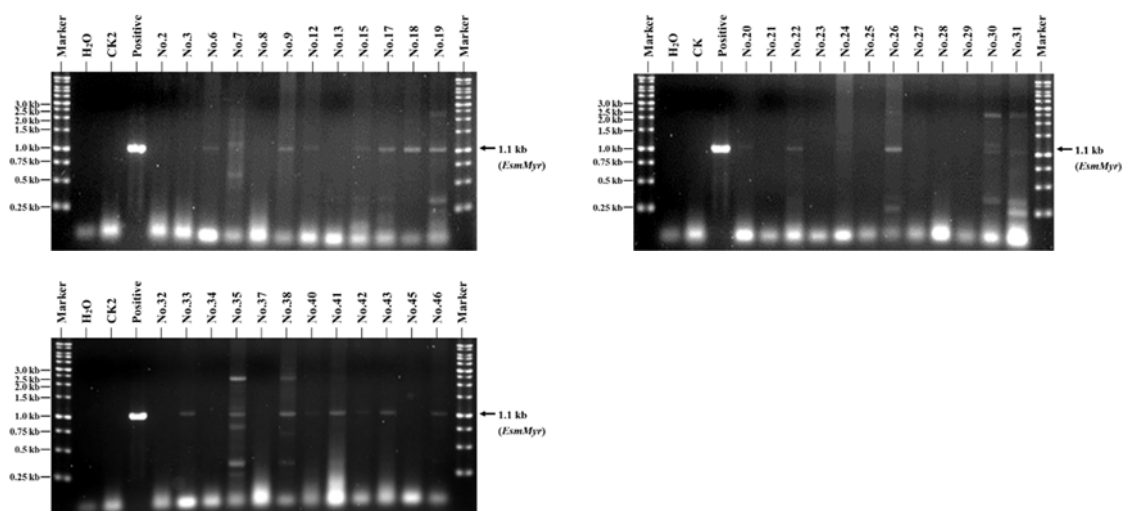
## 二、擬轉殖青花菜植株之基因及表現分析

### (一)、聚合酵素連鎖反應(PCR)分析

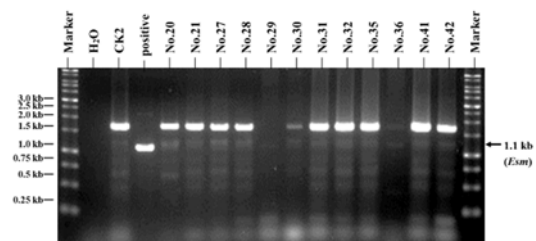
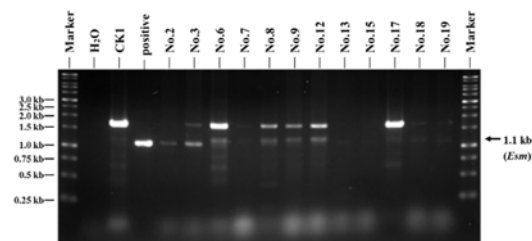
本研究以基因槍轟擊青花菜下胚軸，經 spectinomycin 篩選，誘導植株再生。所得之再生植株，萃取葉片基因組 DNA，分別以 *Esm*、*Myr*、*aadA* 及 *gus* 等之獨特核酸引子進行 PCR 分析，偵測是否帶有 *EsmMyr*、*Esm*、*Myr*、*aadA*、*gus* 等目標基因。PCR 分析結果顯示共獲得 39 株擬轉殖青花菜。

PCR 分析 *EsmMyr* 基因片段結果顯示，39 株擬轉殖青花菜中的 23 株偵測到 1.1 kb 之 *EsmMyr* 基因片段。圖 4A 顯示供試的 36 株轉殖青花菜樣品中有預期 *EsmMyr* 基因片段條帶 (1.1 kb) 的 23 株轉殖植株，未轉殖植株 (CK1、CK2) 則無。分析 *Esm* 基因之結果顯示，39 株擬轉殖青花菜中只有 6 株可偵測到轉殖的 1.1 kb 之 *Esm* 基因，而未轉殖植株 (CK1、CK2) 則無 (圖 4B)。在大部份轉殖青花菜及未轉殖植株都可偵測到另一條條帶亮度很強，約 1.75 kb 的青花菜內源性 *Esm* 基因條帶。分析 *Myr* 基因之結果顯示，39 株擬轉殖青花菜中共有 25 株可偵測到轉殖的 1.3 kb 之 *Myr* 基因，而未轉殖植株 (CK1、CK2) 則無 (圖 4C)。同時在大部份轉殖青花菜及未轉殖植株都可偵測到另二條約 1.5 kb 及 2.3kb 的青花菜內源性 *Myr* 基因。分析 *aadA* 基因之結果顯示，39 株擬轉殖青花菜中的 28 株都可偵測到轉殖的 0.8 kb 之 *aadA* 基因，未轉殖植株 (CK1、CK2) 則無 (圖 4D)。同時在少數轉殖青花菜可偵測到另一條約 0.65 kb 的 *aadA* 基因條帶，而轉殖載體 (positive control) 及未轉殖植株 (CK3) 則無。

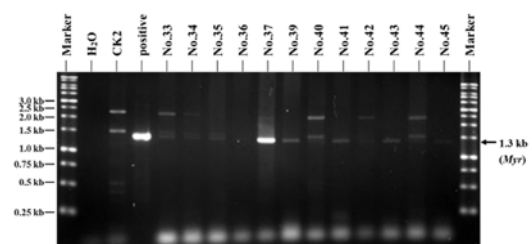
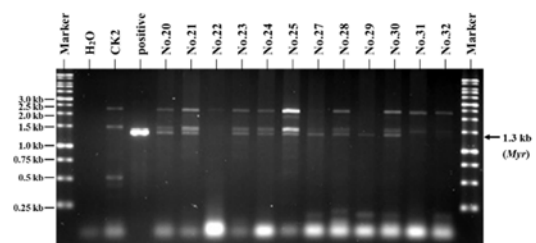
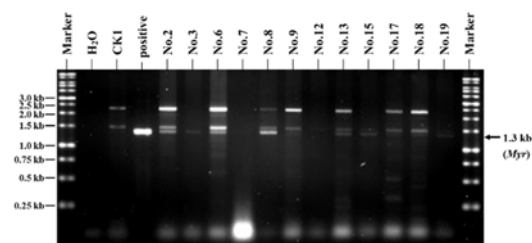
#### (A) *EsmMyr* 基因片段



(B) *Esm* 基因



(C) *Myr* 基因



(D) *aadA* 基因

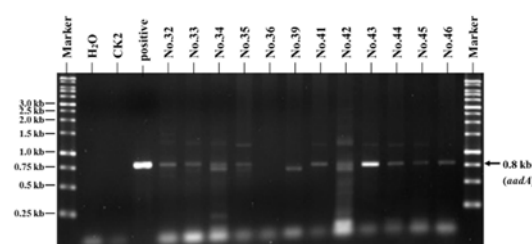
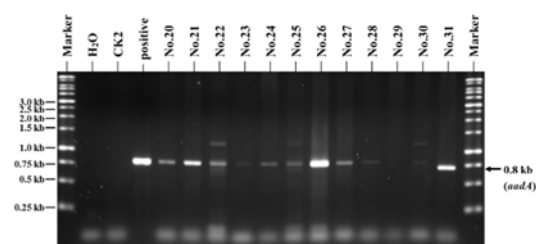
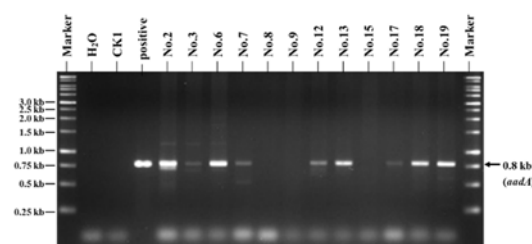


圖 4. 以擬轉殖青花菜葉片之 DNA 為模板，使用 Esm-3/Myr-3 (A)、Esm-1/Esm-2 (B)、Myr-1/Myr-2 (C)、aada-1/aada-2 (D) 核酸引子進行聚合酵素連鎖反應之產物，以電泳膠片分析 *EsmMyr* 基因片段 (1.1 kb) (A)、*Esm* (1.1 kb) (B)、*Myr* (1.3 kb) (C)、*aadA* (0.8 kb) (D) 基因的情形。CK1、CK3：未轉殖青花菜。Positive: pMT91t-Esm-Myr-GA。

Fig. 4. PCR analysis of *EsmMyr* fragment (A), *Esm* (B), *Myr* (C), and *aadA* (D) genes in putative transplastomic broccoli. The parts of *EsmMyr* (1.1 kb) (A), *Esm* (1.1 kb) (B), *Myr* (1.3 kb) (C), and *aadA* (0.8 kb) (D) gene sequences were amplified from plant DNAs using primers Esm-3/Myr-3, Esm-1/Esm-2, Myr-1/Myr-2, and aada-1/aada-2, respectively, and analyzed by electrophoresis. CK1 CK2: un-transformed broccoli. Positive: pMT91t-Esm-Myr-GA.

#### (二)、反轉錄聚合酵素連鎖反應 (RT-PCR) 分析轉殖青花菜植株

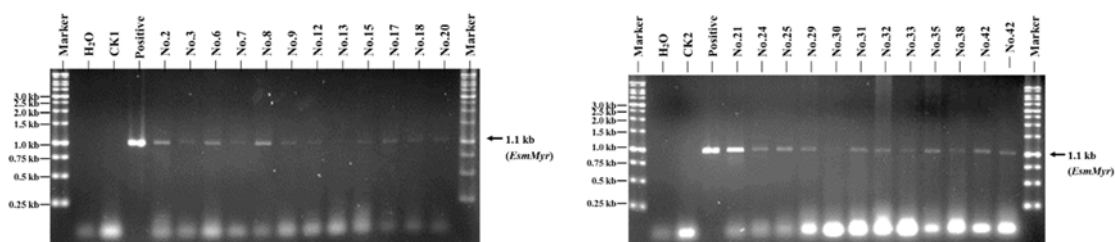
RT-PCR 分析 *EsmMyr* 片段之 mRNA 結果顯示，39 株擬轉殖青花菜中有 24 株可偵測到轉殖的 1.1 kb 之 *EsmMyr* 片段之 mRNA，而未轉殖植株 (CK1、CK2) 則無 (圖 5A)。分析 *Esm* 基因片段結果顯示，39 株擬轉殖青花菜中的 27 株都可偵測到 1.1 kb 之 *Esm* mRNA。圖 5B 顯示供試的 24 株轉殖青花菜樣品均可偵測到預期 *Esm* mRNA (1.1 kb)，未轉殖植株則無 (CK1) 或條帶亮度極微弱 (CK2) (圖 5B)。同時在部份轉殖青花菜可偵測到另一條約 1.8 kb 的 *Esm* mRNA，而轉殖載體 (positive control) 及未轉殖植株 (CK1、CK2) 則無。分析 *Myr* mRNA 結果顯示，39 株擬轉殖青花菜中的 27 株都可偵測到 1.3 kb 之 *Myr* mRNA。圖 5C 顯示供試的 24 株轉殖青花菜樣品均可偵測到預期 *Myr* mRNA (1.1 kb)，未轉殖植株則無 (CK1、CK2)。分析 *aadA* mRNA 結果顯示，39 株擬轉殖青花菜中有 28 株可偵測到 0.8 kb 之 *aadA* mRNA。圖 5D 顯示供試的 23 株轉殖青花菜樣品中有 22 株可偵測到轉殖的 0.8 kb 之 *aadA* 基因，而未轉殖植株 (CK1、CK2) 則無 (圖 5D)。分析 *gus* 片段之 mRNA 結果顯示，39 株擬轉殖青花菜中有 20 株可偵測到轉殖的 0.43 kb 之 *gus* mRNA，而未轉殖植株 (CK3) 則無 (圖 8E)。

#### (三)、即時定量反轉錄聚合酵素連鎖反應 (qRT-PCR) 分析轉殖青花菜植株

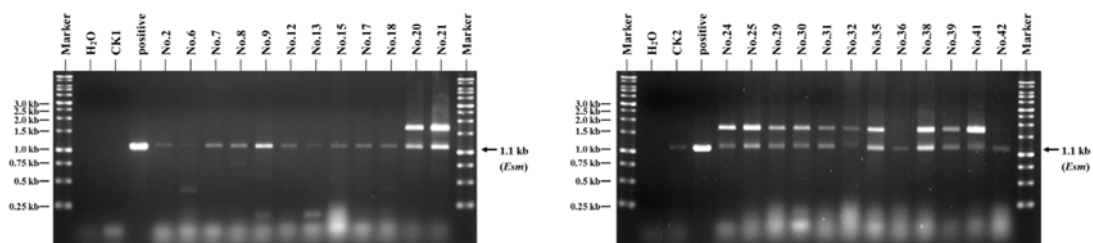
以 qRT-PCR 分析擬轉殖青花菜 *Esm* 及 *Myr* 基因的相對表現量，其結果如圖 9 所示。於 39 株擬轉殖青花菜中 *Esm* 基因的表現量最高者依序為 No.7 (為對照組的 68.4 倍)、No.36 (49.5 倍)、No.15 (31.2 倍)，其次為 No.31 (19.5 倍)、No.38 (17.2 倍)、No.16 (14.8 倍)、No.35 (14.8 倍)、No.45 (14.8 倍)、No.24 (14.4 倍)、No.32 (12.5 倍)、No.27 (12.4 倍)、No.43 (11.7 倍)、No.19 (10.2 倍)，再其次為 No.6 (9.8 倍)、No.29 (9.7 倍)、No.8 (9.5 倍)、No.39 (9.0 倍)、No.42 (8.7 倍)、No.2 (8.4 倍)、No.12 (7.5 倍)、No.37 (6.3 倍)、No.3 (4.4 倍)、No.17 (4.4 倍)、No.28 (3.4 倍)、No.30 (3.1 倍)、No.46 (2.6 倍) 等共 26 株轉殖青花菜植株。*Myr* 基因的表現量最高者依序為 No.43 (為對照組的 673.9 倍)、No.42 (358.5 倍)、No.36 (253.3

倍)、No.32 (184.6 倍)、No.16 (108.5 倍)、No.31 (103.8 倍)、No.35 (91.7 倍)、No.27 (71.0 倍)、No.38 (51.0 倍)、No.12 (50.6 倍)，其次為 No.15 (47.0 倍)、No.45 (38.4 倍)、No.18 (37.2 倍)、No.23 (37.0 倍)、No.17 (34.3 倍)、No.6 (32.8 倍)、No.37 (31.9 倍)、No.46 (30.8 倍)、No.21 (20.7 倍)、No.13 (20.6 倍)，再其次為 No.2 (18.4 倍)、No.8 (11.3 倍)、No.9 (10.9 倍)、No.40 (10.4 倍)、No.3 (10.3 倍)、No.30 (10.3 倍)、No.34 (6.7 倍)、No.24 (6.0 倍)、No.28 (5.9 倍)、No.20 (4.5 倍)、No.41 (3.7 倍)、No.22 (2.0 倍)等共 32 株轉殖青花菜植株。

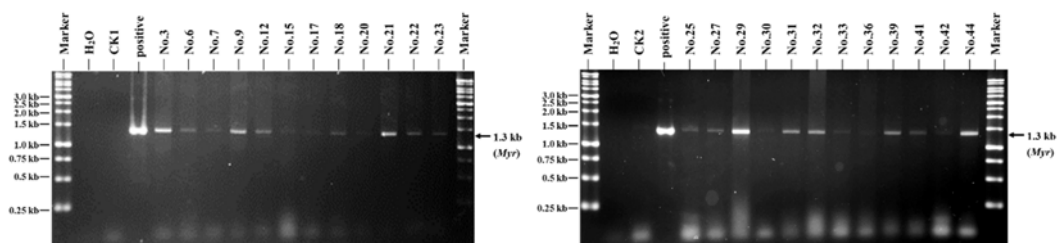
(A) *EsmMyr* 基因片段



(B) *Esm* 基因

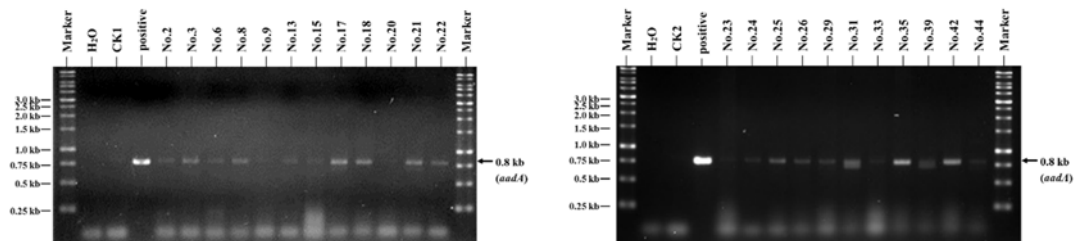


(C) *Myr* 基因





(D) *aadA* 基因



(E) *gus* 基因

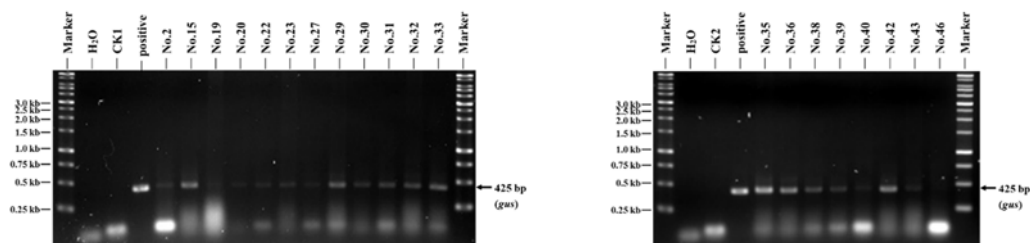


圖 5. 以擬轉殖青花菜葉片之 RNA 反轉錄之 cDNA 為模板，使用 Esm-3/Myr-3 (A)、Esm-1/Esm-2 (B)、Myr-1/Myr-2 (C)、*aada*-1/*aada*-2 (D)、*gus*-3/*gus*-2 (E) 核酸引子進行聚合酵素鏈鎖反應之產物，以電泳膠片分析 *EsmMyr* 基因片段 (1.1 kb) (A)、*Esm* (1.1 kb) (B)、*Myr* (1.3 kb) (C)、*aadA* (0.8 kb) (D)、*gus* (425 bp) (E) 的情形。CK1、CK2：未轉殖青花菜。Positive：pMT91t-Esm-Myr-GA。

Fig. 5. RT-PCR analysis of *EsmMyr* fragment (A), *Esm* (B), *Myr* (C), *aadA* (D), and *gus* (E) mRNA in putative transplastomic broccoli. The parts of *EsmMyr* (1.1 kb) (A), *Esm* (1.1 kb) (B), *Myr* (1.3 kb) (C), *aadA* (0.8 kb) (D), and *gus* (425 bp) (E) mRNA were amplified from plant RNAs by RT-PCR using primers Esm-3/Myr-3, Esm-1/Esm-2, Myr-1/Myr-2, *aada*-1/*aada*-2, and *gus*-3/*gus*-2, respectively, and analyzed by electrophoresis. CK1, C2: un-transformed broccoli. Positive: pMT91t-Esm-Myr-GA.

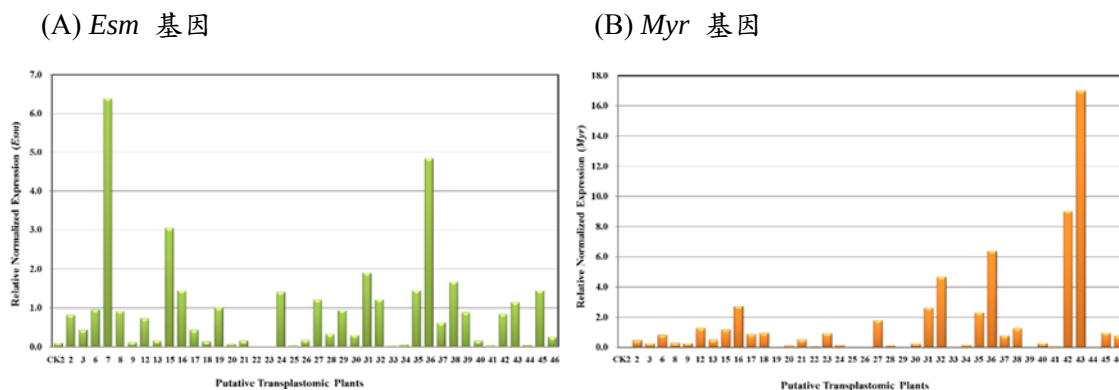


圖 6. 以 qrt-RT-PCR 分析擬轉殖青花菜之 *Esm* (A)及 *Myr* (B)基因之相對表現量。CK2：未轉殖青花菜。

Fig. 6. The relative normalized expression of *Esm* (A) and *Myr* (B) genes in putative transplastic cabbage by qrt-RT-PCR analysis. CK2: un-transformed broccoli.

## 討 論

### 一、聚合酵素連鎖反應分析轉殖植株

經由基因槍葉綠體轉殖後，培植體經過篩選藥劑篩選及誘導再生後，所得之再生植株，萃取葉片基因組 DNA，分別以 *Esm*、*Myr*、*aadA* 及 *gus* 等之獨特核酸引子進行 PCR 分析，偵測是否帶有 *EsmMyr*、*Esm*、*Myr*、*aadA*、*gus* 等目標基因。PCR 分析結果顯示共獲得共獲得 39 株擬轉殖青花菜。

*Myr* 基因是一個複雜的基因家族，在各種十字花科植物中基本分為 4 類，MA、MB 和 MC 以及阿拉伯芥中發現的 TGG1、TGG2、TGG3 基因 (Bones and Rossiter, 1996)。MA 亞族含有 4~5 個基因，MB 亞族所含基因超過 10 個，MC 亞族由 3-4 個基因構成 (Falk *et al.*, 1995)。MA 及 MC 亞族的基因主要在種子中表現，MB 亞族的基因主要在生長發育期表現 (Rask *et al.*, 2000)。阿拉伯芥中發現的 TGG1 與 TGG2 基因 (*Myr*)具有 12 個 exon 與 11 個 intron，此種結構在十字花科植物具有高度保存 (Xue *et al.*, 1995)。油菜中選殖的 *Myr* 基因具有 5 個 exon 與 11 個 intron (Andreasson, *et al.*, 1999)。

本研究將已構築完成的 pMT91t-*Esm-Myr-GA* 載體利用基因槍轟擊的方式，將目標基因轉殖到甘藍及青花菜之下胚軸。*Myr* 及 *Esm* 基因是以 operon 的形式構築。在擬轉殖植株 DNA 的 PCR 檢測，設計目標基因 *Esm* 及 *Myr* 基因的引子，因本試驗中所轉殖的 *Esm* 及 *Myr* 基因皆由'綠王'青花菜本身選殖而來，因此使用目標基因 *Esm* 及 *Myr* 基因的引子時，因為 *Esm* 及 *Myr* 基因都含有多個內含子 (intron)，針對目標基因應會擴增到較大的片段。理想上可以在 PCR 的檢測中同時顯現兩種大小不同的片段，轉殖目標基因的片段及植株

本身含有內含子的基因片段。但因現有的資訊並不知道青花菜 *Esm* 及 *Myr* 目標基因的內含子位置在序列的哪一段，假若引子剛好恆沉兩個外顯子 (exon) 的位置，對 DNA 進行 PCR 時可能會有引子專一黏合不足的情況發生，且造成很多大小不一的片段產生。在本次試驗中，引子的設計上無法理想地呈現的同時有兩種大小不同的目標基因片段。

PCR 分析結果顯示，在轉殖 pMT91t-*Esm*-*Myr*-GA 質體中，有 23 株青花菜擬轉殖株有偵測到 *EsmMyr* 基因，但在各別偵測 *Esm* 及 *Myr* 目標基因時，*Esm* 基因有 6 株，*Myr* 基因有 25 株擬轉殖株。本試驗結果顯示利用三組引子對 (*Esm*-3/*Myr*-3、*Esm*-1/*Esm*-2、*Myr*-1/*Myr*-2) 偵測 *EsmMyr* 基因片段、*Esm*、*Myr* 目標基因，同時被偵測到的機率很低，是不符合預期的。可是利用二組引子對 (*Esm*-1/*Esm*-2、*Myr*-1/*Myr*-2) 偵測 *Esm* 及 *Myr* 目標基因，同時被偵測到的有青花菜有 9 株 (No.2、No.8、No.15、No.18、No.19、No.27、No.28、No.29、No.36)，但有 28 株青花菜擬轉殖株偵測到 *aadA* 基因，亦不符合預期。

在本試驗使用 PCR 偵測中，亦發現有些植株僅出現微弱的訊號，且重覆性不穩定，造成分析上的困擾。進一步推測可能原因為：(1)葉綠體同質率低，因後期無法再以篩選方式使轉殖葉綠體強勢增殖，隨著植株生長，細胞內的未轉殖葉綠體也大量分裂增殖，在不均質的情況下，造成在葉片萃取 DNA 時未能萃取到目標 DNA 或是萃取濃度過低，因而進行 PCR 分析時經過稀釋 DNA 或是添加 DNA 樣品時造成目標基因的缺乏而使後續之檢測難以穩定或是無法偵測；(2)因本試驗所轉殖的質體所選用的啟動子與終結子皆為 *prn* 與 *psbA*，其中又因啟動子片段稍長，較有機會發生啟動子同源重組，使預期出現的目標基因被置換導致基因缺失，造成異常之基因組合 (Iamtham and Day, 2000)；(3)引子設計不良導致檢測的靈敏度降低，且因 *Esm* 及 *Myr* 基因為內源基因，造成轉殖基因與內源基因競爭，使得引子專一黏合度不足，無法使轉殖基因被偵測。

## 二、RT-PCR 分析轉殖植株

基因分析結果發現經過 PCR 檢測分析有目標基因的擬轉殖株，在進行 RT-PCR 分析時，部分擬轉殖株僅出現微弱的訊號或是完全不表現，亦有在 PCR 分析 DNA 層次沒有偵測到目標基因，卻在 RT-PCR 分析 RNA 中被探測到目標基因，這些現象皆不符合預期。推測除了前段敘述的原因外，亦有可能是萃取 RNA 技術不夠純熟，導致 RNA 萃取率極低或是過程中有降解的發生使得 PCR 和 RT-PCR 的結果無法對應。

然而雖然有內源性 *Esm* mRNA 及 *Myr* mRNA 的干擾，但比較轉殖載體 (positive control) 及未轉殖植株的 RT-PCR 產物的訊號 (包括有無及強弱)，顯示利用三組引子對 (*Esm*-3/*Myr*-3、*Esm*-1/*Esm*-2、*Myr*-1/*Myr*-2) 偵測之 1.1 kb 之 *EsmMyr* mRNA、1.1 kb 之 *Esm* mRNA、1.3 kb 之 *Myr* mRNA 是轉殖青花菜所獨特具有轉殖基因所表現的 mRNA。利用三組引子對 (*Esm*-3/*Myr*-3、*Esm*-1/*Esm*-2、*Myr*-1/*Myr*-2) 同時可偵測到 *EsmMyr* mRNA、*Esm* mRNA、*Myr* mRNA 的青花菜有 17 株 (No.3、No.6、No.7、No.9、No.12、No.15、No.17、No.18、No.20、No.21、No.25、No.29、No.30、No.31、No.32、No.41、No.42)。

## 三、qrt-PCR 分析轉殖植株

以 qrt-RT-PCR 分析擬轉殖青花菜之 *Esm* 及 *Myr* 基因的相對表現量，其結果顯示分別有 26 株的 *Esm* 基因及 32 株的 *Myr* 基因的相對表現量較對照組顯著增加。其中 *Esm* 及 *Myr* 基因的相對表現量均顯著增加的擬轉殖青花菜計有 No.36 (*Esm* 49.5 倍、*Myr* 253.3 倍)、No.15 (*Esm* 31.2 倍、*Myr* 47.0 倍)、No.31 (*Esm* 19.5 倍、*Myr* 103.8 倍)、No.38 (*Esm* 17.2 倍、*Myr* 51.0 倍)、No.16 (*Esm* 14.8 倍、*Myr* 108.5 倍)、No.35 (*Esm* 14.8 倍、*Myr* 91.7 倍)、No.45 (*Esm* 14.8 倍、*Myr* 38.4 倍)、No.24 (*Esm* 14.4 倍、*Myr* 6.0 倍)、No.32 (*Esm* 12.5 倍、*Myr* 184.6 倍)、No.27 (*Esm* 12.4 倍、*Myr* 71.0 倍)、No.43 (*Esm* 11.7 倍、*Myr* 673.9 倍)、No.6 (*Esm* 9.8 倍、*Myr* 32.8 倍)、No.8 (*Esm* 9.5 倍、*Myr* 11.3 倍)、No.42 (*Esm* 8.7 倍、*Myr* 358.5 倍)、No.2 (*Esm* 8.4 倍、*Myr* 18.4 倍)、No.12 (*Esm* 7.5 倍、*Myr* 50.6 倍)、No.37 (*Esm* 6.3 倍、*Myr* 31.9 倍)、No.3 (*Esm* 4.4 倍、*Myr* 10.3 倍)、No.17 (*Esm* 4.4 倍、*Myr* 34.3 倍)、No.28 (*Esm* 3.4 倍、*Myr* 5.9 倍)、No.30 (*Esm* 3.1 倍、*Myr* 10.3 倍)、No.46 (*Esm* 2.6 倍、*Myr* 30.8 倍)等，共 22 株轉殖青花菜植株。

上述的 22 株轉殖青花菜植株，均為最適宜的材料，進行分析黑芥子酶 (*Myr*) 酵素活性及表皮特異硫蛋白修飾子 (*Esm*) 特性。待轉殖植株成長穩定後，繁殖大量之同質轉殖葉綠體之甘藍或青花菜後裔，鑑定及分析總硫代葡萄糖苷及蘿蔔硫素含量，方能評估量產轉殖青花菜及甘藍生產蘿蔔硫素之可行性及經濟效益。

## 參 考 文 獻

- 林俊城、吳秋雲、高燦紅、黃科。2011。青花菜硫、硒代謝競爭及其對保健功能的影響研究進展。中國細胞生物學學報 4: 422-432。
- 林經偉。青花菜栽培之土壤及施肥管理。2013。臺南區農業專訊 85: 13-17。
- 行政會農委會。2016。農業統計年報，台北市。
- Andreasson, E., J. Taipalensuu, L. Rask, and J. Meijer, 1999. Age-dependent wound induction of a myrosinase-associated protein from oilseed rape (*Brassica napus*). Plant Molecular Biology 41: 171-180.
- Bones, A. M. and J. T. Rossiter. 1996. The myrosinase-glucosinolate system: its organization and biochemistry. Physiol. Plant. 97: 194-208.
- Falk, A., B. Ek, and L. Rask. 1995. Characterization of a new myrosinase in *Brassica napus*. Plant Molecular Biology 27: 863-874.
- Iamtham, S. and A. Day. 2000. Removal of antibiotic resistance genes from transgenic tobacco plastids. Nat. Biotechnol. 18: 1172-1176.
- Ku, K. M., J. H. Choi, H. S. Kim, M. M. Kushad, E. H. Jeffery, and J. A. Juvik. 2013. Methyl jasmonate and 1-methylcyclopropene treatment effects on quinone reductase inducing

- activity and post-harvest quality of broccoli. PLoS ONE 8(10): e77127. doi:10.1371/journal.pone.0077127.
- Maliga, P. 2004. Plastid transformation in higher plants. Annu. Rev. Plant Biol. 55: 289-313.
- Matusheski, N. V., R. Swarup, J. A. Juvik, R. Mithen, M. Bennett, and E. H. Jeffery. 2006. Epithiospecifier protein from broccoli (*Brassica oleracea* L. ssp. *Italica*) inhibits formation of the anticancer agent sulforaphane. J. Agri. Food Chem. 54: 2069-2076.
- Park, J. H., S. J. Lee, B. R. Kim, E. T. Woo, J. S. Lee, E. H. Han, Y. H. Lee, and Y. D. Park. 2011. Isolation of myrosinase and glutathione S-transferase genes and transformation of these genes to develop phenylethylisothiocyanate enriching Chinese cabbage. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 29(6): 623-632.
- Pontoppidan, B., R. Hopkins, L. Rask, and J. Meijer. 2005. Differential wound induction of the myrosinase system in oilseed rape (*Brassica napus*): contrasting insect damage with mechanical damage. Plant Sci. 168: 715-722.
- Rask, L., E. Andréasson, B. Ekbom, S. Eriksson, B. Pontoppidan, and J. Meijer. 2000. Myrosinase: gene family evolution and herbivore defense in Brassicaceae. Plant Mole. Biol. 42: 93-113.
- Tilaar, W., S. Ashari, B. Yanuwadi, and J. Polii-Mandang. 2012. Synthesis of sulforaphane during the formation of plantlets from broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) *in vitro*. Int. J. Eng. Technol. IJET-IJENS. 12(3): 1-5.
- Williams, D. J., C. Critchley, S. Pun, S. Nottingham, and T. J. O'Har. 2008. Epithiospecifier protein activity in broccoli: The link between terminal alkenyl glucosinolates and sulphoraphane nitrile. Phytochemistry 69: 2765-2773.
- Xue, J., M. Jorgensen, U. Pihlgren, and L. Rask. 1995. The myrosinase gene family in *Arabidopsis thaliana*: gene organization, expression and evolution. Plant Mol. Biol. 27: 911-922.
- Yuan, G. and Q. Wang. 2012. Function of epithiospecifier protein gene from broccoli. J. Zhejiang Univ. Agric. Life Sci. 38(5): 529-534.
- Zhang, Z. Y., J. A. Ober, and D. J. Kliebenstein. 2006. The gene controlling the quantitative trait locus *EPITHIOSPECIFIER MODIFIER1* alters glucosinolate hydrolysis and insect resistance in *Arabidopsis*. Plant Cell 18: 1524-1536.

## Transformation of Myrosinase (MYR) and Epithiospecifier Modifier (ESM) Genes into Broccoli Chloroplast

Yung-Shen Lin <sup>1)</sup>    Yi-Chun Pan <sup>2)</sup>    Po-Heng Chen <sup>3)</sup>    Menq-Jiau Tseng <sup>4)</sup>

Key words: Broccoli, Chloroplast gene transformation, Sulforaphane, Metabolic Engineering

### Summary

Sulforaphane has been found to inhibit proliferation of cancer cells, prevent cancer cells to develop, and anti-metastasis of cancer cells. Sulforaphane is an isothiocyanate which is produced from glucosinolates in myrosinase-catalyzed hydrolysis. Myrosinase (MYR) is physically separated from glucosinolates in intact plant cells. Production of sulforaphane is upregulated by the MYR and ESM (epithiospecifier modifier). *Brassica* chloroplast transformation vector, pMT91t-Esm-Myr-GA, harboring both *myr* and *esm* genes was transferred into the hypocotyls of 'Green King' broccoli *via* biolistic bombardment. Transformed plantlets were selected by 10 ppm spectinomycin. The results of PCR, RT-PCR, and qrt-RT-PCR analysis indicated that the transformed genes were present in the chloroplast genome of transplastomic plants, and expressed its mRNA.

- 
- 1) Student in M.S. program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.
  - 2) Assistant Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.
  - 3) Student in Ph.D. program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.
  - 4) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.



## 果上留葉數及著果位置對西洋南瓜植株生育 及果實品質之影響

梁 桂 嘉<sup>1)</sup> 宋 妤<sup>2)</sup>

關鍵字：西洋南瓜、著果位置、留葉數、可溶性固形物、果重

**摘要：**於溫室內採直立式栽培西洋南瓜 (*Cucurbita maxima* L.)，以'東英'及'小黑'為材料，每株留一果，研究留葉數及著果位置 (H: 16~20 and L: 10~15)對植株及果實生長之影響。於定植後第 65 天調查全株葉面積，高節位留 20 片葉 (H20)於'東英'及'小黑'值分別為 10049 及 17328 cm<sup>2</sup>，顯著最高。'東英'果實體積之變化以授粉後 14-25 天處理間增幅即有明顯差異，兩品種皆以高節位顯著較低節位留果者大。果重上，隨著果節位及果上葉數升高而增加，其中以高節位留 20 片葉 (H20)顯著最高，'東英'及'小黑'值為 915 及 435 g。葉面積果實重量比上，兩品種皆以 L10 顯著最高，值分別為 1.21 及 0.56 kg/m<sup>2</sup>。'東英'總可溶性固形物隨果上葉數升高而增加，以低節位留 20 片葉 (L20)顯著最高、高節位留 20 片葉 (H20)次之，值分別為 12.7%及 12.0%。'小黑'處理間無顯著差異，值在 11.3-13.0%。兩品種推薦果實下 16-20 片葉、果實上 20 片葉，可得到最高之果實產量。

### 前 言

西洋南瓜 (winter squash)於台灣市場泛稱栗南瓜，因其風味與口感極佳，是冬季重要的果菜作物。西洋南瓜生長適溫為 15-29℃，側蔓生長發達，設施內高溫的環境使南瓜營養生長旺盛，若未加以控制常導致葉片與果實生長的競爭，造成落花落果，使植株減產並降低果實品質，但若著果過早則抑制初期葉片提供果實肥大所需的供源 (source)，植株衰弱易感病蟲。

西洋南瓜由於果實累積物質較豐富，著果量受植株長度及環境氣候影響，留果節位與果實和葉片間平衡將決定所生產果實之產量及品質，兩者之平衡受品種特性、果實上留葉

---

1) 國立中興大學園藝學系研究生。

2) 國立中興大學園藝學系教授，通訊作者。



數及留果節位等因子影響。本研究旨在改善西洋南瓜設施內西洋南瓜留果位置與葉數對產量的影響，並進一步分析著果後果實 (sink)與葉片 (source)間動態關係。

## 材 料 與 方 法

### 一、試驗材料

- (一) 供試品種：西洋南瓜'小黑'及'東英'(農友種苗公司)。
- (二) 栽培地點：栽培於中興大學園藝系蔬菜實習場簡易網室內。
- (三) 栽培日期：於 2017 年 2 月上旬至 5 月上旬。

### 二、試驗方法

- (一) 播種及育苗：供試之西洋南瓜種子播於 72 格 PE 方孔穴盤，每格穴盤播 1~2 粒種子。育苗介質以泥炭土 (Bio-Mix Potting substratum 110 B, Tref, The Netherlands)、蛭石 (南海蛭石，南海園藝股份有限公司)及真珠石 (南海珍珠石，南海園藝股份有限公司)8:1:1 比例混拌。育苗於中興大學園藝學系蔬菜室之溫室，子葉展開時施用 1000 倍葉綠精 (15-10-15-2，農友種苗公司)，隔週施用一次，共施用 3~4 次，育苗達兩片本葉定植田間，育苗期間依照植物保護手冊適時防治病蟲害。
- (二) 作畦定植：水平棚架式整枝，行株距 80 × 60 cm，中央走道寬 1.5 m，走道兩側開寬 30 cm 之溝供灌排水用。定植前施用有機肥大自然生技基肥 (福壽實業公司)及台肥 43 號 (15-15-15-4，台灣肥料股份有限公司)為基肥，施用量分別為 15 及 7 kg/m<sup>2</sup>，每種植行約 150 及 60 kg。
- (三) 整枝管理：植株採單蔓整枝，棚架以聚酯鋼線 50 × 50 cm 相交成格狀提供水平之莖蔓固定，高度約 2 m，每植株上方固定一塑膠繩作牽引，塑膠繩下端以扣環或瓜夾固定於植株基部，莖蔓向上生長並以人工旋繞於塑膠繩上 (每節間繞 1-2 圈)，當植株生長至棚架上時，以水平方向誘引莖蔓繼續生長。母蔓上所發生之側芽於長 5-10 cm 時摘除，留果節位子蔓三片葉摘心。
- (四) 授粉留果及採收：於開花期間每日上午 6-9 點進行人工授粉。著果後 5-7 天果實發育至拳頭大小，疏去畸形或停止生長之果實。著果後以塑膠線將植株頂部固定於上端鋼索，避免果實於發育後期因過重使植株滑落。記錄開花至果實成熟採收日數作為採收時之參考。

### 三、處理及調查

- (一) 處理項目：雙因子試驗，著果節位分高 (16-20 節，代號 H)及低 (10-15 節，代號 L)兩處理，果上留葉數則分別為 10、15 及 20 片葉，以株為單位每處理 3 重複，每重複 5 株，共 15 株。於生育初期每品種於每重複標定 4 株進行植株生育情形調查，葉片元素分析取樣至標定植株果實上第 1~3 片葉。
- (二) 調查項目：生育期間每 10 天調查全株葉面積及葉數，果實於授粉後每 5 天調查果實

直徑、果高並計算體積，並於生育全期記錄雌花開放日期及節位，植株及果實採收後調查說明如下：

#### 1. 植株性狀調查

- (1) 始花期：定植至第一朵雌花開所需天數 (days)。
- (2) 著果日數：定植至著果所需天數 (days)。
- (3) 果實發育日數：雌花授粉至果實成熟採收所需天數 (days)。
- (4) 植株鮮重：採果後植株分葉片、葉柄及莖三部分測量，單位為公克 (g)。
- (5) 植株乾重：將植株鮮樣放入牛皮紙袋，以 100℃ 殺菁 1 小時，在以 70℃ 烘乾至重量不再變化為止，所得重量為乾物重，單位為公克 (g)。
- (6) 乾物率：以植株乾重除以植株鮮重，所得之乾物質比例，單位為百分比 (%)。
- (7) 蔓長：植株莖長度 (植株子葉痕處至頂端摘心處之長度)，單位為公分 (cm)。
- (8) 葉片數：計算主蔓子葉上已展開之葉片數量。
- (9) 節數：從子葉處算起至最上已展開葉節位 (或打頂之節位)。
- (10) 節間長：植株之蔓長除以節間數，節間數為節數減 1。
- (11) 葉面積：以 LI-COR 3100A (LI-COR, Lincoln, Neb) 葉面積測定儀測量，葉片剪成 4~6 條狀，分批送入輸送帶，單位為平方公分 (cm<sup>2</sup>)；非破壞性葉面積調查。估算方式參考蕭及劉 (1987) 以葉片中軸 (葉軸) 長度透過回歸關係估算其葉片面積，以定植後 10 天之植株隨機取 45 片葉 (葉軸長 10 cm 以下)，進行葉面積與葉軸長之分析，相關係數 (r) 為 0.9616，決定係數 (R<sup>2</sup>) 為 0.9246；以定植後 30-40 天之植株隨機取 85 片葉 (葉軸長 10 cm 以上)，進行葉面積與葉軸長之分析，相關係數 (r) 為 0.9861，決定係數 (R<sup>2</sup>) 為 0.9723，相關性分析如圖 1、2，計算公式如下：

a. 葉軸長 10 cm 以下 (以測量游標尺，單位為 mm)：

$$\text{葉面積 (cm}^2\text{)} = (\text{葉軸長 (mm)} - 33.371) \div 0.4794$$

b. 葉軸長 10 cm 以上 (以測量皮尺測量，單位為 cm)：

$$\text{葉面積 (cm}^2\text{)} = (\text{葉軸長 (cm)} - 8.6265) \div 0.0189$$

- (12) 葉面積果實重量比 (leaf area and fruit weight ratio, LAFR)：根據 Loy (2004) 之建議，以果重 (kg) ÷ 全株葉面積 (m<sup>2</sup>) 進行計算，表示果實與葉片間關係，單位為 kg/m<sup>2</sup>。

#### 2. 果實性狀調查

- (1) 果重：成熟採收後經 10 天後熟之果實重量，單位為公克 (g)。
- (2) 果肉重：果實剖半以湯匙去除胎座及種子後之重量，單位為公克 (g)。
- (3) 果實高、寬：果實縱剖，測量果實高度及寬度，單位為公分 (cm)。
- (4) 果腔高、寬：果實縱剖後，測量果實內胎座之高度及寬度，單位為公分 (cm)。
- (5) 果實寬高比：以果寬除以果長計算之。

(6) 果肉率 (體積)：以果肉體積除以果實體積所得之百分比 (%)，果肉體積為果實體積減果腔體積，而果實及果腔體積則以橢圓形體積公式 ( $volumn=abc*\pi*4/3$ )計算之，計算式如下：

$$(a) \text{ 果實體積 (cm}^3\text{)} = \frac{\text{果高(cm)}}{2} \times \frac{\text{果寬(cm)}}{2} \times \frac{\text{果寬(cm)}}{2} \times 3.14159 \times \frac{3}{4}$$

$$(b) \text{ 果腔體積 (cm}^3\text{)} = \frac{\text{果腔高(cm)}}{2} \times \frac{\text{果腔寬(cm)}}{2} \times \frac{\text{果腔寬(cm)}}{2} \times 3.14159 \times \frac{3}{4}$$

(7) 果肉總可溶性固形物 (TSS)：果實縱剖後，剖面切片取 0.5-3 片，約 20-30 g，秤重後加入 4 倍的水打成汁 (稀釋 5 倍)，以糖度計 (PR-101, ATAGO)測量，單位為 $^{\circ}\text{Brix}$  (%)，而讀值乘以 5 為實際果肉之可溶性固形物濃度。

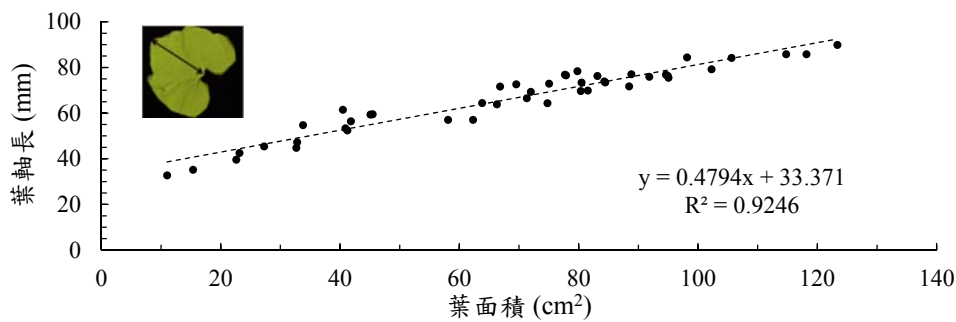


圖 1. 葉軸長 10 cm 以下之葉軸與葉面積相關性分析。

Fig. 1. The correlation analysis of leaf area and length of midrib below 10 cm.

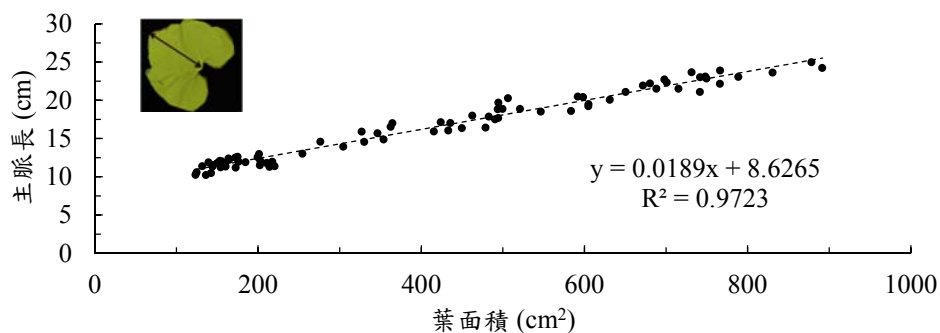


圖 2. 葉軸長 10 cm 以上之葉軸與葉面積相關性分析。

Fig 2. The correlation analysis of leaf area and length of midrib above 10 cm.

#### 四、統計分析

本試驗採完全隨機設計 (Complete randomized design, CRD)，每處理 4 重複，每重複 5 株，處理因子以 SAS 9.4 套裝軟體 (SAS. Institue, Cary NC) 中之 ANOVA (Analysis of Variance) 進行變方分析，再以 Fisher's LSD 進行試驗中平均值之顯著性分析。

### 結 果

#### 一、留葉數及著果位置對植株營養生長之影響

##### (一)'東英'

以西洋南瓜'東英'進行著果節位 (高節位, H; 低節位, L) 及果上留葉數 (10、15 及 20 片葉) 之試驗，比較處理對植株及果實生長之影響，結果如圖 3 所示。'東英'全株葉面積方面，於定植後 11-45 天為緩慢生長期，增幅在 14%-30% 間。定植後 50 天處理間開始出現差異，於第 56 天進行調查，處理可分成兩大群，以 H20、L20 及 H15 顯著高於 L10、H10 及 L15，其值分別為 7856、6864、6298、3756、3754 及 3535 cm<sup>2</sup>，而在定植後 65 天各處理差距拉開，以 H20 顯著最高，L20 及 H15 次之，H10、L15 及 L10 顯著較低，其值分別為 10049、7753、7727、3873、3457 及 2962 cm<sup>2</sup>。

不同著果節位及留葉數對'東英'植株生育之影響，如表 1 所示。在葉面積上，兩處理對葉面積皆有極顯著的影響，其中以 H20 顯著最高，L20 及 H15 次之，H10、L15 及 L10 顯著最低，其值分別為 10049、7753、7727、3873、3457 及 2962 cm<sup>2</sup>。著果節位、著果高度皆受著果節位處理之顯著性影響。莖長上，受到著果節位及果上葉數之顯著性影響，莖長隨著著果節位上升而增長，其中以 H20 顯著最高，其次為 H15 及 L20，而 L10 顯著較低，其值分別為 294、250、232 及 123 cm。

##### (二)'小黑'

以西洋南瓜'小黑'進行著果節位 (高節位, H; 低節位, L) 及果上留葉數 (10、15 及 20 片葉) 之試驗，比較處理對植株及果實生長之影響，結果如圖 4 所示。'小黑'西洋南瓜全株葉面積上於定植後 11-45 天葉面積增加緩慢，於定植後 56 天，以 H20 及 H15 顯著最高，值為 11108 及 9709 cm<sup>2</sup>，其次為 L20、L15 及 H10，L10 顯著最低，其值分別為、7758、7749、6790 及 4265 cm<sup>2</sup>。於定植後 65 天，以 H20 顯著最高，其次為 H15、L20、L15 及 H10，而 L10 顯著最低，其值分別為 17328、10621、7758、6990、6790 及 4265 cm<sup>2</sup>。

不同著果節位及留葉數對'小黑'植株生育之影響，如表 2 所示。在葉面積上，著果節位與果上葉數具交感效應，且受兩因子顯著性之影響，其中以 H20 顯著最高，H15 及 L20 次之，而 L10 顯著較低，其值分別為 17328、10621、9244 及 3687 cm<sup>2</sup>，著果節位、著果高度皆受著果節位處理之顯著性影響，且兩處理因子間無交感效應。莖長上，受到著果節位及果上葉數之顯著性影響，並有交感作用，莖長隨著著果節位及留葉數上升而增長，其

中以 H20 顯著最高，其次為 L20 及 H15，而 L10 顯著較低，其值分別為 299、217、211 及 108 cm。

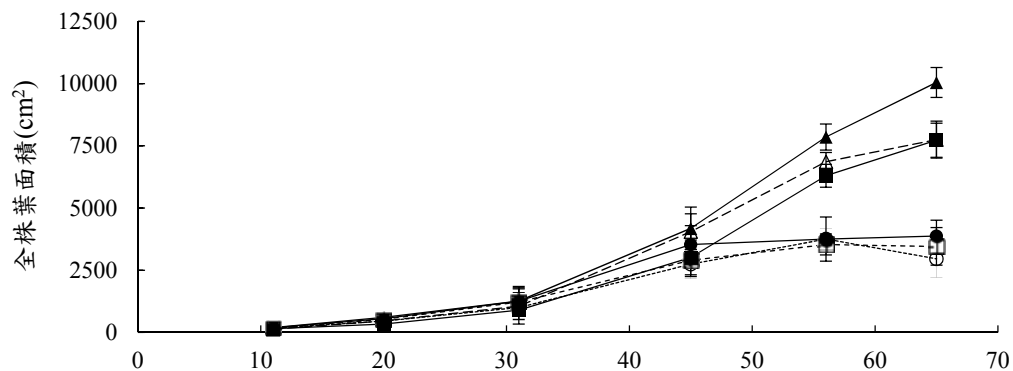


圖 3. '東英'西洋南瓜不同著果節位及果上留葉數對全株葉面積之影響。

Fig. 3. The effect of fruiting site and number of leaves above fruit on leaf area of winter squash 'East elite'

表 1. '東英'西洋南瓜著果節位及果上留葉數對營養生長之影響

Table 1. The effect of fruiting site and number of leaves above fruit on vegetative growth of winter squash 'East elite'

| 著果節位        | 果上葉數 | 葉面積<br>cm <sup>2</sup> /plant | 著果節位<br>No. | 著果高度<br>cm | 莖長<br>cm |
|-------------|------|-------------------------------|-------------|------------|----------|
| 高節位 (H)     | 10   | 3873 c <sup>z</sup>           | 17.7 a      | 84 b       | 170 c    |
|             | 15   | 7727 b                        | 17.5 a      | 87 ab      | 250 b    |
|             | 20   | 10049 a                       | 18.0 a      | 91 a       | 294 a    |
| 低節位 (L)     | 10   | 2962 c                        | 14.3 b      | 61 c       | 123 d    |
|             | 15   | 3457 c                        | 14.5 b      | 62 c       | 157 c    |
|             | 20   | 7753 b                        | 13.0 c      | 51 d       | 232 b    |
| 著果節位        |      | ***                           | ***         | ***        | ***      |
| 果上葉數        |      | ***                           | NS          | NS         | ***      |
| 著果節位 × 果上葉數 |      | *                             | NS          | NS         | NS       |

<sup>z</sup>Mean within the same letters in a column are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

NS, \*, \*\*, \*\*\* means non-significant or significant different at  $p \leq 0.05$ , 0.01, or 0.001, respectively.

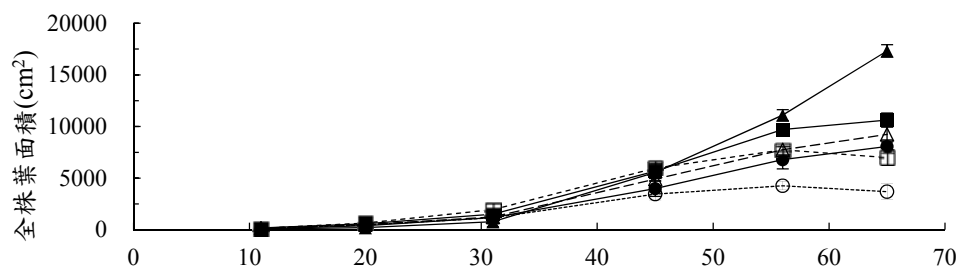


圖 4. '小黑'西洋南瓜著果節位及果上留葉數對全株葉面積之影響。

Fig. 4. The effect of fruiting site and number of leaves above fruit on leaf area of winter squash 'Black lamp'.

表 2. '小黑'西洋南瓜著果節位及果上留葉數對營養生長之影響

Table 2. The effect of fruiting site and number of leaves above fruit on vegetative growth of winter squash 'Black lamp'

| 著果<br>節位    | 果上<br>葉數 | 葉面積<br>cm <sup>2</sup> /plant | 著果節位<br>No. | 著果高度<br>cm | 莖長<br>cm |
|-------------|----------|-------------------------------|-------------|------------|----------|
| 高節位 (H)     | 10       | 8066 cd <sup>z</sup>          | 19.0 a      | 90 a       | 185 c    |
|             | 15       | 10621 b                       | 18.0 a      | 84 a       | 211 b    |
|             | 20       | 17328 a                       | 18.3 a      | 87 a       | 299 a    |
| 低節位 (L)     | 10       | 3687 e                        | 13.0 b      | 43 b       | 108 d    |
|             | 15       | 6990 d                        | 13.3 b      | 46 b       | 177 c    |
|             | 20       | 9244 bc                       | 13.0 b      | 44 b       | 217 b    |
| 著果節位        |          | ***                           | ***         | ***        | ***      |
| 果上葉數        |          | ***                           | NS          | NS         | ***      |
| 著果節位 × 果上葉數 |          | **                            | NS          | NS         | ***      |

<sup>z</sup>Mean within the same letters in a column are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

NS, \*, \*\*, \*\*\* means non-significant or significant different at  $p \leq 0.05$ , 0.01, or 0.001, respectively.

## 二、留葉數及著果位置對果實生育及品質之影響

### (一)'東英'

果實生長體積之變化上，'東英'結果如圖 5 所示。果實體積之變化以授粉後 14-25 天處理間增幅即有明顯差異，以 H15、H20 及 H10 較 L10、L20 及 L15 大，其值分別為 452%、186%、106%、76%、48%及 28%。於授粉後第 25 天果實體積增加緩慢，在授粉後第 56 天

處理間差異最顯著，以 H20 及 H15 顯著較大，其次為 L20、L15、H10 及 L10，其值分別為 594、458、358、302、256 及 208 cm<sup>3</sup>。

處理對'東英'果實品質及生長之影響，結果如表 3 所示。果重方面，其受著果節位及果上葉數之顯著性影響，且兩因子間有交感效應，果重隨著著果節位及果上葉數升高而增加，其中以 H20 顯著最高，H15 及 L20 次之，而 L10 及 L15 顯著最低，其值為 915、665、606、391、359 及 337 g。在果肉重上，與果重具相同之趨勢，兩處理間具顯著之交感效應，並受著果節位及果上葉數之顯著性影響，其中以 H20 顯著最高，H15 次之，再者為 L20，而 H10、L10 及 L15，其值分別為 726、539、411、309、290 及 276 g。在果寬上，兩處理因子間具顯著之交感作用，並受著果節位及果上葉數之顯著性影響，其值隨著著果節位及果上葉數升高而增加，其中以 H20 顯著最高，H15 次之，L10 及 L15 顯著最低，其值為 14.9、13.1、10.8 及 10.2 cm；在果高上，兩處理因子受交感效應影響，並受著果節位及果上葉數顯著性之影響，其中以 H20、H15 及 L20 顯著最高，H10、L15 及 L10 次之，其值分別為 9.2、9.1、8.3、7.6、7.3 及 7.1 cm。體積果肉率上，則兩因子間無交感效應之影響，並受果上葉數之顯著性影響，其中以 H20 顯著最高，L20 次之，L15 及 H15 顯著最低，其值分別為 75.5%、70.5%、65.1%及 63.4%。在總可溶性固形物上，兩處理因子間具交感作用，並受果上葉數之顯著性影響，其值隨果上葉數升高而增加，其中以 L20 顯著最高，H20 次之，再者為 H15 及 L15，而 L10 顯著最低，其值為 12.7%、12.0%、11.3%、11.0%及 10.0%。

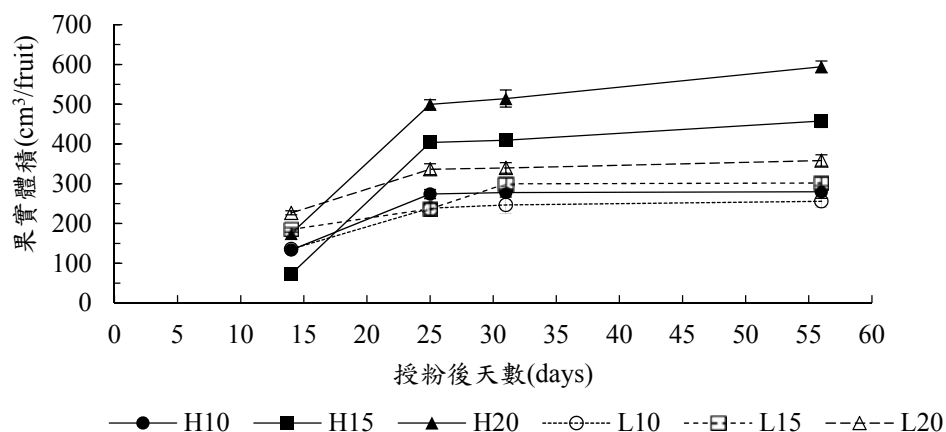


圖 5. '東英'西洋南瓜著果節位及果上留葉數對果實體積之影響。

Fig. 5. The effect of fruiting site and number of leaves above fruit on fruit size of winter squash 'East elite'.

表 3. '東英'西洋南瓜著果節位及果上留葉數對果實生長之影響

Table. 3. The effect of fruiting site and number of leaves above fruit on fruit growth of winter squash 'East elite'

| 著果節位        | 果上葉數 | 果重<br>g            | 果肉重<br>g | 果寬<br>cm | 果高<br>cm | 體積果肉率<br>% | 可溶性固形物<br>°Brix | 著果日數<br>days |
|-------------|------|--------------------|----------|----------|----------|------------|-----------------|--------------|
| 高節位(H)      | 10   | 391 c <sup>z</sup> | 309 d    | 11.0 cd  | 7.6 b    | 66.9 bc    | 10.2 d          | 45.0 b       |
|             | 15   | 665 b              | 539 b    | 13.1 b   | 9.1 a    | 63.4 c     | 11.3 c          | 44.9 b       |
|             | 20   | 915 a              | 726 a    | 14.9 a   | 9.2 a    | 75.7 a     | 12.0 b          | 46.5 a       |
| 低節位(L)      | 10   | 359 c              | 290 d    | 10.8 d   | 7.1 b    | 66.9 bc    | 10.0 d          | 40.1 d       |
|             | 15   | 337 c              | 276 d    | 10.2 d   | 7.3 b    | 65.1 c     | 11.0 c          | 39.8 d       |
|             | 20   | 606 b              | 411 c    | 12.1 bc  | 8.3 ab   | 70.5 b     | 12.7 a          | 41.0 c       |
| 著果節位        |      | ***                | ***      | ***      | **       | NS         | NS              | ***          |
| 果上葉數        |      | ***                | ***      | ***      | *        | ***        | ***             | NS           |
| 著果節位 × 果上葉數 |      | ***                | ***      | NS       | NS       | NS         | *               | NS           |

<sup>z</sup>Mean within the same letters in a column are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.  
NS, \*, \*\*, \*\*\* means non-significant or significant different at p 0.05, 0.01, or 0.001, respectively.

## (二)'小黑'

果實生長體積之變化上，結果如圖 6 所示。果實體積變化同樣以授粉後 14-25 天處理間體積增幅有明顯差異，以 H20、H15 及 H10 較高，而 L20、L10 及 L15 較低，其值分別為 342、285、269、65、38 及 30 cm<sup>3</sup>。授粉後第 25 天果實體積即緩慢增加，處理間於授粉後第 56 天差異最顯著，以 H20 及 H15 顯著最大，L20、L15、H10 及 L10 次之，其值分別為 294、248、211、201、176 及 147 cm<sup>3</sup>。

西洋南瓜'小黑'對果實品質及生長之影響，結果如表 4 所示。果重上值受著果節位及果上葉數之顯著性影響，果重隨著著果節位及留葉數升高而增加，其中以 H20 顯著最高，其次為 H15 及 L15，而 L10 顯著最低，其值分別為 435、363、352 及 205 g。在果肉重上於兩處理因子間無交感之效應，但兩因子有顯著性影響，其中以 H20 顯著最高，H15 及 L15 次之，而 L10 顯著最低，其值分別為 412、305、293 及 170 g。果寬上兩處理因子亦不受交感效應之影響，並受果上葉數之顯著性影響，其值隨果上葉數上升而增加，其中以 H20 及 L20 顯著最高，H15、L15 及 H10 次之，L10 顯著最低，其值分別為 11.8、11.4、10.5、9.7、9.5 及 8.7 cm，果高部分，不受兩處理因子之影響，其值分布在 5.7-7.2 cm 間。體積果肉率上，受著果節位及果上葉數間交感效應之影響，以 L20 顯著較高，再次為 H20 及 H10，而 L15、H15 及 L10 顯著最低，其值分別為 78.1%、74.3%、72.1%、70.7%、71.4% 及 70.3%。總可溶性固形物上，不受著果節位及果上葉數之影響，其值在 11.3~13.0%之間。



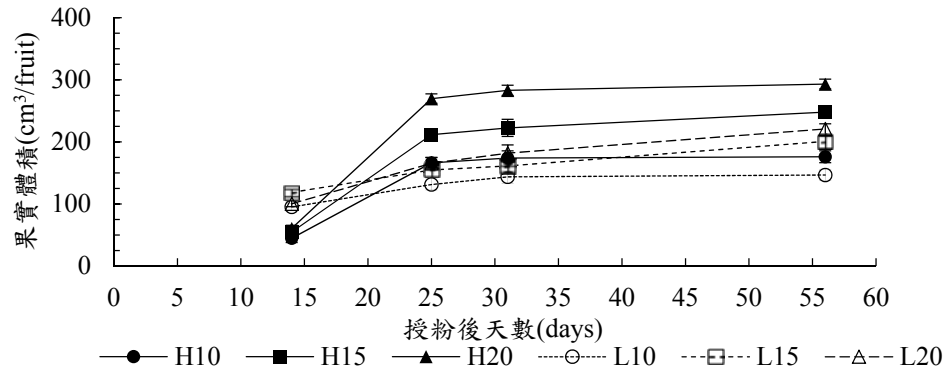


圖 6. '小黑'西洋南瓜著果節位及果上留葉數對果實體積之影響。

Fig. 6. The effect of fruiting site and number of leaves above fruit on fruit size of winter squash 'Black lamp'.

表 4. '小黑'西洋南瓜著果節位及果上留葉數對果實生長之影響

Table 4. The effect of fruiting site and number of leaves above fruit on fruit growth of winter squash 'Black lamp'

| 著果節位        | 果上葉數 | 果重<br>g             | 果肉重<br>g | 果寬<br>cm | 果高<br>cm | 體積果肉率<br>% | 可溶性固形物<br>°Brix | 著果日數<br>days |
|-------------|------|---------------------|----------|----------|----------|------------|-----------------|--------------|
| 高節位(H)      | 10   | 307 bc <sup>z</sup> | 259 bc   | 9.5 bc   | 5.8 b    | 72.1 bc    | 11.3 b          | 46.5 a       |
|             | 15   | 363 b               | 305 b    | 10.5 ab  | 6.4 ab   | 71.4 c     | 12.0 ab         | 45.7 a       |
|             | 20   | 435 a               | 412 a    | 11.8 a   | 7.2 a    | 74.3 b     | 13.0 a          | 45.5 a       |
| 低節位(L)      | 10   | 205 d               | 170 d    | 8.7 c    | 5.7 b    | 70.3 c     | 12.7 ab         | 40.1 b       |
|             | 15   | 280 c               | 232 c    | 9.7 bc   | 6.2 ab   | 70.7 c     | 12.5 ab         | 39.7 b       |
|             | 20   | 352 b               | 293 b    | 11.4 a   | 6.1 ab   | 78.1 a     | 12.3 ab         | 40.7 b       |
| 著果節位        |      | ***                 | ***      | NS       | NS       | NS         | NS              | ***          |
| 果上葉數        |      | ***                 | ***      | ***      | NS       | ***        | NS              | NS           |
| 著果節位 × 果上葉數 |      | NS                  | NS       | NS       | NS       | *          | NS              | NS           |

<sup>z</sup>Mean within the same letters in a column are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

NS, \*, \*\*, \*\*\* means non-significant or significant different at p 0.05, 0.01, or 0.001, respectively.

不同著果節位及果上留葉數處理對葉面積果實重量比的影響，如圖 7A、B，於'東英'西洋南瓜，葉面積果實重量比隨果上留葉數的增加而減少（圖 7A），其中以 L10 顯著最高，其次為 H10、L15、H20 及 H15，而 L20 顯著最低，其值分別為 1.21、1.01、0.98、0.91、0.86 及 0.78 kg/m<sup>2</sup>。於'小黑'西洋南瓜，葉面積果實重量比亦隨果上留葉數的增加而減少（圖 7B），其中以 L10 顯著最高，其次為 L15、H10、H15 及 L20，而 H20 顯著最低，其值分別為 0.56、0.50、0.38、0.34、0.30 及 0.25 kg/m<sup>2</sup>。

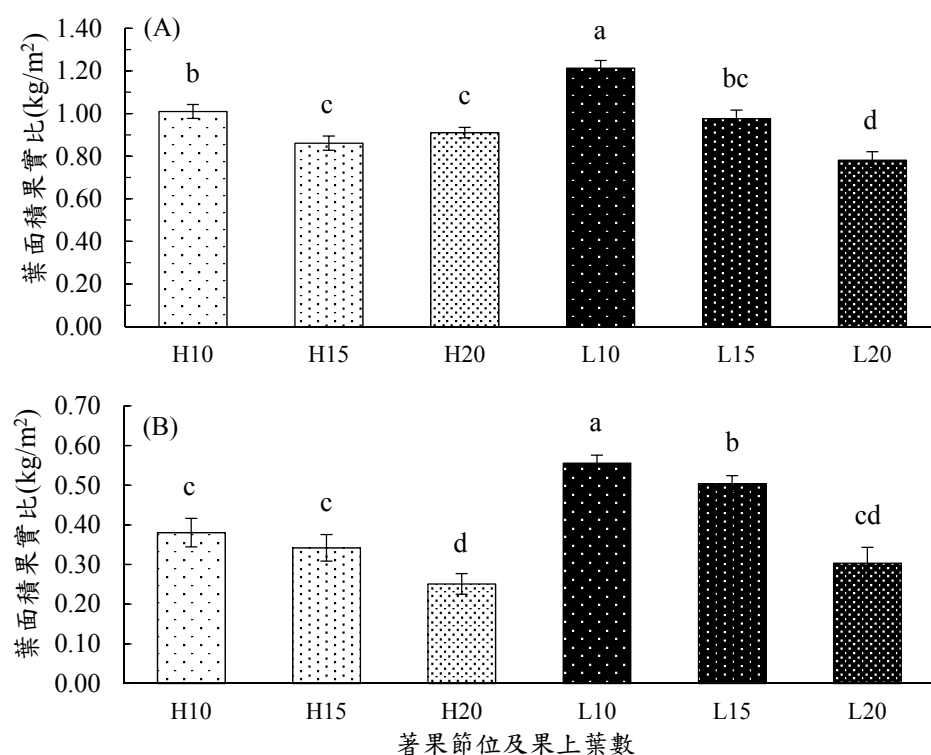


圖 7. 西洋南瓜'東英'(A)及'小黑'(B)著果節位及果上留葉數對葉面積果實重量比之影響。

Fig. 7. The effect of fruiting site and number of leaves above fruit on LAFR of winter squash 'East elite' (A) and 'Black lamp' (B).

## 討 論

南瓜果實中除 90%的水分之外，主要累積物質就是碳水化合物，其於果實內累積的多寡仰賴著葉片（供源）、果實（積儲）及維管束（運輸）三個重要的器官，釐清植株同化物的產生、運輸與累積，能夠有效應用於栽培管理上，提高果實之品質 (Savage *et al.*, 2015)。瓜類果實發育與內容物含量取決於光合產物的累積量，若果上留葉數過多、摘心晚，則葉片同化產物除供應葉肉組織基本生理代謝與生長之維持外，亦需向上供應頂芽及發育中的葉片生長發育，而發生營養與生殖生長的競爭。另外，於固定行距下，果實上若葉片太多，將造成其間相互遮蔭，降低下位葉同化能力，而影響光合產物蓄積並運移至果實，使果實產量減少、品質降低 (莊，2010；黃等，1999)。

兩品種西洋南瓜果實於授粉後 14~25 天為快速生長期，於授粉後第 30 天各處理即無再膨大的現象，其生果實生長亦屬 S 型，此與 McGlasson 及 Pratt (1963)提出之網紋洋香瓜果實生長呈 S 型曲線變化結果相同，此階段亦是節位影響主要發生之時期。試驗中於低節位處理下，其果實體積增加較高節位者緩慢，且果上留 10 片葉之處理果實體積顯著較小，於單果重量上亦有顯著差異，此說明果實之營養累積具階段性，故於授粉後 25 天前為重要之果實膨大階段，應確保其著果位置及果上葉片之供應充足（果上至少 20 片葉），且於該階段應盡可能避免其他器官之養分競爭。在冥戶等 (1992)之洋香瓜  $^{13}\text{C}$  同位元素標定試驗中，說明適當之留果位置將有效的確保葉片養分的分配，其同化物對果實之分配約在 70~90%間，該比例與葉片相鄰果實之位置有關。

西洋南瓜傳統栽培方式多以疏去主蔓上第一朵雌花後即開始留果，其節位在 9-14 節，本研究以'東英'及'小黑'西洋南瓜為材料，了解直立式不同留果位置（10-15 節及 16-20 節）與果實上留葉數（10、15 及 20 片葉）對葉片生長之影響（圖 10-11），可觀察到低節位留果之植株，於定植後第 45 天開始有顯著的營養生長抑制現象，其大略是在低節位雌花授粉後 5 天，故推斷此營養生長的抑制來至於果實膨大的養分競爭，此與 Eischen 等 (1994)甜瓜授粉延遲試驗，著果較早處理之趨勢相同，植株營養生長受果實膨大而停滯，影響未來果實養分的累積。著果節位試驗中（表 3、4），'東英'及'小黑'果實節位於 16-20 節，果上葉數留 20 片可得到顯著最高之單果重、體積果肉率及可溶性固形物含量，此組合下之莖長為 294 cm。提高著果位置增加單果重量之結果，與 Eischen 等 (1994)以露天匍匐式網紋甜瓜為材料，延遲植株授粉後得到之結果相同，然延遲授粉勢必延後果實之採收，拉長田間管理之時間。

在'小黑'之著果節位試驗中，高節位處理下，果上葉數僅需留 15 片即能夠與低節位處理果上留 20 片葉具相同之果重、果肉重及可溶性固形物，故說明果實節位適當的提高能減少果上所需之葉片數量。此現象可以 Barzegar (2013)等在伊朗甜瓜 (Iranian Melon)葉片  $^{13}\text{C}$  標定之試驗進一步解釋，該試驗指出果實之同化物取得，較多比例來至於離果實較近的葉片，而在果實旺盛生長階段該區間葉片同化能力，決定果實養分獲取的效率。如此了

解本試驗中低節位多留葉數之處理，其果實相較於高節位者，因下部葉片老化，且果上所留之葉片又因生殖競爭過早，發育慢來不及供應果實肥大，因此嚴重降低植株生產效率。故在栽培上若留果過早、節位太低，無論果上葉片保留之多少，都將顯著影響植株之生產效率。於高節位留果則因著果位置葉片光合作用能力佳，且避開後期下位葉老化供源減少之問題，可提高植株生產力。

依本研究結果推薦，單蔓單果之整枝栽培下，'東英'及'小黑'於 16-20 節留果，果上留 20 片葉能提高果實產量並維持植株適當之生殖與營養間的平衡，此說明 16-20 節為兩品種西洋南瓜於著果期間壯年葉片分布之區段，果實可獲得相對較多之碳源。

## 參 考 文 獻

- 莊國誌。2010。直立式栽培整枝方式及氯化鈉處理對東方型甜瓜植株生育、果實產量與品質之影響。國立中興大學園藝學系研究所碩士論文。台中。52pp。
- 許芳華、蔡孟貞。2015。加工條件對南瓜中類胡蘿蔔素含量之影響。台灣農業化學。53(3): 72-80。
- 黃賢良、鄭安秀、陳文雄。1999。隧道式洋香瓜栽培管理。台南區農業改良場技術專刊 92: 88-6。
- 冥戶良洋、湯橋 勤、施山紀男、今田成雄。1992。メロン果実への光合成産物の轉流、分配に及ぼす葉位および灌水量の影響。日本園藝學雜誌 60(4): 897-903。
- Barzegar, T., F. W. Badeck, M. Delshad, A. K. Kashi, D. Berveiller, and J. Ghashghaie. 2013. <sup>13</sup>C-labelling of leaf photoassimilates to study the source-sink relationship in two Iranian melon cultivars. Sci. Hort. 151: 157-164.
- Eischen, F. A., B. A. Underwood, and A. M. Collins. 1994. The effect of delaying pollination on cantaloupe production. J. Apic. Res. 33(3): 180-184.
- McGlasson, W. B. and H. K. Pratt. 1963. Fruit set patterns and fruit growth in cantaloupe (*Cucumis melo* L., var. *reticulatis* Naud.). Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 83: 495-505.
- Savage, J. A., D. F. Haines, and N. M. Holbrook. 2015. The making of giant pumpkins: how selective breeding changed the phloem of *Cucurbita maxima* from source to sink. Plant Cell Env. 38(8): 1543-1554.

## The Effect of Different Number Leaves Left Above Fruit and Fruiting Site on Plant Growth and Fruit Quality of Winter Squash (*Cucurbita maxima* L.)

Guei-Jia Liang <sup>1)</sup> Yu Sung <sup>2)</sup>

Key words: Winter squash, Fruiting site, leaves left above fruit, Total soluble solid and fruit weight

### Summary

The vertical trellising of winter squash (*Cucurbita maxima* L.) in greenhouse generally provided fruits with stable yield and quality in Taiwan. The study investigated fruiting site and different number leaves left above fruit. The plant growth and fruit growth of winter squash 'East elite' and 'Black lamp' with different number leaves left above fruit and fruiting site (H: 16-20 and L: 10-15) were examined. Leaf area of plants were surveyed on 65<sup>th</sup> day after planting. The leaf area of high fruiting site and 20 leaves above fruit left (H20) of 'East elite' and 'Black lamp' were significantly raised, their values were 10049 and 17328 cm<sup>2</sup>, respectively. The fruit volume growing rate of 'East elite' was significantly increased on 14-25th day of pollination, and the treatments of high fruiting site were significantly bigger than the treatments of low fruiting site on two cultivars. The fruit weight increased while fruiting site and leaves above fruit increased. The treatment of H20 of two cultivars were significantly high on fruit weight, their values were 915 and 435 g, 'East elite' and 'Black lamp', respectively. The harvest index of L10 of two cultivars increased significantly, their values were 1.21 and 0.56 kg/m<sup>2</sup>, respectively. The TSS content of 'East elite' grew while leaves above fruit increased. The treatment of L20 of TSS content was significantly high and H20 was second, their values were 12.7% and 12.0%, respectively. The TSS content of 'Black lamp' were no significant difference between treatments, their values were within 11.3%-13.0%.

---

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

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University, Corresponding author.

## 稻稈生物炭混合介質培育之甘藍及番茄幼苗 移植後之生育評估

陳 奕 君<sup>1)</sup> 黃 三 光<sup>2)</sup>

關鍵字：稻稈生物炭、育苗介質、甘藍、番茄

**摘要：**育苗試驗結果顯示稻稈生物炭可分別取代 25%及 50%泥炭土培育甘藍及番茄之幼苗。上述幼苗後續之定植試驗結果顯示，含 25%稻稈生物炭混合介質育成之苗所培育之甘藍在結球性狀、硫代葡萄糖苷、抗壞血酸及總可溶性固形物含量皆與泥炭土育成之苗所培育之甘藍無顯著差異。含 50%稻稈生物炭混合介質育成之苗所培育之番茄的植株生長性狀、產量及果實品質皆與由泥炭土育成之苗所培育之番茄無顯著差異。此結果說明稻稈生物炭可以部分取代泥炭土作為甘藍及番茄之育苗介質，且不影響幼苗定植後植株之生育、產量及品質。

### 前 言

水稻為台灣主要糧食作物，一年可收穫兩期，殘餘之稻稈及稻殼則成為農業廢棄物，其中稻稈為台灣最大宗之農業廢棄物，年產量約為 160 萬噸（農業統計資料查詢，2017）。早期隨意棄置或田間焚燒的處理方式造成養分損失及環境污染等問題，近年經政府輔導，發展出稻稈還田、充當覆蓋資材及栽培育苗介質等利用方式（朱，2001）。

生物炭為利用生物質於無氧或低氧環境下裂解，產生之多孔含碳物質（Ahmad *et al.*, 2014），許多研究表明生物炭具有增加微生物族群、吸附污染物及土壤營養元素、減少養分流失等效果，且由於其不易分解的特性，可做為長期固碳之手段。但隨著生物炭原料及燒製過程溫度變化的不同，生物炭產物之養分含量、孔隙度、pH 值及 EC 值等性質差異甚大，因此生物炭之利用需依據原料來源及製作過程而調整。

台灣自 1971 年開始發展穴盤育苗，其中最常使用之栽培介質為泥炭土，但泥炭土生成緩慢，且開採過程造成環境破壞，近年由於泥炭土需求增加及部分開採國家限制開採的

---

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。

政策 (kuisma *et al.*, 2014)，泥炭土價格逐年升高，使得生產成本增加，因此需要尋找能替代泥炭土之介質。

本試驗將稻稈殘株以 350°C 焙燒製成生物炭，並以不同比例與泥炭土混合作為甘藍及番茄育苗介質，培育至適當大小進行性狀調查，再挑選與泥炭土育成之幼苗無顯著差異者進行定植，在採收時調查植株生育性狀、產量及品質，以期能挑選育苗時適當之生物炭替代比例，並確定以生物炭混合介質育苗不影響後續定植之生育。

## 材 料 與 方 法

### 一、試驗材料

#### (一) 試驗介質

1. 泥炭土 (peat moss)：以 Klasmann-Deilmann 公司生產之 Potground H 商用育苗介質 (中纖黑泥炭 90%、白泥炭 10%)。

2. 稻稈生物炭 (straw biochar)：取自農民以慣行農法栽培之水稻稻稈，經風乾後剪裁為約 10 cm 之大小，再以中興大學吳耿東副教授研究室之焙燒爐以 350°C 燒製成生物炭。

(二) 試驗作物：'高峰'甘藍及 'F73-111' 番茄來自農友種苗公司。'高峰'甘藍生育適溫 15-28 °C，球重約 2 kg。'F73-111' 番茄屬停心型品種，生育適溫 15-25°C，果實紅色，單果重約 23 g。

### 二、試驗方法

(一) 混合介質：稻稈生物炭手動粉碎至粒徑 < 1 cm，分別以 0%、25% 及 50% 之體積比與泥炭土混合作為育苗介質。生物炭混合比例之代號說明如表 1。

表 1. 生物炭混合介質試驗之生物炭混合比例及代號說明

Table 1. Treatment description of the peat moss amended with biochar.

| 代號    | 介質及生物炭混合比例                |
|-------|---------------------------|
| CK    | Peat moss (P)             |
| SBC   | Rice straw biochar        |
| 25SBC | P : SBC = 75 : 25 (v : v) |
| 50SBC | P : SBC = 50 : 50 (v : v) |

#### (二) 育苗試驗

混合介質裝填至 128 格 PE 圓形具導根槽之穴盤，每格體積約 19.3 cm<sup>3</sup>，每格播種 3 顆種子，甘藍苗期由 106 年 11 月 4 日至 12 月 13 日，番茄苗期由 105 年 9 月 12 日至 10

月 21 日。甘藍播種後將穴盤堆疊並覆蓋遮陰網進行催芽一天，番茄播種前先行浸種 4 小時，播種後催芽二天，催芽後將穴盤移入中興大學園藝系之溫室進行管理，穴盤擺放以完全隨機設計 (Completely Randomized Design, CRD)，一週後進行疏苗，並於第一片本葉生長後施用花寶 2 號 (HYPONEX, N:P:K = 20:20:20) 稀釋 2000 倍液肥，每週施用 2 次。

### (三) 田間試驗

試驗場地為中興大學葡萄中心溫室，選取與對照組壯苗指數無顯著差異之最大生物炭替代比例所育成之苗，並以 4 週苗齡之幼苗進行定植。甘藍栽培日期由 106 年 12 月 13 日定植至翌年 3 月 23 日採收，行株距為 45 及 70 cm，肥培管理參考蕭及賴 (2010)，以台肥硝基特 43 號有機質複合肥料 (N:P:K = 15:15:15) 及台肥硝基特 1 號有機質複合肥料施用。番茄於 105 年 10 月 21 日定植，採收期為翌年 1 月 13 日至 3 月 17 日，定植行株距為 45 cm 及 75 cm，採單幹整枝，肥培管理參考陳 (2000)，以台肥硝基特 43 號有機質複合肥料 (N:P:K = 15:15:15) 施用。甘藍及番茄皆以溝灌給水。甘藍種植至葉球外葉反捲且觸摸手感硬實，番茄為果實完全轉紅時採收並進行調查。

### (四) 幼苗性狀調查

1. 莖長：測量莖基部至生長點長度，單位為 cm。
2. 莖徑：以游標尺測量子葉下方 1 cm 內之莖部寬度，單位為 cm。
3. 葉面積：以葉面積儀 (LI-COR3100A, LICOR Lincoln Neb.) 測量展開之本葉面積，單位為  $\text{cm}^2$ 。
4. 地上部鮮重：取莖基部以上部分秤重，單位為 g。
5. 地下部鮮重：根部土球經清洗去除介質後，以紙巾輕壓吸乾水分後秤重，單位 g。
6. 地上部乾重：莖基部以上部分放入牛皮紙袋，置於烘箱以 70°C 烘乾 72 小時後秤重，單位為 g。
7. 地下部乾重：將清洗淨之根部放入牛皮紙袋，置於烘箱以 70°C 烘乾 72 小時後秤重，單位為 g。

### (五) 壯苗指數及絕對生長速率 (葛，1987；薛等，2000)

1. 壯苗指數一：地上部乾重/莖長
2. 壯苗指數二：葉面積/莖長
3. 壯苗指數三： $(\text{莖徑}/\text{莖長}) \times \text{地上部乾重}$
4. 壯苗指數四： $[(\text{莖徑}/\text{莖長}) + (\text{地下部鮮重}/\text{地上部鮮重})] \times \text{全株乾重}$
5. 絕對生長速率 (G 值)： $\text{全株乾重} \times 100/\text{生育日數}$

### (六) 甘藍生長及產量品質調查

1. 株寬：測量外葉葉幅寬度，單位為 cm。
2. 莖徑：以游標尺測量土表上 1 cm 內之莖寬，單位為 cm。
3. 外葉數：計算未完全黃化之外葉數。
4. 球橫徑：測量葉球寬度，單位為 cm。



5. 球縱徑：測量葉球高度，單位為 cm。
6. 球周徑：測量葉球周徑，單位為 cm。
7. 球重：測量葉球鮮重，單位為 cm。
8. 元素分析：甘藍葉球剝去反捲葉片後，最外一片葉為葉球第一片葉，取第一片葉經清水洗去表面髒污，再經 1% HCl (聯工)刷洗後以去離子水清洗三次，放入牛皮紙袋以 100℃殺菁 1 小時再以 70℃烘乾 72 小時。乾燥樣品以磨粉機磨粉，裝入硫酸紙袋備用，並於分析前以 70℃烘乾 12 小時。取 0.5 g 樣品放入坩堝以灰化爐灰化，灰化過程先以 200℃加熱兩小時以去除樣品水分，再以 400℃加熱一小時，最後以 550℃加熱兩小時使樣品灰化。灰化後待樣品冷卻加入 5 ml 2 N HCl (Merk)將灰化樣品溶解，溶解樣品以 Whatman NO.42 無灰分濾紙過濾，再以去離子水將坩堝中樣品洗下過濾，濾液定量至 25 ml 製成灰化液。微量元素鐵、錳、鋅、銅直接以灰化液經原子吸收光譜儀 (atomic absorption spectrophotometer, Hitachi Z-2300)測定，單位為 ppm。鉀、鎂以灰化液稀釋 200 倍後經原子吸收光譜儀測定，單位為%。鈣以 0.1 ml 灰化液加入 3.9 ml 去離子水，再加入 1 ml 5% 氧化釧混合均勻後以原子吸收光譜儀測定，單位為%。磷採用鉬黃法(Vanadate-molybdate yellow method)，取 1 ml 灰化液加入 3 ml 去離子水及 1 ml 鉬黃試劑，混合均勻後靜置 10 分鐘，以 Elisa Reader (BGM LABTECH, FLUOstar OmegaΩ, Germany)測量波長 470 nm 之吸光值，單位為%。硼取 0.2 ml 灰化液加入 1.5 ml 塑膠試管，加入 0.4 ml buffer masking reagent，混合均勻後加入 0.2 ml azomethine-H reagent，再次混合均勻並靜置 1 小時，以分光光度計 (Spectrophotometer, Hitachi U-2000)測量波長 420 nm 之吸光值，單位為 ppm。氮以 Micro-Kjeldahl 法測量，精秤 0.2 g 樣品粉末，以 1/4 片 ADVANTEC TOYO 1 號濾紙將粉末包裹，置於分解管中，加入 1 g 催化劑 (Selenium reagent mixture, Merck 8030)，再加入 4.5 ml 濃硫酸 (聯工)並置於分解爐中以 410℃加熱分解，分解期間每半小時取出並轉動分解管將管壁上樣品洗下分解，至樣品呈澄清綠色即為分解完成。取出分解管置於抽氣櫃待冷卻後加入 15 ml 去離子水。將分解液震盪混合均勻後倒入 Micro-Kjeldahl 裝置之燒瓶中，再以去離子水洗下分解管中殘留分解液，燒瓶中加入 20 ml 12N NaOH，通入蒸氣使樣品氨化，並以含指示劑 (19 μM Bromocresol Green 及 25μM Methyl Red)之 2% Boric acid 20 ml 接收氨水及氨氣，至總體積達 50 ml。再以 1/14 N 之 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 滴定，計算樣品含氮百分比，單位為%。
9. 抗壞血酸含量：參考 Nosek (2011)等取樣方式，取甘藍葉球由外至內的第三片葉，秤取 0.5 g，加入 5 ml 偏磷酸萃取液，研磨後以抗壞血酸試紙 (Reflectoquact ascorbic acid test strip, 24-250 mg/L, Merk)沾取樣本，放入反射儀 (RQflex® plus 10 Reflectoquact®, Merck)中測定。
10. 總可溶性固形物：取甘藍葉球第三片葉，其中 0.5 g 測量抗壞血酸含量，剩餘部分以研鉢研磨後經紗布過濾取樣本汁液，使用數位式糖度計 (PR-32 PAL-1 Digital refractometer, Atago, Japan)測量，單位為°Brix。

11. 硫代葡萄糖苷含量：參考柯 (2007)取樣方式，取葉球第二片葉秤取 30 g 以液態氮冷凍固定，保存於-20℃凍箱中，後將冷凍樣品以-40℃、-760 mm-Hg 冷凍乾燥，乾燥樣品再於研鉢中加入液態氮研磨成粉末。秤取 0.2 g 樣品粉末，加入 4 ml 沸騰去離子水，在沸水中以 150 rpm 震盪 30 分鐘，再以 ADVANTEC TOYO 1 號濾紙過濾，並將濾液置於冰塊中備用。取 250  $\mu$ l 濾液加入 2750  $\mu$ l 去離子水稀釋，在將稀釋液通過 0.5 cm Sephadex A25 陽離子交換樹脂，待稀釋液自然通過樹脂後以 3000  $\mu$ l 磷酸緩衝溶液洗過樹脂，收集通過樹脂的緩衝溶液並加入 500  $\mu$ l myrosinase，於 37℃ 水浴中反應過夜。取 0.5 ml 反應後樣品加入 0.5 ml 去離子水及 1 ml glucose assay reagent，於 30℃ 恆溫反應 15 分鐘，測量 340 nm 吸光值並計算硫代葡萄糖苷含量，單位為  $\mu\text{mole}\cdot\text{g}^{-1}\text{ DW}$ 。

#### (七)番茄生長及產量品質調查

1. 株高：土表至停心節位高度，單位為 cm。
2. 節數：子葉以上至停心節位莖部生長節位數。
3. 花序數：停心節位以下花序總數。
4. 結果數：停心節位以下花序結果總數。
5. 總產量：單株番茄果實總重，單位為 g。
6. 硬度：果實於赤道線上取一點，以物性測定儀 (reho meter, Sun Scientific COMPAC-100) 測量該部位硬度。使用直徑 2 cm 之圓形探測頭，測量下壓 5.5 mm 所需之最大重量，單位為 N。
7. 總可溶性固形物：果實置於塑膠袋中敲碎榨汁，經紗布過濾後取果汁以數位式糖度計 (PR-32 PAL-1 Digital refractometer, Atago, Japan) 測量，單位為 °Brix。
8. 可滴定酸：取 1 ml 果汁加入 9 ml 去離子水，再加入 1 滴酚酞做為指示劑，以 0.1N NaOH 滴定至轉色，計算可滴定酸含量比例。

#### 三、統計分析

育苗試驗以完全隨機設計 (Completely randomized design, CRD)，試驗數據以 SAS 套裝軟體 9.1 版 (SAS Institute, Cary, NC) 經 ANOVA (Analysis of variance) 進行變方分析 ( $\alpha = 0.05$ )，以 Fisher's LSD 比較各處理之平均值。田間試驗以完全隨機區集設計 (Randomized complete block design, RCBD)，試驗數據採用 Proc T-Test 進行分析 ( $\alpha = 0.05$ )。

## 結 果

#### 一、稻稈生物炭混合介質對甘藍育苗之影響

以混合介質於 128 格穴盤中進行'高峰'甘藍育苗試驗，育苗四週後針對幼苗生長性狀進行調查。結果顯示在莖徑及莖長皆以對照組最高，分別為 1.59 cm 及 6.56 cm，但兩處理組上述之性狀與對照組皆未達顯著差異。對照組之地上部鮮重為 1.42 g，顯著高於 25SBC

處理組的 1.29 g 及 50SBC 處理組的 1.18 g。地上部乾重方面，對照組為 0.100 g 與 25SBC 處理組之 0.093 g 無顯著差異，而 50SBC 處理組之 0.086 g 則顯著較對照組輕。對照組、25SBC 及 50SBC 處理組之地下部鮮乾重皆無顯著差異。對照組之葉面積為 36.17 cm<sup>2</sup>，與 25SBC 處理組之 33.69 cm<sup>2</sup> 無顯著差異，50SBC 處理組之葉面積為 29.49 cm<sup>2</sup>，與 25SBC 處理組無顯著差異，但顯著低於對照組 (表 2)。

壯苗指數方面三組間皆無顯著差異，絕對生長速率以對照組最高，為 0.35，顯著高於 25SBC 處理組之 0.33 及 50SBC 處理組之 0.31 (表 3)。

表 2. 稻稈生物炭混合介質培育四週之'高峰'甘藍幼苗之生長性狀

Table 2. Growth parameters for cabbage seedlings grown in peat moss amended with or without rice straw biochar.

| 處理<br>Treatments | 莖徑<br>Stem dia.<br>(cm) | 莖長<br>Stem length<br>(cm) | 地上部<br>Shoot |              | 地下部<br>Root  |              | 葉面積<br>Leaf area<br>(cm <sup>2</sup> ) |
|------------------|-------------------------|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------------------|
|                  |                         |                           | 鮮重<br>Fw (g) | 乾重<br>Dw (g) | 鮮重<br>Fw (g) | 乾重<br>Dw (g) |                                        |
| CK <sup>z</sup>  | 1.59 a <sup>y</sup>     | 6.56 a                    | 1.42 a       | 0.100 a      | 0.212 a      | 0.013 a      | 36.17 a                                |
| 25SBC            | 1.51 a                  | 5.06 a                    | 1.29 b       | 0.093 a      | 0.237 a      | 0.014 a      | 33.69 ab                               |
| 50SBC            | 1.38 a                  | 4.43 a                    | 1.18 c       | 0.086 b      | 0.194 a      | 0.012 a      | 29.49 b                                |

z：代號說明參考表 1.

y：Different letters within the same column indicate significant difference in variable means among treatments based on the LSD multiple-range test ( $P < 0.05$ ).

表 3. 稻稈生物炭混合介質培育四週之'高峰'甘藍幼苗之壯苗指數及絕對生長速率

Table 3. Seedling index and absolute growth rate for cabbage seedlings growth in peat moss amended with or without rice straw biochar.

| 處理<br>Treatments | 壯苗指數一<br>Seedlings<br>index 1 | 壯苗指數二<br>Seedlings<br>index 2 | 壯苗指數三<br>Seedlings<br>index 3 | 壯苗指數四<br>Seedlings<br>index 4 | 絕對生長速率<br>Absolute growth<br>rate |
|------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| CK <sup>z</sup>  | 0.0195 a <sup>y</sup>         | 7.07 a                        | 0.031 a                       | 0.053 a                       | 0.35 a                            |
| 25SBC            | 0.0185 a                      | 6.68 a                        | 0.028 a                       | 0.052 a                       | 0.33 b                            |
| 50SBC            | 0.0195 a                      | 6.71 a                        | 0.028 a                       | 0.048 a                       | 0.31 c                            |

z：代號說明參考表 1.

y：Different letters within the same column indicate significant difference in variable means among treatments based on the LSD multiple-range test ( $P < 0.05$ ).

## 二、稻稈生物炭混合介質對番茄育苗之影響

以混合介質於 128 格穴盤中進行 'F73-111' 番茄育苗試驗，育苗四週後針對幼苗生長性狀進行調查。各處理與對照組在莖徑、地上部鮮乾重、地下部鮮乾重及葉面積均無顯著差異。莖長以 25SBC 處理組最大，為 21.23 cm，與 50SBC 處理組之 20.27 cm 無顯著差異，但顯著高於對照組之 19.33 cm (表 4)。

壯苗指數及絕對生長速率在三供試組之間皆無顯著差異 (表 5)。

表 4. 稻稈生物炭混合介質培育四週之 'F73-111' 番茄幼苗之生長性狀

Table 4. Growth parameters for tomato seedlings grown in peat moss amended with or without rice straw biochar.

| 處理<br>Treatments | 莖徑<br>Stem dia.<br>(cm) | 莖長<br>Stem length<br>(cm) | 地上部<br>Shoot |         | 地下部<br>Root |         | 葉面積<br>Leaf area<br>(cm <sup>2</sup> ) |
|------------------|-------------------------|---------------------------|--------------|---------|-------------|---------|----------------------------------------|
|                  |                         |                           | 鮮重           | 乾重      | 鮮重          | 乾重      |                                        |
|                  |                         |                           | Fw (g)       | Dw (g)  | Fw (g)      | Dw (g)  |                                        |
| CK <sup>z</sup>  | 2.31 a <sup>y</sup>     | 19.33 b                   | 1.61 a       | 0.226 a | 0.145 a     | 0.019 a | 39.27 a                                |
| 25SBC            | 2.53 a                  | 21.23 a                   | 1.97 a       | 0.283 a | 0.156 a     | 0.023 a | 44.17 a                                |
| 50SBC            | 2.52 a                  | 20.27 ab                  | 1.93 a       | 0.287 a | 0.144 a     | 0.021 a | 41.10 a                                |

z：代號說明參考表 1.

y：Different letters within the same column indicate significant difference in variable means among treatments based on the LSD multiple-range test ( $P < 0.05$ ).

表 5. 稻稈生物炭混合介質培育四週之 'F73-111' 番茄幼苗之壯苗指數及絕對生長速率

Table 5. Seedling index and absolute growth rate for tomato seedlings growth in peat moss amended with or without rice straw biochar.

| 處理<br>Treatments | 壯苗指數一<br>Seedlings<br>index 1 | 壯苗指數二<br>Seedlings<br>index 2 | 壯苗指數三<br>Seedlings<br>index 3 | 壯苗指數四<br>Seedlings<br>index 4 | 絕對生長速率<br>Absolute<br>growth rate |
|------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| CK <sup>z</sup>  | 0.0075 a <sup>y</sup>         | 2.04 a                        | 0.018 a                       | 0.044 a                       | 0.43 a                            |
| 25SBC            | 0.0074 a                      | 2.10 a                        | 0.019 a                       | 0.048 a                       | 0.47 a                            |
| 50SBC            | 0.0073 a                      | 2.06 a                        | 0.019 a                       | 0.047 a                       | 0.43 a                            |

z：代號說明參考表 1

y：Different letters within the same column indicate significant difference in variable means among treatments based on the LSD multiple-range test ( $P < 0.05$ ).

### 三、稻稈生物炭混合介質應用於甘藍育苗對幼苗定植後生育之影響

依據育苗試驗之結果，選取地上部生長與對照組較無差異的 25SBC 處理組及對照組幼苗進行定植，並於採收時調查生長性狀、結球性狀、葉球營養元素濃度、硫代葡萄糖苷、抗壞血酸及總可溶性固形物含量。生長性狀包括株寬、外葉數及莖徑，在對照組及 25SBC 處理組皆無顯著差異 (表 6)。

結球性狀包括葉球之球橫徑、球縱徑、球周徑及球重，兩者間無顯著差異 (表 7)。抗壞血酸 (Vit. C)、總可溶性固形物 (TSS)及硫代葡萄糖苷含量在對照組及 25SBC 處理組間無顯著差異 (表 8)。

表 6. 稻稈生物炭添加於育苗介質對'高峰'甘藍幼苗定植後生育之影響

Table 6. Growth phenotype of cabbage plants cultivated from transplants grown on peat moss amended with or without rice straw biochar.

| 處理<br>Treatments | 株寬 (cm)<br>Plant width | 外葉數<br>Outer leaf | 莖徑 (cm)<br>Stem diameter |
|------------------|------------------------|-------------------|--------------------------|
| CK <sup>z</sup>  | 74.52±4.09             | 17.25±2.41        | 18.36±2.32               |
| 25SBC            | 73.38±5.93             | 16.63±1.99        | 18.58±2.25               |
| t-test           | 0.3383                 | 0.2402            | 0.6741                   |
| P <sup>y</sup>   | ns                     | ns                | ns                       |

z：代號說明參考表 1.

<sup>y</sup>P from t-test：ns representing non-significant at  $P < 0.05$ .

表 7. 稻稈生物炭添加於育苗介質對'高峰'甘藍幼苗定植後結球之影響

Table 7. Head phenotypes of cabbage plants cultivated from transplants grown on peat moss amended with or without rice straw biochar.

| 處理<br>Treatments | 球橫徑(cm)<br>Head diameter | 球縱徑(cm)<br>Head height | 球周徑(cm)<br>Head circumference | 球重(g)<br>Head fresh Wt. |
|------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| CK <sup>z</sup>  | 17.97±1.61               | 13.54±1.30             | 56.62±4.62                    | 1422.12±325.99          |
| 25SBC            | 17.49±1.73               | 13.64±1.42             | 55.58±4.84                    | 1389.93±337.16          |
| t-test           | 0.2204                   | 0.7352                 | 0.3526                        | 0.4229                  |
| P <sup>y</sup>   | ns                       | ns                     | ns                            | ns                      |

z：代號說明參考表 1

<sup>y</sup>P from t-test：ns representing non-significant at  $P < 0.05$ .

表 8. 稻稈生物炭添加於育苗介質對‘高峰’甘藍幼苗定植後品質之影響

Table 8. Head quality of cabbage plants cultivated from transplants grown on peat moss amended with or without rice straw biochar.

| 處理<br>Treatments      | Vit C<br>(mg/100g) | 總可溶性固形物<br>Total soluble solids<br>(°Brix) | 硫代葡萄糖苷<br>Glucosinolate<br>( $\mu$ mole/g DW) |
|-----------------------|--------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| CK <sup>z</sup>       | 85.80±13.46        | 5.52±0.53                                  | 215.19±39.41                                  |
| 25SBC                 | 83.60±14.60        | 5.56±0.48                                  | 162.36±32.78                                  |
| <i>t</i> -test        | 0.7440             | 0.8909                                     | 0.1488                                        |
| <i>P</i> <sup>y</sup> | ns                 | ns                                         | ns                                            |

z：代號說明參考表 1

<sup>y</sup>*P* from *t*-test：ns representing non-significant at *P*<0.05.

植物之營養元素分為大量及微量元素，本試驗測量的大量元素包括氮、磷、鉀、鎂及鈣，結果顯示，大量元素濃度在兩組間皆無顯著差異（表 9）。本試驗測量之微量元素包括鐵、錳、鋅、銅及硼，其中鐵、錳及銅在兩組間亦無顯著差異，鋅及硼皆以 25SBC 處理組濃度較高，分別為 32.50 ppm 及 47.23 ppm，且與對照組之濃度 27.61 ppm 及 32.76 ppm 達顯著差異（表 10）。

表 9. 稻稈生物炭添加於育苗介質對‘高峰’甘藍幼苗定植後大量元素濃度之影響

Table 9. Macronutrient concentrations of cabbage plants cultivated from transplants grown on peat moss amended with or without rice straw biochar.

| 處理<br>Treatments      | N (%)       | P (%)       | K (%)       | Mg (%)      | Ca (%)      |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| CK <sup>z</sup>       | 3.12 ± 0.19 | 0.51 ± 0.08 | 3.85 ± 0.53 | 0.24 ± 0.04 | 1.01 ± 0.16 |
| 25SBC                 | 3.19 ± 0.16 | 0.54 ± 0.02 | 3.97 ± 0.50 | 0.24 ± 0.03 | 1.03 ± 0.09 |
| <i>t</i> -test        | 0.3801      | 0.2620      | 0.6300      | 1.0000      | 0.7591      |
| <i>P</i> <sup>y</sup> | ns          | ns          | ns          | ns          | ns          |

z：代號說明參考表 1.

<sup>y</sup>*P* from *t*-test：ns representing non-significant at *P*<0.05.

表 10. 稻稈生物炭添加於育苗介質對'高峰'甘藍幼苗定植後微量元素濃度之影響

Table 10. Micronutrient concentrations of cabbage plants cultivated from transplants grown on peat moss amended with or without rice straw biochar.

| 處理<br>Treatments      | Fe (ppm)      | Mn (ppm)      | Zn (ppm)     | Cu (ppm)    | B (ppm)      |
|-----------------------|---------------|---------------|--------------|-------------|--------------|
| CK <sup>z</sup>       | 62.78 ± 12.32 | 52.56 ± 11.80 | 27.61 ± 5.18 | 2.00 ± 0.56 | 32.76 ± 13.1 |
| 25SBC                 | 70.22 ± 9.45  | 53.44 ± 12.46 | 32.50 ± 2.94 | 2.17 ± 0.43 | 47.23 ± 9.45 |
| <i>t</i> -test        | 0.1696        | 0.8634        | 0.0254       | 0.4897      | 0.0161       |
| <i>P</i> <sup>y</sup> | ns            | ns            | *            | ns          | *            |

z：代號說明參考表 1

<sup>y</sup>*P* from *t*-test：ns,\* representing non-significant, significant at *P*<0.05, respectively.

#### 四、稻稈生物炭混合介質應用於番茄育苗對幼苗定植後生育之影響

依據番茄育苗試驗結果，稻稈生物炭可取代 50%泥炭土作為番茄育苗介質，幼苗生長與對照組無顯著差異，因此以 50SBC 處理組與對照組之幼苗進行定植，並於採收時調查植株生長、產量及果實品質。結果顯示，兩組在番茄植株的株高、節數、花序數及結果數皆無顯著差異 (表 11)。50SBC 處理組之果實品質在總可溶性固形物 (TSS)、可滴定酸及硬度皆與對照組無顯著差異 (表 12)。

表 11. 稻稈生物炭添加於育苗介質對'F73-111'番茄幼苗定植後生育及產量之影響

Table 11. Growth phenotype and yield of tomato plants cultivated from transplants grown on peat moss amended with or without rice straw biochar.

| 處理<br>Treatments      | 株高(cm)<br>Plant height | 節數<br>Node   | 花序數<br>Inflorescence | 結果數<br>Fruit | 全株果重<br>Yield (g plant <sup>-1</sup> ) |
|-----------------------|------------------------|--------------|----------------------|--------------|----------------------------------------|
| CK <sup>z</sup>       | 84.40 ± 15.75          | 14.24 ± 1.96 | 3.95 ± 1.40          | 29.67 ± 3.06 | 784.58 ± 82.01                         |
| 50SBC                 | 88.49 ± 16.47          | 14.52 ± 1.95 | 3.73 ± 1.11          | 28.67 ± 0.58 | 732.56 ± 12.22                         |
| <i>t</i> -test        | 0.2660                 | 0.4750       | 0.3960               | 0.6072       | 0.3383                                 |
| <i>P</i> <sup>y</sup> | ns                     | ns           | ns                   | ns           | ns                                     |

z：代號說明參考表 1.

<sup>y</sup>*P* from *t*-test：ns,\*\*\* representing non-significant, significant at *P*<0.001, respectively.

表 12. 稻稈生物炭添加於育苗介質對'F73-111'番茄幼苗定植後果實品質之影響

Table 12. Fruit quality of tomato plants cultivated from transplants grown on peat moss amended with or without rice straw biochar.

| 處理<br>Treatments      | 總可溶性固形物(°Brix)<br>Total soluble solids | 可滴定酸(%)<br>Titratable Acidity | 硬度(N)<br>Hardness |
|-----------------------|----------------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| CK <sup>z</sup>       | 5.21 ± 0.46                            | 0.82 ± 0.12                   | 15.75 ± 0.69      |
| 50SBC                 | 5.20 ± 0.42                            | 0.77 ± 0.10                   | 16.09 ± 0.28      |
| <i>t</i> -test        | 0.8866                                 | 0.1451                        | 0.4737            |
| <i>P</i> <sup>y</sup> | ns                                     | ns                            | ns                |

z：代號說明參考表 1.

<sup>y</sup>*P* from *t*-test：ns,\* representing non-significant, significant at *P*<0.05, respectively.

## 討 論

### 一、稻稈生物炭混合介質對甘藍育苗之影響

稻稈生物炭以體積比 0%、25%及 50%取代泥炭土作為育苗介質，含 25%稻稈生物炭混合介質所培育之幼苗除了地上部鮮重與對照組有顯著差異外，其他生長性狀及壯苗指數與對照組相較並無顯著差異，此試驗結果與楊 (2017)之結果相似，顯示稻稈生物炭可以取代 25%泥炭土充當甘藍之育苗介質 (表 2)。

過去的研究指出以稻稈生物炭取代 25%泥炭土的混合介質中，其 pH 值及 EC 值分別為 5.98 及 2.16 dS m<sup>-1</sup>，而取代 50%泥炭土的混合介質之 pH 值及 EC 值則分別上升至 6.68 及 2.66 dS m<sup>-1</sup>，上述兩種混合介質之 pH 值及 EC 值皆超過甘藍生長適當之 pH 值 (5.5-6.5) 及適當之 EC 值 (<1.8 dS m<sup>-1</sup>) (楊，2011；Shannon and Grieve, 1999)。過高或過低的 pH 值及 EC 值會影響作物養分吸收及根系發展，進而使植株發育受阻，此可能為本試驗中幼苗絕對生長速率隨稻稈生物炭添加比例增加而減少之原因 (表 3)。

### 二、稻稈生物炭混合介質對番茄育苗之影響

本試驗之稻稈生物炭取代泥炭土用於番茄育苗之最大替代比例為 50%，可使幼苗生長與對照組無顯著差異，壯苗指數及生長速率亦無顯著差異 (表 4、5)。

根據楊 (2017)、Maggio 等 (2007)及 Shannon 和 Grieve (1999)的試驗結果，甘藍對 EC 值的耐受性可至 1.8 dS m<sup>-1</sup>，而番茄可至 2.5 dS m<sup>-1</sup>。稻稈生物炭具有較高的 EC 值，隨著泥炭土添加的生物炭比例由 0%增加至 50%，EC 值由 0.86 dS m<sup>-1</sup>上升至 2.66 dS m<sup>-1</sup>，因番茄可適應較高之 EC 值，這可能是造成番茄育苗時稻稈生物炭可有較高之替代比例的原因。

### 三、稻稈生物炭混合介質應用於甘藍育苗對幼苗定植後生育之影響

甘藍外葉為光合作用之器官，而葉球為養分之儲藏器官，外葉發育良好有利光合作用



之進行，才能促使內葉之結球良好 (廖，1993)。過去許多試驗結果顯示，株寬無顯著差異之甘藍，在球橫徑、縱徑及球重方面也無顯著差異，而株寬較小者則上述三者均有減小的趨勢 (張和黃，1994；徐，1995；徐，1997)，本試驗兩供試組在株寬、外葉數、葉球大小及球重皆無顯著差異，與上述研究結果相符 (表 8、9)，另外，總可溶性固形物可作為判斷碳水化合物含量之依據，常作為代表作物品質的參數之一 (許，2004；徐，1995；徐，1997)，而本試驗兩供試組之總可溶性固形物無顯著差異，顯示以稻稈生物炭取代 25% 泥炭土作為甘藍育苗介質不影響甘藍定植後至採收之品質。

甘藍中的抗氧化物質對於人體抵抗退行性疾病 (degenerative disease) 有良好效果，尤其是抗氧化維生素之效果最為顯著 (Singh *et al.*, 2006)，另一方面硫代葡萄糖苷是甘藍中辛辣味的來源，也具有降低癌症風險的效果，因此甘藍的抗氧化物質含量也成為其重要的價值之一。栽培過程的氣候及栽培條件會影響作物抗壞血酸及硫代葡萄糖苷含量 (Lee and Kader, 2000；Ciska *et al.*, 2000)，本試驗之對照組及 25SBC 處理組皆於相同環境及相同時間進行栽培及調查，結果顯示在抗壞血酸及硫代葡萄糖苷含量上，兩組皆無顯著差異，與上述研究結果相符。另外 Sarıkamış (2009) 及 Schonhof 等 (2007) 指出，影響十字花科硫代葡萄糖苷含量的營養元素主要為氮及硫，而本試驗中兩供試組之營養元素濃度僅鋅及硼有所差異，這或許可以解釋為何兩供試組硫代葡萄糖苷的含量並無顯著之差異 (表 8、10)。

營養元素濃度方面，對照組與 25SBC 處理組之大量元素濃度均無顯著差異，微量元素方面以 25SBC 處理組之鋅及硼含量較高，Hajiboland 和 Amirazad (2010) 的研究結果指出，紫甘藍在缺鋅的條件下，有葉片減少、葉面積減少及抗氧化酵素增加的現象，Kusznierewicz 等 (2012) 則指出鋅過量使甘藍抗氧化物質含量增加，Alam (2007) 以不同比例的硼肥進行甘藍栽培試驗，發現過高或過低的硼含量皆會抑制甘藍生長，甘藍葉球硼及鋅適當濃度範圍分別為 20-75 ppm 及 15-200 ppm (陳等，1993)，本試驗兩供試組之硼及鋅濃度皆在甘藍生長適當濃度範圍內，因此兩供試組間此二者雖有濃度高低之差異，但對於生長及結球性狀皆沒有太大之影響 (表 9、10)。

幼苗的品質是影響定植後生育的重要因子，本試驗以稻稈生物炭取代 25% 泥炭土作為甘藍育苗介質，可培育出與以泥炭土培育生長性狀相同之甘藍幼苗 (表 2、3)，且於定植至採收後可獲得相同產量及品質之甘藍 (表 6-10)，顯示稻稈生物炭可以取代 25% 泥炭土作為甘藍之育苗介質。

#### 四、稻稈生物炭混合介質應用於番茄育苗對幼苗定植後生育之影響

本試驗以番茄定植後之株高、節數及花序數作為定植後生長性狀之評估指標，結果顯示對照組 (CK) 與 50SBC 處理組在定植後各生長性狀均無顯著差異 (表 11)。番茄第一花序在苗期本葉 1-2 片時即開始花芽分化，第二、第三花序在 3-4 片本葉展開時開始花芽分化，因此幼苗的生育會影響定植後花序的生長，另外生育期間如有逆境影響，會使番茄花序不連續，減少花序數量 (郭，2002)，本試驗兩供試組皆在相同栽培環境下進行育苗及定植後生長，結果顯示兩供試組之幼苗壯苗指數與定植後生長性狀均無顯著差異 (表 5、

11)，此結果也與上述之敘述相符。結果數及全株果重在兩供試組間無顯著差異，說明稻稈生物炭取代 50%泥炭土作為番茄育苗介質，並不會影響定植後植株結果及產量（表 11）。

番茄果實之總可溶性固形物及可滴定酸含量會影響番茄果實之風味，可溶性固形物與可滴定酸之比值一般做為風味指標，且可滴定酸會在成熟後逐漸降低 (Beckles, 2012)，試驗結果顯示總可溶性固形物及可滴定酸於兩供試組間皆無顯著差異，說明兩組果實風味相近（表 12）。果實由完熟期進入過熟期後逐漸軟化，硬度下降（郭，2002），因本試驗皆於完熟期採收後立刻進行硬度調查，這或許可說明為何兩供試組間果實硬度並無顯著差異（表 12）。

綜合上述，稻稈生物炭可以取代 50%泥炭土可作為番茄育苗介質，育成之幼苗品質、定植後植株生育、果實產量及品質皆與泥炭土育成之苗及定植後植株有相同水準。

## 參 考 文 獻

- 朱海鵬。2001。農業廢棄物共同清除處理機構管理輔導辦法簡介。農政與農情 109: 26-27。
- 柯侑婷。2007。十字花科蔬菜中硫醣苷含量與芥子酶特性之研究。國立台灣大學園藝學系碩士論文。82pp.。
- 徐華盛。1995。施用雞豬糞堆肥對甘藍生長及收量之效應。桃園區農業改良場研究彙報 20: 36-40。
- 徐華盛。1997。微生物發酵堆肥對甘藍產量及品質之影響。桃園區農業改良場研究彙報 30: 34-45。
- 張志因、黃鵬。1994。浸水逆境對小胡瓜及甘藍生長及產量之影響。花蓮區農業改良場研究彙報 10: 69-84。
- 許謙信。2004。菊花葉片之可溶性固形物之變化與老化之關係。台中區農業改良場研究彙報 84: 11-28。
- 郭孚耀。2002。番茄栽培技術。臺中區農業專訊 38: 12-18。
- 陳正次。2000。番茄栽培管理。果菜類蔬菜栽培班課程講義。行政院農業試驗所。28pp.。
- 陳仁炫、郭惠千、林正鏘。1993。作物養分需求及植體分析之分級標準彙集。國立中興大學土壤環境科學系。107pp.。
- 楊秀珠。2011。十字花科蔬菜病蟲害之發生與管理。行政院農委會農業藥物毒物試驗所。58pp.。
- 楊佳晏。2017。稻稈替代育苗介質對甘藍及番茄穴盤苗之影響。國立中興大學園藝系碩士論文。88pp.。
- 葛曉光。1987。果菜壯苗指標研究的概況。中國蔬菜 1: 87。
- 廖芳心。1993。溫度對甘藍結球生理之效應。桃園區農業改良場研究彙報 15: 16-23。
- 蕭政弘、賴文龍。2010。甘藍合理化施肥技術。臺中區農業專訊 69: 21-24。

- 薛佑光、李文汕、張武男。2000。介質對番茄台中亞蔬四號穴盤苗及其定植後初期生育之影響。興大園藝 25: 59-72。
- Alam, M. N. 2007. Effect of boron levels on growth and yield of cabbage in calcareous soils of Bangladesh. Res. J. Agr. Biol. Sci. 3: 858-865.
- Ahmad, M., A. U. Rajapaksha, J. E. Lim, M. Zhang, N. Bolan, D. Mohan, M. Vithanage, S. S. Lee, and Y. S. Ok. 2014. Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: A review. Chemosphere 99: 19-33.
- Beckles, D. M. 2012. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. Postharvest Biol. Technol. 63: 129-140.
- Ciska, E., B. M. Przybyszewska, and H. Kozłowska. 2000. Content of glucosinolates in cruciferous vegetables grown at the same site for two years under different climatic conditions. J. Food Sci. 48: 2862-2867.
- Hajiboland, R. and F. Amirazad. 2010. Growth, photosynthesis and antioxidant defense system in Zn-deficient red cabbage plants. Plant Soil Environ. 56: 209-217.
- Kuisma, E., P. Palonen, and M. Yli-Halla. 2014. Reed canary grass straw as a substrate in soilless cultivation of strawberry. Sci. Hortic. 178: 217-223.
- Kusznierewicz, B., R. Bączek-Kwinta, A. Bartoszek, A. Piekarska, A. Huk, A. Manikowska, J. Antonkiewicz, J. Namieśnik, and P. Konieczka. 2012. The dose-dependent influence of zinc and cadmium contamination of soil on their uptake and glucosinolate content in white cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *alba*). Environ. Toxicol. Chem. 31: 2482-2489.
- Lee, S. K. and A. A. Kader. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Postharvest Biol. Technol. 20: 207-220.
- Maggio, A., G. Raimondi, A. Martino, and S. De Pascale. 2007. Salt stress response in tomato beyond the salinity tolerance threshold. Environ. Exp. Bot. 59: 276-282.
- Nosek, M., E. Suro'wka, S. Cebula, A. Libik, S. Goraj, A. Kornas, and Z. Miszański. 2011. Distribution pattern of antioxidants in white cabbage heads (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *alba*). Acta Phy. Plant 33: 2125-2134.
- Sarıkamış, G. 2009. Glucosinolates in crucifers and their potential effects against cancer: Review. Can. J. Plant Sci. 89: 953-959.
- Schonhof, I., D. Blankenburg, S. Müller, and A. Krumbein. 2007. Sulfur and nitrogen supply influence growth, product appearance, and glucosinolate concentration of broccoli. J. Plant Nutr. Soil Sci. 170: 65-72.
- Shannon, M. C. and C. M. Grieve. 1999. Tolerance of vegetable crops to salinity. Sci. Hortic. 78: 5-38.
- Singh, J., A.K. Upadhyay, A. Bahadur, B. Singh, K.P. Singh, and M. Rai. 2006. Antioxidant phytochemicals in cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*). Sci. Hortic. 108: 233-237.

## Post-transplanting Growth Evaluation of Cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*) and Tomato (*Solanum lycopersicum*) Transplants Cultivated on Rice Straw Biochar Mixed Substrate

Yi-Jun Chen <sup>1)</sup>      San-Gwang Hwang <sup>2)</sup>

key words : Rice straw biochar, Seedling substrate, Cabbage, Tomato

### Summary

Results from transplant growth analysis indicated that rice straw biochar may replace 25% and 50% peat moss as growth substrate for cabbage and tomato transplants, respectively. The growth and head phenotypes, the contents of glucosinolate, ascorbic acid and total soluble solid of cabbage plants cultivated from transplants grown in the substrate mixed with 25% rice straw biochar showed no significant difference compared to those of cabbage plants derived from transplants grown in peat moss. No significant difference was observed in growth phenotype, yield and fruit quality of tomato plants cultivated from transplants grown in the substrate mixed with 50% rice straw biochar compared to those of tomato plants cultivated from transplants grown in peat moss. These results suggested that rice straw biochar may partially replace peat moss as growth substrate for cabbage and tomato transplants without negative effect on subsequent transplant growth, yield and head or fruit quality.

---

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

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

Corresponding author.



## 轉殖 *AP1* 基因至春石斛蘭之研究

董 怡 君<sup>1)</sup> 潘 怡 君<sup>2)</sup> 林 育 聖<sup>3)</sup> 曾 夢 蛟<sup>4)</sup>

關鍵字：春石斛蘭、基因轉殖、調控開花基因、*AP1*

**摘要：***AP1 (APELLATA1)* 基因屬於 MADS-BOX 轉錄因子，功能可歸納為兩類：一為調控花器官形態發育，決定花器分生組織的分化和花器形成。另一功能為調控花序分生組織向花分生組織的轉變，使植株提早開花。本研究利用農桿菌轉殖法，將選殖至水稻之 *OsMADS14 (AP1)* 基因轉殖到石斛'白花一號' (*Dendrobium* 'White No.1') 之擬原球體 (Protocorm-Like Body, PLB)，經篩選、再生、增殖、健化、出瓶。擬轉殖植株葉片之 PCR、RT-PCR 分析的結果顯示，轉殖之 *AP1* 基因已存在於轉殖葉片之基因組，並表現其 mRNA，且觀察到有轉殖株於瓶內出現花苞。

### 前 言

春石斛蘭 (Nobile type *Dendrobium*) 為蘭科石斛蘭屬節生石斛節 (*Dendrobium* section *Dendrobium*)、以金釵石斛 (*Den. nobile*) 為基本種所雜交選育以及改良出之品種群的總稱。其擁有花色繁多豔麗、大且多之花朵、花期長及香氣濃郁等特色，主要作為贈禮盆花，為全球花卉市場的新興盆花。台灣具有多個石斛蘭原種，也是春石斛蘭的重要親本金釵石斛的分佈範圍之一，加上台灣處亞熱帶氣候，氣候上適合進行春石斛蘭的栽培與生產，因此春石斛蘭也為台灣具經濟栽培及種苗外銷潛力的新興蘭科作物。然台灣在新穎及恰當的外銷品種、長的幼年期以及低溫催花等技術上尚待開發及改進。

植物開花相關基因的研究以阿拉伯芥中的研究最為詳盡，依照調節開花相關的基因在整體調控系統中扮演的腳色，可將基因群區分成上、中、下游三部分，分別為受到環境因子 (溫度、日照、光質等) 調控的上游感應 (sensor) 基因 (如 *VIN3*、*VRN3*)，接受上游基因訊息並將其傳遞並彙集到中游的開花整合 (integrator) 基因 (如 *FT*、*SOC1*)，使之能夠促使

- 
- 1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。
  - 2) 國立中興大學園藝系助理教授。
  - 3) 國立中興大學園藝學系博士班研究生。
  - 4) 國立中興大學園藝系教授，通訊作者。

下游具有直接影響開花能力的基因 (如 *AP1*、*LFY*)適時及大量表現，使植物莖頂分生組織轉變成花器分生組織，進而使植物開花 (Kim *et al.*, 2009)。

在阿拉伯芥中，*FLC* 基因為一個重要的開花抑制基因，在一般的狀況下抑制開花整合基因的表現 (Helliwell *et al.*, 2006; Searle *et al.*, 2006)。然而在單子葉禾本科的穀類作物 (Shitsukawa *et al.*, 2007)、蝴蝶蘭 (Hsiao *et al.*, 2011)、金釵石斛 (Liang *et al.*, 2012)等卻無法發現阿拉伯芥 *FLC* 同源基因，僅有小麥發現有類似功能的負向調控基因 *VRN2*。

*AP1* (*APELLATA1*)基因屬於 MADS-BOX 轉錄因子，功能可歸納為兩類：一為調控花器官形態發育，另一功能為調控花序分生組織向花分生組織的轉變：Liljegren 等 (1999)報導，阿拉伯芥 35S::*AP1* 轉植株不管是在長日照或短日照皆較野生型早開花。Peña 等 (2001)大量表現阿拉伯芥 *AP1* 於雜交枳橙 (*Citrus sinensis* L. Osbeck × *Poncirus trifoliata* L. Raf)，期望獲得縮短幼年性提早開花之柑橘類果樹，研究使用無菌播種五週之種子為轉殖材料，使用農桿菌導入 35S::*AP1*，結果顯示 35S::*AP1* 轉植株不但幼年期縮短，且於首年就開花結果。邱 (2007)自文心蘭 *Onc. Gower Ramsey* 選殖出之 *OMADS10*，其相似於阿拉伯芥中 A 群 MADS Box 基因的 *AP1*，在所有的發育時期與器官皆可偵測到其 *OMADS10* mRNA，且於阿拉伯芥 35S::*OMADS10* 轉植株中觀察到植株會有提早開花並且有終結花 (terminal flowers)產生的現象。本研究的目標基因 *AP1* 為自水稻選殖之 *OsMADS14*，*OsMADS14* 主要表現於水稻的生殖器官中，親緣關係分析水稻 *OsMADS14* 與阿拉伯芥 *AP1* 具有高度相關性，同屬於 A 類基因，將其歸類為 *AP1-like* 基因 (范，2014)。Jeon 等 (2000)報導，過量表現 *OsMADS14* 可以使水稻提早開花，甚至在水稻的癒傷組織階段就可以觀察到類似花之構造。

因此本研究嘗試將以 *AP1* 基因所構築的農桿菌轉殖載體，以農桿菌轉殖法轉殖到春石斛蘭，期望以基因轉殖技術創新出調控植株花期的技術，開發出可調控花期之高品質轉殖春石斛蘭，促進台灣花卉產業技術升級。

## 材料與方法

### 一、試驗材料

#### (一)、基因轉殖植物材料

轉殖試驗使用春石斛之 PLB 和 Callus 為基因轉殖之標的材料，使用品種為'白花一號' (Den. 'White No.1')。取自花授粉 5~6 個月後之成熟未開裂果莢，以 0.2% 商業用漂白水 Clorox 進行表面消毒，無菌播種於播種培養基中 (1/4 MS (Murashige and Skoog, 1962)、Sucrose 2%、Tryptone 0.1%、agar 7.5%、pH 5.5)。1~2 個月發芽後，切除芽苗之芽後置於 PLB 誘導培養基 (1/2MS (Murashige and Skoog, 1962)、Sucrose 2%、Tryptone 0.1%、BA 0.2 ppm、agar 7.5%、pH 5.5)，一個月後基部會肥大增生 PLB 或 Callus，之後每隔 2 個月

切芽持續繼代於 PLB 誘導培養基作為轉殖材料。

## (二)、農桿菌轉殖菌系與載體

本研究使用之農桿菌菌系為 *Agrobacterium tumefaciens* (GV3101)。轉殖載體 p1301-Ubi-AP1 (啟動子為 *Ubiquitin*、目標基因為水稻 *AP1* (*MADS14*)、報導基因為 *gusA*、篩選標誌基因為 *hptII*，由中興大學分子生物研究所陳良築教授提供)。

## 二、試驗方法

### (一)、農桿菌基因轉殖方法

將農桿菌由 Stock 以接菌鐵環塗於含有 100 ppm kanamycin 之 LB plate，在 28°C 培養 24-36 小時，將菌盤保存於 4°C 備用。接種前兩日從菌盤挑選單一菌落，接種於含有適當抗生素之 5 ml LB 培養液中，於 28°C 搖晃培養 2 天。接種前取 2 ml 菌液以 50 ml 離心管離心，去除上清液後以 30 ml 感染液 (1/4 MS, Sucrose 2%, Tryptone 0.1%, 金剛砂 0.1%, AS (acetosyringone) 200  $\mu$  M, pH5.5) 重新懸浮，接著將植物材料放入感染液搖晃 (150-160 rpm) 培養 30 分鐘，去除感染液後將植物材料置於無菌擦手紙上吸去多餘感染液。將植物材料放於含有 200  $\mu$  M AS 之 PLB 誘導培養基，於 28°C 黑暗環境共培養兩天。再以 Wash 液 (1/4 MS, Sucrose 2%, Tryptone 0.1%, Cefotaxime 200 ppm, pH5.5) 搖晃 10 分鐘 (150-160 rpm) 清洗三次，移入含有 Cefotaxime 150 ppm 之 PLB 誘導培養基，一個月後以 10 ppm hygromycin 進行篩選。

篩選後之培植體置於不含荷爾蒙之再生培養基。培植體再生分化成芽苗及小植株後再移至發根培養基 (1/4 MS (Murashige and Skoog, 1962)、Sucrose 2%、Activated carbon 1%、Myo-inositol 0.2%、Tryptone 0.1%、agar 7.5%、pH 5.5) 誘導發根，待根系發展後進行出瓶，以滅過菌之水苔為介質，定植於 2 吋盆中。

### (二)、擬轉殖植株檢測

#### 1. 植物 DNA 萃取

本試驗使用 BioKit Plant Genomic DNA Purification Kit (GeneMark, Taiwan) 進行植物 DNA 萃取。將 65°C 水浴鍋預熱，取 0.1 g 之擬轉殖植株葉片，以液態氮磨至細碎，加入 400  $\mu$ l Extraction buffer 和 5  $\mu$ l RNase 後收集到 1.5 ml eppendorf 中，Vortex 5-10 秒混勻，於 65°C 水浴 20 分鐘，每十分鐘上下搖晃 eppendorf 數次以混合均勻。加入 100  $\mu$ l Precipitation Buffer，搖勻混和後置於冰上冷卻 5 分鐘，Vortex 搖晃混勻後，以 12,000 $\times$ g 離心 3 分鐘，小心吸取上清液至新的 1.5 ml eppendorf 中，加入 1.5 倍體積之 Binding Buffer，pipetting 混勻。吸取 750  $\mu$ l 混合液到已裝設 Collection Tube 之 Spin Column 中，12,000 $\times$ g 離心 1 分鐘，去除 Collection Tube 之廢液，加入剩餘混合液到 Spin Column 中，再以 12,000 $\times$ g 離心 1 分鐘，去除廢液。加入 600  $\mu$ l Wash Buffer 以 12,000 $\times$ g 離心 1 分鐘後去除廢液，再重複 Wash 一次。去除廢液後，以 12,000 $\times$ g 離心 5 分鐘，將殘液完全去除。將 Spin Column 置於新的 1.5 ml eppendorf 中，加入 50  $\mu$ l 之 Elution Buffer，靜置 2 分鐘後，以 12,000 $\times$ g 離心 1 分鐘，獲得所需之 DNA，貯存於 -20°C 備用。



## 2. 植物 Total RNA 萃取

本試驗使用 GenePure RareRNA reagent (GenePure, Kaysville, UT, USA) 進行植物 RNA 萃取。取 0.1 g 之擬轉植株葉片，以液態氮磨至細碎，加入 1 ml RareRNA reagent 後收集到 1.5 ml eppendorf 中，靜置於室溫 5 分鐘。加入 300 ul Chloroform 小心反轉搖勻，置於冰上 5 分鐘，之後以 12,000 rpm 離心 5 分鐘，吸取上清液體到新的 eppendorf 中。加入兩倍體積的 95% 酒精後溫柔混勻，再以 12,000 rpm 離心 5 分鐘，去除上清液保留沈澱，再加入 1 ml 70% 酒精 wash，spin down 數次盡可能去除酒精。最後以 50 ul 之 DEPC 水回溶 RNA 貯存於 -70°C 備用。

## 3. 聚合酵素連鎖反應 (Polymerase Chain Reaction, PCR)

採用 Thermo Hybaid Px2 Thermal cycler (Thermo Scientific, USA) 為反應儀器。PCR 反應總體積為 25 ul，含有 10x PCR buffer for Blend taq (2.5 ul)、2 mM dNTPs (2 ul)、10 uM primer (1 ul)、Blend taq -Plus- (0.25 ul) (Toyobo, Osaka, Japan) 及 100 ng 植物 DNA (1 ul)，補水至 25 ul，在循環式溫度控制器中，進行 PCR 增幅反應。

## 4. 偵測 *MADS14*、*gus* 及 *hptII* 等目標基因

偵測 *MADS14* 基因引子，分別為 5'-ATGGGGCGGGGCAAGGTGCA-3' (AADA-1) 及 5'-GCCGACTACCTTGGTGATCTCGCC-3' (AADA-2)，可增幅出 0.8 kb 片段。反應流程為 94°C 2 分鐘，1 個 cycle; 94°C 30 秒，60°C 30 秒，72°C 60 秒，共進行 35 個 cycles，最後再進行 72°C 10 分鐘 1 個 cycle。

偵測 *gus* 基因引子，分別為 5'-CGTCCTGTAGAAACCCCAACCC-3' (GUS-F) 及 5'-TTTGCCTCCCTGCTGCGG-3' (GUS-R)，可增幅出 1.8 kb 片段。反應流程為 94°C 2 分鐘，1 個 cycle; 94°C 30 秒，60°C 30 秒，72°C 120 秒，共進行 35 個 cycles，最後再進行 72°C 10 分鐘 1 個 cycle。

偵測 *hptII* 基因引子，分別為 5'-CTATTTCTTTGCCCTCGGACG-3' (hptII F) 及 5'-CCGCGACGTCTGTGCGAGA-3' (hptII R)，可增幅出 1007 bb 片段。反應流程為 94°C 2 分鐘，1 個 cycle; 94°C 30 秒，54°C 30 秒，72°C 60 秒，共進行 35 個 cycles，最後再進行 72°C 10 分鐘 1 個 cycle。

## 5. 反轉錄聚合酶連鎖反應 (Reverse Transcription PCR, RT-PCR)

本試驗使用 BIONOVAS HiScript I<sup>TM</sup> First Strand cDNA Synthesis Kit (Bionovas, Canada) 進行第一鏈 cDNA 合成 (Reverse transcription)，再進行 PCR 增幅。反轉錄 (First strand Synthesis) 步驟如下：取 1 ug-10 pg 之 RNA，加入 1 ul 2x Fast premix 和 2 ul Oligo dT，再以 RNase free ddH<sub>2</sub>O 補至 19 ul，於 65°C 作用 5 分鐘，再移到冰上 1 分鐘冷卻。再加入 1 ul HiScript I Reverse Transcriptase，於 42°C 作用 30 分鐘，再移至 85°C 作用 5 分鐘，完成 cDNA 之合成。

進行 RT-PCR 時以 cDNA 作為模板進行 PCR 工作。偵測各基因之引子及 PCR 反應流程，與上述 (轉殖植株葉片之 PCR 分析) 相同。

## 6. DNA 電泳

PCR 反應完成之產物，分別取 8 ul 加入 6 倍電泳追蹤染劑 (6x loading buffer)，以 1.5% 的 Invitrogen Ultrapure agarose，放置於 1X TAE buffer (40 mM Tris acetate, pH8.0、1 mM EDTA) 中，進行 DNA 電泳分離。完成後放入 0.5 mg/ml 之溴化乙錠 (ethidium bromide, EtBr) 溶液中，染色 5 分鐘後，退染 5-10 分鐘，再置於 UV 光箱 (Gel logic 200 Imaging system) 檢視膠體上之 DNA 片段，照相並儲存。

## 結 果

### (一)、p1301-Ubi-AP1 載體之檢測

為確認轉殖載體是否正確，利用限制酵素切割來確認 DNA 片段大小是否符合預期基因片段大小。試驗結果顯示轉殖載體 p1301-Ubi-AP1 (圖 1 A)，以 *KpnI* 和 *SacI* 限制酵素切割，所得片段大小正確無誤。p1301-Ubi-AP1 經 *KpnI* 和 *SacI* 切割產生約 0.75 kb 之水稻 *AP1* (*MADS14*) 基因片段 (圖 1 B)。

### (二)、擬轉殖植株之篩選、再生及增殖

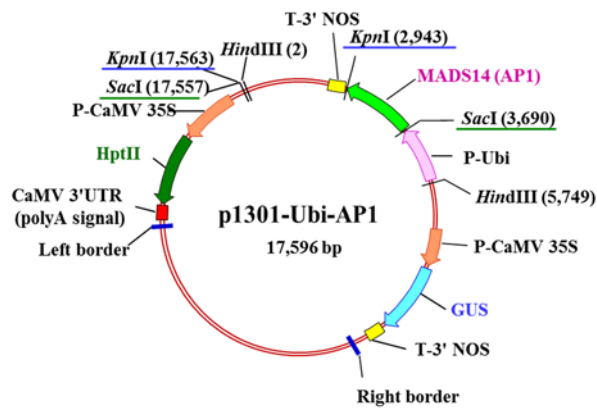
p1301-Ubi-AP1 之春石斛培植體是張威鈞學弟於 103 學年度 (103/09-104/06) 進行園藝作物研究法課程之專題研究所獲得之材料。本研究也進行將攜帶 p1301-Ubi-AP1 載體進行農桿菌感染春石斛 PLB 後、所獲得的擬轉殖培植體與上述材料合併進行篩選、再生及植株增殖。

經 10 ppm hygromycine 篩選後之春石斛'白花一號'擬轉殖培植體，成活芽苗移到發根培養基誘導抽梢及發根 (圖 2 A-D)，發根之擬轉殖植株進一步進行增殖和健化 (圖 2 E-O)。試驗中發現在瓶中增殖與健化過程中，偶會出現擬轉殖植株結花苞的情形 (圖 2 P-Q)，而未轉殖對照組則無，然而大部份花苞會發生消苞及落花苞的現象。擬轉殖植株及未轉殖植株之春石斛蘭出瓶移至 2 吋盆生長之情形如圖 2 R-Y 所示，觀察春石斛蘭苗株外表型顯示，擬轉殖植株及未轉殖植株之葉型、葉色、植株形態及生長狀態等園藝外表型性狀均無差異。

### (三)、擬轉殖植株之基因及表現分析

以轉殖 p1301-Ubi-AP1 載體之擬轉殖植株葉片萃取 DNA 及 RNA，進行 PCR 和 RT-PCR 檢測以分析目標基因 *AP1*、報導基因 *GUS* 和篩選基因 *hptII*，使用之引子參照表 1。PCR 檢測結果如圖 3 所示，12 個供試樣品中，AP1-1、2、3、5、6、7、8、9、10、12 等十株擬轉殖植株皆能偵測到 *AP1* (747 bp)、*GUS* (1800 bp) 和 *hptII* (1007 bp) 等三個轉殖的基因片段，然而 AP1-11 擬轉殖植株僅偵測到 *AP1* 基因片段。RT-PCR 分析之結果如圖 4 所示，分析到 *AP1*、*GUS* 和 *hptII* 等三個轉殖基因之 mRNA 計有 AP1-1、2、3、5、6、8、9 等七株擬轉殖植株的葉片，AP1-7 擬轉殖植株僅能偵測到 *AP1* 及 *GUS* mRNA。

(A)



(B)

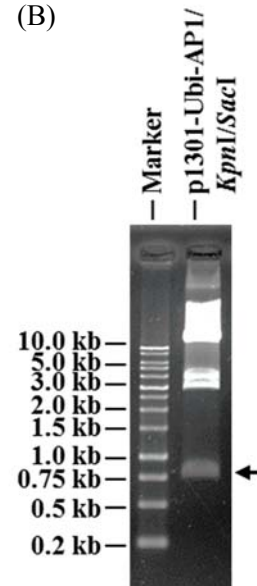


圖 1. p1301-Ubi-AP1 之基因圖譜 (A)及以限制酵素切割 (B)之情形。(A) p1301-Ubi-AP1 : 帶有 *AP1* (*MADS14*)基因之轉殖載體。(B) p1301-Ubi-AP1 經 *KpnI* 和 *SacI* 限制酵素切割產生約 0.75 kb 之 *AP1* (*MADS14*) 基因。

Fig. 1. The genetic maps of p1301-Ubi-AP1 (A) and digestion by restriction enzymes (B). (A) p1301-Ubi-AP1: plasmid containing the *AP1* (*MADS14*) gene; (B) p1301-Ubi-AP1 was digested by *KpnI* and *SacI* to produce 0.75 kb DNA fragment of *AP1* (*MADS14*) gene.

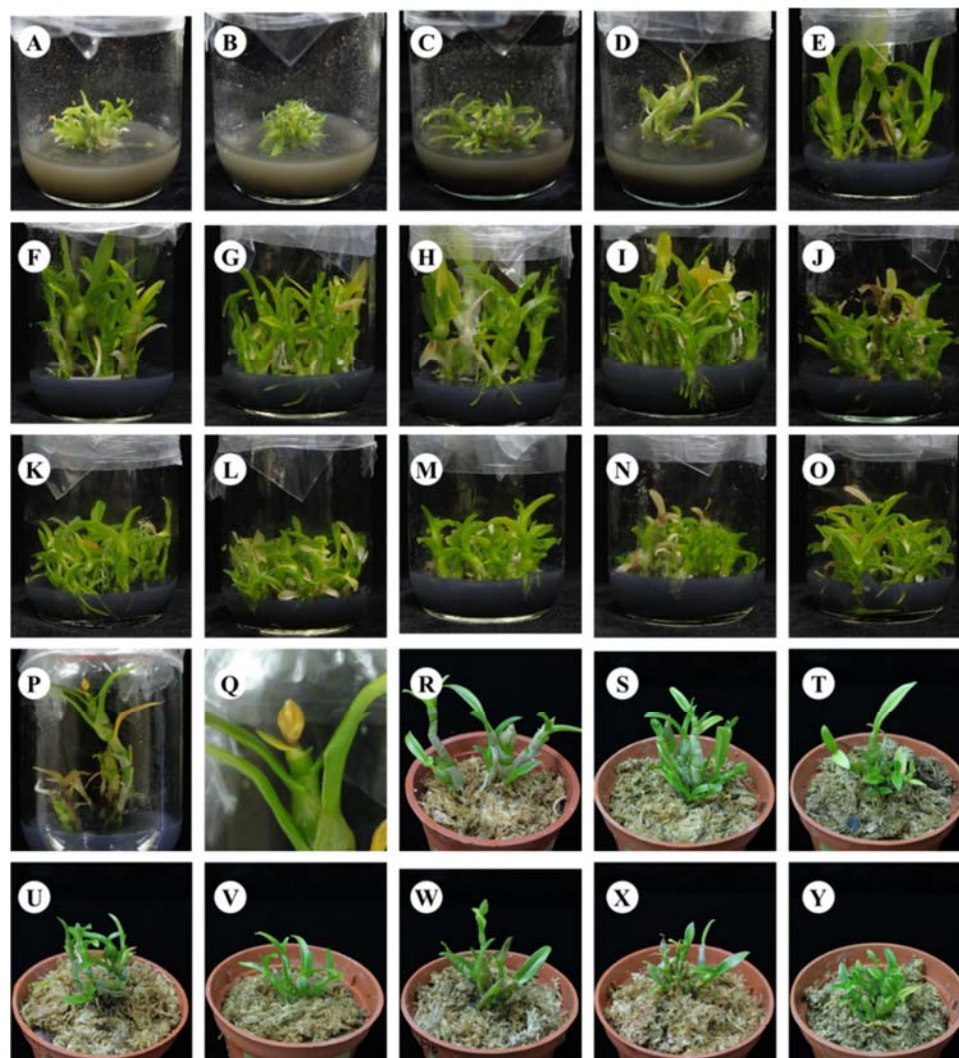


圖 2. 農桿菌法轉殖 p1301-Ubi-AP1 之春石斛'白花一號'(Den. 'White No.1')擬轉殖植株的再生及增殖之情形。(A-D) Hygromycin 篩選成活擬轉殖培植體誘導抽芽梢及長根；(E-O) 增殖與健化；(P) 再生擬轉殖植株在瓶中結花苞；(Q) 花苞放大圖；(R-X) 出瓶後在 2 吋盆生長之情形；(Y) 未轉殖植株，白花一號 (Den. White No.1)。

Fig. 2. Regeneration and proliferation of putative transformed plants of Den. 'White No. 1' via *Agrobacterium* mediated transformation of p1301-Ubi-AP1. (A-D) After hygromycin selection, survival explants were induced for multiple shoots and roots formation; (E-O) Proliferation and hardiness; (P) Formation of *in vitro* flowering bud in putative transformed plant; (Q) Magnified image of flowering bud; (R-X) *In vitro* putative transformed seedlings were transplanted into 2-inch pots; (O) Untransformed plant.

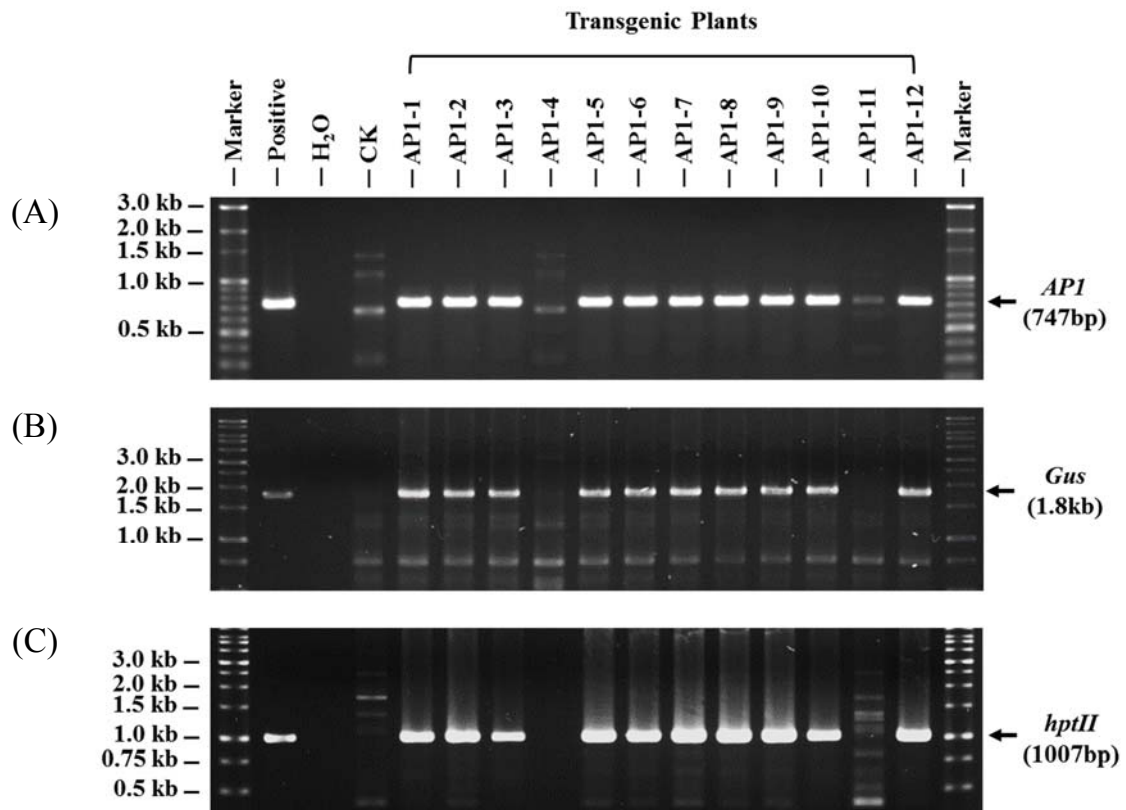


圖 3. 轉殖 p1301-Ubi-AP1 之春石斛'白花一號' (*Den.* 'White No.1') 擬轉植株葉片，經 PCR 分析 *AP1* (A)、*Gus* (B)和 *hptII* (C)基因之情形。CK：未轉植株葉片。Positive：p1301-Ubi-AP1 (*AP1*、*Gus*、*hptII*)。

Fig. 3. PCR analysis of *AP1* (A), *Gus* (B), and *hptII* (C) gene fragment in putative transformed plants of *Den.* 'White No.1' via *Agrobacterium* mediated transformation of p1301-Ubi-AP1. CK: untransformed plants. Positive: p1301-Ubi-AP1 (*AP1*, *Gus*, and *hptII*).

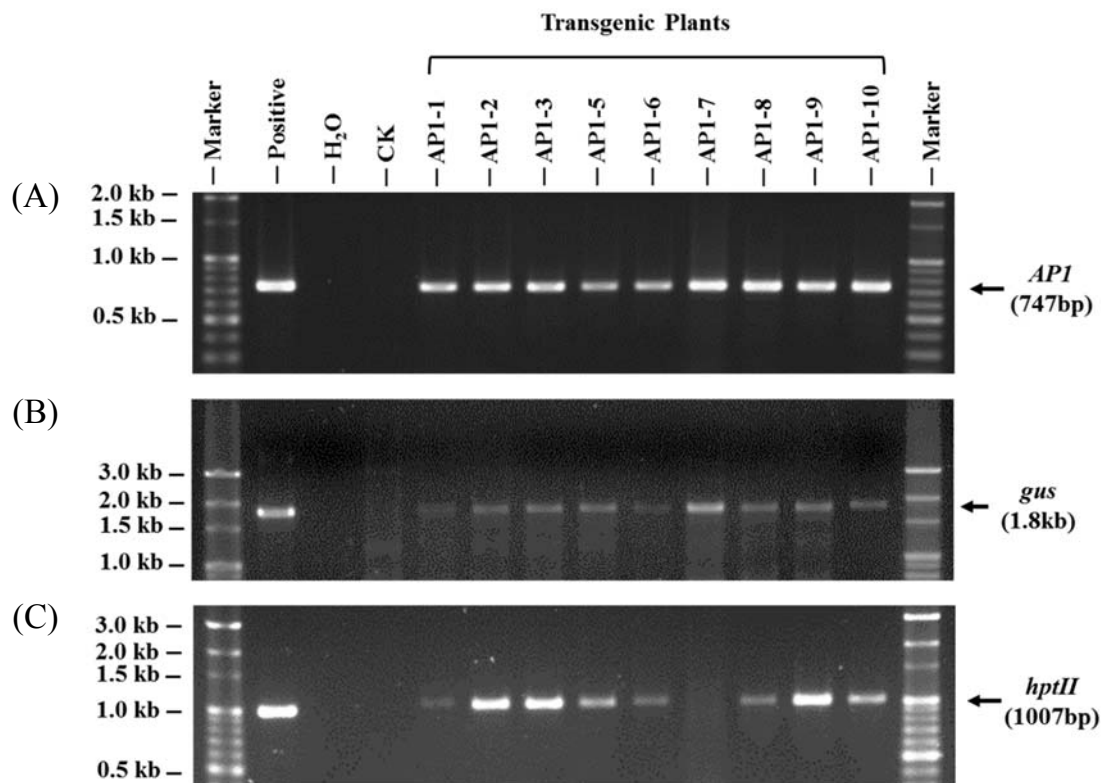


圖 4、轉殖 p1301-Ubi-AP1 之春石斛 '白花一號' (*Den. 'White No.1'*) 擬轉植株葉片，經 RT-PCR 分析 *AP1* (A)、*Gus* (B) 和 *hptII* (C) mRNA 之情形。CK：未轉植株葉片。Positive：p1301-Ubi-AP1 (*AP1*、*Gus*、*hptII*)。

Fig. 4. RT-PCR analysis of *AP1* (A), *Gus* (B), and *hptII* (C) mRNA in putative transformed plants of *Den. 'White No.1'* via *Agrobacterium* mediated transformation of p1301-Ubi-AP1. CK: untransformed plants. Positive: p1301-Ubi-AP1 (*AP1*, *Gus*, and *hptII*).

## 討 論

### (一)、擬轉殖植株之篩選、再生及增殖

p1301-Ubi-AP1 是以春石斛 '白花一號' (*Den. 'White No.1'*) 之 PLB 作為轉殖材料。將經 10 ppm hygromycin 篩選後存活之擬轉殖培植體誘導抽芽梢及長根 (圖 2 A-D)，發根後之擬轉殖植株繼續進行根系誘導生長以及值株增殖與健化，可看到本載體轉殖之擬轉殖植株生長旺盛且植株健壯 (圖 2 E-O)。挑選根系生長良好之健壯植株進行出瓶並種植在溫室 (圖 2 R-X)。在繼代過程中觀察到偶有擬轉殖植株在醬瓜瓶中出现花苞，然而沒有發展完全且很

快就黃化、落蕾 (圖 2 P-Q)。在前人研究中誘導大量表現 *AP1* 出現提早開花之現象，已有報導 (Sarah *et al.*, 1999; Peña *et al.*, 2001; 邱, 2007)。一般觀賞石斛蘭作為瓶中開花 (*in vitro* flowering) 的材料大多為小型秋石斛品系，例如秋石斛蘭雜交種 *Den. 'Madame Thong-In'* (Sim *et al.*, 2007) 和 *Den. 'Chao Praya Smile'* (Hee *et al.*, 2007) 等，大型春石斛蘭 '白花一號' (*Den. 'White No.1'*) 及紅皇帝 '王子' (*Den. Red Emperor 'Prince'*) 的瓶中開花則未見報導，推測大型石斛蘭的花苞不易在培養瓶中生長發育可能為其限制瓶中開花的重要因子。本試驗使用之 *AP1* 為自水稻選殖之 *MADS14*，Jeon 等 (2000) 將 *MADS14* 過量表現於水稻中也觀察到提早開花之現象。由於本試驗之擬轉殖植株尚在幼苗階段，有待繼續觀察擬轉殖植株生長發育長大後是否有提早開花的現象。

## (二)、擬轉殖植株之基因及表現分析

以 PCR 分析 p1301-Ubi-*AP1* 擬轉殖植株之葉片 DNA，12 株擬轉殖植株中僅 *AP1-4* 擬轉殖植株無法偵測到所有轉殖的三種基因，*AP1-11* 擬轉殖植株只偵測到 *AP1* 基因片段，其餘 10 株擬轉殖植株皆能偵測到 *AP1*、*GUS* 和 *hptII* 等三種轉殖的基因 (圖 3)。進一步挑選能偵測到三種轉殖的基因片段之其中九棵擬轉殖植株 *AP1-1*、*2*、*3*、*5*、*6*、*7*、*8*、*9*、*10*，抽取葉片之 RNA 進行 RT-PCR 偵測基因表現，結果顯示九棵擬轉殖植株皆能偵測到 *AP1* 目標基因表現，其中 *AP1-7* 只能偵測到 *AP1* 和 *GUS* 表現，無法偵測到 *hptII* 基因表現 (圖 4)。分析之結果顯示轉殖之 *AP1* 目標基因已成功的轉移到春石斛蘭 '白花一號' (*Den. 'White No.1'*) 的染色體並且表現 *AP1* mRNA。

本研究已完成：1. 共同轉殖 p1304-35S-*VRN1* 及 p1304-35S-*AGL19*；2. 轉殖 p1301-35S-*VIN3*；3. 共同轉殖 pMLBART AlcA-AlcR-PaFT 及 pMLBART AlcA-AlcR-PaSOC1；4. 轉殖 p1301-Ubi-*AP1*；5. 共同轉殖 p1304-35S-*FT* 和 p1301-Ubi-*GA2ox6* 等五種組合之農桿菌感染春石斛之 PLB、篩選、再生、增殖及擬轉殖植株的基因分析。擬轉殖植株葉片之 PCR、RT-PCR 分析之結果顯示，轉殖之 *DnAGL19*、*VRN1*、*VIN3*、*SOC1*、*FT*、*AP1* 及 *GA2ox6* 等基因已存在於轉殖葉片之基因組，並表現其 mRNA。調察春石斛蘭植株外表型顯示，擬轉殖植株及未轉殖植株之葉型、葉色、植株形態及生長狀態等園藝外表型性狀均無差異。雖然在組培瓶中增殖與健化過程中會出現轉殖春石斛蘭植株結花苞的現象，而未轉殖對照組則無，然而大部份花苞會發生消苞及落花苞的現象。但目前已出瓶的轉殖春石斛蘭，受限於幼年期的因素，並未有開花的現象。

蘭花產業為台灣農業發展的重要命脈，然而其太長幼年期為困擾台灣蘭花業者的重大問題之一，亦是面對國際蘭花產業競爭所須突破的瓶頸。幼年性、春化作用、光週期現象是三個決定蘭花開花與否的最主要的因素，三個因子與蘭花種類、個體發育及季節有關 (聶, 2005)。幼年性是營養生長轉變成為生殖生長的重要階段，屬於植物的初期生長階段，在此時期大多數無法採用任何處理誘導開花。在蘭科植物中幼年期可能很長 (1 年至 10 多年)，商業雜交品種約為 1.5-3 年。本研究有待繼續維護與繁殖現有基因轉殖春石斛蘭植株及後裔，並分析其遺傳穩定性及園藝及開花特性。

## 參考文獻

- 邱怡芬。2007。文心蘭中調控開花時間相關基因之選殖與特性分析。中興大學生物科技學研究所碩士學位論文。105pp。
- 范秀姿。2014。迷你及早開花蝴蝶蘭轉殖系統之建立-GA2ox6 及早開花基因 *OSMADS14* 之應用。中興大學分子生物學研究所碩士學位論文。59pp。
- Helliwell, C. A., C. C. Wood, M. Robertson, W. James Peacock, and E. S. Dennis. 2006. The *Arabidopsis* FLC protein interacts directly in vivo with *SOC1* and *FT* chromatin and is part of a high-molecular-weight protein complex. *Plant J.* 46: 183-192.
- Hsiao, Y. Y., Z. J. Pan, C. C. Hsu, Y. P. Yang, Y. C. Hsu, Y. C. Chuang, Y. C. Chuang, H. H. Shih, W. H. Chen, W. C. Tsai, and H. H. Chen. 2011. Research on orchid biology and biotechnology. *Plant Cell Physiol.* 52: 1467-1486.
- Jeon, J. S., S. Lee, K. H. Jung, W. S. Yang, G. H. Yi, B. G. Oh, and G. An. 2000. Production of transgenic rice plants showing reduced heading date and plant height by ectopic expression of rice MADS-box genes. *Mol. Breed.* 6: 581-592.
- Liang, S., Q. S. Ye, R. H. Li, J. Y. Leng, M. R. Li, X. J. Wagn, and H. Q. Li. 2012. Transcriptional regulations on the low-temperature-induced floral transition in an Orchidaceae species, *Dendrobium nobile*: an expressed sequence tags analysis. *Compar. Funct. Genom.* 2012: 757801.
- Kim, D. H., M. R. Doyle, S. Sung, and R. M. Amasino. 2009. Vernalization: winter and the timing of flowering in plants. *Annu. Rev. Cell Dev. Biol.* 25: 277-299.
- Liljegren, S. J., C. Gustafson-Brown, A. Pinyopich, G. S. Ditta, and M. F. Yanofsky. 1999. Interactions among *APETALA1*, *LEAFY*, and *TERMINAL FLOWE-R1* specify meristem fate. *Plant Cell* 11: 1007-1018.
- Peña, L., M. Martín-Trillo, J. Juárez, J. A. Pina, L. Navarro, and J. M. Martínez-Zapater. 2001. Constitutive expression of *Arabidopsis* *LEAFY* or *APETALA1* genes in citrus reduces their generation time. *Nat. Biotechnol.* 19(3): 263-267.
- Searle, I., Y. He, F. Turck, C. Vincent, F. Fornara, S. Krober, R. A. Amasino, and G. Coupland. 2006. The transcription factor FLC confers a flowering response to vernalization by repressing meristem competence and systemic signaling in *Arabidopsis*. *Genes Dev.* 20: 898-912.
- Shitsukawa, N., C. Ikari, S. Shimada, S. Kitagawa, K. Sakamoto, H. Saito, H. Ryuto, N. Fukunishi, T. Abe, S. Takumi, S. Nasuda and K. Murai. 2007. The einkorn wheat (*Triticum monococcum*) mutant, maintained vegetative phase, is caused by a deletion in the *VRN1* gene. *Genes Genet. Syst.* 82(2): 167-170.



## Studies on Transformation of *AP1* Genes into Nobile Type *Dendrobium* Orchid

Yi-Chun Tung <sup>1)</sup>    Yi-Chun Pan <sup>2)</sup>    Yu-Sheng Lin <sup>3)</sup>    Menq-Jiau Tseng <sup>4)</sup>

Key Word: Nobile type *Dendrobium*, Gene transformation, Flowering-Regulating Genes, *AP1*.

### Summary

*AP1* (*APELLATA1*) gene belongs to the MADS-BOX transcription factor, and its function can be summarized into two categories: one is to regulate the floral morphological development, and to determine the differentiation and floral formation of the floral meristem. Another function is to regulate the transformation of inflorescence meristems to floral meristems, and flowering early. In this study, we proposed to engineering the *OsMADS14* (*AP1*) genes that cloned from rice into the nobile type *Dendrobium* 'White No.1'. Constructed genes had been transformed into the PLB by *Agrobacterium*-mediated transformation. Regenerated plantlets were selected by antibiotics, induction of multiple shoots and roots formation, proliferation, hardiness, and finally transplanted into 2-inch pot and grown in greenhouse. The results of PCR and RT-PCR analysis of putative transformed plants indicated that the transformed genes were presented in the genome of transformed plants, and expressed its mRNA.

---

1) Student in M.S. program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Assistant Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

3) Student in Ph.D. program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

4) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author

## 聽覺與視覺間的韻律關係及其共感覺之初探

陳 韻 文<sup>1)</sup> 歐 聖 榮<sup>2)</sup>

關鍵字：韻律、節奏、共感覺

**摘要：**無論在藝術或是設計中，美的形式與表達總是佔有重要的地位，也因為有美，才會有流傳千古的藝術作品。而韻律則為表達方式是藉由部份的重複性、連續的起伏產生合諧感。韻律不僅是音樂的專有名詞，它在生活中隨處可見（如圖畫、景觀等），藉由刺激我們的感官，產生不同情緒的變化。共感覺，為當任何感覺系統受到刺激後，除了立即會引起該系統的直接反應之外，同時也會引起其它感覺系統的共鳴現象。在視覺以及聽覺韻律中，藉由共感覺，產生相同的心情起伏。如顏色的不同及深淺變化，會有不同的音階、音色之聯想（黃色使人感覺聲音高亢或小喇叭音色的聯想），相對應的顏色與音色也會有相似的情緒感受。然而並不是所有視覺要素都可與聽覺產生共感覺（照著快樂的樂曲波動所製成的景觀路徑不一定會有快樂的情緒感受）。因此本研究透過視覺與聽覺的韻律及共感覺的文獻回顧及案例分析，探討其使用方法與效益。本文最後並提出相關文獻之結論與建議。

### 前 言

依美學的原理，構成形式美的事物材料必須按照一定的組合規律來組織起來，也就是有秩序地組合，產生統一。韻律，即是節奏上的變化規律。韻律不僅存在於詩歌、音樂等藝術中，也存在於其它的藝術形式中，如美術、建築、園林景觀等等（王，2007）。以感覺為標準，視覺的藝術為繪畫、攝影、建築等，聽覺藝術則為音樂。音樂之中的節奏，由於他是有秩序的動感、合乎美的原則、砌成美的形式，使人發生共鳴的心靈感受。造園也是一種藝術表現，利用各型各式的材料或元素，創造兼具實用與美學機能的環境。在造園領域中的韻律可被視為一規則的視覺或實質行動，同樣可以發生節奏的律動美感，如以線

---

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教授，通訊作者。

條、造型、質地或顏色的反覆，重疊做一錯縱變化、產生的起伏，使內心興起抑揚頓挫的感覺，這與音樂中的節奏相同（謝，1982，1994；尤和雪，2000；歐，1997）。對於二十一世紀身在現代的我們，無不充斥著多種感官衝擊，因此本研究希望對五感的機能比例中，以視覺（佔87%）、聽覺（佔7%）（蘇等，2006；曹，2009）進行了解與探討，並希望應用於未來景觀領域研究。

## 文 獻 探 討

### 一、形式的定義

形式 (form)是西方美學和藝術史中的基本概念。在美學史上，形式具有本體論的地位，因此，藝術之所以為藝術，就在於它們的形式，是形式而不是內容或其他什麼使藝術具有藝術性。如果對形式辭源進行追溯，可以看到，形式 (form)一詞源於希臘文「μορφη」「εἶδος」兩個單字，前者指可見的形式，後者主要適合概念的形式。在義大利、波蘭語、西班牙語以及俄語等通行語言之中都將拉丁文「forma」一詞原樣引入；其他在法國、英、德等國現在所通用的語言裡，也都只加少許的變化（例如：法文是 forme，英文是 form，而德文是 Form）（曹，2009）。

《大英百科全書》(Encyclopedia Britannica)中，形式 (form)被解釋為「一對象的外在形狀、外觀或構造；與其相對的是構成事物的內容。在形而上的角度，形式是一個事物的積極的、決定性的原則，而內容是潛在規則」（資料來源：<https://goo.gl/bYkhab>）。以下進行針對美學的形式原則的說明。

#### (一)美學的形式原則

形式美有「關於部分相互間關係的原理」包含對比與對照 (Contrast)、相似與類似 (Similarity)、對稱與相稱與均齊 (Symmetry)、重複 (Repetition)；「空間及時間的長短、大小、強弱等數量關係的原理」包含平衡與均等與均衡 (Balance)、比例與比率 (Proportion)、韻律與節奏 (Rhythm)、動勢 (Movement)、突出與強調 (Emphasize)；以及「整體中概括的多樣因素的統一原理」包含：調和 (Harmony)、多樣的統一 (Unity)，其中「空間及時間的長短、大小、強弱等數量關係的原理」就包含了韻律與節奏 (Rhythm)。

而在其他文獻中也指出在美學的領域中，若從形式的角度去歸納美的存在條件，會得到美的共通原則 (Lauer and Pentak, 2011)，稱為「美的形式原理」，共有十個原則反覆、漸層、對稱、均衡、調和、統一、對比、比例、韻律、單純，以幫助設計師能將材料加以組合並表現出來 (Norman and James, 2002；VanDerZanden and Rodie, 2011；歐，2009；李，2015)。

### 二、韻律

形式是構成藝術美的要素，形式美是帶有普遍性、必然性和永恒性的法則，是一種

內在的形式，是一切設計藝術的核心，是一切藝術流派的美學依據；而節奏與韻律 (Rhythm) 又是經過美的形式的安排，所以人類最能敏銳的接受節奏的形式感受 (謝，1994；小形和高原，1995；黃，2012；張，2005；王，2007)。以下進行兩個部分的說明分別是起源與韻律定義。

#### (一)起源

就節奏起源，可歸納在重要兩種說法：一，節奏起源與心中本有的「律動」，另一說，源於人生活中的「勞動」。前者為自然現象，後者則是人類生活的活動，兩者可終結為人類的感情活動 (謝，1982，1994)。

#### (二)韻律定義

「韻」在英文就是「Rhythm」，在中文就是節奏、韻律 (張，2010；2010)。韻律是一個重要的現象，因為它構成了一種方向和組織的方式，對過程和變化施加了形式 (Gumbrecht, 1988)。

牛津英語詞典給出了這個術語的幾個定義。例如：韻律 (rhythm)被定義為「一個強的、規律重複的運動或聲音」(第一定義)，作為「經由安排形成的特定模式」(第三個定義)，也是「事件或行為產生一種有規律地產生一連串的循環」(第五個含義) (Bautista and Rothb, 2012)。

#### 三、創造視覺韻律

韻律不僅存在於詩歌、音樂等藝術中，也存在於其它的藝術形式中，如美術、建築、園林景觀等等。在景觀上韻律可被視為一規則的視覺或實質行動，同樣可以發生節奏的律動美感，如以線條、造型、質地或顏色的反覆，重疊做一錯縱變化、產生的起伏，使內心興起抑揚頓挫的感覺，這與音樂中的節奏相同 (謝，1982，1994；尤和潘，2000；歐，2009)。以下將針對景觀上韻律的行程進行說明。

#### (一)重複

在韻律中使用重複的方式與在統一中使用的方式稍微有一點不同，為了創造韻律感而在設計重複相同的元素或元素群以表現出明顯的次序感。如迴廊、拱門、鋪面、單一樹種排列等等。元素間的空間會決定韻律的特徵與速度，而元素空間是建立節奏速度的關鍵。如圍籬、假牆、植栽、鋪面 (Norman and James, 2002)。

#### (二)輪替

為了達到此目的，首先要建立的是以重複為基礎的連續圖形。然後將其中的某一元素改變或是替換成另一個規律基礎，例：由大至小、形狀、質地、顏色交互改變。如此建立輪替的圖形會富有更多的變化性，有時會比單獨使用重複性更具有趣味，選替的元素可以在次序上以驚訝與輕鬆的觀點來完成，如果在統一中的重複做比較，要是過度使用韻律中的重複反而會顯得更加單調 (Norman and James, 2002)。

#### (三)對調

所謂的對調是一種特殊的輪替方式，對調元素的特徵是與最初元素的順序恰好相反，

也就是說，輪替的元素是其他元素的顛倒。由大到小、窄變寬、高變成矮等。因此，這種形式上的順序變化可以造成非常顯著的戲劇效果，在景觀設計中有許多方式可以表現對調 (Norman and James, 2002)。

#### (四)漸層

漸層可以說是一種韻律形式，它是依次在重複元素上逐漸做一種或多種特徵的改變。其可將重複元素在尺寸上逐漸改變。也可以在顏色、質地或是形狀上依次的改變，漸層的變化提供視覺刺激，但不至於在組合中引起突然或突兀的關係。在景觀中有需多方法可以使用此一韻律原則，從一定點至另一一定點的路徑可以由窄或加寬。這也會影響人們如何在步道上行走。從一區至另一區的組合植栽可以在尺寸或是質地上逐漸改變，使視覺上產生層次感 (Norman and James, 2002)。

#### (五)其他韻律的呈現

##### 1. 有起伏植栽的韻律

就像城市中的天際線，在自然界中樹木生長速度不同，形成不同高低，從側面看形成一種自然的節奏韻律 (Walker, 1995；小形和高原，1995；譚，2009)。

##### 2. 沒有起伏植栽，形成逐漸升高的輪廓線

樹木或植栽由高至低安排，在空間上除了有造成視覺深度外，從側面看也形成一種節奏 (小形研三與高原榮重，1995)。

##### 3. 「5•5•5」的配植

固定間距加上植栽或其他元素，形成單一重複的變化，也是另一種韻律效果 (小形和高原，1995)。

##### 4. 「5•7•5•7•7」的配植

間距之間的不同長度或寬度之變化再加上植栽或其他元素的搭配，形成重複的變化，產生趣味性 (小形和高原，1995)。

##### 5. 喬木與灌木之間輪廓線的韻律

除了天際線之外，植栽與地面之間所形成的空間，也能造成視覺上韻律的效果 (小形和高原，1995)。

#### 四、創造聽覺韻律

聲樂的節奏，就是通過七個音節的高低起伏，傳達出一種上升或下降，均勻或驟變，從而引導人類各類情緒抒發 (趙，2013)。

##### (一) 音樂

取得樂音特質後，製成音樂便有了基底，但論及藝術音樂時，還需三件要素才將完成節奏 (Rhythm)、旋律 (Melody)、和聲 (Harmony) (雍自鴻，2008)。音樂是透過時間之配置便形成「旋律」，透過空間之配置後就形成「和聲」。在這二者進行時，持續著有秩序的運動，就是「節奏」 (黑澤，1999)。節奏是樂曲的骨幹，不若旋律那般搶眼。然而，大多數作曲家在創作時，第一個動機就是節奏，有了基礎的節奏架構，繼而產生旋律與和聲

(朱和陳，1988)。以下解釋定義整理自陳 (2006)、張 (2008)、雍 (2008)。

### 1. 節奏 (Rhythm)

不同長短及強弱的音組合。為連結音與音之間的前後關係，以一定速度的快慢的節拍，主要是運用速度上的快慢和音調上的高低把它們組合到一起。

### 2. 旋律 (Melody)

不同音高 (也可以是同音高)先後出現所形成的一種線條。為一群高低、長短、快慢和強弱的音所排列組合而成，每一段良好的旋律都具有一個如骨架般的輪廓，具有激發聽眾情緒反應的特質。

### 3. 和聲 (Harmony)

有兩個或兩個以上的不同音高同時發出的音響。是用不同音高的幾個音，同時發出聲音就可以構成和聲，使用和聲可以使音樂聽起來更厚實，表現力更豐富。

### 4. 音色 (Tone color)

指各種聲響的特色，每一種聲音都有它的特色。音色的不同取決於不同的泛音，每一種樂器、不同的人以及所有能發聲的物體發出的聲音，除了一個基音外，還有許多不同頻率的泛音伴隨，正是這些泛音決定了其不同的音色，使人能辨別出是不同的樂器甚至不同的人發出的聲音。

## (二) 節奏的組成

蓋休士博士 (Goetschius)曾說：「節奏就是音樂中賦予生命的要素。」節奏在音樂上的定義，就是在音的進行時，所產生的一種有秩序的運動。沒有節奏並不會使個別的音產生「連續性」，無法隨著時間繼續表出來 (謝，1982)。一個愛樂者欲對音樂的欣賞越透徹，一定要有節奏的概念，可以明顯地幫助你記憶一段旋律，容易欣賞它們的妙處，節奏的架構當然也對和聲、音色等有所助益 (朱和陳，1988)。

### 1. 拍與拍子 (速度、時間)

在節拍中，眾多的音符都是以一拍為單位的，也稱「單位拍」，這一個重要的時間段「一拍」，就是音樂的基礎，它是用指定的音符來代表的。也就是用各種不同的音符，比如二分音符、四分音符、八分音符等等，做為基礎的一拍，然後有強有弱的循序漸進，下面使用最通俗的說法，來解釋什麼是拍子。「拍子」用簡單的話來說你用一個手掌來拍。手掌一下、一上，這就叫做一拍 (如果用兩隻手對拍的話，那麼一張一合，就叫一拍)，單單拍下去，叫做半拍，再抬起來，也是半拍，這樣算起來一上、一下加起來就是一拍 (謝，1982；1994；陳，2006)。

### 2. 小節

在節奏中若沒有小節線，將拍子標記起來，就沒流動、重覆之感，而終止線則表達流動的音樂終將停止，假如沒有終止線節奏將會永無停止的演奏下去 (謝，1982；1994；陳，2006)。

### 3. 強音 (強調音)

通常指第一小節的強音，稱為強調音（謝，1982；1994）。

#### 4. 節拍

節拍是指強拍和弱拍的組合規律。

有很多有強有弱的音，在長度相同的時間內，按照一定的次序反復出現，形成有規律的強弱變化，例如每隔一個弱拍，出現一個強拍時，這是一種節拍，而每當有兩個弱拍或有三個弱拍再出現一個強拍時，這些又是另外的一些節拍，它運用了小節線和拍子號標記出來，看起來很具體。在有強有弱，一定長度相同的時間內，按著一定的長短次序，由小節線劃分，反復的有規律的重復，形成了有規律的強弱變化，這就是節拍的作用。「強」與「弱」看似簡單，但是人們可以根據這些簡單的「強」與「弱」變化出很多種拍子來，從而形成各種情緒，各種不同風格的樂曲來。因此「節拍」是非常重要的，它等於是音樂大廈的基石，必須是有規律並且是有秩序的（謝，1982；1994；陳，2006）。

#### （三）節奏的功能

若沒有節拍沒有節奏更沒有音樂（謝，1982；1994）。

1. 統整全體樂音有秩序的前進，使之不致零亂。
2. 有高低、長短的變化。
3. 規律的速度和強弱使內心有輕快、緩慢、激昂、消沉等等的感覺。
4. 配合樂音反覆、重疊、錯綜變化靈活安排。
5. 週期性的間合（副歌）。

#### 五、共感覺

共感覺 (Synesthesia) 又稱聯覺、通覺。在希臘語 Syn 代表共有的，esthesia 感覺。在醫學上是一種特例的症狀，是一種具有神經基礎的感知狀態，表示感官刺激或認知途徑會自發且非主動的引起另外一種感知或認識，只有少數人身上才擁有這樣的能力。但在文學、藝術呈現上，共感覺卻有不同的解釋，對於感官的刺激而產生聯想，例：甜甜的笑容、冰冷的面容在修辭上，是以其他感官所受到的刺激來形容另一個感官，而增加情境的塑造，接受者能更投入這樣的情境中。其中以視覺與聽覺五感的機能比例中，視覺為87%、聽覺7%、觸覺3%、嗅覺2%、味覺1%。由色彩的產生自人眼接收刺激，到大腦解釋的過程裡，包含了物理、生理及心理過程（陳和楊，1998；張，2008；黃和郭，2008；李等，2016）。

由以上文獻回顧可知，韻律是創造美感的其中一項原則，在設計範疇稱韻律，在音樂領域稱節奏，而兩者均能使人對於感官的刺激而產生聯想，以下針對共感覺的相關研究進行重點說明。

## 相 關 研 究

### 一、音樂與色彩之共感覺研究

在共感覺研究領域的中，常用音樂與色彩做研究，又將音階與色彩、音色(調)與色彩、樂曲與色彩分為三種，將綜合不同學者對音樂與色彩之共感覺領域之研究整理為表 1。

二、應用音樂的共感覺概念於景觀路徑設計之研究

陳 (2006)以共感覺概念將音樂的「樂譜」類比成景觀「路徑」，藉心理情緒的測量方法，監測接受不同感官之間的音樂美感（聽覺上的音樂以及具有音樂意象的景觀路徑），情緒是否共通，從該論文可以發現：

- (一) 音樂聽覺確實能明確的引起人類的情緒悸動；音樂當中的音階確實能建立景觀路徑的坡度。
- (二) 個人特質如性別、年齡、教育程度、音樂經歷、個人心情、音樂偏好等因子皆有可能影響到受測者在音樂與路徑的感受上，產生不同的情緒。
- (三) 在性別部份，女性的共感覺程度比男性高。
- (四) 音樂聽覺與路徑視覺之情緒體驗，顯示愉悅度低的聽覺與視覺類型之間，較能透過共感覺概念，體驗到不愉悅的情緒。
- (五) 不同類型的路徑視覺中根據不同樂曲繪製的 3D 景觀路徑，即使是經由快樂輕快的樂曲所製成的路徑，受試者的情緒變化也未必會與樂曲所帶來的情緒符合。

表 1. 音樂與色彩之共感覺研究摘要表

Table 1. Related Studies About Music And Color Of Synesthesia.

| 分類                          | 研究者                | 樂器 (曲)       | 研究內容                                             |
|-----------------------------|--------------------|--------------|--------------------------------------------------|
| Classification              | Investigator       | Instrumental | Research content                                 |
| 音階與色彩<br>Scale And<br>Color | Langfeld<br>(1933) | 音階           | 音階與色彩共感覺實驗結果呈現色聽共感的一致性相當高，且當兩個音符同時合鳴，色彩也會跟著融合。   |
|                             | 野村順一<br>(1998)     | 音階           | 高音階會傾向於明亮色系，低音階則會傾向於暗色系，最強音會最接近該色彩，最弱音色彩則會變得較模糊。 |

(資料來源：本文整理)



表 1. 音樂與色彩之共感覺研究摘要表 (續)

Table 1. Related Studies About Music And Color Of Synesthesia (Continued).

| 分類<br>Classification    | 研究者<br>Investigator | 樂器(曲)<br>Instrumental | 研究內容<br>Research content                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                         | 劉亦岑與林廷宜<br>(2001)   | 音調<br>(各式聲音)          | 聲音與色彩轉換之研究，探討聲音與色彩的意象。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 音調與色彩<br>Tone And Color | 蘇文清等<br>(2006)      | 音調                    | <p>1. Rimsky 曾提出 C 大調為白色，A 大調為玫瑰色，G 大調為黃色，D 大調為橙黃色，E 大調為青色，B 大調為鐵灰色，升 F 大調為灰綠色，降 D 大調為灰黑色，降 A 大調為紫色，降 E 大調為深黑或灰藍色。</p> <p>2. Epstein 有提過 Alexander Scriabin 的音樂中，C 大調為紅色，A 大調為綠色，G 大調為橙黃色，D 大調為黃色，E 大調為青色，B 大調為鐵灰色，升 F 大調為藍色，降 D 大調為紫色，降 A 大調同為紫色，降 E 大調為明亮的鐵青色。</p> <p>Karl Zierz 表示對聲音的高、低音色感的知覺反應，實驗結果顯示當聽到低音階時，受測者看到的色卡顏色會變濃，色卡的顏色會偏藍或偏紅，當聽到高音階時，受測者看到的色卡顏色則會偏黃。</p> <p>3. 濱田誠提到聲音與色彩意象的聯想。以「聲音音調」為實驗聲響，並將色彩分為純色、清色、暗色與濁色調來深究色彩與音調的關聯性。</p> |

(資料來源：本文整理)

表 1. 音樂與色彩之共感覺研究摘要表 (續)

Table 1. Related Studies About Music And Color Of Synesthesia (Continued).

| 分類<br>Classification        | 研究者<br>Investigator              | 樂器 (曲)<br>Instrumental | 研究內容<br>Research content                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------|----------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 樂曲與色彩<br>Music And<br>Color | Karwoski and<br>Odbert<br>(1942) | 音樂樂曲                   | 研究中顯示約有 60% 的學生對於樂曲產生了色彩的聯想，證實了視聽共感覺的事實。                                                                                                                                                             |
|                             | 劉亦岑與林廷宜<br>(2001)                | 彈撥樂曲、廣播與重搖滾樂           | 聲音與色彩意象關聯性之研究探討聲音、樂曲與色彩意象的調查研究，藉由樂曲的播放來做色彩意象的聯結。                                                                                                                                                     |
|                             | 蘇文清等<br>(2006)                   | 古典音樂                   | 前人將多首古典樂曲擷取 30~90 秒的時間播放，再由受測者來選擇感覺相近的色彩。                                                                                                                                                            |
|                             | 胡惠君<br>(2007)                    | 旋律、節奏                  | 保羅克利發掘音樂組織，在視覺藝術的相對關係。                                                                                                                                                                               |
|                             | 林素淳<br>(2013)                    | 彼得與狼歌劇內的八種樂器           | 主角彼得的弦樂為黃色系的色彩意象；代表鳥的長笛明亮清澈、清脆柔和給人藍色系的色彩意象；代表鴨子的雙簧管尖銳細緻似鼻音，具田園風味給人橙色系的色彩意象；代表貓的單簧管 (豎笛) 音色多變，色彩意象為橙色系；代表爺爺的巴松管 (低音管) 音色低沉，略帶詼諧，給人紅色系的色彩意象；代表狼的法國號 (圓號) 淳厚、高雅給人黑色的色彩意象；代表獵人的木管溫厚透明、善於急速演奏，給人紅色系的色彩意象。 |

(資料來源：本文整理)

表 1. 音樂與色彩之共感覺研究摘要表(續)

Table 1. Related Studies About Music And Color Of Synesthesia (Continued).

| 分類                          | 研究者           | 樂器(曲)        | 研究內容                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------|---------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Classification              | Investigator  | Instrumental | Research content                                                                                                                                                                                                                  |
| 樂曲與色彩<br>Music And<br>Color | 王寶祥<br>(2014) | 節奏性不同的<br>音樂 | 設計科系與非設計系學生在色彩的選擇上有所不同，印證實驗假設有無設計背景對於配色的選擇會有所影響。設計科系的學生在色調的選擇上較多偏好原色的應用，無論哪種節奏的樂曲，設計科系學生皆多數偏好於黃色 (8Y)與其他色的搭配，並且以較快速度的樂曲選擇黃色 (8Y)於紅色 (2R)的搭配居多。而非設計科系的學生在色調的選擇上，較緩慢的樂曲較偏好較暗的色調，隨著節奏較快則選擇較明亮的色調，而最快節奏的樂曲則較偏好原色；在色相的選擇上，則偏好色相環的相近配色。 |

(資料來源：本文整理)

## 結 論 與 建 議

音樂中的節奏任務是發揮時間的機能作用，運用流動的機能去創在意象，經由理性與情感的匯合表現出完整的美感。無論在繪畫亦或是在景觀上，韻律美在重複中展現，不同的點、線、面、體、比例、紋理 (質感)和色彩等能產生不同的效果，更使整個畫面具有流動性，可提升畫面的視覺效果。故節奏並非音樂的專有名詞，其實設計中韻律的運用，貴乎「均衡中求變化，變化中求統一」。共感覺是串聯五感的橋樑；在人體感官中，以視覺和聽覺佔最大比例，在共感覺研究領域的中，常用音樂與色彩做研究，而在音階與色彩的研究指出音階越高偏亮色系，反之則為暗色系；音調與色彩中也能以不同的曲調也能與顏色產生關連；樂曲與色彩的研究中，也確實能引起人類色彩的意象，藝術家能發現音樂與視覺藝術之相關性。從景觀應用音樂的共感覺於路徑之研究可以發現女性共感覺程度相

較於男性來的多，即使是經由快樂輕快的樂曲所製成的路徑，受試者的情緒變化也未必會與樂曲所帶來的情緒符合。故針對於共感覺的相關研究還須深入探討，如共感覺的族群、共感覺的性別、共感覺的測驗等。

目前研究發現將共感覺運用於景觀之領域的研究非常少，但結果音樂與色彩的研究可以提供景觀與共感覺之間的相關性進行深入探討，如植物的色彩與音樂結合、景觀路徑與音樂結合等。因此，建議未來研究將驗證不同音樂之音階，應用於以植物（喬木和灌木）的色彩建構出的體驗空間，是否也能有視覺韻律般的美學效果，值得研究探討的課題。

## 參 考 文 獻

- 小形研三、高原榮重。1995。造園意匠論-綠地設施設計(王思慶譯)。臺北：田園城市文化事業有限公司。pp. 95-96。
- 王丹。2007。淺談構成藝術在景觀設計中的應用。山西建築 33(33): 351-352。
- 尤煌傑、潘小雪。2000。美學。臺北：空大出版社。99-100pp。
- 朱宗慶、陳月華。1988。節奏是什麼。師友月刊 252:50-51。
- 李毓馨。2015。視覺形式美感識能量表建構及有效化歷程-國中階段。國立臺北教育大學心理與諮商學系學位論文。
- 李安勝、李鳳寧、陳昀庭。2016。運用德爾菲專家評估法於維特拉設計博物館典藏之座椅造型形態與消費者認知探討。林產工業 35(3): 135-144。
- 林素淳。2013。色彩的共感覺應用於兒童無字圖畫書--創作研究—以交響樂「彼得與狼」為例。國立臺灣藝術大學圖文傳播藝術學系碩士班論文。
- 胡惠君。2007。具象與抽象之間-保羅克利的繪畫表現形式研究。未出版之碩士論文。國立新竹教育大學美術教育研究所論文。
- 張鵠香。2005。植物造景的美學原則。南京林業大學學報(人文社會科學) 5: 92-94。
- 張育碩。2008。音樂感受性與產品造形關係之研究-以燈飾為例。大同大學工業設計學系所學位論文。
- 張文平。2010。繪畫作品中的節奏與韻律。肇慶學院學報 1: 52-56。
- 曹暉。2009。視覺形式的美學研究。北京：人民出版社。pp. 64。
- 野村順一。1998。色彩的秘密—最新色彩學入門。東京：文藝春秋出版社。pp. 10
- 陳俊宏、楊東民。1998。視覺傳達設計概論。臺北：全華科技圖書股份有限公司。
- 陳宏洋。2006。應用音樂的共感覺概念於景觀路徑設計之研究。國立中興大學園藝學系碩士學位論文。
- 黃健豪、郭文貴。2008。建立色彩意象與音樂意象關係可行性之研究-以鋼琴獨奏旋律為例。華岡紡織期刊 15(4): 411-416。

- 黃境林。2012。景觀設計的形式美規律。華章 15: 287。
- 黑澤隆朝著。1999。樂理(邵義強譯)。臺北：全音樂譜出版社。pp. 6。
- 楊杰。2010。城市公園景觀序列設計手法探討。中國新技術新產品 10: 78。
- 雍自鴻。2008。色彩的共感覺。蘇州大學學報(工科版) 27: 42-44。
- 趙楠。2013。探討影響景觀空間三要素。城市建設理論研究 19: 1-1。
- 劉亦岑、林廷宜。2001。聲音與色彩的轉換之研究。亞細亞基礎造型聯合學會之韓國大會。韓國：漢城。
- 歐聖榮。1997。造園(下)。臺北：三民圖書有限公司。pp. 22。
- 謝奇。1982。論音樂節奏。復興崗學報 28: 463-477。
- 謝奇。1994。論節奏在組合中的美感。復興崗學報 53: 265-282。
- 譚元亨。2009。流變中的廣州城市天際輪廓線。城市觀察 2: 182-188。
- 蘇文清、嚴貞、李傳房。2006。聲音與色彩意象之共感覺研究-以中國氣鳴樂器吹孔類(笛與簫)為例。人文暨社會科學期刊 2: 13-23。
- Bautista, A. and W. M. Roth. 2012. The incarnate rhythm of geometrical knowing. J. Math. Behav. 31(1): 91-104.
- Chan, C. S. 2012. Phenomenology of rhythm in design. Front. Archit. Res. 1: 253-258.
- Garden and landscape design .2015. Encyclopedia Britannica Online Form. <<https://goo.gl/bYkhab>>.
- Gumbrecht, H. U. 1988. Rhythmus und Sinn. Materialität der Kommunikation 714-729。
- Karwoski, T. F., H. S. Odbert, and C. E. Osgood. 1942. Studies in synesthetic thinking : II. The role of form in visual responses to music. J. Gen. Psychol. 26(2): 199-222.
- Langfeld, H. S. 1933. The historical development of response psychology. Science 77: 243-250.
- Lauer, D. A. and S. Pentak, 2011. Design basics. 8<sup>nd</sup>. Cengage Learning, Boston. pp. 42-50.
- Norman, K. B. and E. H. James。2002。住宅景觀建築-私人住宅的設計程序(蔡靜嫻譯)。臺北：六合出版社。pp. 103-108。
- VanDerZanden, A.E. and S. N. Rodie, S.N。2011。景觀設計-原理與應用(李麗雪譯)。臺北：六合出版社。pp. 146-169。
- Walker, T. D.。1995。植栽設計(洪得娟譯)。臺北：地景企業股份有限公司。pp. 9-11。

## Preliminary Discussion the Relationship between Auditory and Visual Rhythm

Yun-Wen Chen <sup>1)</sup>      Sheng-Jung Ou <sup>2)</sup>

Keyword : Form, Rhythm, Synesthesia

### Summary

Rule of form is always an important role. There will be works of art that have been passed down through the ages. The rhythm produces harmony through repetitive, continuous fluctuations. Rhythm is not only music, it can be seen everywhere in life (pictures, landscapes, etc.), and it stimulates the senses to produce different emotions. Synesthesia is defined as when any sense to be stimulated, in addition to causing immediate reaction to the system that it also causes resonance in other sensory systems. Auditory and visual rhythm will produce the same emotions by Synesthesia. Such as different shades of color and variations have different scales or tone of the association, like Yellow that color make people feel the high-pitched sound or the trumpet. Corresponding to the color and tone will have a similar emotional experience. Not all visual elements can produce synesthesia, for example, the path made according to the fluctuations of happy music that haven't felt happy emotional. Therefore, this study uses the auditory and visual rhythm and review the synesthesia literature and case analysis to explore the use and benefits. Finally, the study proposed relevant literature of conclusion and suggestion.

---

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

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.



# 興大園藝

## 第四十三卷 第三期

- Effect of Storage Temperature on Shelf-life of Banana (*Musa* spp., AAA Group, Cavendish Subgroup) at Ripened Stage  
.....K. Supannaklang, and C. C. Shiesh.....1  
以熱療法進行'陽光麝香'葡萄組培苗去病毒  
.....謝鎰枰 謝慶昌.....15  
採後 GA<sub>3</sub> 處理對不同成熟度鳳梨果實之影響  
.....翁浚騰 謝慶昌.....29  
番茄及瓜類植株製成快速堆肥於蔥 (*Allium fistulosum* L.)育苗上的應用  
.....吳立烽 宋 好.....37  
水楊酸預處理'河童盛夏 11 號'及'和生美'花胡瓜 (*Cucumis sativus* L.)  
種子對幼苗耐寒性之影響  
.....石盛文 黃三光.....53  
肉桂油及 pH 值對蝴蝶蘭苗水苔介質殺蟲檢疫及根部之影響  
.....詹凱竣 林慧玲.....69  
四季秋海棠之多倍體化  
.....游宏程 潘怡君 陳彥銘.....77  
利用極樂鳥花 (*Kalanchoe beauverdii* Hamet) 開發長壽花切花品種  
.....謝伯泓 林深林 朱建鏞.....87  
應用分析網路程序法於水田變遷驅動因子分析  
.....賴俞均 陳思宏 吳振發.....99  
植物觸覺感受分類  
.....柯炳如 陳俊淦 歐聖榮.....113

國立中興大學園藝學系編印

中華民國一〇七年九月



## Effect of Storage Temperature on Shelf-life of Banana (*Musa* spp., AAA Group, Cavendish Subgroup) at Ripened Stage

Kritsada Supannaklang<sup>1)</sup> Ching-Chang Shiesh<sup>2)</sup>

Key words: Banana, Low-temperature storage, Browning

### Summary

The bananas at ripened stage are associated with susceptibility toward softening, discoloration and decay. It is difficult to extend their shelf life and prevent postharvest losses in fruits. The temperature is the most important factor affecting banana storage. The aim of this study is to evaluate the effect of different storage temperatures on the color change, fruit firmness, ethylene production and respiration rate in banana at ripened. Banana fruits at ripened stage 4 (4<sup>th</sup> stage) of *Musa* spp., Giant Cavendish, and AAA Group 'Pei Chiao' were stored at 10°C, 15°C, 20°C and room temperature (25 ± 2°C) for 6 days. The 15°C treatment resulted in higher value of color change than 10°C, 20°C and control treatment. Fruits stored at 10°C and 15°C showed high value in fruit firmness and lower value in ethylene production and respiration rate throughout 6 days, respectively. These results demonstrated that low temperature may extend the shelf-life of bananas after ripening. On the other hand, in 10°C treatment, the pulp of banana fruit was unripe and the peel was not completely turn to yellow. Our results suggested that 15°C was suitable for storage of banana at ripened stage as compared with other treatments.

### Introduction

*Musa* spp., AAA Group 'Pei-Chiao', Cavendish Subgroup are the main commercial varieties of banana. The Cavendish subgroup have set the standards in terms of taste, yield and post-harvest characteristics expected of an export banana (Promusa, 2006). In 2016, world

---

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

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

production of banana fruits was estimated at more than 113 million tons (FAOSTAT, 2016). In Asia, The Philippines account for approximately 87 percent of total export volumes from Asia (FAO, 2017). In Taiwan, the main varieties of banana are 'Giant Cavendish' (Cavendish group, AAA), which has the best quality, excellent tasting and has been a focus for export to Japan (Chen and Chao, 2004). The principal planting area is in Pingtung County, southern of Taiwan, with planting areas around 3,435 hectares.

In general, banana is transported from the place of production to far places for purchasing and consumption (Ilyas *et al.*, 2007). The flesh bananas after ripening suffer from post harvest loss in both quality and quantity during marketing period. The quality losses are mainly due to biological deterioration including ethylene production, high respiration rate, compositional changes, high enzyme activity and many others (Humble and Reneby, 2015; Kader, 2004). Moreover, they may also result from the effect of environmental factors such as temperature, humidity, and the concentration of ethylene and carbon dioxide. The quality losses are shown as fruit softening, loss of aroma, senescence spot, decay and microorganism growth. The quantity losses are of greater concern in developing countries.

Therefore, the postharvest handling technology was developed and played a key role to solve this problem. Low temperature treatment is the most commonly used technique to store horticulture commodity to retard senescence, reduce respiration rate and ethylene production (Hailu *et al.*, 2013).

The objective of this study is to investigate the effect of temperature storage, on extension shelf-life of 'Pei-Chiao' banana fruit at ripened stage.

## **Materials and methods**

### **1. Plans materials**

Banana fruit (*Musa* spp., Giant Cavendish, AAA Group) at yellow ripening stage (4<sup>th</sup> stage More yellow than green) was obtained from a commercial ripening room located at Guozhong road, Dali district, Taichung city, Taiwan then transported to Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Banana fruit was separated and selected for uniformity of shape, color, size for use in the experiment.

### **2. Experiment**

The banana fruits were separated into 4 groups and stored in difference temperatures, fruits in the first group were stored at room temperature (25±2°C) as the control group and fruits from the second to the fourth group were stored at 10, 15 and 20°C, respectively. All of the treatments

were treated for 6 days and samples were collected every day to investigate ethylene production, respiration rate, and browning occurrence. Whereas, the fruit firmness and color measurement were determined on 0, 2, 4, and 6 days during the treatment period.

### 3. Firmness

The firmness of pulp was measured at three different location, which includes high, middle and low portion of banana fruit. On each fruit, the peel were separated from pulp before being subjected to the measurement by using Sun Rheo Meter (COMPAC-100, Sun Scientific Co., Ltd., Tokyo, Japan). The probe was driven into the fruit at the rate of 100 mm/min to a depth of 10 mm from the fruit surface by using a 5 mm diameter flat probe and expressed as kg.

### 4. Color measurement

Peel color measurement includes lightness, chroma and hue angle value. Four individual banana fruits were used for determination of peel color and the measurement was performed at three different locations around the center of the fruit peel by using a Hunter Lab Scan colorimeter (MiniScan XE Plus, MSXP-4500S, USA). Results were presented as L\* denoted the lightness or darkness, C denoted Chroma and H° denoted Hue angle which is converted from L\*, a and b.

### 5. Browning index

Browning spot was evaluated by using a score index. The score was visually determined from the percentage of banana fruit surface with spots with a scale from 1 to 6; 1 for no browning, 2 for 1-20%, 3 for 21-30%, 4 for 31-50%, 5 for 51-80% and 6 for 81-100% browning. The attributes of brown spot was calculated as below:

Browning =  $\sum (\text{number of browning spots in given score} \times \text{score value}) / \text{total number of banana fruit surface (cm}^2\text{)}$

### 6. Determination of ethylene production

Ethylene production was measured, by placing one fruit into a 2.0 L airtight acrylic jar with a rubber stopper then incubated for 2 h at 25°C. A 1.0 mL of gas sample was withdrawn from headspace of the airtight acrylic jar by using a syringe and injected into a gas chromatograph [Shimadzu, Model GC-8A, Japan, with a flame ionization detector (FID)]. The injector temperature was 130°C, the column temperature was 90°C and the detector temperature was 130°C. The ethylene production was calculated by  $[(\text{Sample peak height (cm)} \times \text{fold}) - (\text{Air peak height (cm)} \times \text{fold}) / (\text{Standard peak height (cm)} \times \text{fold})] \times \text{Standard conc. (ppm)} \times (\text{Volume (L)} / \text{Fresh weight (kg)})$  and ethylene production was expressed as  $\mu\text{L C}_2\text{H}_4.\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ .

### 7. Determination of respiration rate

Respiration rate was measured, by placing one fruit into a 2.0 L airtight acrylic jar with a rubber stopper then incubated for 2 h at 25°C. A 1.0 mL of gas sample was withdrawn from

headspace of the airtight acrylic jar by using a syringe and injected into an infrared gas analyzer (IR-analyzer, Maihak, Model UNOR 610). The respiration rate was calculated by  $[(\text{Sample peak height (cm)} - \text{Air peak height (cm)}) / \text{Standard peak height (cm)}] \times \text{Standard conc.} \times 10 \times (\text{Volume (L)} / \text{Fresh weight (kg)})$  and respiration rate was expressed as  $\text{mLCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ .

#### 8. Statistical analysis

The statistical analysis was performed by using SAS 9.0 (Institute Inc., 2000) and the data was subjected to one-way analysis of variance (ANOVA) for a completely randomized design (CRD) statistical model. Mean values among treatments were compared by least significant difference (LSD) range test at the 5% ( $p \leq 0.05$ ) level of significance.

### Results

The change in color from green to yellow continued to increase during the storage period (Fig. 1-2).

A faster change in color was shown in control and 20°C treatment compared to 10°C and 15°C treatment. After 2 days of storage in control and 20°C, L\* and C\* values were decreased. On the other hand, the L\* and C\* values in 10°C and 15°C treatment were gradually increased throughout 6 days of storage. The low temperature plays a role in the color change of banana fruit by retarded ripening. The treatment of 10°C and 15°C had higher hue angle value in comparison with the control and 20°C treatment (Fig.3).

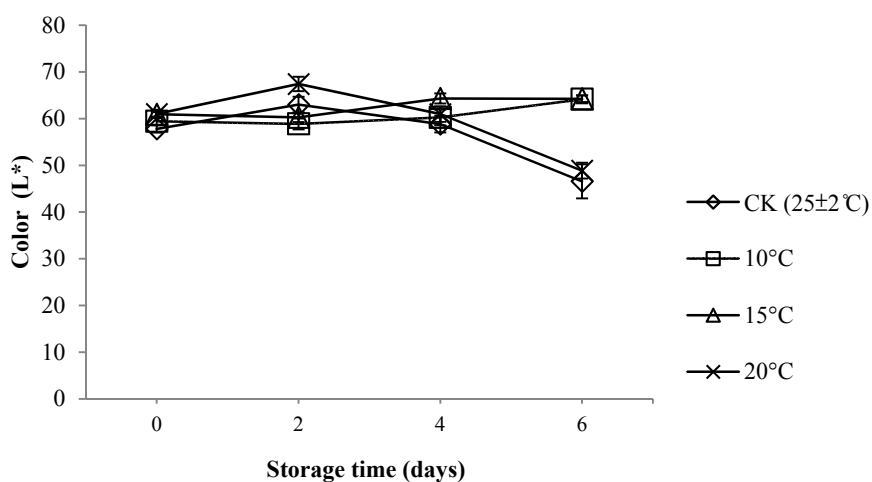


Fig. 1. Effect of storage temperature (CK 25±2, 10, 15 and 20°C) on color change (Lightness) of banana fruit at ripened stage.

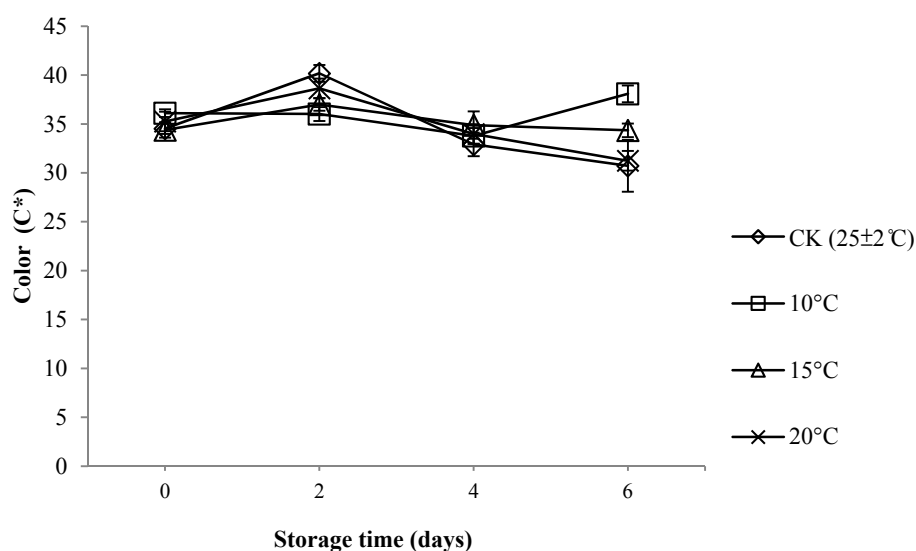


Fig. 2. Effect of storage temperature (CK 25±2, 10, 15 and 20°C) on color change (Chroma) of banana fruit at ripened stage.

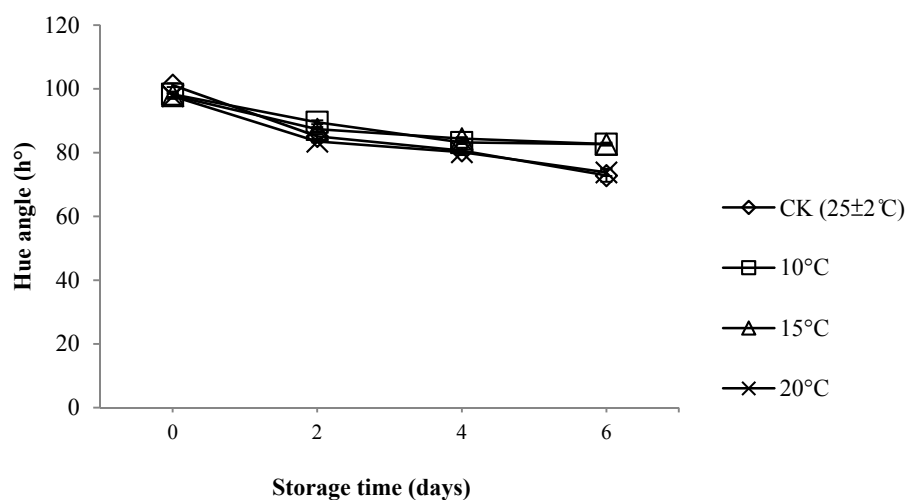


Fig. 3. Effect of storage temperature (CK 25±2, 10, 15 and 20°C) on color change (Hue angle) of banana fruit at ripened stage.

Results from this study indicated that the hue angle value at high temperature was declined during storage. Results from storage temperature experiment suggested that two low

temperature treatments (10°C and 15°C) showed positive result of maintaining the coloration value (lightness, chroma, and hue angle value) in banana fruit as compared with the control and 20°C treatment.

Effect of storage temperature on browning index and the appearance of banana fruit at ripened stage were shown in Fig. 4-6.

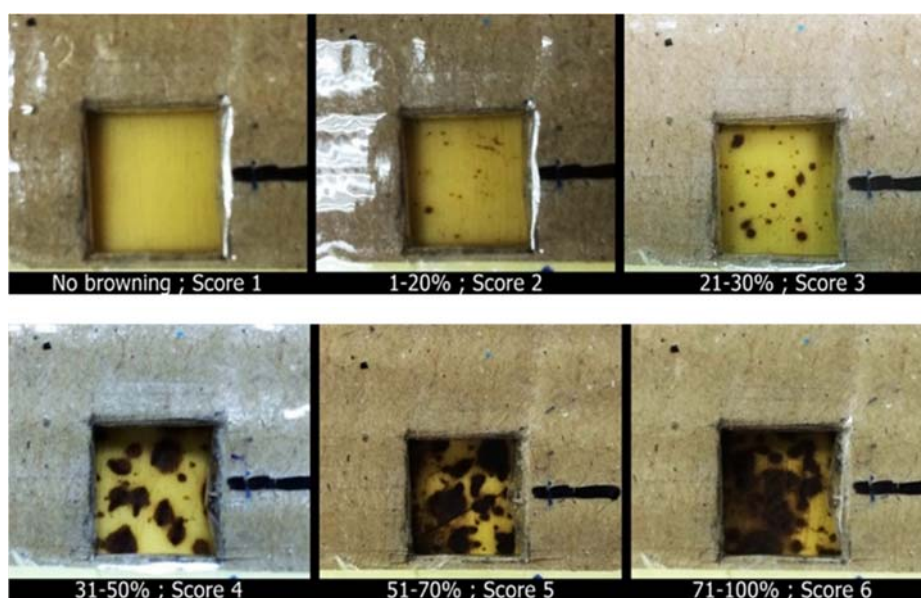


Fig. 4. The scales of browning index or senescence spot index of banana fruit at ripened stage; score 1, no browning; score 2, 1-20%; score 3, 21-30%; score 4, 31-50%; score 5, 51-70% and score 6, 71-100%.

On storage day 2, the control (CK 25±2°C; score 1.75) began to show browning, while no significant difference in the browning was observed in 10°C, 15°C and 20°C treatment (score; 1.00, 1.00 and 1.00, respectively). Moreover, a continuous increase in browning was noticed throughout the storage in control fruits (CK 25±2°C). Whereas, the browning index was significantly suppressed in 10°C and 15°C treatments compared with 20°C treatment and control (CK 25±2°C) starting from storage day 3 until the end of storage. Furthermore, our results revealed that chilling injury symptoms appeared on the peel of banana fruits as characterized by dull or dark brown streaks and failure to ripen in 10°C treatment.

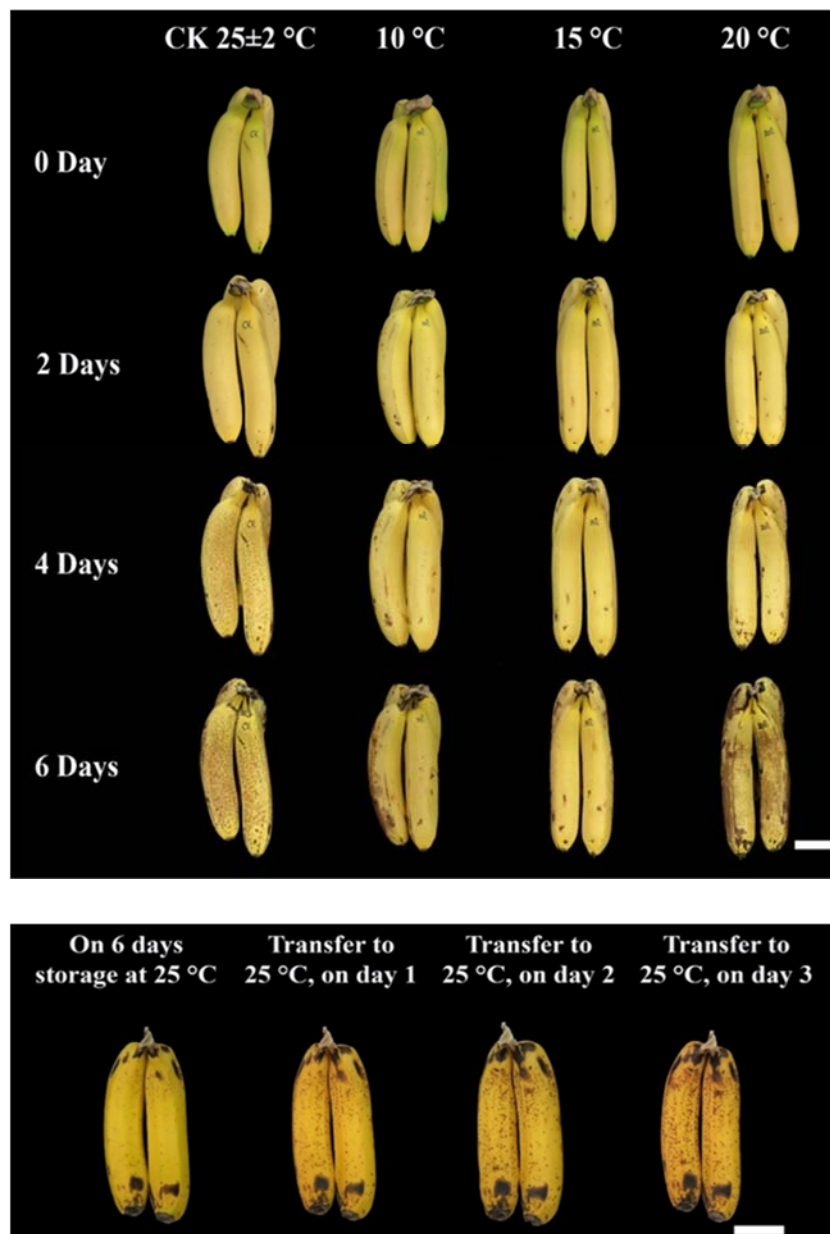


Fig. 5. Effect of storage temperature (CK 25±2, 10, 15 and 20°C) on the appearance of banana fruit at ripened stage (above) and effect of storage temperature at 15°C for 6 days then transferred to 25°C for 3 days (below) on the appearance of banana fruit at ripened stage (with bar = 5 cm).

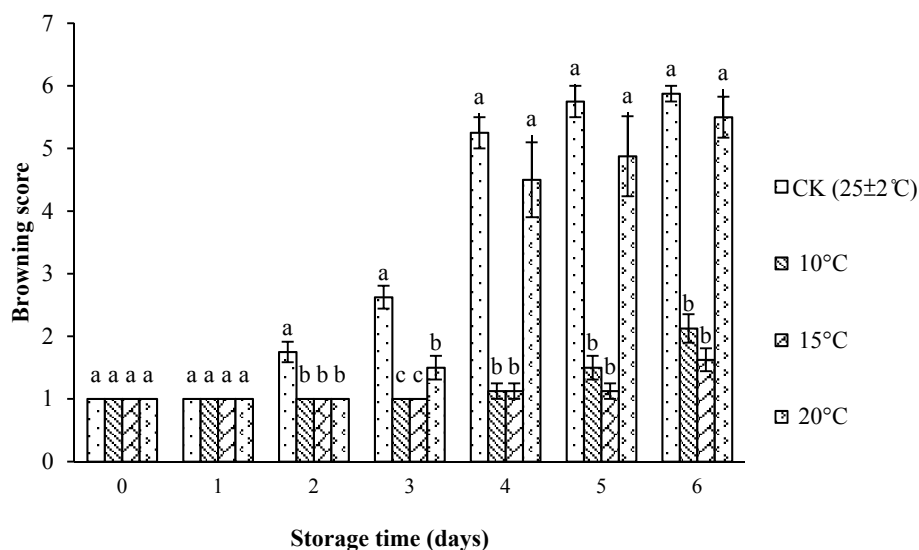


Fig. 6. Effect of storage temperature (CK 25±2, 10, 15 and 20°C) on browning index of banana fruit at ripened stage.

The best treatment during storage period was the 15°C treatment by having a slight browning, however after being transferred to 25°C, browning symptoms occurred within 1 day. These results demonstrated that the low-temperature treatment may reduce or delay the browning in banana fruit at ripened stage.

Effect of storage temperature on the firmness of banana fruit at ripened stage as shown in Fig. 7 On 0 day, all of treatments no significant different in fruit firmness whereas during storage the fruit firmness was decreased throughout 6 days. On day 2, the control (CK 25±2°C) treatment was rapidly decreased in firmness, while in 10°C and 15°C treatment were gradually decreased in firmness. Since on day 4 until the end of the storage in 10°C and 15°C treatment were significantly retained in fruit firmness compare with control (CK 25±2°C) and 20°C treatment. This demonstrated that the low-temperature (10°C and 15°C) could retain in fruit firmness of banana fruit at ripened stage. Effect of storage temperature on ethylene production of banana fruit at ripened stage was shown in Fig. 8, throughout 6 days of storage in the control (CK 25±2°C) treatment, ethylene production was rapidly increased. While in the 10°C, 15°C and 20°C treatments ethylene production as gradually increased throughout the storage period. There was an ethylene peak on the 4<sup>th</sup> day in the control (CK 25±2°C), 10°C, 15°C and 20°C treatments (5.31, 0.80, 1.20 and 2.01  $\mu\text{L C}_2\text{H}_4.\text{kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ , respectively).



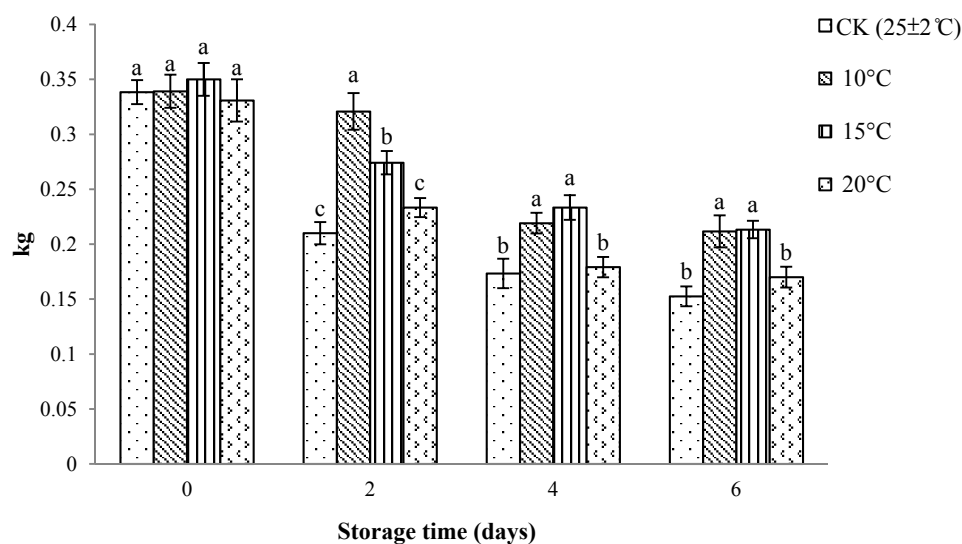


Fig. 7. Effect of storage temperature (CK 25±2, 10, 15 and 20°C) on fruit firmness of banana fruit at ripened stage.

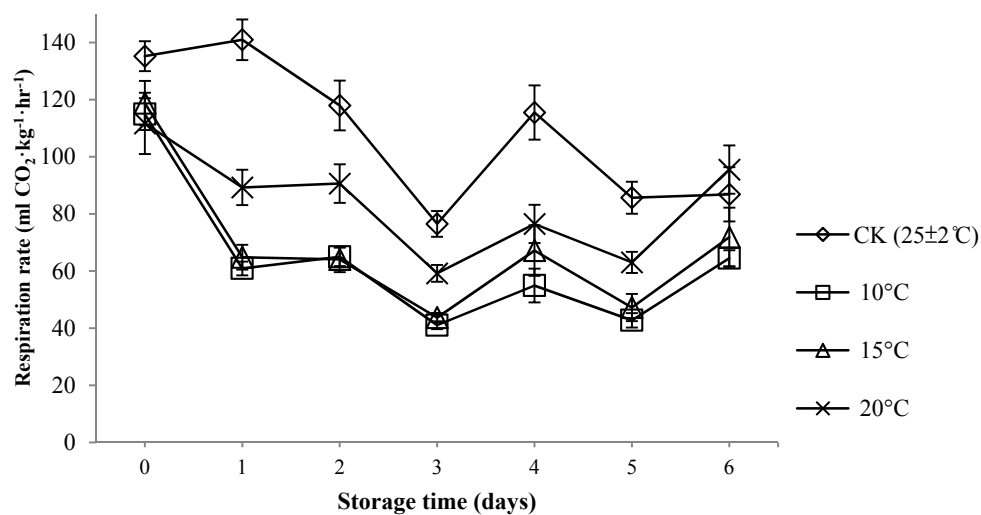


Fig. 8. Effect of storage temperature (CK 25±2, 10, 15 and 20°C) on ethylene production of banana fruit at ripened stage.

Similar to ethylene production, there was one respiration peak in the all treatments on the 4<sup>th</sup> day with control (CK 25±2°C) treatment having the highest respiration rate (115.52 mL CO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>) as shown in Fig. 9. Whereas, in the 10°C and 15°C treatments, the respiration rate (54.92 and 67.12 mL CO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>, respectively) were lower. These results demonstrated that the low-temperature (10°C and 15°C) may inhibit ethylene production and respiration rate of banana fruit at ripened stage.

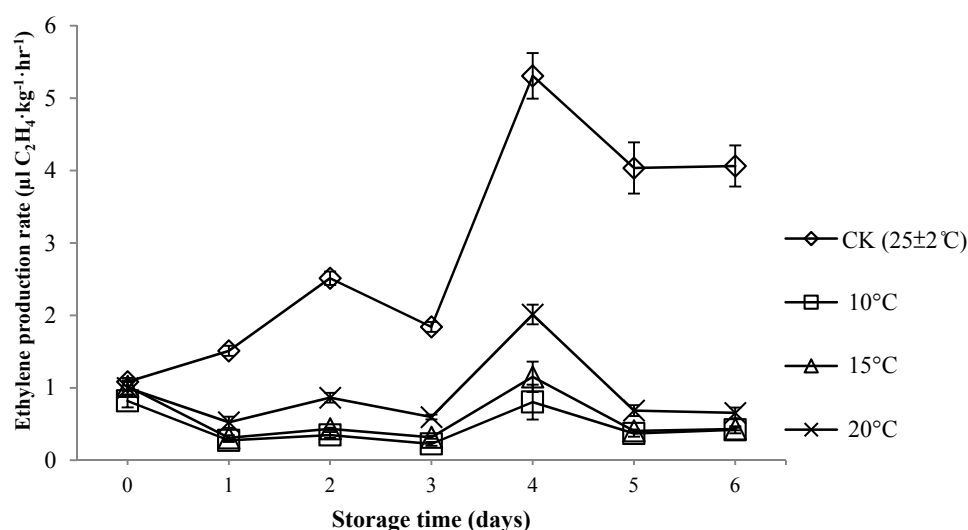


Fig.9. Effect of storage temperature (CK 25±2, 10, 15 and 20°C) on respiration rate of banana fruit at ripened stage.

## Discussion

Wang and Camp (2000) reported that low temperatures caused retard development of fruit color than high temperatures. This report is consistent with our results in which the treatments of 10°C and 15°C had a positive result in maintaining the color change (lightness, chroma, and hue angle value) in contrast with the control and 20°C treatments. Meanwhile, Porat *et al.* (2001) studied the peel of citrus fruit and observed that low temperature could inhibit chlorophyll degradation and that may explain why low temperature may maintain the color change in fruits.

The 10°C and 15°C treatments also displayed a significant decrease in browning of

banana fruit. Trakulnaleumsai *et al.* (2006) studied the effect of temperature on peel spotting in 'Sucrier' banana fruit and found that 12°C may decrease peel spotting and delay color change in the peel of banana fruit which might be due to the temperature effect on enzyme activity. Nonetheless, we found that chilling injury symptoms on the peel of banana fruits as characterized by dull or dark brown streaks and failure to ripen may occur in the 10°C treatment. Similar to the browning results, the fruit firmness in 10°C and 15°C treatment was gradually decreased and significantly retained when compared to the control (CK 25±2°C) and 20°C treatment. These results demonstrated that lower temperature plays an important role to slow down fruit browning process and changes in fruit firmness.

The low temperature treatment were the most common technique for commodity storage because it may retard senescence, reduce enzymatic processes including suppressed ethylene production and respiration rate (Hailu *et al.*, 2013). In this study, we investigated the effect of storage temperature on ethylene production and respiration rate of banana fruit at ripened stage. Our results showed that in the 10°C and 15°C treatments, ethylene production and respiration rate were lower throughout the storage as compared with the control (CK 25±2°C) and 20°C treatments. Results from this study were consistent with Yang *et al.*, (2013) study on low temperature induces chilling tolerance in 'Hayward' kiwifruit, where they observed that low temperature (12°C for 3 days) may significantly alleviate chilling injury in kiwifruit by maintaining lower ethylene production and respiration rate. Low temperature has been reported to reduce oxygen (O<sub>2</sub>) levels and increase carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) levels around the commodity (Irtwange, 2006). In terms of respiration rate, low temperature might play a role in interrupting respiration in plant cells (Platenius, 1942). Results from this study indicated that the 15°C treatment was the best treatment to extend the shelf-life of banana fruit at ripened stage. In addition, the 15°C treatment might achieve a storage life of more than 6 days without moving to the room temperature. In case of moving to the room temperature for only one day, the banana fruit may develop the browning symptoms on the peel of the fruit.

## References

- Chen, C. H. and C. P. Chao. 2004. Recent R&D of banana in Taiwan. Advancing banana and plantain R&D in Asia and the Pacific. Vol. 13: 159-162.
- FAO website, Food and Agriculture Organization of the United Nation (Banana world exports). 2017. <<http://www.fao.org/economic/est/est/>>.
- FAOSTAT website, Food and Agriculture Organization of the United Nation. 2016. <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>.

- Hailu, M., T. S. Workneh, and D. Belew. 2013. Review on postharvest technology of banana Fruit. *Afr. J. Biotechnol.* Vol. 12(7): 635-647.
- Humble, S. and A. Reneby. 2014. Post-harvest losses in fruit supply chains. Swedish Agricultural University. 66pp.
- Ilyas, M. B., M. U. Ghazanfar, M. A. Khan, C. A. Khan, and M. A. R. Bhatti. 2007. Postharvest losses in apple and banana during transport and storage. *Pak. J. Agri. Sci.* 44(3): 534- 539
- Irtwange, S. V. 2006. Application of modified atmosphere packaging and related technology in postharvest handling of fresh fruits and vegetables. *Agric. Eng. Inter: CIGR Journal.* (8): 1-13.
- Kader, A. A. 2004. Postharvest technology of horticultural crops. University of California Agriculture and Natural Resources. Vol. 3311.
- Platenius, H. 1942. Effect of temperature on the respiration rate and the respiratory quotient of some vegetables. *Plant Physiol.* 17(2): 179.
- Porat, R., X. Feng, M. Huberman, D. Galili, R. Goren, and E. E. Goldschmidt. 2001. Gibberellic acid slows postharvest degreening of 'Oroblanco' citrus fruits. *Hort Sci.* 36(5): 937-940.
- Promusa website. ProMusa Mobilizing banana science for sustainable livelihoods. 2006. < <http://www.promusa.org/article6-About-ProMusa>>.
- Trakulnaleumsai, C., S. Ketsa, and W. G. Van doorn. 2006. Temperature effects on peel spotting in 'Sucrier' banana fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 39(3): 285-290.
- Wang, S. Y. and M. J. Camp. 2000. Temperatures after bloom affect plant growth and fruit quality of strawberry. *Sci. Hortic.* 85(3): 183-199.
- Yang, Q., Z. Zhang, J. Rao, Y. Wang, Z. Sun, Q. Ma, and X. Dong. 2013. Low-temperature conditioning induces chilling tolerance in 'Hayward' kiwifruit by enhancing antioxidant enzyme activity and regulating endogenous hormones levels. *J. Sci. Food Agric.* 93(15): 3691-3699.

## 溫度對延長香蕉後熟後櫥架壽命的影響

唐 先 達<sup>1)</sup> 謝 慶 昌<sup>2)</sup>

關鍵字：香蕉、低溫儲存、褐化

**摘要** 催熟後的香蕉易伴隨軟化、變色和腐爛，因而難以延長櫥架壽命，造成採收後損失，其中貯藏溫度為最重要的條件因子。本研究目的是評估不同溫度貯藏對香蕉後熟後顏色、果實硬度、乙烯產量和呼吸速率的影響。供試材料為催熟後之 4 級北蕉'Pei Chiao'果實，貯藏在 10°C、15°C、20°C 和室溫 (25±2°C) 6 天後進行調查。其中以貯藏在 15°C 之果實果皮轉色最佳，優於 10°C，20°C 和室溫。貯藏於 10°C 和 15°C 之果實硬度較高而乙烯生成率及呼吸率較低，顯示，低溫可延長後熟香蕉之櫥架壽命。然而，經 10°C 處理之香蕉，有果肉未軟化、果皮未完全轉黃等不良品質表現。因此，本研究結果顯示，後熟香蕉貯藏於 15°C 具有較長櫥架壽命。

---

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

2) 國立中學大學園藝學系副教授，通訊作者。



## 以熱療法進行'陽光麝香'葡萄組培苗去病毒

謝 鎧 枰<sup>1)</sup> 謝 慶 昌<sup>2)</sup>

關鍵字：葡萄、熱療法、去病毒、健康種苗

**摘要：**熱療法是將帶有病毒之植株放置於 35-54℃ 的環境中數天至數週，使某些病毒在熱逆境下呈現不穩定，植物組織中的病毒部分被鈍化或完全失去活性。本研究乃利用組織培養的方法建立'陽光麝香'葡萄瓶苗，以提供熱療法進行去病毒處理，將獲得之無病毒苗供大量繁殖及生產健康種苗使用。以 37℃ 進行熱療法去病毒，處理 30、35、40 及 45 天後其莖頂存活率均在 90% 左右，而植株再生率及每 4 週繼代存活率則以處理 30 天最低。經處理 30、35、40 及 45 天後，組培苗之 GLRaV-3 去病率均為 100%；在 GLRaV-3 感染程度上，以處理 45 天後之組培苗其檢測之吸光值是平均來得較低，顯示以 37℃ 熱療法處理 45 天後，應可獲得高比例之無特定病毒健康種苗。

### 前 言

'陽光麝香'葡萄(*V. labruscana* Bailey × *V. vinifera* L cv. Shine Muscat)，為歐美雜交二倍體鮮食品種，由日本於 2006 年進行品種登記，該品種果實外觀呈黃綠色、果粒大、糖度高、酸味少、果皮可食用且具有特殊香氣(Yamada *et al.*, 2008；王等，2010)，可引進台灣作為葡萄產業具推廣潛力之品種。在栽培過程中其葉片會表現出畸形、捲縮及褪綠斑駁等症狀，婁等人(2017)也指出'陽光麝香'葡萄的葉片畸形、生長緩慢等症狀可能與病毒病存在一定的關係。在引種過程中，需針對感染病毒這一點來執行葡萄之去病毒處理，因此，推廣與栽種'陽光麝香'葡萄苗木的首要條件為生產無病毒之健康種苗。

熱療法是將帶有病毒之植株放置於 35-54℃ 的環境中數天至數週(Panattoni *et al.*, 2013)，大部分於 36-38℃ 下進行 21-35 天，能夠干擾或抑制某些病毒的複製(George, 1993；Knapp *et al.*, 1995)。因此，在高溫處理環境下，加速植物細胞生長，使新生之莖頂組織受病毒感染的比例降低(Walkey, 1980；許等，2011)，亦能配合莖頂組織培養，切取較大的培植體，

---

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。

提高培植體存活率，作為組織培養大量繁殖之用(Maliogka *et al.*, 2009)。

本研究係利用組織培養的方法建立瓶苗，以熱療法配合莖頂組織培養進行去病毒處理，並將組培苗出瓶馴化，獲得之無特定病毒健康種苗再藉由組織培養建立無病毒母瓶，供大量繁殖及生產健康種苗使用。

## 材 料 與 方 法

### 一、試驗材料

#### (一) 植物材料

本試驗之植物材料為栽植於台中縣霧峰鄉中興大學葡萄中心之田間與溫室'陽光麝香'葡萄(*V. labruscana* Bailey × *V. vinifera* L. cv. Shine Muscat)扦插繁殖之植株，以盆栽方式種植，供試植株依一般田間管理，於2017年3月至6月採取春、夏季副梢之腋芽作為初代培養之培植體。

#### (二) 基本培養基之配製及培養環境

初代培養基參照張氏(1986)之方法，基本培養基之配方為1/2MS鹽類，成分包括大量元素、微量元素、鐵源及有機酸和維生素。初代培養基中添加之植物生長調節物質包括BA、kinetin、adenine及NAA；發根培養基只添加2 mg/L之IBA。基本培養基中添加蔗糖30 g/L及洋菜8 g/L；發根培養基另添加0.2 g活性碳。培養基於加入洋菜及高溫殺菌之前pH值以0.1N的NaOH或HCl調整為5.6-5.8。初代培養階段使用50 mL玻璃指形瓶，每瓶分裝15 mL培養基；發根培養之容器為500 mL之三角瓶，每瓶分裝90 mL培養基。培養基配製完成後瓶口以雙層鋁箔紙加封，置於高溫高壓殺菌釜內，以1.05 kg/cm<sup>2</sup>之壓力，121℃高溫滅菌15分鐘。培養室環境條件為溫度25±1℃，光源為植物燈和日光燈以1:1之比例組成，光強度為2500-3000 lux，每日光照16小時、暗期8小時。

#### (三) 熱療法之供試材料

取自初代培養所得之芽體以發根培養基繼代，每代時間為30日，熱療法處理30天之培植體，只經1次繼代，其餘處理皆經2-3次繼代之後，切取新生長之幼嫩枝梢作為培植體，以瓶苗為供試之材料。

### 二、試驗方法

#### (一) 熱療法配合莖頂組織培養去病毒試驗

處理前將培植體繼代至新鮮發根培養基，置於培養室2至3週，培養環境條件為溫度25±1℃，光強度為2500-3000 lux，每日光照16小時、暗期8小時。經2至3週後，待培植體頂芽恢復生長，分別將瓶苗移入日夜溫皆為37±1℃之恆溫調節箱中進行處理，以不同天數進行處理，分為30、35、40及45天4種處理，熱療法處理期間光照條件同前，恆溫調節箱內光強度則為2100-2200 lux。熱療法處理結束後切取2 mm (0.2 cm)大小之莖頂(圖



1)，植於發根培養基並移至  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$  環境下培養，8 週後再繼代 1 次，爾後每 4 週繼代，待根系發育、植株葉片開展即可將瓶苗出瓶。熱療法處理結束後調查莖頂存活數量、存活率(每處理各個莖頂存活之比率)、8 週後植株再生數量、再生率(每處理各個莖頂再生之比率)、每 4 週繼代存活數、繼代存活率(每處理各個莖頂繼代存活之比率)。整個試驗過程以單一培植體為處理單位，避免交互感染，試驗進行 1 重複。

## (二) 組織培養苗之馴化

將組織培養苗自蘭花瓶取出，以清水沖洗去除根部殘餘之培養基後，將小苗移植到五吋盆中，並添加栽培介質，培養環境為溫度  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，光強度 3400-3500 lux 之生長室，每 5 天澆水一次保持介質濕度(第一週在盆上覆蓋塑膠杯，第二週將塑膠杯斜放透氣，第三週則將塑膠杯除去，並移出生長室且置於室內之部分照光區域)，於移植四週後調查植株之存活率，馴化後移入雙層防蟲網室中隔離，依需要進行病蟲害之化學藥劑防治，並將栽種於田間之‘陽光麝香’葡萄成樹作為對照組，同時間點採取植株葉片作為檢測樣本，以雙層夾心式酵素連結抗體檢測法(Double-Antibody Sandwich ELISA, DAS-ELISA)檢測病毒感病情形並計算去病率。

## (三) 病毒檢測方法

於 107 年 6 月 6 日採樣後，進行 GVA、GFLV、GLRaV-1 及 GLRaV-3 四種病毒的檢測。在田間採取疑似病毒感染病徵之植株含葉柄之新葉及老葉，共調查 10 株葡萄成樹，在網室中採取經熱療法處理之組織培養苗含葉柄之新梢及老葉，共調查 35 株葡萄苗。採取之葉片放入夾鏈袋中並標示清楚採取日期、植株編號及葉片所在植株部位，成樹及組織培養苗亦綁上吊牌標示，以利檢測後的定期追蹤，採取後立即送回種苗改良繁殖場進行分樣處理。

抗血清的來源購自 BIOREBA AG 商業公司，試劑套組包含陽性(+Check)及陰性(-Check)反應對照，並加入 coating buffer 混合研磨。ELISA 盤中每一穴注入 200  $\mu\text{L}$  混合液(包括只含包覆緩衝溶液之空白組)，於  $37^{\circ}\text{C}$  靜置 2.5 小時，再以磷酸-Tween 20 緩衝溶液(PBST)沖洗 3 次，每次間隔 3 分鐘。供試植株葉片放入研磨袋中，以抽出緩衝液(PBST+2% PVP)研磨萃取，經低速離心後，每一 ELISA 盤中加入 200  $\mu\text{L}$ ，於  $37^{\circ}\text{C}$  靜置 3 小時，以 PBST 沖洗 3 次。ELISA 盤中加入 conjugate buffer (2% PVP, BSA 2 g)稀釋 1000 倍之酵素聯結球蛋白(1  $\mu\text{g}/\text{mL}$ )，每穴注入 200  $\mu\text{L}$  於  $37^{\circ}\text{C}$  靜置 2.5 小時後，再以 PBST 沖洗 3 次。ELISA 盤中每穴加入基質緩衝液配製之鹼性磷酸酵素基質試液 200  $\mu\text{L}$ ，進行呈色反應，最後加入 NaOH 以停止反應。試驗樣品以 ELISA 讀值分析儀測定波長 405/492 nm 下之吸光值，當檢測樣品吸收值為陰性反應對照組吸收值之 2 倍以下，即不含病毒；2 倍以上時，即該樣品含有病毒。供試樣品取 1 重複做病毒分析。



圖 1. '陽光麝香'葡萄瓶苗之莖頂外觀(bar=3 cm)

Fig. 1. The appearance of shoot tip *in vitro* on 'Shine Muscat' grape.

## 結 果

### 一、莖頂存活率及再生率之影響

'陽光麝香'葡萄組培苗在熱療法處理 30、35、40 及 45 天後調查莖頂組織存活率及再生率，評估在熱逆境下對植株莖頂生長是否造成影響，在存活數方面，處理 30、35、40 及 45 天後，依序為 59 個、84 個、76 個及 121 個；存活率則為 89.3、92.3、89.4 及 88.3%。顯示隨著熱療法處理時間增加，莖頂組織存活率有下降趨勢，以處理 45 天最低，為 88.3%，然而各處理間存活率差異不大。在處理 30、35、40 及 45 天後，切取 2 mm 莖頂組織培養 8 週之植株再生數，依序為 44 個、83 個、70 個及 101 個；再生率則為 74.6、98.8、92.1 及 83.5%。隨著處理時間的增加，莖頂組織再生率也相同的趨勢，以處理 45 天較低，為 83.5%，然而在處理 30 天後其再生率在各處理間是最低，為 74.6% (表 1)。觀察葡萄瓶苗在熱療法處理 45 天前及後之生長狀況，可發現處理前培植體葉色較深綠且葉片平展，根系呈白色；處理後培植體葉色淺綠且葉片些微往內捲，根系呈褐色，甚至造成有些培植體之莖頂褐化死亡(圖 2，紅色箭頭處)。於高溫環境下可能導致葉綠素合成受阻，新生之組織則呈現黃綠色或乳黃色(圖 2，黑色箭頭處)。

表 1. 熱療法後對葡萄莖頂組織存活率和再生植株率之影響。

Table 1. Effect of post thermotherapy on survival rate and regeneration efficacy of *in vitro*-shoot tip of grape plantlets.

| Treatment (days) | Number of survived explants post-thermotherapy | Survival rate (%) | Shoot tips <sup>Y</sup>                             |                           |
|------------------|------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------|
|                  |                                                |                   | Regenerated plantlets from shoot tips after 8 weeks | Regeneration efficacy (%) |
| 30 <sup>Z</sup>  | 59/66 <sup>X</sup>                             | 89.3              | 44/59                                               | 74.6                      |
| 35               | 84/91                                          | 92.3              | 83/84                                               | 98.8                      |
| 40               | 76/85                                          | 89.4              | 70/76                                               | 92.1                      |
| 45               | 121/137                                        | 88.3              | 101/121                                             | 83.5                      |

<sup>Z</sup>Number is thermotherapy periods (30, 35, 40 and 45 days) at  $37\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

<sup>Y</sup>2 mm of dissected shoot tips.

<sup>X</sup>Numbers indicated dissected shoot tips without browning/treatment number or regenerated plantlet after 8 weeks/dissected shoot tips.

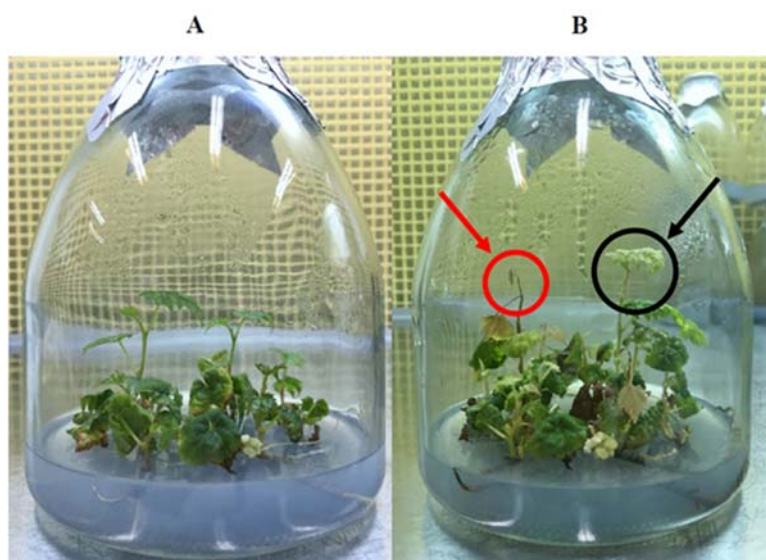


圖 2. 葡萄瓶苗於  $37\pm 1^{\circ}\text{C}$  下熱療法 45 天之生長狀況。A：處理前、B：處理後。

Fig. 2. The growth statues of *in vitro*-grape plantlets treated by thermotherapy at  $37\pm 1^{\circ}\text{C}$  for 45 days. A：Before treatment、B：After treatment.

## 二、繼代存活數及馴化後存活數調查

於熱療法處理後切取 2 mm 莖頂組織培養 8 週之再生植株，調查每 4 週繼代存活數及出瓶馴化 4 週後存活數。在繼代存活數的部分，熱療法處理 30、35、40 及 45 天後培養 12 週，依序為 22 個、77 個、65 個及 97 個；培養 16 週，依序為 20 個、71 個、59 個及 96 個；培養 20 週，依序為 18 個、70 個、53 個及 88 個，在培養 24 週及 28 週方面，與 20 週相比幾乎沒有變化，然而處理 45 天後培養 24 週及 28 週由於培養瓶內受到汙染，導致培植體生長及存活受影響，因此不做紀錄(表 2)。在繼代存活率方面，各處理於培養 12 週、16 週及 20 週有逐漸下降的趨勢，而培養 24 週及 28 週則有平穩的趨勢，以處理 30 天後其每 4 週繼代存活率在各處理間是來得最低(圖 3)。在熱療法處理 30、35、40 及 45 天之培植體，馴化後存活數依序為 2 株、10 株、5 株及 18 株，馴化後存活率可達到 76.9-100% (表 2)。

表 2. 再生植株之每四週繼代存活數及馴化四週後存活數。

Table 2. Survival number of subculture every four weeks and regenerated plantlets after four weeks of acclimation.

| Treatment<br>(days) | Survival number (week) <sup>Y</sup> |        |        |        |                |       | Plantlet after 4<br>weeks of<br>acclimation | Survival<br>percentage<br>(%) |
|---------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----------------|-------|---------------------------------------------|-------------------------------|
|                     | 8                                   | 12     | 16     | 20     | 24             | 28    |                                             |                               |
| 30 <sup>Z</sup>     | 44                                  | 22/44  | 20/44  | 18/44  | 18/44          | 18/44 | 2/2                                         | 100                           |
| 35                  | 83                                  | 77/83  | 71/83  | 70/83  | 70/83          | 69/83 | 10/13                                       | 76.9                          |
| 40                  | 70                                  | 65/70  | 59/70  | 53/70  | 53/70          | 53/70 | 5/6                                         | 83.3                          |
| 45                  | 101                                 | 97/101 | 96/101 | 88/101 | - <sup>X</sup> | -     | 18/18                                       | 100                           |

<sup>Z</sup>Number is thermotherapy periods(30, 35, 40 and 45 days) at 37±1°C.

<sup>Y</sup>The number of shoots without browning from regenerated plantlets was recorded at the end of each culturing period.

<sup>X</sup>- is not recorded.

## 三、去病毒之效果

在不同處理天數方面，以田間之'陽光麝香'葡萄成樹作為對照組，田間之 GVA、GFLV、GLRaV-1 及 GLRaV-3 罹病率分別為 0、0、0 及 40%。'陽光麝香'葡萄培植體以 37°C 處理 30、35、40 及 45 天後，組培苗內之 GLRaV-3 去病率均為 100% (表 3)。熱療法處理後去病毒效果，隨處理天數的增加並無差異，但去病毒效果皆可達到 100%。在 GLRaV-3 感

染程度部分，對照組有 4 株田間成樹其檢測之吸光值高於陰性反應組的 2 倍以上，甚至高於陽性反應組，然而以 37℃ 處理 45 天後之組培苗其檢測之吸光值是平均來得較低的(圖 4)。

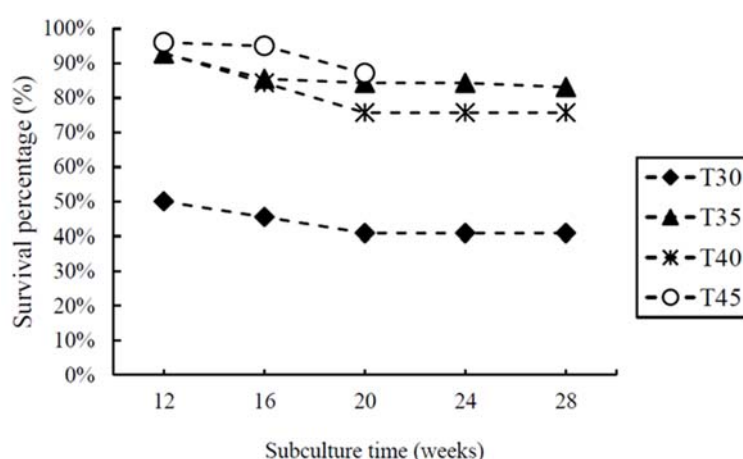


圖 3. 再生植株之每四週繼代存活率。

Fig. 3. Survival percentage of subculture every four weeks of regenerated plantlets.

表 3. 熱療法配合莖頂組織培養對生產'陽光麝香'葡萄無病毒苗之影響

Table 3. Effect of thermotherapy combined with shoot tip culture on generating virus-free plants of 'Shine Muscat' grape.

| Treatment<br>(days) | Viable plantlets<br>analyzed <sup>Y</sup> | Percentage of virus free plants (%) |             |             |             |
|---------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
|                     |                                           | GVA                                 | GFLV        | GLRaV-1     | GLRaV-3     |
| CK <sup>Z</sup>     | 10                                        | 100 (10/10) <sup>X</sup>            | 100 (10/10) | 100 (10/10) | 60 (6/10)   |
| 30                  | 2                                         | 100 (2/2)                           | 100 (2/2)   | 100 (2/2)   | 100 (2/2)   |
| 35                  | 10                                        | 100 (10/10)                         | 100 (10/10) | 100 (10/10) | 100 (10/10) |
| 40                  | 5                                         | 100 (5/5)                           | 100 (5/5)   | 100 (5/5)   | 100 (5/5)   |
| 45                  | 18                                        | 100 (18/18)                         | 100 (18/18) | 100 (18/18) | 100 (18/18) |

<sup>Z</sup>Number is thermotherapy periods(30, 35, 40 and 45 days) at 37±1°C, and CK is adult tree in the field.

<sup>Y</sup>All survivor plantlets after 4 weeks of acclimation.

<sup>X</sup>Numbers inside brackets indicated virus free plants/detected plants.

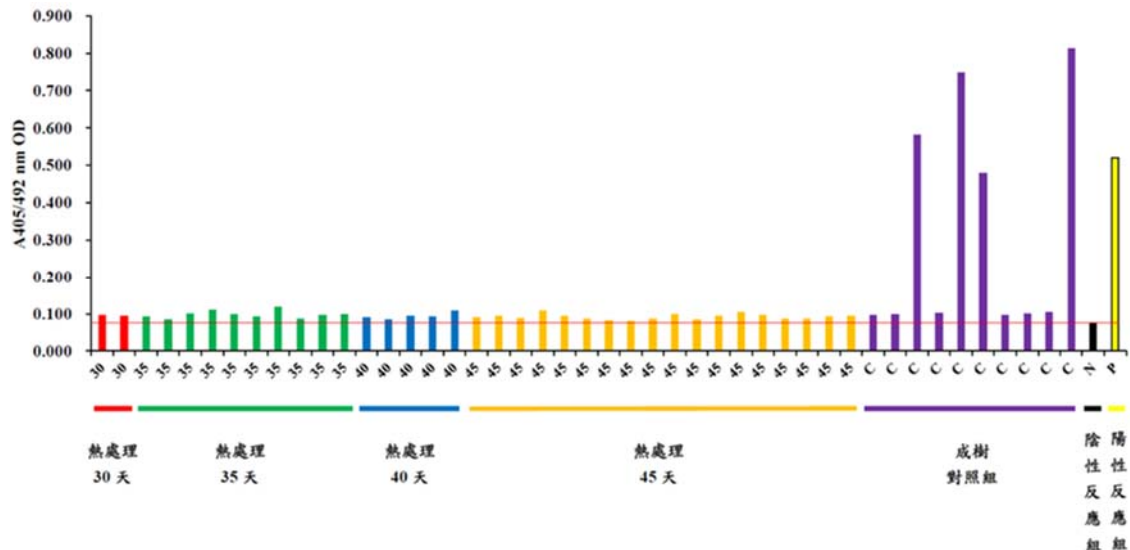


圖 4. 葡萄捲葉相關病毒-3 (GLRaV-3)感染程度

Fig. 4. The degree of infection of *grapevine leafroll-associated virus-3* detected by DAS-ELISA.

## 討 論

由本試驗結果可得知，將'Shine Muscat'葡萄瓶苗以 37°C 之高溫處理 30、35、40 及 45 天，可獲得達 90% 左右的莖頂存活率(表 1)，顯示高溫下不影響其莖頂的生長，與 Tan 等人(2010)研究指出高溫處理時間過長對植物體的生長和存活有負面影響是相異，可能的原因為植物材料來源為修剪後之扦插枝條，其母本樹在農民之果園中栽種達 3-4 年，已逐漸馴化且適應台灣夏季高溫氣候，對高溫逆境有程度上的抗性。植物在高溫環境下，其生理代謝會有所改變，以便於適應或抵禦高溫逆境(Levitt, 1980)。在高溫逆境下葉片內葉綠素合成受阻，且葉綠體膜層結構亦遭受破壞(陳與劉，1997)，使光合作用速率下降，進而影響光合產物的分配及代謝(Dinar *et al.*, 1983)，若熱療法處理之溫度高於溫度補償點，則會導致碳同化作用受影響，呼吸作用速率提高，植物體處於飢餓狀態，碳水化合物含量持續減少，最後引起植物體生長速率降低或死亡(柯，2000)，由此試驗得知'Shine Muscat'葡萄之溫度補償點可能高於 37°C。

學者們認為在高溫逆境下會造成蛋白轉譯作用無法正常進行，因而產生許多不正常的蛋白質，或使蛋白質變性、分解或活性降低，使蛋白質合成受抑制(Levitt, 1980)，並誘導熱休克蛋白(Heat shock protein)的表現(Sun *et al.*, 2010)，此熱休克蛋白質能保護核酸及正在進行轉譯的蛋白，使其能正常合成，且穩定蛋白質的結構，防止其變性，使植物體在

高溫逆境下具有較高之抗逆性。

生長點組織培養為快速且有效之去病毒技術，切取的大小越小，其去病毒成功率越高，然而尚存在切取技術門檻高及植株再生不佳等問題(Maliogka *et al.*, 2009)。本試驗為採用熱療法配合莖頂組織培養來進行去病毒，切取的莖頂大小為 2 mm，由結果得知，處理 35、40 及 45 天的植株再生率及每 4 週繼代存活率在 83% 及 75% 以上(表 2，圖 3)，顯示採用此方法不會對去病毒過程有較大影響。而處理 30 天的植株再生率及每 4 週繼代存活率則較其他處理差，培養基的 pH 值影響許多礦物營養的利用性(Scholten and Pierik, 1998)，Vacin 和 Went(1949)也指出培養基內 pH 值改變會導致磷酸鐵螯合物的形成，不溶性的磷酸鐵會在 pH6.2 或更高的情況下形成(Dalton *et al.*, 1983)，此結果可能與植入的培養基內 pH 值有關，此處理組所採用之培養基 pH 值偏高，可能造成某些無機物產生螯合而引起培植體營養缺乏或植體內滲透壓失衡而造成生長勢衰退，最後褐化死亡；另一原因為在植物發育期，具幼年性的植體有較高的分化能力，而大部分的果樹通常以成年的植體進行組織培養，因此必須先將植體幼年化，在瓶內培養時可切取幼嫩組織或經多次繼代並配合培養基添加 cytokinin 亦能逐漸恢復培植體幼年性(Hackett, 1985)，此次處理 30 天之培植體於初代培養後只經 1 次繼代，可能尚不足恢復幼年性，經熱逆境後切取之莖頂褐化程度較其他處理來得嚴重。

由去病毒的結果可知，帶病毒之培植體以 37°C 之高溫處理 30、35、40 及 45 天，均可獲得達 100% 的 GLRaV-3 去病毒(表 3)，與田間之葡萄成樹檢測出 GLRaV-3 罹病率為 40% 相比，此次採用熱療法配合莖頂組織培養去病毒之效果算是成功的，而本試驗結果與葡萄(Valera *et al.*, 2003)、蔥(謝, 2006)、梨(Lizárraga *et al.*, 2017)、蘋果(Lizárraga *et al.*, 2017)、大蒜(Ghaemizadeh *et al.*, 2014)、唐菖蒲(Nezamabad *et al.*, 2015)及覆盆子(Wang *et al.*, 2008)等作物經熱療法處理可獲得無特定病毒苗之實例一致。學者們提出此一理論為在任何給定的溫度下進行去病毒處理，其檢測出植體中病毒的含量為病毒粒子複製與降解過程之間平衡的結果(Kassanis, 1957；Cooper and Walker, 1978)，高溫處理後可限制病毒之複製而使病毒持續降解導致病毒部分被鈍化或失去活性，此理論與經高溫處理後可獲得無特定病毒種苗之結果符合。

在自然環境下受到病毒感染的植物會發展出對抗病毒的防禦機制，由攜帶目標基因片段的病毒感染植物後，可誘導植體內源基因沉默(Virus-Induced Gene Silencing, VIGS)(Ruitz *et al.*, 1998)，RNA 沉默被認為是植物對抗病毒的細胞防禦機制途徑，而 RNA 沉默與溫度可能存在一定的關係(Szittyá *et al.*, 2003)，學者們認為增加熱逆境可誘導及提高寄主之防禦系統的能力，以感染樹薯嵌紋病(Cassava mosaic disease)之樹薯及菸草於 25-30°C 進行處理，進一步確定溫度對抗病毒沉默之機制的影響(Chellapan *et al.*, 2005)。Szittyá 等人(2003)將感染蕙蘭輪班病毒(*Cymbidium ringspot virus*)的圓葉菸草以 15 至 27°C 之間不同溫度處理，於每個處理溫度檢測 siRNA(short interfering RNA)的基因表現量，在 15°C 時檢測不到，在 21°C 時開始增加至 27°C 有顯著增加的趨勢，而 siRNA 作為 RNA 沉默中調控



防禦途徑的中心分子(Hannon, 2002)，也顯示其作用受到溫度的強烈影響。RNA 病毒進行複製時，會產生雙股 RNA 的中間產物，此複合體會被特異性核酸內切酶(Dicer)剪切為 21-24 nt 左右的 siRNA (Bernstein *et al.*, 2001)，在 Szittya 等人(2003)的試驗中於 15°C 時檢測不到 siRNA 的表現量，推測可能的原因為 Dicer 屬於 RNA 酶且扮演著核心角色，其酵素活性在最適溫度條件時最高，所以在 27°C 時 siRNA 的表現量有增加的現象。因此，植物體於 35-40°C 進行熱療法處理之效果，可反映出植體內具有高度活化的 RNA 沉默活性。

根據本試驗之結果，在建立初代培養後，切取培植體植入含有 2 mg/L IBA 之培養基中，並經多次繼代，使培植體逐漸恢復幼年性，隨後切取新生之幼嫩枝梢植入新鮮之發根培養基中，以 37°C 之熱療法處理 45 天，處理後將存活之培植體切取 2 mm 大小之莖頂組織植入發根培養基中，待培植體根系充分發育且達出瓶栽培之大小，並於出瓶馴化後應可獲得高比例之無特定病毒健康種苗。

## 參考文獻

- 王世平、徐衛東、顧巧英、王林軍。2010。日本鮮食葡萄品種發展動向。中外葡萄與葡萄酒 9: 45-47。
- 柯勇。2000。作物病害與防治。藝軒圖書出版社。pp. 98-121。
- 許傳俊、黃琚梅、曾碧玉、許文江。2011。植物組織培養脫毒技術研究進展。安徽農業科學 39: 1318-1320。
- 張莉莉。1986。葡萄莖頂生長點培養之研究。國立中興大學園藝學研究所碩士論文。
- 婁兵海、白先進、宋雅琴、白揚、王博、陳愛軍。2017。'陽光玫瑰'葡萄中主要葡萄病毒病原的檢測。植物保護學報 44(2): 345-346。
- 陳立松、劉星輝。1997。高溫脅迫對桃和柚細胞膜透性和光合色素的影響。武漢植物學院 15: 233-237。
- 謝叔娟。2006。四季蔥'蘭陽一號'及'桃園三號'去病毒技術之研究。國立中興大學園藝學研究所碩士論文。94 pp。
- Bernstein, E., A. A. Caudy, S. M. Hammond, and G. J. Hannon. 2001. Role for a bidentate ribonuclease in the initiation step of RNA interference. *Nature*. 409: 363-366.
- Chellapan, P., R. Vanitharani, F. Ogbe, and C. M. Fauquet. 2005. Effects of temperature on geminivirus-induced RNA silencing in plants. *Plant Physiol.* 138: 1828-1841.
- Cooper, V. C. and D. G. A. Walkey. 1978. Thermal inactivation of cherry leaf roll virus in tissue cultures of *Nicotiana rustica* raised from seeds and meristem-tips. *Ann. Appl. Biol.* 88: 273-278.
- Dalton, C. C., K. Iqbal, and D. A. Turner. 1983. Iron phosphate precipitation in Murashige and



- Skoog media. *Physiol. Plant.* 57: 472-476.
- Dinar, M., J. Rudich, and E. Zamski. 1983. Effect of heat stress on carbon transport from tomato leaves. *Ann. Bot.* 51: 97-103.
- George, E. F. 1993. Plant propagation by tissue culture. 2<sup>nd</sup> ed. Exegetics Limited, Edington. 645pp.
- Ghaemizadeh, F., F. Dashti, G. Khodakaramian, and H. Sarikhani. 2014. Combination of stem-disc dome culture and thermotherapy to eliminate Allxiviruses and Onion yellow dwarf virus from garlic (*Allium sativum* cv. Hamedan). *Arch. Phytopathol. Plant Prot.* 47: 499-507.
- Hackett, W. P. 1985. Juvenility, maturation and rejuvenility in woody plant. *Hort. Rev.* 7: 109-14.
- Hannon, G. J. 2002. RNA interference. *Nature.* 418: 244-251.
- Kassanis, B. 1957. Some effects of varying temperature on the quality and quantity of *Tobacco mosaic virus* in infected plants. *Virology.* 4: 187-199.
- Knapp, E., V. Hanzer, H. Weiss H, A. da Câmara Machado, B. Weiss, Q. Wang, H. Katinger, and M. Laimer da Câmara Machado. 1995. New aspects of virus elimination in fruit trees. *Acta hortic.* 386: 409-418.
- Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stress. 2<sup>nd</sup> ed. Academic Press, London. 607pp.
- Lizárraga, A., J. Ascasibar, and M. L. González. 2017. Fast and effective thermotherapy treatment for *in vitro* virus eradication in apple and pear tree. *Am. J. Plant. Sci.* 8: 2474-2482.
- Maliogka, V. I., F. G. Skiada, E. P. Eleftheriou, and N. I. Katis. 2009. Elimination of a new ampelovirus (GLRaV-Pr) and *Grapevine rupestris stem pitting associated virus* (GRSPaV) from two *Vitis vinifera* cultivars combining *in vitro* thermotherapy with shoot tip culture. *Sci. Hortic.* 123: 280-282.
- Nezamabad, P. S., M. K. Habibi, A. Dizadji, and S. Kalantari. 2015. Elimination of *Bean yellow mosaic virus* through thermotherapy combined with meristem-tip culture in gladiolus corms. *J. Crop Prot.* 4 (4): 533-543.
- Panattoni, A., A. Luvisi, and E. Triolo. 2013. Review. Elimination of viruses in plants: twenty years of progress. *Span. J. Agric. Res.* 11 (1): 173-188.
- Ruitz, M. T., O. Voinnet, and D. C. Baulcombe. 1998. Initiation and maintenance of virus-induced gene silencing. *Plant Cell.* 10: 937-946.
- Scholten, H. J. and R. L. M. Pierik. 1998. Agar as a gelling agent : Differential biological effects *in vitro*. *Sci. Hortic.* 77: 109-116.

- Sun, J. H., J. Y. Chen, J. F. Kuang, W. X. Chen, and W. J. Lu. 2010. Expression of *sHSP* genes as affected by heat shock and cold acclimation in relation to chilling tolerance in plum fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 55: 91-96.
- Szittyá, G., D. Silhavy, A. Moinar, Z. Havelda, A. Lovas, L. Lakatos, Z. Banfalvi, and J. Burgyan. 2003. Low temperature inhibits RNA silencing-mediated defence by the control of siRNA generation. *Embo J.* 22: 633-640.
- Tan, R. R., L. P. Wang, N. Hong, and G. P. Wang. 2010. Enhanced efficiency of virus eradication following thermotherapy of shoot-tip cultures of pear. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 101: 229-235.
- Vacin, E. F. and F. W. Went. 1949. Some pH changes in nutrient solutions. *Bot. Gaz.* 110: 605-613.
- Valera, M., A. Ibanez, and A. Morte. 2003. Effects of high vineyard temperatures on the *Grapevine leafroll associated virus* elimination from *Vitis vinifera* L. cv. Napoleon tissue cultures. *Sci. Hortic.* 97: 289-296.
- Walkey, D. G. A. 1980. Production of Virusfree Plants by Tissue Culture. In: *Tissue Culture Methods for Plant Pathologists*, Ingram and Helgeson (eds.), Oxford Blackwell. pp. 109-117.
- Wang, Q., W. J. Cuellar, M. L. Rajamaki, Y. Hirata, and J. P. T. Valkonen. 2008. Combined thermotherapy and cryotherapy for efficient virus elimination : Relation of virus distribution, subcellular changes, cell survival and viral RNA degradation in shoot tips. *Mol. Plant Pathol.* 9: 237-250.
- Yamada, M., H. Yamane, A. Sato, N. Hirakawa, H. Iwanami, K. Yoshinaga, T. Ozawa, N. Mitani, M. Shiraishi, M. Yoshioka, I. Nakajima, M. Nakano, and R. Nakaune. 2008. New grape cultivar 'Shine Muscat'. *Bull. Natl. Inst. Fruit Tree Sci.* 7: 21-38.

## Virus Elimination of *in vitro* Plantlet of 'Shine Muscat' Grape by Thermotherapy

Hsuan-Ping Hsieh<sup>1)</sup> Ching-Chang Shiesh<sup>2)</sup>

Key words: Grape, Thermotherapy, Virus elimination, Healthy seedlings

### Summary

Thermotherapy is keeping virus-infected plants at temperatures between 35°C and 54°C for a few days or weeks to make some viruses unstable under heat stress and to inactivate viruses in plant tissues. The objectives of this study were to establish 'Shine Muscat' grape plantlet *in vitro* via tissue culture and to utilize thermotherapy combined with shoot tip culture to eliminate viruses and to achieve mass production of virus-free plants. By using thermotherapy at 37°C for 30、35、40 and 45 days, a high survival rate about 90% of *in vitro*-shoot tip can be achieved. However, regeneration efficacy and survival percentage of subculture performed every four weeks were the lowest in the treatment of 30 days. A 100% GLRaV-3 virus elimination rate of *in vitro* plantlet was obtained in the treatments of 30、35、40 and 45 days. The degree of infection of *grapevine leafroll-associated virus-3* in the plantlets was lower in the treatment of 45 days as determined by DAS-ELISA. Results from these study indicated that thermotherapy at 37°C for 45 days may obtain a high proportion of non-specific virus-free healthy seedlings.

---

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

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



## 採後 GA<sub>3</sub> 處理對不同成熟度鳳梨果實之影響

翁 浚 騰<sup>1)</sup> 謝 慶 昌<sup>2)</sup>

關鍵字：鳳梨、成熟度、延緩轉色、可滴定酸

**摘要：**本研究之目的為探討採後施用 GA<sub>3</sub> 對延長鳳梨櫥架壽命之可行性。鳳梨綠熟果採後浸泡 100 mg·L<sup>-1</sup>GA<sub>3</sub> 與 1/2 轉色果採後浸泡 100 及 150 mg·L<sup>-1</sup> 貯藏於 15℃ 下 7 天，置於室溫櫥架，皆有延緩轉色的現象，其中綠熟果有較明顯的延緩效果。2 種成熟度的鳳梨浸泡 GA<sub>3</sub> 後，其可滴定酸含量及糖酸比之變化較對照組緩慢，因此鳳梨採後浸泡 GA<sub>3</sub> 可有效延緩果皮轉色、品質變化，增加常溫下櫥架壽命。

### 前 言

鳳梨為鳳梨科(Bromeliaceae)鳳梨屬(*Ananas*)之多年生常綠果樹，原生於中南美洲。目前以廣泛栽植於夏威夷、菲律賓、中國、巴西、印尼等熱帶及亞熱帶國家，為世界三大果樹之一。近年來，台灣鳳梨生產面積及產量有逐漸增加的現象，根據 2016 年 FAO 的統計資料顯示台灣栽培面積排名第 21 名。於外銷上，目前主要市場為中國，占總外銷量的 95%，外銷市場已過於單一化，單一化市場會提高產業發展之風險，因此找尋延長貯藏、櫥架壽命之貯運技術對於外銷市場的拓展實有助益。

Giberellic acid (GA<sub>3</sub>)為植物荷爾蒙之一，影響許多植物生理現象，如可促進芽體萌芽、營養生長、誘導雄花發生及果實生長(Daviere and Achard, 2013; Hedden and Sponsel, 2015; Sun and Gubler, 2004)。於採後處理上，已被證實具有延緩葉綠素降解，抑制果皮轉色(Porat, 2001; Vendrell, 1970)、降低採後呼吸率及乙烯生合成高峰(Duguma *et al.*, 2014; Saks and Van Staden, 1992)、維持果實品質(Sembok *et al.*, 2016)，進而達到延長採後壽命的功用。

果皮顏色為鳳梨是否具商品價值判定之重要外觀依據，因此，本試驗之目的為利用不同果實成熟度的鳳梨果實於採後浸泡 GA<sub>3</sub>，觀察 GA<sub>3</sub> 對於鳳梨果實貯藏及模擬櫥架期間之外觀與櫥架後品質之影響。

---

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教授，通訊作者。

## 材 料 與 方 法

### 一、試驗材料

#### (一) 鳳梨果實

'台農 17 號'鳳梨購買自嘉義民雄周姓農戶及屏東洪姓農戶，分別挑選轉色程度一致、外觀良好之綠熟果及 1/2 轉色果。

(二) Gibberellic acid (GA<sub>3</sub>)為 Valent Biosciences Co.生產之有效成分 40%之水溶性粒劑。

### 二、試驗方法

#### (一) 成熟度試驗

將綠熟之鳳梨浸泡 0、100 mg·L<sup>-1</sup> 之 GA<sub>3</sub> 水溶液；1/2 轉色之鳳梨果實浸泡 0、100、150 mg·L<sup>-1</sup> 之 GA<sub>3</sub> 水溶液，浸泡時間為 5 分鐘。浸泡後置於室溫下風乾並裝箱，貯藏於 15℃ 的恆溫箱中 7 天，再於室溫模擬櫥架 5 天，觀察櫥架期間果實外觀之變化且於櫥架 5 天後進行果實品質分析。每處理均為 5 重複，以果實為重複單位。

### 三、調查項目

#### (一) 果皮顏色

以手持式色差儀(MiniScan XR Plus, Model 4500S)測定鳳梨果實赤道部位相對 2 點之果目間顏色，作為果皮顏色之代表。果皮顏色之數據以 L\*、a\*、b\*、C\*及 h°呈現。

#### (二) 果實硬度

以手持式硬度計(Penetrometer, FT327, Itaky)測定果實縱剖後赤道部位果肉每單位面積下之穿刺力量。探針直徑為 7.9 mm，單位以 N/cm<sup>2</sup> 表示。

#### (三) 果汁全可溶性固性物

將赤道部位果肉榨取果汁後以可攜式電子曲折計(Pocket refractometer, PR-32, ATAGO, Japan)測定果汁之全可溶性固形物含量，單位為°Brix。

#### (四) 果汁可滴定酸含量

以定量吸管取 1 毫升之赤道部位果肉榨取之果汁，加入 9 ml 去離子水及 1 滴酚酞指示劑(phenolphthalein)。將混合後的液體以 0.1 N NaOH 滴定至變色作為判斷滴定終點之依據。記錄滴定使用之 NaOH 體積，並以檸檬酸作為主要酸成分進行換算。

#### (五) 果汁糖酸比

將上述，果汁全可溶性固形物及果汁可滴定酸含量之數值相除即為果汁糖酸比。

#### (六) 果肉抗壞血酸含量

將赤道部位之果肉剁碎後取 1 公克，並加入 5 毫升之偏磷酸抽取液(2N acetic acid 含 6% metaphosphoric acid)進行研磨。再以抗壞血酸試紙(Reflectoquact® ascorbic acid test strip, Merck)，沾取待測溶液後利用 RQ-flex (RQ-flex 10, Merck, Germany)讀取抗壞血酸濃度 (mg·L<sup>-1</sup>)。

#### 四、數據分析

試驗所得之數據以統計分析軟體 SPSS (IBM SPSS Statistics 20)進行最小顯著差異分析(LSD, least significant different test)。

### 結 果

#### 一、成熟度試驗

鳳梨綠熟果浸泡  $\text{GA}_3$  經  $15^\circ\text{C}$  貯藏 7 天後與對照組，果皮顏色並無顯著差異。室溫模擬櫥架 5 天後，浸泡  $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{GA}_3$  之果實其果皮明度( $L^*$ )、 $a^*$ 、 $b^*$ 、彩度( $C^*$ )及色相角( $h^\circ$ )於統計上皆有顯著差異，其色相角( $88.74^\circ$ )較對照組高顯示果皮顏色較偏綠(表 1)。1/2 轉色果貯藏 7 天後，果皮顏色僅色相角於  $\text{GA}_3$  處理組及對照組間有差異，而常溫櫥架 5 天後，果皮顏色之明度、 $a^*$ 、 $b^*$ 及彩度皆是對照組顯著高於  $\text{GA}_3$  處理組，色相角方面則是以  $150\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  最高( $70.99^\circ$ )，其次為  $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  ( $65.69^\circ$ )及對照組( $59.75^\circ$ ) (表 2)。

表 1.  $\text{GA}_3$  濃度對'台農 17 號'鳳梨綠熟果於  $15^\circ\text{C}$  貯藏 7 天及回溫 5 天後果皮顏色之影響。

Table 1. Effect of  $\text{GA}_3$  concentration on skin color of mature green 'Tainung No. 17' pineapple stored for 7 days at  $15^\circ\text{C}$  and an additional 5 days at room temperature (RT).

| storage temperature<br>and duration         | Treatment                                       | Skin color <sup>z</sup> |       |       |       |           |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|-----------|
|                                             |                                                 | $L^*$                   | $a^*$ | $b^*$ | $C^*$ | $h^\circ$ |
| Before storage                              | -                                               | 21.64                   | -1.99 | 8.34  | 8.64  | 102.39    |
| $15^\circ\text{C}$ 7 days                   | Control                                         | 27.52                   | -1.49 | 13.82 | 14.04 | 99.71     |
|                                             | $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ $\text{GA}_3$ | 25.62                   | -1.85 | 9.65  | 10.01 | 104.55    |
| Significance                                |                                                 | N.S.                    | N.S.  | N.S.  | N.S.  | N.S.      |
| $15^\circ\text{C}$ 7 days<br>+<br>RT 5 days | Control                                         | 37.17                   | 10.43 | 28.09 | 30.07 | 70.39     |
|                                             | $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ $\text{GA}_3$ | 26.64                   | 1.7   | 16.57 | 16.93 | 88.74     |
| Significance                                |                                                 | *                       | *     | *     | *     | *         |

<sup>z</sup> Skin color is shown in CIELab color space model.  $L^*$  value indicates lightness, 100= white, 0= black;  $a^*$  value indicates the relative position between green (negative) and red (positive);  $b^*$  value indicates the relative position between blue (negative) and yellow (positive).  $C^*(\text{Chroma}) = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ ; Hue angle ( $h^\circ$ ) =  $\tan^{-1}(b/a)$ .

\*: Significant at  $P<0.05$  by independent-sample t test.

N.S: Non-significant at  $P<0.05$  by independent-sample t test.

表 2. GA<sub>3</sub> 濃度對 1/2 轉色之'台農 17 號'鳳梨於 15°C 貯藏 7 天及回溫 5 天後果皮顏色之影響。

Table 2. Effect of GA<sub>3</sub> concentration on skin color of 1/2 yellowing 'Tainung No. 17' pineapple stored for 7 days at 15°C and an additional 5 days at room temperature (RT).

| Storage temperature and duration | Treatment                              | Skin color <sup>y</sup> |         |          |          |         |
|----------------------------------|----------------------------------------|-------------------------|---------|----------|----------|---------|
|                                  |                                        | L*                      | a*      | b*       | C*       | h°      |
| Before storage                   |                                        | 26.25                   | 1.29    | 14.84    | 15.20    | 84.69   |
| 15°C 7 days                      | Control                                | 34.18 a <sup>z</sup>    | 6.58 a  | 22.12 a  | 23.33 a  | 73.11 b |
|                                  | 100 mg·L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub> | 37.03 a                 | 7.9 a   | 20.2 a   | 22.09 a  | 68.09 b |
|                                  | 150 mg·L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub> | 34.62 a                 | 5.31 a  | 24.81 a  | 25.68 a  | 78.64 a |
| 15°C 7 days + RT 5 days          | Control                                | 38.7 a                  | 16.63 a | 29.21 a  | 33.82 a  | 59.75 b |
|                                  | 100 mg·L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub> | 32.1 b                  | 10.77 b | 23.65 b  | 26.35 b  | 65.69 a |
|                                  | 150 mg·L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub> | 32.1 b                  | 9.01 b  | 25.33 ab | 27.28 ab | 70.99 a |

<sup>z</sup> Mean within columns followed by the same letters are not significantly different by LSD test at P ≤ 0.05.

<sup>y</sup> Skin color is shown in CIELab color space model. L\* value indicates lightness, 100 = white, 0 = black; a\* value indicates the relative position between green (negative) and red (positive); b\* value indicates the relative position between blue (negative) and yellow (positive). C\*(Chroma) =  $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ ; Hue angle (h°) =  $\tan^{-1}(b/a)$ .

綠熟果之鳳梨，經櫥架 5 天後，在硬度、可溶性固形物及抗壞血酸濃度，對照組與 100 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 處理組間並無顯著差異，但可滴定酸以 100 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 之 0.95% 較對照組之 0.76% 高。糖酸比方面，對照組顯著高於 100 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 處理組(表 3)。1/2 轉色果經貯藏及模擬櫥架後，其硬度及抗壞血酸含量在對照組及 100、150 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 間並無顯著差異。可溶性固形物含量以對照組對顯著高於 100 及 150 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 處理組，可滴定酸方面則以 150 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 含量最高，其次為對照組及 100 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 而兩組之間並無顯著差異。糖酸比之數據顯示對照組(18.51)顯著高於 150 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 處理組(14.96)，但與 100 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> (16.51) 則無顯著差異(表 4)。



表 3. GA<sub>3</sub> 濃度對'台農 17 號'鳳梨綠熟果於 15°C 貯藏 7 天及室溫回溫 5 天後果實品質之影響。

Table 3. Effect of GA<sub>3</sub> concentration on fruit quality of mature green 'Tainung No. 17' pineapple stored for 7 days at 15°C and an additional 5 days at room temperature.

| Treatment                              | Weight loss (%) | Firmness (N/cm <sup>2</sup> ) | TSS <sup>x</sup> (°Brix) | TA <sup>y</sup> (%) | TSS/TA   | Ascorbic acid (mg/100g) |
|----------------------------------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------|---------------------|----------|-------------------------|
| Control                                | 9.76 a          | 41.21 a <sup>z</sup>          | 16.98 a                  | 0.92 b              | 18.51 a  | 33.83 a                 |
| 100 mg·L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub> | 8.18 b          | 39.02 a                       | 15.07 b                  | 0.92 b              | 16.51 ab | 33.83 a                 |
| 150 mg·L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub> | 8.15 b          | 40.24 a                       | 14.57 b                  | 0.97 a              | 14.96 b  | 35.48 a                 |

<sup>z</sup> TA: Titratable acidity.

<sup>y</sup> TSS: Total soluble solid.

\*: Significant at  $P < 0.05$  by independent-sample t test.

N.S.: Non-significant at  $P < 0.05$  by independent-sample t test.

表 4. GA<sub>3</sub> 濃度對 1/2 轉色之'台農 17 號'鳳梨於 15°C 貯藏 7 天及室溫回溫 5 天後果實品質之影響。

Table 4. Effect of GA<sub>3</sub> concentration on fruit quality of 1/2 yellowing 'Tainung No. 17' pineapple stored for 7 days at 15°C and an additional 5 days at room temperature.

| Treatment                              | Weight loss (%) | Firmness (N/cm <sup>2</sup> ) | TSS <sup>y</sup> (°Brix) | TA <sup>z</sup> (%) | TSS/TA | Ascorbic acid (mg/100g) |
|----------------------------------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------|---------------------|--------|-------------------------|
| Control                                | 8.54            | 36.34                         | 13.06                    | 0.76                | 17.58  | 33.60                   |
| 100 mg·L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub> | 7.26            | 39.51                         | 11.65                    | 0.95                | 12.34  | 34.91                   |
| Significance                           | N.S.            | N.S.                          | N.S.                     | *                   | *      | N.S.                    |

<sup>z</sup> Means followed by same letter are not significant different by LSD test at  $P \leq 0.05$ .

<sup>y</sup> TA: Titratable acidity.

<sup>x</sup> TSS: Total soluble solids.

## 討 論

鳳梨果實之生長曲線為單 S 型，通常於成熟前 10-15 天時可溶性固形物、可滴定酸會有劇烈變化，以增進食用品質(Bartholomew *et al.*, 2003; Singleton and Gortner, 1965)。本試驗取用兩種不同成熟度的鳳梨果實，其品質分析結果顯示 1/2 轉色果之可溶性固形物及糖酸比皆較綠熟果高，代表 1/2 轉色果之成熟度較綠熟果高。

GA<sub>3</sub> 於採後處理之應用上，最為明顯的現象即為延緩轉色。GA<sub>3</sub> 能延緩轉色的原因是可抑制葉綠素分解酶(Chlorophyllase)的活性、減少葉綠素的降解(Li *et al.*, 2010)，此外還能影響其他色素的生成及累積(Rodrigo *et al.*, 2007)。本試驗中，綠熟之'台農 17 號'鳳梨在 15℃ 貯藏 7 天後果皮顏色無明顯變化，經 GA<sub>3</sub> 處理的果實於櫥架 5 天後，色相角仍為 88.74° 於該角度於 CIELab 之呈色為綠色，但對照組之色相角已轉變為 70.39°，此角度於 CIELab 之呈色為黃色，顯示 GA<sub>3</sub> 具有抑制鳳梨果皮轉色的效果，該現象與周(2005)以'台農 17 號'鳳梨浸泡 GA<sub>3</sub> 水溶液後置於室溫下觀察之結果相同。

1/2 轉色之鳳梨果實經模擬櫥架 5 天後，雖色相角於統計上有差異且與浸泡濃度呈現正相關，但對照及 2 種濃度之 GA<sub>3</sub> 處理之果色皆已轉黃，其中對照組之色相角已低於 60°，代表果色轉變為橘紅色，但 GA<sub>3</sub> 處理組仍維持黃色。對於成熟度較高的果品，浸泡 GA<sub>3</sub> 後其抑制轉色的效果無綠熟果明顯，Garcia-Luis 等(1992)於採熟前不同時期對'Clementine'施用 GA<sub>3</sub>，發現 GA<sub>3</sub> 延緩顏色的效果會隨成熟度上升而下降，並提出若於葉綠素開始降解前施用 GA<sub>3</sub> 則可獲得較佳之抑制效果的推測。

本試驗中 GA<sub>3</sub> 主要影響的果實品質項目為可滴定酸，在綠熟果及 1/2 轉色果的品質分析結果中可發現 GA<sub>3</sub> 處理後可滴定酸含量皆較對照組高，周(2005)於採後浸泡 GA<sub>3</sub> 也有發現相似的現象，但目前尚無相關論述說明 GA<sub>3</sub> 與鳳梨可滴定酸之間的關係，因此需待學者進行更深入的探討。

綜上所述，GA<sub>3</sub> 確實具有延緩鳳梨果皮轉色增加櫥架壽命，但效果隨果實成熟度增加而下降。因此對於成熟度較高的果品，若想達到良好的抑制效果或許可以透過提高浸泡濃度或是增加浸泡時間的方式改善。

## 參 考 文 獻

- 周雅玲。2005。化學藥劑處理對鳳梨果實品質之影響。國立中興大學園藝學系碩士論文。pp. 74.
- Bartholomew, D. P., R. E. Paull, and K. G. Rohrbach. 2003. The Pineapple: Botany, Production, and Uses. CABI, New York.
- Daviere, J. M. and P. Achard. 2013. Gibberellin signaling in plants. *Development* 140: 1147-1151.
- Duguma, T., M. C. Egigu, and M. Muthuswamy. 2014. The effect of gibberellic acid on quality

- and shelf life of banana (*musa* spp.). Int. J. Cur. Res. Rev. 6: 63-69.
- Hedden, P. and V. Sponsel. 2015. A century of gibberellin research. J. Plant Growth Regul. 34: 740-760.
- Li, J. R., K. Yu, J. R. Wei, Q. Ma, B. Q. Wang, and D. Yu. 2010. Gibberellin retards chlorophyll degradation during senescence of paris polyphylla. Biol. Plant. 54(2): 395-399.
- Panigrahi, J., B. Gheewala, M. Patel, N. Patel, and S. Gantait. 2017. Gibberellic acid coating: a novel approach to expand the shelf-life in green chilli (*Capsicum annuum* L.). Sci. Hortic. 225: 581-588.
- Porat, R. 2001. Gibberellic acid slows postharvest degreening of 'oroblanco' citrus fruits. Hortscience 36(5): 937-940.
- Rodrigo, M. J., and L. Zacarias. 2007. Effects of postharvest ethylene treatment on carotenoid genes in the flavedo of orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) fruit. Postharvest Biol. Technol. 43: 14-22.
- Rossetto, M. R. M., E. Purgatto, J. R. O. Nascimento, F. M. Lajolo, and B. R. Cordenunsi. 2003. Effects of gibberellic acid on sucrose accumulation and sucrose biosynthesizing enzymes activity during banana ripening. Plant Growth Regul. 41: 207-214.
- Saks, Y. and J. Van Staden. 1992. The role of gibberellic acid in the senescence of carnation flowers. J. Plant Physiol. 139: 484-488.
- Sembok, W. Z. W., Y. Hamzah, and N. A. Loqman. 2016. Effect of plant growth regulators on postharvest quality of banana (*Musa* sp aaa berangan). J. Trop. Plant Physiol. 8: 52-60.
- Singleton, V. L. and W. A. Gortner. 1965. Chemical and physical development of the pineapple fruit ii. Carbohydrate and acid constituents. J. Food Sci. 30: 19-23.
- Sun, T. P. and F. Gubler. 2004. Molecular mechanism of gibberellin signaling in plants. Annu. Rev. Plant Biol. 55: 197-223.
- Vendrell, M. 1970. Acceleration and delay of ripening in banana fruit tissue by gibberellic acid. AU8t. J. biol. Sci. 23: 553-559.
- Zhou, Y., X. Pan, H. Qu, and S. J. Underhill. 2014. Low temperature alters plasma membrane lipid composition and ATPase activity of pineapple fruit during blackheart development. J. Bioenerg Biomembr. 46(1): 59-69.

## Effect of Postharvest Gibberellic Acid Treatment on Different Maturity of Pineapple Fruit

Jyun-Teng Weng<sup>1)</sup> Ching-Chang Shiesh<sup>2)</sup>

Key words: Pineapple (*Ananas comosus*), Maturity, Delay color changing, Titratable acid

### Summary

The objective of this study is to investigate the possibility of using GA<sub>3</sub> to lengthen the shelf life of pineapple. Delay change in color during shelf life at room temperature may be obtained by pre-immersing fruits harvested at green mature stage in 100 mg.L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> and by pre-immersing fruits harvested at 1/2 gold stage in 100 and 150 mg.L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> and then stored at 15°C for 7days. This treatment was more effective when applied in fruits harvested at green mature stage as compared to fruits harvested at 1/2 gold stage. After treatment with GA<sub>3</sub>, the change in titratable acid (TA) and total soluble solid-to-titratable acid ratio (TSS/TA) was slower in fruits harvested at both above-mentioned stages as compared to the control, thus, postharvest immersion of GA<sub>3</sub> may effectively delay change in color and maintain fruit quality to lengthen the shelf life at room temperature.

---

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

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.

## 番茄及瓜類植株製成快速堆肥於蔥(*Allium fistulosum* L.)育苗上的應用

吳立烽<sup>1)</sup> 宋好<sup>2)</sup>

關鍵字：番茄與瓜類快速堆肥、蔥、總酚、EC 值、物理性質

**摘要：**農業副產物常被回收製成有機資材後再利用，國立中興大學楊秋忠教授研發快速堆肥技術，解決製作堆肥耗時、需空間及費力等問題。本試驗利用瓜類及番茄植株和蔗渣、玉米穗軸為原料進行快速堆肥化，快速堆肥總孔隙度介於 68-92%，介質含水率於 77%以上。含氮磷鉀等營養元素，瓜類者氮含量約 2%。快速堆肥高總酚含量與高 EC 值的特性，以甜瓜的總酚含量 3953 µg/g 與 EC<sub>1:5</sub> 值 21.3 dS/m 最高，瓜類與番茄快速堆肥與總酚含量與 EC 值較低的蔗渣和玉米穗軸者。蔥種子以冬瓜混合者處理隊發芽率與胚根常無顯著影響，表示蔥育苗條件需在總酚含量 1500 µg/g 及 EC<sub>1:5</sub> 值 5 以下較為合適。育苗上除蔗渣外其餘快速堆肥皆先以 10 倍水淋洗，冬瓜、蔗渣與玉米穗軸分別和椰纖土以 1：1 (v：v)混合，南瓜、番茄與甜瓜個別和椰纖土以 1：3 (v：v)混合，降低總酚含量與 EC 值，可做為蔥穴盤介質。

### 前言

根據 103 年農業統計報年台灣每年約有 478 萬公噸生物性的農業廢棄物，常見可分解的有機廢棄物有稻稈、蔗渣、菇類廢棄物等，是常被農業上利用之有機資材，又稱為農業副產物。蔬菜類的瓜類及番茄栽培面積根據 105 年農業統計年報共約 38,317 公頃，其植株平時修剪掉的側枝及果菜採收後之植體量相當多，目前都以焚化爐焚燒或隨處掩埋居多，如能加以回收利用，有利於資源永續，並能減少環境汙染。

可分解的農業副產物經由堆肥發酵形成有機質肥料，施加於土壤中提升有機質含量。但一般堆肥化需耗時 1-3 個月的時間方可腐熟，且製作過程中需廣大的遮雨場地，又有臭

---

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教授，通訊作者。

味汙染等問題，製作成本高。國立中興大學楊秋忠教授研發出快速堆肥處理技術，克服費時耗工的高成本問題，經由特殊菌種配合機械設備高溫加熱 1-3 小時，形成腐熟堆肥，因製程短而保留了殘株本身的酚類物質及元素。快速處理技術包含了物理、化學及生物三個層面，於物理是利用設備以鬆解作用、控制水分含量、殺滅病蟲、除臭等為主。化學方面，未經堆肥化之有機廢棄物施用到土壤後將產生諸多化學性質上之缺點，快速處理技術能中和堆肥化過程中所產生的小分子及有機化合物，調整至植物可生長之酸鹼度。微生物層面，依賴微生物酵素的直接快速作用，使醣類、蛋白質與脂肪酸先被分解，剩較難分解之木質素及纖維素，最後會添加溶磷菌促進有效磷的生成(楊等，2011)。

一般傳統育苗介質為泥炭土，大多自國外進口，成本較高，造成使用上成本的限制，加上泥炭土長年開採，產量已逐漸下降。本土介質研發需盡快執行，利用常見之農業廢棄物，如稻稈、蔗渣等加以製成優良介質，降低生產成本，並改善環境汙染問題(蔡，1996)。

蔥為蔥科蔥屬植物，作為重要香辛類蔬菜在國人飲食生活上佔有相當重要的地位，栽培歷史甚遠，近幾年，臺灣蔥栽培面積約維持在5,000~5,300公頃，以雲林縣面積最多，次為彰化縣及宜蘭縣(林，2000)。本試驗以瓜類、番茄植株與蔗渣、與玉米穗軸製成快速堆肥，取代泥炭介質用於蔥育苗上，分析適合之種類與比例。

## 材 料 與 方 法

### 一、植體處理

冬瓜與番茄副產物取自臺中農業改良場，甜瓜副產物取自臺中清水的沐光農場，南瓜副產物收集自中興大學園藝試驗場葡萄中心，蔗渣與玉米穗軸購自台灣糖業公司。將曬乾副產物以碎枝機打碎至 5 mm 大小，由中興大學土壤環境系楊秋忠教授之微生物及生化研究室將農業副產物進行快速分解處理後產生快速發酵堆肥。

### 二、堆肥介質之性質分析

#### (一) 物理性分析

以 Fonteno 等(1993)之測量土壤物理性質之流程稍加修改，用高 5 cm、直徑 4.8 cm 及體積約為 90 mL 之不鏽鋼環測定。將鋼環一端以 150 目平絹網封住，視為底部，並測定此刻鋼環重( $W_r$ )。以聚氯乙烯膜包覆底部並灌入水使之與鋼環頂部切齊，計算水之體積，此亦視為鋼環體積( $V_r$ )。在不添加人為外力下將介質填滿鋼環，此刻鋼環體積即視為介質體積( $V_m = V_r$ )，並秤重( $W_1$ )。配合介質吸水情況徐徐加水至鋼環中，確保水分及介質未流出，介質吸水飽和後水位線需與鋼環等高，秤重( $W_2$ )。計算加入之水重( $W_{add} = W_2 - W_1$ )。移除聚氯乙烯膜使水分從底端滴出，直至無水滲出後秤重( $W_3$ )。計算滴出之水重( $W_{drop} = W_2 - W_3$ )與飽和吸水之介質重( $W_{wm} = W_3 - W_r$ )。盛有溼介質之鋼環置入 70-80℃ 之烘箱中 36 小時以上，直到秤得重量( $W_{dry}$ )不再改變為止，計算出乾燥介質重( $W_{dm} = W_{dry} - W_r$ )，

介質處理行 3 重複測量。運算各物理性質，如下方公式：

$$\text{總孔隙度(Total porosity)} = [W_{add} + (W_1 - W_{dry}) / V_m] \times 100 (\%)$$

$$\text{充氣孔隙度(Air space)} = (W_{drop} / V_m) \times 100 (\%)$$

$$\text{容器含水量(Container capacity)} = [(W_{wm} - W_{dm}) / V_m] \times 100 (\%)$$

$$\text{介質含水率(Moisture content)} = [(W_{wm} - W_{dm}) / W_{wm}] \times 100 (\%)$$

$$\text{介質總體密度(Bulk density)} = W_{dm} / V_m$$

$$\text{固相(Solid phase)} = 100 - [W_{add} + (W_1 - W_{dry}) / V_m] \times 100 (\%)$$

$$\text{液相(Liquid phase)} = \text{容器含水量} = [(W_{wm} - W_{dm}) / V_m] \times 100 (\%)$$

$$\text{氣相(Gas phase)} = [W_{add} + (W_1 - W_{dry}) / V_m] \times 100 (\%) - \text{液相}$$

## (二) 化學性分析

### 1. 介質總酚含量

以 Folin (1915) 的呈色法測定，秤取 2.5 g 乾燥介質於三角瓶內，並加入 20 mL 去離子水，於室溫中(25°C)置於迴轉速率 125 rpm 震盪器上 1 個鐘頭後，靜置半個鐘頭，以 ADVANTEC NO.1 濾紙過濾介質萃取液於試管中。搖勻萃取液後取 1 mL 濾液至另一試管中，於低光處依序加入 0.5 mL Folin-Ciocalteu phenol reagent (FERAK) 及 1 mL Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>，搖晃均勻後於暗處靜置半個鐘頭，以分光光度計(HITACHI, U-2900)測於 750 nm 之吸光值，標準品以沒食子酸(gallic acid)配置，每處理 3 重複。

### 2. EC 值及 pH 值

以介質與 DI 水 5:1 比例將待測物混合於 100 mL 燒杯中，於室溫中(25°C)置於迴轉速率 125 rpm 震盪器上 1 個鐘頭後，靜置半個鐘頭，以 ADVANTEC NO.1 濾紙過濾介質萃取液於試管中，搖勻後取 30 mL 以 EC meter (WTW Conductivity meter LF538) 測定萃取液 EC 值。另取 30 mL 以 pH meter (SUNTEX pH meter SP-701) 測定萃取液 pH 值。每處理行 3 重複，每重複 3 個樣品。

## (三) 元素分析

### 1. 總氮分析

以 Kjeldahl 定氮法測定(Christine, 1995)，精秤 0.2 g 介質並包覆於 ADVANTEC NO.1 濾紙中，置入分解管底層後加入 4.5 mL 濃硫酸及 1 g 催化劑(Selenium reagent mixture, Merck 8030)，置分解管於 410°C 分解爐中，期間每小時將分解管平躺轉動，使管壁上殘留物溶於液體中，分解管中之液體變為清澈淺綠色且無白煙生成即視為分解完成。待冷卻後，樣品移往 Micro-Kjeldahl 裝置，加入 20 mL DI 水及 20 mL 12N NaOH，通入蒸氣使樣品內之氮元素氮氣化，其氮氣以盛 20 mL 燒瓶指示劑(含 Bromocresol green 19 μM 及 Methyl red 25 mM 之 2% 硼酸溶液)之塑膠量杯收集，氮氣溶於其中至液體達 50 mL。之後以 1/14 N 之硫酸滴定，以已取得氮於量筒中之百分比，計算樣品氮含量。單位為%，每處理行 3 重複。

### 2. 有效性磷、鉀、鈣與微量元素含量分析

參照 Mehlich (1953) 方法，取風乾介質 2.5 g 於 100 mL 燒杯中，加入 50 mL 酸淬液

(0.05 N HCl 與 0.025 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)，置於迴轉速率 125 rpm 震盪器上 1 個鐘頭，以濾紙 (ADVANTEC NO.42)過濾，濾液保存於 4℃ 備用，每處理行 3 重複。

(1) 磷：以鉬黃法(Vanadate-Molybdate Yellow Method)測之，取 1 mL 濾液至試管中，並加入 3 mL DI 水與在弱光處加入 1 mL 鉬黃試劑[22.5 g (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·H<sub>2</sub>O 及 1.25 g 溶於 25% HNO<sub>3</sub> 的 NH<sub>4</sub>VO<sub>3</sub> 混合後定量至 1000 mL]，均勻混合後於暗處靜置 30 分鐘。以分光光度計(HITACHI, U-2900)測量樣品於 470 nm 之吸光值，標準液是以 KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 配制，換算出磷之單位為%。

(2) 鉀：濾液以 DI 水稀釋 200 倍並搖勻後以原子吸收光譜儀(HITACHI, Z-2300)測定之，換算後單位為%。

(3) 鈣：濾液以 DI 水稀釋 10 倍後，取出 1 mL 並和 1 mL 5% 氧化釷(La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 溶於 25% 硫酸溶液)與 3 mL DI 水均勻混合，共稀釋 50 倍。取稀釋液以原子吸收光譜儀(HITACHI, Z-2300)測定之，換算後單位為%。

(4) 微量元素(Fe、Mn、Zn、Cu)：直接取濾液以原子吸收光譜儀(HITACHI, Z-2300)測定之，換算後單位為 mg/kg。

三、處理莖葉產物使用為蔥育苗之介質

試驗材料：萬來蔥，屬四季蔥，購自新北市三重區的野菜部屋。

(一) 混合快速堆肥濾液對蔥種子之影響

1. 試驗方法：將混合快速堆肥與水以 1：10 (w：w) 的比例萃取濾液，處理如表 1，每兩天加入 2 mL 濾液於置有 20 顆蔥種子之培養皿中，放至 25℃ 之生長箱中，光週期為 12/12 hr，為期 21 天。每處理 3 重複，每重複 3 皿。

2. 調查項目：

(1) 發芽率：胚根突破種皮 1 mm 視為發芽，計算為發芽種子數/總種子數×100%

(2) 胚根長：幼苗基部至根系之長度

(3) 鮮重：種苗全株重量

(二) 快速堆肥混合椰纖土於蔥育苗之應用

1. 試驗方法：將冬瓜、甜瓜、南瓜、番茄、玉米穗軸 5 種植株材料製成之快速堆肥以 10 倍水淋洗，冬瓜、蔗渣與玉米者分別和椰纖土以 1：1 (v：v) 混合，甜瓜、南瓜與番茄者各別與椰纖土以 1：3 (v：v) 混合，放置 128 格穴盤中，每穴格置 2 粒種子，放至 25℃ 之生長箱中，光週期為 12/12 hr，為期 14 天。每處理 3 重複，每重複 32 格。

2. 調查項目：

(1) 發芽率：發芽種子數/總種子數×100%

(2) 胚根長：幼苗基部至根系之長度

(3) 株高：葉尖至基部之長度

(4) 莖徑：短縮肥大莖最大直徑

(5) 葉數：成熟葉數量



(6) 鮮乾重：種苗地上與地下部未烘乾及烘乾後重量

#### 四、統計分析

試驗皆採完全逢機設計，調查所得數據以 SAS 套裝軟體 9.4 版(SAS Institute, Cary, NC) 中 ANOVA (Analysis of Variance)進行變方分析( $\alpha = 0.05$ )，以 Fisher's LSD 進行試驗間各處理平均值的比較。

表 1. 各介質與處理代號說明。

Table 1. Description of each treated medium and code.

| 處理代號 | 配方說明                |
|------|---------------------|
| W    | 冬瓜快速堆肥              |
| M    | 甜瓜快速堆肥              |
| P    | 南瓜快速堆肥              |
| T    | 番茄快速堆肥              |
| S    | 蔗渣快速堆肥              |
| C    | 玉米穗軸快速堆肥            |
| WS   | 冬瓜：蔗渣 = 1：1 (w：w)   |
| WC   | 冬瓜：玉米穗軸 = 1：1 (w：w) |
| MS   | 甜瓜：蔗渣 = 1：1 (w：w)   |
| MC   | 甜瓜：玉米穗軸 = 1：1 (w：w) |
| PS   | 南瓜：蔗渣 = 1：1 (w：w)   |
| PC   | 南瓜：玉米穗軸 = 1：1 (w：w) |
| TS   | 番茄：蔗渣 = 1：1 (w：w)   |
| TC   | 番茄：玉米穗軸 = 1：1 (w：w) |

## 結 果

### 一、元素分析

於表 2 大量元素中，氮(N)含量以南瓜快速堆肥的 2.84%顯著最多，與氮含量較少的蔗渣與玉米穗軸者相比，大約多了 1.8%。磷(P)含量在番茄快速堆肥的 0.47%顯著較多，約比含量較少的冬瓜、蔗渣與玉米穗軸者多了近 0.4%。鉀(K)含量則以甜瓜快速堆肥的 0.28%顯著為多，含量最少為冬瓜者的 0.01%。鈣(Ca)含量以甜瓜和南瓜快速堆肥的 0.2%顯著較多，含量最少為玉米穗軸者的 0.03%。鎂(Mg)含量以冬瓜、南瓜及甜瓜者顯著較多，約 500  $\mu\text{g/g}$ ，蔗渣與玉米者顯著較少，各為 150 與 60  $\mu\text{g/g}$ 。

表 2 的微量元素中，鐵(Fe)含量在冬瓜快速堆肥中 197 µg/g 顯著最高，以甜瓜者的 22 µg/g 顯著最低。錳(Mn)與鋅(Zn)含量方面，顯著較高的為番茄快速堆肥的 151 與 146 µg/g，最少為甜瓜者的 12 µg/g。銅(Cu)含量以南瓜快速堆肥顯著較多，其含量為 2.93 µg/g，含量顯著最少的蔗渣快速堆肥為 0.20 µg/g。

## 二、物化性分析

表 3 的化學性質中，冬瓜、甜瓜、南瓜及番茄快速堆肥 pH 值約 7.19-9.21，偏鹼性，其中番茄者的 9.21 顯至最高；蔗渣與玉米穗軸快速堆肥 pH 值皆小於 7，偏酸性，以玉米者之 pH 值 5.93 顯著最低。EC 值方面，以甜瓜快速堆肥的 21.40 dS/cm 顯著最高，其次為南瓜者的 15.91 dS/m，蔗渣者的 1.55 dS/cm 為最低。在總酚含量上以甜瓜快速堆肥的 3953 µg/g 顯著最高，其次為南瓜者的 2546 µg/g，以蔗渣者的 976 µg/g 最低。

在物理性質上(表 4)，總孔隙度以甜瓜與南瓜快速堆肥的 91.16%與 90.31%顯著較高，玉米者為 68.53%，顯著較低。容器含水量方面，以玉米快速堆肥 56.50%顯著較高，南瓜者的 37.29%顯著為低。總體密度中，玉米快速堆肥的 0.16 g/mL 顯著為高，蔗渣者的 0.04 g/mL 顯著為低。南瓜快速堆肥的空氣孔隙度 53.02%顯著最高，最小者為玉米穗軸的 12.03%。介質含水率部分，以蔗渣快速堆肥的 90.61%顯著最高，其次為冬瓜與甜瓜者的 81.03 與 80.66%，以玉米穗軸、南瓜與番茄者約 77%為顯著最小。於圖 1 的氣相、液相與固相分佈情形中，固相以玉米快速堆肥的 31.46%顯著最高，甜瓜者 8.83%顯著較低。液相部分，玉米者 56.50%顯著較高，南瓜者 37.29 顯著為低。氣相方面，以南瓜快速堆肥的 53.02%顯著較高，玉米者 12.03%顯著為低。

表 2. 快速堆肥之大量及微量元素含量。

Table 2. Macro and micro elements of fast composts.

| Com-post | N (%)                | P (%)  | K (%)  | Ca (%) | Mg (µg/g) | Fe (µg/g) | Mn (µg/g) | Zn (µg/g) | Cu (µg/g) |
|----------|----------------------|--------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| W        | 1.98 bc <sup>z</sup> | 0.08 d | 0.01 f | 0.11 b | 500 a     | 197 a     | 79 b      | 37 c      | 3.13 a    |
| M        | 2.28 b               | 0.31 c | 0.28 a | 0.20 a | 480 a     | 22 d      | 12 f      | 12 e      | 2.13 b    |
| P        | 2.84 a               | 0.34 b | 0.23 b | 0.20 a | 470 a     | 32 cd     | 65 c      | 39 c      | 2.93 a    |
| T        | 1.72 c               | 0.47 a | 0.18 c | 0.12 b | 400 b     | 39 c      | 151 a     | 146 a     | 1.06 c    |
| S        | 1.06 d               | 0.09 d | 0.02 e | 0.09 b | 150 c     | 62 b      | 38 d      | 52 b      | 0.20 d    |
| C        | 1.08 d               | 0.08 d | 0.04 d | 0.03 c | 60 d      | 71 b      | 25 e      | 26 d      | 0.46 d    |

<sup>z</sup> : Means in a column with the same letter are not significantly different at 5% level Fisher's LSD test.

表 3. 快速堆肥之化學性質。

Table 3. Chemical properties of fast composts.

| compost | pH                  | EC<br>(dS/m) | Total phenol<br>( $\mu\text{g/g}$ ) |
|---------|---------------------|--------------|-------------------------------------|
| W       | 7.19 c <sup>z</sup> | 5.23 d       | 1459 d                              |
| M       | 8.18 b              | 21.40 a      | 3953 a                              |
| P       | 8.13 b              | 15.91 b      | 2546 b                              |
| T       | 9.21 a              | 7.27 c       | 2261 c                              |
| S       | 6.05 d              | 1.55 e       | 976 e                               |
| C       | 5.93 e              | 1.74 e       | 1315 d                              |

<sup>z</sup> : Means in a column with the same letter are not significantly different at 5% level Fisher's LSD test.

表 4. 快速堆肥之物理性。

Table 4. Physical properties of fast composts.

| compost | Total porosity<br>(%) | Container water<br>content (%) | Overall density<br>(g/mL) | Air porosity<br>(%) | Medium<br>moisture content<br>(%) |
|---------|-----------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| W       | 84.25 bc <sup>z</sup> | 45.21 c                        | 0.10 c                    | 39.04 b             | 81.03 b                           |
| M       | 91.16 a               | 52.72 ab                       | 0.12 b                    | 38.43 b             | 80.66 b                           |
| P       | 90.31 ab              | 37.29 d                        | 0.10 c                    | 53.02 a             | 77.63 c                           |
| T       | 83.41 c               | 45.31 c                        | 0.12 b                    | 38.10 b             | 77.83 c                           |
| S       | 82.95 c               | 48.18 bc                       | 0.04 d                    | 34.77 b             | 90.61 a                           |
| C       | 68.53 d               | 56.50 a                        | 0.16 a                    | 12.03 c             | 77.47 c                           |

<sup>z</sup> : Means in a column with the same letter are not significantly different at 5% level Fisher's LSD test.

### 三、混合介質之化學性質

圖 2 為高總酚含量的冬瓜、甜瓜、南瓜與番茄快速堆肥以重量比 1:1 分別混合低總酚含量的蔗渣與玉米穗軸快速堆肥，藉以降低其含量。冬瓜者分別混入蔗渣與玉米穗軸者後，各從 1459  $\mu\text{g/g}$  微降至 1250 與 1389  $\mu\text{g/g}$ ；甜瓜者混入蔗渣與玉米穗軸者後，皆顯著從 3953  $\mu\text{g/g}$  降至約 2500  $\mu\text{g/g}$ ；南瓜者各顯著自 2546  $\mu\text{g/g}$  降低為約 1700  $\mu\text{g/g}$ ；番茄分別

自 2261  $\mu\text{g/g}$  減至 1687  $\mu\text{g/g}$  與 1825  $\mu\text{g/g}$ 。甜瓜混合介質與甜瓜單質相比下降最多。圖 3 介質之 EC 值，以高 EC 值之冬瓜、甜瓜、南瓜與番茄快速堆肥以重量比 1:1 分別混合低 EC 值的蔗渣與玉米穗軸快速堆肥。混合後之 EC 值以甜瓜與南瓜者下降最多，甜瓜者皆顯著自 21 dS/cm 降至約 14 dS/cm，南瓜者顯著自 15.9 dS/cm 分別降至 9.3 與 9.17 dS/cm。

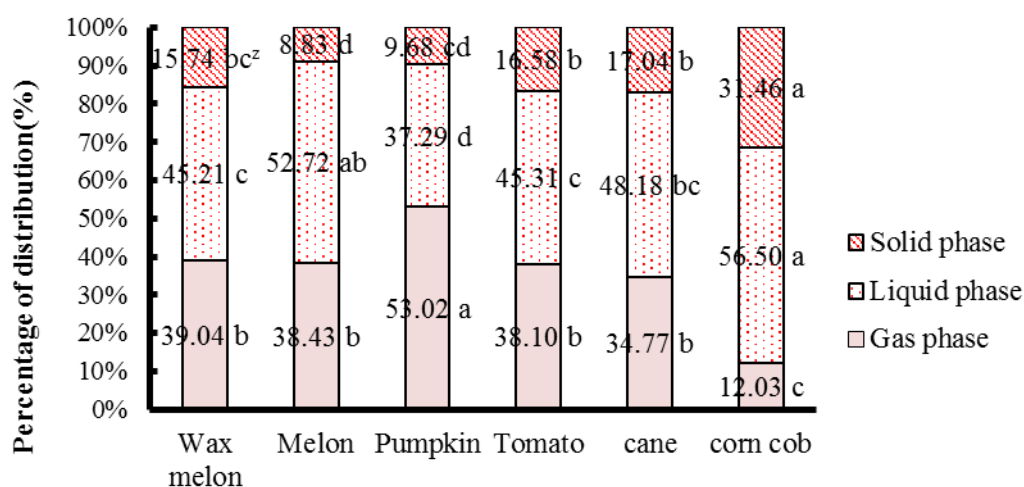


圖 1. 快速堆肥單質介質之氣相、液相與固相分佈情形。

Fig. 1. Gas, liquid and solid phase distribution in the fast composts.

z : Means in a column with the same letter are not significantly different at 5% level Fisher's LSD test.

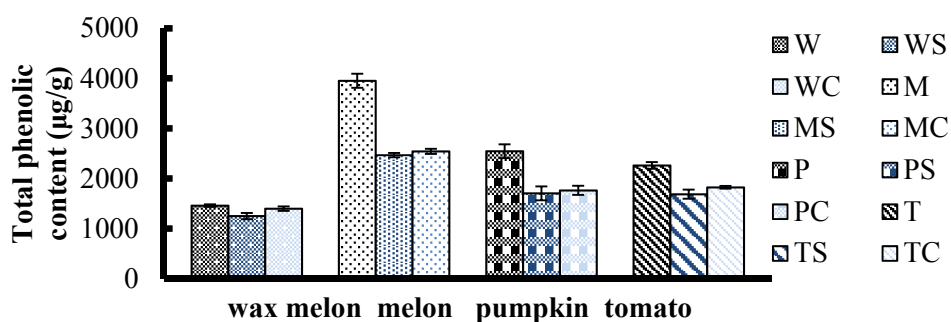


圖 2. 冬瓜、甜瓜、南瓜與番茄快速堆肥分別混合蔗渣與玉米穗軸快速堆肥之總酚含量。

Fig. 2. Total phenolic content of fast compost white melon, melon, pumpkin or tomato of mixed with cane and corn cob, respectively. I represents error bar.

圖 4 表示介質之 pH 值，藉弱酸性的蔗渣與玉米穗軸快速堆肥以重量比 1：1 分別混合鹼性的冬瓜、甜瓜、南瓜與番茄快速堆肥，降低 pH 值。以番茄者之 pH 值降低最多，分別自 9.21 顯著降至 7.71 與 8.07，其中混有玉米穗軸者與混有蔗渣者相比降低較少。

表 5 為以混合快堆濾液處理蔥種子情形，發芽率部分以對照組、冬瓜混甘蔗者與冬瓜混玉米者顯著最高，約 58-60%，以番茄混玉米者顯著最低。胚根長方面，以冬瓜混甘蔗及玉米者顯著最高，約 3.1 cm，對照組的 2.8 cm 次之，其餘處理皆顯著最低。以鮮重而言，冬瓜混甘蔗者的 0.024 g 顯著最高，對照組的 0.020 g 與冬瓜混玉米者的 0.019 g 次之，其餘處理皆顯著最低。

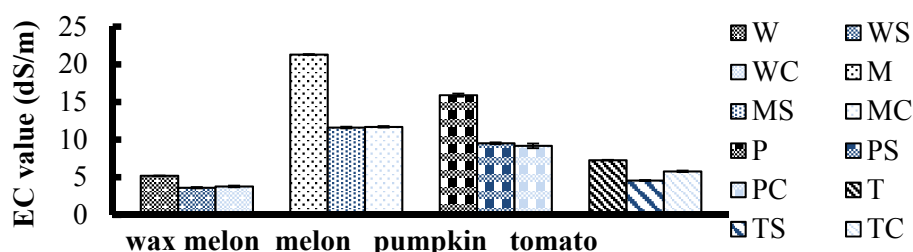


圖 3. 冬瓜、甜瓜、南瓜與番茄快速堆肥分別混合蔗渣與玉米穗軸快速堆肥之 EC 值。

Fig. 3. The EC value of fast compost white melon, melon, pumpkin or tomato of mixed with cane and corn cob, respectively. I represents error bar.

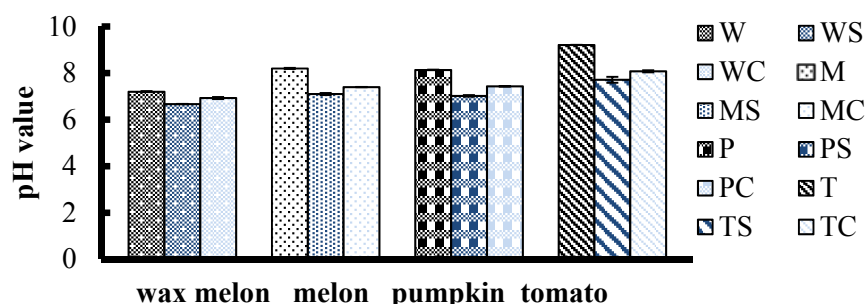


圖 4. 冬瓜、甜瓜、南瓜與番茄快速堆肥分別混合蔗渣與玉米穗軸快速堆肥之 pH 值。

Fig. 4. The pH value of fast compost white melon, melon, pumpkin or tomato of mixed with cane and corn cob, respectively. I represents error bar.

表5. 混合快速堆肥濾液對培養皿中蔥種子發芽及苗生長影響。

Table 5. Effect of mixed fast compost filtrate on the germination and seedling growth of welsh onion seeds in petri dish.

| Filtrate | Germination rate<br>(%) | Radicle length<br>(mm) | Fresh weight/plant<br>(mg) |
|----------|-------------------------|------------------------|----------------------------|
| Control  | 58.12 a                 | 28.1 b                 | 20 b                       |
| WS       | 60.62 a                 | 31.8 a                 | 24 a                       |
| WC       | 58.75 a                 | 31.3 ab                | 19 b                       |
| MS       | 33.12 b                 | 2.1 c                  | 12 c                       |
| MC       | 27.50 bc                | 1.8 c                  | 10 c                       |
| PS       | 28.75 bc                | 1.8 c                  | 11 c                       |
| PC       | 21.87 bc                | 1.6 c                  | 8 c                        |
| TS       | 26.25 bc                | 1.1 c                  | 6 c                        |
| TC       | 16.87 c                 | 0.7 c                  | 6 c                        |

<sup>z</sup>: Means in a column with the same letter are not significantly different at 5% level Fisher's LSD test.

#### 四、處理產物使用為蔥育苗之介質

表6為快速堆肥混合椰纖土育蔥苗之情形，發芽率部分對照組與處理組無顯著差異，株高以冬瓜和甜瓜者的8.08和8.50 cm顯著較高，莖徑以對照組和冬瓜者的0.66與0.76 mm顯著較高，蔗渣的0.50 mm顯著較低。胚根長以冬瓜者的5.78 cm顯著最長，其他處理與對照組無顯著差異。地上部鮮重以番茄者的239.2 mg顯著最輕，其餘處理與對照組無顯著差異。地下部鮮重以甜瓜、南瓜與番茄者的60.8、61.6與47.2 mg顯著較小，其餘處理與對照組無顯著差異。

## 討 論

將瓜類及茄科蔬菜栽培後植體利用快速分解方式製成之產物利用於蔥栽培上，須先了解這些產物如要為育苗或介質，使用之物理及化學上的特性。

#### 一、大量及微量元素

土壤以Kjeldahl定氮法檢測出的氮含量位於0.2-0.5%為中等含量，大於1%表示氮含量極高(Landon, 1984)。快速堆肥作為介質而言氮含量是相當高的，表2中氮含量顯著較低的蔗渣及玉米者皆大於1%，南瓜者則高達2.84%。以Mehlich方法檢測土壤磷含量，表2中快

表6. 快速堆肥混合椰纖土於蔥穴盤苗生長情形。

Table 6. Growth of welsh onion seedlings on plug tray in the medium of fast composts mixed with coconut fiber.

| Mixed medium | Germination rate (%) | Plant height (cm) | Stem diameter (mm) | Radicle length (cm) | Shoot fresh weight (mg) | Root fresh weight (mg) |
|--------------|----------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|------------------------|
| Coconut      | 81.25 a              | 6.84 c            | 0.66 ab            | 2.92 bc             | 294.6 ab                | 85.0 a                 |
| W            | 78.12 a              | 8.08 a            | 0.76 a             | 5.78 a              | 289.2 ab                | 92.4 a                 |
| M            | 84.37 a              | 8.50 a            | 0.53 cd            | 3.50 b              | 273.0 ab                | 60.8 b                 |
| P            | 81.25 a              | 7.84 ab           | 0.63 b             | 3.38 bc             | 254.6 bc                | 61.6 b                 |
| T            | 84.37 a              | 7.38 bc           | 0.57 bc            | 3.16 bc             | 239.2 c                 | 47.2 b                 |
| S            | 81.25 a              | 6.80 c            | 0.60 bc            | 2.80 c              | 273.6 ab                | 85.6 a                 |
| C            | 84.37 a              | 6.90 c            | 0.50 d             | 3.14 bc             | 305.2 a                 | 86.2 a                 |

<sup>z</sup> : Means in a column with the same letter are not significantly different at 5% level Fisher's LSD test.

速堆肥磷含量介於 0.08-0.47% 之間，遠高於一般土壤磷含量的 0.005% (陳等，1993)。以酸淬液淬取之鉀含量，表 2 中快速堆肥的鉀含量位於 0.01-0.28% 之間，其鉀含量較一般土壤的 0.01% 高出許多。推測瓜類及番茄之 N、P、K 含量較蔗渣與玉米穗軸者高是因堆肥原料含莖葉之故，又蔗渣與玉米穗軸為經過加工後之產物，這些植體內大量元素可能較少或在加工過程中減損。

土壤鈣含量一般介於 0.05-0.11% 之間 (陳等，1993)，表 2 中玉米者之鈣含量為顯著最低的 0.03%，較一般土壤少，蔗渣及冬瓜者為中等含量，甜瓜與南瓜者高於一般含量。一般土壤鎂含量約 30-60  $\mu\text{g/g}$ ，除玉米者外，其餘快速堆肥鎂含量皆高於一般土壤，其中以瓜類最高，約為 500  $\mu\text{g/g}$ ，鎂為葉綠素的重要組成，主要位於葉中，因此製作快速堆肥時帶有葉片的瓜類及番茄殘株鎂含量較多，又以瓜類葉片較番茄大，故鎂含量較番茄高。一般土壤可溶性鐵含量位在 50-300  $\mu\text{g/g}$ ，快速堆肥的鐵含量以冬瓜者 197  $\mu\text{g/g}$  最高，但甜瓜、南瓜與番茄者低於 50  $\mu\text{g/g}$ ，低於一般土壤含量。土壤中酸鹼度每升高 1 單位，鐵之活性降低 1000 倍，在中性至鹼性的土壤中鐵易轉為不可溶性 (陳等，1993)。瓜類及番茄快速堆肥的 pH 值偏鹼性，直接施用可能發生植株缺鐵情形。

土壤可溶性錳淬取量位於 20-140 為中等值，甜瓜快速堆肥錳含量偏低，番茄者偏高，其餘皆於中間值。錳在土壤中通常以氧化物形式存在，其溶解度隨 pH 升高而降低，當  $\text{pH} > 6.5$  時，植物可吸收之  $\text{Mn}^{2+}$  易被微生物氧化為植物無法吸收的  $\text{Mn}^{4+}$ ，造成植株缺錳症 (陳等，1993)。表 3 中顯示瓜類及番茄的 pH 值偏高，可能會有此情形。土壤中以酸提取之鋅含

量位於5-20  $\mu\text{g/g}$ 較為合宜， $>20 \mu\text{g/g}$ 則偏高(陳等，1993)。除甜瓜快速堆肥12  $\mu\text{g/g}$ 外，其餘鋅含量皆偏高，其中又以番茄者的146  $\mu\text{g/g}$ 顯著最高。因植物本身即含有較高含量的鋅，瓜類作物鋅含量通常介於20-200  $\mu\text{g/g}$ (陳等，1993)，但如直接施加土壤恐有過量問題。土壤可溶性銅含量於0.5-8  $\mu\text{g/g}$ 為中等值(陳等，1993)，表2中的快速堆肥銅含量以蔗渣和玉米者低於中等值範圍，其餘堆肥值在1.06-3.13，如在鹼性環境中易降低銅的有效性，形成植株缺銅症。

## 二、化學性質

一般土壤pH值約位於6.6-7.3之間，低於6.5植物不易吸收氮、磷、鉀、鈣等元素，高於6.5則抑制植物對鐵、錳、鋅等元素的吸收。表3中瓜類與番茄的快速堆肥pH皆 $>7$ ，其中番茄高達9.21，為強鹼性，蔗渣與玉米pH約6，偏弱酸性。瓜類及番茄快堆添加後易使土壤過鹼(pH $>7.5$ )，鹼性環境中磷離子易被固定磷酸三鈣或磷灰石而造成植物無法利用，鐵、鋅、錳、銅、硼等元素之有效性降低，易導致葉片黃化之生理障礙或根系受損的現象(陳等，1993)。

通常測定 EC 值時以飽和土壤抽出液(ECe)測定較具代表性，因其最直接反映鹽分對作物生長的影響，但測定 ECe 耗時且費用高，一般以測定土壤懸浮液(水土比 1:5)取代， $\text{ECe} \cong 6.2 \times \text{EC}_{1:5}$  (陳，2015)。本試驗 EC 值皆以水土比 1:5 測定，以瓜類及番茄較高，又以甜瓜的 21.4 dS/m 最高，蔗渣與玉米穗軸約 1 dS/m。一般土壤  $\text{EC}_{1:5}$  大於 0.85 dS/m，開始有鹽類累積問題(陳，2015)，常見於蔬菜田中，其會影響植株水分吸收、營養拮抗等問題，使作物有生長不良或萎凋之情形(楊，2004)。過多的鈉離子會與鉀產生拮抗作用，阻礙植株對鉀離子的吸收(陳等，1993)。土壤鹽分過高不易形成團粒結構，鹽分離子易堵塞孔隙，造成土壤結核或脫皮現象(楊，2004)。因此葫蘆科與番茄快堆宜與蔗渣或玉米穗軸者混合使用，降低 pH 與 EC 值過高對作物產生的危害。

總酚方面以甜瓜 3953  $\mu\text{g/g}$ 、南瓜 2546  $\mu\text{g/g}$  及番茄 2261  $\mu\text{g/g}$  較高，酚酸化合物被證實是化感物質中相剋活性最強的一類物質。一般土壤總有機質中約含有 40-90  $\mu\text{g/g}$  的酚酸物質(Whitehead, 1964)。酚酸物質在高含量下會對植物細胞膜系統(Glass, 1997)、光合作用(王等，2014)、呼吸作用(吳，1998)、內生賀爾蒙活性(He *et al.*, 2001)及蛋白質生合成(Memieand and Singh, 1993)等造成負面影響，利用此特性施用快速堆肥可抑制田間雜草，降低雜草萌發率與生長，減少其對作物養分競爭以降低施肥量，並減少殺草劑的使用，但也會對作物造成影響，故須注意使用量。

## 三、物理性質

總孔隙度為位於顆粒間及顆粒內的空氣所組成(Eftoda and McCartney, 2002)，Yeager (2010)研究指出商業介質總孔隙度為50-85%，南瓜與甜瓜快速堆肥約90%以上，孔隙度偏高。空氣孔隙度常用於表示土壤中空氣體積，實驗中是將因重力滴出水分體積視為原空氣所占體積。空氣孔隙度位在20-30%較適合一般盆器栽培(De Boodt, 1972)，快速堆肥皆不再此範圍內，玉米者偏低，其餘偏高。



總體密度與空氣孔隙度呈負相關，一般砂質壤土剛耕犁過後的總體密度介於0.9-1.2 g/mL，快速堆肥總體密度皆遠小於此範圍(Tayler, 1966)，為空氣孔隙度高所致，顯示當介質使用時可能會造成缺水的現象，須和空氣孔隙度較小之介質(如玉米者)混合以減少水分流失。

容器含水量在45-65%較為合適，快速堆肥液相皆符合範圍，液相等同於容器含水量，最佳的商業栽培介質之氣相約佔10-30% (Yeager, 1997)，玉米快速堆肥氣相符合，其餘皆大於此範圍。南瓜與玉米者的介質含水率皆為77%，但空氣孔隙度中，南瓜者的53%顯著高於玉米者的12%，推測是玉米穗軸介質顆粒內孔隙較多，故可藉本身孔隙吸附較多水分，可由圖1證明，南瓜者固相低氣相高，玉米者氣相低固相高，且玉米者之液相顯著高，有可能是因固相的孔隙多而吸附較多水分之故。介質混入玉米者可降低氣相及空氣孔隙度，並提升液相以增加含水率。

將瓜類、番茄快速堆肥，分別與蔗渣、玉米者混合改善介質性質，如圖2-4。於化學性質中，須調整pH值至6、7左右以提升元素有效性；降低瓜類與番茄者之EC值，減少對作物根系水分潛勢的干擾；調降高總酚含量之快速堆肥，以減少酚類對作物的負面影響。

#### 四、處理產物使用為蔥育苗之介質

冬瓜以10倍水淋洗後以1:1 (w:w)和椰纖土混合對於蔥育苗效果最佳，在株高、莖徑、地上與地下部鮮重皆顯著較高。甜瓜與南瓜者對於蔥根系仍有抑制效果，應增加淋洗水量或降低使用比例。玉米者在各性狀上與椰纖土對照組無顯著差異，因此以10倍水淋洗後與椰纖土1:1 (w:w)混合適合用於蔥育苗。蔗渣在莖徑方面與對照組相比顯著較小，應為養分不足所致，推測可降低蔗渣比例或額外施肥以促進蔥苗生長。

番茄混合者雖然總酚含量與EC值並非最高，但抑制效果卻最為明顯，推測是其pH值過高或含有與蔥相剋的物質，對其產生負面影響，因此番茄快速堆肥較不適合用於蔥的育苗或栽培。

## 參 考 文 獻

- 王茂勝、李明、楊秀祥、汪漢成、邱忠智、蔣選利。2014。酚酸對煙苗根系生長及葉片光合特性的影響。廣東農業科學 2: 14-18。
- 吳鳳芝。1998。大棚蔬菜連作年限對土壤主要理化性狀的影響。中國蔬菜 4: 5-8。
- 林學詩。2000。蔥有機栽培。臺東區農技報導 4: 1-3。
- 陳仁炫、林正鎔、郭惠千。1993。土壤肥力因數之分級標準彙集。國立中興大學土壤環境科學系編印。行政院農委會。60pp。
- 陳仁炫。2015。土壤簡易檢康檢測手冊。國立中興大學土壤環境科學系 p.12-13。
- 楊秋忠、黃裕銘、郭錫德、陳仁炫、曾慶平、楊盛行、李文汕。2011。快速處理的生產製

- 造。台灣有機廢棄物的再利用有機質肥料之生產及應用研究。中正基金會專題研究報告 p.127-132。
- 蔡永皞。1996。農水產廢棄物堆肥化之開發及應用(ii)瓜類育苗介質之研製及其理化性質。高雄區農業改良場研究彙報 8(1): 43-54。
- Christine, Z. 1995. Differential inhibition by ferulic acid of nitrate and ammonium uptake in *Zea mays* L. *Plant Physiol.* 98: 639-645.
- De Boodt, M. and O. Verdonck. 1972. The physical properties of their substrates in horticulture. *Acta Hort.* 26: 37-44.
- Eftoda, G. and D. McCartney 2002. Correlating bench-scale FAS test to full scale windrow composting performance. In: Michel, F.C., Rynk, R. F., Hoiting, H. A. J.(Eds.), *Proc. Intl. Symp. Composting and Compost Utilization*, Columbus, OH. USA, p.204-220.
- Folin, O. and W. Denis. 1915. A colorimetric method for the determination of phenols and phenol derivatives in urine. *J. Bio. Chem.* 22: 305-308
- Glass, D. K. 1997. Influence of phenolic acids on ion uptake. *Plant Physiol.* 54: 855-858.
- He, H. Q., and W. X. Lin. 2001. Studies on allelopathic physiobiochemical characteristics of rice. *Chin. J. Eco-Agric.* 9(3): 56-57.
- Landon, J. R. 1984. *Booker tropical soil manual*. Longman Inc., New York. 450pp.
- Mehlich, A. 1953. Determination of P, Ca, Mg, K, Na, and NH<sub>4</sub>. North carolina soil test division.
- Memie, W. and M. Singh. 1993. Phenolic acid affect photosynthesis and protein synthesis by isolated leaf cells of velvet-leaf. *Chem. Ecol.* 19: 1293-1301.
- Taylor, H. M., G. M. Roberson, and J. J. Parker. 1966. Soil strength-root penetration relations for medium to coarse textured soil materials. *Soil Sci.* 102: 18-22.
- Whitehead, D. C. 1964. Identification of p-hydroxybenzoic vanillic, p-coumaric and ferulic acids in soils. *Nature* 202(4930): 417.
- Yeager, A., R. Michael, H. Yitzhak, C. Roni, W. Shmuel, G. Lidor, and K. Jaacov. 2010. Induced resistance as putative component of compost suppressiveness. *Biol.* 54: 46-51.

## The Application of Fast Compost Made from Tomato and Melon Residues on Cultivation of Welsh Onion (*Allium fistulosum* L.) Seedlings

Li Feng Wu<sup>1)</sup> Yu Sung<sup>2)</sup>

Key words: Cucurbitaceae and tomatoes fast compost, Welsh onion, Total phenol, EC value, Physical characteristic

### Summary

Agricultural by-products are often recycled into organic materials and then returned to the field. Professor Yang of National Chung Hsing University invented fast-composting technology. In the experiment, the residues of Cucurbitaceae (melon, pumpkin and wax gourd) tomatoes, sugar canes bagasse and corn cobs were used as raw materials for fast composting. The total porosity following fast composting was 68-92%, and the medium moisture content was above 77%, demonstrating increased soil permeability and improve moisture content, which contribute to crop root growth. The compost also contained nutrients such as nitrogen, phosphorus and potassium. The nitrogen content of residue from Cucurbitaceae was approximately 2%, which was also helpful for crop growth. The total phenolic content and high EC value following fast composting were highest with melon residue, with a total phenol content of 3953 µg/g and EC<sub>1:5</sub> value of 21.3 dS/m. To reduce the inhibition effect of growth on welsh onion, fast-composting residues of Cucurbitaceae and tomatoes must be mix with bagasse and corn cob, which lowers the total phenolic content and EC value, reducing the damage to the root system of the welsh onion. A compost of melons mixed with wax gourds did not significantly inhibit the growth of welsh onion seeds, indicating the welsh onion seedling conditions were more suitable at a the total phenolic content below 1500 µg/g and the EC<sub>1:5</sub> value of 5. For use in seedling culture, fast-compost materials, except bagasse, were washed 10 times with water. Wax gourds, bagasse and corn cobs were mixed with the coconut fiber soil at a 1:1 (v:v) ratio, and pumpkins, tomatoes and melons were mixed with coconut fiber at a 1:3 (v:v) ratio to reduce the total phenolic content and EC value, resulting in a medium that could be used for the seedling of welsh onions on plug trays.

---

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

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.



## 水楊酸預處理'河童盛夏 11 號'及'和生美'花胡瓜 (*Cucumis sativus* L.)種子對幼苗耐寒性之影響

石 盛 文<sup>1)</sup> 黃 三 光<sup>2)</sup>

關鍵字：水楊酸、花胡瓜、幼苗、耐寒性

**摘要：**水楊酸為植物荷爾蒙的一種，參與調控植物生長發育、代謝衰老等生理過程，且能作為植物在面對生物及非生物逆境時的關鍵訊號調控因子。本研究應用不同濃度的水楊酸預處理花胡瓜種子來探討其在低溫逆境下是否有助於提升臺灣花胡瓜品種幼苗之低溫耐受性，結果顯示，適當的水楊酸濃度預處理種子能減少'河童盛夏 11 號'與'和生美'兩品種幼苗葉片之葉綠素螢光下降比率，再進一步調查幼苗葉片內之過氧化氫含量與抗氧化酵素系統中超氧化物歧化酶、過氧化氫酶、抗壞血酸過氧化酶之活性及抗壞血酸之含量，結果顯示花胡瓜幼苗在低溫下葉片內酵素型與非酵素型抗氧化劑的變化主要是為維持葉片內適當的過氧化氫含量以因應逆境情況，使花胡瓜幼苗在遭受低溫逆境侵襲時能對低溫具有較佳的耐受性。

### 前 言

氣候變遷導致之極端天氣是近幾年來非常重要的議題，而極端天氣的發生往往導致臺灣冬季花胡瓜露地栽培時容易受到強烈大陸性冷氣團帶來的低溫寒流侵襲，使花胡瓜植株受到嚴重寒害(戴，2000)。

花胡瓜(*Cucumis sativus* L.)為葫蘆科(Cucurbitaceae)胡瓜屬一年生的草本蔓性作物，適合於溫度 20℃ 至 30℃ 間生長，在臺灣可週年生產，目前商業品種大部分具有單為結果及高雌花率之特性，栽培便利且產量穩定，是臺灣常見之蔬果類作物(錢和蕭，2016)。

當植物遭遇逆境時會產生過量的活性氧化物(reactive oxygen species, ROS)，不但阻礙植物生長，嚴重時甚至會造成植物萎凋、死亡，然而植物能透過抗氧化系統來清除活性氧化物，緩解逆境損傷(Wise and Naylor, 1987；Sharma *et al.*, 2012)。

---

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。

前人研究指出於低溫逆境前預先處理適當濃度的水楊酸(salicylic acid, SA)能增加植體內酵素型抗氧化劑活性及非酵素型抗氧化劑的含量以減少植物的氧化逆境程度(Bai *et al.*, 2009; Sayyari, 2012)，因此本研究以四種不同濃度的水楊酸溶液預處理兩種臺灣常見的花胡瓜商業品種之種子，探討水楊酸是否能提升花胡瓜幼苗在遭遇低溫逆境下之耐受性，以供農民參考使用。

## 材 料 與 方 法

### 一、試驗材料

本研究使用'河童盛夏 11 號 Kappa summer no. 11 (欣樺種苗)'與'和生美 CU-74 (和生種苗)'兩個花胡瓜品種。

### 二、試驗方法

#### (一) 種子水楊酸處理

參考 Sayyari (2012)之試驗方法，將花胡瓜種子直接浸泡於 0、0.5、1 及 1.5 mM 四種不同濃度的水楊酸溶液中(0 mM SA 為對照組，0.5、1 及 1.5 mM SA 為處理組)，放置於室溫 25-28°C 浸泡 24 小時。

#### (二) 幼苗生長條件

種子於室溫下進行水楊酸浸種處理後，以去離子水沖洗種子後播種於 72 格圓孔 PE 育苗穴盤。育苗介質使用 potground H90 (Klasmann -Deilmann, Germany, 泥炭土:珍珠石 = 9:1)。植株栽培於植物生長箱(Model LBG-1000, Lead-Biotech Instruments Co., Ltd., Taiwan)並以自來水澆灌，生長箱之溫度設定乃模擬臺灣中部冬季均溫  $25 \pm 1 / 18 \pm 1^{\circ}\text{C}$  (日/夜)，光照條件則設定為光週期 12 hr，光強度  $70 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，植株於生長箱培養至帶有兩片完全展開本葉時供作試驗用。

#### (三) 寒害逆境之模擬

將供試植株放置於園藝系館地下室配置光源之氣冷式蒸發器冷藏室(air-cooled evaporator, CR4080-410, JunnWei Galleries co., Taiwan)在低溫條件、回溫條件及低溫後回溫條件下進行測試。低溫條件主要模擬臺灣冬季寒流來臨時之狀況，溫度設定為  $7 \pm 0.5 / 4 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  (日/夜)，光照則設為光週期 12 小時，光強度  $70 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 。供試植株首先以低溫條件(low temperature condition, L)連續處理 3 天，之後再將植株放置於上述之植物生長箱(Model LBG-1000, Lead-Biotech Instruments Co., Ltd., Taiwan)以  $25 \pm 1 / 18 \pm 1^{\circ}\text{C}$  (日/夜)，光週期 12 小時，光強度  $70 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  之回溫條件(rewarming condition, R)連續處理 3 天，並加低溫條件 3 天及回溫條件 3 天合併稱為低溫後回溫條件(low temperature followed by rewarming condition, LR)，每種水楊酸濃度處理三重複，每重複三株。

#### (四) 調查項目與方法

### 1. 葉綠素螢光參數值(chlorophyll fluorescence, Fv/Fm)

測定之植株預先遮光暗適應 30 分鐘後，使用葉綠素螢光測定儀(Chlorophyll Fluorometer, MINI-PAM, Walz, Germany)以葉夾針對植株第二本葉避開葉脈之部分進行測定。葉綠素螢光測定是透過螢光飽和脈衝法(the saturation pulse method)測定植株葉片，結果以 Fv/Fm 表示，再透過公式計算後呈現植株低溫條件下 3 天後葉綠素螢光相對下降比率(The relative reduction ratio of chlorophyll fluorescence, %)以及回溫條件下葉綠素螢光相對上升比率(The relative recovery ratio of chlorophyll fluorescence, %)，於處理第 0、24、48、72 及 144 小時進行調查，每處理三重複，每重複三株，葉綠素螢光相對比率計算公式如下：

(1) Fv/Fm 代表植株於暗適應情況下光合系統 II (PSII)之最大光化學效率，公式為  $Fv/Fm = (Fm - F_0)/Fm$ 。

(2) 葉綠素螢光相對下降比率 =  $(\text{初始 } Fv/Fm - \text{低溫處理後 } Fv/Fm) / \text{初始 } Fv/Fm \times 100\%$

(3) 葉綠素螢光相對上升比率 =  $(\text{回溫處理後 } Fv/Fm - \text{低溫處理後 } Fv/Fm) / \text{初始 } Fv/Fm \times 100\%$

### 2. 外觀寒害嚴重程度(severity of chilling injury, SCI)

參考 Smeets 和 Wehner (1997)與 Ali 等人(2014)之研究方法並作調整，植株置於低溫條件 3 天後，再置於回溫條件下 3 天之後以目測觀察第二片本葉外觀之寒害症狀，並根據葉片寒害嚴重程度區分為 1 至 5 級(grade)，試驗針對低溫後回溫條件(LR)下之各處理組進行評分，評分標準如表 1。

表 1. 外觀寒害嚴重程度分級標準。

Table 1. The grading standards of the severity of chilling injury (SCI).

| 級數(grade) | the severity of chilling injury on leaf       |
|-----------|-----------------------------------------------|
| 1         | $0\% < \text{受害面積(injury area)} \leq 5\%$ 。   |
| 2         | $5\% < \text{受害面積(injury area)} \leq 15\%$ 。  |
| 3         | $15\% < \text{受害面積(injury area)} \leq 30\%$ 。 |
| 4         | $30\% < \text{受害面積(injury area)} \leq 50\%$ 。 |
| 5         | $50\% < \text{受害面積(injury area)}$ 。           |

### 3. 相對電解質滲漏率(relative electrolyte leakage, EC)

參考齊等人(2011)之方法並加以調整，植株經低溫後回溫條件(LR)之後，以直徑 10 mm 打孔器於植株第二片完全展開本葉避開主葉脈切取葉片圓盤(disks)6 個，加入 10 ml 去離子水後以 100 rpm 震盪 3 小時，再以電導度計(Benchtop Conductivity Meter, EL30, Mettler

Toledo, Sweden)量測溶液電導度(electric conductivity,  $EC_0$ )，再將樣本以 95°C 熱水浴處理 2 小時，之後待降溫後量測溶液總電導度(total electric conductivity,  $EC_1$ )。透過公式  $EC (\%) = (EC_0/EC_1) \times 100\%$  計算後取得相對電解質滲漏率(relative electrolyte leakage, EC%)。

#### 4. 丙二醛(malondialdehyde, MDA)含量

參考 Heath 和 Packer (1968)之方法並加以調整，植株置於低溫條件下 3 天後，取葉片樣本 0.25 g，加入 5 ml 0.1% (w/v) trichloroacetic acid (TCA)及適量液態氮研磨均質後以 20 °C，10,000×g 離心 5 分鐘，取 1 ml 上清液加入 4 ml 20% (w/v) TCA [含有 0.5% (w/v) thiobarbituric acid, TBA]並混合均勻。再將樣本以 95°C 熱水浴處理 15 分鐘後立即以冰水降溫，以 4°C，12,000×g 離心 10 分鐘後取澄清上清液透過 Elisa Reader (BMG LABTECH, FLUOstar Omega Ω, Germany)測定 532 nm 與 600 nm 波長之吸光值。空白試驗以 1 ml 之 0.1% (w/v) TCA 取代樣本上清液，反應產物之消光係數為  $155 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ，最後計算丙二醛含量。

#### 5. 過氧化氫(hydrogen peroxide, $H_2O_2$ )含量

參考 Jana 和 Choudhuri (1982)之方法並作調整，植株置於低溫條件下 3 天後，取葉片樣本 0.15 g，加入 3 ml 50 mM (pH 6.8)磷酸鈉緩衝溶液(含有 1 mM hydroxylamine)及適量液態氮研磨均質後以 4°C，12,000×g 離心 20 分鐘，取 2 ml 上清液加入 1 ml  $TiSO_4$  [20%(v/v) sulfuric acid ( $H_2SO_4$ )含有 0.1% (v/v) titanium dioxide]後混合均勻，再於 25°C，12,000×g 離心 15 分鐘，再透過 Elisa Reader (BMG LABTECH, FLUOstar Omega Ω, Germany)測定 410 nm 波長之吸光值。空白試驗以 2 ml 之 50 mM (pH 6.8)磷酸鈉緩衝溶液(含有 1 mM hydroxylamine)取代樣本上清液，再建立標準曲線後，進一步換算樣本中過氧化氫濃度 [ $OD_{410}(\mu M)$ ]，最後計算樣本中過氧化氫含量。

#### 6. 呼吸率(respiration rate)

參考黃等人(2013)之方法並作調整，植株置於低溫條件下 3 天後，以靜態系統(static system)之方式將三株植株置於 1 公升之壓克力缸中並以電工膠帶密封 2 小時後，使用 1 ml 注射針筒抽取缸內氣體樣本，以紅外線二氧化碳分析儀(Infrared gas analyzer, Maihak, Model UNOR610, Japan)測定樣本二氧化碳(carbon dioxide,  $CO_2$ )濃度後透過計算圖表記錄器(chart recorder, models 201, Ross Records, U.S.A.)偵測到之波峰長度(peak length)得到呼吸率。

#### 7. 超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD, EC 1.15.1.1)活性測定

參考 Beauchamp 和 Fridovich (1971)之方法並作調整，植株置於低溫條件下 3 天後，取葉片樣本 0.25 g，加入 5 ml 50 mM (pH 7.8)磷酸鈉緩衝溶液及適量液態氮研磨均質後，以 4°C，12,000×g 離心 20 分鐘，取 0.05 ml 上清液加入 1.5 ml 50 mM (pH 7.8)磷酸鈉緩衝溶液、0.3 ml 100 mM EDTA- $Na_2$ 、0.3 ml 130 mM L-methionine、0.25 ml 純水、0.3 ml 20  $\mu M$  riboflavin、0.3 ml 750  $\mu M$  nitrotetrazolium blue chloride (NBT)混合於玻璃試管中，取混合後之反應液 200  $\mu l$  至 96 格微孔盤(Micro-Plates Flat type, EL-1190-F, ExtraGene, Inc., Taiwan)



中，全程避光，再將 96 格微孔盤放置於光照強度 3000 lux 之光源下光照反應 15 分鐘，結束後立即以 Elisa Reader (BMG LABTECH, FLUOstar Omega Ω, Germany)測定 560 nm 波長之吸光值並計算超氧化物歧化酶抑制 50% NBT 光化學還原的活性單位(units)，空白試驗以 0.05 ml 之 50 mM (pH 7.8)磷酸鈉緩衝溶液取代樣本上清液。

#### 8. 過氧化氫酶(catalase, CAT, EC 1.11.1.6)活性測定

參考 Kato 和 Shimizu (1987)之方法並作調整，植株置於低溫條件下 3 天後，取葉片樣本 0.05 g，加入 4 ml 50 mM (pH 6.8)磷酸鈉緩衝溶液及適量液態氮研磨均質後，以 4℃，12,000×g 離心 20 分鐘，取 0.2 ml 上清液加入 2.7 ml 100 mM (pH 7.0)磷酸鈉緩衝溶液及 0.1 ml 1M H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 混合於玻璃試管中，使用雙光束分光光譜儀(Double Beam Spectrophotometer, U-2900, Hitachi, Japan)測定於 240 nm 波長下反應 2 分鐘內之吸光值變化情形( $\Delta OD_{240}$ )，反應後產物之消光係數為 40 mM<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>。空白試驗以 0.2 ml 之 50 mM (pH 6.8)磷酸鈉緩衝溶液取代樣本上清液，再計算過氧化氫酶活性，以每分鐘消耗 1 nmol 的過氧化氫(nmole H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> consumed min<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup> FW)為單位(units)。

#### 9. 抗壞血酸過氧化酶(ascorbate peroxidase, APX, EC 1.11.1.11)活性測定

參考 Kato 和 Shimizu (1987)之方法並作調整，植株置於低溫條件下 3 天後，取葉片樣本 0.05 g，加入 4 ml 50 mM (pH 6.8)磷酸鈉緩衝溶液及適量液態氮研磨均質後，以 4℃，12,000×g 離心 20 分鐘，取 0.5 ml 上清液加入 1 ml 150 mM (pH 7.0)磷酸鉀緩衝溶液、1 ml 1.5 mM sodium L-ascorbate、0.4 ml 0.75 mM EDTA-2Na 及 0.1 ml 6 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 混合於玻璃試管中，使用雙光束分光光譜儀(Double Beam Spectrophotometer, U-2900, Hitachi, Japan)測定於 290 nm 波長下反應 3 分鐘內之吸光值變化情形( $\Delta OD_{290}$ )，反應後產物之消光係數為 2.8 mM<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>。空白試驗以 0.4 ml 之 50 mM (pH 6.8)磷酸鈉緩衝溶液取代樣本上清液，再計算抗壞血酸過氧化酶活性，以每分鐘消耗 1 μmol 的抗壞血酸(μmole ascorbate consumed min<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup> FW)為單位(units)。

#### 10. 抗壞血酸(ascorbic acid, AsA)含量

植株經過低溫 3 天後，取葉片樣本 0.05 g，加入 5 ml 2N 醋酸緩衝溶液(含有 6% (w/v) metaphosphoric acid)及適量液態氮研磨成均質萃取液，以抗壞血酸試紙條(Reflectoquant ascorbic acid test strip, 24-450 mg/l, Merck, Germany)沾取萃取液後置於 RQ-flex 反射計(Reflectometer, RQflex® 10 plus, Merck, Germany)讀取測量值，最後計算抗壞血酸含量。

#### (五) 統計分析

使用完全逢機區集設計(Randomized Complete Block Design, RCBD)，使用 Excel 2010 試算表軟體(Excel 2010, Microsoft, Washington, D.C., U.S.A.)進行 Student's *t* test 數據統計分析，另採用 SAS 軟體 9.1 版(SAS Institute, Cary, N.C., U.S.A.)進行 ANOVA (analysis of variance procedure)變方分析( $\alpha = 0.05$ )，以 Fisher's least significant difference procedure (LSD) 進行差異性比較。

## 結 果

### 一、低溫條件下水楊酸預處理種子對幼苗葉片葉綠素螢光參數值之影響

經過低溫 24 小時後，'河童盛夏 11 號'種子預處理 1.5 mM SA 所培育的幼苗，其葉片葉綠素螢光相對下降比率達 21.5%，相較於 0 mM SA 對照組及 0.5 mM SA 處理組顯著較多，而 1.0 mM SA 處理組之葉綠素螢光相對下降比率為 18.8%，也顯著高於 0.5 mM SA 處理組。在低溫下 48 小時後各組之葉綠素螢光相對下降比率介於 32.9%至 44.2%之間，其中 1.5 mM SA 處理組仍顯著較其他處理組更高，而 0.5 mM SA 處理組之葉綠素螢光相對下降比率亦顯著高於 0 mM SA 對照組；在經過低溫 72 小時後'河童盛夏 11 號'以 1.5 mM SA 處理之葉綠素螢光相對下降比率顯著最多，達 69.5%，其次為 0 mM SA 對照組(62.3%)，而此二者皆顯著高於 0.5 mM SA 及 1.0 mM SA 處理組，'河童盛夏 11 號'以 1.0 mM SA 處理之葉綠素螢光相對下降比率為各組中最低，僅 56.6%(表 2)。

表 2. 低溫條件(L)下四種不同濃度水楊酸(SA)預處理'河童盛夏 11 號'及'和生美'種子所培育幼苗之葉綠素螢光相對下降比率。

Table 2. The relative reduction ratio of chlorophyll fluorescence (%) in 'Kappa summer no. 11' and 'CU-74' seedlings with their seeds pretreated with four different concentrations of salicylic acid (SA) under the low temperature condition (L).

| Variety                   | SA<br>Conc.<br>(mM) | The relative reduction ratio of chlorophyll fluorescence(%) |        |        |
|---------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------|--------|--------|
|                           |                     | 24 <sup>z</sup>                                             | 48     | 72     |
| Kappa<br>summer<br>no. 11 | 0                   | 15.2bc <sup>y</sup>                                         | 32.9c  | 62.3b  |
|                           | 0.5                 | 14.0c                                                       | 38.5b  | 58.5c  |
|                           | 1.0                 | 18.8ab                                                      | 36.2bc | 56.6c  |
|                           | 1.5                 | 21.5a                                                       | 44.2a  | 69.5a  |
| CU-74                     | 0                   | 17.3a                                                       | 41.5ab | 65.4a  |
|                           | 0.5                 | 16.5a                                                       | 44.8a  | 60.5bc |
|                           | 1.0                 | 18.9a                                                       | 38.6b  | 56.8c  |
|                           | 1.5                 | 20.1a                                                       | 44.4a  | 64.8ab |

<sup>z</sup> The hours under the low temperature condition (L).

<sup>y</sup> Means with the same letter(s) in a column are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

另一方面'和生美'在經低溫 24 小時後其各組之葉綠素螢光相對下降比率介於 17.3%至 20.1%，且各組間並無顯著之差異；經過低溫 48 小時之後，各組之葉綠素螢光下降比率介於 41.5 %至 44.8%之間，其中又以 1.0 mM SA 處理組顯著較 0.5 mM SA 及 1.5 mM SA 這兩個處理組更少；在低溫下 72 小時後，'和生美' 0 mM SA 對照組之葉綠素螢光相對下降比率為最高，達 65.4%，1.5 mM SA 處理組次之；而 1.0 mM SA 處理組則有最少的葉綠素螢光相對下降比率，與 0 mM SA 對照組及 1.5 mM SA 處理組有顯著之差異(表 2)。此外，植株在回溫 72 小時之後，'河童盛夏 11 號'各組之葉綠素螢光相對上升比率介於 48.2%至 63.5 %，其中又以 1.5 mM SA 處理組顯著較 0.5 mM SA 及 1.0 mM SA 處理組更高，而 1.0 mM SA 處理組之葉綠素螢光相對上升比率則為最低(表 3)。「和生美」0 mM SA 對照組之葉綠素螢光相對上升比率顯著較 0.5 mM SA 及 1.0 mM SA 處理組更高，其次為 1.5 mM SA 處理組，而 1.0 mM SA 處理組則有顯著最低的葉綠素螢光相對上升比率(表 3)。

表 3. 低溫後回溫條件(LR)下四種不同濃度水楊酸(SA)預處理'河童盛夏 11 號'及'和生美'種子所培育幼苗之葉綠素螢光相對上升比率、外觀寒害嚴重程度及相對電解質滲漏率。

Table 3. The relative recovery ratio of chlorophyll fluorescence (%), severity of chilling injury (SCI) and relative electrolyte leakage (EC%) in 'Kappa summer no. 11' and 'CU-74' seedlings with their seeds pretreated with four different concentrations of salicylic acid (SA) under the low temperature followed by rewarming condition (LR).

| Variety             | SA Conc. (mM) | The relative recovery ratio of chlorophyll fluorescence (%) | Severity of chilling injury (grade) | The relative electrolyte leakage (%) |
|---------------------|---------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Kappa summer no. 11 | 0             | 58.0 ab <sup>z</sup>                                        | 2.11 a                              | 19.4 b                               |
|                     | 0.5           | 52.2 bc                                                     | 1.22 a                              | 21.0 ab                              |
|                     | 1.0           | 48.2 c                                                      | 1.22 a                              | 21.7 ab                              |
|                     | 1.5           | 63.5 a                                                      | 2.11 a                              | 23.3 a                               |
| CU-74               | 0             | 64.2 a                                                      | 1.00 b                              | 20.6 a                               |
|                     | 0.5           | 56.6 b                                                      | 1.00 b                              | 21.1 a                               |
|                     | 1.0           | 49.2 c                                                      | 1.00 b                              | 22.5 a                               |
|                     | 1.5           | 60.5 ab                                                     | 1.33 a                              | 22.6 a                               |

<sup>z</sup> Means with the same letter(s) in a column are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

## 二、低溫後回溫條件下水楊酸預處理種子對幼苗葉片外觀寒害嚴重程度之影響

觀察花胡瓜第二片完全展開的本葉在低溫後回溫條件(LR)下葉面受到損傷的程度範圍大小並進行分級及統計分析後，發現'河童盛夏 11 號'各組之外觀寒害嚴重程度(SCI)介於 1.22 級至 2.11 級之間，且各組間並無顯著之差異(表 3)；而'和生美'各組之外觀寒害嚴重程度(SCI)則介於 1.00 級至 1.33 級，其中僅 1.5 mM SA 處理組有顯著較高之情形(表 3)。

## 三、低溫後回溫條件水楊酸預處理種子對幼苗葉片相對電解質滲漏率之影響

在低溫後回溫條件(LR)下，'河童盛夏 11 號'各組之葉片相對電解質滲漏率則是介於 19.4 %至 23.3 %之間，其中 1.5 mM SA 處理組顯著高於 0 mM SA 對照組，而與其他處理組間則無明顯差異(表 3)。「和生美」各組葉片之相對電解質滲漏率則是介於 20.6 %至 22.6 %間，各組間並無顯著差異(表 3)。

表 4. 低溫條件(L)下四種不同濃度水楊酸(SA)預處理'河童盛夏 11 號'及'和生美'種子所培育幼苗之丙二醛含量、過氧化氫含量及呼吸率。

Table 4. The malondialdehyde (MDA) content, hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) content and respiration rate in 'Kappa summer no. 11' and 'CU-74' seedlings with their seeds pretreated with four different concentrations of salicylic acid (SA) under the low temperature condition (L).

| Variety             | SA Conc. (mM) | Malondialdehyde content (nmol g <sup>-1</sup> FW) | Hydrogen peroxide content (μmol g <sup>-1</sup> FW) | Respiration rate (μl CO <sub>2</sub> plant <sup>-1</sup> hr <sup>-1</sup> ) |
|---------------------|---------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Kappa summer no. 11 | 0             | 33.4 a <sup>z</sup>                               | 0.364 b                                             | 134.2 ab                                                                    |
|                     | 0.5           | 25.4 a                                            | 0.477 ab                                            | 125.1 b                                                                     |
|                     | 1.0           | 25.6 a                                            | 0.535 ab                                            | 164.9 a                                                                     |
|                     | 1.5           | 27.5 a                                            | 0.616 a                                             | 142.2 ab                                                                    |
| CU-74               | 0             | 30.9 a                                            | 0.590 a                                             | 120.6 a                                                                     |
|                     | 0.5           | 23.0 ab                                           | 0.616 a                                             | 135.4 a                                                                     |
|                     | 1.0           | 20.6 b                                            | 0.717 a                                             | 136.5 a                                                                     |
|                     | 1.5           | 20.1 b                                            | 0.726 a                                             | 130.8 a                                                                     |

<sup>z</sup> Means with the same letter(s) in a column are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

#### 四、低溫條件下水楊酸預處理種子對幼苗葉片丙二醛含量之影響

在低溫條件(L)下，'河童盛夏 11 號'各組葉片之丙二醛含量介於  $25.4 \text{ nmol g}^{-1} \text{ FW}$  至  $33.4 \text{ nmol g}^{-1} \text{ FW}$  之間，但各組間葉片之丙二醛含量並無顯著差異(表 4)。在低溫條件(L)下，'和生美'  $0 \text{ mM SA}$  對照組葉片之丙二醛含量達  $30.9 \text{ nmol g}^{-1} \text{ FW}$ ，顯著高於  $1.0 \text{ mM SA}$  及  $1.5 \text{ mM SA}$  兩處理組(表 4)。

#### 五、低溫條件下水楊酸預處理種子對幼苗葉片過氧化氫含量之影響

經過 3 天的低溫條件後，'河童盛夏 11 號'  $1.5 \text{ mM SA}$  處理組葉片之過氧化氫含量顯著高於  $0 \text{ mM SA}$  對照組，而其他處理組則與這兩者相較均無顯著之差異(表 4)。另一方面，'和生美'在低溫條件(L)下各供試組間葉片之過氧化氫含量介於  $0.590 \text{ } \mu\text{mol g}^{-1} \text{ FW}$  至  $0.726 \text{ } \mu\text{mol g}^{-1} \text{ FW}$  之間，各組間並無顯著差異(表 4)。

#### 六、低溫條件下水楊酸預處理種子對幼苗呼吸率之影響

經過低溫 3 天之後'河童盛夏 11 號'各組之呼吸率介於  $125.1 \text{ } \mu\text{l CO}_2 \text{ plant}^{-1} \text{ hr}^{-1}$  至  $164.9 \text{ } \mu\text{l CO}_2 \text{ plant}^{-1} \text{ hr}^{-1}$  之間，其中僅  $1.0 \text{ mM SA}$  處理組顯著高於  $0.5 \text{ mM SA}$  處理組並與其他各組之間無顯著之差異(表 4)。「和生美」在低溫條件(L)下各組間之呼吸率並無顯著之差異，介於  $120.6 \text{ } \mu\text{l CO}_2 \text{ plant}^{-1} \text{ hr}^{-1}$  至  $136.5 \text{ } \mu\text{l CO}_2 \text{ plant}^{-1} \text{ hr}^{-1}$  之間(表 4)。

#### 七、低溫條件下水楊酸預處理種子對幼苗葉片抗氧化酵素活性及抗壞血酸含量之影響

'河童盛夏 11 號'在低溫條件(L)下  $1.5 \text{ mM SA}$  處理組相較於  $0 \text{ mM SA}$  及  $1.0 \text{ mM SA}$  兩組有顯著更高的超氧化物歧化酶活性(表 5)。另一方面，'和生美'在低溫條件(L)下  $1.0 \text{ mM SA}$  處理組之超氧化物歧化酶活性( $3.44 \text{ units g}^{-1} \text{ FW}$ )顯著低於  $1.5 \text{ mM SA}$  處理組( $4.20 \text{ units g}^{-1} \text{ FW}$ )，但與其餘各組間並無顯著之差異(表 5)。另一結果顯示，'河童盛夏 11 號'在低溫條件(L)下  $0 \text{ mM}$  對照組及  $0.5 \text{ mM SA}$  處理組兩者之過氧化氫酶活性皆顯著低於  $1.0 \text{ mM}$  及  $1.5 \text{ mM SA}$  處理組，且  $0 \text{ mM SA}$  對照組更顯著低於  $0.5 \text{ mM SA}$  處理組(表 5)。此外，'和生美'在低溫條件(L)下  $0 \text{ mM SA}$  對照組及  $1.0 \text{ mM SA}$  處理組兩組之過氧化氫酶活性皆顯著低於  $1.5 \text{ mM SA}$  處理組(表 5)。另外在抗壞血酸過氧化酶活性方面，'河童盛夏 11 號'在低溫條件(L)下各組之值介於  $2.86 \text{ units g}^{-1} \text{ FW}$  至  $4.42 \text{ units g}^{-1} \text{ FW}$  之間，其中  $1.0 \text{ mM SA}$  處理組顯著低於  $0 \text{ mM SA}$  對照組，而其他處理組與對照組相較並無顯著之差異(表 5)。另一結果顯示，'和生美'於低溫條件(L)下各組葉片之抗壞血酸過氧化酶活性介於  $2.35 \text{ units g}^{-1} \text{ FW}$  至  $3.24 \text{ units g}^{-1} \text{ FW}$  之間，其中僅  $1.0 \text{ mM SA}$  處理組顯著低於  $0 \text{ mM SA}$  對照組，而其他處理組與對照組間則無顯著差異(表 5)。

抗壞血酸(AsA)是屬於植物的非酵素型抗氧化劑之一，能直接清除活性氧化物。在經過低溫 3 天後'河童盛夏 11 號'各組間之抗壞血酸含量皆無顯著之差異(表 5)。相似的結果也在'和生美'發現，各組之抗壞血酸含量介於  $262 \text{ mg } 100\text{g}^{-1} \text{ FW}$  至  $363 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$  之間，且各組間亦不具有顯著之差異(表 5)。

表 5. 低溫條件(L)下四種不同濃度水楊酸(SA)預處理'河童盛夏 11 號'及'和生美'種子所培育幼苗之超氧化物歧化酶、過氧化氫酶、抗壞血酸過氧化酶活性及抗壞血酸含量。

Table 5. The superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), ascorbate peroxidase (APX) activity and ascorbic acid (AsA) content in 'Kappa summer no. 11' and 'CU-74' seedlings with their seeds pretreated with four different concentrations of salicylic acid (SA) under the low temperature condition (L).

| Variety             | SA Conc. (mM) | Superoxide dismutase activity (units g <sup>-1</sup> FW) | Catalase Activity (units g <sup>-1</sup> FW) | Ascorbate peroxidase activity (units g <sup>-1</sup> FW) | Ascorbic acid content (mg 100g <sup>-1</sup> FW) |
|---------------------|---------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Kappa summer no. 11 | 0             | 3.72 b <sup>z</sup>                                      | 0.425 c                                      | 4.42 a                                                   | 244 a                                            |
|                     | 0.5           | 4.02 ab                                                  | 0.590 b                                      | 3.68 ab                                                  | 292 a                                            |
|                     | 1.0           | 3.61 b                                                   | 0.793 a                                      | 2.86 b                                                   | 282 a                                            |
|                     | 1.5           | 4.41 a                                                   | 0.823 a                                      | 3.57 ab                                                  | 262 a                                            |
| CU-74               | 0             | 3.95 ab                                                  | 0.334 c                                      | 3.24 a                                                   | 262 a                                            |
|                     | 0.5           | 3.87 ab                                                  | 0.844 ab                                     | 2.48 ab                                                  | 363 a                                            |
|                     | 1.0           | 3.44 b                                                   | 0.660 b                                      | 2.35 b                                                   | 278 a                                            |
|                     | 1.5           | 4.20 a                                                   | 1.120 a                                      | 2.53 ab                                                  | 286 a                                            |

<sup>z</sup> Means with the same letter(s) in a column are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

## 討 論

Janda 等人(1999)與 Horváth 等人(2002)的研究中指出水耕處理 0.5 mM SA 有助於提升玉米在低溫逆境時的最大 PSII 光化學效率，然而在李和張(2012)的研究中顯示蝴蝶蘭 (*Phalaenopsis*)施用 1.0 mM SA 後再以低溫處理，其葉綠素螢光參數值卻是較對照組來的更低，但同樣的 SA 濃度處理茉莉(*Jasminum sambac* L.)卻仍能有效減緩其葉綠素螢光參數值在低溫時的下降幅度(蔡等，2007)，這表示相同的 SA 濃度對於不同的植物會有不同的作用。為釐清 SA 對臺灣常用二種之花胡瓜品種在低溫逆境下之作用，本試驗將'和生美'及'河童盛夏 11 號'兩個花胡瓜品種種子預先處理 0、0.5、1.0 及 1.5 mM 的水楊酸(SA)溶液後播種栽培，結果顯示在經過低溫 7/4°C(日/夜)24 小時之後，所有 SA 處理組與對照組皆有葉綠素螢光參數值下降的情形，且隨著低溫時間增加葉綠素螢光參數值下降幅度越大(表 2)，顯示即使花胡瓜種子預先經過 SA 處理，往後幼苗葉片的最大 PSII 光化學效率仍然會受到低溫的影響而有所下降。另一方面，本試驗之'和生美'及'河童盛夏 11 號'在經過

低溫 72 小時後，以 0.5 mM SA 及 1.0 mM SA 預處理種子之處理組皆較對照組有更少的葉綠素螢光相對下降比率，但 1.5 mM SA 處理組卻沒有此現象，'河童盛夏 11 號' 1.5 mM SA 處理組甚至較 1.0 mM SA 處理組下降更多，表示種子預處理 1.5 mM SA 可能無法提升低溫逆境下葉片的最大 PSII 光化學效率(表 2)。此外，1.5 mM SA 處理組及對照組雖有較其他處理組更高的葉綠素螢光相對下降比率，但也相對擁有較高的葉綠素螢光相對上升比率(表 3)，說明本試驗以 1.5 mM SA 濃度預處理種子，對兩個花胡瓜品種而言，其幼苗於低溫後回溫之情況下均具有恢復 PSII 光化學效率的能力，而處理適當濃度的 SA 則能減少逆境對植株葉片 PSII 光化學效率的負面影響，而在 Dong 等人(2014)的研究中也指出如果先抑制植株體內 SA 的生合成後再處理低溫逆境，會使花胡瓜之葉綠素螢光參數值顯著低於未經抑制之對照組，且抑制組植株體內 SA 含量也顯著較低，證實植株於逆境下 SA 訊息傳導的重要性。

Sayyari (2012)的研究顯示'Super Dominus'花胡瓜種子預處理 1.0 mM SA 及 1.5 mM SA 皆能顯著降低低溫對幼苗外觀上的損害，同時也發現葉片噴施 0.5 mM SA 亦有助於減輕其低溫下之外觀損傷。本研究發現以 0.5 mM SA 及 1.0 mM SA 預處理'河童盛夏 11 號'種子能稍微減輕低溫後回溫條件下幼苗外觀之寒害程度，但與對照組並無顯著之差異，而 1.5 mM SA 預處理種子對兩個受試品種之幼苗於低溫後回溫條件下之外觀寒害無任何助益，'和生美'在此處理之濃度甚至有更嚴重的寒害情況產生(表 3)，推測該品種種子本身可能就具有較多的內源性 SA 含量，如再預處理 1.5 mM SA 可能會導致後續花胡瓜幼苗在面臨低溫逆境時對低溫有過度敏感的現象(Jayakannan *et al.*, 2015)。

低溫逆境會傷害植物細胞膜體的穩定性，破壞脂質膜結構進而造成膜內電解質溶液由孔隙滲漏，導致組織溶液電導度的增加，在經過低溫後僅'河童盛夏 11 號' 1.5 mM SA 處理組之葉片相對電解質滲漏率會顯著高於對照組(表 3)，與王和周(2010)之結果相類似，表示過量的 SA 會導致細胞膜孔隙增加，使電解質滲漏較多。另一方面，透過調查葉片內的丙二醛含量可瞭解葉片活細胞的受損情形，細胞膜於逆境下會受到大量增加的活性氧化物刺激而使脂質過氧化的程度加大，進而破壞質膜結構的完整性(Dias *et al.*, 2011；Mutlu *et al.*, 2016)。在本試驗中'和生美'以 1.0 mM 及 1.5 mM SA 預處理種子皆能有效地減少幼苗於低溫下之丙二醛含量(表 4)，這與 Sayyari (2012)之結果相同，表示適當濃度的 SA 預處理種子能使花胡瓜植株在遭受低溫逆境時減少細胞膜脂質過氧化的情形。

過氧化氫為植物體內活性氧化物的一種且其對植物具有一體兩面的作用，以往認為過氧化氫是一具有毒性的活性氧化物能造成植物細胞氧化損傷，使細胞結構崩解；但近年來發現當植物體內過氧化氫含量較低時反能激活植物荷爾蒙或誘發細胞調控訊號而產生細胞內的互補作用、協同作用或拮抗作用以因應細胞之生理變化，因此在植物體內亦被視為一個具有正面效益的訊息傳導分子(Suzuki and Mittler, 2006；Petrov and Van Breusegem, 2012)。本試驗結果顯示在低溫下'河童盛夏 11 號'隨著 SA 預處理種子的濃度增加其幼苗過氧化氫含量也隨之提升(表 4)，表示'河童盛夏 11 號'花胡瓜未經 SA 預處理種子所培育之幼

苗在遭遇低溫逆境期間，其過氧化氫含量可能尚有增加之空間能以 SA 誘導促進產生並強化耐寒相關的訊息傳導作用，相類似地，'和生美'各處理組之過氧化氫含量雖與對照組無顯著上地差異，但仍有較對照組更多的過氧化氫產生，這與 Dong 等人(2014)的研究結果相似，該研究發現如果植物體中缺乏 SA 會延遲植株過氧化氫的累積時間，據此推測 SA 預處理花胡瓜種子有利於後續幼苗過氧化氫的累積。

低溫會抑制植物葉綠體和粒線體內光合和呼吸作用的電子傳遞作用導致活性氧化物的產生，而植物能透過增加替代呼吸(alternative respiratory)或非磷酸化途徑減緩活性氧化物的產生(Purvis, 1997; Möller, 2001)。本試驗結果顯示在低溫條件下兩個受試花胡瓜品種各處理組與對照組間之呼吸率均無顯著差異，這說明了以 SA 預處理種子對花胡瓜幼苗在低溫下之呼吸率可能受抑制之情況並無顯著改善之作用(表 4)。

植物體內的酵素型與非酵素型抗氧化劑是植物在面對氧化逆境時重要的防禦及活性氧化物清除物質。本研究結果顯示，幼苗過氧化氫含量會因 SA 預處理種子而有明顯的增加，或許因而加強過氧化氫於植株體內所誘發的訊息傳遞。Farooq 等人(2008)及 Dong 等人(2014)提出植物本身能維持適量的過氧化氫以供植物進行訊息傳導，而過量的過氧化氫則會被植物體中的抗氧化系統給清除，本試驗結果顯示經過低溫後，兩供試品種 1.5 mM SA 處理組之 CAT 活性皆相對較高(表 5)，表示該處理組之過氧化氫含量於低溫下可能過量，因而提升 CAT 活性來清除過多的過氧化氫。Prasad 等人(1994b)研究也指出過氧化氫的清除與 CAT 的活性具有一定的相關性，該研究也指出 APX 同樣是作為清除過氧化氫的重要酵素之一，此外，Kang 等人(2003)之研究結果亦顯示 SA 的處理會影響植物體內 APX 活性的變化，在本試驗中，低溫條件下兩供試品種所有處理組皆維持與對照組相似的 APX 活性，僅 1.0 mM SA 處理組顯著低於對照組(表 5)，這可能表示花胡瓜幼苗主要是以 CAT 來清除體內多餘的過氧化氫。過去的研究指出抗壞血酸(AsA)能有效減少細胞膜脂質過氧化的程度與丙二醛的產量，且細胞內如存在一定程度的 AsA 能有效幫助植物適應低溫逆境，維持抗氧化系統的正常運作(Bai *et al.*, 2009)。本試驗兩供試品種在低溫條件下其各處理組之 AsA 之含量皆與對照組無顯著差異(表 5)，說明 SA 預處理種子對低溫逆境下幼苗體內 AsA 之含量無顯著之作用。綜合上述，在花胡瓜幼苗葉片內抗氧化酵素系統的變化可能是為了要調控植物體內維持適量的過氧化氫含量以因應逆境造成的影響。

此外，以 1.5 mM SA 預處理'河童盛夏 11 號'種子後可能導致幼苗產生過量的過氧化氫含量，因而增加 SOD 及 CAT 活性以清除過多之活性氧化物，且其葉綠素螢光相對下降比率及相對電解質滲漏率亦最高，這些結果均顯示此濃度預處理種子對於提升該品種幼苗之低溫耐受性呈反效果，但此濃度在'和生美'上並無相類似之作用，顯示品種間存在差異性，未來在選擇適合的處理濃度上應針對不同品種各自進行評估。總而言之，以 SA 預處理兩供試品種之種子對後續幼苗除了能減少葉片之葉綠素螢光相對下降比率外，其他單一耐寒性指標之評估顯示 SA 預處理種子對其後續幼苗之低溫耐受性並無顯著之效果，可能是因為此兩個花胡瓜品種本身即為較具耐寒性之日本系花胡瓜品種，而造成 SA 預處理種子之



效果並不顯著，未來試驗應加入非耐寒性之品種作對照品種或開發與耐寒性相關之分子指標以進一步評估 SA 預處理種子對於臺灣常用花胡瓜品種耐寒性之影響。

## 參 考 文 獻

- 王紀忠、周青。2010。外源水楊酸對持續低溫脅迫下黃瓜幼苗生長和細胞膜穩定性的影響。長江蔬菜 2010 (16): 29-32。
- 李文南、張喜寧。2012。蝴蝶蘭耐寒性之快速檢測與水楊酸及過氧化氫預處理提升耐寒性。臺東區農業改良場研究彙報 22: 79-96。
- 黃肇家、黃慧穗、蔡金玉。2013。火鶴花切花低溫貯運寒害生理之研究。台灣農業研究 62 (2): 157-164。
- 齊曉花、張萍、徐強、陳定好。2011。黃瓜種子及幼苗期耐冷性鑑定。中國蔬菜 (16): 34-38。
- 蔡漢、李衛東、陳穎、趙梁軍。2007。水楊酸預處理對低溫脅迫下茉莉幼苗光合作用及相關生理特性的影響。中國農業大學學報 12(5): 29-33。
- 錢昌聖、蕭政弘。2016。花胡瓜栽培管理技術。行政院農業委員會臺中區農業改良場技術專刊 195: 7-20。
- 戴振洋。2000。蔬菜防寒及寒害後復育措施。台中區農情月刊 15(12): 3。
- Ali, A., E. M. Yang, S. W. Bang, S. M. Chung, and J. E. Staub. 2014. Assessment of chilling injury and molecular marker analysis in cucumber cultivars (*Cucumis sativus* L.). Kor. J. Hort. Sci. Technol. 32(2): 227-234.
- Bai, T. H., C. Y. Li, F. W. Ma, H. R. Shu, and M. Y. Han. 2009. Exogenous salicylic acid alleviates growth inhibition and oxidative stress induced by hypoxia stress in *Malus robusta* Rehd. J. Plant Growth Regul. 28: 358-366.
- Beauchamp, C. and I. Fridovich. 1971. Superoxide dismutase: Improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. Anal. Biochem. 44(1): 276-287.
- Dias, M. C., G. Pinto, and C. Santos. 2011. Acclimatization of micropropagated plantlets induces an antioxidative burst: a case study with *Ulmus minor* Mill. Photosynthetica 49(2): 259-266.
- Dong, C. J., L. Li, Q. M. Shang, X. Y. Liu, and Z. G. Zhang. 2014. Endogenous salicylic acid accumulation is required for chilling tolerance in cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings. Planta 240: 687-700.
- Farooq, M., T. Aziz, S. M. A. Basra, M. A. Cheema, and H. Rehman. 2008. Chilling tolerance in hybrid maize induced by seed priming with salicylic acid. J. Agron. Crop Sci. 194: 161-168.
- Heath, R. L. and L. Packer. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and

- stoichiometry of fatty acid peroxidation. Arch. Biochem. Biophys. 125: 189-198.
- Horváth, E., T. Janda, G. Szalai, and E. Páldi. 2002. In vitro salicylic acid inhibition of catalase activity in maize: differences between the isozymes and a possible role in the induction of chilling tolerance. Plant Sci. 163: 1129-1135.
- Jana, S. and M. A. Choudhuri. 1982. Glycolate metabolism of three submersed aquatic angiosperms during ageing. Aquat. Bot. 12: 345-354.
- Janda, T., G. Szalai, I. Tari, and E. Páldi. 1999. Hydroponic treatment with salicylic acid decreases the effects of chilling injury in maize (*Zea mays* L.) plants. Planta 208: 175-180.
- Jayakannan, M., J. Bose, O. Babourina, Z. Rengel, and S. Shabala. 2015. Salicylic acid in plant salinity stress signalling and tolerance. Plant Growth Regul. 76: 25-40.
- Kang, G., C. Wang, G. Sun, and Z. Wang. 2003. Salicylic acid changes activities of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-metabolizing enzymes and increases the chilling tolerance of banana seedlings. Environ. Exp. Bot. 50: 9-15.
- Kato, M. and S. Shimizu. 1987. Chlorophyll metabolism in higher plants. VII. Chlorophyll degradation in senescing tobacco leaves: Phenolic-dependent peroxidative degradation. Can. J. Bot. 65(4): 729-735.
- Møller, I. M. 2001. Plant mitochondria and oxidative stress, electron transport, NADPH turnover, and metabolism of reactive oxygen species. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 52: 561-591.
- Mutlu, S., Ö. Atici, B. Nalbantoğlu, and E. Mete. 2016. Exogenous salicylic acid alleviates cold damage by regulating antioxidative system in two barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars. Front. Life Sci. 9(2): 99-109.
- Petrov, V. D. and F. Van Breusegem. 2012. Hydrogen peroxide—a central hub for information flow in plant cells. AoB Plants 2012(14): 1-13.
- Prasad, T. K., M. D. Anderson, B. A. Martin, and C. R. Stewart. 1994b. Evidence for chilling-induced oxidative stress in maize seedlings and a regulatory role for hydrogen peroxide. Plant Cell. 6 (1): 65-74.
- Purvis, A. C. 1997. Role of the alternative oxidase in limiting superoxide production by plant mitochondria. Physiol. Plant. 100: 165-170.
- Sayyari, M. 2012. Improving chilling resistance of cucumber seedlings by salicylic acid. Am. Eurasian J. Agric. Environ. Sci. 12(2): 204-209.
- Sharma, P., A. B. Jha, R. S. Dubey, and M. Pessarakli. 2012. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. J. Bot. 2012: 1-26.
- Smeets, L. and T. C. Wehner. 1997. Environmental effects on genetic variation of chilling

- resistance in cucumber. *Euphytica* 97: 217-225.
- Suzuki, N. and R. Mittler. 2006. Reactive oxygen species and temperature stresses: a delicate balance between signaling and destruction. *Physiol. Plant.* 126: 45-51.
- Wise, R. R. and A. W. Naylor. 1987. Chilling-enhanced photooxidation: evidence for the role of singlet oxygen and superoxide in the breakdown of pigments and endogenous antioxidants. *Plant Physiol.* 83(2): 278-282.

## Effect of 'Kappa summer no. 11' and 'CU-74' Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Seeds Pretreated with Salicylic Acid on Cold Tolerance of Seedlings

Sheng-Wen Shih<sup>1)</sup>      San-Gwang Hwang<sup>2)</sup>

Key words: Cucumber, Salicylic acid, Seedling, Cold tolerance

### Summary

Salicylic acid (SA) is a plant hormone involved in regulating physiological processes such as plant growth, development, and metabolic aging. It is considered as a key signal regulator when plants encounter biotic and abiotic stresses. In this study, different concentrations of salicylic acid were used to pretreat the seeds to explore whether it may help to improve the low temperature tolerance of two commercial cucumber seedlings in Taiwan under low temperature stress. Our results suggested that pretreatment of seeds with suitable concentration of SA may reduce the relative reduction ratio of chlorophyll fluorescence in the leaves of 'Kappa summer no. 11' and 'CU-74' seedlings. Furthermore, results from this study indicated that the changes of enzymatic and nonenzymatic antioxidants in cucumber leaves are mainly to maintain suitable amounts of hydrogen peroxide in leaves to cope with low temperature stress.

---

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

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

## 肉桂油及 pH 值對蝴蝶蘭苗水苔介質殺蟲檢疫 及根部之影響

詹凱竣<sup>1)</sup> 林慧玲<sup>2)</sup>

關鍵字：肉桂油、pH 值、根部藥害、水苔、活蟲

**摘要：**本研究探討食品級肉桂油作為蝴蝶蘭水苔介質的害蟲防治藥劑之可行性。蝴蝶蘭的根部連同水苔介質以 0.1% 肉桂油浸泡 5 分鐘可完全殺死活蟲，但會導致根部藥害。相同濃度下，浸泡時間縮短至 2 分鐘且處理後再浸泡去離子水可大幅減少根部藥害，但水苔介質中仍有少數活蟲。肉桂油濃度為 0.1% 時，調整肉桂油 pH 值到 5.8 可顯著減少根部藥害，但濃度降為 0.07% 及 0.05% 時，pH 值對於根部藥害則無顯著影響，故 pH 值可能不是導致植株根部藥害之主因，且肉桂油 pH 值調整與否對殺蟲效果沒有顯著影響。0.1% 肉桂油浸泡後，再用去離子水稀釋水苔介質所吸附之肉桂油可達到殺蟲之目的並減少根部藥害發生。

### 前言

蝴蝶蘭為蘭科(Orchidaceae)蝴蝶蘭屬(*Phalaenopsis*)，原生於亞洲，分布臺灣、中國及印度等地，目前蝴蝶蘭屬約有 60 多個原生種(葉, 2010)。台灣具有高水準的蝴蝶蘭栽培技術和商業模式，苗株出口比例相當多(徐等, 2010)。為求符合出口檢疫規定，業者多半施用大量化學性農藥，但近年來化學性農藥被認為容易導致害蟲產生抗藥性或易殘留於自然環境(Desneux *et al.*, 2007)，也可能影響天敵數量，導致食物鏈失衡(Martínez-Villar *et al.*, 2005)。

在防治害蟲部分，植物精油被認為有良好殺蟲效果且具替代化學農藥之潛力(Pumnuan *et al.*, 2015a; Pumnuan *et al.*, 2015b)，且較不易導致害蟲抗藥性(Park *et al.*, 2016)。本試驗以食品級肉桂油做為防治資材，處理蝴蝶蘭苗之水苔介質，並探討肉桂油處理是否能減少介質中活蟲數量及其 pH 值對植株根部藥害之影響。

---

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教授，通訊作者。

## 材 料 與 方 法

### 一、試驗材料

#### (一) 蝴蝶蘭苗

蝴蝶蘭 *Phal. Sogo Yukidian 'V3'* (綠欣園藝股份有限公司)，種植於 2.8 吋透明塑膠盆，介質為水苔。材料送至實驗室後，剔除不良者，並統一澆灌去離子水，再放至生長箱中，待一週後水苔較乾再進行試驗。

#### (二) 生長箱環境設定

日夜溫 28/25℃、光週期 12 小時、照度 10000 lux，濕度則不加以控制。

#### (三) 模擬運輸條件

處理後植株置於防蟲紗網中一起裝箱(外銷標準之五層紙箱(AB 浪))，於溫度 20℃ 全黑暗下進行 7 日模擬運輸。

#### (四) 肉桂油溶液配製

沙拉脫(日星化工)與食品級玉桂油(2286-1，而化企業股份有限公司)以體積比 1:9 混合後均勻搖晃，為肉桂油乳化液。再以去離子水將肉桂油乳化液配製成試驗所需濃度之肉桂油溶液，如：0.1% 肉桂油表示該溶液中含有總體積 0.1% 之肉桂油乳化液。

### 二、試驗方法

#### (一) 濃度試驗

植株脫盆，處理分為 4 組。將植株根部及介質一起浸泡在 0.20%、0.10%、0.07% 及 0.05% 之肉桂油中，且過程中避免肉桂油溶液碰到葉片，另處理一組浸泡 0.20% 沙拉脫，對照組則浸泡去離子水，浸泡時間均為 5 分鐘。每處理均為 8 重複，每重複 1 株。植株在處理之後上盆，放入 104 目防蟲網袋中並放至生長箱。處理後第 7 天調查可拍出活蟲數量及藥害指數，後將植株連同防蟲網袋裝箱進行模擬運輸，經 7 天後(即處理後第 14 天)再調查 1 次可拍出活蟲數量及藥害指數。

#### (二) 肉桂油、調整 pH 值及浸泡去離子水複合處理試驗

植株脫盆。將根部及介質一起浸泡在 0.10%、0.07% 及 0.05% 之肉桂油中，各濃度處理又分為調整 pH 值至 5.8 或不調整，共分為 6 組，且過程中避免溶液碰到葉片，對照組則浸泡去離子水，浸泡時間均為 2 分鐘。肉桂油浸泡處理後，每盆植株再浸泡於去離子水 3 分鐘(每 3000 mL 的去離子水同時浸泡 3 盆植株，去離子水每使用 1 次立即更換)，對照組則移至另一盆去離子水繼續浸泡 3 分鐘。每處理均為 6 重複，每重複 1 株。植株在處理之後上盆，放入 104 目防蟲網袋中並放至生長箱。處理後第 7 天調查可拍出活蟲數量及藥害指數，後將植株連同防蟲網袋裝箱進行模擬運輸，經 7 天後(即處理後第 14 天)再調查 1 次可拍出活蟲數量及藥害指數。

### 三、調查項目

#### (一) 活蟲數量

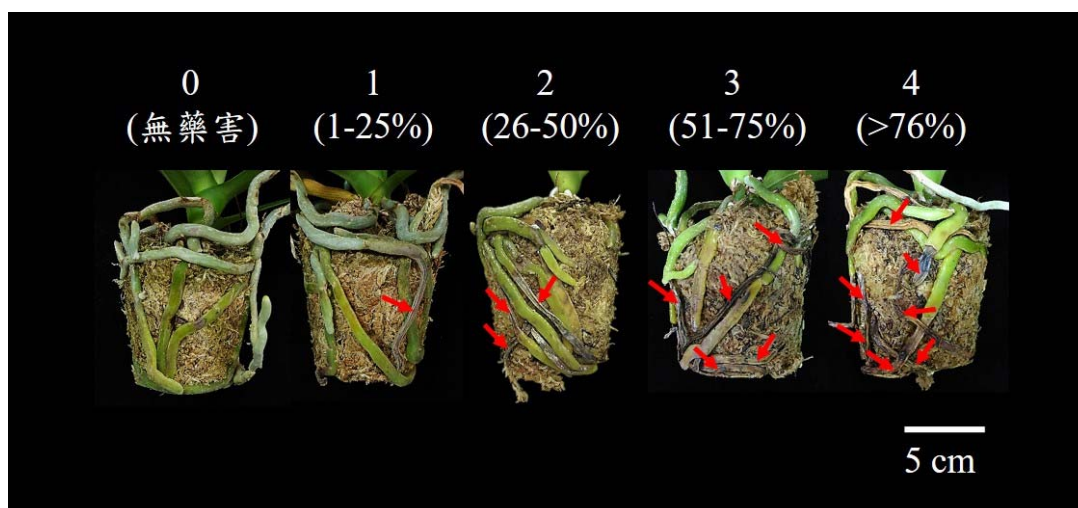
以 A4 白紙鋪於桌面，將植株脫盆後再以手拍打植株水苔介質及根部，使活蟲落於白紙上，再計算落在白紙上之活蟲數量。試驗過程需重覆計算同一盆植株可拍出的活蟲數量，故於計算後會將掉落之活蟲及水苔介質再次倒回該植株盆中。

## (二) 藥害指數

肉桂油處理後，蝴蝶蘭植株根部會出現失水皺縮之情形，是經藥劑處理之藥害，約在處理後 48 小時內即可以肉眼清楚觀察之，後出現褐化或發霉現象。本研究依目視判定根部藥害發生之比例，加以量化評估，取樣方式為每盆植株以 180 度分為兩面，每面最外側之根部發生藥害的面積占該面根部總面積之比例，以兩面之藥害指數平均代表該株藥害指數。判斷標準如下：無藥害發生時藥害指數為 0；1-25%外側根部面積發生藥害時藥害指數為 1；26-50%外側根部面積發生藥害時藥害指數為 2；51-75%外側根部面積發生藥害時藥害指數為 3；76%以上外側根部面積發生藥害時藥害指數為 4 (附圖 1.)。

## 四、統計分析

試驗結果之數據以 SPSS 統計軟體(IBM SPSS Statistics 20)進行最小顯著差異分析(LSD, least significant difference test)及平均值計算，比較處理間差異之顯著性。



附圖 1. 蝴蝶蘭根部不同等級藥害指數。

Appendix 1. Different level of phytotoxicity index of root of *Phalaenopsis*.

## 結 果

### 一、濃度試驗

結果顯示，處理後 7 天及模擬運輸 7 天(處理後第 14 天)後，0.20%及 0.10%肉桂油浸

泡處理的水苔介質均無發現活蟲，而 0.07%及 0.05%處理者仍可發現少數活蟲，每盆平均 0.50-0.75 隻，但凡經肉桂油浸泡處理後，其可拍出活蟲數量均顯著少於對照組(4.75 隻)和沙拉脫浸泡組(4.00 隻)。在處理後 7 天，根部藥害指數有隨濃度上升而提高的趨勢，0.20% 及 0.10%處理組藥害指數為 3.75，顯著高於其它處理，對照組及沙拉脫浸泡組的根部則沒有發生藥害。在處理後 14 天，肉桂油處理各濃度的藥害指數在 3.00-4.00 之間，彼此間無顯著差異，但均高於對照組(表 1.)。

表 1. 肉桂油浸泡對蝴蝶蘭 *Phal. Sogo Yukidian* 'V3'水苔介質中活蟲數量及根部藥害指數之影響。

Table 1. Effect of cinnamon oil treatments on number of alive pests and phytotoxicity index of root of *Phalaenopsis Sogo Yukidian* 'V3'.

| Cinnamon oil conc.<br>(%) | 7 D <sup>y</sup>    |                        | 14 D <sup>x</sup> |                        |
|---------------------------|---------------------|------------------------|-------------------|------------------------|
|                           | Pest<br>(no.)       | Phytotoxicity<br>index | Pest<br>(no.)     | Phytotoxicity<br>index |
| Control                   | 4.75 a <sup>w</sup> | 0.00 d                 | 4.50 a            | 0.00 b                 |
| Sanitary <sup>z</sup>     | 4.00 a              | 0.00 d                 | 4.00 a            | 0.00 b                 |
| 0.20                      | 0.00 b              | 3.75 a                 | 0.00 b            | 4.00 a                 |
| 0.10                      | 0.00 b              | 3.75 a                 | 0.00 b            | 4.00 a                 |
| 0.07                      | 0.50 b              | 2.50 b                 | 0.50 b            | 3.50 a                 |
| 0.05                      | 0.50 b              | 1.50 c                 | 0.75 b            | 3.00 a                 |

<sup>z</sup> Means treated with 0.20% sanitary solution for 5 minutes

<sup>y</sup> 7 D: days after treatment

<sup>x</sup> 14 D: 7 days after treatment and simulate transport for 7 days

<sup>w</sup> Means values followed by same letters in the same column are not significantly different at P<0.05 by LSD test

## 二、肉桂油、pH 值調整及浸泡去離子水複合處理試驗

不論肉桂油濃度或 pH 值有無調整，在處理後第 7 天，每盆平均可拍出活蟲數量在 0.25-1.00 隻之間，且處理間無顯著差異，但均顯著少於對照組(6.75 隻)。處理後第 14 天的結果相似，活蟲數量介於 0.00-1.50 隻。0.1%肉桂油未調整 pH 值處理(0.1% CO+NpH)根部的藥害指數在處理後 7 和 14 天分別為 2.13 和 2.88，均顯著高於其它處理，但有調整 pH 值可減輕根部藥害，而在 0.07%及 0.05%肉桂油處理，無論有調整 pH 值藥害指數均低於(<1)。對照組植株的根部在試驗過程中無藥害發生(表 2.)。



表 2. 肉桂油、pH 值調整及去離子水複合處理對蝴蝶蘭 *Phal.* Sogo Yukidian 'V3' 水苔介質中活蟲數量及根部藥害指數之影響。

Table 2. Effect of cinnamon oil, pH and deionized water composite treatments on number of alive pests and phytotoxicity index of root of *Phalaenopsis* Sogo Yukidian 'V3'.

| Treatments <sup>z</sup> | 7 D <sup>y</sup>    |                        | 14 D <sup>x</sup> |                        |
|-------------------------|---------------------|------------------------|-------------------|------------------------|
|                         | Pests<br>(no.)      | Phytotoxicity<br>index | Pests<br>(no.)    | Phytotoxicity<br>index |
| Control                 | 6.75 a <sup>w</sup> | 0.00 b                 | 8.25 a            | 0.00 c                 |
| 0.10% CO + NpH(3.89)    | 0.75 b              | 2.13 a                 | 0.50 b            | 2.88 a                 |
| 0.10% CO + pH5.8        | 0.25 b              | 0.88 b                 | 0.00 b            | 0.88 b                 |
| 0.07% CO + NpH(4.08)    | 1.00 b              | 0.38 b                 | 0.75 b            | 0.88 b                 |
| 0.07% CO + pH5.8        | 0.75 b              | 0.63 b                 | 1.25 b            | 0.88 b                 |
| 0.05% CO + NpH(4.20)    | 0.50 b              | 0.38 b                 | 1.50 b            | 0.50 bc                |
| 0.05% CO + pH5.8        | 0.50 b              | 0.25 b                 | 1.50 b            | 0.38 bc                |

<sup>z</sup> CO: cinnamon oil; NpH: the pH value of cinnamon oil was not adjusted

<sup>y</sup> 7 D: days after treatment

<sup>x</sup> 14 D: 7 days after treatment and simulate transport for 7 days

<sup>w</sup> Means values followed by same letters in the same column are not significantly different at  $P < 0.05$  by LSD test.

## 討 論

從濃度試驗結果可發現，經肉桂油浸泡處理後，水苔介質中的活蟲數量都會顯著減少，顯示肉桂油浸泡的確能有效減少蝴蝶蘭水苔介質中的活蟲數量，但若濃度低於 0.07%，殺蟲效果可能較差。另外，經肉桂油處理後，蝴蝶蘭植株根部會有黃白化及萎縮失水之情形，推測即為肉桂油處理所導致的藥害，而藥害發生之現象似乎隨濃度升高而有嚴重趨勢，其中 0.05% 處理組不論在處理後 7 或 14 天，藥害指數均為最低，0.20% 和 0.10% 處理組的藥害指數雖相同，但均比 0.07% 和 0.05% 處理組更嚴重。從本試驗結果推測 0.1% 肉桂油濃度浸泡是較佳的處理，但浸泡 5 分鐘時間過長，應再縮短以避免根部藥害過於嚴重。

Sánchez-González 等(2011)指出，植物精油中的具疏水性的化合物在高濃度及長時間

的情況下接觸果實表面，會導致汙斑發生；秦(2009)研究中，將蝴蝶蘭根部處理小分子乳化油，在室溫下放置 1 日後根部即出現失水症狀，均與本試驗結果類似。因此，推測具疏水性的肉桂油接觸到蝴蝶蘭根部後可能會使其滲透壓失衡而導致藥害發生，而不同濃度肉桂油處理經 14 天後藥害指數沒有顯著差異，可能是因為水苔在浸泡後，吸附大量肉桂油溶液，所以浸泡後等同於長時間將根部浸泡於肉桂油溶液中，因此最後根部受傷的情形才相當接近。

在複合處理試驗中，浸泡時間縮短至 2 分鐘，仍可發現活蟲，因此如何在浸泡時間和濃度間取得平衡同時避免根部發生藥害，需再深入探討。另外，本試驗發現若在浸泡完肉桂油後，再浸泡去離子水來稀釋水苔介質中吸附的肉桂油，則可以大幅減輕根部藥害發生。但在濃度 0.07% 及 0.05% 時，調整肉桂油溶液 pH 值對於根部藥害之影響沒有顯著差異，但若濃度提高到 0.10%，則將 pH 值調整到 5.8 可顯著減少藥害。蝴蝶蘭以水苔介質栽培的過程中，其介質的 pH 值會逐漸下降至 3-4 之間，是栽培過程中的正常現象，與施肥無關，並認為蝴蝶蘭根分泌物可能是誘導水苔介質酸化的原因之一(Wang and Chang, 2017; Yen et al., 2011)。因此，肉桂油溶液的 pH 值也許不是造成根部發生藥害的主要原因，而是低 pH 值可能間接導致肉桂油對蝴蝶蘭根部的傷害加劇。

綜上所述，蝴蝶蘭水苔介質以 0.1% 肉桂油浸泡 5 分鐘後應可完全殺死介質中所有活蟲，但必然導致根部發生藥害，故縮短浸泡時間或降低濃度應可減輕根部藥害，或浸泡後以去離子水稀釋水苔介質所吸附的肉桂油，則可大幅減少根部藥害發生，而肉桂油濃度在 0.1% 時，可能因 pH 值過低而導致根部藥害嚴重，但在較低濃度的 0.07% 及 0.05% 時可能因濃度不高而根部藥害受 pH 值影響不顯著，應不是造成根部藥害之主因。未來以肉桂油浸泡蝴蝶蘭之根部進行外銷殺蟲檢疫極具潛力，可替代部分化學農藥使用，避免害蟲抗藥性並友善環境。

## 參 考 文 獻

- 秦子媛。2009。化學藥劑處理對蝴蝶蘭 *Phalaenopsis* I-Hsin Cream 'KHM246' 裸根苗貯運後品質之影響。國立中興大學園藝學研究所碩士論文。66pp。
- 徐善德、沈再木、邱永正、黃光亮、沈榮壽、莊晝婷、古森本、陳福旗、金石文、陳光堯、朱建鏞、蔡媚婷。2010。蝴蝶蘭產業優勢技術之開發。花卉研究團隊研究現況與展望研討會專刊。行政院農業委員會農業試驗所編印。p.1-9。
- 許聰耀。2016。蝴蝶蘭市場主流花品種之商業育種作法與方向。蝴蝶蘭育種與品種管理策略研討會專刊。行政院農業委員會農業試驗所編印。p.11-12。
- 葉育哲。2010。蝴蝶蘭原生種簡介。花蓮區農業專訊 71: 5-11。
- Desneux, N., A. Decourtye, and J. M. Delpuech. 2007. The sublethal effects of pesticides on

- beneficial arthropods. *Annu. Rev. Entomol.* 52: 81-106.
- Martínez-Villar, E., F. J. Sáenz-De-Cabezón, F. Moreno-Grijalba, V. Marco, and I. Pérez-Moreno. 2005. Effects of azadirachtin on the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Exp. Appl. Acarol.* 35: 215-222.
- Park, C. G., M. Jang, K. A. Yoon, and J. Kim. 2016. Insecticidal and acetylcholinesterase inhibitory activities of Lamiaceae plant essential oils and their major components against *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Ind. Crop. Prod.* 89: 507-513.
- Pumnuan, J., L. Khurnpoon, and A. Insung. 2015a. Changes of cut orchid quality after fumigation with clove and cinnamon essential oils. *Acta Hort.* 1079: 521-525.
- Pumnuan, J., L. Khurnpoon, and A. Insung. 2015b. Effects of insecticidal essential oil fumigations on physiological changes in cut *Dendrobium sonia* orchid flower. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 37: 523-531.
- Sánchez-González, L., M. Vargas, C. González-Martínez, A. Chiralt, and M. Cháfer. 2011. Use of essential oils in bioactive edible coatings: A review. *Food Eng. Rev.* 3: 1-16.
- Wang, Y. T. and Y. C. A. Chang. 2017. Effects of nitrogen and the various forms of nitrogen on *Phalaenopsis* orchid-a review. *Hort Technol.* 27: 144-149.
- Yen, W. Y., Y. C. A. Chang, and Y. T. Wang. 2011. The acidification of sphagnum moss substrate during *Phalaenopsis* cultivation. *HortScience* 46: 1022-1026.

## Effect of Cinnamon Oil and pH Value on Insecticidal Quarantine of Sphagnum Moss and Root of *Phalaenopsis* Seedlings

Kai-Chun Chan<sup>1)</sup> Huey-Ling Lin<sup>2)</sup>

Key words: Cinnamon oil, pH value, Root phytotoxicity, Sphagnum moss, Living pests

### Summary

The insecticidal effect of food-grade cinnamon oil on sphagnum moss as a growth substrate for cultivation of *Phalaenopsis* seedlings was evaluated. The roots of *Phalaenopsis* and sphagnum moss were soaked in 0.1% cinnamon oil for 5 minutes, which not only resulted in complete killing of living pests but also cause phytotoxicity in roots. At the same concentration, treated with deionized water after soaked in cinnamon oil for 2 minutes may reduce phytotoxicity in roots, but a few living pests remained alive in sphagnum moss. When pH value of 0.1% cinnamon oil was adjusted to 5.8, phytotoxicity in roots may be reduced significantly. However, the pH value of cinnamon oil had no significantly effect on phytotoxicity in roots as its concentration decreased to 0.07% and 0.05%. Hence, pH value did not seem to be the major reason for phytotoxicity in roots. Furthermore, the pH value of cinnamon oil had no significantly effect on insecticidal effect. Result from this study showed that 0.1% cinnamon oil soaked for 2 minutes then rinsed with deionized water may be applied to treat sphagnum moss to achieve the purpose of killing pests and reducing root damage of *Phalaenopsis* seedlings.

---

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

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author

## 四季秋海棠之多倍體化

游 宏 程<sup>1)</sup> 潘 怡 君<sup>2)</sup> 陳 彥 銘<sup>3)</sup>

關鍵字：四季秋海棠、多倍體化、植物性狀

**摘要：**本試驗以四季秋海棠'Big<sup>®</sup>-Bronze leaf-Rose'為植物材料分別處理不同濃度之秋水仙素進行多倍體誘變，並調查誘變株倍數性、花粉稔性與外觀型態變化。試驗結果顯示以 5 g L<sup>-1</sup> 秋水仙素濃度處理下有最高之芽體存活率 (66.6%)，而以 10 g L<sup>-1</sup> 濃度多倍體誘變效率最高為 23.3%共獲得多倍體誘變株 7 株。經調查發現誘變株與對照組相比葉片長寬比例減少、葉片厚度增加、氣孔大小增加，花徑則小於原株，但觀察其花粉外觀仍呈皺縮狀態不具稔性。

### 前 言

秋海棠 (*Begonia*)為秋海棠科 (*Begoniaceae*)秋海棠屬 (*Begonia*)多年生草花，原生物種共計約 1,900 種 (Thomas, 2010)，主要分布於熱帶與亞熱帶氣候區 (Doorenbos *et al.*, 1998; Forrest and Hollingsworth, 2003)為重要花卉作物之一。四季秋海棠為 2015 年美國第四大花壇作物，年產值約三千一百萬美元，僅次於矮牽牛、三色堇及鳳仙花 (USDA, 2016)。由於秋海棠可觀花亦可觀葉，故在全世界均廣泛種植，根據估計目前園藝種約超過 17,000 種 ([http://tsuideni-walking.la.coocan.jp/bangai\\_77\\_Begonia.html](http://tsuideni-walking.la.coocan.jp/bangai_77_Begonia.html), 2017)。四季秋海棠 'Big<sup>®</sup>-Bronze leaf-Rose' 為德國 Benary<sup>®</sup> 公司所育成之種間雜交品種 (<http://www.big-begonia.com/>, 2018)，具有快速生長與耐逆境性佳等特性且花徑可達 8 公分，然而其花粉皺縮不具稔性，故本試驗擬透過秋水仙素進行誘變，期望能恢復稔性作為後續之育種親本。

---

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝系助理教授。

3) 國立中興大學園藝學系助理教授，通訊作者。

## 材料與方法

### 一、試驗材料繁殖及管理

本試驗選用四季秋海棠'Big®-Bronze leaf-Rose'作為植物材料。取具兩對葉片之頂梢插穗進行扦插繁殖，插穗切口沾取含有  $2 \text{ g kg}^{-1}$  IBA (Indole-3-butyric acid, Sigma Chemical, Mo., U.S.A) 發根粉扦插於商用泥炭苔混和介質 BVB 7H (7H PO441389, Bas van Buuren B.V., Coldenhovelaan 10, The Netherlands) 2 吋塑膠盆內，並置於噴霧插床促進發根。待插穗發根後移出噴霧環境於遮陰處進行馴化。移至 3 吋盆器以上則使用泥炭土 (7-03 Base substrate, Klsmann, Lithuania)與珍珠石 (好成特選珍珠岩 4-9 mm, Hoper Int'l Floriculture & Horticulture Co.)混合體積 2:1 (v/v)栽植。栽培時期每週施用 2 次  $1 \text{ g L}^{-1}$  Jack's 水溶性肥料 (20-20-20) (Scotts-Sierra Horticultural Products Co., Marysville, OH, U.S.A.)，並適時補充  $0.2 \text{ g L}^{-1}$   $\text{MgSO}_4$  (Bittersalz, K + SKALI GmbH 34111 Kassel, Germany)與  $0.2 \text{ g L}^{-1}$  EDTA-Fe (DE-Fe-13 Chelated Iron Powder 13 %, AkzoNobel, The Netherlands)。

### 二、秋水仙素誘變處理

秋水仙素誘變處理方法參考自陳 (2012)進行修改。於各頂芽上放置直徑約 3 mm 大小之脫脂棉球，一日分別處理 5、10、15、20  $\text{g L}^{-1}$  不同濃度之秋水仙素溶液 2 次，連續 2 天。秋水仙素吸取 2 ml 滴於棉花球上使芽體能夠充分浸潤，並連續進行兩天。各濃度均處理頂芽 30 個，共計 150 芽。並於誘變處理後八週進行存活率調查，將存活芽體以慣行方式重新扦插，以備後續調查試驗進行。

### 三、植株性狀調查

對照組與誘變株調查項目參考日本農林水產省公布之秋海棠屬性狀調查檢定表 (<http://www.hinsyu.maff.go.jp/info/sinsakijun/kijun/1720.pdf>, 2017)。調查其節間長度、葉片長寬比例、葉片厚度、葉柄長度及花徑大小。並記錄於不同濃度處理下芽體存率、倍體數誘變率與型態變異率等。

### 四、倍數性檢測檢測

相對 DNA 含量檢測參考 Chen 和 Mii (2012a; 2012b)方法，以誘變株及其原株同時進行相對 DNA 含量比對，取約  $0.25 \text{ cm}^2$  嫩葉加入 400  $\mu\text{l}$  核酸萃取緩衝溶液 (Nuciel Extraction Buffer, Partec GmbH, Münster, Germany)於培養皿中以刮鬍刀片均勻剝碎後，添加 1600  $\mu\text{l}$  染色緩衝液 (Staining Buffer, Partec GmbH, Münster, Germany)均勻混合靜置 1 分鐘後，以 30  $\mu\text{m}$  尼龍濾網過濾獲得澄清溶液，以振盪機震盪再次混勻，使用流式細胞儀 (CyFlow® Cube 6, Partec, Germany)進行樣品相對 DNA 含量分析。

### 五、統計分析

試驗採用完全隨機設計 (Completely Randomized Design, CRD)，調查數據使用 CoStat 6.1 版套裝軟體 (CoHort software, U.S.A.)中 ANOVA (Analysis of variance)進行變方分析，以 Duncan's LSD 進行各處理之顯著差異比較。

## 結 果

試驗結果顯示，以  $5 \text{ g L}^{-1}$  秋水仙素處理下有最高之芽體存活率 66.6%；於處理濃度增加至  $10 \text{ g L}^{-1}$  與  $15 \text{ g L}^{-1}$  時則降低至 60.0%；秋水仙素濃度於  $20 \text{ g L}^{-1}$  時其芽體存活率則為 46.6%。以流式細胞儀檢測存活芽體之倍數性，結果指出不同濃度處理下均可獲得多倍體誘導植株。其中更以  $10 \text{ g L}^{-1}$  濃度下多倍體誘變效率最高為 23.3% 獲得 7 株，其次為  $15 \text{ g L}^{-1}$ 、 $20 \text{ g L}^{-1}$  與  $5 \text{ g L}^{-1}$  濃度，誘導效率依序為 13.3%、13.3% 與 10%，分別獲得 4 株、4 株與 3 株變異植株。型態變異率以  $10 \text{ g L}^{-1}$  濃度最高為 16.6%， $15 \text{ g L}^{-1}$  型態變異率僅 10.0% (表 1)。

表 1. 不同秋水仙素濃度對四季秋海棠'Big®-Bronze leaf-Rose'誘變效率之影響。

Table 1. Effect of different colchicine concentrations on the mutant induction in *Begonia semperflorens* 'Big®-Bronze leaf-Rose'.

| 濃度<br>Conc.<br>( $\text{g L}^{-1}$ ) | 芽體存活率 <sup>z</sup><br>Survival rate<br>(%) | 倍體數誘變率 <sup>y</sup><br>Ploidy mutant rate<br>(%) | DNA C-values      |                  |                    | 型態變異率<br>Trait variation<br>(%) |
|--------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------|------------------|--------------------|---------------------------------|
|                                      |                                            |                                                  | 四倍體<br>Tetraploid | 混倍體<br>Mixoploid | 非整倍體<br>Aneuploidy |                                 |
| 5                                    | 66.6 (20/30)                               | 10.0 (3/30)                                      | 2                 | -                | 1                  | 20.0 (4/20)                     |
| 10                                   | 60.0 (18/30)                               | 23.3 (7/30)                                      | 3                 | 2                | 2                  | 27.8 (5/18)                     |
| 15                                   | 60.0 (18/30)                               | 13.3 (4/30)                                      | 3                 | 1                | -                  | 16.7 (3/18)                     |
| 20                                   | 46.6 (14/30)                               | 13.3 (4/30)                                      | 3                 | -                | 1                  | 28.6 (4/14)                     |

<sup>z</sup>：存活芽體數/總處理芽數，於誘變 8 週調查存活率。

<sup>y</sup>：相對 DNA 含量與對照組具明顯差異之誘變株數量。

<sup>z</sup>：No. of survival buds / No. of total treatment buds, evaluated the efficiency of survival ratio after treatment 8 weeks.

<sup>y</sup>：Mutants with obviously different DNA contents compared with control donor.

調查經秋水仙素誘變之四季秋海棠'Big®-Bronze leaf-Rose'結果顯示誘變株其節間長度增加，葉片長寬比例減少呈較圓整之葉片型態，且葉片厚度增加，葉柄長度明顯低於對照組 (表 2)。葉緣則出現不規則鋸齒或畸形。誘變株 Mutant 3 與 Mutant 4 其葉表出現淡綠色鑲嵌體，而 Mutant 1 與 Mutant 2 葉片則有畸形現象產生。花徑大小與對照組相比則普遍略小於原株，且誘變株 Mutant 3 其雄花出現雄蕊瓣化現象，花瓣具不規則嵌紋 (圖 1)。

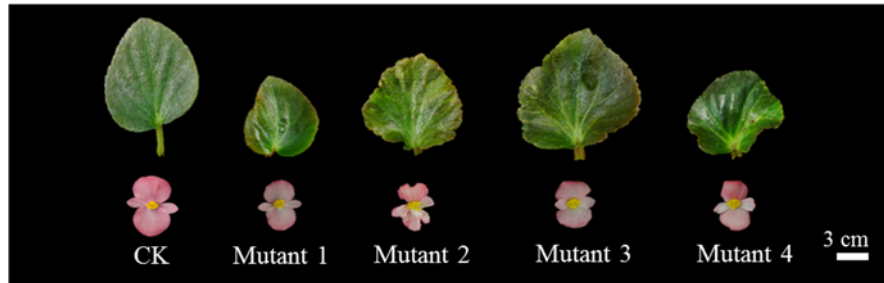


圖 1. 四季秋海棠'Big®-Bronze leaf-Rose'多倍體誘變之外觀型態變化。

Fig. 1. The characteristic variation of *Begonia semperflorans* 'Big®-Bronze leaf-Rose' bypolyploidy induction.

經流式細胞儀檢測發現，Mutant 1 為三倍體誘變株，其相對 DNA 含量為 3.01 (圖 2A)；Mutant 2 為非整倍體誘變株，其相對 DNA 含量為 3.76 (圖 2B)。Mutant 3 與 Mutant 4 為混倍體與四倍體誘變株，其相對 DNA 含量則分別為 2.92 及 3.81 與 4.00 (圖 2C、D)。檢測原株與誘變株之花粉外觀形態及活力，對照組花粉皺縮平均長度約 18.59  $\mu\text{m}$  (圖 3A)，四倍體誘變株 Mutant 4 其平均長度約為 21.08  $\mu\text{m}$ ，但仍外觀仍為皺縮無法正常發芽 (圖 3B)。觀察四倍體誘變株之氣孔大小發現，原株氣孔直徑為 27.17  $\mu\text{m}$  (圖 3C)，誘變株則增加至 36.21  $\mu\text{m}$  (圖 3D)，且數量與密度均較對照組緊密。

## 討 論

四季秋海棠'Big®-Bronze leaf-Rose'透過秋水仙素進行瓶外誘變，其中以 10  $\text{g L}^{-1}$  濃度所獲得之倍體數誘變效率最高，但於四個濃度處理下均獲得混倍體或非整倍體誘變單株 (表 1)。此結果與蘭花透過秋水仙素處理實生苗或分生組織獲取多倍體結果相似，然而蘭花誘變株經常形成 2 倍與 4 倍混倍體植株 (易, 2012)。此混倍體現象推測與藥劑處理植物組織接觸效果不佳相關，進而導致形成組織細胞嵌合體造成。而非整倍體之發生則可能因化學誘變後造成染色體斷裂或缺失，抑或染色體複製後分裂發生異常所致。此現象與 Luckett (1989)棉花秋水仙素誘變試驗有相似結果。

此外本研究獲得之多倍體誘變株，其葉片厚度增加、長寬比例減少、葉形較為圓整 (表 2)。此外表型態變化與多倍體洋桔梗及白鶴芋結果相似，皆出現葉片加厚、葉綠體含量增加使葉色加深及葉片長寬比例減少等特性 (Lindsay *et al.*, 1994; Ogasawara *et al.*, 2014)。本研究獲得之多倍體單株亦可觀察到氣孔數量增加 (圖 3)，此現象推測對植物生長有其助益，因已有文獻指出高倍體葉片具有較高之光合碳吸收 (Frank, 1980; Joseph *et al.*, 1981; Warner



表 2、四季秋海棠'Big®-Bronze leaf-Rose'以秋水仙素處理獲得之誘變株型態調查<sup>z</sup>。  
Table 2. The morphological differences between *Begonia semperflorens* 'Big®-Bronze leaf-Rose' and its mutants obtained from colchicine treatment<sup>z</sup>.

| 對照組/<br>誘變株<br>Control/<br>Mutants | 節間<br>長度<br>Internode<br>length<br>(mm) |                          | 葉長<br>寬比<br>Leaf<br>ratio<br>(%) |      | 葉身<br>厚度<br>Leaf thick<br>(mm) | 葉柄長<br>Petiole<br>length<br>(mm) | 雄花直徑<br>Diameter<br>of male<br>flower<br>(mm) | 相對<br>DNA<br>含量<br>Relative<br>DNA<br>content<br>(units) <sup>y</sup> | 獲得<br>濃度<br>Conc.<br>(g L <sup>-1</sup> ) |
|------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------|----------------------------------|------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                                    | 葉長<br>Leaf length<br>(mm)               | 葉寬<br>Leaf width<br>(mm) | 葉身長<br>Leaf<br>ratio<br>(%)      |      |                                |                                  |                                               |                                                                       |                                           |
| CK                                 | 33.93c                                  | 77.91c                   | 62.71c                           | 1.24 | 0.36c                          | 24.61a                           | 46.98ab                                       | 2.00                                                                  | -                                         |
| Mutant 1                           | 48.28a                                  | 82.34b                   | 76.84b                           | 1.07 | 0.38c                          | 16.91b                           | 45.36b                                        | 3.01                                                                  | 20                                        |
| Mutant 2                           | 40.51b                                  | 66.17d                   | 57.95d                           | 1.14 | 0.43b                          | 10.19d                           | 48.45a                                        | 3.76                                                                  | 5                                         |
| Mutant 3                           | 44.98a                                  | 63.02d                   | 64.27c                           | 0.98 | 0.59a                          | 9.32d                            | 34.92c                                        | 2.94/<br>3.81                                                         | 10                                        |
| Mutant 4                           | 45.05a                                  | 86.85a                   | 82.92a                           | 1.04 | 0.45b                          | 14.71c                           | 33.54c                                        | 4.00                                                                  | 15                                        |

<sup>z</sup> : 數據以鄧肯氏多變域顯著性測試作顯著差異比較，p≤0.05 具有差異顯著。

<sup>y</sup> : 相對 DNA 含量與對照組具明顯差異之誘變株數量。

<sup>z</sup> : Means separation within columns by Duncan's multiple range test, p≤0.05.

<sup>y</sup> : Mutants with obviously different DNA content compare with control donor.

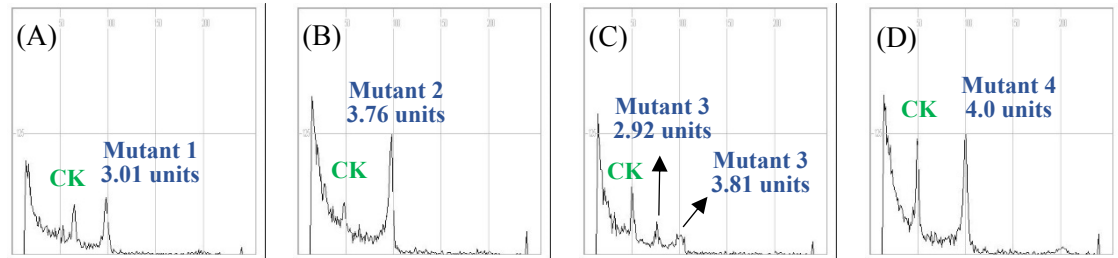


圖 2. 四季秋海棠'Big<sup>®</sup>-Bronze leaf-Rose'經秋水仙素誘變獲得之誘變株相對 DNA 含量。

(A)三倍體誘變株。(B)非整倍體誘變株。(C)混倍體誘變株。(D)四倍體誘變株。

Fig. 2. The relative DNA content of colchicine mutants in *Begonia semperflorens* 'Big<sup>®</sup>-Bronze leaf-Rose'. (A) Triploidy mutant, (B) Aneuploid mutant, (C) Mixoploidy mutant, (D) Tetraploid mutant.

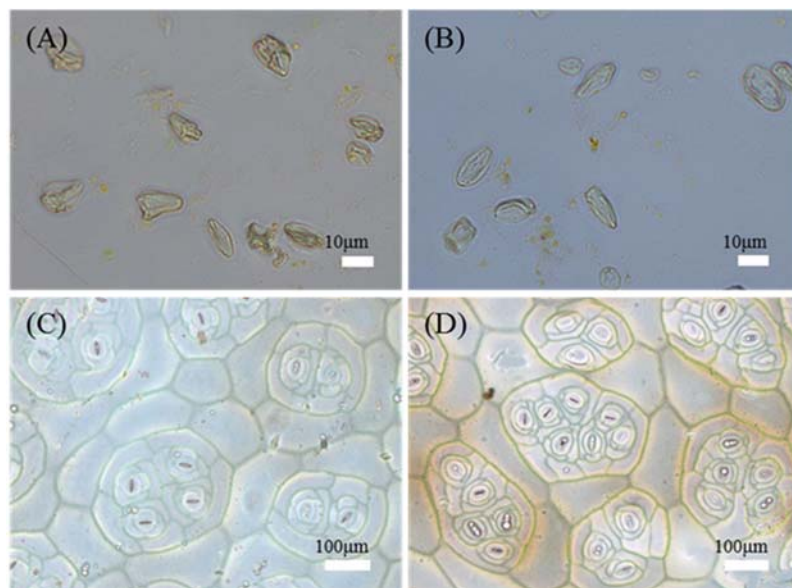


圖 3. 四季秋海棠'Big<sup>®</sup>-Bronze leaf-Rose'對照組與誘變株之花粉外觀型態與氣孔大小變化。

(A)對照組花粉粒外觀。(B)四倍體誘變株(Mutant 4)之花粉外觀變化。(C)對照組之氣孔大小。(D)四倍體誘變株(Mutant 4) 之氣孔大小變化。

Fig. 3. The differences of pollen and stoma between *Begonia semperflorens* 'Big<sup>®</sup>-Bronze leaf-Rose' and mutants. (A) Pollen characteristic of original material. (B) Pollen morphological variation of Mutant 4. (C) Stoma size of control material. (D) Stoma size variation of Mutant 4.

et al., 1987)。而觀察氣孔變化已被認為判定多倍體之方法之一，而氣孔大小與基因組大小有關 (Laere et al., 2010; Rayburn et al., 2009)。多倍體化已被證實可增加火鶴 (*Anthurium andraeanum*) (Chen et al., 2011)、非洲菊 (*Gerbera jamesonii*) (Gantait et al., 2011)與油點草 (*Tricyrtis* sp.) (Otani et al., 2014)之氣孔大小，唯其氣孔單位面積數量則會降低 (Chen et al., 2011; Gantait et al., 2011; Gu et al., 2005)。而本研究四季秋海棠誘變株之氣孔直徑較原株長約 9.04  $\mu\text{m}$ ，密度也較為緊密 (圖 3C、D)，此現象與多數研究結果相異。推測可能與 *TMM* (*Too Many Mouths*)基因相關。*TMM* (*Too Many Mouths*)為調控擬南芥氣孔發育的基因之一，當此基因不表現時將導致氣孔細胞數目增多，並簇集在一起 (Bhave et al., 2009)。故本試驗四季秋海棠誘變株可能因 *TMM* 基因發生突變，造成氣孔數目及密度增加。

而本試驗獲得部分誘變株其雄花出現雄蕊瓣化現象 (圖 1)，推測與顯隱性基因、調控花器官發育及 *MADS-box* 基因有關。四季秋海棠已被證實重瓣花型受到一對同質隱性基因所控制 (Reimann-philipp and Lorenz, 1978)。透過秋水仙素誘變，可能造成隱性基因成對因而表現重瓣性狀。此外雙子葉植物為由花萼、花瓣、雄蕊及心皮所組成的四輪結構，其中 A、B、C 三類基因影響花器形成。A 類基因分別調控花萼與花瓣發育，然而花瓣仍須 B 類基因供參與才能生成；C 類基因分別調控雄蕊與心皮發育，然而其雄蕊仍須 B 類基因供參與才能生成，並且 A、C 兩類基因為負調控 (Coen, 1991)。當擬南芥 C 類基因 *AGAMOUS* 不表達時，其花器官出現同源轉化現象，雄蕊位置轉變為花瓣。此現象已於矮牽牛研究，利用 VIGS 抑制 C 類基因 *pMADS3* 與 *FBP6*，造成矮牽牛雄蕊瓣化表現 (Noor et al., 2014)。故推測本研究誘變株出現雄蕊瓣化現象可能也與控制花器官表現的 C 類基因發生突變所致。

而多倍體誘變可獲得具花粉稔性之誘變株，其主要原理在於透過染色體加倍使同源染色體配對達到平衡從而恢復稔性。本試驗獲得之非整倍體或混倍體誘變株 (圖 2)，推測其染色體仍無法順利配對因而花粉母細胞無法正常減數分裂正常花粉而花粉粒無法萌發 (圖 3A、B)。而本試驗雖有獲得四倍體誘變株，其結果仍無法獲得恢復花粉稔性之誘變株。推測試驗材料可能為非偶數倍體，造成加倍後成為同源異質染色體，減數分裂後亦無法形成有效配子相關。

## 參 考 文 獻

- 易美秀。2012。蘭花多倍體誘導及鑑定。台中區農業改良場一〇一年專題討論專集。p.247-251。
- 陳俊源。2012。麒麟花種間雜交及多倍體誘導。國立中興大學園藝學系研究所碩士論文。67pp。
- Baer, G. R. and L. E. Schrader. 1985. Relationships between  $\text{CO}_2$  exchange rates and activities

- of pyruvate, Pi dikinase and ribulose biphosphate carboxylase, chlorophyll concentration, and cell volume in maize leaves. *Plant Physiol.* 77(3): 612-616.
- Bhave, N. S., K. M. Veley, J. A. Nadeau, J. R. Lucas, S. L. Bhave, and F. D. Sack. 2009. *TOO MANY MOUTHS* promotes cell fate progression in stomatal development of *Arabidopsis* stems. *Planta* 229(2): 357-367.
- Chen, C., X. Hou, H. Zhang, G. Wang, and L. Tian. 2011. Induction of *Anthurium andraeanum* 'Arizona' tetraploid by colchicine in vitro. *Euphytica* 181(2): 137-145.
- Chen, Y. M. and M. Mii. 2012a. Interspecific hybridization of *Begonia semperflorens* (section *Begonia*) with *B. pearcei* (section *Eupetalum*) for introducing yellow flower color. *Plant Biotechnol.* 29(1): 77-85.
- Chen, Y. M. and M. Mii. 2012b. Inter-sectional hybrids obtained from reciprocal crosses between *Begonia semperflorens* (section *Begonia*) and *B. 'Orange Rubra'* (section *Gaerdita* x section *Pritzelia*). *Breed Sci.* 62(2): 113-123.
- Coen, E. and E. M. Meyerowitz. 1991. The war of the whorls: genetic interaction controlling flower development. *Nature* 353(6399): 31-37.
- Doorenbos, J. M. Sosef and J. de Wilde. 1998. The sections of *Begonia* including descriptions, keys and species lists (Studies in Begoniaceae VI). Wageningen Agricultural University. No. 98-2. 266pp.
- Forrest, L. L. and P. M. Hollingsworth. 2003. A recircumscription of *Begonia* based on nuclear ribosomal sequences. *Plant systematic and evolution.* 241(3-4): 193-211.
- Frank, A. B. 1980. Photosynthesis, transpiration, and ribulose biphosphate carboxylase of selected crested wheatgrass plants. *Agron. J.* 72(2): 313-316.
- Gantait, S., N. Mandal, S. Bhattacharyya, and P. K. Das. 2011. Induction and identification of tetraploids using in vitro colchicine treatment of *Gerbera jamesonii* Bolus cv. Sciella. *Plant Cell Tiss. Organ Cult.* 106: 485-493.
- Gu, X. F., A. F. Yang, H. Meng, and J. R. Zhang. 2005. In vitro induction of tetraploid plants from diploid *Zizyphus jujube* Mill. cv. Zhanhua. *Plant Cell Rep.* 24(11): 671-676.
- Joseph, M. C., D. D. Randall, and C. J. Nelson. 1981. Photosynthesis in polyploid tall fescue II. Photosynthesis and ribulose-1,5- biphosphate carboxylase of polyploid tall fescue. *Plant Physiol.* 68(4): 894-89.
- Laere, K. V., S. C. Franc, H. Vansteenkiste, J. V. Huylenbroeck, K. Steppe, and M. V. Labeke. 2010. Influence of ploidy level on morphology, growth and drought susceptibility in *Spathiphyllum wallisii*. *Acta Physiol. Plant.* 33(4): 1149-1156.
- Lindsay, G. C., M. E. Hopping, and I. E. W. O'Brien. 1994. Detection of protoplast-derived DNA tetraploid *Lisianthus (Eustoma grandiflorum)* plants by leaf and flower characteristics

- and by flow cytometry. *Plant Cell Tissue. Org. Cult.* 38(1): 53-55.
- Luckett, D. J. 1989. Colchicine mutagenesis is associated with substantial heritable variation in cotton. *Euphytica* 42(1-2): 177-182.
- Noor, S. H., K Ushijima, A. Murata, K. yoshida, M. Tanabe, T. Tanigawa, K. Yasutaka, and R. Nakano. 2014. Double flower formation induced by silencing of C-class MADS-box genes and its variation among *Petunia* Culivars. *Sci. Hort.* 178(23): 1-7.
- Ogasawara, R., M. Ochiai, K. Nishikawa, and H. Fukui. 2014. Induction of polyploidy by in vitro colchicine treatment of apical meristem of *Spathiphyllum wallisii* Regel 'New merry'. *Hort. Res.* 13(3): 213-219.
- Otani, M., M. Ishibe, P. Inthima, K. Supaibulwatana, S. Mori, T. Niki, T. Nishijima, M. Koshioka, and M. Nakano. 2014. Horticultural characterization of a tetraploid transgenic plant of *Tricyrtis* sp. carrying the gibberellin 2-oxidase gene. *Plant Biotechnol.* 31(4): 335-340.
- Rayburn, A. L., J. Crawford, C. M. Rayburn, and J. A. Juvik. 2009. Genome size of three *Miscanthus* Species. *Plant Mol. Biol. Rep.* 27: 184-188.
- Reimann-Philipp. R. and A. Lorenz. 1978. Zur Vererbung des Merkmals 'braune Laubfarbe' bei *Begonia semperflorens* Link und Otto. *Z. Pflanzenzüchtg.* 81: 166-175.
- Thomas, D. C. 2010. Phylogenetics and historical biogeography of Southeast Asian *Begonia* L. (Begoniaceae). PhD Thesis, University of Glasgow.
- USDA. 2016. Floriculture Crops 2015 Summary. April 2016.
- Warner, D. A. and G. E. Edwards. 1989. Effects of Polyploidy on Photosynthetic Rates, Photosynthetic Enzymes, Contents of DNA, Chlorophyll, and Sizes and Numbers of Photosynthetic Cells in the C4 Dicot *Atriplex confertifolia*. *Plant Physiol.* 91(3): 1143-1151.
- Warner, D. A., M. S. B. Ku, and G. E. Edwards. 1987. Photosynthesis, leaf anatomy, and cellular constituents in the polyploid C4 grass *Panicum virgatum*. *Plant Physiol.* 84(2): 461-466.
- [http://tsuideni-walking.la.coocan.jp/bangai\\_77\\_Begonia.html](http://tsuideni-walking.la.coocan.jp/bangai_77_Begonia.html). January 2018. ベゴニア.
- <http://www.hinsyu.maff.go.jp/info/sinsakijun/kijun/1720.pdf>. June 2017. ベゴニア（根茎性ベゴニア、エラチ オールベゴニア及び球根 ベゴニアを除く。）
- <http://www.big-begonia.com/>. June 2017. Great Gardens Begin with Great Plants.

## The Polyploidization of *Begonia semperflorens*

Hung-Cheng Yu<sup>1)</sup>   Yi-Chun Pan<sup>2)</sup>   Yen-Ming Chen<sup>3)</sup>

Key words: *Begonia semperflorens*, polyploidy induction, plant characteristic

### Summary

In the present study, *Begonia semperflorens* 'Big®-Bronze leaf-Rose' were treated with different concentrations of colchicine for polyploidy induction. It also evaluated the ploidy level, pollen fertility, and plant characteristics of mutants. The results indicated the highest survival buds ratio (66.6%) on 5 g L<sup>-1</sup> colchicine concentration, and the highest polyploidy induction efficiency (23.3%, 7 polyploidy mutants) on 10 g L<sup>-1</sup> colchicine. Compare with the original material, the leaf aspect ratio and flower diameter of mutants was reduce and the leaf thickness and stoma diameter was bigger than original. Unfortunately, the mutant's pollen was still abnormal, empty, and sterile.

---

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

2) Assistant Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

3) Assistant Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

Corresponding author.

## 利用極樂鳥花(*Kalanchoe beauverdii* Hamet) 開發長壽花切花品種

謝 伯 泓<sup>1)</sup> 林 深 林<sup>2)</sup> 朱 建 鏞<sup>3)</sup>

關鍵字：極樂鳥花、長壽花、燈籠草屬、切花

**摘要：**本試驗以重瓣的長壽花(*Kalanchoe blossfeldiana*) 'Gabby'與燈籠草屬原生物種極樂鳥花(*K. beauverdii* Hamet)為材料，進行雜交試驗。雜交結果率高達 95.6%，但結種率僅 0.51%，而種子發芽率為 8%，共得到 7 株雜交後代，其中 3 株開單瓣花、4 株開重瓣花。子代都呈現紫紅色披針形葉片，而子代花色皆為黃橙色。子代編號 107-4 的植株株高達 59 cm，花徑有 26 mm，花瓣數最多(72 瓣)，且單花壽命長達 42 天，具有成為切花用長壽花品種的潛力。

### 前 言

長壽花(*Kalanchoe blossfeldiana* Poelln.)為多肉植物，對水和無機養分的需求少，環境的適應性廣，做為盆花深受消費者喜愛。雖然在西元 1924 年長壽花才首度在馬達加斯加森林中被發現(van Voorst and Arends, 1982)。長壽花同屬的物種約有 133 種，而且其中已經有 28 個物種被利用於進行長壽花育種，並開發出許多形態多樣化的品種(<http://www.crassulaceae.ch/de/home>)。西元 2017 年荷蘭最大拍賣市場 Floraholland 的長壽花年銷售量已達一億盆，銷售額達 6900 萬歐元(<https://goo.gl/fNps wD>)；另外在西元 2014 年丹麥的 Floradania 花卉批發市場也賣出 4000 萬盆長壽花，是盆花銷售量第一名的產品(<https://goo.gl/ogBBN6>)。換言之，長壽花的產量僅次於蝴蝶蘭，成為世界上第二大的盆栽花卉作物。

育種者為了得到作物的新形態、抗病性或是提升對環境的耐受能力，會從異種或異屬的物種找尋有利新的性狀；在進行種間雜交時，常遭遇雜交障礙等問題(Kroon *et al.*, 1989；

---

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講師。

3) 國立中興大學園藝學系教授，通訊作者。

陸，2015)。因此在設定育種計畫中，必須先審慎評估。此外專利布局是維持產業競爭力的手段，農業的專利布局除了眾家所熟知的品種權外，育種方法申請發明專利的策略也漸被應用在農業上。丹麥 Kund Jepsen A/S 公司為了避免同業的競爭，在西元 2010 年曾申請一個重瓣長壽花育種專利，只要是與專利中所列的物種雜交後，所育成之花瓣 5 瓣以上的長壽花皆屬其育種專利範圍內(US 7,453,032 B2, 2010)。極樂鳥花與長壽花的形態有許多差異，例如植株為蔓性、葉片為深紫色、花萼與花瓣的長度、寬度為長壽花的 2 倍以上，以及花色是灰藍色等，利用於長壽花育種可以創造出許多目前長壽花所沒有的特性，此外極樂鳥花尚未列於前述之專利界定中的物種。因此本論文擬以長壽花'Gabby'並與極樂鳥花雜交來開發大型的重瓣長壽花品種。

## 材 料 與 方 法

### 一、植物材料

極樂鳥花(*K. beauverdii* Hamet ; KB)為落地生根節的蔓性原生物種，法國植物學家雷蒙德哈梅特(Raymond Hamet, 1890-1972)於 1907 年命名。植物被發現於馬達加斯加南部和西南部，植株生長於海拔約 850 m 各種土壤的乾旱樹林裡(<http://www.crassulaceae.ch/de/artikel?akID=68&aaID=2&aiID=B&aID=1940>)。試驗用的植株為生長在台中霧峰區，中興大學園藝試驗場防雨的圍籬上，株齡約 5 年，每朵花有珠心  $505 \pm 27$  粒，花粉發芽率為 99%。

長壽花'Gabby' (GB)：此品種是丹麥 Knud Jepsen A/S 公司推出的 Rose Flowers®系列，試驗用的植株購自於桃園市蘆竹區的大觀園藝，植株生長於 3 寸盆中，株高約 22 cm，展幅 10 cm，每朵花有珠心  $261 \pm 11$  粒，花粉發芽率為 56%。

### 二、雜交授粉

極樂鳥花與長壽花'Gabby'的雜交於西元 2017 年 3 月至 4 月間進行。雜交方法參考侯(2003)和盧(2013)的方法。首先將母本花朵去除雄蕊。在花朵將開放之前使用鑷子輕輕去除花瓣及雄蕊。為了有效率的進行授粉，作為母本的長壽花栽培種，只使用第一級至第三級的小花。去除前三級小花雄蕊之後，同時摘除所有未開放之花朵。控制每一盆已除雄的花朵數不超過 50 朵，已確保種子能得到充分養分。同一雜交組合分成 2-3 次進行授粉，授粉時機參考 Thérèse Traoré 等人(2014)和余(2016)的方法。當柱頭分泌黏液時期，即為最佳授粉時機。授粉時用鑷子夾取父本當日的花藥，並將花粉均勻的塗在母本柱頭上完成授粉，所有授粉時間控制在上午八點至下午五點前結束。

### 三、雜交種子採收播種及栽培管理

授粉後，約經過兩個月果實才會成熟，採收後的果實放置在室內進行乾燥，輕拍倒立的果實種子即會掉落。種子在解剖顯微鏡下(ZEISS HBO 50/AC, Zeiss Axiolab, Germany)鏡



檢並挑出充實的種子。

將挑出的種子播種於透明塑膠盒(15 cm × 10 cm × 8 cm)。盒內填裝經過 10 網目篩過的泥炭土作為育苗介質(A1801415 peatmoss 7H P0351941, BVB substrates, Nederland)，介質填裝厚度約 2 cm，介質表面使用噴壺噴濕。播種環境為遮光 80 % 的水牆溫室環境。種子發芽後，調查發芽率，並將小苗移植至 200 格方型穴盤(60 cm × 30 cm × 4.3 cm)的穴盤中，小苗生長至 3-4 片本葉後再移至 9 cm 盆內，栽培介質為泥炭土(Klasmann, Germany)與直徑約 4-9 mm 之特選真珠石(Hopes Int'l Floriculture & Horticulture Co.)以體積比為 3:1 (v/v) 混調的介質。灌溉用水使用地下水，給水頻度依目視介質乾濕進行調整，夏季兩天一次，冬季三至四天一次，當氣溫過低時不給水。夏季每星期施用一次 0.5 g·L<sup>-1</sup> 的水溶性彼得肥(Scotts-Sierra Horticultural Products Co., Marysville, OH, USA)，自 10 月 1 日以後，液肥更改濃度為 1 g·L<sup>-1</sup>。病蟲害防治視園區狀態進行防治。栽培環境為四周開放式且頂部透光遮雨聚碳酸酯(PC)浪板，植物材料放置於架高的度鋅隔網栽培床架上，光照量為台中霧峰區自然日照的 60%，夏季正中午光照度為 60000 lux。

#### 四、雜交子代性狀調查

試驗植株盛花時期進行調查雜交後代與親本植株特徵，調查性狀包括植株營養生長性狀，例如：植株高度(plant height)、分枝數(number of branches)、節間長度(internode length)、葉形(leaf shape)等性狀。

植株生殖生長性狀包括：第一朵開放日期(date of 1<sup>st</sup> anthesis)、總花朵數(number of flowers)、第一朵花壽命(longevity of first flower)以及花朵性狀。

花朵性狀包括：花朵方向(flower orientation)、小花梗長(pedical length; mm)、花徑(diameter of flower)、花瓣數(petal quantity)、花筒長(flower tube length)、花瓣長(petal length; mm)、花瓣寬(petal width; mm)、花萼形態(sepals type)、花色(flower color)。

#### 五、統計分析

雜交後代測量記錄其各項性狀之值，每項性狀數值都調查三次並取其平均值，然後以 Excel (Microsoft® Office, 2016)計算平均值及標準差(±SE)。

## 結 果

### 一、種間雜交之結果率與結種率以及發芽率

以長壽花'Gabby'為母本，花粉親為極樂鳥花共授粉 68 朵花，收穫 68 個蒴果，結果率為 95.6%，但只收到 87 粒充實的種子，結種率(收或種子/母本花朵珠心數)僅 0.51%。播種後得到 7 株種雜交後代，種子的發芽率為 8%。

### 二、親本與雜交後代營養性狀之比較

長壽花'Gabby'植株高度為 27 cm，節間長度'Gabby'為 0.8 cm。極樂鳥花為栽培多年的

蔓性植物，無法確定其植株高度，而且節間長度為 5.4 cm。在兩者的雜交後代中只有編號 107-1 植株高度比母本親'Gabby'矮，其節間長度也最短為 0.4 cm，其餘子代植株高度都比母本親'Gabby'高，高度介於 31 至 59 cm 之間，節間長度則介於 0.8 至 3.4 cm 之間(表 1)。

長壽花'Gabby'有 5 枝分枝，但極樂鳥花一年生植株並不分枝。雜交後代中最多分枝數編號 107-1 植株具有 3 枝分枝，但有編號 107-2、107-3、107-4 的植株與花粉親極樂鳥花同為不分枝(表 1)。

長壽花'Gabby'葉片形態是卵形葉片(elliptic)，極樂鳥花為線形葉(linear)，而所有後代均呈現披針形(lanceolate)的葉片形態(表 1)。

表 1. 長壽花'Gabby'×極樂鳥花子代植株與親本植株之營養性狀之比較。

Table 1. Comparison of vegetative characteristics among progenies and parents, *Kalanchoe blossfeldiana* 'Gabby' × *Kalanchoe beauverdii*.

| Parents/Progenies   | Plant height<br>(cm) | Internode length<br>(cm) | Number of<br>branches | Leaf shape |
|---------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|------------|
| GB (♀) <sup>z</sup> | 27                   | 0.8±0.1                  | 5                     | elliptic   |
| KB (♂) <sup>z</sup> | -                    | 5.4±0.9                  | -                     | linear     |
| 107-1               | 16                   | 0.4±0.1                  | 3                     | lanceolate |
| 107-2               | 31                   | 2.2±0.5                  | 0                     | lanceolate |
| 107-3               | 37.5                 | 1.7±0.3                  | 0                     | lanceolate |
| 107-4               | 59                   | 3.4±0.3                  | 0                     | lanceolate |
| 107-5               | 45                   | 1.8±0.2                  | 2                     | lanceolate |
| 107-6               | 61                   | 2.6±0.2                  | 2                     | lanceolate |
| 107-7               | 42                   | 1.7±0.1                  | 2                     | lanceolate |

<sup>z</sup> : KB : *Kalanchoe beauverdii* ; GB : *Kalanchoe blossfeldiana* 'Gabby'.

### 三、種間雜交後代與親本之開花性狀比較

極樂鳥花其實生苗本身，在第一年並無開花能力。而五年生的植株在台中霧峰地區自然花期為二月。母本長壽花'Gabby'本身花期在 12 月 21 日開放，雜交後代中編號 107-2 植株第一朵花於 2017 年 12 月 4 日最早開放，編號 107-5 植株則至 2018 年 3 月 6 日花朵才開放，是最晚開花的植株(表 2)。

長壽花'Gabby'栽培在 3 寸盆中，其總花朵數可達 437 朵花。子代植株中花朵總數以編號 107-6 植株最多，有 430 朵；最少為編號 107-4、107-5 的植株 90 朵花。花為單瓣的植

株，其花朵數總量大於花為重瓣的植株(表 2)。

極樂鳥花為 4 瓣的單瓣花，長壽花'Gabby'為 18 瓣的重瓣花。雜交後代中編號 107-2、107-6、107-7 植株的花皆為單瓣，編號 107-1、107-3、107-4、107-5 植株則為重瓣花的表現。後代中編號 107-4 植株其花瓣數達 72 瓣，為所有後代中花瓣數最高的植株，其餘重瓣花植株花瓣數在 18 至 24 瓣之間(表 2)。

長壽花'Gabby'單花壽命 25 天，極樂鳥花單花壽命為 12 天，兩者的後代 107-6 的植株單花壽命最短為 22 天，花為重瓣的後代中 107-1 植株單花壽命為 47 天最長，其次為編號 107-4 或 107-7 植株，單花壽命分別為 42 或 45 天(表 2)。

表 2. 長壽花'Gabby'與極樂鳥花及其雜交子代開花性狀之比較。

Table 2. Comparison of flowering characteristics among progenies and parents, *Kalanchoe blossfeldiana* 'Gabby' cross with *Kalanchoe beauverdii*.

| Parents/Progeny     | Date of 1 <sup>st</sup><br>anthesis<br>dd/mm/yy | Number of<br>flowers | Petal<br>quantity | Longevity of<br>first flower<br>(day) |
|---------------------|-------------------------------------------------|----------------------|-------------------|---------------------------------------|
| GB (♀) <sup>z</sup> | 21/12/2017                                      | 437                  | 18±2              | 25                                    |
| KB (♂) <sup>z</sup> | 11/02/2018                                      | -                    | 4±0               | 12                                    |
| 107-1               | 20/12/2017                                      | 52                   | 18±3              | 47                                    |
| 107-2               | 04/12/2017                                      | 132                  | 4±0               | 29                                    |
| 107-3               | 08/02/2018                                      | 92                   | 24±2              | 30                                    |
| 107-4               | 08/02/2018                                      | 90                   | 72±9              | 42                                    |
| 107-5               | 06/03/2018                                      | 90                   | 20±1              | 25                                    |
| 107-6               | 30/01/2018                                      | 430                  | 4±0               | 22                                    |
| 107-7               | 24/02/2018                                      | 233                  | 4±0               | 45                                    |

<sup>z</sup>: KB : *Kalanchoe beauverdii* ; GB : *Kalanchoe blossfeldiana* 'Gabby'.

長壽花'Gabby'的小花梗長度為 6 mm，極樂鳥花則為 15 mm，雜交後代中其編號 107-4 與 107-6 植株小花梗長度最長分別為 10 與 9 mm，其餘子代皆相似於母本親，只有編號 107-7 植株最短為 4 mm (表 3)。

長壽花'Gabby'的花徑為 2.2 cm，極樂鳥花則為 2.1 cm，雜交後代中花朵直徑最大植株編號為 107-1 與 107-4 皆為 2.6 cm，最小為編號 107-2 植株的花朵直徑 1.6 cm，所有後代花朵直徑平均為 2.16±0.4 cm，且可發現單瓣花朵直徑小於重瓣花(表 3)。

長壽花'Gabby'的花筒的長度為 16 mm，極樂鳥花則為 12 mm，雜交後代中編號 107-4 植株花筒長度最長為 13 mm，編號 107-3 與 107-6 植株次之為 10 mm，其餘花筒長度則同於母本為 7 mm (表 3)。

極樂鳥花花瓣長度或寬度分別為 20 mm 與 8 mm，長壽花'Gabby'不論是花筒長度或是花瓣的長或寬都較小，分別為 16 mm 與 5 mm，雜交後代中編號 107-3 植株花瓣長度最長為 23 mm，107-3 植株則為最短為 17 mm，花瓣寬度為編號 107-7 植株最寬達 9 mm，107-1 植株最窄為 4 mm (表 3)。

利用英國皇家園藝協會 RHS 植物比色卡比色，長壽花'Gabby'花色為紅色(色卡 45A；表 3)，極樂鳥花花色為藍灰偏黑(色卡 202A；表 3)，兩者雜交後代的花色偏向於母本屬紅黃色，未見有藍色調花色的植株(圖 1)。

表 3. 長壽花'Gabby'與極樂鳥花及其雜交子代植株花朵性狀比較。

Table 3. Comparison of flower characteristics among progenies and parents, *Kalanchoe blossfeldiana* 'Gabby'crossed with *Kalanchoe beauverdii*.

| Parents/<br>Progeny | Pedical<br>length<br>(mm) | Diameter<br>of flower<br>(cm) | Flower<br>tube length<br>(mm) | Petal<br>length<br>(mm) | Petal width<br>(mm) | Flower<br>Color <sup>y</sup> |
|---------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------|------------------------------|
| GB (♀) <sup>z</sup> | 6±0.4                     | 2.2±0.1                       | 7±0.4                         | 16±0.7                  | 5±0.1               | 45A                          |
| KB (♂) <sup>z</sup> | 15±1.1                    | 2.1±0.2                       | 12±0.8                        | 20±0.2                  | 8±0.4               | 202A                         |
| 107-1               | 6±0.3                     | 2.6±0.0                       | 7±0.3                         | 23±1.2                  | 4±0.1               | 30A                          |
| 107-2               | 6±0.2                     | 1.6±0.1                       | 7±0.1                         | 20±0.9                  | 5±0.5               | 31A                          |
| 107-3               | 8±1.9                     | 2.2±0.1                       | 10±0.0                        | 17±1.6                  | 6±0.2               | 53A                          |
| 107-4               | 10±1.3                    | 2.6±0.2                       | 13±1.0                        | 20±1.7                  | 7±0.1               | 64B                          |
| 107-5               | 6±1.7                     | 2.5±0.2                       | 9±0.7                         | 21±1.7                  | 6±0.3               | 53B                          |
| 107-6               | 9±0.9                     | 1.9±0.1                       | 10±0.9                        | 21±0.9                  | 7±0.1               | 60C                          |
| 107-7               | 4±0.5                     | 1.9±0.1                       | 7±0.7                         | 19±1.2                  | 9±0.2               | 57C                          |

<sup>z</sup> : KB : *Kalanchoe beauverdii* ; GB : *Kalanchoe blossfeldiana* 'Gabby'.

<sup>y</sup> : RHS color cli.



圖 1. 長壽花'Gabby'(GB) × 極樂鳥花(KB)子代花朵與親本花朵性狀之比較。A.單瓣；B.重瓣。

Fig. 1. Comparison of flowers characteristics among progenies and parents, *Kalanchoe blossfeldiana* 'Gabby' (GB) × *Kalanchoe beauverdii* (KB). A. Single flowers ; B. Double flowers.

極樂鳥花花萼片為合生，由花朵剖面圖可以了解，雄蕊著生於花筒基部一共 8 枝；長壽花'Gabby'花萼片為離生，由花朵剖面圖可以了解，雄蕊著生於花筒上下緣，分別各 4 枝(圖 2)。

雜交後代中，所有單瓣花植株花萼片皆為離生，且由花朵剖面圖可以發現，編號 107-2、107-6 與 107-7 植株雄蕊著生的位置在花筒內上下兩側各 4 枝(圖 2A)。

雜交後代中，所有重瓣花植株花萼片皆為離生，且由花朵剖面圖可以發現，編號 107-1 與 107-3 植株雄蕊著生的位置為花筒內上下兩側各 4 枝，但編號 107-4 與 107-5 植株雄蕊著生位置則皆在花筒的基部，一共別為 9 與 11 枝，此外在編號 107-4 植株的花朵為完全花瓣化，此植株不具有任何雄蕊與雌蕊(圖 2B)。

#### 四、種間雜交後代性狀遺傳

長壽花'Gabby'與極樂鳥花雜交組合共得到 7 株後代，其中有 4 株植株形態呈現沒有側枝，表現出單一主幹直立型。且所有後代均無遺傳到極樂鳥花能產生葉緣苗的能力。葉片顏色長壽花'Gabby'為綠色葉，極樂鳥花則為紫色的葉片，所有雜交後代葉色均為紫色。長壽花'Gabby'屬於長壽花節(*Kalanchoe*)，其花朵開方向都是向上開放；極樂鳥花屬於落地生根節(*Bryophyllum*)，因此花朵開方向都是向下開放。所有的雜交後代均呈現向上開放的型(表 4)。

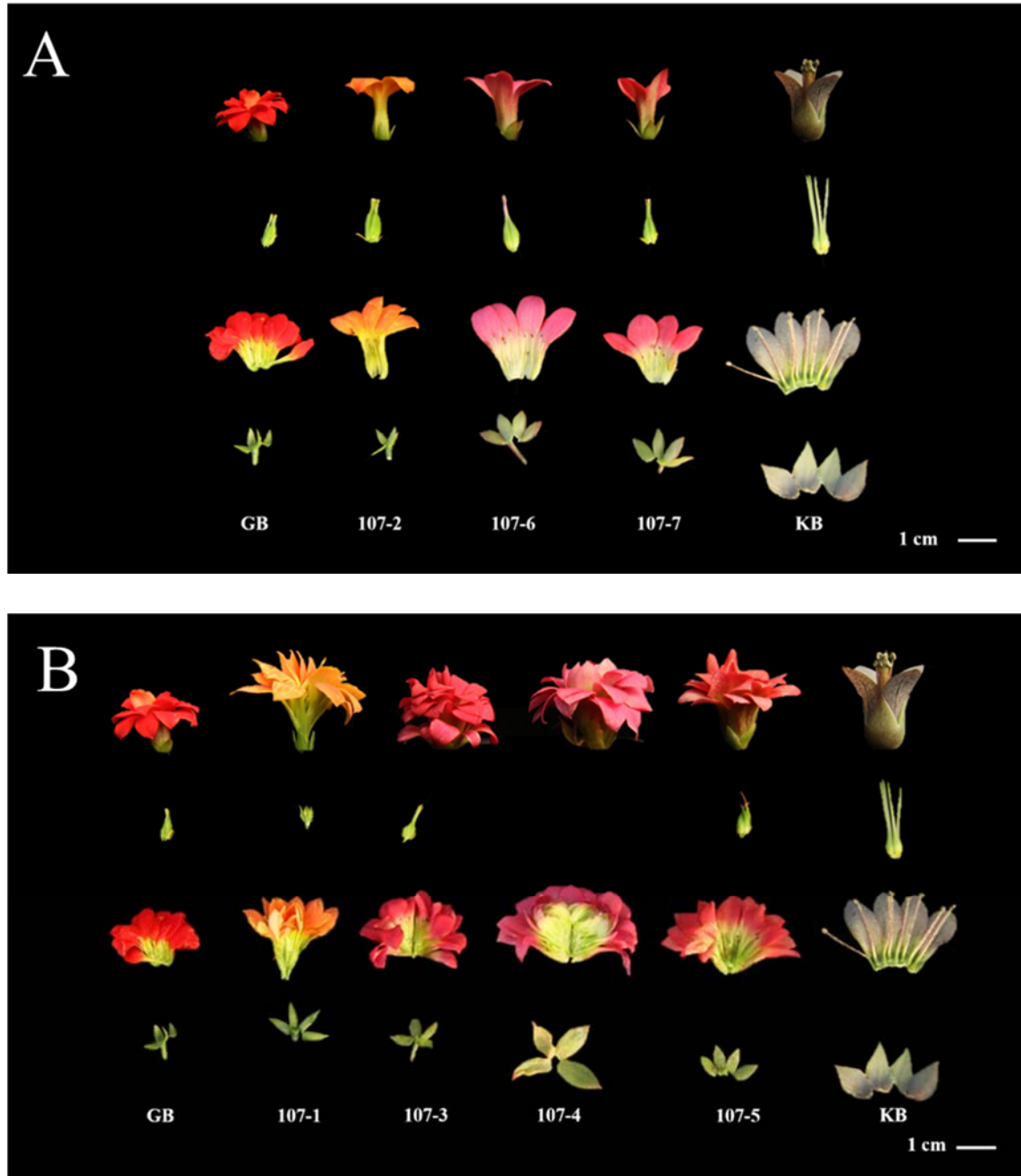


圖 2. 長壽花'Gabby'(GB)× 極樂鳥花 (KB) 子代花朵側面及剖面與親本花朵性狀之比較。  
A.單瓣；B.重瓣。

Fig. 2. Comparison of flowers side views and sections view characteristics among progenies and parents, *Kalanchoe blossfeldiana* 'Gabby' (GB) × *Kalanchoe beauverdii* (KB). A. Single flowers ; B. Double flowers.

表 4. 長壽花'Gabby'與極樂鳥花及其雜交後代植株之性狀分布。

Table 4. The plant pentormance distribution of the progenies form *Kalanchoe beauverdii* crossed with *Kalanchoe blossfeldiana* 'Gabby'.

| Total | Plant type |     | Foliar type |    | Leaf Color |       | Flower orientation |      | Type of flower |       |
|-------|------------|-----|-------------|----|------------|-------|--------------------|------|----------------|-------|
|       | Free       | Non | Yes         | No | Purple     | Green | Up                 | Down | Singl          | Duble |
| 7     | 3          | 4   | 0           | 7  | 7          | 0     | 7                  | 0    | 3              | 4     |

## 討 論

由於燈籠草屬具有許多不同性狀的遺傳資源，且透過種間雜交可以成功導入物種的不同性狀，來增加長壽花形態上的多樣性，進而增加新的產品型式(余，2016；盧，2013；Izumikawa *et al.*, 2007)。例如黃(2007)以臺灣原生矮性多分枝的鵝鑾鼻燈籠草(*K. garmbiensis*)與'Rako'進行種間雜交，育成具有矮性株型和早生的單瓣長壽花'燈塔'。鄭(2009)再利用帶有鵝鑾鼻燈籠草血統的'珍珠'與重瓣長壽花'Hayworth'雜交，後代獲得具有鵝鑾鼻燈籠草矮性多分枝等優良性狀的重瓣長壽花'桃花女'。Kuligowska 等人(2015a)使用長壽花與 *K. marnioeriana* 雜交得到的後代，花朵數超越雙親且生長勢強，在某些雜交後代中甚至出現比親本更早生的特性。又盧(2013)曾使用直立且具有下垂花型的落地生根節物種 *K. pinnata* 與長壽花'Hayworth'雜交，可以獲得具有作為切花潛力的直立型後代。*K. lobata* 同樣具有抽莖的植株開花形態，因此與長壽花栽培種種間雜交後，也成功開發出具有極早生特性的切花用品系(余，2016)。

試驗中結果顯示，極樂鳥花與長壽花'Gabby'種間雜交，雖有高的結果率，但僅收到 87 粒充實的種子，結種率為 0.5% 以下，此與 Kroon 等人(1989)的結果相符。加上種子的發芽率也僅有 8%(表 1)因此要得到 1 株這組合的種間雜交苗，至少需授粉 10 朵花以上，換而言之長壽花種間雜交並不容易獲得成果，需耗費大量人力。

本試驗所有得雜交後代的葉片顏色皆與花粉親極樂鳥花的葉色相似(表 4)。但鵝鑾鼻燈籠草中紫色葉植株與綠色葉植株雜交，後代葉片顏色表現綠色為顯性不同(Hung and Chu, 2017)，燈籠草屬的物種間相互雜交，葉色的遺傳表現因雜交物種不同而異，例如：紫色葉的鵝鑾鼻燈籠草與綠色葉的 *K. luciae* 正反交，後代中植株的葉片顏色均呈現紫色，但此 *K. luciae*(綠色葉)如與其他物種如 *K. nyikae* (紫色葉)和 *K. humilis* (紫色葉)其雜交，後代均是綠色葉的表現(盧，2013)。黃(2007)研究也顯示，當使用紫色葉的鵝鑾鼻燈籠草與綠色葉的 *K. spathulata* 雜交後代均出現紫色葉片的形態，作者推測可能為，在不同種甚至不同節的物種間，葉片顏色除了是對偶基因座決定之外，可能還具有上位性基因的存在。

大花長壽花的育種是主要的育種目標。極樂鳥花具有較長與寬的花瓣(表 3)，在雜交

的子代中，所有重瓣的子代之花朵直徑均有增大的現象(圖 2)，在子代編號 107-1、107-4 植株的花朵直徑達 2.6 cm(表 4)。在花開方向上，*Kalanchoe* 屬之開花形態可分成兩型，分別為向上開放及向下開放(Bailey and Bailey, 1976)。黃(2007)利用向下開放的落地生根節物種與向上開放的長壽花節栽培種進行雜交，所有的後代均呈現向上開放的形態。向上開放的長壽花'Gabby'與向下開放的極樂鳥花，雜交子代花開方向均向上，成功改善其觀賞上的價值性(圖 3)。

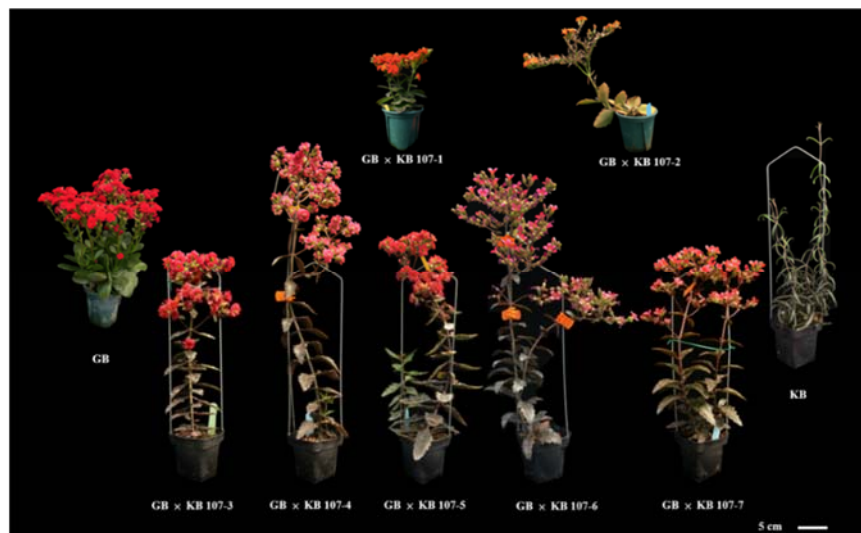


圖 3. 母本親長壽花'Gabby' (GB)、父本親極樂鳥花(KB)及其後代植株形態之比較。

Fig. 1. Plant morphorology Comparison of *Kalanchoe blossfeldiana* 'Gabby' (mother plant; GB), *Kalanchoe beauverdii* (pollen plant ; KB) and their progenies.

本試驗中所獲得的 107-4 植株不分枝，植株高度達 59 cm(表 1)，單枝花朵數 90 朵，花朵直徑 26 mm，花瓣為 72 瓣，最重要的特性是，其單朵花壽命長達 42 天(表 2、表 3)，極有潛力成為長壽花切花品種。

## 參考文獻

余君修。2016。利用種間雜交開發切花用之長壽花。國立中興大學園藝系研究所碩士論文。

89pp.。

侯宇龍。2003。鵝鑾鼻燈籠草與長壽花之種間雜交育種。國立中興大學園藝系研究所碩士論文。90pp.。



- 黃倉海。2007。臺灣原生燈籠草屬物種開花生理、種間雜交與 ISSR 分子標誌分析之研究。國立中興大學園藝學系研究所博士論文。187pp.。
- 鄭怡婷。2009。重瓣長壽花之雜交育種。國立中興大學園藝系研究所碩士論文。64pp.。
- 盧勝鍵。2013。燈籠草屬同節物種或異節物種之種間雜交。國立中興大學園藝系研究所碩士論文。85pp.。
- 陸雅芬。2015。聖誕紅之種間雜交與多倍體化。國立中興大學園藝系研究所碩士論文。82pp.。
- Bailey, L. H., and E. Z. Bailey. 1976. Hortus third: A concise dictionary of plants cultivated in the United States and Canada. Macmillan Publishing Co. New York. USA.
- Izumikawa, Y., I. Nakamura, and M. Mii. 2007. Interspecific hybridization between *Kalanchoe blossfeldiana* and several wild *Kalanchoe* species with ornamental value. Acta Hort. 743: 59-65.
- Jepsen, K., and E. Christensen. 2010. Method for breeding double-type *Kalanchoe* interspecific hybrids. U.S. Patent No. 7,453,032 B2.
- Kroon, G. H., J. de Jong, and L. W. D. van Raamsdonk. 1989. Evaluation of the genus *Kalanchoe* for breeding of new cutflowers and potplants. Acta Hort. 252: 111-116.
- Kuligowska, K., H. Lütken, B. Christensen, I. Skovgaard, M. Linde, T. Winkelmann, and R. Müller. 2015a. Evaluation of reproductive barriers contributes to the development of novel interspecific hybrids in the *Kalanchoë* genus. BMC Plant Biology. 15: 15.
- Thérèse Traoré, L., K. Kuligowska, H. Lütken, and R. Müller. 2014. Stigma development and receptivity of two *Kalanchoe blossfeldiana* cultivars. Acta Physiol. Plant. 36: 1763-1769.
- Van Voorst, A. and J. C. Arends. 1982. The origin and chromosome numbers of cultivars of *Kalanchoe blossfeldiana* Von Pollen: their history and evolution. Euphytica 31(3): 573-584.
- <<https://goo.gl/fNpswD>>. Annual Report, Flora Holland. 2017. Top 10 house plants sold.
- <<https://goo.gl/ogBBN6>>. Floradania.dk, Danmark. 2014. Top 10 over danske kulturer.
- <<http://www.crassulaceae.ch/de/home>>. International Crassulaceae Network. 2018.
- <<http://www.crassulaceae.ch/de/artikel?akID=68&aaID=2&aiID=B&aID=1940>>. International Crassulaceae Network. 2018. BEAUVERDII.

## Using *Kalanchoe beauverdii* to Develop Cut Flower of Kalanchoe

Bo-Hong Sie<sup>1)</sup>    Shen-Lin Lin<sup>2)</sup>    Chien-Young Chu<sup>3)</sup>

Key words: *Kalanchoe beauverdii* Hamet, *Kalanchoe blossfeldiana*, Kalanchoe, Cut flower

### Summary

In this research, *Kalanchoe blossfeldiana* 'Gabby' was cross with *K. beauverdii* Hamet. The cross has 95.6% successful fertile set, but 0.51% futile seeds. In addition, only 8% fertile seeds germinated, and raised 7 seedlings. In which, 3 one single-flower plants, and 4 double-flower plants. All off spring have lanceolate and brown leaves, and yellow orange flowers. The plant 107-4 is high to 59 cm, with 26 mm flowers in diameter, 72 petals. And the flower life is 42 days. This plant is high potential as a Kalanchoe cut flower cultivar.

---

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

2) Lecturer, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

3) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.

## 應用分析網路程序法於水田變遷驅動因子分析

賴 俞 均<sup>1)</sup> 陳 思 宏<sup>2)</sup> 吳 振 發<sup>3)</sup>

關鍵字：分析網路程序法、土地利用變遷、驅動因子

**摘要：**本研究主題不同於以往探究土地利用變遷驅動因子的統計運算方法，為多準則決策方法分析網路程序法來探討中台灣地區影響水田土地利用變遷之驅動因素，透過文獻回顧和專家訪談篩選出中台灣地區水田土地變遷影響因子並研擬出分析網路程序法架構與專家問卷，選定 14 位學者進行問卷調查，受訪之學者研究領域為都市及城鄉規劃、景觀變遷、土地規劃設計和地理資訊系統相關領域，第一次問卷調查後經一致性檢定問卷一致性，未通過一致性檢驗者進行第二次訪問修正，有效問卷為 10 份。研究結果顯示影響水田種植區域分佈之主要因素為土壤有機質(0.16521)、地層下陷(0.14465)和土壤保肥力(0.14452)等三項因素，且最適宜發展策略為應保存優良農田。

### 前 言

不同的社會系統、生態系統、土地利用系統等作用影響下使土地呈現各種不同利用類型，當系統中作用因子相變化即產生土地利用型態的改變，而土地利用與全球環境變遷形成一個複雜的交互作用系統，且土地利用與覆蓋變遷(Land Use and Cover change, LUCC)的現象與人類對土地利用、環境的衝擊和回饋互相形成關連(黃和詹，2009)，探討不同條件下土地利用變遷趨勢與其背後的成因，有助於掌握土地改變情形並用於相關決策制定(吳，2006)。

普遍探討土地利用變遷影響因素的分析方法為羅吉斯迴歸(Logistic Regression)，此方法為土地利用變遷模型之基礎，已廣泛運用於土地利用或生態環境變遷與環境、社會變化的互動關係，羅吉斯迴歸主要藉由與空間、區位相關之社會經濟函數等進行土地利用型態

---

1) 國立中興大學園藝系碩士班研究生。

2) 國立中興大學國際農企業學位學程助理教授。

3) 國立中興大學園藝系教授，通訊作者。

改變的分析(吳，2006)，經由適合度檢定、觀測值與預測值之分類表等進而篩選出該土地利用類型之驅動因子項目與權重值，以統計觀點客觀呈現土地利用變遷因素。

而分析網路程序法(Alytic Network Process, ANP)此一多準則決策法已於社會、管理學領域等普遍運用，但與土地利用變遷相關領域卻尚未有所連結及應用，有別以往，本研究嘗試使用 ANP 法進行土地利用變遷驅動因子之篩選、評值以及適宜管理策略之抉擇，以專家知識的角度切入探討土地利用變遷影響關係，目的在於瞭解專家知識下土地利用變遷驅動因子項目、彼此相對關係、權重值與適宜發展策略。

## 文 獻 回 顧

### 一、土地利用變遷

舉凡地球表面上所有生物所呈現的物理狀態即為土地覆蓋(Land Cover)，包括氣候、土壤、植被、生物多樣性、逕流與水資源等，人類直接在地表土地上進行直接相關的所有活動則稱為土地利用(Land Use) (Clawson and Stewart, 1965)，使農業用地、水利用地、建築用地、遊憩用地、礦業用地、都市發展用地等各種不同土地利用類別於地表上成形。而這些土地利用活動隨著人們在各種不同社會、生態、土地利用和全球環境系統等作用互相影響下，造成地表變化劇烈而影響到全球區域環境變遷(丁，2002；張，2005；吳，2006)，可見土地利用/覆蓋變遷(LUCC)是探究全球環境變遷的基礎且重要課題。

### 二、變遷驅動因素

在不同的自然環境限制、社會背景和經濟政治發展等作用因子作用下，土地利用活動呈現出各式各樣的類型，當這些因子產生變化、互相影響時，直接導致土地利用的改變，而這些影響因子即土地利用變遷驅動力，因此探究土地利用變遷影響因素為土地利用變遷分析之首要步驟(張等，2002；吳，2006)，亦是認識土地利用變化機制、預測土地利用未來趨勢及訂定土地利用發展政策的基礎(熊等，2002；吳，2006)。透過彙整土地利用變遷相關文獻，將土地利用變遷驅動因子歸納出六種類型：

#### (一) 自然環境因子

為最直接影響土地利用的驅動因子，每個地方皆有特定的自然環境條件，例如地形、地質、土壤、水文、生物、氣候等，對於土地利用之類別、適宜發展方向、強度具一定程度的決定權，大部份的土地利用變遷相關研究皆會納入自然環境因子(張，2005；李，2009；閻等，2014)。

#### (二) 基地條件因子

為基地本身的特性或土地所有者與使用者因其所能掌控的資源而影響土地所有者與使用者對該土地之經營管理策略，並進而影響土地利用變遷，此類驅動因子包含土地形狀、土地面積大小、初始土地利用方式、鄰近土地利用方式、土地開發面積多寡、鄰接道路寬

等，通常是人為所能掌控的土地利用變遷驅動因子(張，2005；李，2009；陳，2012；閻等，2014)。

### (三) 鄰里特性因子

土地利用變遷影響因素不只來自內部土地本身條件影響，其附近區位和鄰里條件等也會互相影響土地利用的發展而非獨立發展的個別區位，例如新產業進駐、鄰近土地利用類型、交通可及性(與道路、都市的距離等)、交通動線等皆為影響土地利用變化的可能性(張，2005；李，2009；陳，2012；閻等，2014)。

### (四) 社會經濟因子

為外在社經環境之先決條件和作用力，非土地所有者或使用者所能掌控，與土地利用存有關聯性並對土地利用區位和類型有明顯的影響，例如人口特性、生活型態、都市擴張、產業結構轉型和地區價值觀等(張，2005；李，2009；陳，2012；閻等，2014)。

### (五) 政策計畫因子

包含兩種類別之因子，一為根據該地區產業成長、人口、未來發展潛力和空間結構目標，合理分配土地並有土地使用類別、強度等管制內容，此為土地利用計畫因子；二為空間發展政策因子，為國家或區域層級所施行的空間型式或經濟發展政策等所造成土地利用變遷型態之影響，亦可能產生土地利用發展限制，例如：科學工業園區設置、保育區劃設或特定產業發展等(張，2005；Serra *et al.*, 2008；李，2009；陳，2012；閻 2 等，2014)。

### (六) 其他因子

有些非前述的實質性影響因子，例如主觀決策和歷史事件等非實質的影響因子，而且空間不穩定性和異質性存在亦對土地利用變遷有較高強度的影響(張，2005；葉，2014；劉，2016)。

在探討土地利用變遷驅動因子分析方法中，常用的研究方法為迴歸分析、多變量分析、相關分析、馬可夫鏈和羅吉斯迴歸(Logistic Regression)等(許，2003；王，2014)，迴歸模式為利用統計模型方法觀察兩個或兩個以上變數間是否相關、存有因果關係及其影響的正負向和程度；多變量主要用於分析擁有多個變數的資料，探討資料彼此之間的關聯性或是釐清變數之間的結構；相關分析為透過數學模式計算測量變數之間影響關係的強弱程度；馬可夫鏈可透過量化的方式呈現不同時期土地利用變遷狀況的比較，是藉由兩個時期的土地轉移機率矩陣來模擬下一期土地利用變遷的可能性；羅吉斯迴歸與迴歸模式同樣皆為統計模型方法探究個體在本身最大效益下的土地利用選擇，最大的差異為羅吉斯迴歸可以探討驅動因子為離散值之變數(閻等，2014；劉，2016)。其中已大量應用在土地利用變遷驅動因子分析及其互動關係的研究方法為羅吉斯迴歸(吳，2006；王，2014)。

### 三、分析網路程序法(Aalytic Network Process, ANP)

學者 Thomas L. Saaty 提出的分析層級程序法(Aalytic Hierarchy Process, AHP)和分析網路程序法(Aalytic Network Process, ANP)是綜合定性與定量分析，可模式化決策者之思維過程，利用分解、判斷、排序和綜合決策發展過程以符合專家學者們決策思維的基本特

徵(張，2017)，而分析網路程序法(ANP)為學者 Thomas L. Saaty 為了克服分析層級程序法(AHP)層級架構中，層面或因子間可能產生之相互依存及回饋關係而非單純由上到下之線性關係所發明，分析網路程序法(Alytic Network Process, ANP)針對層面；準則和方案間所存有相互回饋(Feedback)與損益取捨(Trade-off)關係，應用超級矩陣(Super Matrix)演算法求取總目標、準則、次準則和各替選方案之優先權重值(衛，2007；許，2014)。

分析層級程序法(AHP)適用於準則、次準則和方案間彼此相互獨立(Independent)時的決策問題，為線性之層級結構，而分析網路程序法(ANP)則運用在準則、次準則和方案彼此間可能為相互依存(Interdependent)關係的決策問題，為非線性之網路結構，此為 AHP 法與 ANP 法間的主要差別，其中 ANP 法在應用上最重要的優勢為 ANP 法設定各目標的優先權值且明確訂出各準則、次準則和方案間的網路架構關係和相互依存之階層關係(許，2014)。

## 研究方法

### 一、研究範圍

本研究以台灣中部地區為範圍進行水田土地利用變遷驅動因子，行政區包括苗栗縣、台中市、南投縣、彰化縣和雲林縣，為台灣西部平原之起始帶，主要地形有台中盆地、埔里盆地、大肚台地、八卦台地、彰化平原(濁水溪)和部份嘉南平原。

### 二、研究內容

研究內容分為幾個部分逐一討論，分別為文獻蒐集水田驅動因子、專家學者篩選因子、ANP 層級架構、正式問卷發放與決策軟體分析，最後求得出水田土地利用變遷驅動因子相對關係、權重值以及適宜策略發展。

#### (一) 文獻彙整驅動因子

透過回顧水田土地利用變遷相關文獻結果彙整出降雨量(年)、高程(m)、坡度(%)、土壤侵蝕指數(K 值)、地層下陷區(ha)、土壤排水性、農地自然生產力分級、休閒農業區(ha)、農產業經營專區(ha)、與都市計畫區距離(m)、與工業區、科學園區距離(m)、與火車站距離(m)、與河川距離(m)、與水圳距離(m)、與農路、產業道路距離(m)、與鄉道以上道路距離(m)、與交流道距離(m)、與建築物距離(m)、與海岸線距離(m)、里人口密度、里人口就業比例(%)、里人口老化程度、平均農戶所得、人口成長率(%)等 24 項土地利用變遷驅動因子，並依上述各驅動因子特性歸類成自然環境、空間政策、鄰里特性和農戶特性等四大層面，各變遷驅動因子說明及來源如表 1。

表 1. 土地利用變遷驅動因子彙整表。

Table 1. Summary of the driving factor.

| 層面   | 驅動因子           | 說明                                    |
|------|----------------|---------------------------------------|
| 自然環境 | 降雨量(年)         | 該年度最大日降雨量，可表示當年度強降雨情況。                |
|      | 高程(m)          | 某一點與基準面的相對高度，土地高低與開發成本有所影響。           |
|      | 坡度(%)          | 一地爬升之垂直高度除以水平面上移動距離之百分比。              |
|      | 土壤侵蝕指數(K 值)    | 土壤抵抗沖蝕分離和搬運等作用強度高低之量化指標。              |
|      | 地層下陷區(ha)      | 該土地所含地層下陷區的範圍，反應此地環境敏感性。              |
|      | 土壤排水性          | 照土壤性質觀測排水能力，反應該土地生產條件優劣。              |
|      | 農地自然生產力分級      | 依適摘性評估成果對農地行生產力分級，反應生產條件。             |
| 空間政策 | 休閒農業區(ha)      | 該土地涵蓋之休閒農業區範圍，反應此地產業發展。               |
|      | 農產業經營專區(ha)    | 該地包含之農產業經營專區範圍，反應農業生產概況。              |
|      | 與都市計畫區距離(m)    | 至都市計畫區最近距離，反應政策導向，引導周邊土地發展。           |
|      | 與工業區、科學園區距離(m) | 該地中心至工業區科學園區最近距離，帶動產業改變。              |
|      | 與火車站距離(m)      | 該地中心點至火車站之最近距離，反應此地可及性程度。             |
|      | 與河川距離(m)       | 至河川之最近距離，在保育、防災觀念下，多為環境敏感地。           |
|      | 與水圳距離(m)       | 該土地中心點至水圳之最近距離，反應此地適宜之生產條件。           |
| 鄰里特性 | 與農路、產業道路距離(m)  | 該地中心至農路產業道路最近距離，可及性高促進周邊開發。           |
|      | 與鄉道以上道路距離(m)   | 該土地中心點至鄉道之最近距離，道路密度高，其可及性越高越促進周邊土地開發。 |
|      | 與交流道距離(m)      | 該土地中心點至交流道之最近距離，可及性高促進周邊開發。           |
|      | 與建築物距離(m)      | 該中心至建築物最近距離，建築物密度反應人口產業程度。            |
|      | 與海岸線距離(m)      | 該中心至海岸線最近距離，海岸周邊多保育地或邊際土地。            |
|      | 里人口密度          | 以鄰里為單位之平均每一平方公里之人口數。                  |
|      | 里人口就業比例(%)     | 某一時期(就業人數 + 失業人數)百分比，反應經濟概況。          |
| 農戶特性 | 里人口老化程度        | 以 65 歲以上人口數除以 15 歲人口數之百分比為衡量指標。       |
|      | 平均農戶所得         | 某一年度每一戶農家平均所得，反應經濟概況。                 |
|      | 人口成長率(%)       | 該地之人口變化率，為人口結構指標之一。                   |

## (二) 專家學者篩選因子

藉由前述文獻回顧彙整出歷年水田土地利用變遷驅動因子相關文獻中討論頻率較高之驅動因子為本研究主要探討對象，考量到各個驅動因子之間共線性問題以及探討面向為總體土地利用變化而非單一土地利用類別，因此透過訪談背景領域為景觀變遷、土地規劃設計和地理資訊系統以及發表與進行土地利用變遷相關研究之 3 位專家學者進行土地利用變遷驅動因子項目之篩選，訪談時間為 106 年 12 月 18 日至 106 年 12 月 20 日，其中專家學者建議土地利用變遷驅動因子中為面積和範圍者，改用與該驅動因子之距離呈現較能反應其空間區位，以及建議新增「土壤保肥力」和「土壤有機質」等兩項驅動因子。表 2 呈現專家篩選驅動因子之結果，其中刪除原則為該驅動因子有 2 位專家認定刪除以及性質相似之驅動因子擇一代表。

## (三) ANP 層級架構

依據相關文獻整理以及專家們篩選結果，確定後續執行的分析網路程序法(ANP)專家問卷之總目標(Goal)為「水田管理策略評估」，目標準則(Criteria)為水田變遷驅動因子之三個層面，分別是「自然條件」、「社經條件」和「生產條件」三個準則，次準則(Sub Criteria)為 11 項驅動因子，包括高程、坡度、地層下陷嚴重區域、與都市計畫區距離、與工業區科學園區距離、與建築物距離、與主要道路距離、里人口密度、與河川灌溉渠道距離、土壤保肥力和土壤有機質等 11 個驅動因子，適宜策略則是依據國土計畫法中農業發展地區之土地使用原則分為 3 項方案策略，主要為以發展為主、依地區特性彈性多元利用以及強制保存所有農業生產地等策略方向之水田適宜發展策略。

## (四) 正式問卷發放與決策軟體分析

ANP 專家問卷於 107 年 3 月 15 日開始發放調查，問卷全數回收截止時間為 107 年 4 月 13 日，調查期間共寄出 14 份專家問卷，共回收 12 份問卷，回收率為 85.7%，填寫 ANP 專家問卷的專家學者選取原則為具備都市及城鄉規劃、景觀變遷、土地規劃設計和地理資訊系統之專業領域且有 8 年以上研究與實務經驗以及曾發表或是進行土地利用相關研究之專家學者，包含國立台北大學公共事務學院不動產與城鄉環境學系、逢甲大學都市計畫

與空間資訊學系、國立中興大學園藝學系所、國立勤益科技大學景觀系所、東海大學景觀學系、明道大學景觀與環境設計學系、黎明技術學院、中央研究院、鎮公所、文化部文化資產局、行政院環保署等共計 14 位背景領域為都市及城鄉規劃、景觀變遷、土地規劃設計和地理資訊系統之專家學者，剔除無效問卷 2 份，有效問卷為 10 份，回收率為 71.4%。

回收的問卷數據採用決策軟體 Super Decision 進行分析，其由 AHP/ANP 創始人 Thomas L. Saaty 與其妻子 Rozann Whitaker Saaty 和共同創辦的 Creative Decisions Foundation 團隊所開發的，此決策軟體主要運用在分析網路程序法(ANP)的相關研究，其可以幫助研究者在繁複龐大計算過程中的運算，可求取各因子層級的不一致性比(Inconsistency Index, InC.I.)、未加權超級矩陣、加權超級矩陣、極限超級矩陣以及各層面



表 2. 驅動因子篩選表。

Table2. The driving factor selection.

| 驅動因子               | 專家 A | 專家 B | 專家 C | 最終選擇 |
|--------------------|------|------|------|------|
| 1. 降雨量(年)          | 保留   | 刪除   | 刪除   | —    |
| 2. 高程(m)           | 保留   | 保留   | 保留   | 保留   |
| 3. 坡度(%)           | 保留   | 保留   | 保留   | 保留   |
| 4. 土壤侵蝕指數(K 值)     | 刪除   | 保留   | 保留   | △    |
| 5. 地層下陷區(ha)       | 保留   | 保留   | 保留   | 保留   |
| 6. 土壤排水性           | 保留   | 刪除   | 保留   | △    |
| 7. 農地自然生產力分級       | 保留   | 刪除   | 保留   | △    |
| 8. 休閒農業區(ha)       | 刪除   | 保留   | 刪除   | —    |
| 9. 農產業經營專區(ha)     | 保留   | 刪除   | 刪除   | —    |
| 10. 與都市計畫區距離(m)    | 保留   | 保留   | 保留   | 保留   |
| 11. 與工業區、科學園區距離(m) | 保留   | 保留   | 保留   | 保留   |
| 12. 與火車站距離(m)      | 保留   | 保留   | 保留   | △    |
| 13. 與河川距離(m)       | 保留   | 刪除   | 保留   | 保留   |
| 14. 與水圳距離(m)       | 保留   | 刪除   | 保留   |      |
| 15. 與農路、產業道路距離(m)  | 保留   | 保留   | 保留   | 保留   |
| 16. 與鄉道以上道路距離(m)   | 保留   | 保留   | 刪除   |      |
| 17. 與交流道距離(m)      | 保留   | 刪除   | 刪除   | —    |
| 18. 與建築物距離(m)      | 保留   | 刪除   | 保留   | 保留   |
| 19. 與海岸線距離(m)      | 保留   | 刪除   | 刪除   | —    |
| 20. 里人口密度          | 保留   | 保留   | 保留   | 保留   |
| 21. 里人口就業比例(%)     | 刪除   | 保留   | 保留   | △    |
| 22. 里人口老化程度        | 刪除   | 刪除   | 保留   | —    |
| 23. 平均農戶所得         | 刪除   | 刪除   | 保留   | —    |
| 24. 人口成長率(%)       | 保留   | 保留   | 保留   | △    |
| 25. 土壤保肥力          | 建議新增 |      |      | 保留   |
| 26. 土壤有機質          | 建議新增 |      |      | 保留   |

準則、次準則和方案策略之權重值。另一個 Super Decision 決策軟體對研究者的幫助在於其可以利用圖形化的方式呈現 ANP 的架構圖，可顯示出此架構網絡中的相依和回饋等決策問題，且與微軟作業系統相容性高，可以將外部圖片資料匯入軟體內，也可以將軟體內部資料匯入 Excel 進行後續分析統計，有效率的節省研究者整理數據資料及運算統計的時間(張，2017)。

#### (五) 水田土地管理策略評估結果

在「水田土地管理策略評估」此總目標下各準則層面、次準則因子之總體相對權重值及其排序狀況如表 3，第一層準則層面相對重要性中，權重值以「生產條件(0.41309)」最高、「自然條件(0.33742)」次之而「社經條件(0.24949)」最低，顯示本研究專家學者們認為「生產條件」此一準則層面對「水田土地管理策略評估」有高度的影響性，表示該土地適宜栽種稻作與否比起其位處之自然環境與社會發展層面相較為重要。

第二層次準則因子相對重要性中，權重值以「土壤有機質(0.16521)」最高，「地層下陷嚴重區域(0.14465)」次之，第三高為「土壤保肥力(0.14452)」，第四高為「高程(0.12046)」，第五高為「與河川灌溉渠道距離(0.10336)」，其中生產條件層面中的次準則因子皆在總體相對權重值前五高之內，第二高的「地層下陷嚴重區域(0.14465)」顯示出水田和地層下陷

表 3. 水田土地管理策略評估下各因子總體相對權重值。

Table 3. Overall relative weight value of each factor under the evaluation of paddy land management strategy.

| 總<br>目<br>標                                    | 第一層級     |            | 第二層級       |         | 總權重<br>A*B | 總排序 |
|------------------------------------------------|----------|------------|------------|---------|------------|-----|
|                                                | 準則<br>層面 | 權重值<br>(A) | 次準則因子      | 權重值(B)  |            |     |
| 水<br>田<br>土<br>地<br>管<br>理<br>策<br>略<br>評<br>估 | 自然<br>條件 | 0.33742    | 高程         | 0.35699 | 0.12046    | 4   |
|                                                |          |            | 坡度         | 0.21433 | 0.07232    | 7   |
|                                                |          |            | 地層下陷嚴重區域   | 0.42868 | 0.14465    | 2   |
|                                                | 社經<br>條件 | 0.24949    | 與都市計畫區距離   | 0.21908 | 0.05466    | 8   |
|                                                |          |            | 與工業區科學園區距離 | 0.29064 | 0.07251    | 6   |
|                                                |          |            | 與建築物距離     | 0.11549 | 0.02881    | 11  |
|                                                |          |            | 與主要道路距離    | 0.17226 | 0.04298    | 10  |
|                                                |          |            | 里人口密度      | 0.20252 | 0.05053    | 9   |
|                                                | 生產<br>條件 | 0.41309    | 與河川灌溉渠道距離  | 0.25021 | 0.10336    | 5   |
|                                                |          |            | 土壤保肥力      | 0.34985 | 0.14452    | 3   |
|                                                |          |            | 土壤有機質      | 0.39994 | 0.16521    | 1   |

區域分佈多位於本土西半部而造成影響，第四高的「高程(0.12046)」表示水田分佈受高低海拔所影響，而台灣水田分佈多位於平地低海拔地區。

在方案策略相對權重值中(表 4)，以「保存優良水田」的權重值為最高，「保存優良與次優良水田」次之，權重值最低為「保存所有平地水田」，顯示本研究專家學者們高度認同優良農地中的水田非常需要保存，利於維護優質之生產生態，而大部份水田或許不限制其必須農用，適地適況採取多元利用以利整體土地利用發展。

表 4. 水田土地管理策略評估下方案策略總體相對權重值。

Table 4. Overall relative weight value of program strategy under paddy land management strategy assessment.

| 總<br>目<br>標      | 第一層級 |             | 方案策略           |             | 總權重<br>A*S | 總排序 |
|------------------|------|-------------|----------------|-------------|------------|-----|
|                  | 準則層面 | 權重值<br>%(A) | 策略項目           | 權重值<br>%(S) |            |     |
| 水<br>田<br>土<br>地 | 自然條件 | 33.74%      | 保存優良水田         | 36.25%      | 12.23%     | 1   |
|                  | 社經條件 | 24.95%      |                |             | 9.04%      |     |
|                  | 生產條件 | 41.31%      |                |             | 14.97%     |     |
| 管<br>理<br>策<br>略 | 自然條件 | 33.74%      | 保存優良與<br>次優良水田 | 34.17%      | 11.53%     | 2   |
|                  | 社經條件 | 24.95%      |                |             | 8.53%      |     |
|                  | 生產條件 | 41.31%      |                |             | 14.12%     |     |
| 評<br>估           | 自然條件 | 33.74%      | 保存所有平地水田       | 29.58%      | 9.98%      | 3   |
|                  | 社經條件 | 24.95%      |                |             | 7.38%      |     |
|                  | 生產條件 | 41.31%      |                |             | 12.22%     |     |

#### (六) 水田土地適宜分佈

所得出專家學者角度下水田土地管理的各個影響水田變遷因子權重值，可得知影響水田變遷的重要因子項目以及其重要性排序，將各個驅動因子權重值透過地理資訊系統 (Geographic Information System, GIS) 空間運算功能，進行因子權重值與分級分數的加成，得出在此 11 項影響水田變遷驅動因子下本研究專家學者判定適宜水田發展的空間分佈區位(圖 1)。

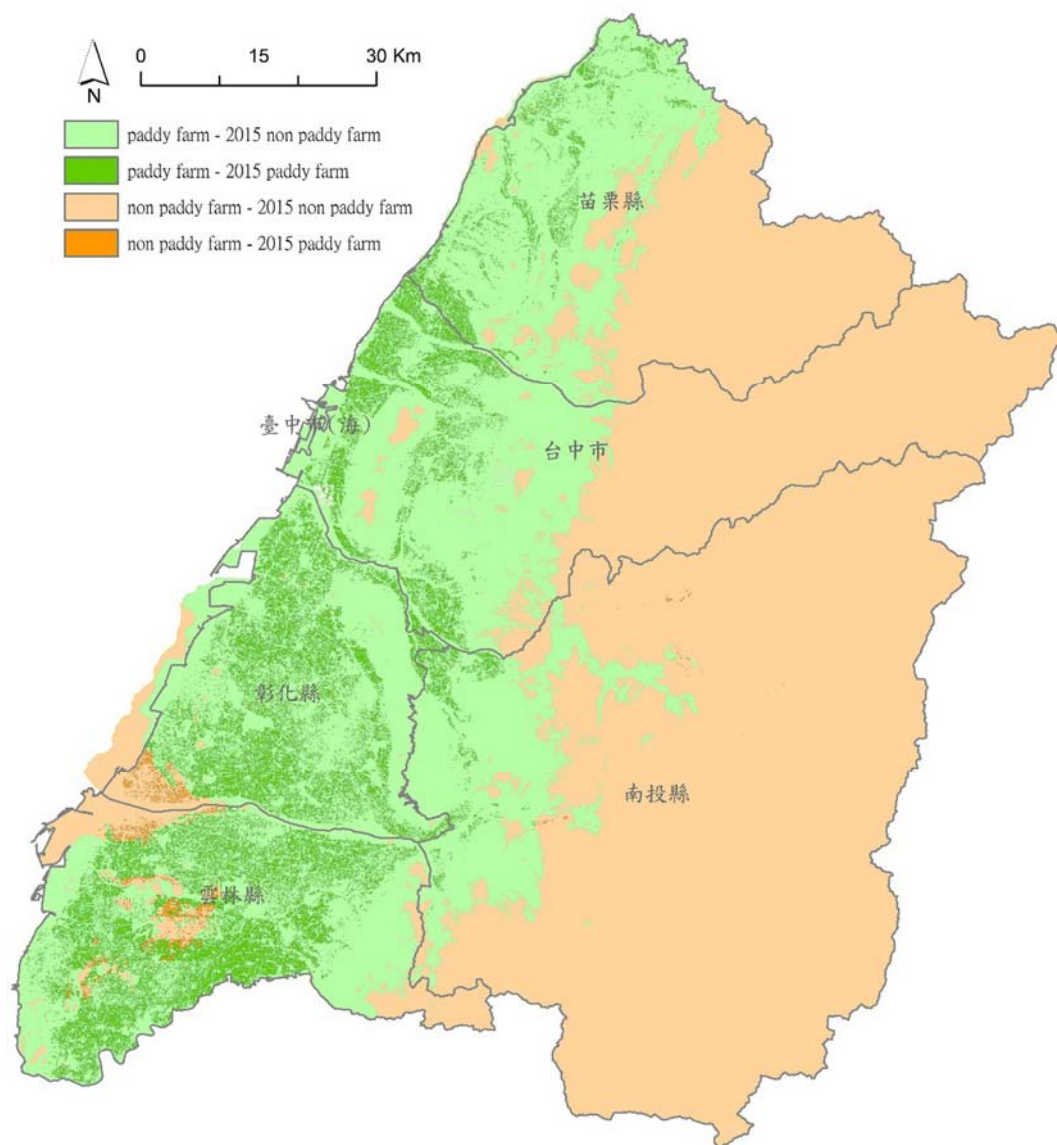


圖 1. 水田適宜分佈區位

Fig. 1. Paddy fields suitability distribution.

## 結 論 與 建 議

本研究不同於以往探究土地利用變遷驅動因子之統計方法，嘗試使用 ANP 法進行土地利用變遷驅動因子之篩選、評值以及適宜管理策略之抉擇，以專家知識的角度切入探討土地利用變遷影響關係，所得出的結果為影響水田種植區域分佈之主要因素為土壤有機質(0.16521)、地層下陷(0.14465)和土壤保肥力(0.14452)等三項因素，且本研究專家學者們認為適宜水田發展策略為應保存平地優良水田。本研究將影響水田和旱田之驅動因子項目與其他文獻相比較、討論其不同面向，其中一篇文獻為學者吳振發於 2006 年提出，影響集水區附近農地之驅動因子程度大小依序為土地所有權、坡度、土壤深度、與建築物距離、與道路距離、高程、與火車站距離；另一篇文獻為高速公路興建對於鄉村景觀中土地利用類別的影響評估(邱，2010)，其中農地變遷驅動因子影響程度依序為開發成本、土壤內部排水性、坡度、土壤 pH、土壤沖蝕指數 K 值與人口成長率並列、土壤深度、高程、與水源距離、與道路距離和人口數和與斷層帶距離和與土石流距離並列。

可發現在影響農地驅動因子項目中皆被選取為影響農地之驅動因子有坡度、高程、與道路距離，顯示此三項因子對於影響農地變遷之重要性；在篩選農地變遷驅動因子方法上，本研究採用分析網路程序法(ANP)探究專家學者角度之農地變遷驅動因子，學者吳振發於 2006 年提出之土地利用變遷與景觀生態評估中的農地變遷驅動因子是由文獻彙整後經迴歸模式所篩選，而邱仁暉於 2010 年所篩選的農地變遷驅動因子是經由訪問研究區里長後經迴歸模式所選取，在篩選驅動因子方法上主要有實質上影響及統計上影響兩差別，本研究比起其他兩篇文獻多選取土壤有機質、地層下陷嚴重區域、土壤保肥力、與河川灌溉渠道距離、與工業區科學園區距離、與都市計畫區距離、里人口密度、與建築物距離等 8 項驅動因子，顯示此 8 項因子對於農地變遷有實質上的影響程度而非統計上之影響。

本研究訪談及專家問卷對象為地景變遷、都市規劃和地理資訊系統領域中的專家學者，未限制問卷對象所屬地域性，建議後續可尋求對於研究範圍有深入瞭解之訪談對象，其提供之意見除了有學術及專業知識、經驗背景所加持，亦對於該研究範圍的土地利用變遷歷程之感受性越高，越可反應更加適地適宜之看法。

## 參 考 文 獻

- 丁志堅。2002。屏東平原土地利用變遷分析與模式建立。國立臺灣大學地理環境資源研究所博士論文。台北。
- 王威捷。2014。2000 年至 2005 年台灣中部農林土地利用變遷之探討。國立臺灣大學生物資源暨農學院森林環境資源學系碩士論文。台北。
- 李毓真。2009。海岸土地使用變遷因素之研究，國立成功大學都市計劃研究所碩士論文。台南。

- 吳振發。2006。土地利用變遷與景觀生態評估方法之建立。國立臺北大學都市計劃研究所碩士論文。新北。
- 邱仁暉。2010。高速公路興建對鄉村景觀及格局影響評估。國立中興大學園藝學系碩士論文。台中。
- 許立達。2003。山坡地鄉鎮林地變遷影響因子探討。行政院農業委員會委託研究計畫。私立中國文化大學森林暨自然保育研究所。台北。
- 許哲瑜。2014。整合模糊德爾非法與模糊分析網路程序法建構及評估河流景觀健康之研究，國立中興大學園藝學系所博士論文。台中。
- 黃國慶、詹士樑。2009。台北都會區土地使用/覆蓋變遷驅動力之空間近鄰效果探討。都市與計劃。36(4): 415-443。
- 葉詩文。2014。永康鹽行地區地景變遷之研究。國立臺南大學文化與自然資源學系碩士論文。臺南。
- 陳芮瑤。2012。海岸林地結構特性及其使用變遷之研究。國立成功大學都市計劃研究所碩士論文。台南。
- 張長義、朱子豪、周素卿、蔡博文、倪進誠、林裕彬。2002。本地變遷趨勢、衝擊評估與因應策略之整合模式發展與長期基礎資料調查、監測與收集整合機制之推動規劃土地利用組規劃報告書。行政院國家科學委員會專題研究計畫 91 年度成果報告。
- 張曜麟。2005。都市土地使用變遷之研究，國立成功大學都市計劃研究所博士論文。台南。
- 張魁峯。2017。Super Decision 軟體操作手冊—以 ANP 突破 AHP 的限制。鼎茂圖書出版股份有限公司。台北。
- 熊惠波、侯會喬、江源、耿侃。2002。扎魯特旗土地利用變化及其驅動力分析。農村生態環境。18(3): 5-10。
- 閻克勤、蔡宜穎、紀思寧。2014。桃園市陂塘功能及土地利用變遷之研究。建築與規劃學報。15(2/3): 193-216。
- 劉宜宣。2016。土地利用發展對埤塘變遷影響之研究。中華大學建築與都市計畫學系碩士論文。新竹。
- 衛萬里。2007。應用分析網路程序法選擇最佳產品設計方案之決策分析模式。國立臺灣科技大學設計研究所博士論文。台北。
- Clawson, M., and C. L. Stewart. 1965. Land use information, a critical survey of U.S. statistics including possibilities for greater uniformity, Baltimore: The Johns Hopkins Press.
- Serra, P., X. Pons, and D. Sauri. 2008. Land-cover and land-use change in a Mediterranean landscape: A spatial analysis of driving forces integrating biophysical and human factors. Applied Geography. 28(3): 189-209.

## Application of Analytic Network Process onto Driving Factors of Rice Paddy Fields

Yu-Jyun Lai<sup>1)</sup>   Szu-Hung Chen<sup>2)</sup>   Chen-Fa Wu<sup>3)</sup>

Key words: ANP, Driving factor, Linear combination method

### Summary

The focal point of this research is different with the traditional statistical methods for examining driver factors of land use change. In this study, the Analytic Network Process (ANP) for the multi-criteria decision making framework was applied to identify how the driving factors affect the land use change on rice paddy fields in Taiwan. First, the drivers were identified through literature reviews and expert interviews. Then the framework of the ANP was established, and the design of expert questionnaires was determined in order to gathering experts' opinions. Fourteen scholars were identified and selected to fill out the survey. The research expertise of selected scholars include urban planning, landscape change, landscape planning and design, applications of geographic information system, etc. After the first-round survey, response consistency would be checked. The inconsistent responses would be sent back to original interviewees and perform the second-round correction. The final valid questionnaires were 10 samples. The results indicate that main factors affecting spatial distribution of rice paddy field are soil organic matter (0.16521), land subsidence (0.14465), and soil fertility (0.14452). Also, the most suitable management strategy is to preserve 'good-quality' farmlands.

---

1) Student in M.S. program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Assistant professor, International Master Program of Agriculture, National Chung Hsing University.

3) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.

## 植物觸覺感受分類

柯 炳 如<sup>1)</sup> 陳 俊 隆<sup>1)</sup> 歐 聖 榮<sup>2)</sup>

關鍵詞：觸覺、視障者、植物

**摘要：**植物是利用庭園或景觀促進身心健康的研究中，例如治療景觀(therapeutic landscape)及療癒庭園(healing garden)的重要元素，療癒庭園中多選用特殊植物來做為其園藝體驗之植栽，過往研究指出一些植物具有紓壓、放鬆等功效。但目前對於植栽之療癒功效的相關研究多從視覺及嗅覺來做探討，觸覺部分卻鮮少有研究討論；因此本研究希望藉由實驗，探討不同的植物的觸覺感受是否有所不同，並以不同植栽做為測試樣本供視障者觸摸，採用訪談的方式了解視障者觸摸植物的感受。本研究主要目的為透過實驗，探討其植物觸覺感受的形容詞彙與其分類，以做為進一步研究的基礎與療癒庭園設計者植栽選擇之參考。

### 前 言

植物常被利用於庭園或景觀促進身心健康研究的探討對象，也是治療景觀(therapeutic landscape)及療癒庭園(healing garden)的重要元素，療癒庭園中多選用特殊植物來做為其園藝體驗之植栽，過往研究指出一些植物具有紓壓、放鬆等功效。但目前對於植栽之療癒功效的相關研究多從視覺及嗅覺來做探討，觸覺部分卻鮮少有研究討論；因此本研究希望藉由實驗，探討不同的植物的觸覺感受是否有所不同，並以不同植栽做為測試樣本供視障者觸摸，採用訪談的方式了解視障者觸摸植物的感受，藉以了解，觸摸植物時，會有怎樣的感受，同一種植物的觸覺感受是否類似，不同植物的觸覺感受有何差異，根據訪談的結果，據以探討植物觸覺感受的可能分類，並透過實驗檢視所得到的觸覺感受分類，在實際應用上的可行性，以做為進一步研究的基礎與療癒庭園設計者植栽選擇之參考。

根據 Nagano 等人(2011)的研究，物件材質的光澤與表面的形狀會強烈地影響著人們是否想要觸摸的意願，Etzi 等人(2014)的研究則指出，觸摸物體的愉悅程度與物體材質的

---

1) 國立中興大學園藝學系研究所博士班造園組研究生。

2) 國立中興大學園藝學系兼任教授、朝陽科技大學景觀及都市設計系教授，通訊作者。



粗糙程度密切相關，實驗結果顯示，越柔軟的東西，觸摸感覺越愉悅；反之，越粗糙的東西，觸摸時越不愉悅。Karlsson 等人(2007)在有關汽車座椅材質的研究，亦指出較軟的材質，愉悅感較高。經由實驗，柔軟的表面會有冷的感覺，硬的表面則有溫暖的感覺，而光亮的表面則會有生動與愉悅的感覺(Zou, 2003)。由上述可知，物體表面不同的特性，會給予人不同的觸覺感受，並引發不同的情緒，然而，一般的研究，都是使用非生命性材質，鮮少針對生命性材質。因此，本研究係以植物作為研究對象，嘗試探討其觸覺感受分類，而本研究主要目的為：1、釐清植物感受的分類。2、檢視分類的有效性。

## 文 獻 回 顧

根據 Yoshida(1968)的研究中，請 25 位參與者觸摸 25 種材質，包括銀、鋁、乙烯、尼龍、絲與耐龍等，經由因素分析，找出粗細、軟硬、冷熱與濕乾四個觸覺向度。

Lyne 等(1984)，以多元尺度分析方法(MDS, Multidimensional scaling)，分析觸摸衛生紙與紙巾的觸覺感受，得到粗細、軟硬兩個向度。

Hiroiyuki (1985)使用 4 個向度分析鋁、鐵、玻璃與塑膠，包括冷熱、乾濕、粗糙與光滑、緊實與鬆散。

Hollins 等(1993)進行有關人觸摸木材、砂紙與絨布等材質的觸覺感受分類，提出觸覺感受有 5 個向度，包括：粗糙度、硬度、光滑程度、凹凸不平程度、溫度。其中軟硬與粗細是很明顯的兩個向度。

Picard 等(2003)，進行有關觸覺感受的研究，在實驗中請 20 位參與者觸摸 24 種材質，經多元尺度分析方法分析後，得到 3 個向度，包括軟硬、粗糙與細緻、凹凸起伏與平坦；而他們於 2004 年重覆類似的實驗，由 40 個人分兩組，分組觸摸不同 20 種織品(2 組織品種類不同)，得到 3 個主要的觸覺向度，包括軟硬、粗糙與細緻與厚薄。

Ballesteros 等(2005)，分析 16 位參與者觸摸 20 種材質，包括磁磚、肥皂、膠帶、海綿等的感受，根據研究結果，整理出 3 個向度，包括軟硬、粗糙細緻與滑黏。

Shirado 與 Maeno (2005)，請 30 位參與者觸摸 20 種材質，指出觸覺感受的 4 個向度，包括粗細、冷熱、濕乾與硬軟。

Yoshioka 等(2007)使用 MDS 法分析，8 位參與者觸摸 16 種材質的感受，找出粗細、軟硬與滑黏 3 個向度。

Chen 等(2009)在有關食品包裝的材質(包括硬紙板、彈性材質、薄板等)的觸覺感受的研究，則提出 6 個向度，請參與實驗者評估其感受，包括：冷熱、滑黏、光滑粗糙、軟硬、凹凸不平與平坦、濕乾。

Guest 等(2011)分析 20 位參與者觸摸液體樣本的感受，提出液體的觸覺感受可以分為滑黏、粗細與油性等 3 個向度。

Guest 等(2011)，分析 35 位參與者觸摸 5 種材質(棉、乳膠、麻布、絲與聚酯纖維)的觸覺感受，指出有 3 個主要的向度，包括粗細、濕乾與硬軟。

Okamoto 等(2013)，則指出觸覺感受有 5 個向度，包括粗細、硬軟、冷熱、濕乾、黏滑。

## 材 料 與 方 法

雖為了解人經由手的觸摸，植物的觸覺屬性的可能分類，依序進行研究，其探討的焦點在於了解植物的觸覺感受形容詞(組)的集合與其分類。接著，再針對研究所得到的形容詞分類在實際應用的可行性加以探討。研究的第 3 部份，則是利用確定的形容詞為基礎，選擇具代表性植物與適合的觸感情緒形容詞。簡言之，本研究包括以下 3 個子研究：

子研究一：植物觸感形容詞蒐集與分類。

子研究二：植物觸感形容詞分類應用可行性測試。

子研究三：選擇具代表性植物與適合的觸感情緒形容詞。

### 一、子研究一：植物觸感形容詞蒐集與分類

本前導研究的目的是在於透過實驗，了解人在觸摸不同植物時，會使用哪些不同的形容詞，形容觸摸植物時的感受，並就其中意義相近的形容詞進行分類。

#### (一) 植物觸感形容詞蒐集

1. 參加對象：中興大學園藝系博碩士班研究生，計 14 人，男生 8 人，女生 6 人，年齡介於 20-50 歲之間；南投縣政府員工人數 17 人，男性 9 人，女性 8 人，年齡介於 35-50 歲之間。參加對象合計 31 人，以上人員均為明眼人，無視障人士。

2. 操作地點：中興大學園藝系研究室，與南投縣政府某會議室。

3. 操作準備：

(1) 事先準備 12 種植物，包括了春不老、桂花、五爪木、石班木、鵝掌藤、馬纓丹、翠蘆莉、桃金娘、樹蘭、立鶴花、大王仙丹、福建茶等 12 種，作為測試的植物。

(2) 分兩天邀請中興大學園藝系博士班、碩士班研究生 14 人與南投縣政府員工 17 人，參加該項實驗。

4. 使用植物：用於測試的植物共 12 種如前述，每種皆為盆栽形式，植物高度約 20-30 公分不等。

5. 流程：

(1) 將植物置於桌上，桌面高度離地約 85 公分；受測者坐在桌旁的椅子上，手肘置於桌面上。

(2) 依序請每個人以慣用手觸摸盆栽植物頂部的葉片，一次觸摸一種植物約 10 秒鐘，觸摸方式為以手掌內側(掌心)來回撫摸，手指微併攏，請受測者說出觸摸時的感受形容詞。

如果對於該種植物，沒有再說出新的形容詞，則由操作者換另一種植物，再請其觸摸。

(3) 逐一請每個受測者完成觸摸 12 種植物。

(4) 由操作者記錄受測者說出的形容詞。

(二) 植物觸感形容詞的分類：

1. 參加人員：南投縣政府人員 5 人，男性 3 人，女性 2 人，合計 5 人。學歷為大學 3 人，研究所 2 人，年齡 31-40 歲 3 人，41-50 歲 2 人。

2. 地點：南投縣政府某會議室。

3. 過程：

(1) 準備字卡：以上階段蒐集到的 53 個觸感形容詞，分別印製 5 公分乘 5 公分的字卡，字體大小 20 pt，如圖 1 所示。



圖 1. 分類字卡照片。

Fig. 1. the photo of word cards to be classified.

(2) 進行形容詞分類：請參與者討論 53 個形容詞，並加以分組，意義相近者歸為同一類；在分類時，並考慮該項形容詞是否屬於觸覺感受，但排除描述葉片性狀的描述(生理或物理等)或是心理評價感受。

4. 使用時間：約 40 分鐘。

## 二、子研究二：植物觸感形容詞分類應用可行性測試

(一) 地點：台中惠明學校。

(二) 參加人員：惠明學校國小部學生 24 人，男生 14 人，女生 10 人，年齡介於 10-13 歲間。

(三) 操作過程：

1. 植物的準備：

本次研究所使用的植物包括：桂花、翠蘆莉、鵝掌藤、立鶴花、大王仙丹與春不老。每種植物樣本形式為盆栽，植物高度約 20-30 公分不等。

2. 6 種植物依序放置於桌上成一排，間隔約 15 公分，與桌緣距離約 20 公分。

3. 先請每個參加的學生，逐一觸摸參考物件。此階段，學生是坐在座椅上，並由操作者將參考物件置於學生右手(所有學生的慣用手均為右手)前方，再請學生逐一觸摸共準備 10 種參考物件如表 1，分別代表 10 種的觸覺感受，例如摸到石頭代表「硬」的觸感，每個物件觸摸 10 秒鐘，再由操作者告訴學生，這個物件所代表的觸覺感受。先讓受測者熟悉不同的觸覺感受，例如有花紋的磁磚，則代表凹凸的感覺，而磁磚(無花紋)則代表著平順的感覺，並請他們在接下來觸摸植物時，回答說出他們覺得比較接近的感覺。

4. 請受測者依序觸摸植物頂部葉片，受測者立於桌旁觸摸桌上的個植物，一次觸摸一種植物，觸摸方式為以手掌內側(掌心)來回撫摸，手指微併攏，觸摸 10 秒鐘，完成後，再由操作者引導移至下一個位置，準備觸摸下一盆植物，依此程序進行。

表 1. 觸覺感受參考物件。

Table 1. The referential materials for tactile perception.

| 屬性 Attributes | 參考物件 Referential materials |
|---------------|----------------------------|
| 硬             | 石頭                         |
| 軟             | 布                          |
| 粗糙            | 砂紙                         |
| 細緻            | 銅版紙                        |
| 凹凸            | 磁磚(有花紋)                    |
| 平順            | 磁磚(無花紋)                    |
| 刺刺的           | 菜瓜布(纖維側)                   |
| 綿綿的           | 菜瓜布(海綿側)                   |
| 黏手的           | 魔鬼氈                        |
| 光滑的           | 塑膠板                        |

5. 請受測者逐一觸摸植物，詢問他們覺得是什麼感覺，並依序以「硬與軟」、「粗糙與細緻」、「凹凸與平順」、「刺刺的與綿綿的」與「黏手的與光滑的」5 個形容詞組，一一詢問請參加者就自己觸摸時的感覺，說出比較接近的感受，並再細分觸摸該種植物的感受為 3 種。例如，以「硬與軟」形容詞組，則詢問參加者覺得是硬，或是軟，或是「不硬不軟」(或普通、差不多等，意同)3 種觸感中，哪一項比較接近他(她)觸摸時的感覺。

(四) 記錄：逐一記錄所有受測者分別觸摸 6 種植物的回答，分為 3 種選項，分別為，若是回答結果是組詞中前面的屬性記為「-1」，後面的屬性記為「1」，例如「硬、軟」這 1 組，若回答「硬」，則記錄為「-1」，「不硬不軟」是「0」，「軟」則為「1」；其餘 4 個形容詞組，同樣依此方式記錄受測者的回答情形。

### 三、子研究三：選擇具代表性植物與適合的觸感情緒形容詞

本子研究目的是在選出下階段實證子研究中將使用的代表性植物戶外環境常見的植物種類很多，因此，在子研究三中，將藉由在子研究二所得出的觸感形容詞組做為分類的基礎，依據子研究二的結果，在子研究三中，將請參加實驗的人觸摸植物，藉以發現在實驗所準備的 16 種植物中，視障者覺得觸覺感受相對較為突出的植物，在本實驗中，會請每位參加實驗者逐一觸摸每種植物後，並請他們說出覺得適合的觸覺感受描述，其目的在於了解對於視障者而言，16 種不同的植物經觸摸所產生的觸覺感受，在不同的形容詞組中的差異程度。並從不同植物與平均值的差異程度，找出具備觸覺感受代表性的植物，亦即該植物是否與其他植物的觸覺感受有著顯著差異。

#### (一) 選擇具代表性植物

1. 地點：台中啟明學校。

2. 參加人員：台中啟明學校國中部與國小部學生計 24 人，男生 13 人，女生 11 人，年齡介於 10-15 歲間。

3. 過程：

(1) 事先準備 16 種植物，包括大王仙丹、樹蘭、鵝掌藤、紅芽赤楠、翠蘆莉、黃金串錢柳、桂花、紅繼木、角莖野牡丹、五爪木、變葉木、桃金娘、含笑花、金門赤楠、黃花鳶尾、細葉麥門冬等。

(2) 將所準備的植物為盆栽形式，置於長方形桌上，再請每個參加實驗的學生，先逐一觸摸參考物件。此階段，學生是坐在座椅上，並由操作者將參考物件置於學生右手(所有學生的慣用手均為右手)前方，再請學生逐一觸摸。

此階段共準備 4 種觸感參考物件，包括代表「硬」的石頭，「軟」的布，「粗糙」的砂紙與「細緻」的銅版紙。研究剛開始，先讓受測者熟悉不同的觸覺感受例如摸到石頭代表「硬」的觸感，每個物件觸摸 10 秒鐘，再由操作者告訴學生，這個物件所代表的觸覺感受，再請受測學生觸摸參考物件 5 秒鐘，讓受測者熟悉不同的觸覺感受，例如石頭，則代表硬的感覺，而布則代表著軟的感覺，並請他們在接下來觸摸植物時，回答說出他們覺得比較接近的感覺。

(3) 請受測者逐一觸摸植物，詢問他們覺得是什麼感覺，並依序以「硬與軟」、「粗糙與細緻」2 個形容詞組，一一詢問請參加者就自己觸摸時的感覺，說出比較接近的感受，並細分觸摸該種植物的感受為 5 種。例如，以「硬與軟」形容詞組，則詢問參加者覺得是「很硬」、「普通硬」、「不硬不軟」、「普通軟」與「很軟」5 個選項中哪個是最貼切的描述，比較接近他(她)觸摸時的感覺。

#### 4. 記錄：

逐一記錄所有受測者分別觸摸 16 種植物的回答，依次記錄受測者的回答，區分為 5 個選項，例如硬或軟，會分為「很硬」、「普通硬」、「不硬不軟」、「普通軟」與「很軟」5 個選項，請學生在觸摸時選擇他們覺最適合的選項。「很硬」記為 5、「普通硬」記為 4、「不硬不軟」記為 3、「普通軟」記為 2 與「很軟」記為 1，另外，粗糙與細緻，「很粗糙」記為 5、「普通粗糙」記為 4、「不粗不細」記為 3、「普通細緻」記為 2 與「很細緻」記為 1。

## 結果與討論

### 一、子研究一、植物觸感形容詞蒐集與分類之結果

經過彙整 34 人的全部回答，並扣除重複的形容詞，總共記錄 53 個不同的形容詞，經過分類，可將植物觸感形容詞分為 5 分組，如表 2 所示，分別為「硬與軟」、「粗糙與細緻」、「凹凸與平順」、「刺刺的與綿綿的」與「黏手的與光滑的」。

表 2. 植物觸覺感受形容詞分類。

Table 2. Classification of adjectives for touching plants.

| 分組<br>Classifications | 形容詞 Adjectives              |
|-----------------------|-----------------------------|
| 硬--軟                  | 粗粗的、軟軟的、柔軟的、硬硬的、粉嫩的、嫩嫩的、細嫩的 |
| 粗糙--細緻                | 細細的、細緻的、粗糙的、纖細的、鋸齒的、有顆粒的    |
| 凹凸--平順                | 凹凸不平的、起伏不平的、凸凸的、順手的、平順的     |
| 刺刺的--綿綿的              | 尖尖的、刺刺的、扎扎的、小小的、卡卡的、瓜瓜的(台語) |
| 黏手的--光滑的              | 光滑的、澀澀的、沙沙的、粉粉的、會勾手的、黏黏的    |

### 二、子研究二、植物觸感形容詞分類應用可行性測試之結果

經計算 6 種植物在 5 種觸覺感受面向的平均值與標準差，可以發現 6 種植物在 5 種觸覺感受中，除春不老外，其餘 5 種植物在 5 個情緒面向的標準差，數值均接近 1，或超過 1；因為，5 種觸覺感受的值是從 -1 到 1，中間值是 0，所以標準差的值接近或大於 1，表示這 5 種觸覺感受形容詞組，在 24 位參與者中，在表達觸摸同一種植物的觸覺感受時，其感受是不一致的，因此，原先的 5 組觸覺感受面向是否適用，可再檢討。綜合以上的討論，本研究再次審閱之前的研究文獻，發現這些相關研究中皆以「軟與硬」與「細與粗」2 組形容詞組作為觸覺感受的主要向度，故本研究亦此作為觸摸植物的主要觸覺感受。

### 三、子研究三、選擇具代表性植物與適合的觸感情緒形容詞之結果

依據子研究三的實驗結果，計算 24 位視障者，觸摸 16 種植物的觸覺感受在「軟與硬」與「細與粗」兩個觸覺感受向度的回答情形的平均值與標準差，整理結果如表 3 所示。

表 3. 植物觸覺感受(軟硬、細粗)。

Table 3. Tactile perception of plants. (hardness & fineness)

| 編號<br>Number | 植 物<br>Plants | 軟/硬 Soft/Hard |              | 細/粗 Fine/Coarse |              |
|--------------|---------------|---------------|--------------|-----------------|--------------|
|              |               | 平均值<br>Mean   | 標準差<br>Stdev | 平均值<br>Mean     | 標準差<br>Stdev |
| a1           | 大王仙丹          | 1.86          | 0.64         | 3.13            | 1.25         |
| a2           | 樹蘭            | 2.25          | 0.86         | 1.63            | 0.52         |
| a3           | 鵝掌藤           | 2.86          | 1.25         | 3.13            | 1.55         |
| a4           | 紅芽赤楠          | 2.00          | 0.93         | 2.25            | 1.16         |
| a5           | 翠蘆莉           | 2.75          | 1.39         | 3.00            | 1.69         |
| a6           | 黃金串錢柳         | 1.86          | 1.36         | 1.75            | 1.04         |
| a7           | 桂花            | 4.13          | 0.35         | 4.13            | 0.99         |
| a8           | 紅繼木           | 2.25          | 0.89         | 3.88            | 0.83         |
| a9           | 角莖野牡丹         | 3.13          | 1.36         | 4.00            | 0.93         |
| a10          | 五爪木           | 2.13          | 1.27         | 2.25            | 1.58         |
| a11          | 變葉木           | 4.00          | 0.93         | 4.00            | 0.93         |
| a12          | 桃金娘           | 3.25          | 1.39         | 3.38            | 1.19         |
| a13          | 含笑花           | 2.63          | 0.92         | 3.50            | 0.93         |
| a14          | 金門赤楠          | 2.75          | 1.04         | 3.25            | 1.16         |
| a15          | 黃花鳶尾          | 3.88          | 0.83         | 3.25            | 1.75         |
| a16          | 綠葉麥門冬         | 3.13          | 1.25         | 3.06            | 1.55         |

經對 16 種植物的軟硬與粗程度進行單因子變異數分析，其結果如表 4 所示，可以發現，無論是軟硬或細粗程度，在 16 植物中，皆具顯著的差異，亦即這 16 植物在軟硬或細粗二者，彼此間具明顯的差異。並依據各植物的「軟與硬」與「細與粗」的平均值，加以分類，「軟與硬」的中間值為 3，小於 3 為軟，大於 3 為硬；而「細與粗」的中間值為 3，小於 3 為細，大於 3 為粗，結果如表 5 所示。

表 4. 16 種植物軟硬與粗細單因子變異數分析摘要表。

Table 4. The abstract of One-Way ANOVA analysis

|    | F <sup>a</sup> | Sig.  | 事後比較 <sup>b</sup><br>Post Hoc Comparison                                                |
|----|----------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 軟硬 | 7.818          | 0.000 | 桂花>大王仙丹；變葉木>大王仙丹；黃花鳶尾>大王仙丹；桂花>樹蘭；桂花>紅芽赤楠；桂花>黃金串錢柳；變葉木>黃金串錢柳；黃花鳶尾>黃金串錢柳；桂花>五爪木           |
| 細粗 | 7.495          | 0.000 | 桂花>樹蘭；紅繼木>樹蘭；角莖野牡丹>樹蘭；變葉木>樹蘭；桂花>紅芽赤楠；桂花>黃金串錢柳；紅繼木>黃金串錢柳；角莖野牡丹>黃金串錢柳；變葉木>黃金串錢柳；含笑花>黃金串錢柳 |

<sup>a</sup>One-way analysis of variance.

<sup>b</sup>Scheffé test( $p<0.05$ ).

表 5. 植物觸覺感受軟硬細粗分類表

Table 5. The tactile classification of 16 plants

| 軟 Soft                      | 硬 Hard                  |
|-----------------------------|-------------------------|
| 大王仙丹、鵝掌藤、紅繼木、含笑花、金門赤楠、(翠蘆莉) | 桂花、角莖野牡丹、桃金娘、黃花鳶尾、綠葉麥門冬 |
| 樹蘭、紅芽赤楠、黃金串錢柳、五爪木、(翠蘆莉)     | (無)                     |



由表 5 可以看出，有些植物在硬軟與粗細方面，經計算 24 個人的回答的標準差大於 1，顯示對於不同的受測者而言，同一種植物的觸覺感受差別很大，考慮到觸覺感受應具一致性，所以本研究選擇不同觸覺感的代表性植物時，係以視障者觸摸該植物時，24 位參與者的觸覺感受結果，硬軟與粗細程度兩者的標準差均小於 1 者，作為選擇植物種類的原則。依此，選用了桂花(硬粗)、紅繼木(軟粗)、而含笑花(軟粗)、樹蘭(軟細) 4 種作為代表性植物。而含笑花(軟粗)在軟硬(平均值 = 2.63)與粗細(平均值 = 3.5)程度最接近中間值 3，亦即以 24 個參與者的觸覺感受，含笑花該種植物在「軟或硬」與「粗或細」中，均接近中間值，故含笑花依研究結果，可視為觸覺感受為適中的植物。至於觸感屬於硬細者，因為依據前述實驗結果，並無適當植物的觸覺感受是屬於硬細者。

## 結 論 與 建 議

### 一、結論

經上述研究發現，雖然對於不同材質的觸覺感受分類，各學者的研究結論各異，但是其向度的個數，基本上是有限的，而且因為所使用的材質各有不同的緣故，但其中部分的向度，明顯是不適用於描述觸摸植物的感受，因此，本研究嘗試探討形容植物觸創感受的向度，經過彙整不同人對於的不同植物的觸感感受詞彙後，再由討論方式區分為 5 類，分別為「硬與軟」、「粗糙與細緻」、「凹凸與平順」、「刺刺的與綿綿的」與「黏手的與光滑的」，然而在子研究二中，經由實驗，請視障者以 5 類形容詞，形容觸摸植物的感受，發現，同一植物，同一類形容詞，在不同人間，差異頗大，因此，其適用性不無疑慮，因此，仍以文獻回顧中，常見的軟硬與細粗 2 個向度，為主要的觸摸植物感受的形容詞向度。

本研究的子研究三，則是準備 16 種常見的綠籬植物，以前述的軟硬與細粗 2 個向度為基礎，請視障者以該 2 向度，用以形容觸摸不同植物的感受，從研究結果可以發現，4 個可能分類中，包括硬粗、軟粗、硬細、軟細等，分別有不同的植物可以歸於硬粗、軟粗與軟細 3 類中，但是沒有植物的觸覺感受是屬於硬細的，推測其原因可能是對於受測的視障者而言，觸摸的通常是許多葉片的整體感受，因此，軟或硬比較接近個別葉片的特性，而粗或細，則比較接近許多葉片的綜合感受；一般而言，觸覺感受是粗的葉片，往往是葉片較大者，反之葉片較小者，則因彼此距離較近，所以感受偏向細，故而有以上的結果。綜述以上結論，本研究結果可以做為設計以不同感官刺激為目的(特別是包括觸覺觸激者)的治療庭園、療癒庭園等戶外環境時的參考，即可以因為對於使用者不同感官刺激的著重處不同，而考量植物的差異，特別是在加強在觸覺體驗方面。並可在釐清不同的設計目標與服務對象的情況下，能對於不同使用者需求，提出更適切的之規劃與設計方案。

### 二、後續研究建議

本研究的結果，說明可以透過實驗找出代表不同觸覺感受的植物，然而這樣的結論是否會因視力狀況不同而有差異，值得進一步探討，例如對於視障者認為是屬於某種屬性的

植物，對於明眼人而言，是否觸覺感受亦同，值得加以研究比較。而是不是存在不同的觸覺感受分類向度，也可以在未來深入探究，而本研究以盆栽方式模擬實際戶外環境的植物，若研究場域為每日生活之場域時，結果是否有異，也可再予討論。此外，不同植物的觸覺感受，對於人是否具備療癒效益，在實際景觀設計上的應用面上，未來研究亦可在應用的效益的探討上，再多加著墨。

## 參 考 文 獻

- Ballesteros, S., J. Reales, M. L. Ponce de Le'on, B. and Garc'ia. 2005. The perception of ecological textures by touch: Does the perceptual space change under bimodal visual and haptic exploration. *Proceedings of the World Haptics Conference 2005*. 635-638.
- Chen, X., F. Shao, C. Barnes, Childs, and B. Henson. 2009. Exploring Relationships between Touch Perception and Surface Physical Properties. *Int. J. Design*. 3(2): 67-77.
- Etzi, R., C. Spence, and A. Gallace. 2014. Textures that we like to touch: An experimental study of aesthetic preferences for tactile stimuli *Consciousness and Cognition*. 29: 178-188.
- Guest, S., J. M. Dessirier, A. Mehrabyan, F. McGlone, G. Essick, G. Gescheider, A. Fontana, R. Xiong, R. Ackerley, and K. Blot. 2011. The development and validation of sensory and emotional scales of touch perception. *Attention. Percept. Psychophys.* 73: 531-550.
- Guest, S., A. Mehrabyan, G. Essick, N. Phillips, A. Hopkinson, and F. McGlone. 2011. Physics and tactile perception of fluid-covered surfaces. *J. Texture. Stud.* 43(1): 77-93.
- Hiroyuki, A., T. Suzuki, and A. Kamei. 1985. Study on correspondence between sensory and physical properties of materials (I). *Bulletin of JSSD* (53): 37-42.
- Hollins, M., R. Faldowski, S. Rao, & F. Young. 1993. Perceptual dimensions of tactile surface texture – A multidimensional-scaling analysis. *Percept. Psychophys.* 54(6): 697-705.
- Karlsson M., A. V. Velasco. Designing for the tactile sense: investigating the relation between surface properties. perception and preferences. *Codesign* 3(S1): 123-133.
- Lyne, M. B., A. Whiteman, and D. C. Donderi. 1984. Multidimensional scaling of tissue quality. *PAPTAC*. 85(10): 43-50.
- Nagano H., S. Okamoto, Yamaha. 21-24 June 2011. What Appeals to Human Touch? Effects of Tactual Factors and Predictability of Textures on Affinity to Textures. *IEEE World Haptics Conference 2011*. (pp. 203-208). Turkey. Istanbul.
- Okamoto, S., H. Nagano, Y. Yamada. 2013. Psychophysical dimensions of tactile perception of textures. *IEEE Trans Haptics*. 6(1): 81-93.
- Picard, D., C. Dacremont, D. Valentin, and A. Giboreau. 2003. Perceptual dimensions of tactile

- textures. *Acta Psychologica*. 114(2): 165-184.
- Picard, D., C. Dacremont, D. Valentin, and A. Giboreau. 2004. About the salient perceptual dimensions of tactile textures space, in *Touch, Blindness, and Neuroscience*, S. Ballesteros and M. A. Heller (Eds.), Uned. 165-174.
- Shirado, H., and T. Maeno. 2005. Modeling of human texture perception for tactile displays and sensors. *Proceedings of the 2005 World Haptics Conference*. 629-630.
- Yoshida, M. 1968. Dimensions of tactual impressions (2). *Japanese Psychological Research*. 10(4): 157-173.
- Yoshioka, T., S. J. Bensmaïa, J. C. Craig, and S. S. Hsiao. 2007. Texture perception through direct and indirect touch: An analysis of perceptual space for tactile textures in two modes of exploration. *Somatosensory and Motor Research*. 24(1-2): 53-70.
- Zuo, H. 2003. *Sensory Interaction with Materials in Product Design*. Ph.D. Thesis. Southampton Solent University. ID No6424783.

## The Tactile Classification of Plants

Ping-Ru Ke<sup>1)</sup> Jun-Long Chen<sup>1)</sup> Sheng-Jung Ou<sup>2)</sup>

Keywords: Tactile sensation, Visually impaired people, Plants

### Summary

Plants are important elements in the study of gardens or landscapes to promote physical and mental health, such as therapeutic landscapes and healing gardens. Special plants are used in the healing gardens to enrich people's gardening experience. Past research has pointed out that some plants have the effects of relaxing. However, the current research on the healing effect of planting is mostly from the perspective of vision and smell. However, there are few studies on the tactile part. Therefore, this study hopes to explore whether the tactile sensations of different plants are different through experiments. Different plants were used as test samples for visually impaired people to touch, and interviews were used to understand the feelings of visually impaired people touching plants. The main purpose of this study is to explore the vocabulary and classification of tactile sensation of plants through experiments, as a basis for further research and reference for plant selection of healing garden designers.

---

1) Ph. D. Student, Department of Horticulture, National Chung-Hsing University.

2) Adjunct Professor and Professor, Department of Horticulture, National Chung-Hsing University and Department of Landscape and Urban Design, Chaoyang University Technology, Corresponding author.



# 興大園藝

## 第四十三卷 第四期

|                                 |             |     |
|---------------------------------|-------------|-----|
| 網室內微氣候及對紅肉種'大紅'紅龍果生產夏果、秋果之影響    | 簡嫻捷 張哲嘉     | 1   |
| 採後處理真空脫澀時間對'牛心柿'果皮褐化之影響         | 王以琳 謝慶昌     | 15  |
| '珍珠拔'番石榴果實發育期間成份之變化與東方果實蠅危害之關係  | 林高瑋 林慧玲 謝慶昌 | 27  |
| 滲透添加劑對鳳梨乾燥後外觀及食用品質之影響           | 林敬恩 謝慶昌     | 43  |
| 番茄生物碳混合介質對甘藍及番茄幼苗生長之影響          | 楊 盈 黃三光     | 55  |
| 草莓採收成熟度與貯藏品質                    | 吳岱融 謝慶昌     | 71  |
| 葉面施鈣對結球白菜頂燒病之影響                 | 林宇容 林慧玲     | 83  |
| <i>Haworthia</i> 屬植物再生與基因轉殖系統建立 | 侯亭炆 陳彥銘 潘怡君 | 99  |
| 彰化縣土地利用變遷之民眾識覺分析                | 陳怡靜 陳思宏 吳振  | 9   |
| 發                               | ...         | 1 0 |

國立中興大學園藝學系編印

中華民國一〇七年十二月

## 網室內微氣候及對紅肉種'大紅'紅龍果生產 夏果、秋果之影響

簡 嫻 健<sup>1)</sup> 張 哲 嘉<sup>2)</sup>

關鍵字：仙人掌科、熱逆境、設施栽培、生植物候期

**摘要：**本研究以臺灣南投縣草屯鎮 16 目網室內之 8 年生'大紅'紅肉種紅龍果 (*Hylocereus* sp. 'Da Hong') 為材料，於主要正期開花、結實期間(2017 年 4 月至 10 月)，比較夏季與秋季網室內微氣候之差異，並調查對夏果及秋果品質之影響。16 目防蟲網室內太陽輻射及光合有效輻射通透率分別為露天之 80.4% 及 74.4%。網室內每日最高溫、平均溫及最低溫於多數日子均高於網室外。網室栽培下全年自然萌花批次約 13 批，一年生以上枝條之累計萌花率為 265.3%，顯著高於當年生枝條者(96.4%)。秋果(7 月 30 日萌花，9 月 17 日採收)果皮彩度(C\*)顯著高於夏果(5 月 21 日萌花，7 月 13 日採收)。背陽面之色相角(h°)較向陽面為低，季節對 h° 的影響則不顯著。秋果縱、橫徑與單果重量(77.0 mm、59.3 mm、197.3 g)均低於夏果(102.3 mm、82.3 mm、404.2 g)，且可溶性固形物含量亦顯著較夏果者低，此可能受開花期網室內日間高溫所導致。結果顯示，16 目網室於'大紅'紅龍果栽培及夏果生產上具應用潛力，但秋果有小型化之趨勢。

### 前 言

紅龍果(pitaya/pitahaya)為仙人掌科(Cactaceae)柱狀或攀附性物種的總稱(Ortiz-Hernández and Carrillo-Salazar, 2012)，廣泛栽培於熱帶(如巴西、哥倫比亞、秘魯、泰國、馬來西亞、越南等)與亞熱帶地區(以色列、臺灣及日本沖繩等)(Mizrahi *et al.*, 1997; Mizrahi, 2015; Ortiz-Hernández and Carrillo-Salazar, 2012)。臺灣紅龍果產業主要為白肉種(*H. undatus*)與改良紅肉種(*H. spp.*)，改良紅肉種品種中又以'大紅'('Da Hong')栽培較多。'大紅'品種柱頭與花藥距離較近，且屬自交親和性(self-compatibility)，不需人工授粉即可著果，並有中

---

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及通訊作者。

等以上果形(邱等, 2015), 不同於以色列 Weiss 等人(1994)的紫/紅肉種紅龍果品系和臺灣地方品種 *H. polyrhizus* 'Orejona' 及 *H. sp.* 'F11' (Tran *et al.*, 2015a)之雌雄蕊隔離(approach herkogamy)及自交不著果(self-unfruitful)特性。

北半球紅龍果可於五至十月間多批次開花(Weiss *et al.*, 1994), 而臺灣南部栽培之改良紅肉種品種(系)可始花於四月, 末期花至十一月, 自然產季約自末春至初冬(邱等, 2015; 徐, 2004)。以色列[夏季日累積光量(daily light integral, DLI)約  $50 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ]地區對栽培紅肉種(*H. polyrhizus*)紅龍果之建議遮陰率為 30%, 可較 60%有較好之生物量及開花表現(Raveh *et al.*, 1998); 於臺灣夏季栽培紅肉種'石火泉'及'大紅'品種時亦需遮陰, 方能維持果實重量與果肉的總可溶性固形物含量(陳和林, 2016; Chang *et al.*, 2016)。

單果套袋為目前臺灣紅龍果慣行管理之一, 可避免如鳥害及受傷對果實外觀的不利影響(Tran *et al.*, 2015b)。惟套袋需耗費人力成本, 而農村勞力不足且老化之問題亟待解決。16 目網室可阻絕東方果實蠅與鳥類(邱, 1999)對果實之危害並免去套袋成本, 此保護設施或可應用於臺灣紅肉種紅龍果的生產。2017 年紅龍果網室已納入政府補助設施項目(曾和余, 2015), 且農民亦有意投入網室栽培, 惟相關設施條件及植株表現等基礎資料尚處建立初期。Tanny (2013)指出防蟲網常使設施內部氣溫升高, 對氣溫監測的眾多研究結果則顯示網室內氣溫變化實則多變, 而可能與露天環境相似(Kitta *et al.*, 2014; Raveh *et al.*, 1998; Tanny *et al.*, 2012)、略低(Möller and Assouline, 2007)或者更高(王等, 1994; Tanny *et al.*, 2003)。由於紅龍果光合作用(Nobel and De la Berrera, 2004)、開花(Khaimov-Armoza *et al.*, 2012; Nerd *et al.*, 2002)及果實發育(Nomura *et al.*, 2005)等甚受氣溫影響, 故仍需透過實際田間試驗, 以評估應用網室於紅龍果生產之可行性。

'大紅'為紅肉種栽培之主流, 高溫下易有小果化之問題(劉和留, 2015; 劉和謝, 2018), 而設施栽培為產業發展趨勢, 然設施內的夏季高溫是否對'大紅'造成結實障礙, 仍待確認。本研究於紅肉種紅龍果'大紅'之正期主要萌花與果實生產期間(4 月至 10 月), 以白色 16 目平織網為網室覆蓋, 探討其對設施內輻射量與熱蓄積之影響, 並分析不同梢齡之萌花表現及夏秋季間的果實品質比較, 以建立網室對生產'大紅'正期果之基礎資料, 供紅龍果產業行網室栽培與生產技術改進之實務參考。

## 材 料 與 方 法

### 一、植物材料及花期管理

試驗於南投縣草屯鎮洪氏 16 目網室(24°00' N、120°40' E)之 8 年生'大紅'紅肉種紅龍果(*Hylocereus sp.* 'Da Hong')果園進行。網室設施為簡易 16 目(每英尺中排入 16 支纖維)白色平織防蟲網網室(網高 3 公尺), 規模 0.2 公頃, 果園整枝模式為籬壁式。於試驗期間, 植株均行慣行栽培管理, 株勢整齊並具備開花及結實能力。

2016 年 12 月至 2017 年 1 月底進行老舊枝條疏刪, 2017 年 2 月至 5 月標定枝條, 2017



年 4 至 10 月進行試驗。2017 年 2 月後萌發之枝條於調查期間梢齡未滿 1 年，故為當年生枝條；枝條具可萌發芽體之刺座且狀態健壯，其梢齡在 1 或 2 年以上者，則為一年生以上枝條。

因'大紅'具自交親和性(self-compatibility)，不需人工授粉即可著果(邱等，2015)，於同一批次萌花時，採每開花枝均留 1 果之慣行管理(陳，2017)。

## 二、微氣候比較

### (一) 太陽輻射及光合有效輻射(solar radiation and photosynthetic active radiation)

試驗期間(2017 年 4 至 10 月)於 16 目網室內部及外部，約距地面 1.5 至 2 公尺高處分別裝設氣象資料收集站(HOBO<sup>®</sup> U30-NRC weather station, USA)，並外接太陽輻射感測器(HOBO<sup>®</sup> S-LIA-M003, USA)及光合有效輻射感測器(HOBO<sup>®</sup> S-LIB-M003, USA)，以監測日輻射量(單位： $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ )及光強度[或稱光合有效光通量密度(photosynthetic photon flux density)，單位： $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ]。儀器設定每 30 分鐘紀錄 1 筆資料，將所得資料每日平均，並計算日平均照度(solar irradiance) ( $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ )及日累積光量(daily light integral) ( $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ )與全日輻射通透率(transmittance)。

### (二) 氣溫(air temperature)

於設施內部及外部之植株等高處設置 1 組溫濕度紀錄器(HOBO<sup>®</sup> U23-001 Pro v2 data logger, Onset Computer Corp., USA)，並將儀器予以日照遮蔽。儀器設定每 15 分鐘紀錄 1 筆資料，以監測 2017 年 4 至 10 月田間氣溫變化。根據監測資料分析 16 目平織網對設施內氣溫之影響，並比較每日最高(maximum)、平均(average)及最低(minimum)氣溫之差異。另計算夏、秋季果實開花(萌花到開放)(flowering)與結果(開放到採收)(fruiting)期間之累積溫度(每日最高溫與最低溫平均，逐日累加，數值以 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 表示)。

## 三、萌花物候期

於網室內逢機選取 4 區段(1 區段為 1 重複，約 1.5 公尺長)，各區段中當年生及一年生以上枝條平均數量分別為 9-11 枝及 32-41 枝。每週於前述兩種梢齡枝條上分別調查萌花率，結果以平均值 $\pm$ 標準誤差表示。

萌花率： $(\text{開花枝條數}/\text{總枝條數}) \times 100\%$ ，凡標定枝條有一個刺座以上萌花者，即視為開花枝

## 四、果實品質

網室栽培果實均未經套袋，以於 2017 年 7 月 13 日採收(5 月 21 日萌花)者定義為夏果；於 2017 年 9 月 17 日採收(7 月 30 日萌花)者定義為秋果。將轉色完全之果實採收並攜回實驗室分析品質。果實均採自前述萌花區段(1 區段為 1 重複)，每重複採 4 果，結果以平均值 $\pm$ 標準誤差表示。

### (一) 向陽面及背陽面果皮顏色

以筆式色差計(pen-type colorimeter) (spectro-pen, Dr. Lange, Germany)測量向陽面及背陽面赤道處之果皮顏色，結果以  $L^*$ (亮度)、 $C^*$ (彩度)及  $h^{\circ}$ (色相角)表示。

## (二) 果實及果皮重量

以電子天平(XS 3250C-SCS, Precisa Gravimetrics AG, Switzerland)測定果實(fresh weight)。

## (三) 果實縱徑、橫徑

將果實縱切後，以數位液晶卡尺(500-196-20, Mitutoyo Corp., Japan)測量果實縱、橫徑。

## (四) 平均與中心之總可溶性固形物含量(Total soluble solid content, TSS content)

分別取果萼端(styler end)、中心(center)、果梗端(stem end)之果汁，並以口袋型數位式屈折度計(PAL-1, ATAGO, Japan)測定不同部位之果汁 TSS，結果以 $^{\circ}$ Brix 表示。平均 TSS 為將果萼端、中心及果梗端之數值平均後所得。

## (四) 可滴定酸度(titratable acidity)

將果汁以 0.1N NaOH 滴定至滴定終點，指示劑為酚酞(phenolphthalein)，並將 0.1N NaOH 用量(mL)換算為蘋果酸(malic acid)含量，結果以百分比表示。

## 五、統計分析

網室內部及外部微氣候比較、不同梢齡之累計萌花率及夏秋兩季果實品質分析採完全逢機設計(completely randomized design)。不同季節之果實顏色為完全逢機裂區設計(split-plot completely randomized design)，以季節為大區因子(main-plot)，測定位置為副區因子(sub-plot)。

每日氣溫變化與萌花物候期以 SigmaPlot 12.0 (Systat Software, Inc., USA)繪製成圖。兩組間平均值之差異，以 Excel (Microsoft Office 2010)之資料分析進行 F 檢定與不成對 t 檢定。兩組以上處理間平均值比較，採用 Costat 6.1 軟體(CoHort Software, USA)中的巴氏檢定法(Bartlett's test)分析變方相等性後，資料再經變異數分析(analysis of variance, ANOVA)及費雪爾最小顯著差異檢定(Fisher's protected least significant difference test, LSD test)。

# 結 果

## 一、微氣候比較

'大紅'紅肉種紅龍果之主要正期萌花、結果期間(2017 年 4 月至同年 10 月)，16 目網室內太陽輻射通透率為 80.4% (遮陰率 19.6%)；光合有效輻射通透率則為 74.4% (遮陰率 25.6%) (表 1)。網室外之日平均照度及平均日累積光量皆顯著高於網室內(表 1)。

網室內、外氣溫差異主要發生於 6 月上旬至 10 月中旬，網室內最高溫可高達 40 $^{\circ}$ C，試驗期間網室內最高溫、平均溫及最低溫於多數日子裡高於網室外(圖 1)。比較網室內花芽開花期、以及結果期的累積溫度，夏果開花期累積溫度為 523.3 $^{\circ}$ C $\cdot$ d，結果期為 1108.1 $^{\circ}$ C $\cdot$ d；秋果開花期累積溫度則為 567.4 $^{\circ}$ C $\cdot$ d，結果期為 1014.9 $^{\circ}$ C $\cdot$ d。

表 1. 網室內、外之日平均照度與日累積光量及通透率比較。

Table 1. Comparison of the solar irradiance and daily light integral and their transmittances between the outside and inside of net-house.

| Treatment                   | Solar irradiance ( $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ )<br>and transmittance (%) <sup>z</sup> | Daily light integral ( $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ )<br>and transmittance (%) |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| The outside<br>of net-house | 16.3 $\pm$ 0.4<br>(100.0 $\pm$ 0.0)                                                                        | 35.7 $\pm$ 0.9<br>(100.0 $\pm$ 0.0)                                                                |
| The inside of<br>net-house  | 13.0 $\pm$ 0.3<br>(80.4 $\pm$ 0.3)                                                                         | 26.5 $\pm$ 0.7<br>(74.4 $\pm$ 0.3)                                                                 |
| t test                      | ***                                                                                                        | ***                                                                                                |

<sup>z</sup> The transmittances of solar irradiance and daily light integral were analyzed by data from Apr. 10, 2017 to Oct. 21, 2017. The respective values of inside net-house were obtained by calculating the ratios: (inside net-house / outside net-house)  $\times$  100%

<sup>y</sup> Mean  $\pm$  standard error (n = 195). Means of two treatments were tested by unpaired t-test. \*\*\*, significant at 0.1% level.

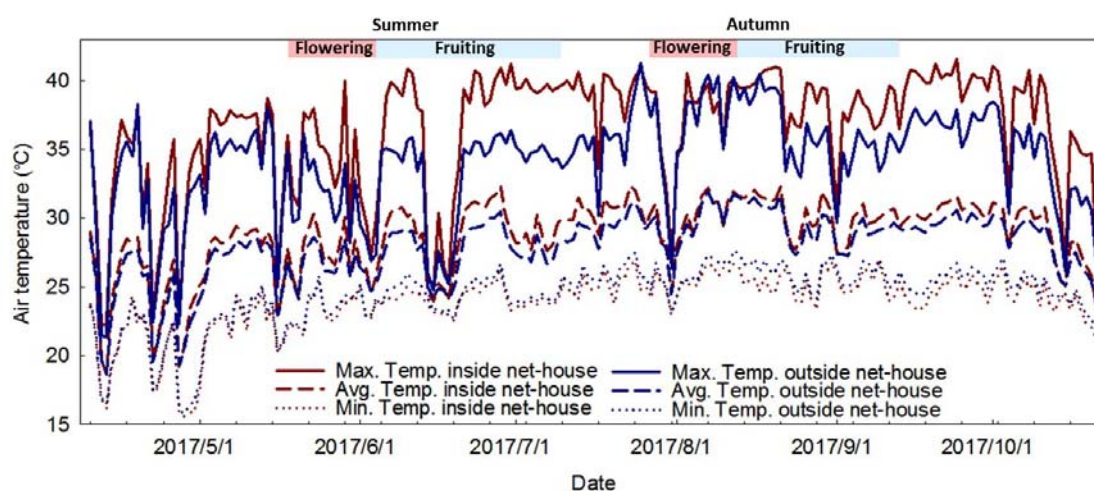


圖 1. 網室內、外之每日最高溫、平均溫及最低溫之變化趨勢。

Fig. 1. The daily maximum, average, and minimum air temperature changes inside and outside of net-house.

## 二、萌花物候期及萌花率

網室栽培之'大紅'首批正期花始於4月16日，末批花可至10月15日，萌花批次約13批(圖2)。梢齡為顯著影響網室栽培之'大紅'正期累計萌花率的因素(表2)。一年生以上枝條於自然花期中有最佳萌花表現，其累計萌花率可達265.3%(表2)；當年生枝條(2月後萌發的新梢)自7月起可開始萌花(圖2)，累計萌花率為96.4%(表2)。

表2. 梢齡對網室'大紅'紅肉種紅龍果正期累計萌花率之影響。

Table 2. The effect of shoot ages on accumulative floral bud emergence percentage during natural-inductive period of red pitaya (*Hylocereus* sp. 'Da Hong') under the net-house.

| Shoot age                  | Accumulative floral bud emergence percentage (%) <sup>z</sup> |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------|
| More than 1-year-old shoot | 265.3 ± 16.1 <sup>y</sup>                                     |
| Current year shoot         | 96.4 ± 23.1                                                   |
| t test                     | ***                                                           |

<sup>z</sup> The values were means ± SE of 4 replication analyses obtained from Apr. 10, 2017 to Oct. 21, 2017.

<sup>y</sup> Means were tested by unpaired t-test. \*\*\*, significant at 0.1% level.

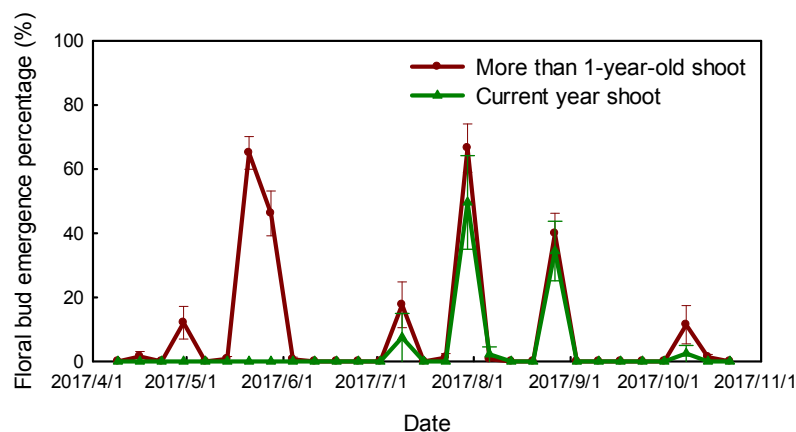


圖2. 梢齡對網室'大紅'紅肉種紅龍果(*Hylocereus* sp. 'Da Hong')正期萌花之影響。

Fig 2. The effect of shoot ages on floral bud emergence percentage during natural-inductive period of red pitaya (*Hylocereus* sp. 'Da Hong') under net-house. The values were means ± SE of 4 replication analyses.

### 三、果實品質

果實顏色分析結果顯示，測定位置對亮度(L\*)、彩度(C\*)及色相(h°)均有顯著影響，其中背陽面 L\*值與 h°低於向陽面，而 C\*值則高於向陽面(表 3)。季節對果色的影響主要表現於 L\*值與 C\*值，秋果之 L\*值較夏果低，而 C\*值則顯著高於夏果(表 3)。

網室栽培下，兩季節(夏、秋季)果實於各項果實品質間差異顯著，夏果於果重、縱橫徑、可溶性固形物含量表現均高於秋果，可滴定酸度則較秋果為低(表 4)。

表 3. 網室'大紅'紅肉種紅龍果果實顏色分析。

Table 3. The peel color analysis of red pitaya (*Hylocereus* sp. 'Da Hong') fruits of net-house.

| Season <sup>z</sup> | Position     | L*                      | C*         | h°        |
|---------------------|--------------|-------------------------|------------|-----------|
| Summer              | Exposed side | 42.6 ± 0.4 <sup>z</sup> | 30.3 ± 1.0 | 8.7 ± 0.8 |
|                     | Shaded side  | 40.2 ± 0.2              | 33.1 ± 0.5 | 3.9 ± 0.5 |
| Autumn              | Exposed side | 39.9 ± 0.8              | 34.8 ± 0.5 | 8.7 ± 0.7 |
|                     | Shaded side  | 38.2 ± 0.2              | 38.9 ± 0.4 | 4.4 ± 0.7 |
| Source              |              | F-test                  |            |           |
| Season              |              | **                      | ***        | ns        |
| Position            |              | **                      | **         | ***       |
| Season × Position   |              | ns                      | ns         | ns        |

<sup>z</sup>Mean ± standard error (n=4, 4 fruits per replicate). Means within each column were tested by F-test of ANOVA. ns, non-significant; \*\* and \*\*\*, significant at 1% and 0.1% levels, respectively.

## 討 論

### 一、微氣候比較

Castellano 等人(2006)曾就數種塑膠織網樣本之輻射通透性予以模擬及分析，其中防蟲網因孔隙度的不同而有 75%至 89%不等之光合有效輻射通透率。本試驗中所分析的 16 目防蟲網通透率則為 74.4%，此以試驗期間的全日輻射為考量。日間多數太陽輻射能量會轉為熱能(Tanny, 2013)，而 16 目網室具有減少正期萌花、結實期間之設施太陽輻射量的效果(表 1)。

Chang 等人(2016)曾於臺灣嘉義地區利用不同程度遮陰網，以降低網下植株受光強度及氣溫，據其試驗結果可知，應用 25%白色織網可使日間網下氣溫降低約 3.6℃。本研究之 16 目防蟲網遮陰率與之相似，但試驗期間網室內氣溫卻易較網室外高(圖 1)，且於正午

表 4. 網室'大紅'紅肉種紅龍果果實品質分析。

Table 4. The qualities analysis of red pitaya (*Hylocereus* sp. 'Da Hong') fruits of net-house.

| Season | Fresh weight<br>(g·fruit <sup>-1</sup> ) | Longitudinal<br>diameter<br>(mm) | Transverse<br>diameter<br>(mm) | Total soluble solid content<br>(°Brix) |            | Titratable<br>acidity (%) |
|--------|------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------|------------|---------------------------|
|        |                                          |                                  |                                | Average                                | Center     |                           |
| Summer | 404.2 ± 23.3 <sup>z</sup>                | 102.3 ± 2.5                      | 82.3 ± 1.9                     | 18.9 ± 0.3                             | 20.8 ± 0.3 | 0.206 ± 0.005             |
| Autumn | 197.3 ± 11.5                             | 77.0 ± 2.0                       | 59.3 ± 1.3                     | 17.0 ± 0.3                             | 19.4 ± 0.4 | 0.242 ± 0.010             |
| t test | ***                                      | ***                              | ***                            | **                                     | *          | **                        |

<sup>z</sup>Mean ± standard error (n=4, 4 fruits per replicate). Means within each column were tested by unpaired t test. \*, \*\* and \*\*\*, significant at 5%, 1% and 0.1% levels, respectively.

的最高溫尤其明顯，此受到輻射熱進、出設施平衡與通風性之共同影響。不論遮陰網(陳和林，2016；Chang *et al.*, 2016)或網室(賴，2017；Raveh *et al.*, 1998)均可透過減少輻射量進入而具有「遮陰效應」(shading effect)，可減少熱能進入設施(Tanny, 2013)。遮陰網與網室結構相比，僅有頂部覆網，通風性通常較好，故遮陰網具有一定降溫效果(陳和林，2016；Chang *et al.*, 2016)；網室屋頂及側牆均採塑膠織網覆蓋，防蟲網使內部空氣流動受阻及熱移除能力減弱(Tanny *et al.*, 2003)的特性，容易導致氣溫升高而產生「溫室效應」(greenhouse effect) (Tanny, 2013)，故本試驗的網室內氣溫常高於設施外，秋季時每日最高溫甚至常達 40°C (圖 2)，此應為網室內部熱能進入大於移出的結果。

## 二、萌花物候期及萌花率

'大紅'首批正期花可始於 4 月 16 日，末批花可至 10 月 15 日(圖 2)。臨近春分的日長被認為是誘導紅龍果開花的日照門檻；而改良紅肉種紅龍果可於春分後 8 週開始萌發花苞、末批花萌於秋分後 1 週(Jiang *et al.*, 2012)。本試驗中'大紅'於春分後 4 週萌花，顯示此刻田間環境條件即滿足'大紅'萌花所需，萌發前一週最低溫平均為 19.5-19.9°C (圖 1)，而不同品種/系對環境需求各異。

當年生枝條於本試驗中定義為 2017 年 2 月後萌梢者，生長至約 120 cm 後予以短截，至 7 月可達足夠生理成熟度、並受環境刺激而萌花。此結果與江(2005)觀察白肉種紅龍果當年生枝條自萌發到萌花所需時間(約 5 個月)相似。網室栽培'大紅'紅肉種紅龍果時，主要生產主力仍為受光良好之一年生以上枝條，其累計萌花率可達 265.3%而高於當年生者(96.4%)。此亦顯示'大紅'一年生以上枝條於正期內具備開花二次、甚至三次之能力而優於白肉種紅龍果(江，2005)。

## 三、果實品質分析

### (一)果皮顏色

紅肉種(*H. polyrhizus*)紅龍果果實發育期間，果皮顏色受甜菜苷色素生成與葉綠素降解

的共同影響(Jamaludin *et al.*, 2011)，成熟時的紫紅色主要來自甜菜苷色素中的甜菜苷(betainin) (Suh, 2014)。本試驗中夏果為 2016 年 5 月 21 日萌花、6 月 7 日盛花之批次，並於花後 37 天(7 月 13 日)採收；秋果為 2016 年 7 月 30 日萌花、8 月 16 日盛花之批次，於花後 32 天(9 月 17 日)採收(圖 1 與圖 2)。正期果實(夏、秋季)果皮顏色均可符合市場所需，其中又以秋果彩度較夏果為佳(表 3)。

本試驗雖未直接分析色素含量，但根據 Phebe 等人(2009)對紅肉種紅龍果果皮色素的研究，甜菜苷含量與  $L^*$  值和  $h^\circ$  呈現負相關，並與  $C^*$  值呈正相關。此可能為導致果皮背陽面與向陽面果色差異的原因。但照光與否對色素生成、累積及降解的影響需要進一步釐清，因溫度(熱)與光線會協同影響顏色表現(Khandaker *et al.*, 2009; Nomura *et al.*, 2005)。溫暖環境有助於紅莧(*Amaranthus tricolor* L.)葉中甜菜苷色素的累積(Khandaker *et al.*, 2009)，而本試驗中秋季氣溫高於夏季，可能因此增進果皮甜菜苷色素含量，有助於彩度的增加(表 3)。

## (二)果實重量、縱橫徑、可溶性固形物含量及可滴定酸度

網室所造就之環境因素，包含減少太陽輻射及光合有效輻射的進入、使每日最高溫、平均溫及最低溫增加及降低通風性等；於生態上則阻絕了潛在的授粉媒介，包含夜間開花時的活動動物如蝙蝠及天蛾(Grant and Grant, 1979; Haber, 1983)及清晨花器閉合前的蜂類訪花(徐, 2004; Weiss *et al.*, 1994)。網室秋果於單果鮮重、縱橫徑、果肉平均及中心可溶性固形物含量均顯著低於夏果，可能為種子數量減少所致。授粉時如授粉期(Weiss *et al.*, 1994)、授粉方式(Weiss *et al.*, 1994; Tran *et al.*, 2015b)、有效花粉源(Metz *et al.*, 2000)、果實直感(metaxenia) (Mizrahi *et al.*, 2004)等；受精前的配子體型晚期自交不親和性(gametophytic late-acting self-incompatibility)，導致花粉管生長受到抑制、無法使多數精細胞與胚珠順利完成受精(徐, 2004; Lichtenzweig *et al.*, 2000)等因素，會影響種子形成(Weiss *et al.*, 1994)及胚珠柄發育，進而間接影響果實品質表現。

計算萌花到採收累積溫度的結果顯示，網室內秋季結果期累積溫度( $1014.9^\circ\text{C}\cdot\text{d}$ )還較夏季( $1108.1^\circ\text{C}\cdot\text{d}$ )低，故結果期積溫差異影響可能較低。秋季開花期累積溫度( $567.4^\circ\text{C}\cdot\text{d}$ )較夏季( $523.3^\circ\text{C}\cdot\text{d}$ )高出  $44.1^\circ\text{C}\cdot\text{d}$ ，推測網室內花朵開放前高溫( $39-40^\circ\text{C}$ )可能對花粉形成、花藥開裂或授粉後花粉管生長造成不利影響，進而影響'大紅'種子形成及果實品質表現。

於草莓(*Fragaria*  $\times$  *ananassa* Duch.)的熱逆境(heat stress)研究則顯示，'Nyoho'於開放當日(花粉成熟期)、'Toyonoka'於花前 12 天(小孢子母細胞減數分裂期)為對熱尤其敏感( $42^\circ\text{C}$ )的花芽發育階段，僅需歷經短時(4 小時)高溫，即對後續著果有所影響(Ledesma and Kawabata, 2016)。此外'Toyonoka'的低著果率亦與其花粉活力、花粉於高溫下發芽及伸長表現受抑制有關(Ledesma and Sugiyama, 2005)。

然而紅龍果花芽對於熱敏感的發育階段、臨界溫度或高溫持續時間之條件與是否交互作用等仍有待進一步研究。如低地秈稻'IR64' (lowland *indica*)及高地秈稻'Azucena' (upland *japonica*)於花藥開裂期暴露於  $33.7^\circ\text{C}$  下 1 小時，即導致其花穗不稔(sterility)。「IR64」於  $29.6^\circ\text{C}$  以上，每升溫  $1^\circ\text{C}$  即降低 7% 花穗稔性；'Azucena'則受高溫及暴露時間的交感作用，其

基礎溫度為 33°C，每增加 1 單位°C·d<sup>-1</sup>，會降低 2.4%稔性(Jagadish *et al.*, 2007)。

以 16 目網室栽培'大紅'紅龍果可生產夏果，且不需額外套袋而具產業應用潛力，但秋果生產有待後續研究擬定品質改進之策略。為使秋季'大紅'於網室內仍可保有良好果重表現及相關內部品質，生產期間利用遮陰網控制環境光強度與溫度或許是可兼顧枝條狀態與果實品質的方法(陳和林，2016；Chang *et al.*, 2016)。對不同溫度下的紅龍果花粉發育、授粉、受精及果實發育積熱等相關研究亦有助於釐清高溫使'大紅'紅龍果小果化的主因。

## 謝 辭

本研究為中正農業科技社會公益基金會(106-中基-農-3)贊助計畫經費。洪寶進先生提供果園為試驗場所，並協助植株管理，特此謝忱。

## 參 考 文 獻

- 王德男、翁瑞亨、徐秀鳳。1994。網室木瓜倒株栽培之研究。臺灣經濟果樹栽培技術與應用研究研討會專集。臺中區農業改良場。pp. 31-39。
- 江一蘆。2005。攀附性仙人掌果品系分類、開花著果習性與修剪。國立台灣大學園藝學研究所碩士論文。102pp。
- 邱一中、林筑蘋、徐敏記、留欽培、陳殷義、劉碧鵬。2015。紅龍果的栽培與管理。行政院農業委員會農業試驗所。93pp。
- 邱祝櫻。1999。印度棗的三種栽培模式之探討。高雄區農業專訊 28: 1-3。
- 徐萬德。2004。*Hylocereus* spp.仙人掌紅龍果之栽培、生育習性及物候調查。國立臺灣大學園藝學系碩士論文。180pp。
- 陳奕君、林延諭。2016。遮光處理對防範紅龍果肉質莖日燒傷害之研究。臺東區農業改良場彙報 26: 41-58。
- 陳盟松。2017。臺灣紅龍果產期調節技術發展。臺中區農業改良場特刊 134 號。臺中區農業改良場。pp. 91-100。
- 曾淑汾、余建美。2015。台灣紅龍果產業現況及輔導措施。農業試驗所特刊第 187 號。行政院農業委員會農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所。pp. 5-17。
- 劉碧鵬、留親培。2015。台灣紅龍果品種選育現況與未來展望。台灣紅龍果生產技術改進研討會專刊。行政院農業委員會農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所。pp. 29-43。
- 劉碧鵬、謝明樹。2018。創新紅龍果生產工法—以 11 目螺旋織防蟲網生產'大紅'紅肉種紅龍果。新興蔬菜設施栽培成果研討會論文輯。pp. 23-35。
- 賴樵緯。2017。以 RAPD 標記分析台灣桑樹基因型親緣關係及於網室生產紅龍果正期果之可行性評估。國立中興大學園藝學系碩士論文。104pp。



- Castellano, S., G. Russo, and G. Scarascia Mugnozza. 2006. The influence of construction parameters on radiometric performances of agricultural nets. *Acta Hort.* 718: 283-290.
- Chang, P. T., C. C. Hsieh, and Y. L. Jiang. 2016. Responses of 'Shih Huo Chuan' pitaya (*Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britt. & Rose) to different degrees of shading nets. *Scientia Hort.* 198: 154-162.
- Grant, V. and K. A. Grant. 1979. The pollination spectrum in the southwestern American cactus flora. *Plant Syst. Evol.* 133: 29-37.
- Haber, W. A. 1983. *Hylocereus costaricensis* (pitahaya silvestre, wild pitahaya). In: Costa Rican natural history, Janzen (ed.), The Univ. of Chicago. pp. 252-253.
- Jagadish, S. V., P. Q. Craufurd, and T. R. Wheeler. 2007. High temperature stress and spikelet fertility in rice (*Oryza sativa* L.). *J. Exp. Bot.* 58: 1627-1635.
- Jamaludin, N. A., P. Ding, and A. A. Hamid. 2011. Physico-chemical and structural changes of red-fleshed dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) during fruit development. *J. Sci. Food Agr.* 91: 278-285.
- Jiang, Y. L., Y. Y. Liao, T. S. Lin, C. L. Lee, C. R. Yen, and W. J. Yang. 2012. The photoperiod-regulated bud formation of red pitaya (*Hylocereus* sp.). *HortScience* 47 (8): 1063-1067.
- Khaimov-Armoza, A., O. Novák, M. Strnad, and Y. Mizrahi. 2012. The role of endogenous cytokinins and environmental factors in flowering in the vine cactus *Hylocereus undatus*. *Israel J. Plant Sci.* 60: 371-383.
- Khandaker, L., A. M. Akond, and S. Oba. 2009. Air temperature and sunlight intensity of different growing period affects the biomass, leaf color and betacyanin pigment accumulations in red amaranth (*Amaranthus tricolor* L.). *J. Cent. Eur. Agr.* 10: 439-448.
- Kitta, E., A. D. Baille, N. Katsoulas, N. Rigakis, and M. M. González-Real. 2014. Effects of cover optical properties on greenhouse radiative environment and sweet pepper productivity. *Biosyst. Eng.* 122: 115-12.
- Ledesma, N. and N. Sugiyama. 2005. Pollen quality and performance in strawberry plants exposed to high-temperature stress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 130(3): 341-347.
- Ledesma, N. A. and S. Kawabata. 2016. Response of two strawberry cultivars to severe high temperature stress at different flower development stages. *Scientia Hort.* 211: 319-327.
- Lichtenzveig, J., S. Abbo, A. Nerd, N. Tel-Zur, and Y. Mizrahi. 2000. Cytology and mating systems in the climbing cacti *Hylocereus* and *Selenicereus*. *Amer. J. Bot.* 87: 1058-1065.
- Metz, C., A. Nerd, and Y. Mizrahi. 2000. Viability of pollen of two fruit crop cacti of the genus *Hylocereus* is affected by temperature and duration of storage. *HortScience* 35 (1): 22-24.
- Mizrahi, Y. 2015. Thirty-one years of research and development in the cacti pitaya in Israel. In: Intl. Wkshp. Proc.: Improving Pitaya Production and Mtg., Jiang, Liu, and Huang (eds.),

- Food and Fert. Technol. Center. pp. 1-18.
- Mizrahi, Y., A. Nerd, and P. S. Nobel. 1997. Cacti as crops. Hort. Rev. 18: 291-320.
- Mizrahi, Y., J. Mouyal, A. Nerd, and Y. Sitrit. 2004. Metaxenia in the vine cacti *Hylocereus polyrhizus* and *Selenicereus* spp. Ann. Bot. 93: 469-472.
- Möller, M. and S. Assouline. 2007. Effects of a shading screen on microclimate and crop water requirements. Irr. Sci. 25: 171-181.
- Nerd, A., Y. Sitrit, R. A. Kaushik, and Y. Mizrahi. 2002. High summer temperatures inhibit flowering in vine pitaya crops (*Hylocereus* spp.). Scientia Hort. 96: 343-350.
- Nobel, P. S. and E. De la Barrera. 2004. CO<sub>2</sub> uptake by the cultivated hemiepiphytic cactus, *Hylocereus undatus*. Ann. Appl. Biol. 144: 1-8.
- Nomura, K., M. Ide, and Y. Yonemoto. 2005. Changes in sugars and acids in pitaya (*Hylocereus undatus*) fruit during development. J. Hort. Sci. Biotechnol. 80 (6): 711-715.
- Ortiz-Hernández, Y. D. and J. A. Carrillo-Salazar. 2012. Pitaya (*Hylocereus* spp.): a short review. Comunicata Scientiae 3 (4): 220-237.
- Phebe, D., M. K. Chew, A. A. Suraini, O. M. Lai, and O. A. Janna. 2009. Red-fleshed pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) fruit colour and betacyanin content depend on maturity. Intl. Food Res. J. 16: 233-242.
- Raveh, E., A. Nerd, and Y. Mizrahi. 1998. Responses of two hemiepiphytic fruit crop cacti to different degrees of shade. Scientia Hort. 73: 151-164.
- Suh, D. H., S. Lee, D. Y. Heo, Y. Kim, S. K. Cho, S. Lee, and C. H. Lee. 2014. Metabolite profiling of red and white pitayas (*Hylocereus polyrhizus* and *Hylocereus undatus*) for comparing betalain biosynthesis and antioxidant activity. J. Agr. Food Chem. 62: 8764-8771.
- Tanny, J. 2013. Microclimate and evapotranspiration of crops covered by agricultural screens: A review. Biosyst. Eng. 114: 26-43.
- Tanny, J., S. Cohen, and M. Teitel. 2003. Screenhouse microclimate and ventilation: an experimental study. Biosyst. Eng. 84 (3): 331-341.
- Tanny, J., S. Cohen, and Y. Israeli. 2012. Screen constructions: Microclimate and water use in Israel. Acta Hort. 927: 515-528.
- Tran, D. H., C. R. Yen, and Y. K. H. Chen. 2015a. Effect of pollination method and pollen source on fruit set and growth of red-peel pitaya (*Hylocereus* spp.) in Taiwan. J. Hort. Sci. Biotechnol. 90 (3): 254-258.
- Tran, D., C. Yen, and Y. H. Chen. 2015b. Effects of bagging on fruit characteristics and physical fruit protection in red pitaya (*Hylocereus* spp.). Biol. Agr. Hort. 31 (3): 158-166.
- Weiss, J., A. Nerd, and Y. Mizrahi. 1994. Flowering behavior and pollination requirements in climbing cacti with fruit crop potential. HortScience 29: 1487-1492.

## Comparison of Microclimate and Fruit Production of Red Pitaya 'Da Hong' in Summer and Autumn Seasons under Net House Culture

Yen-Chieh Chien<sup>1)</sup> Jer-Chia Chang<sup>2)</sup>

Key words: Cactaceae, heat stress, protected cultivation, reproductive phenological stage

### Summary

During the main natural inductive period (from Apr. to Oct. 2017) of red pitaya (*Hylocereus* sp. 'Da Hong'), 8-years-old plants were used under the 16-mesh net-house in Caotun, Nantou, Taiwan. Comparison of microclimate between summer and autumn and effects of season on fruit quality were investigated inside of the facility. The transmittances of solar radiation and photosynthetic photon flux density under 16-mesh insect-proof net house were 80.4% and 74.4%, respectively. The maximum, average and minimum air temperatures inside of the facility were higher than outside on most days. There were the 13 flowering waves under the net-house cultivation during natural inductive period. The accumulative floral bud emergence percentage of > 1-year-old shoots was 265.3%, significantly higher than current year shoots (96.4%). Peel chroma (C\*) of autumn fruits (floral bud emerged on 30 Jul. 2017, fruit harvested on 17 Sep. 2017) were higher than those of summer fruits (floral bud emerged on 21 May 2017, fruit harvested on 13 Jul. 2017). The hue angle (h°) on shaded side was lower than that on exposed side while seasons did not significantly affect the peel h°. The longitudinal and transverse diameters and single fruit weight of autumn fruit (77.0 mm, 59.3 mm, and 197.3 g) were lower than those of summer fruit (102.3 mm, 82.3 mm, and 404.2 g). Perhaps due to high temperature during flowering period in daytime under the net-house, total soluble solid contents of autumn fruits also significantly lower than those of summer fruits. In conclusion, applying 16-mesh net-house to grow red pitaya 'Da Hong' and produce summer fruits could be a potential model for industrial cultivation. However, fruit production under net house tended to be miniature in autumn.

---

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

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



## 採後處理真空脫澀時間對'牛心柿'果皮褐化之影響

王 以 琳<sup>1)</sup> 謝 慶 昌<sup>2)</sup>

關鍵字：'牛心柿'、真空脫澀、褐化

**摘要：**'牛心柿' (*Diospyros kaki* Tumb. cv. Bull Heart) 屬於完全澀柿，需經脫澀處理才可食用。近年'牛心柿'改用真空脫澀處理，但是果皮會出現褐化情形，降低果實品質。本試驗目的為了解真空脫澀時間對果皮褐化之影響，將'牛心柿'真空脫澀處理分別在 24、48 及 72 小時後，移至室溫貯藏，並在同 1 日進行果實品質調查。真空脫澀 24 小時，其澀味指數最高達 3.2-3.4，且可溶性固形物含量達 15.3°Brix，顯著高於真空 48 及 72 小時處理組。真空 48 小時之褐化指數最高，丙二醛含量也高於另外 2 組。不同真空時間之多酚氧化酶、總酚類化合物與苯丙胺酸裂解酶沒有顯著性差異。當貯藏時間增加，果皮 L\* 值下降而褐化指數上升。果皮褐化受到許多因子影響，貯藏時間增加褐化越嚴重，在試驗中真空 48 小時會使'牛心柿'果皮褐化情形較嚴重，但真空 72 小時果皮褐化之情形較輕微，可以延長貯架壽命。

### 前 言

'牛心柿' (*Diospyros kaki* Tumb. cv. Bull Heart) 屬於完全澀柿，台灣主要栽培地區為嘉義縣番路鄉。完全澀柿需要經過脫澀處理，將果實之可溶性單寧轉換為不可溶性單寧，使果實澀味下降，才可以食用(Ito, 1971)。有許多的脫澀方法，像是溫水浸泡脫澀、二氧化碳脫澀、石灰水浸泡脫澀、酒精脫澀與真空脫澀等。脫澀方法依照各國消費者的消費習慣，選用適合的脫澀方法。世界各國主要以二氧化碳脫澀處理柿果，脫澀後可以維持較佳硬度(Yamada et al., 2002)。台灣過去以石灰水浸泡脫澀柿果，但是脫澀後果實外皮有白色之碳酸鈣存留，影響產品之外觀與食品安全之疑慮。近年改用真空脫澀方法，減少碳酸鈣殘留於果皮，但是會造成柿果皮褐化情形，此試驗以不同之真空時間處理，觀察脫澀後果皮褐化指數、硬度、多酚氧化酶等，以期能有一個方法可以降低柿果果皮褐化之情形。

---

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。

## 材 料 與 方 法

### 一、試驗材料及取樣方法

2016 年 9 月 26 日與 2017 年 10 月 4 日，在嘉義縣番路鄉柿子哥農場(23°27'04.8"N, 120°35'39.5"E)，採收'牛心柿' (*Diospyros kaki* Tumb. cv. Bull Heart)之果實。

將採收後之柿果進行真空脫澀處理，變因為不同之真空脫澀時間，分成 3 組，脫澀時間分別為 24、48 與 72 小時，觀察不同之脫澀時間，對果實之影響。真空袋中添加 1-MCP，並貯放在 33℃ 恆溫箱中進行 3 日脫澀處理。2016 年各組處理分別有 72 粒果實，褐化指數隨機取 62 個數據進行統計分析。2017 年各組以 45 粒果實進行試驗，褐化指數隨機取 35 個數據進行統計分析。

### 二、調查項目及分析方法

#### (一) 果皮顏色測定

以攜帶型分光色差儀(Mini Scan XE Plus, Model 4500S)測定果實赤道部位相對 2 點之  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  值，2 點的平均值為顏色表示。 $L^*$  值代表明亮度(lightness)，0 為黑色，100 為白色。 $a^*$  值正值偏紅色，負值偏綠色。 $b^*$  值正值偏黃色，負值偏藍。以  $a^*$  與  $b^*$  值可得  $C^*$  彩度(chroma)與  $h^\circ$  色相角(Hue angle)， $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$  顏色的飽和程度。 $h^\circ = \tan^{-1}(b^*/a^*)$  顏色色相變化， $0^\circ$  ( $360^\circ$ ) 為紅色， $30^\circ$  橙色， $60^\circ$  黃色， $90^\circ$  黃綠色， $120^\circ$  綠色， $180^\circ$  青色， $240^\circ$  藍色。隨機挑選 10 個果實。

#### (二) 硬度

隨機選 5 個果實，在果實赤道，以硬度計(Penetrometer F327)測定，1 個果實測 2 點，2 點取平均值為硬度。平頭探針面積為  $0.49 \text{ cm}^2$ ，單位以牛頓(N)表示。

#### (三) 全可溶性固形物

參從果實赤道的部位取其果肉榨汁，以電子式糖度計(PR-32, ATAGO, Japan)測定，單位為  $^\circ\text{Brix}$ ，隨機選 5 個果實做測定。

#### (四) 澀味測定

將濾紙(Whatman#1)，浸泡在 5% 氯化鐵，取出乾燥後為單寧試紙。將果實縱切，其中 1/2 的果實，如蓋印章的方法蓋在試紙上面，依照單寧試紙上的黑色呈色反應，判斷果實的脫澀程度。氯化鐵會與可溶性單寧作用而有黑色的現象。黑色面積越大則其澀味較嚴重，反之則輕。依黑色面積，分成 5 個級數，1 級為 10% 以下，2 級 10-30%，3 級 30-50%，4 級 50-70%，5 級 75% 以上，1 級與 2 級為可以食用的情形(圖 1)。隨機選 5 個果實做測定，計算平均值。

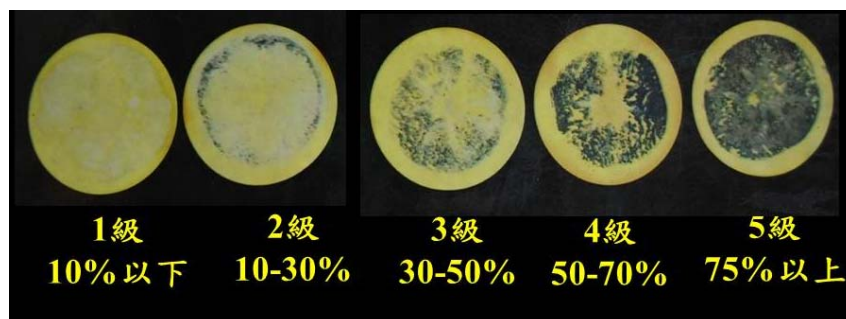


圖 1. 柿子澀味指數。

Fig. 1. Persimmon astringency index.

#### (五) 褐化測定

以目測觀察果皮面積褐化情形分級，0 級無褐化現象，1 級 1-15%，2 級 16-30%，3 級 31-50%，4 級 51%以上(圖 2)。

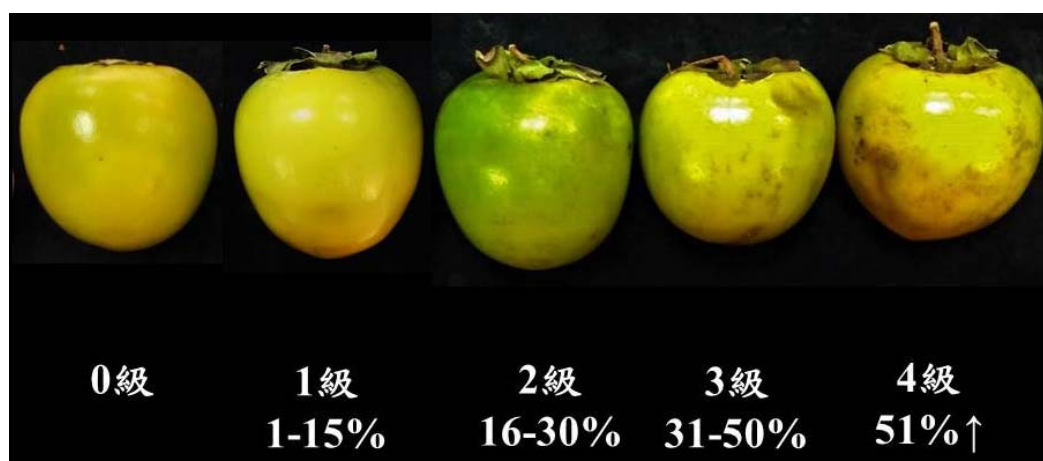


圖 2. 柿子褐化指數。

Fig. 2. Persimmon browning index.

#### (六) 總酚類化合物(Total phenolic compound, TPC)

秤取 2 公克之果實，3 個重複數，加入 5 mL 0.1 M 磷酸緩衝液(pH 7.0)與海砂，冰浴研磨。在 4°C 20000xg 離心 20 分鐘後，Miracloth (Merck)過濾備用，參考 Keith 等(1958)。取 0.1 mL 上清液加入 0.9 mL 去離子水，加 0.1 mL Folin-Ciocalteus phenol reagent (Merck)、

0.2 mL 之 20%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  與 8.7 mL 去離子水振盪混合。於沸水中 3 分鐘，待冷卻後測定。以 Elisa Reader (BMG LABTECH, FLUOstar Omega  $\Omega$ , Germany)，測 660 nm 的吸收值。用 100 ppm caffeic acid 配置。TPC 濃度  $\text{mg g}^{-1}$  FW。

(七) 多酚氧化酶(Polyphenol oxidase, PPO)

參考 Lee 與 Smith (1979)之分析方法。取果實 2 g，加入 5 mL 含有 1% PVP、0.25% Triton 與 0.1 M 磷酸緩衝液(pH 7.0)，在冰浴中填加海砂一同研磨。在比色管中加入 0.1 mL 上清液、1.9 mL 0.1 M 磷酸緩衝液(pH 8.0)，最後加入 0.2 mL 0.5 M catechol，迅速混合均勻，放入分光光度計(Shimadzu UV-200S)，測 420 nm 的吸收值。PPO 濃度用  $\Delta A \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1} \cdot \text{FW}$ 。

(八) 苯丙胺酸裂解酶(Phenylalanine ammonia lyase, PAL)

以 Zhou 等(2003)方法，秤柿果重量 2 g，加 5 mL 0.1M 硼酸緩衝液(pH 8.8)，0.1M 硼酸緩衝液內含有 2 mM EDTA、5 mM b-mercaptoethanol、1%PVP。將果皮、0.1M 硼酸緩衝液與海砂在冰浴中研磨。在 4°C 以 100 rpm 震盪 1 小時。放入離心機於 4°C、20000xg 離心 20 分鐘，以 Miracloth (Merck)過濾後取上清液。分別製作空白組與樣品反應組。取上清液 0.1 mL 加入 2.9 mL 之 60 mM L-苯丙胺酸，混合震盪後在 40°C，100 rpm 水域機中反應 1 小時，迅速加入 0.1 mL 6 N HCl 終止反應。空白組，取上清液 0.1 mL 加入 2.9 mL 之 0.1M 硼酸緩衝液，在添加 0.1 mL 6N HCl 終止反應。以 Elisa Reader (BMG LABTECH, FLUOstar Omega  $\Omega$ , Germany)，測 290 nm 的吸收值。標準品以 10 ppm cinnamic acid 配置，濃度 0-10 ppm。計算方法以濃度  $\times (5 + \text{鮮重}) \times \text{稀釋倍數} / \text{鮮重} / 1 \text{ 小時}$ 。樣本濃度-空白值濃度 = PAL 活性  $\mu \text{g cinnamic acid hr}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ FW}$ 。

(九) 丙二醛(Malondialdehyde, MDA)

取 0.5 g 柿果皮(3 重複)加入 5 mL 之 5% (w/v) Trichloroacetic acid (TCA)和海砂，冰浴研磨。在 4°C 20000xg 離心 5 分鐘，Miracloth (Merck)過濾備用。取 1 mL 上清液，加入 4 mL 之 0.5% (w/v) Thiobarbituric acid (TBA)振盪後，在沸水中煮 15 分鐘，取出後待冷卻測定。以 Elisa Reader (BMG LABTECH, FLUOstar Omega  $\Omega$ , Germany)，測 532 nm 與 600 nm 的吸收值。空白值用 1 mL 之 5% (w/v) Trichloroacetic acid (TCA)加入 4 mL 之 0.5% (w/v) Thiobarbituric acid (TBA)。MDA 濃度用  $\text{nmol/g FW}$ 。

## 結 果

真空脫澀時間之處理總共 72 小時，將採收之'牛心柿'果實分成 3 個處理，第 1 個處理是真空脫澀 24 小時，並且在空氣中貯放 48 小時；第 2 個處理是真空脫澀 48 小時，之後在空氣中貯放 24 小時；第 3 個處理是真空脫澀 72 小時，在空氣中貯藏 0 小時。這 3 組處理組，脫澀後在同 1 日進行之品質調查。'牛心柿'真空脫澀後，果皮 L\*值隨著貯藏時間增



加而下降，調查第 1 日 L\*值 52.0-52.8，第 3 日調查時已下降至 48.5-49.5；真空 24 小時的 L\*值下降比率為 8%，真空 48 小時 L\*下降比率為 5%，真空 72 小時 L\*值下降的比率為 6%。'牛心柿'果皮 a\*值介於 5.0-6.5，b\*值介於 49.6-53.5，處理組間無顯著差異性(表 2)。2017 年試驗真空 24 小時之硬度從 98.3 N 下降至 91.5 N，下降比率 7%；真空 48 小時之硬度從 98.3 N 下降至 92.9 N，下降比率 5%，真空 72 小時之硬度從 94.5 N 下降至 93.7 N 下降比率為 1% (表 1)。2016 年試驗之全可溶性固形物(TSS)，真空 24 小時隨著調查時間增加，從 14.4 °Brix 下降至 13.8 °Brix；真空 48 小時 TSS 則是從 13.9 °Brix 下降至 12.1 °Brix；真空 72 小時 TSS 從 12.4 °Brix 上升至 12.9 °Brix。2017 年試驗真空 24 小時之 TSS 從 14.4 °Brix 上升至 15.3 °Brix；真空 48 小時 TSS 從 13.9 °Brix 下降至 12.9 °Brix；真空 72 小時之 TSS 從 12.6 °Brix 上升至 13.4 °Brix。2016 與 2017 年試驗真空 24 小時處理組 TSS 含量高於另外 2 組(表 1)。澀味指數判斷果實脫澀程度，2016 年試驗真空 24 小時處理組，澀味指數從 3.6 下降至 2.8；2017 年試驗調查第 1 日澀味指數為 3.2，第 3 日仍為 3.2，果實之脫澀速度慢，真空 48 與 72 小時之處理，柿果澀味指數分別為 1.2 與 1.8，顯著較真空 24 小時處理組之澀味低(表 1)。2016 年與 2017 年試驗，真空 48 小時處理組之褐化指數皆最高，2017 年真空 48 小時處理組，調查第 1 日之褐化率為 40%，第 3 日為 100%。真空 24 小時處理組之褐化率從 50%上升至 88%。真空 72 小時處理組之褐化率從 5%上升至 50%(圖 3)，隨著貯藏時間增加，果實褐化情形較嚴重。柿果皮採收時之總酚類化合物 (TPC)為 1.5 mg g<sup>-1</sup> FW，脫澀後，真空 24 小時處理組 TPC 第 1 日上升至 2.7 mg g<sup>-1</sup> FW，

表 1. 真空脫澀時間對'牛心柿'硬度、全可溶性固形物、脫澀指數之影響

Table 1. Effect of vacuum treatment duration on the firmness, total soluble solids and astringency index of 'Bull Heart' persimmon fruits.

| Vacuum treatment - |       | Firmness(N)         |        |        | Total soluble solids(°Brix ) |        |         | Astringency index |       |       |
|--------------------|-------|---------------------|--------|--------|------------------------------|--------|---------|-------------------|-------|-------|
| air time(hr)       |       | 1 <sup>z</sup>      | 2      | 3      | 1                            | 2      | 3       | 1                 | 2     | 3     |
| 2016               | 24-48 | - <sup>y</sup>      | -      | -      | 14.4 a                       | 14.7 a | 13.8 a  | 3.6 a             | 3.4 a | 2.8 a |
|                    | 48-24 | -                   | -      | -      | 13.9 a                       | 13.9 a | 12.1 b  | 1.8 b             | 1.0 b | 1.0 b |
|                    | 72-0  | -                   | -      | -      | 12.4 a                       | 13.1 a | 12.9 ab | 1.0 c             | 1.0 b | 1.0 b |
| 2017               | 24-48 | 98.3 a <sup>x</sup> | 89.9 a | 91.5 a | 14.4 a                       | 14.4 a | 15.3 a  | 3.2 a             | 3.4 a | 3.2   |
|                    | 48-24 | 98.3 a              | 86.3 a | 92.9 a | 13.9 a                       | 13.3 b | 12.9 b  | 2.0 b             | 1.2 c | -     |
|                    | 72-0  | 94.5 a              | 89.3 a | 93.7 a | 12.6 b                       | 12.9 b | 13.4 b  | 2.0 b             | 1.8 b | -     |

<sup>z</sup> Survey days. Day 1 of survey is meaning day 0 after treatment.

<sup>y</sup> No data.

<sup>x</sup> Mean separation within columns by LSD test at P≤ 0.05.

但第 2 日下降為  $0.5 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ；真空 48 小時處理組 TPC 第 1 日上升至  $2.5 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ，第 2 日下降為  $0.6 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ；真空 72 小時處理組 TPC 第 1 日為  $2.5 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ，第 2 日下降至  $0.8 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ 。真空 48 小時處理組之多酚氧化酶(PPO)活性為  $6.9 \Delta\text{A min}^{-1} \text{ g}^{-1} \cdot \text{FW}$ ，比真空 24 小時  $4.8 \Delta\text{A min}^{-1} \text{ g}^{-1} \cdot \text{FW}$  高，也高於真空 72 小時處理  $4.9 \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1} \cdot \text{FW}$ 。苯丙胺酸裂解酶在採收時為  $178.3 \mu\text{g cinnamic acid hr}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ FW}$ ，脫澀後 PAL 活性介於  $167.2 - 175.1 \mu\text{g cinnamic acid hr}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ FW}$ ，3 組處理沒有顯著性差異(表 3)。真空 48 小時處理，丙二醛含量  $139.03 \text{ nmol g}^{-1} \text{ FW}$  高於另外 2 組處理(圖 4)。

表 2. 真空脫澀時間對'牛心柿'果皮顏色之影響(2017)

Table 2. Effect of vacuum treatment duration on the peel color of 'Bull Heart' persimmon fruits.

| Vacuum<br>treatment- air<br>time (hr) | L*                  |         |        | a*    |       |       | b*     |        |        |
|---------------------------------------|---------------------|---------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
|                                       | 1 <sup>z</sup>      | 2       | 3      | 1     | 2     | 3     | 1      | 2      | 3      |
| 24-48                                 | 52.8 a <sup>y</sup> | 50.3 b  | 48.5 a | 6.0 a | 6.2 a | 6.5 a | 52.5 a | 51.3 a | 53.4 a |
| 48-24                                 | 52.0 a              | 51.2 ab | 49.5 a | 5.5 a | 6.2 a | 5.2 a | 51.9 a | 52.6 a | 49.6 a |
| 72-0                                  | 52.2 a              | 52.0 a  | 49.3 a | 5.0 a | 5.2 a | 6.2 a | 53.5 a | 52.8 a | 51.8 a |

<sup>z</sup> Survey days. Day 1 of survey is meaning day 0 after treatment.

<sup>y</sup> Mean separation within columns by LSD test at  $P \leq 0.05$ .

表 3. 真空脫澀時間對'牛心柿'果皮之總酚類化合物、多酚氧化酶與苯丙胺酸裂解酶活性之影響(2017)

Table 3. Effect of vacuum treatment duration on the peel TPC, PPO and PAL of 'Bull Heart' persimmon fruits.

| Vacuum<br>treatment- air<br>time (hr) | TPC ( $\text{mg g}^{-1} \text{ FW}$ ) |                    |       | PPO( $\Delta\text{A min}^{-1} \text{ g}^{-1} \cdot \text{FW}$ ) |       |       | PAL ( $\mu\text{g cinnamic acid hr}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ FW}$ ) |         |         |
|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------|-------|-----------------------------------------------------------------|-------|-------|-----------------------------------------------------------------------|---------|---------|
|                                       | 0 <sup>z</sup>                        | 1 <sup>y</sup>     | 2     | 0                                                               | 1     | 2     | 0                                                                     | 1       | 2       |
| 24-48                                 | 1.5                                   | 2.7 a <sup>x</sup> | 0.5 a | 5.5                                                             | 4.8 b | 3.6 a | 178.3                                                                 | 172.5 a | 171.2 a |
| 48-24                                 | 1.5                                   | 2.5 a              | 0.6 a | 5.5                                                             | 6.9 a | 4.3 a | 178.3                                                                 | 167.2 a | 172.2 a |
| 72-0                                  | 1.5                                   | 2.5 a              | 0.8 a | 5.5                                                             | 4.9 b | 4.3 a | 178.3                                                                 | 169.6 a | 175.1 a |

<sup>z</sup> 0 is meaning harvesting time.

<sup>y</sup> Survey days. Day 1 of survey is meaning day 0 after treatment.

<sup>x</sup> Mean separation within columns by LSD test at  $P \leq 0.05$ .

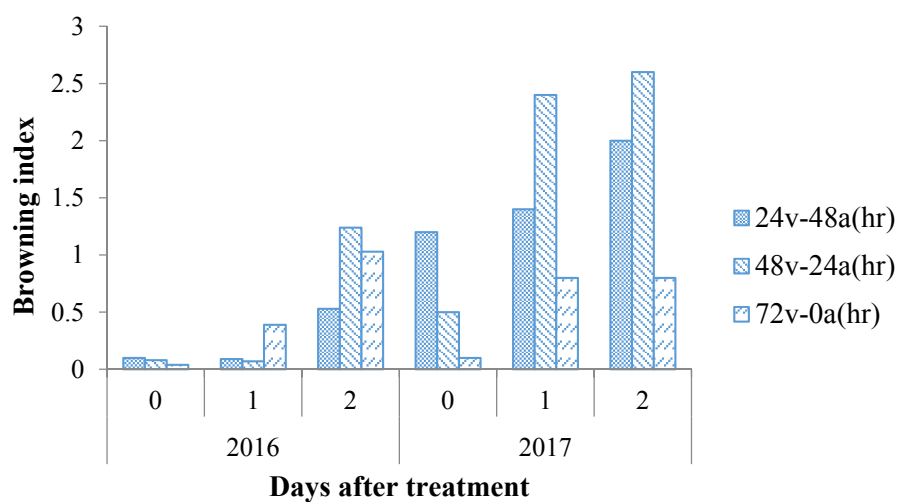


圖 3. 真空脫澀時間對'牛心柿'果皮褐化之影響。

Fig. 3. Effect of vacuum treatment duration on the peel browning index of 'Bull Heart' persimmon fruits. The 24v-48a is meaning 24 vacuum time and 48 air time (hr), and so on. Means followed by the same letter are not significantly different by LSD at  $P \leq 0.05$ .

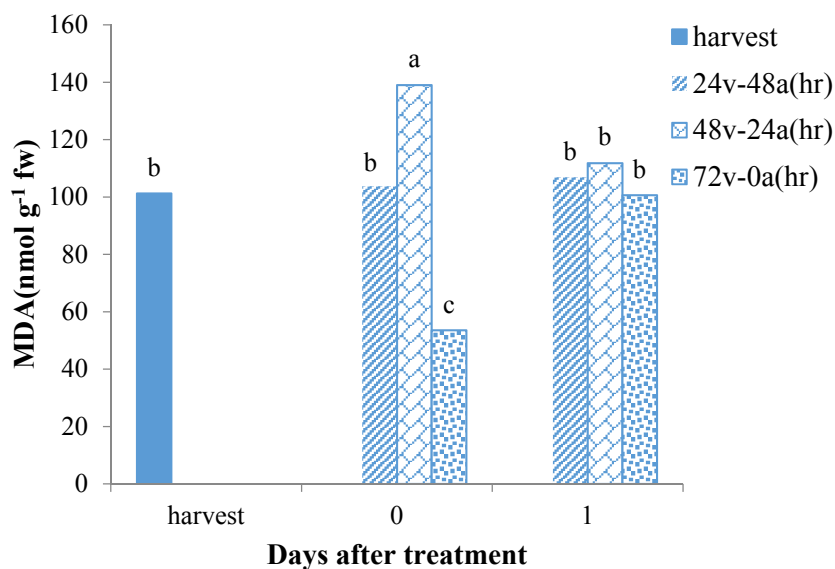


圖 4. 真空脫澀時間對'牛心柿'果皮丙二醛之影響。

Fig. 4. Effect of vacuum treatment duration on the peel MDA of 'Bull Heart' persimmon fruits. The 24v -48a is meaning 24 vacuum time and 48 air time (hr), and so on. Means followed by the same letter are not significantly different by LSD at  $P \leq 0.05$ .



圖 5. '牛心柿'真空脫澀後調查第 2 天的情形。(A)脫澀 24 小時、(B)脫澀 48 小時、(C)脫澀 72 小時。(bar = 5 公分)。

Fig. 5. Effect of vacuum treatments on the peel browning of 'Bull Heart' persimmon fruits. (A) 24hrs、(B) 48hrs、(C)72hrs. (bar = 5 cm)

## 討 論

真空時間長短影響脫澀的程度，Lloyd(1913)以不同成熟度之柿果進行二氧化碳脫澀處理，脫澀時間 24 小時，柿果無法完全脫澀，至少需要 46 小時。真空試驗 33℃ 脫澀 24 小時，第 3 日調查時澀味指數 3.2，澀味指數高；脫澀時間 48 小時，第 2 日調查時之澀味指數為 1.2，脫澀時間 72 小時澀味指數 1.8 (表 1)，從試驗結果觀察，脫澀時間至少需要 48 小時。

柿果脫澀後果實硬度的變化，林等(1987)石灰懸浮液浸漬 3-4 天，有 60%-70%果實，在花萼附近出現水浸狀、軟化與褐化情形，使柿果商品價值降低。Ortiz 等人(2005)以酒精處理 'Rendaiji' 柿，脫澀後果實也迅速軟化。蕭(2012)以酒精進行脫澀處理，'牛心柿'脫澀後硬度下降 27%，當酒精濃度越高硬度下降越快速。柿果經二氧化碳脫澀處理，硬度下降速度較酒精處理慢(Taira *et al.*,1992)。Salvador 等(2004)指出果實硬度低於 10 N 已失去商品的價值。試驗中真空脫澀 3 日後，果實硬度仍可以維持在 90 N 以上，在試驗中調查第 1 日硬度平均值為 97.0 N；第 3 日硬度平均值為 92.7 N，因此真空脫澀處理可以使柿果維持較佳之硬度。2016 年全可溶性固形物含量，第 1 日平均值為 13.6°Brix，第 3 日下降至 12.9°Brix，全可溶性固形物隨著貯藏時間增加會下降。脫澀 24 小時之全可溶性固形物，在 2016 年與 2017 年試驗皆比脫澀 48 小時與脫澀 72 小時之全可溶性固形物高，澀味指數高之處理組，全可溶性固形物也較高(表 1)。果皮顏色 L\*值隨著貯藏時間增加下降(表 2)，處理組間則無顯著性差異。

真空脫澀 48 小時，果皮褐化指數高，在 2017 年柿果褐化率為 100% (圖 3)。真空脫澀處理是將柿果處於低氧高二氧化碳的環境。低氧環境會使果實產生揮發性氣體乙醇與乙

醛等，長時間的處理使果實產生異味而影響品質，朱(2009)將柿果真空處理長達2周時間，果實食用的時候有酸味。低氧與高二氧化碳的環境，對柿果短期之保鮮有效，但是長時間的保存，會發生褐化現象，因為氧氣累積，多酚氧化酶與酚類物質共同作用而導致(Beaudry, 1999)。果實之褐化取決於酚類化合物和多酚氧化酶活性，當細胞膜的透性改變，因為酚類化合物與多酚氧化酶之作用，造成組織褐化，影響商品價值(Zhang *et al.*, 2015)。因此取各處理組之柿果皮進行總酚類化合物、多酚氧化酶、苯丙胺酸裂解酶與丙二醛之調查，觀察是否與褐化相關。處理間之總酚類化合物與苯丙胺酸裂解酶無顯著性差異(表 3)，但是採收時之總酚類化合物  $1.5 \text{ mg g}^{-1} \text{FW}$ ，脫澀後調查第 1 日平均值為  $2.6 \text{ mg g}^{-1} \text{FW}$ ，脫澀後調查第 2 日之總酚類化合物迅速下降，平均值為  $0.6 \text{ mg g}^{-1} \text{FW}$ 。脫澀前苯丙胺酸裂解酶活性較脫澀後之活性大(表 3)。多酚氧化酶在調查第 1 日之脫澀 48 小時處理之活性高於其他 2 組處理，但是第 2 日調查 3 組處理無顯著差異。因此在多酚氧化酶、總酚類化合物與苯丙胺酸裂解酶之數值中，無法明確判斷其對處理間褐化高低之影響。丙二醛與膜損傷相關，脫澀 48 小時丙二醛含量較另外 2 組處理組高(圖 4)，褐化情形也較嚴重。

真空脫澀時間脫澀 24 小時澀味指數高，脫澀 48 小時則是褐化情形嚴重，因此'牛心柿'真空脫澀需脫澀 72 小時，因為褐化指數與澀味指數較低，此為較佳之脫澀時間。

## 參 考 文 獻

- 朱峯震。2009。龍眼貯藏及牛心柿真空脫澀技術之研究。國立中興大學園藝學系碩士論文。107pp.。
- 林宗賢、謝慶昌、繆八龍。1987。二氧化碳與石灰懸浮液對柿果脫澀、軟化與乙烯產生之比較。中國園藝 33:274-283。
- 蕭昀珍。2012。真空處理對不同澀柿品種脫澀及貯藏品質之影響。國立中興大學園藝學系碩士論文。120pp.。
- Beaudry, R. M. 1999. Effect of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> partial pressure on selected phenomena affecting fruit and vegetable quality Postharvest Biol. Technol 15(3): 293-303.
- Ito, S. 1971. The persimmon. pp.281-302. In : S. P. Monselise (ed.) CRC Handbook of fruit Set and Development. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
- Keith, R. W., D. L. Tourneau, and D. Mahlum. 1958. Quantitative paper chromatographic determination of phenols. J. Chromatogr. A 1:534-536.
- Lee, C. Y. and N. L. Smith. 1979. Blanching effect on polyphenol oxidase activity in table beets. J. Food Sci. 44:82-83.
- Lloyd, F. E. 1913. The induction of nonastringency in persimmons at supranormal pressures of carbon dioxide. Sci. 37:228-232.

- Ortiz, G. I., S. Sugaya, Y. Sekozawa, H. Ito, K. Wada, and H. Gemma. 2005. Efficacy of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) in prolonging the shelf- life of 'Rendaiji' persimmon fruits previously subjected to astringency removal treatment. *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.* 74(3):248-254.
- Salvador, A., L. Arnal, A. Monterde, and J. Cuquerella. 2004. Reduction of chilling injury symptoms in persimmon fruit cv. 'Rojo Brillante' by 1-MCP. *Postharvest Biol. Technol.* 33(3):285-291.
- Taira, S., I. Satoh, and S. Watanabe. 1992. Relationship between differences in the ease of removal of astringency among fruits of Japanese persimmon and their ability to accumulate ethanol and acetaldehyde. *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.* 60(4): 1003-1009.
- Yamada, M., S. Taira, M. Ohtsuki, A. Sato, H. Iwanami, H. Yakushiji, R. Wang, Y. Yang, and G. Li. 2002. Varietal differences in the ease of astringency removal by carbon dioxide gas and ethanol vapor treatments among oriental astringent persimmon of Japanese and Chinese origin. *Sci. Hortic.* 94(1-2): 63-72.
- Zhang, Z., D. J. Huber, H. Qu, Z. Yun, H. Wang, Z. Huang, H. Huang, and Y. Jiang. 2015. Enzymatic browning and antioxidant activities in harvested litchi fruit as influenced by apple polyphenols. *Food Chem.* 171: 191-199.
- Zhou, Y., M. Dahler, S. J. R. Undrhill, and R. B. H. Wills. 2003. Enzymes associated with blackheart development in pineapple fruit. *Food Chem.* 80: 565-572.

## Effect of Postharvest treatments on the Peel Browning of 'Bull Heart' Persimmon Fruit after Vacuum Deastringency

Yi-Lin Wang <sup>1)</sup> Ching-Chang Shiesh <sup>2)</sup>

Key words : 'Bull Heart', Vacuum deastringency, Browning

### Summary

Persimmon 'Bull Heart' produces pollination constant and astringent fruits. Astringent persimmon requires deastringency treatment before consumption. In recent years, 'Bull Heart' persimmon use vacuum deastringent treatment to remove astringency, but the peels are prone to browning and fruit quality is reduced. The aim of the study is to investigate the effect of vacuum time on peel browning and astringent removal. After vacuum treatments for 24, 48 and 72 hours, fruits were stored at room temperature and fruit quality survey on the same day. After vacuum for 24 hours, astringency index was the highest with values between 3.2 and 3.4, the soluble solids content reduced 15.3°Brix which is higher than that treated for 48 and 72 hours. The browning index was the highest in vacuum for 48 hours, and the malondialdehyde content was also higher than the other two groups. There were no significant differences in polyphenol oxidase, total phenolic compounds and phenylalanine ammonia lyase between different vacuum times. The peel L \* value decreased and the browning index increased as storage time increased. The browning of the peel was affected by many factors, and the browning was more serious when the storage time was increased. After vacuum for 48 hours, astringency index was made the browning of 'Bull Heart' persimmon more serious. After vacuum for 72 hours, the browning index was lower, so shelf life was prolonged.

---

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

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

Corresponding author.





## '珍珠拔'番石榴果實發育期間成分之變化與 東方果實蠅為害之關係

林 高 偉<sup>1)</sup> 林 慧 玲<sup>2)</sup> 謝 慶 昌<sup>3)</sup>

關鍵字：番石榴、東方果實蠅、果實發育、果實成分

**摘要：**'珍珠拔'番石榴果實受東方果實蠅為害，此蟲產卵偏好受果實之顏色、硬度、氣味和成分等因素影響。本試驗調查不同發育程度果實受東方果實蠅為害率，及果實之硬度、色澤、碳水化合物、酚類化合物和可溶性單寧等變化情形，探討果實物化性質與東方果實蠅產卵之相關性。田間採集果實調查顯示，果實直徑4 cm以下，受果實蠅為害風險極微，而果實發育至直徑5 cm以上，受果實蠅為害率顯著增加；果實之澱粉含量和總酚類化合物與東方果實蠅產卵偏好無顯著差異，而易遭受為害之果實，果實色澤較為淡黃、果實硬度和可溶性單寧含量呈顯著下降，但全可溶性糖和葡萄糖、果糖和蔗糖類含量則顯著增加，與東方果實蠅為害率呈正相關。

### 前 言

番石榴(*Psidium guajava* L.)原產於中美洲和墨西哥地區，果實富含維他命C、膳食纖維、葉酸等礦物元素，目前為熱帶和亞熱帶重要食用蔬果，其果樹之葉、樹皮、根和果實等各部分營養和藥理價值被廣泛研究中，為一重要經濟果樹(Joseph and Priya, 2011)。「珍珠拔」番石榴為臺灣目前栽培面積最大之品種，在栽培管理上，以套袋方式防止東方果實蠅(*Bactrocera dorsalis* Hendel)為害(謝，2011)。東方果實蠅屬雙翅目果實蠅科(Tephritidae)廣泛分佈在熱帶和亞熱帶地區，東南亞和太平洋地區為主要分佈區(Stephens *et al.*, 2007)。臺灣最早發現此蟲是在1911年臺北柑桔園果實內發現幼蟲為害，分布範圍廣為多種果樹重要害蟲，番石榴為其主要寄主，幼蟲取食果肉造成嚴重為害(溫和吳，2011；劉，1981)。

---

1)國立中興大學園藝系研究生。

2)國立中興大學園藝系教授。

3)國立中興大學園藝系副教授，通訊作者。

果實蠅產卵行為是藉著嗅覺和視覺去找尋適當的寄主植物和果實(Bateman, 1972; Prokopy and Roitberg, 1984)。東方果實蠅雌成蟲於白天產卵，以觸角之嗅覺作用尋找寄主果實後，以產卵管探試果皮之硬度，在適合情況下，其雙翅展開腹端向下，將產卵管插入果皮內產卵，偏好於成熟果實，尋找適合寄主過程受果實物理、化學等因子影響，果實之氣味、色澤、硬度、成熟度和成分等在東方果實蠅產卵選擇上扮演重要角色。(邱和朱，1987；劉，1981；劉和黃，1990)。

番石榴果實是東方果實蠅喜好寄主，較多研究在探討成熟果實對於果實蠅之誘引性，如成熟果實成分、揮發性物質、色澤等(邱，1990；黃等，2002；Cunningham *et al.*, 2016；Wu *et al.*, 2007)。本試驗以調查'珍珠拔'番石榴不同發育階段果實色澤、硬度、碳水化合物、酚類化合物和可溶性單寧等物質，探討不同發育期果實對東方果實蠅產卵之影響和受東方果實蠅為害之可能因子。

## 材 料 和 方 法

### 一、試驗材料

本試驗材料為4-8年生'珍珠拔'番石榴植株，試驗區位於臺中地區番石榴果園，果實取樣於2016和2017年4-9月期間，施肥、灌溉和套袋等採慣行栽培模式，試驗期間無施用藥劑防治病蟲害。

### 二、不同發育期果實受東方果實蠅為害調查

'珍珠拔'番石榴果園中逢機採收不同大小果實，放置於具透氣性壓克力箱內，存放於 $26\pm 1^{\circ}\text{C}$ 下3天後，解剖調查果實受害情形，採集之幼蟲放置於透明壓克力箱內，等待果實蠅化蛹和羽化成蟲後確定果實蠅種類。本試驗於夏季和冬季採集果實調查，總計8次。

### 三、不同發育期'珍珠拔'番石榴果實理化性質分析

由番石榴果園中逢機採收不同大小果實，依果實直徑大小排序後，依直徑大小區分為小於2 cm，2-3 cm，3-4 cm，4.0-4.5 cm，4.5-5.0 cm，5-6 cm，6-7 cm與大於7 cm 8組果實，每組8果，共3重複，調查項目如下：

#### (一)果皮色澤和硬度分析

於果實赤道處以手持式色相差儀(Hand-held colorimeter, Nippon Denshoku model NR-3000)測定果皮顏色，每果選取對稱2處測定點，果色以 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 表示。 $L^*$ 為明度lightness； $a^*$ 為紅-綠色； $b^*$ 為藍-黃色。硬度分析方面，以物理性檢測器(sun scientific co. ltd., model cr-100)測定果皮受穿刺入果肉時，單位面積內所需最大之壓力。單位以牛頓(N)表示。儀器參數設定值：探頭為圓錐型( $\varnothing 12\text{ mm} \times 16\text{ mm}$ )，刺入深度3 mm，移動速度120 mm/min，R/H:HOLD，P/T:PRESS，MAX: 10 kg。

#### (二)碳水化合物含量分析

### 1、全可溶性糖之測定

新鮮番石榴果肉切成細塊，用液態氮脫水固定，以低溫真空冷凍乾燥機進行脫水乾燥2-3日後，將樣品置於研钵中加入液態氮研磨成粉。全可溶性糖和澱粉參考Dubois等(1956)與黃和林(2009)之測定方法，取乾燥磨粉之樣品0.1 g加入10 ml去離子水於低速離心管(15 ml)中，於30℃水浴槽振盪3小時，取出後在室溫下以低速離心機(Universal 16A) 4000 rpm離心10分鐘，再以濾紙過濾上清液。取上清液0.1 ml加入1.9 ml去離子水稀釋後，取稀釋液1 ml和標準品同以下步驟，加入0.1 mL 90% 石炭酸(liquid phenol)和6 ml 濃硫酸混合均勻，靜置30分鐘後，以分光光度計(spectrophotometer, Shimadzu UV-200S)測定波長490 nm 吸收值。標準曲線以2  $\mu\text{mole}\cdot\text{mL}^{-1}$  D-glucose母液配製並進行序列稀釋，以0、0.2、0.4、0.6、0.8和1  $\mu\text{mole}\cdot\text{mL}^{-1}$  6個濃度繪製標準曲線。單位換算為%表示。

### 2、澱粉之測定

上述以濾紙過濾上清液後之沉澱物，加入10 ml去離子水，重複離心動作，過濾後之殘渣置於70℃烘箱烘乾(約2-3日)，待完全乾燥後，加入2 ml去離子水，以沸水煮15分鐘後取出以自來水迅速冷卻，加入2 ml 9.2 N HClO<sub>4</sub>過氯酸，以振盪器使其均勻混合，再加入6 ml去離子水，以低速離心機(Universal 16A) 4000 rpm離心10分鐘，再以濾紙過濾上清液。取上清液0.1 ml，加入1.9 ml去離子水稀釋後，取稀釋液1 ml和標準品同以下步驟，加入0.1 mL 90% 苯酚(liquid phenol)和6 ml 濃硫酸混合均勻，靜置30分鐘後，以分光光度計(spectrophotometer, Shimadzu UV-200S)測定波長490 nm 吸收值。單位換算為%表示。

### (三)果糖、葡萄糖和蔗糖含量分析

果肉置於塑膠袋內搾汁，果汁先用紗布過濾後，經離心機離心約1分鐘，取0.1 ml加入0.9 ml去離子水於1.5 ml微量管中振盪混合，再以0.45  $\mu\text{m}$  nylon filter (Millipore Co. U.S.A.)過濾膜去除大分子，最後取20  $\mu\text{l}$ 為樣品，以高效能液相層析儀(high performance liquid chromatography, HPLC)分析果糖、葡萄糖和蔗糖含量。HPLC硬體條件：分離管柱Column為Sugar-pack I (Waters Co.)，恆溫箱溫度設定為80℃，移動相為Ca-EDTA 0.001 M，移動相流速為0.5  $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$ ，以RI為檢出器：Hitachi RI Detector L-2490。以果糖、葡萄糖和蔗糖混合液0.05%和0.2%為標準品計算檢量線，由積分儀所記錄標準品各成份的停滯時期和積算面積，藉此標準品之定量換算樣品成份和濃度。

### (四)酚類化合物之分析

參考Keith等(1958)與王(2008)測定方法，取番石榴果實鮮重1 g加少許海砂和5 ml 磷酸緩衝液PO<sub>4</sub><sup>-</sup> buffer (0.1 M pH 7.0)於研钵中研磨後，放入15 ml 高速離心管中，以高速離心機於4℃以20850  $\times g$ 離心20分鐘，過濾後取上清液0.1 ml加入1.9 ml去離子水振盪混合後，取稀釋液1 ml和標準品同以下步驟，加入0.1 ml Folin-ciocalteus phenol reagent (Merck)混合均勻，加入0.2 ml 20% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 振盪混合後，再加入8.7 ml去離子水，混合均勻後置於沸水浴中3分鐘，以自來水冷卻後取0.2 ml混合液，以分光光度計(spectrophotometer, Shimadzu UV-200S)測定波長660 nm 吸收值。標準曲線以100 ppm caffeic acid配製並進行序列稀釋，

以0、20、40、60、80和100 ppm 6個濃度繪製標準曲線。單位換算為 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 表示。

#### (五)可溶性單寧之分析

參考Taira(1995)與阮(2004) 測定方法，取番石榴果實鮮重1 g加少許海砂和10 ml 80% 甲醇於研鉢中研磨後，放入15 ml高速離心管中，以高速離心機於4℃以 $12350\times\text{g}$ 離心5分鐘，過濾後取上清液0.1 ml加入1.9 ml去離子水振盪混合後，取稀釋液1 ml和標準品同以下步驟，加入6 ml去離子水振盪混合後，加入0.5 ml Folin-ciocalteus phenol reagent (Merck)混合均勻，靜置3分鐘，加入1 ml飽合 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 振盪混合後，再加入1.5 ml去離子水，振盪混合後靜置1小時以上，取0.2 ml混合液，以分光光度計(spectrophotometer, Shimadzu UV-200S)測定波長725 nm 吸收值。標準曲線以100 ppm caffeic acid為母液配製並進行序列稀釋，以0、20、40、60、80和100 ppm 6個濃度繪製標準曲線。單位換算為 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 表示。

## 結果與討論

### 一、田間調查果實受東方果實蠅為害率

於未施用藥劑防治的番石榴果園，採收不同發育期果實調查果實蠅危害情形，由表1所示，在果實直徑4 cm以下，其為害率為0.4%，僅少數果實受害，受害果實色澤偏淡黃且有軟化現象，疑罹病害或為發育不良果實；直徑4.0-4.5 cm果實，其受害率為4.1%，部分果實也類似前述情形。果實直徑4.5-5.0 cm及5.0-6.0 cm時，其受害率明顯增加為40.4%及63.5%，依據陳和楊(2015)調查'珍珠拔'番石榴生長曲線顯示，此階段為果實第3階段快速生長期。果實硬度下降，水分和碳水化合物含量增加，可能有利於果實蠅產卵及幼蟲發育。黃和陳(2003)調查'世紀拔'與'梨仔拔'番石榴田間受果實蠅產卵和果實受害率，顯示果實直徑在3.5-4.5 cm，有26.0%具果實蠅產卵孔，其中有39.0%果實為受害果；果實直徑大於4.5 cm，果實受果實蠅為害率約為51.1%，與本試驗調查'珍珠拔'番石榴果實受東方果實蠅為害率，有相似的結果。

### 二、不同發育期'珍珠拔'番石榴果實色澤、硬度變化

果實色澤在不同發育程度，在果實2 cm以下小果時其L值為46.0隨後有下降的趨勢，至5 cm以後逐漸增加，此時果實為第3階段快速生長期，果實明顯增大和果實逐漸轉色為淡黃白，由a和b值之變化亦可得知，果實在直徑大於5 cm後其b值有增加趨勢，果色逐漸轉黃，但綠色程度是果實大於7 cm以上才有明顯變淡。'珍珠拔'番石榴果實果實開始受東方果實蠅為害期為果實直徑於4.5-5.0 cm左右，而果實發育至5-6 cm時，受東方果實蠅為害程度明顯增加，其色澤L值與b值有顯著增加，果實顏色較為淡白和偏黃之趨勢(圖1)。

東方果實蠅成蟲對光色之選擇有明顯差異性，白天活動較為活躍，在黃昏日落時的弱光，能刺激成蟲交尾活動，成蟲對光色的選擇有明顯的差異，在田間雌成蟲喜好在黃色成熟果實上產卵，或許與成熟果實氣味有關，但對果實顏色的感受是有影響的，一般對黃光

表 1. 田間調查'珍珠拔'番石榴果實受東方果實蠅為害率。

Table 1. 'Jen-Ju Bar' fruit infested with oriental fruit fly at different size in the field.

| Fruit diameter<br>(cm) | Sample size | Infestation percentage<br>(%) |
|------------------------|-------------|-------------------------------|
| <2                     | 175         | 0.0                           |
| 2-3                    | 165         | 0.0                           |
| 3-4                    | 174         | 0.4                           |
| 4-4.5                  | 80          | 4.1                           |
| 4.5-5                  | 68          | 40.4                          |
| 5-6                    | 54          | 63.5                          |
| 6-7                    | 48          | 83.3                          |
| >7                     | 7           | 100                           |

Mean=average value

之趨性最大，紅光、橙光、藍光依序次之(李，1978；劉，1981)。陳(2013)探討不同黃色黏著資材對東方果實蠅之誘殺效果，顯示黃色對於東方果實蠅雌雄成蟲都具誘引效果，推測不同黃色的波長會影響其誘引力，Wu等(2007)利用視神經檢測和黏紙誘殺試驗，調查顯示UV和綠色光譜可以增加對東方果實蠅之誘引力，而藍色光譜會降低誘引力，相同色澤於不同波長時，會呈現不同誘引效果。顯示'珍珠拔'番石榴果實發育期色澤由深綠轉為淡綠至淡黃白，對於東方果實蠅的產卵行為是有影響。

在硬度方面，在果實直徑5-6 cm階段，果皮穿刺的壓力明顯降低，果實愈趨成熟其硬度明顯逐步降低(圖2)。董等(2011)以木瓜果皮顏色轉黃的程度進行果實成熟度分級，木瓜是否會遭受果實蠅產卵為害，除了取決於果實本身之成熟度外，也與果實蠅之密度有關，在高密度下，會為害較低成熟度的木瓜。在果實硬度分析上，果實隨著發育成熟其硬度有逐漸下降趨勢，至木瓜可被果實蠅為害之階段之果實有較軟化的現象。Oi和Mau (1989)調查酪梨採收後和未採收果實受地中海果實蠅和東方果實蠅為害率，顯示未採收和採收後3日內之果實受果實蠅為害顯著較低，推論可能是酪梨堅硬的果皮提供了物理屏障，導致在未收穫的酪梨和收穫後31日內的果實受果實蠅較低的侵染。El-Buluk等(1995)調查4種番石榴品種果實發育過程，果實硬度在果實成熟階段迅速下降與果實體積迅速增加，含有較低的蛋白質和較高的水分和水溶性果膠有關。鄭等(2009)調查東方果實蠅在不同硬度番石榴果實產卵選擇上，顯示不同的硬度範圍對果實蠅的誘引力和產卵量有顯著的影響，當果實

硬度大於 $13 \text{ kg.cm}^{-2}$  時東方果實蠅雌蟲是無法產卵。本試驗調查不同成熟度果實硬度上，果實直徑大於5 cm以上時，果實硬度有顯著軟化現象，此階段亦是果實易受東方果實蠅為害的時期。

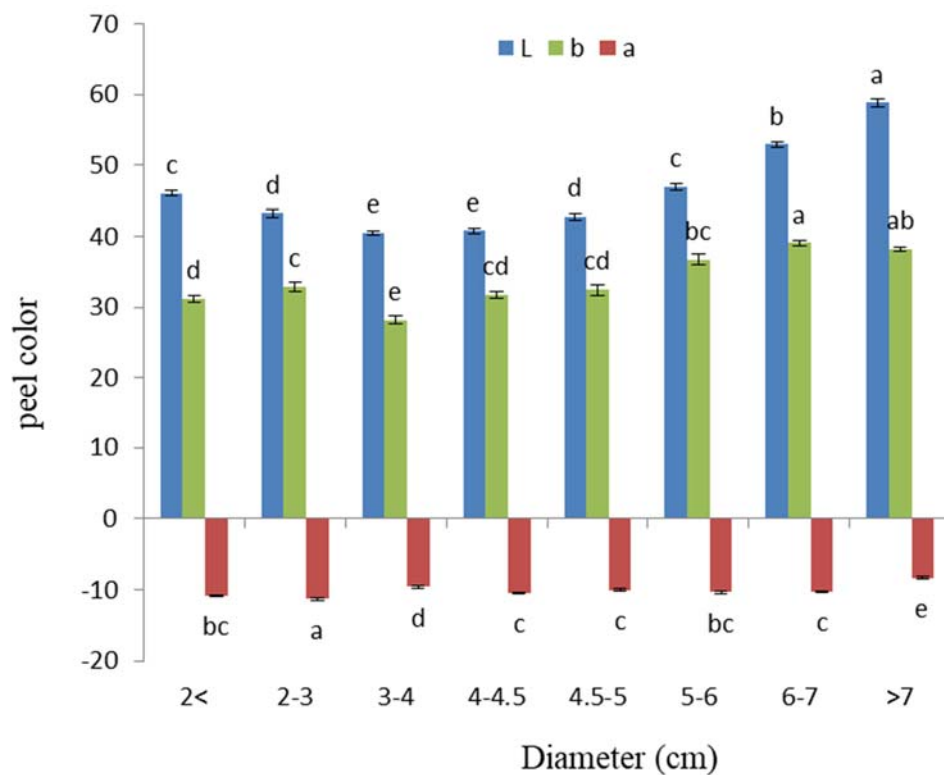


圖1. 不同發育期'珍珠拔'番石榴果實之果皮色澤變化。

Fig. 1. Changes in peel color of 'Jen-Ju Bar' fruit at different development of stages. Vertical bars represent means  $\pm$  SE. Means with the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

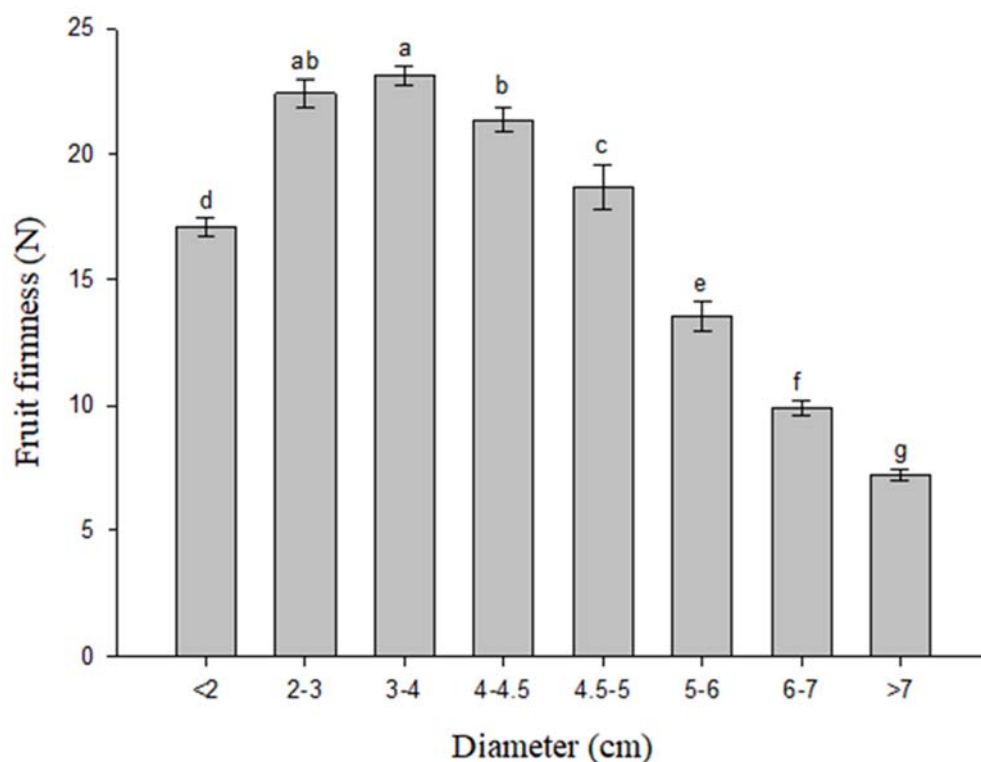


圖2. 不同發育期'珍珠拔'番石榴果實之果實硬度之變化。

Fig. 2. Changes in firmness of pericarp of 'Jen-Ju Bar' fruit at different development of stages.

Vertical bars represent means  $\pm$  SE. Means with the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

### 三、不同發育期'珍珠拔'番石榴果實碳水化合物含量變化

果肉全可溶性糖在小果期維持低含量至中果期無明顯變化，直至果實在4.5 cm後趨勢明顯增加(圖3)，此階段為果實進入第3階段生長期初期，亦為果實開始受東方果實蠅為害初期，隨著果實成熟其全可溶性糖含量增加，果實受東方果實蠅為害比率亦同步增加(表1)，顯示果實全可溶性糖含量增加與其受東方果實蠅為害程度有相同增加趨勢。果實發育期各個階段澱粉含量些微變化，於果實成熟期階段，其澱粉含量有顯著高於小果和中果期，在果實直徑2 cm，2-3 cm，3-4 cm，4-4.5 cm，4.5-5 cm，5-6 cm，6-7 cm與大於7 cm等8組果實，其澱粉含量分別為2.03、2.27、2.09、2.07、2.18、2.46、2.60和2.77%，但在果實直徑為2-3 cm與5-6 cm其含量值為2.27與2.46%差異不大。果肉全可溶性糖主要由果糖、蔗糖

和葡萄糖組成，果實生長前期主要以蔗糖和果糖為主，葡萄糖含量低(表2)。直至果實直徑4 cm後葡萄糖含量才明顯增加，此時蔗糖和果糖含量亦有顯著增加。果實直徑在4.5 cm後3種醣類含量明顯增加與全可溶性糖具有相同趨勢，果實直徑在6-7 cm時蔗糖和葡萄糖含量相當，分別為2.24%和2.56%，果糖具有較高含量為3.36%，之後無顯著增加。

果實營養成分關係著果實蠅幼蟲的生長與發育，果實成分隨著不同的成熟度而變化，當果實發育至成熟，其種子如需借由外力來幫助傳播時，果實的成分將會有利於媒介者的取食，如動物、鳥類、昆蟲等生物，故果實的成分與其受東方果實蠅為害與否息息相關。東方果實蠅成蟲於自然界以蚜蟲和介殼蟲類等分泌之蜜露，或是樹木汁液、花蜜、花器以外部分之腺體分泌物等為食物的來源；在人工飼養方面，飼育成蟲時多使用醣類、水溶性蛋白質和水分等，醣類供給成蟲能量和活力，蛋白質為性成熟和產卵所需養份，因此，雌雄成蟲對酵母抽出物和蛋白質有強烈之趨性；人工大量繁殖幼蟲，主要飼料以酵母、醣份、水和維他命B和麥麴等為主，幼蟲的營養對其生長和成蟲壽命有很大影響(李，1978；劉，1981)。Chelliah (1970)調查果實蠅於不良寄主內影響其幼蟲存活率和蛹體的重量與大小，瓜實蠅寄生於蛇瓜(snake gourd)，其幼蟲存活率和蛹體明顯小於寄生於網紋香瓜(musk melon)上。另糖蜜(Molassess)為製糖過程之副產物，可用於飼料與有機肥料添加物，含豐富的蔗糖、還原糖等營養成分，為果實蠅所偏好的食物，對其具有良好的誘引效果，黃等(2002)以'新世紀'番石榴黃熟果實之揮發性成分ethyl acetate進行東方果實蠅雌、雄成蟲誘引試驗，如添加50%糖蜜溶液至3% ethyl acetate，將使其誘引力加倍。

Mercado-Silva等(1998)調查番石榴，果實酸度隨著果實發育而下降，果實至第三階段快速生長期，其總可溶性固形物含量、抗壞血酸和檸檬酸含量才顯著提高。El-Buluk等(1995)調查四種番石榴品種果實發育過程中生理生化的變化，顯示水分含量和水溶性果膠隨著果實發育而顯著增加。Salazar等(2006)調查番石榴果實生長，果實從著果至成熟經過一系列的轉化與合成，使得果皮顏色改變、揮發性物質的產生與變化、味道和質地的轉變，過程中組織的生理、生化和結構產生變化，包括細胞色素的合成與轉化、細胞壁的部分溶解、澱粉降解轉化為糖類。Jain等(2001；2003)調查番石榴果實發育至成熟階段，澱粉含量下降，可溶性和還原醣類增加。Bulk等(1997)分析四種番石榴品系果實在發育至成熟期之醣類含量(果糖、葡萄糖和蔗糖)、抗壞血酸、總可溶性固體、總果膠和酚類化合物含量變化，顯示在所有品種，其果實總醣含量隨著果實發育逐漸增加，發育至完熟時更加顯著增加；果實抗壞血酸含量、總可溶性固體和果膠含量亦隨著果實發育逐漸增加，本試驗調查'珍珠拔'番石榴果實發育期間之變化與上述前人研究變化趨勢相似。

### 三、不同發育期'珍珠拔'番石榴果實總酚類化合物和可溶性單寧含量變化

果肉總酚類化合物在2 cm以下小果含量最高，除果實發育至2-3 cm時出現短暫的起伏，隨著果實發育其含量逐漸下降，至果實直徑6 cm以上後才有明顯較低含量(圖4)，可能與果實增大，單位體積內化合物含量減少有關，在果實受東方果實蠅為害階段，即果實直徑於4.5-6.0 cm之間其總酚類含量並無明顯減少。在可溶性單寧含量方面，其降低含量的趨



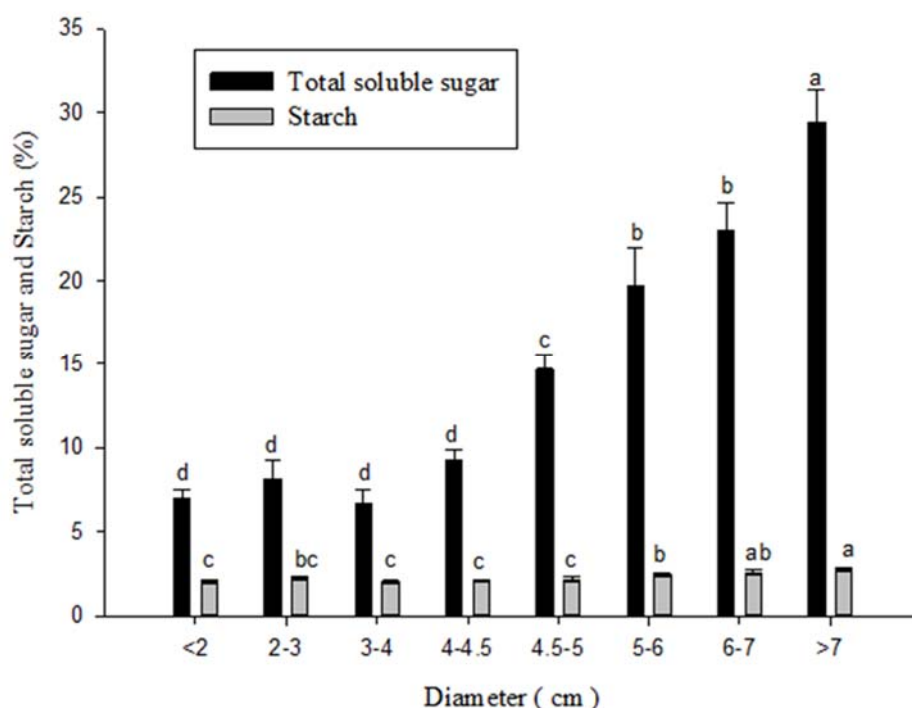


圖3. 不同發育期'珍珠拔'番石榴果實之全可溶性糖和澱粉變化。

Fig. 3. Changes in total soluble sugar and starch content (% DW) of 'Jen-Ju Bar' fruit at different development of stages. Vertical bars represent means  $\pm$  SE. Means with the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

迅速降低，在果實直徑2-5 cm之間維持相當含量，此於果實第2階段生長緩慢期和進入第3階段快速生長期間，但其含量並無明顯變化。直至果實直徑5 cm以上後其含量明顯下降，之後果實發育至成熟其含量逐漸減少，此階段為果實快速生長期，果實體積增大和糖類含量亦明顯增加，果實受東方果實蠅為害比率亦是明顯提高。

Bulk等(1997)分析四種番石榴品系果實在發育至成熟期之酚類化合物含量變化，顯示在所有品種，酚類化合物隨著果實生長而顯著降低。酚類化合物為植物二次代謝產物，(陳和楊，2015)調查其在'珍珠拔'番石榴果實含量顯示在不同成熟度會呈現出不同的變化，雖然因果實膨大單位體積內酚類化合物含量減少，但總酚類化合物含量是隨著果實發育而累積。黃等(2003)調查世紀拔與梨仔拔番石榴於田間受果實蠅產卵和果實受害率，顯示果實成熟度與受果實蠅為害比率有明顯相關性，在果實直徑3.5-4.5cm大小其受害率變化起伏大，作者認為與果實成熟度不均一和果實單寧含量有關，幼果期單寧含量較高，可能造成孵化的幼蟲死亡。

表2. 不同發育期'珍珠拔'番石榴果實之可溶性糖類含量變化。

Table 2. Changes in sugar contents of 'Jen-Ju Bar' fruit at different development of stages.

| Fruit diameter | Sucrose (%)              | Glucose (%)  | Fructose (%) | Total sugar (%) <sup>z</sup> |
|----------------|--------------------------|--------------|--------------|------------------------------|
| <2 cm          | 0.42±0.05 c <sup>y</sup> | 0.12±0.01 c  | 0.49±0.02 c  | 1.03±0.10 c                  |
| 2-3 cm         | 0.35±0.04 c              | 0.15±0.02 c  | 0.51±0.04 c  | 1.01±0.08 c                  |
| 3-4 cm         | 0.57±0.10 c              | 0.31±0.09 c  | 0.77±0.12 c  | 1.65±0.28 c                  |
| 4-4.5 cm       | 1.35±0.21 b              | 0.98±0.20 b  | 1.54±0.25 b  | 3.87±0.64 b                  |
| 4.5-5 cm       | 1.44±0.12 ab             | 1.22±0.14 b  | 1.93±0.10 b  | 4.59±0.33 b                  |
| 5-6 cm         | 1.77±0.16 ab             | 1.75±0.10 ab | 2.50±0.15 ab | 6.02±0.34 ab                 |
| 6-7 cm         | 2.24±0.41 a              | 2.56±0.47 a  | 3.36±0.64 a  | 8.16±1.51 a                  |
| >7 cm          | 1.94±0.16 a              | 2.20±0.18 a  | 2.88±0.24 a  | 7.02±0.54 a                  |

<sup>y</sup>Means ± SE within columns followed by the same letter are not significantly different at P<0.05 by Least Significant Difference (LSD) test.

<sup>z</sup>Total sugars: sucrose + glucose + fructose.

Forkner等(2004)調查橡木樹群中葉片中單寧含量變化與昆蟲豐富度的關係，顯示葉嚼食草動物的豐富度與葉片縮合單寧含量呈負相關，在白楊木樹冠層與總冠層中的單寧含量與草食動物、昆蟲之密度與豐富度亦呈負相關，不同樹冠層和不同時間點調查皆顯示不同昆蟲群落，其豐富度與數量皆與縮合單寧含量呈負相關。Alonso和Herrera(2000)調查鱗翅目夜蛾科幼蟲在四季的變化，顯示春季具有明顯較高的豐富度，當同時提供幼葉，老葉和發育中的果實供夜蛾幼蟲取食，顯示出夜蛾幼蟲對幼葉和發育的果實有類似趨勢，並沒有因季節變化而改變，認為老葉含有較高丹寧含量而影響幼蟲取食，幼蟲避免取食成熟葉片而偏好於春天生產的幼葉，而本試驗結果顯示，<2 cm之果實可溶性單寧最高，2-5 cm果實次之，而大於5 cm之果實濃度較低，此階段也是東方果實蠅為害率顯著增加之時期，顯示果實內可溶性單寧濃度隨發育及成熟度而逐漸下降，當果實大於5 cm時，可溶性單寧下降至<6 mg.g<sup>-1</sup> 可能無抑制果方果實蠅取食之影響，致使東方果實蠅之為害率較高。因此，可溶性單寧濃度之多寡，可能為影響東方果實蠅為害'珍珠拔'番石榴果實因子之一。

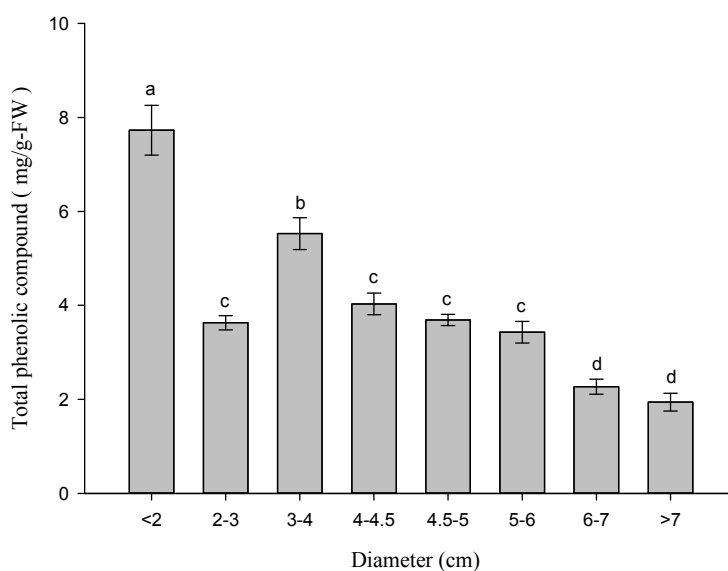


圖4. 不同發育期'珍珠拔'番石榴果實之總酚化合物變化。

Fig. 4. Changes in total phenolic compound of 'Jen-Ju Bar' fruit at different development of stages. Vertical bars represent means  $\pm$  SE. Means with the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

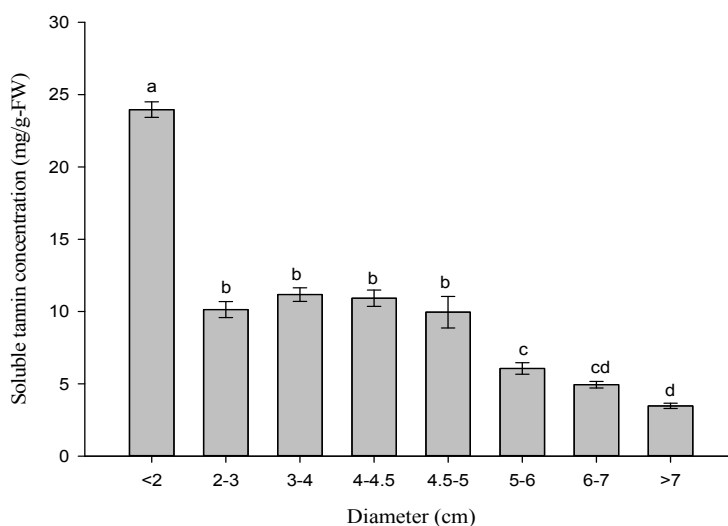


圖5. 不同發育期'珍珠拔'番石榴果實之可溶性單寧變化。

Fig. 5. Changes in soluble tannin of 'Jen-Ju Bar' fruit at different development of stages. Vertical bars represent means  $\pm$  SE. Means with the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

## 結 論

果實隨著發育程度增加，其細胞壁降解，水分、水溶性果膠和醣類含量增加，有利幼蟲生長。調查結果顯示，'珍珠拔'番石榴果實澱粉和總酚類化合物含量，在東方果實蠅產卵偏好上無顯著差異，而易遭受危害之果實，果實色澤較為淡白和偏黃之趨勢、果實硬度和可溶性單寧含量呈顯著下降，而全可溶性糖和葡萄糖、果糖和蔗糖類含量則顯著增加，與東方果實蠅為害率呈正相關。

## 參 考 文 獻

- 王歆婷。2008。套袋對'珍珠拔'番石榴果實發育期間生理特性和果膠酵素活性之影響。國立中興大學園藝學研究所碩士論文。87pp。
- 李文蓉。1978。東方果實蠅的生態與防治。中研院動物研究所專刊第三號昆蟲生態與防治研討會專輯。pp. 19-26。
- 阮雅蘭。2004。柿果貯藏和脫澀技術之改進和脫澀機制之研究。國立中興大學園藝學研究所碩士論文。127pp。
- 邱輝宗。1990。東方果實蠅產卵誘引物質之生物檢定。中華昆蟲 10: 343-352。
- 邱輝宗、朱耀沂。1987。東方果實蠅之產卵行為(I)產卵潛能。中華昆蟲 7: 119-126。
- 陳昇寬。2013。黃色黏著資材對東方果實蠅(*Bactrocera dorsalis*)和瓜實蠅(*Bactrocera cucurbitae*)之誘引效果。臺南區農業改良場研究彙報 62: 41-49。
- 陳易徵、楊雯如。2015。'珍珠拔'番石榴發育期間果實抗氧化能力變化。臺灣園藝 61(1): 33-44。
- 黃振聲、顏耀平、張明謙、劉佳瑩。2002。番石榴果實揮發性成分之萃取分析鑑定和其對東方果實蠅之誘引性。植物保護學會會刊 44: 279-302。
- 黃莉欣、林美雀、陳秋男。2003。以果實蠅(*Bactrocera dorsalis*) (雙翅目:果實蠅科)產卵孔數估算番石榴果實受害率。臺灣昆蟲 23: 35-48。
- 黃琇亭、林慧玲。2009。紅龍果果實生長期間果實和肉質莖組成分之變化。臺灣園藝 55: 31-42。
- 溫宏治、吳文哲。2011。番石榴主要害蟲之生態與防治。番石榴栽培技術與經營管理研討會論文集-特刊 108: 165-187。
- 董耀仁、宋家瑋、莊益源、蔣國司、吳文哲、鄭玲蘭、陳健忠。2011。木瓜成熟度影響瓜果實蠅(Diptera: Tephritidae)之感染。臺灣農業研究 60: 253-262。
- 鄭玉忠、張震霞、成小蓮、劉博聰、陳錦武、黃培鈿。2009。橘小實蠅對不同硬度番石榴果實的產卵選擇。昆蟲知識 46(2): 301-303。
- 劉玉章。1981。臺灣東方果實蠅之研究。興大昆蟲學報 16: 9-26。

- 劉玉章、黃莉欣。1990。東方果實蠅之產卵偏好。中華昆蟲 10: 159-168。
- 謝鴻業。2011。臺灣番石榴品種改良與產業發展。番石榴栽培技術與經營管理研討會論文集-特刊 108:9-19。
- Alonso, C. and C. M. Herrera. 2000. Seasonal variation in leaf characteristics and food selection by larval noctuids on an evergreen Mediterranean shrub. *Acta Oecol.* 21(4-5): 257-265.
- Bateman, M. A. 1972. The ecology of fruit flies. *Annu. Rev. Entomol.* 17(1): 493-518.
- Bulk, R. E. E., E. F. E. Babiker, and A. H. E. Tinay. 1997. Changes in chemical composition of guava fruits during development and ripening. *Food Chem.* 59(3): 395-399.
- Chelliah, S. 1970. Host influence on the development of the melon fly, *Dacus cucurbitae* Coquillett. *Indian J. Entomol.* 32(4): 381-383.
- Cunningham, J. P., M. A. Carlsson, T. F. Villa, T. Dekker, and A. R. Clarke. 2016. Do fruit ripening volatiles enable resource specialism in polyphagous fruit flies. *J. Chem. Ecol.* 42(9): 931-940.
- Dubois, M., K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers, and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28(3): 350-356.
- El-Buluk, R. E., E. E. Babiker, and A. H. El Tinay. 1995. Biochemical and physical changes in fruits of four guava cultivars during growth and development. *Food Chem.* 54(3): 279-282.
- Forkner, R., R. J. Marquis, and J. T. Lill. 2004. Feeny revisited: condensed tannins as anti-herbivore defences in leaf-chewing herbivore communities of *Quercus*. *Ecol. Entomol.* 29(2): 174-187.
- Jain, N., K. Dhawan, S. Malhotra, and R. Singh. 2003. Biochemistry of fruit ripening of guava (*Psidium guajava* L.): compositional and enzymatic changes. *Plant Foods Hum. Nutr.* 58(4): 309-315.
- Jain, N., K. Dhawan, S. Malhotra, S. Siddiqui, and R. Singh. 2001. Compositional and enzymatic changes in guava (*Psidium guajava* L.) fruits during ripening. *Acta Physiol. Plant.* 23(3): 357-362.
- Joseph, B. and M. Priya. 2011. Review on nutritional, medicinal and pharmacological properties of Guava (*Psidium guajava* Linn). *Int. J. Pharma Bio. Sci.* 2(1): 53-69.
- Keith, R. W., D. L. Tourneau, and D. Mahlum. 1958. Quantitative paper-chromatographic determination of phenols. *J. Chromatogr. A* 1: 534-536.
- Mercado-Silva, E., P. Benito-Bautista, and M. García-Velasco. 1998. Fruit development harvest index and ripening changes of guavas produced in Central Mexico. *Postharvest Biol. Technol.* 13(2): 143-150.
- Oi, D. H. and R. F. L. Mau. 1989. Relationship of fruit ripeness to infestation in 'Sharwil' avocados by the mediterranean fruit fly and the oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae). *J. Econ.*

- Entomol. 82(2): 556-560.
- Prokopy, R. J. and B. D. Roitberg. 1984. Foraging Behavior of True Fruit Flies. Am. Sci. 72(1): 41-49.
- Salazar, D. M., P. Melgarejo, R. Martínez, J. J. Martínez, F. Hernández, and M. Burguera. 2006. Phenological stages of the guava tree (*Psidium guajava* L.) Sci. Hortic. 108: 157-161.
- Stephens, A. E. A., D. J. Kriticos, and A. Leriche. 2007. The current and future potential geographical distribution of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae). Bull. Entomol. Res. 97(4): 369-378.
- Taira, S. 1995. Astringency in persimmon. In: Fruit Analysis, Linskens, H. F. and J. F. Jackson, (eds.), Springer, Hannover, Germany, pp. 97-110.
- Wu, W. Y., Y. P. Chen, and E. C. Yang. 2007. Chromatic cues to trap the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis*. J. Insect Physiol. 53(5): 509-516.

## The Relationship between Composition Change of 'Jen-Ju Bar' Guava during Fruit Development and the Degree of Infestation of Oriental Fruit Fly

Kao-Wei Lin <sup>1)</sup> Huey-Ling Lin <sup>2)</sup> Ching-Chang Shiesh <sup>3)</sup>

Key words: Guava (*Psidium guajava* L. 'Jen-Ju Bar'), Oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis* hendel), Fruit development, Fruit composition

### Summary

During guava cultivation, fruit flies cause considerable damage to the fruit, the fly oviposition preference is affected by the color, hardness, odor and composition of the fruit. This study investigated the degree of infestation of oriental fruit fly and changes of hardness, color, carbohydrates, phenolic compounds, and soluble tannins in 'Jen-Ju Bar' guava fruits at different developmental stages, and explored the relationship between physicochemical properties of fruit and oviposition of oriental fruit fly. Our results showed that extremely rare invasion was observed when fruit diameter is less than 4 cm, and the ratio of infestation by fruit flies is increased significantly when the fruit size is more than 5 cm in diameter. There was no significant difference in starch content and total phenolic compounds between infested and non-infested fruits. However, the fruit color was more light yellow, fruit firmness and soluble tannin content were significantly reduced and the content of soluble sugar, glucose, fructose and sucrose were significantly increased in fruit fly infested fruits.

---

1) Student in Ph.D. Program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

3) Associate Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

Corresponding author.





## 滲透添加劑對鳳梨乾燥後外觀及食用品質之影響

林 敬 恩<sup>1)</sup> 謝 慶 昌<sup>2)</sup>

關鍵字：鳳梨、滲透脫水、滲透添加劑

**摘要：**本試驗以精製砂糖作為滲透劑。滲透液濃度以 50%蔗糖溶液作為滲透液，在室溫下進行脫水 4 小時，另外內加不同添加劑：2%食鹽、2%維他命 C、10%蜂蜜，另以 0.75%焦亞硫酸鈉( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ; SD)浸泡 10 分鐘，調查其對乾燥後外觀及風味品質之影響。試驗結果顯示滲透液添加 10%蜂蜜及 2%食鹽，或浸泡 0.75%焦亞硫酸鈉有較佳之外觀，在風味方面 10%蜂蜜作為鳳梨滲透液處理，食用品質較佳。由試驗結果可以獲得，以含有 10%蜂蜜之蔗糖滲透液，於常溫下滲透脫水 4 小時，再於 65°C 熱風乾燥一天，可獲得較佳之乾燥外觀及食用品質。

### 前 言

近年來，鳳梨年產量有逐漸增加之趨勢。台灣鳳梨產區主要集中在屏東縣、台南市、高雄市、嘉義縣、南投縣、雲林縣等中南部的丘陵地和山坡地，其中以屏東縣為最多約種植 3,313 公頃(105 年報)。年平均產量由統計資料顯示約在 44 萬公噸之間，近五年有逐漸增加之趨勢至 105 年達 52 萬公噸。在出口量方面由統計資料顯示在 95 至 102 年間成平緩上升趨勢，隨後由 102 年 4,890 公噸大幅上升至 105 年 2 萬公噸。105 年臺灣鳳梨年產量 53 萬公噸，鮮果外銷量 29,075 公噸，僅占總產量之 5.52%，其餘 94.48%鮮果則供國內鮮食及部分加工需求(官等, 2017)。其中以鮮銷為主約佔 94%、加工為輔約佔 6%(吳, 2015)。在不進行產期調節的條件下，約有 80% 產量集中在 6-8 月間生產夏果，僅一小部分在 10-1 月間生產冬果(黃, 2012)。大量的果實出現在市場上，除了影響價格外，也造成供過於求的情形，而鳳梨屬於熱帶水果，具有短的貯架壽命，且不耐低溫貯藏，在 8-12 度貯藏一至兩周即會造成寒害，嚴重影響果實品質及增加了採後損失。且鳳梨不能夠冷凍，也不耐長期貯藏，最長不超過一個月(Fernandes *et al.*, 2008)。因此需藉由產期調節或加工方式改

---

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。

善果實滯銷的情形，在加工方面目前已研製鳳梨酥、天然果乾、鳳梨汁、鳳梨醬、鳳梨酒、鳳梨醋、鳳梨酵素等。其中以果乾為最簡便且為低成本之加工方式，但有長加工時間及高溫褐變的問題，因此需要進行預處理，以改善褐變問題。

滲透脫水為最常用之預處理，即是透過將園產品放入等滲或高滲溶液中，藉由園產品與等滲或高滲溶液間的濃度壓力差使園產品中的水部分移出至溶液，形成部分脫水的產品(Cortellino *et al.*, 2011; Mandala *et al.*, 2005)。於滲透過程中阻隔氧氣，因此抑制酵素及非酵素性之反應，而保留乾燥品之外觀顏色，由於滲透脫水於乾燥前移除部分水分，故可縮短後續加工時間，進而減少能源消耗，而滲透後可獲得長貯架壽命及改善營養價值之產品(Sliva *et al.*, 2014)。Lombard 等人(2008)指出滲透脫水為是獲得高品質鳳梨乾的預處理故本文擬探討在不影響品質的情況下，藉由滲透脫水改善熱風乾燥鳳梨長加工時間及高溫褐變的問題。

## 材 料 與 方 法

### 一、試驗材料

#### (一) 植物材料

果實購買至當地果菜市場，選取 1/2 轉色無病蟲害之果實，購買後貯放於 15℃ 冷藏室中一天以備實驗。蔗糖(精緻砂糖)購買至當地賣場。蜂蜜購買至當地市場。食鹽購買至當地市場。

#### (二) 滲透液配置

秤取 1 公斤之蔗糖(精緻砂糖)，並倒入 1 公升之去離子水中，於 40℃ 下攪拌至蔗糖完全溶解，以配成 50% 之滲透液。依每滲透液之含量分別加入 2% 鹽、2% 維他命 C、10% 蜂蜜及無添加物之 50% 滲透液，0.75% 亞硫酸氫鈉(Sodium Disulfite)則個別配置，所有配製溶液待冷卻至室溫後進行實驗。

### 二、試驗方法

果實經清洗後，經去皮除冠後，以垂直果軸方向切取厚度 1 公分之果片，在分別放入不同滲透添加劑中進行滲透脫水 4 小時，4 小時後取出以去離子水清洗，清洗後以吸水紙吸乾後再放入 65℃ 熱風乾燥機中乾燥一天。亞硫酸氫鈉處理組，則於 4 小時滲透處理經去離子水清洗後，放入 0.75% 亞硫酸氫鈉(Sodium Disulfite)浸泡 10 分鐘，10 分鐘後取出以吸水紙吸乾後再放入 65℃ 熱風乾燥機中乾燥一天。每處理一重複每重複 5 片。

### 三、調查項目

#### (一) 顏色參數

以攜帶型分光色差儀(Mini Scan XEPlus, Model 4500S)於果片上隨機取 3 點測試，並記錄其  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 、 $C^*$ 、 $h^\circ$ 。其中  $L^*$  代表測定物之明亮程度由亮至暗之讀值是 100-0。 $a^*$  表

示測定物之紅(+)綠(-)程度，正值越大代表測定物越紅，反之則越綠。b\*表示測定物之黃(+)藍(-)度正值越大代表測定物越黃，反之則越藍 C\*(彩度)代表顏色之飽和程度，讀值越大就代表測定物越鮮豔，反之則灰暗。h°(色相角)代表測定物在座標上之位置由 0 至 360°分別是紅 0°、黃 90°、綠 180°、藍 360°。

$$\Delta L^* = \text{乾燥後}(L_n) - \text{鮮果}(L_1)$$

$$\Delta a^* = \text{乾燥後}(a_n) - \text{鮮果}(a_1)$$

$$\Delta b^* = \text{乾燥後}(b_n) - \text{鮮果}(b_1)$$

$$\Delta C = \text{乾燥後}(C_n) - \text{鮮果}(C_1)$$

$$\Delta h^\circ = \text{乾燥後}(h_n) - \text{鮮果}(h_1)$$

$$\Delta E = \sqrt{(L_2 - L_1)^2 + (a_2 - a_1)^2 + (b_2 - b_1)^2}$$

## (二) 酵素分析

### 1. 酵素萃取

參考(Chutintrasri and Noomhorm, 2006)等人並略做修改，秤取 5 克樣品並加入 5 ml PO<sup>4</sup> 磷酸 buffer (pH=7.0)於 4°C 下研磨，研磨後將樣品放入離心管中，以 12000g 13000rpm 4°C 離心 20 分鐘，離心後過濾上清液作為萃取液。

### 2. PPO、POD 酵素分析

PPO 測定 於石英管中加入 1.9 ml 0.1 M PO<sup>4</sup> 磷酸 buffer (pH 10.0)、0.2 ml 0.5 M 兒茶酚(catechol)及 0.1 ml 萃取液混和後放入分光光度計(U200)以 420 nm 光度下測定其吸收值。酵素活性以下列公式計算。

POD 測定 於石英管中加入 2.0 ml guaracol (pH=4.0)、0.2 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、0.4 ml H<sub>2</sub>O 及 0.1 ml 萃取液混和後放入分光光度計(U200)以 470 nm 光度下測定其吸收值。

酵素活性以下列公式計算。

$$\text{酵素活性} = \text{O.D 值} \times 0.014 \times (1\text{ml/萃取液}) \times ((5 \text{ buffer} + \text{樣品重}) / \text{樣品重})$$

$$\text{酵素相對活性}\% = \text{處理組/對照組} \times 100$$

## (三) 官能評品

鳳梨乾燥後分切成數等分，隨機找了 9 人進行風味(甜度、酸度)及外觀調查。指數由 1 至 5 分別是分別是非常不喜歡、不喜歡、普通、喜歡、非常喜歡。

$$\text{數值表示} = n \times 20$$

## 四、統計分析

將試驗結果以 SAS9.0 軟體(Statistical Analysis System, Institute Inc)計算平均值，並利用 ANOVA 行變方分析(analysis of variance)及最小顯著差異檢定(least significant difference test, LSD)比較各處理間之差異顯著性。

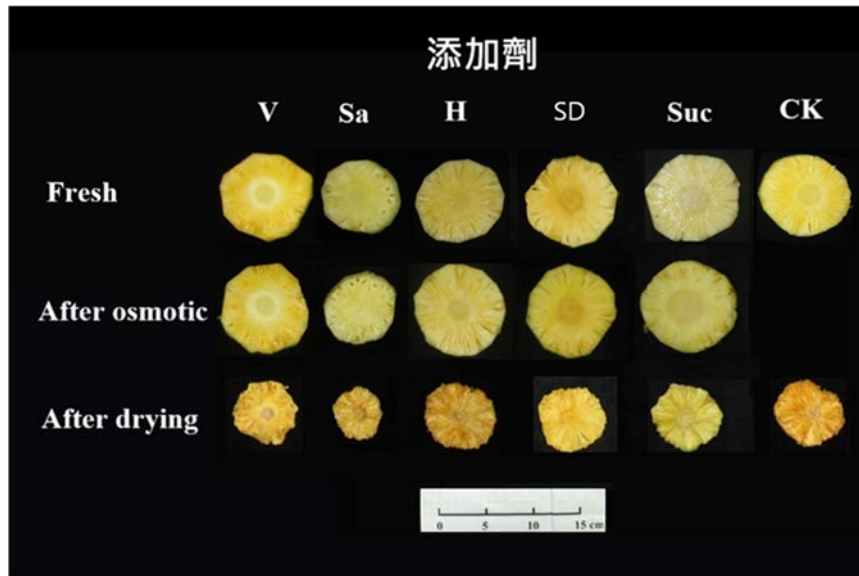


圖 1. 不同滲透添加劑對鳳梨乾燥後外觀之變化。

Fig. 1. Changes in appearance of pineapple after drying with different osmotic additives.

## 結 果

### 一、不同滲透添加劑對外觀顏色之影響

本實驗選取精緻砂糖作為滲透液，配置成 50°濃度之滲透液，並混合不同添加劑(2%食鹽、2%維他命 C、0.75% Sodium Disulfite；0.75% SD、10%蜂蜜)，在果液比 1：5 的條件下進行滲透脫水 4 小時，並調查滲透後及乾燥後果乾之外觀顏色及食用品評。所有滲透液以含有 10%蜂蜜之滲透液為紅褐色，其餘均為淡黃色至透明無色。實驗結果呈現於圖(1)，鳳梨滲透後，其外觀顏色受滲透液影響不顯著。其  $L^*$  值除了蔗糖處理增加外其餘皆下降， $a^*$  值除了 0.75%SD 處理下降外其餘皆增加， $b^*$  值不論處理組為何皆上升，在顏色變化方面以含有 2%食鹽之滲透液為最小(3.1)。乾燥後鳳梨外觀經由 2%維他命 C、2%食鹽及 10%蜂蜜處理呈現黃褐色外觀，以 0.75%SD 及 50%蔗糖處理呈現金黃色外觀，而對照組則呈現紅褐色外觀(圖 1)。由表(1)可以觀察出其  $\Delta L^*$  值，以對照組呈現最低(-0.1)，以 0.75%SD 處理為最高(-6.6)但各處理間差異不顯著。乾燥後  $\Delta a^*$  值皆有增加趨勢，其中以對照處理為最高(10.7)，0.75%SD 處理呈現較少增加(5.5)，其次為蔗糖處理(6.7)。在  $\Delta b^*$  值方面，以對照處理為最高(19.2)其中以 0.75%SD 處理呈現較少增加(11.8)，其次為蔗糖處理(12.3)。在色相角( $\Delta h^\circ$ )方面以 0.75%SD 及蔗糖處理為最低變化(-7.2)，以對照處理為最高(-16)。代表經由 0.75%SD 處理可維持乾燥後外觀顏色呈現金黃色，而其餘處理呈現黃褐色至黃白色，相對於對照組則呈現紅褐色外觀。整體變化程度( $\Delta E$ )，以 0.75% SD 處理為最

低(14.8)，依次為 2%食鹽處理(16.7)、2%維他命 C (17.4)、10%蜂蜜(18)、50%蔗糖(18.1)，以對照組為最大(21.4)。代表經由滲透處理，可維持乾燥後外觀顏色。

表 1. 不同滲透添加劑對 $\Delta L^*$ 、 $\Delta a^*$ 、 $\Delta b^*$ 、 $\Delta C$ 、 $\Delta h$ 、 $\Delta E$ 之影響。

Table 1. Effects of osmotic additives on  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta C$ ,  $\Delta h^\circ$ , and  $\Delta E$ .

|                 | $\Delta L^*$            | $\Delta a^*$ | $\Delta b^*$ | $\Delta C$  | $\Delta h$   | $\Delta E$   |
|-----------------|-------------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| Fresh           |                         |              |              |             |              |              |
| <sup>Z</sup> SD | 65.8 ± 3.8              | 1.4 ± 0.4    | 26.9 ± 2.3   | 26.9 ± 2.4  | 87.1 ± 0.7   |              |
| Honey           | 59.2 ± 3.7              | -0.1 ± 0.4   | 20.6 ± 3.3   | 20.6 ± 3.3  | 90.4 ± 1.3   |              |
| Salt            | 58.7 ± 2.5              | -0.4 ± 0.4   | 20.1 ± 3.5   | 20.1 ± 3.5  | 91.5 ± 1.2   |              |
| VitC            | 55.8 ± 4.0              | -0.2 ± 0.6   | 21.1 ± 3.1   | 21.1 ± 3.1  | 90.7 ± 1.6   |              |
| Sucrose         | 54.6 ± 5.5              | -1.1 ± 0.3   | 18.6 ± 1.9   | 18.6 ± 1.9  | 93.7 ± 1.1   |              |
| CK              | 57.9 ± 4.1              | -0.6 ± 0.7   | 20.0 ± 3.1   | 20.1 ± 3.1  | 91.8 ± 2.1   |              |
| After osmotic   |                         |              |              |             |              |              |
| SD              | -3.2±3.5Ab <sup>Y</sup> | -0.5±0.4Bb   | 2.5±2.4Bc    | 2.5±2.4Bc   | 1.1±0.8Aa    | 4.4 ± 2.5B   |
| Honey           | -0.7±4.1Ab              | 0.2±0.6Bab   | 4.6±4.5Babc  | 4.6±4.5Babc | -0.7±1.7Ab   | 4.4 ± 2.9AB  |
| Salt            | -1.8±4.2Ab              | 0.6±0.4Ba    | 2.5±2.2Bbc   | 2.9±2.2Bbc  | -1.9±1Ab     | 3.1 ± 2.8B   |
| VitC            | -2.2±7.2Ab              | 0.5±1.3Ba    | 6.2±5Ba      | 6.3±5Ba     | -1.4±3Ab     | 5.7 ± 5.2A   |
| Sucrose         | 8.4±2.6Aa               | 0.7±0.6Ba    | 6.1±3.3Bab   | 6±3.3Bab    | -2.1±1.7Ab   | 9.8 ± 7.8A   |
| After drying    |                         |              |              |             |              |              |
| SD              | -6.6±7.3Aa              | 5.5±1.3Ad    | 11.8±3.5Ac   | 12.4±3.6Ac  | -7.2±2.1Ba   | 14.8 ± 4.5D  |
| Honey           | -5.8±5.6Ba              | 9±1.4Ab      | 15.9±4.1Aab  | 17±4.3Aab   | -14.8±1.9Bbc | 18 ± 3.7AB   |
| Salt            | -1.7±5.8Aa              | 7.6±1Ac      | 16.7±3.8Aab  | 17.3±3.8Aab | -13.3±1.9Bb  | 16.7 ± 2.9BC |
| VitC            | -4±8Aa                  | 8.9±1.1Ab    | 14.6±3.6Abc  | 15.6±3.6Abc | -14.8±2.2Bbc | 17.4± 3.5ABC |
| Sucrose         | -1.8±7.6Ba              | 6.7±1.3Adc   | 12.3±3.2Ac   | 12.8±3Ac    | -13.2±2.4Bb  | 14.8 ± 4.2CD |
| CK              | -0.1±6.1Aa              | 10.7±1.2Aa   | 19.2±2.9Aa   | 20.5±3Aa    | -16±1.7Bc    | 21.4 ± 5.4A  |

Z: SD : Sodium Disulfite

Y: means within columns follow by the same letter are not significantly. Capital letter representative after osmotic and drying. Small letter representative osmotic additives

## 二、不同滲透添加劑對酵素活性之影響

本實驗選取精緻砂糖作為滲透液，配置成 50%濃度之滲透液，並混合不同添加劑(2%食鹽、2%維他命 C、0.75% SD、10%蜂蜜)，在果液比 1：5 的條件下進行滲透脫水 4 小時，並調查滲透後其 PPO 及 POD 酵素活性。實驗結果呈現如圖(2)，鮮果之 PPO 及 POD 酵素活性分別為 4.5、3.8 (unit · g-1 FW)，經過滲透脫水不論有無含有添加劑皆使酵素活性有下降趨勢。在 PPO 方面以 0.75%SD 處理有較低之活性 0.6 (unit · g-1 FW)，依次為 2%維他命 C 2.2 (unit · g-1 FW)及 10%蜂蜜 1.8 (unit · g-1 FW)，而含有 2%食鹽及不含添加劑之蔗糖溶液則略低於對照組，分別為 3.7、3.2 (unit · g-1 FW)。在 POD 方面以 10%蜂蜜處理有較低之活性 2.9 (unit · g-1 FW)，依次為 0.75%SD 3.4 (unit · g-1 FW)，在 2%食鹽、2%維他命 C 及不含添加劑之蔗糖溶液則略低於對照組，分別為 4.1、3.8 及 3.7(unit · g-1 FW)。

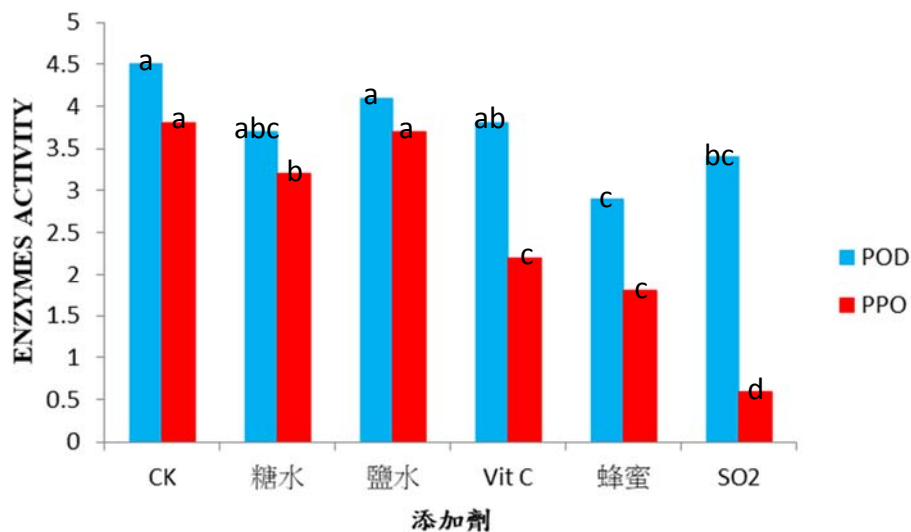


圖 2. 不同滲透添加劑對 PPO、POD 酵素活性之影響。

Fig. 2. Effect of osmotic additives on enzymes activity of PPO and POD.

## 三、不同滲透添加劑對食用品質之影響

本實驗選取精緻砂糖作為滲透液，配置成 50%濃度之滲透液，並混合不同添加劑(2%食鹽、2%維他命 C、0.75% SD、10%蜂蜜)，在果液比 1：5 的條件下進行滲透脫水 4 小時，並調查乾燥後其食用品質。由表 13 可以觀察出鳳梨浸泡於含有 10%蜂蜜之滲透液，可得到較佳之整體感觀(66)，以含有 2%維他命 C(44)及對照組(46)較差。在甜味方面除了

蜂蜜有增加外，其餘皆低於蔗糖處理組。在酸味方面以 0.75%SD 處裡有較高之酸度(60)，以 10%蜂蜜(31)、蔗糖處理組(26)及對照組最低(26)。在外觀方面以 0.75%SD 處裡有較佳之外觀(86)，其次為 2%食鹽(71)及 10%蜂蜜(64)，以蔗糖處理組(46)及對照組最低(42)。

表 2. 不同滲透添加劑對食用品質之影響。

Table 2. Effects of osmotic additives on Edible quality.

|      | 甜味           | 酸味           | 外觀           | 整體           |
|------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| H    | 71.1±12.3 A  | 31.1±14.8 C  | 64.4±11.4 BC | 66.7±16.3 A  |
| VitC | 55.6±18.3 AB | 46.7±13.3 B  | 51.1±14.3 CD | 44.4±10.4 B  |
| SUC  | 64.4±13.8 AB | 26.7±10.4 C  | 46.7±20.7 D  | 48.9±14.3 AB |
| SD   | 55.6±14.8 AB | 60±8.9 A     | 86.7±14.8 A  | 60±22.2 AB   |
| SA   | 51.1±12.3 B  | 35.6±17.3 BC | 71.1±14.3 B  | 48.9±12.3 AB |
| CK   | 57.8±16.3 AB | 26.7±8.9 C   | 42.2±12.3 D  | 46.7±16.3 B  |

A、B and C representative osmotic additives.

H : honey

SUC : Sucrose

SD : Sodium Disulfite

SA : salt

## 討 論

由實驗結果可以獲得添加劑略微影響鳳梨切片之外觀顏色，此結果與前人研究中結果有相同之趨勢(Chauhan *et al.*, 2011)，蜂蜜、葡萄糖、山梨糖醇、果糖、蔗糖、麥芽糖。以蜂蜜處理略受影響，其餘則呈現果實之原色，與先前實驗結果相同，產品外觀受滲透液顏色影響。乾燥後除了二氧化硫呈現金黃色外，其餘則略暗於二氧化硫處理組，與對照組相比，所有處理組皆亮於對照組。根據前人研究指出，二氧化硫在水溶液中會生成亞硫酸根，為強氧化劑，能藉由還原醌到酚而形成無色化合物來改變酶促反應中產生的產物，並通過不可逆的結合酶使 PPO 失活(張，1990)，此外也可抑制非酵素性褐變，從而減少不理想之褐變發生，而使鳳梨切片外觀呈現金黃色。在抗壞血酸方面，經由乾燥後有黃化現象，可能是由於 POD 氧化酚類底物，根據前人研究顯示了 POD 活性隨著 pH 降低而增加。但其作用局限於氧化劑的存在，例如過氧化物自由基、過氧化氫或脂質過氧化物等，因此 PPO 被認為是褐變過程的主要原因(Chisari *et al.*, 2007 ; Mishra *et al.*, 2013 ;

Ali *et al.*, 2016)。但在抗壞血酸條件下，可能由於其自身氧化生成自由基加上低 pH，從而增加 POD 氧化褐化之發生。在 PPO 測定中，當使用抗壞血酸作為抑制劑時，在反應開始時不能檢測到吸光度的變化，並觀察到滯後時間。(Dincer *et al.*, 2002)發現了類似的結果，在滯後期之後，當幾乎所有的抗壞血酸轉化為脫氫抗壞血酸時，由 PPO 作用形成的鄰醌的量增加。醌隨後聚合併且或者與氨基化合物一起形成高分子量褐色分子 (Duangmal and Apenten, 1999)。蜂蜜在抑制 PPO 活性方面，可能歸因於小肽，根據 (Oszmianski and Lee, 1990) 等人研究指出，此段小肽能與 PPO 結合因而使其失活。此外也與蘋果汁的單寧和褐變反應產物相互作用，從而產生澄清的果汁 (Lee, 1984; Lee and Kime, 1984; Oszmianski and Lee, 1990)。根據 (Moundoi *et al.*, 2004; Eteraf-Oskouei and Najafi, 2013) 等人研究蜂蜜 pH 值通常在 3.2-4.5 之間，因此在抑制方面可能也歸因於酸抑制。但與抗壞血酸及二氧化硫相比，卻顯著低於兩者。但在酶納反應方面，也有些微抑制效果由於酸，其外觀褐化可能來自於糖吸收及輕微之酶納反應。根據 (Ispir and Togrul, 2009) 等人研究指出，在滲透過程中，葡萄糖及果糖之糖增加高於蔗糖。因此在透後有少量之葡萄糖及果糖增加因而增加酶納反應於乾燥過程發生之機會，使鳳梨乾燥後顏色略黃於二氧化硫處理組。經由 10% 氯化鈉處理之鳳梨外觀顏色呈現黃白色，與抗壞血酸處理相比相差不明顯。由於鮮果本身存在著差異，從而造成乾燥後顏色差異在視覺上不顯著。但經由 Hunter 參數  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  調查，獲得乾燥後除了  $L^*$ 、 $a^*$  及  $b^*$  值均有大幅上升情形，從而導致乾燥後外觀黃化之現象，藉由 Hunter 參數  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  之變化，可以排除酵素性褐化。根據前人研究指出，食鹽在抑制 PPO 方面歸因於陰離子氯化物，該作用是非競爭性的 (Sharon and Mayer, 1967; Janovitz-Klapp *et al.*, 1990)。在本實驗觀察到 PPO 的活性與對照組無差異，可能與離子強度改變引起的酶或蛋白質締合或離解的構象變化有關 (Pizzocaro *et al.*, 1993)。經由蔗糖預處理，其乾燥後顏色與鮮果相比無明顯差異，但略黃於鮮果。觀察  $\Delta E$  值與二氧化硫處理無顯著差異，但在外觀上仍褐於二氧化硫處理。可能由於存在非酵素性褐化。根據前人研究，糖在抑制多酚氧化酶中起重要作用 (Tortoe, 2010)，由於在浸泡過程中，阻隔氧氣與產品接觸，因此抑制 PPO 的活性。但在本試驗糖抑制 PPO 活性方面僅呈現些微抑制效果，可能是由於在室溫條件下滲透脫水，造成低濃度的糖進入，因此抑制效果不佳。雖然糖不具抑制效果，但在後續乾燥方面，卻能保有較對照組加之外觀顏色。整體而言，不管有無添加劑，滲透脫水能減緩乾燥後顏色之不良變化。

## 參 考 文 獻

官青杉、唐佳惠、李柔誼。2017。鳳梨產期調節研究發展與產業調適。果樹產期調節研究發展與產業調適研討會論文輯。pp.111-127。



- 吳寶芬。2015。臺灣鳳梨外銷現況與未來展望。農政與農情 272: 54-59。
- 黃士晃。2012。鳳梨開花抑制調節技術之介紹。農業新知與技術 80: 5-9。
- 台灣農業統計年報。2016。行政院農業委員會農糧署編印。
- 張鈺驩。1990。基礎食品化學。藝軒圖書出版社。497pp。
- Ali, H. M., A. M. El-Gizawy, R. E.I. El-Bassiouny, and M. A. Saleh. 2016. The role of various amino acids in enzymatic browning process in potato tubers, and identifying the browning products. Food Chem. 192: 879-885.
- Chauhan, O. P., A. Singh, A. Singh, P.S. Raju, and A. S. Bawa. 2011. Effects of osmotic agents on colour, textural, structural, thermal, and sensory properties of apple slices. Int. J. Food Prop. 14(5): 1037-1048.
- Chisari, M., R. N. Barbagallo, and G. Spagna. 2007. Characterization of polyphenol oxidase and peroxidase and influence on browning of cold stored strawberry fruit. J. Agric. and Food Chem. 55: 3469-3476.
- Chutintrasri, B. and A. Noomhorm. 2006. Thermal inactivation of polyphenoloxidase in pineapple puree. LWT. 39: 492-495.
- Cortellino, G., P. Pani, and D. Torreggiani. 2011. Crispy air-dried pineapple rings: optimization of processing parameters. Procedia Food Sci. 1: 1324-1330.
- Dincer, B., A. Çolak., N. Aydin, A. Kadioglu, and S. Güner. 2002. Characterization of polyphenoloxidase from medlar fruits (*Mespilus germanica* L., Rosaceae). Food Chem. 77(1): 1-7.
- Duangmal, K. and R. K. O. Apenten. 1999. A comparative study of polyphenoloxidase from taro (*Colocasia esculenta*) and potato (*Solanum tuberosum* var. Romano). Food Chem. 64(3): 351-359.
- Eteraf-Oskouei, T. and M. Najafi, 2013. Traditional and modern uses of natural honey in human diseases: A review. Iran. J. Basic Med. Sci. 16: 731-742.
- Fernandes, F. A. N., F. E. Linhares Jr, and S. Rodrigues. 2008. Ultrasound as pretreatment for drying of pineapple. Ultrason. Sonochem. 15(6): 1049-1054.
- İspir, A. and İ. T. Toğrul. 2009. Osmotic dehydration of apricot: Kinetics and the effect of process parameters. Chem. Eng. Res. Des. 87(2): 166-180.
- Janovitz-Klapp, A. H., F. C. Richard, P. M. Goupy, and J. J. Nicolas. 1990. Kinetic studies on apple polyphenol oxidase. J. Agric. Food Chem. 38(7): 1437-1441.
- Janovitz-Klapp, A. H., F. C. Richard, P. M. Goupy, and J. J. Nicolas, 1990. Inhibition studies on apple polyphenol oxidase. J. Agric. Food Chem. 38(4): 926-931.
- Lee, C. Y. 1984. Interaction of honey protein and tannic acid. J. Apic. Res. 23(2): 106-109.
- Lombard G. E., J. C. Oliveira, P. Fito, and A. Andrés. 2008. Osmotic dehydration of pineapple as a pre-treatment for further drying. J. Food Eng. 85(2): 277-284.

- Mandala, I. G., E. F. Anagnostaras, and C. K. Oikonomou. 2005. Influence of osmotic dehydration conditions on apple air-drying kinetics and their quality characteristics. *J. Food Eng.* 69(3): 307-316.
- Mishra, B. B., S. Gautam, and A. Sharma. 2013. Free phenolics and polyphenol oxidase (PPO) : The factors affecting post-cut browning in eggplant (*Solanum melongena*). *Food Chem.* 139(1-4): 105-114.
- Oszmianski, J. and C. Y. Lee. 1990. Inhibition of polyphenol oxidase activity and browning by honey. *J. Agric. Food Chem.* 38(10): 1892-1895.
- Pizzocaro, F., D. Torreggiani, and G. Gilardi. 1993. Inhibition of apple polyphenol oxidase (PPO) by ascorbic acid, citric acid and sodium chloride. *J. Food Process. Preserv.* 17(1): 21-30.
- Sharon, M. and A. M. Mayer. 1967. The effect of sodium chloride on catechol oxidase from apples. *Isr. J. Chem.* 5(6): 275-280.
- Tortoe, C. 2010. A review of osmodehydration for food industry. *Afr. J. Food Sci.* 4(6): 303-324.

## Effect of Osmotic Dehydration on the Appearance and Eating Quality of Dried Pineapple

Ging-En Lin <sup>1)</sup>    Ching-Chang Shiesh <sup>2)</sup>

Key words: Pineapple, Osmotic dehydration, Osmotic additives

### Summary

This study used refined sugar as an osmotic additive to treat pineapple fruits. Pineapple fruits were dehydration with 50% sucrose solution at room temperature for 4 hours, additional 2% salt, 2% vitamin C, 0.75% Sodium Metabisulfite and 10% honey were added or 0.75% Sodium Metabisulfite were dipped to investigate their effects on the fruit appearance. Our results indicated that better fruit appearance may be obtained by adding 10% honey and 2% salt or Sodium Metabisulfite for 10 minute. In terms of flavor, addition of 10% honey may obtain better eating quality. Results from this study demonstrated that pineapple fruits dehydration with 50% sucrose solution containing 10% honey at room temperature for 4 hours, and then dried with hot air at 65 °C may have better appearance and eating quality.

---

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

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

Corresponding author.



## 番茄生物炭混合介質對甘藍及番茄幼苗生長之影響

楊 盈<sup>1)</sup> 黃 三 光<sup>2)</sup>

關鍵字：番茄生物炭、甘藍、番茄、育苗介質

**摘要：**生物炭(biochar)為生物質於無氧或低氧環境下經熱裂解後形成之炭化產物，具多孔性、高電導度及偏鹼等特性。本研究探討番茄生物炭之物化特性，並與泥炭土混合作為育苗介質，進行甘藍與番茄之發芽與育苗試驗。各混合介質之營養元素分析結果顯示，TBW2-25 與 TBW2-50 之氮濃度較高，其餘介質之氮濃度皆介於理想範圍內；各供試介質之磷、鉀、鈣、鎂、鐵、錳、鋅及銅之濃度則皆落於理想範圍內。種子發芽試驗結果顯示，甘藍與番茄種子於泥炭土及番茄生物炭混合介質之發芽率皆達 90%以上，顯示番茄生物炭混合介質對於甘藍與番茄而言並無顯著的生長抑制物質。甘藍育苗試驗中，各供試介質所培育幼苗之壯苗指數彼此間並無顯著差異，然葉面積以 TBW2-50 為顯著最差，代表甘藍育苗時番茄生物炭可以取代 25%泥炭土作為甘藍育苗之用。另一方面，番茄育苗則是以 TBW2-50 培育之幼苗最佳，顯示番茄生物炭可以取代 50%之泥炭土作為番茄育苗之用。

### 前 言

近年來發現將農業廢棄物以熱裂解製成之生物炭，在栽培管理上可應用成為土壤改良劑，達到改善土壤 pH 值、增加保水力、進而提高作物產量等目的。生物炭可影響土壤的生物地質化學性(biogeochemistry) 以及土壤微生物之消長，如生物炭與菌根菌可以共生的形式存在於土壤的生態系統中，維持植物的生長、修復生態系統，對土壤的品質也有正面的影響(蔡與吳，2016)。

番茄之生長、栽培管理、採後處理皆為影響農民收益之重要課題。整枝與清園為番茄栽培與管理重要的一環，過多的殘枝落葉易造成病原菌滋生，其分解過程中會釋放出大量酚酸物質，造成作物相剋及連作障礙等問題，使植株生長不良，降低果實的產量與品質。

---

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助理教授，通訊作者。

修剪後的番茄枝葉與產季結束後番茄植株的處理多以集中焚燒處理，往往造成空氣污染的問題(陳，2015)。

本研究以番茄採收後之殘株為材料，經曬乾破碎及熱裂解之處理製成生物炭後，測定其理化性質及分析其所含之營養元素濃度，並以不同比例與泥炭土混合作為育苗介質，探討番茄生物炭添加比例混合介質對甘藍及番茄幼苗生長之影響。

## 材料與方法

### 一、試驗材料

(一) 泥炭土(peat moss)：採用德國 Klasmann - Deilmann 公司的 Potground H 商用育苗介質(中纖黑泥炭 90 %、白泥炭 10 %)。

(二) 番茄生物炭(tomato biochar)：委託中興大學森林系吳耿東副教授之生質能源研究室以 350℃ 燒製。燒製後之番茄生物炭再經一次或二次淋洗，淋洗方式為將燒製後之番茄生物炭與自來水以 1:10 (v/v) 之比例浸泡 24 小時。未經淋洗及經一次或二次淋洗之番茄生物炭代號如表 1 所述。

表 1. 未經淋洗及經一次或二次淋洗之番茄生物炭代號。

Table 1. Description of tomato biochar with or without leaching.

| Treatments Code | Treatment Description                           |
|-----------------|-------------------------------------------------|
| TB              | 未經淋洗之番茄生物炭 Tomato biochar without leaching      |
| TBW1            | 經一次淋洗之番茄生物炭 Tomato biochar with leaching once.  |
| TBW2            | 經二次淋洗之番茄生物炭 Tomato biochar with leaching twice. |

表 2. 各供試介質之代號與混合比例。

Table 2. Substrate description and its mixing ratio.

| Treatments Code | Substrate Description and its Mixing Ratio. |
|-----------------|---------------------------------------------|
| P               | Peat moss                                   |
| TBW2            | Tomato biochar with leaching twice.         |
| TBW2-5          | P: TBW2 = 95: 5                             |
| TBW2-25         | P: TBW2 = 75: 25                            |
| TBW2-50         | P: TBW2 = 50: 50                            |

## 二、試驗方法

### (一) 供試介質之製備

燒製後之番茄生物炭與自來水以 1:10 (v/v) 之比例浸泡淋洗兩次，每次淋洗 24 小時。經二次淋洗後之生物炭用手壓碎後以 10 號篩網過篩供試驗用。本試驗以泥炭土為對照組，混合不同比例番茄生物炭之混合介質為處理組，經二次淋洗後之番茄生物炭於混合介質中所佔的體積比例分別是 5%、25% 及 50% (表 2)。

### (二) 介質物理性質測定

測定之方法依據 Fonteno 與 Bilderback (1993) 之方法，再予以修改。使用底部以平絹網(150 目)封起來之鋼環，其高 5 cm、直徑 4.8 cm、體積 90 ml 作為介質物理性質測定之容器。秤取鋼環重量( $W_r$ )，以聚氯乙稀膜及橡皮筋密封鋼環底部，使鋼環底部不透水，再將水倒入鋼環中，直至水面與鋼環頂部面切齊，計算水量，即鋼環體積( $V_r$ )。首先將介質填滿於鋼環中(不予以鎮壓)，此時介質體積等於鋼環體積( $V_m = V_r$ )，並秤重( $W_1$ )。接著緩慢加入水，使介質吸水直至水面與鋼環切齊，在水不溢出且介質不流出的情況下，秤重( $W_2$ )並記錄加入水的重量( $W_{add} = W_2 - W_1$ )。之後除去聚氯乙稀膜與橡皮筋，使水從鋼環底部流出，直至底部不再滴水，秤重( $W_3$ )並記錄流出水重量( $W_{drop} = W_2 - W_3$ )與潮濕介質重量( $W_{wm} = W_3 - W_r$ )。最後將鋼環放至烘箱，以 70-80°C 乾燥後，秤重( $W_{dry}$ )，並記錄乾燥介質量( $W_{dm} = W_{dry} - W_r$ )。每處理三重複，換算各物理特性如下：

1. 總孔隙度(total porosity, TP) =  $[(W_{add} + W_1 - W_{dry}) / V_m] \times 100\%$
2. 容器含水量(container capacity, CC) =  $[(W_{wm} - W_{dm}) / V_m] \times 100\%$
3. 空氣孔隙率(air space, AS) =  $(W_{drop} / V_m) \times 100\%$
4. 介質總體密度(bulk density, BD) =  $W_{dm} / V_m$
5. 氣相(gas phase) = TP - CC
6. 液相(liquid phase) = CC
7. 固相(solid phase) = 100 - TP

### (三) 介質電導度(electrical conductivity, EC)與酸鹼值(pH)之測定

秤取 3 g 介質於燒杯中，加入 30 ml 去離子水(1:10)，於 100 rpm 震盪一小時後靜置 30 分鐘，利用濾紙(ADVANTEC NO. 1)過濾取得其濾液，最後以 pH meter (Suntex pH meter, SP-2300)與 EC meter (Mettler Toledo Conductivity meter, EL-30)測定各介質濾液之 pH 值與 EC 值，每處理三重複。

### (四) 介質總氮含量測定

使用 Micro-Kjeldahl 法(Cunniff, 1955)，精秤 0.2 g 乾燥樣品粉末後，使用濾紙(ADVANTEC NO. 1)包起來並投入燒氮試管，接著加入 1 g 催化劑(Selenium reagent mixture, Merck 8030)及 4.5 ml 濃硫酸。放置於分解爐內，以 410°C 之高溫加熱分解，待管中之液體呈澄清之綠色且無白煙冒出後取出，待冷卻後，加入 15 ml 蒸餾水，如為澄清淺藍，則表示已完全分解。完全分解後之樣品移至 Micro-Kjeldahl 裝置，加入 20 ml 12 N NaOH，通

蒸氣使氮化，氮氣以承裝 20 ml 燒氮指示劑(含 Bromocresol green 19  $\mu$ M 及與 Methyl red 25  $\mu$ M 之 2 % 硼酸溶液) 之塑膠燒杯收集，至體積達 50 ml。最後再以 1/14 N 硫酸滴定，並計算氮於樣品中之百分比，每處理三重複。

#### (五) 介質元素測定

參考孟立克氏法(Mehlich's method)再予以修改。取風乾介質 2.5 g 於燒杯中，加入 50 ml 雙酸萃取液(0.05 N HCl 與 0.025 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 之混合)。以 100 rpm 震盪一小時後，使用濾紙(ADVANTEC NO. 1)過濾取其濾液，再使用濾紙(ADVANTEC NO. 42)過濾第二次，濾液裝於 PE 瓶中，於 4℃ 保存備用。每處理三重複，分別使用原子吸收光譜儀(atomic absorption spectrophotometer, Hitachi Z-2300)測定鈣、鉀、鎂及微量元素；磷則使用分光光度計(U-2000, Hitachi)測定之。

1. 鈣：取稀釋二十倍之濾液 0.1 ml，加入 3.9 ml 去離子水及 1 ml 之 5% 氧化釷(La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>，Lanthanum oxide，溶於 25% 硫酸溶液)，震盪均勻混合，用原子吸收光譜儀(Hitachi Z-2300)測定其濃度，單位為 %。
2. 鉀、鎂：取稀釋二十倍之濾液 0.5 ml，加入 9.5 ml 去離子水，震盪均勻後，用原子吸收光譜儀(Hitachi Z-2300)分別測定濃度，單位為 %。
3. 磷：使用鉬黃法(Vanadate-Molybdate Yellow Method) (Horwitz, 1970)，取 1 ml 濾液於試管中，加入 3 ml 去離子水、1 ml 鉬黃試劑(1000 ml 試劑中含(NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·4H<sub>2</sub>O 22.5 g 及 NH<sub>4</sub>VO<sub>3</sub> 1.25 g 溶於 25 % HNO<sub>3</sub>)混合均勻後靜置十分鐘。用分光光度計(U-2000，Hitachi)測溶液於 470 nm 之吸光值，單位為 %。標準液以 KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 配製。
4. 鐵、錳、鋅、銅：直接取濾液，利用原子吸收光譜儀(Hitachi Z-2300)分別測定濃度，單位為 mg/kg。

#### (六) 番茄與甘藍發芽試驗

秤取 3 g 介質於燒杯中，再加入 30 ml 去離子水(1：10)。於 70 rpm 震盪 24 小時，利用濾紙(ADVANTEC NO. 1)過濾取得其濾液。另外，於玻璃培養皿中平鋪濾紙(ADVANTEC NO. 1)，加入約 2-3 ml 濾液，使濾紙濕潤後，每皿加入 20 顆種子。於 25 °C 黑暗之恆溫生長箱進行發芽率試驗。每皿為一重複，每處理三重複，試驗進行 4-6 天，每日計算其發芽率(%)及平均發芽天數。

#### (七) 番茄與甘藍育苗試驗

番茄種子浸泡約 4 小時後播種於填滿介質之 128 穴盤中，每半盤穴盤為一重複，每處理三重複。播種後先於室內高濕度的環境下進行催芽 2 日再移至中興大學園藝系溫室內育苗，每日澆水並注意病蟲害管理。育苗後兩週起，待長出本葉，每週施肥 1-2 次，使用花寶 2 號(HYPONeX; N：P：K = 20：20：20)稀釋 1000 倍後進行葉面噴霧施肥。

#### (八) 穴盤苗生育性狀調查

取 4-6 週苗齡之甘藍及番茄苗進行以下植株性狀調查，每穴盤取 10 株正常健壯苗株，每穴盤為一重複，每處理三重複。



1. 莖徑：以游標尺量取苗株子葉下部之莖寬，單位為公厘(mm)。
2. 莖長：苗株基部到生長點的長度，單位為公分(cm)。
3. 葉面積：以葉面積儀(LI-COR 3100A, LI-COR, Lincoln Neb)測量所有展開的本葉葉面積，單位為平方公分(cm<sup>2</sup>)。
4. 地上部鮮重：取苗株之地上部秤重，單位為克(g)。
5. 地上部乾重：取苗株之地上部，置於紙袋中，於 70℃烘箱中，待其完全乾燥並秤重，單位為克(g)。
6. 地下部鮮重：取苗株洗淨之地下部，用紙巾將殘留的水分吸乾後秤重，單位為克(g)。
7. 地下部乾重：取苗株洗淨之地下部，置於紙袋中，於 70℃烘箱中，待其完全乾燥並秤重，單位為克(g)。

(九) 壯苗指數與絕對生長速率換算(司等, 1993; 載等, 2002; Dreesen and Langhans, 1992)

1. 壯苗指數一：地上部乾重/莖長
2. 壯苗指數二：葉面積/莖長
3. 壯苗指數三：(莖徑/莖長) × 地上部乾重
4. 壯苗指數四：[(莖徑/莖長) + (地下部鮮重/地上部鮮重)] × 全株乾重
5. 絕對生長速率：全株乾物種(g) × 100/生育日數

## 結 果

### 一、各供試介質之物理性質分析

本研究測定介質之物理性質，包含總孔隙度、容器含水量、空氣孔隙率及總體密度，其結果顯示，泥炭土(P)之總孔隙度為 88.22%、容器含水量為 59.63%、空氣孔隙率為 26.60%、總體密度為 0.11 g/cm<sup>3</sup> (表 3)。TBW2-5 之總孔隙度、容器含水量、空氣孔隙率及總體密度與泥炭土沒有顯著差異，分別為 83.38%、61.98%、21.34%及 0.11 g/cm<sup>3</sup>；TBW2-25 之總孔隙度則是 65.16%、容器含水量為 51.47%、空氣孔隙率為 13.69%、總體密度為 0.11 g/cm<sup>3</sup>；TBW2-50 之總孔隙度為 59.23%、容器含水量為 57.93%、空氣孔隙率為 1.35%、總體密度為 0.18 g/cm<sup>3</sup> (表 3)。

### 二、番茄生物炭電導度(electric conductivity, EC)與酸鹼值(pH)分析

本研究結果顯示，番茄生物炭(TB)之 EC 值及 pH 值分別為 19.53 dS/m 及 9.86 (表 4)，未經淋洗之 TB 其 EC 值比理想育苗介質條件高出近二十倍之多，pH 值亦偏鹼。為使番茄生物炭能較符合理想介質所需之條件，首先將番茄生物炭(TB)以不同體積之自來水浸泡 24 小時後觀察其 EC 值之變化，經多方嘗試後，最後採用生物炭：水=1：10 之比例，將 TB 浸泡 24 小時，烘乾後再重複進行第二次浸泡，之後再進行 EC 值與 pH 值之測定；結果發現淋洗一次後之番茄生物炭(TBW1)之 EC 值及 pH 值分別為 2.51 dS/m 及 8.73；淋洗二次後之番茄生物炭(TBW2)之 EC 值及 pH 值分別為 0.80 dS/m 及 8.26 (表 4)。

表 3. 各供試介質之物理特性。

Table 3. Physical properties of substrate tested.

| 處理             | 總孔隙度                | 容器含水量  | 空氣孔隙率  | 總體密度                    |
|----------------|---------------------|--------|--------|-------------------------|
| Treatments     | TP (%)              | CC (%) | AS (%) | BD (g/cm <sup>3</sup> ) |
| P <sup>z</sup> | 88.22a <sup>y</sup> | 59.63a | 26.60a | 0.11c                   |
| TBW2-5         | 83.38a              | 61.98a | 21.34a | 0.11c                   |
| TBW2-25        | 65.16b              | 51.47b | 13.69b | 0.11c                   |
| TBW2-50        | 59.23b              | 57.93a | 1.35c  | 0.18a                   |
|                | 65-95               | 45-65  | 10-30  | 0.1-0.8                 |

TP : total porosity, CC : container capacity, AS : air space, BD : bulk density.

<sup>z</sup>:代號說明參考表 2

<sup>y</sup>: Means with the same letter(s) in a column are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

表 4. 未經淋洗、淋洗一及二次之番茄生物炭之電導度(EC)及酸鹼值(pH)。

Table 4. EC and pH values of tomato biochar before and after leaching

| Treatments      | Electrical Conductivity, EC (dS/m) | pH    |
|-----------------|------------------------------------|-------|
| TB <sup>z</sup> | 19.53a <sup>y</sup>                | 9.86a |
| TBW1            | 2.51b                              | 8.73b |
| TBW2            | 0.80c                              | 8.26c |

<sup>z</sup>: 代號說明參考表 1

<sup>y</sup>: Means with the same letter(s) in a column are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

### 三、番茄生物炭混合介質之電導度(electric conductivity, EC)與酸鹼值(pH)分析

本研究所使用之混合介質原料為泥炭土(P)及經淋洗二次之番茄生物炭(TBW2)，各混合介質之 EC 值及 pH 值分析結果顯示，所有混合介質之 EC 值均與對照組(P)無顯著差異，TBW2-5 之 EC 值為 0.90 dS/m；TBW2-50 之 EC 值為 0.80 dS/m；TBW2-25 為最低，僅 0.66 dS/m。TBW2-50 之酸鹼值(pH)為 7.82，TBW2-25 為 7.11，TBW2-5 為 6.32，均顯著高於 P 之 5.83(表 5)。

表 5. 番茄生物炭混合介質之電導度(EC)及酸鹼值(pH)。

Table 5. EC and pH values of tomato biochar mixed substrates before and after leaching

| Treatments     | Electrical Conductivity, EC(dS/m) | pH    |
|----------------|-----------------------------------|-------|
| P <sup>z</sup> | 0.81ab <sup>y</sup>               | 5.83d |
| TBW2-5         | 0.94a                             | 6.32c |
| TBW2-25        | 0.66b                             | 7.11b |
| TBW2-50        | 0.81ab                            | 7.82a |

<sup>z</sup>: 代號說明參考表 2

<sup>y</sup>: Means with the same letter(s) in a column are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

#### 四、番茄生物炭混合介質之營養元素分析

營養元素分析結果顯示，各混合介質的總氮及磷濃度均以 TBW2-50 為最高，分別為 2.07% 及 0.370%；此二者之濃度均以泥炭土(P)為最低，分別是 1.31% 及 0.058%。鉀與鈣分析結果顯示，P 之鉀與鈣濃度為顯著最低，分別為 0.16% 及 2.08%；各混合介質之鉀濃度隨生物炭混合比例增加而增加，介於 0.26-0.48%；各混合介質之鈣濃度則介於 2.51-3.29%，其中以 TBW2-50 之鈣濃度為最高。P 與 TBW2-5 及 TBW2-25 的鎂濃度沒有顯著差異，介於 0.35-0.53%；TBW2-50 之鎂濃度為 0.65%(表 6)。

表 6. 泥炭土及番茄生物炭混合介質之大量營養元素濃度(%)。

Table 6. Macronutrient concentration in peat moss amended with or without tomato biochar.

| Treatments     | N                  | P         | K        | Ca      | Mg     |
|----------------|--------------------|-----------|----------|---------|--------|
| P <sup>z</sup> | 1.31d <sup>y</sup> | 0.058d    | 0.16e    | 2.08d   | 0.37b  |
| TBW2-5         | 1.42d              | 0.186c    | 0.26d    | 2.51c   | 0.35b  |
| TBW2-25        | 1.79c              | 0.337b    | 0.42c    | 3.03b   | 0.53ab |
| TBW2-50        | 2.07b              | 0.370a    | 0.48b    | 3.29a   | 0.65a  |
|                | 0.2-1.5            | 0.001-0.4 | 0.01-0.5 | 0.3-3.6 |        |

<sup>z</sup>: 代號說明參考表 2

<sup>y</sup>: Means with the same letter(s) in a column are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

微量元素分析結果顯示，各育苗介質之鐵濃度以 P 為最高，達 475.65 ppm；P 混合生物炭之後，鐵之濃度有下降之趨勢，介於 328.65-390.95 ppm。錳及鋅之濃度會隨著生物炭之混合比例越高而越高，P 之錳及鋅濃度則為最低，分別為 51.17 ppm 及 15.19 ppm，各混合介質之錳濃度則介於 76.93-120.05 ppm；鋅濃度則介於 24.29-127.40 ppm。P 之銅濃度略高於 TBW2-5 及 TBW2-25，為 10.99 ppm，而各混合介質之銅濃度則介於 9.38-18.41 ppm (表 7)。

表 7. 泥炭土及番茄生物炭混合介質之微量營養元素濃度(ppm)。

Table 7. Micronutrient concentration in peat moss amended with or without tomato biochar.

| Treatments     | Fe                   | Mn      | Zn      | Cu     |
|----------------|----------------------|---------|---------|--------|
| P <sup>z</sup> | 475.65a <sup>y</sup> | 51.17d  | 15.19e  | 10.99b |
| TBW2-5         | 390.95ab             | 76.93c  | 24.29d  | 9.38c  |
| TBW2-25        | 328.65bc             | 77.21c  | 53.20c  | 10.36b |
| TBW2-50        | 340.55bc             | 120.05a | 127.40b | 18.41a |
|                | 300-1100             | 10-200  | <206    | <71.8  |

<sup>z</sup>: 代號說明參考表 2

<sup>y</sup>: Means with the same letter(s) in a column are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

表 8. 番茄生物炭混合介質濾液對甘藍及番茄種子發芽之影響。

Table 8. Germination rate of cabbage and tomato seeds grown in the filtrate of peat moss amended with or without tomato biochar.

| Treatments     | Cabbage              |                                 | Tomato               |                                 |
|----------------|----------------------|---------------------------------|----------------------|---------------------------------|
|                | Germination rate (%) | Mean days to germination (days) | Germination rate (%) | Mean days to germination (days) |
| P <sup>z</sup> | 91.67a <sup>y</sup>  | 1.8a                            | 95a                  | 3a                              |
| TBW2-5         | 91.67a               | 1.7a                            | 95a                  | 3.2a                            |
| TBW2-25        | 91.67a               | 1.8a                            | 100a                 | 3.2a                            |
| TBW2-50        | 90.00a               | 1.9a                            | 100a                 | 3.1a                            |

<sup>z</sup>: 代號說明參考表 1

<sup>y</sup>: Means with the same letter(s) in a column are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

### 五、番茄生物炭混合介質對番茄及甘藍種子發芽之影響

甘藍種子於不同處理組之發芽率及平均發芽日數均與對照組無顯著差異，分別介於 90-91.67% 及 1.7-1.9 天。番茄種子之發芽率及平均發芽日數於不同處理組間亦均與對照組無顯著差異，分別介於 95-100% 及 3-3.2 天(表 8)。

### 六、番茄生物炭混合介質對甘藍育苗之影響

本研究使用番茄生物炭混合介質進行甘藍之育苗試驗。甘藍苗之性狀調查結果顯示，P 與各處理組之莖徑、地上部鮮及乾重與地下部鮮及乾重皆沒有顯著差異，其莖徑介於 1.52-1.70 mm；地上部鮮重介於 1.07-1.32 g；地上部乾重介於 0.13-0.18 g；地下部鮮重介於 0.39-0.45 g；地下部乾重約為 0.03 g。TBW2-50 之莖長為顯著最長，為 6.67 cm，其餘各組間則沒有顯著差異，介於 5.73-5.85 cm；葉面積則是對照組(P)最大，為 36.17 cm<sup>2</sup>；TBW2-5 及 TBW2-25 與對照組沒有顯著差異，介於 30.94-33.62 cm<sup>2</sup>；TBW2-50 則最小，為 26.90 cm<sup>2</sup>(表 9)。不同混合介質育苗結果中壯苗指數一、二、三、四及絕對生長速率皆與對照組沒有顯著差異(表 10)。

表 9. 番茄生物炭混合介質對甘藍苗生長之影響(栽種時間：2016/10/12-11/2)。

Table 9. Growth parameters for cabbage seedlings grown in peat moss amended with or without tomato biochar.

| Treatments     | Stem dia.<br>(mm)  | Stem<br>length<br>(cm) | Leaf Area<br>(cm <sup>2</sup> ) | Shoot               |                   | Root                |                   |
|----------------|--------------------|------------------------|---------------------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
|                |                    |                        |                                 | Fresh<br>Weight (g) | Dry<br>Weight (g) | Fresh<br>Weight (g) | Dry<br>Weight (g) |
| P <sup>z</sup> | 1.61a <sup>y</sup> | 5.73b                  | 36.17a                          | 1.32a               | 0.18a             | 0.41a               | 0.03a             |
| TBW2-5         | 1.52a              | 5.85b                  | 30.94ab                         | 1.12a               | 0.14a             | 0.45a               | 0.03a             |
| TBW2-25        | 1.70a              | 5.82b                  | 33.62ab                         | 1.26a               | 0.17a             | 0.39a               | 0.03a             |
| TBW2-50        | 1.52a              | 6.67a                  | 26.90b                          | 1.07a               | 0.13a             | 0.39a               | 0.03a             |

<sup>z</sup>: 代號說明參考表 2

<sup>y</sup>: Means with the same letter(s) in a column are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

### 七、番茄生物炭混合介質對番茄育苗之影響

本研究使用番茄生物炭混合介質進行番茄之育苗試驗。番茄苗之性狀調查結果顯示，P 與各處理組之莖長、地上部乾重、地下部鮮及乾重皆沒有顯著差異，莖長介於 12.7-13.9 cm；地上部乾重介於 0.07-0.11 g，地下部鮮重介於 0.21-0.39 g，地下部乾重約為 0.03 g。

TBW2-50 之莖徑、葉面積與地上部鮮重皆顯著較對照組佳，莖徑為 2.19 mm；葉面積為 11.99 cm<sup>2</sup>；地上部鮮重則是 0.80 g。P 之莖徑、葉面積、地上部及地下部鮮乾重與 TBW2-5 皆無顯著差異，莖徑介於 1.98-1.99 mm；葉面積介於 7.01-7.02 cm<sup>2</sup>；地上部鮮重則介於 0.54-0.57 g；地上部乾重介於 0.07-0.11 g；地下部鮮重介於 0.21-0.34 g；地下部乾重則約 0.03 g (表 11)。

表 10. 番茄生物炭混合介質對甘藍苗之壯苗指數與絕對生長速率之影響。

Table 10. Seedling index and absolute growth rate for cabbage seedlings grown in peat moss amended with or without tomato biochar.

| Treatments     | Seedling index      | Seedling index | Seedling index | Seedling index | Absolute growth rate |
|----------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------------|
|                | 1                   | 2              | 3              | 4              |                      |
| P <sup>z</sup> | 0.031a <sup>y</sup> | 6.304a         | 0.052a         | 0.125a         | 0.582a               |
| TBW2-5         | 0.024a              | 5.300a         | 0.037a         | 0.113a         | 0.466a               |
| TBW2-25        | 0.029a              | 5.828a         | 0.049a         | 0.119a         | 0.548a               |
| TBW2-50        | 0.019a              | 3.984a         | 0.027a         | 0.08a          | 0.416a               |

<sup>z</sup>: 代號說明參考表 2

<sup>y</sup>: Means with the same letter(s) in a column are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

表 11. 番茄生物炭混合介質對番茄苗生長之影響(栽種時間：2016/10/13-11/24)。

Table 11. Growth parameters for tomato seedlings grown in peat moss amended with or without tomato biochar.

| Treatments     | Stem dia.<br>(mm)  | Stem<br>length<br>(cm) | Leaf Area<br>(cm <sup>2</sup> ) | Shoot      |            | Root       |            |
|----------------|--------------------|------------------------|---------------------------------|------------|------------|------------|------------|
|                |                    |                        |                                 | Fresh      | Dry        | Fresh      | Dry        |
|                |                    |                        |                                 | Weight (g) | Weight (g) | Weight (g) | Weight (g) |
| P <sup>z</sup> | 1.99b <sup>y</sup> | 13.0a                  | 7.02b                           | 0.54b      | 0.11a      | 0.21a      | 0.03a      |
| TBW2-5         | 1.98b              | 12.7a                  | 7.01b                           | 0.57ab     | 0.07a      | 0.34a      | 0.03a      |
| TBW2-25        | 2.09ab             | 13.9a                  | 10.36ab                         | 0.78a      | 0.09a      | 0.31a      | 0.03a      |
| TBW2-50        | 2.19a              | 13.6a                  | 11.99a                          | 0.80a      | 0.09a      | 0.39a      | 0.03a      |

<sup>z</sup>: 代號說明參考表 2

<sup>y</sup>: Means with the same letter(s) in a column are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

不同混合介質之育苗結果顯示，壯苗指數一、三、四及絕對生長速率各組間皆沒有顯著差異(表 12)；壯苗指數二則以 TBW2-50 最高，TBW2-25 其次，二者無顯著差異，P、TBW2-5 及 TBW2-25 三者間亦無顯著差異。

表 12. 番茄生物炭混合介質對番茄苗之壯苗指數與絕對生長速率之影響。

Table 12. Seedling index and absolute growth rate for tomato seedlings grown in peat moss amended with or without tomato biochar.

| Treatments     | Seedling index<br>1 | Seedling index<br>2 | Seedling index<br>3 | Seedling index<br>4 | Absolute growth<br>rate |
|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|
| P <sup>z</sup> | 0.008a <sup>y</sup> | 0.537b              | 0.033a              | 0.069a              | 0.455a                  |
| TBW2-5         | 0.005a              | 0.553b              | 0.053a              | 0.072a              | 0.315a                  |
| TBW2-25        | 0.007a              | 0.744ab             | 0.047a              | 0.067a              | 0.403a                  |
| TBW2-50        | 0.007a              | 0.878a              | 0.063a              | 0.082a              | 0.416a                  |

<sup>z</sup>: 代號說明參考表 2

<sup>y</sup>: Means with the same letter(s) in a column are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

## 討 論

### 一、介質特性分析

理想的栽培介質需具有好的理化特性，如透氣性和保水保肥性佳，才能促進植株的根系生長發育，培育壯苗(楊等，2011)。良好育苗介質的總孔隙度大，能容納充足的空氣和水，其適於作物根系生長之範圍介於 65-95%(連，1994)；Yeager 等人(1997)提出容器含水量介於 45-65%，空氣孔隙率介於 10-30%較為理想。本次試驗中，TBW2-50 的總孔隙度及空氣孔隙率偏低，其餘供試介質皆介於理想範圍內；容器含水量則是所有介質均介於理想範圍內。良好育苗介質的總體密度介於 0.1-0.8 g/cm<sup>3</sup> (劉，2001；彭與朱，2000)，本次試驗材料中，各混合介質之總體密度介於 0.11-0.18 g/cm<sup>3</sup>，皆屬於適宜範圍(表 3)。

番茄生物炭(TB)之 pH 值偏鹼，EC 值偏高，說明番茄生物炭不適於直接應用於作物育苗與栽培。孫與謝(1998)，提出介質之 pH 值介於 5.8-6.5 時，大部分肥料可被溶解與吸收利用；介質之可溶性鹽或 EC 值則應 ≤ 0.75 dS/m，若大於 0.75 dS/m 將可能有鹽害問題(陳，2004)。過去的研究顯示番茄作物燒製成生物炭再利用時，其 pH 值明顯高於其他農業廢棄物製成之生物炭；生物炭可以使用水淋溶(leaching)以降低 EC 值，且經過淋溶後生物炭的酸鹼值亦會降低，大約是 pH7-10，再經與泥炭土混合後能符合一良好介質之要求

(Chan *et al.*, 2008; Harel *et al.*, 2012; Singh *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2012)。故此本試驗乃以番茄生物炭(TB)：水=1：10 之比例，將番茄生物炭(TB)浸泡 24 小時後，進行 EC 值與 pH 值測定，分別測得 2.51dS/m 與 8.73，顯示 TB 淋洗後其 EC 值與 pH 值有明顯降低，但作為育苗介質之用依然偏高，故進行第二次淋洗。進行第二次淋洗後，生物炭之 EC 值與 pH 值分別為 0.8dS/m 與 8.26(表 4)，可與泥炭土混合作為育苗介質之用。

植物生長所需之營養元素除碳氮氧之外皆取之於介質，介質之營養元素分為大量和微量元素，大量元素以氮、磷及鉀對於植物之生長最為重要，微量元素包含鐵、錳、鋅、銅等。過去研究指出介質營養元素濃度之適合範圍分別為：氮介於 0.2-1.5%；磷介於 0.001-0.4%；鉀介於 0.01-0.5%；鈣介於 0.3-3.6%；鐵介於 300-1100 mg/kg；錳介於 10-200 mg/kg；鋅小於 206 mg/kg 及銅小於 71.8 mg/kg。本試驗結果顯示泥炭土(P)與 TBW2-5 之氮介於理想範圍內，其餘則超過；泥炭土與各混合介質之磷、鉀、鈣皆介於理想範圍內(表 6)(Zhang *et al.*, 2012)。此外，本試驗之泥炭土與各混合介質之微量元素濃度亦介於建議範圍內(表 7)。

## 二、番茄生物炭混合介質之發芽與育苗試驗

種子於介質中是否能發芽，可作為介質是否適於植物之生長之篩選依據，本研究針對不同混合介質之濾液於適當溫度及黑暗之環境條件下進行發芽率試驗，其結果顯示甘藍與番茄之發芽率在所有供試介質濾液中皆高於 90%，顯示番茄生物炭混合介質中並不含有明顯之發芽抑制物質(表 8)。

本研究之番茄生物炭混合介質之物理特性、化學特性及營養元素濃度多介於理想範圍內，具有作為泥炭土替代介質的潛力，故本研究以不同的替代比例進行育苗試驗，探討最適之替代比例。

甘藍對於生長溫度之適應廣泛，性喜冷涼氣候，其生育適溫為 15-25℃。對土壤適應性強，最適合土壤酸鹼度為 pH5.5-6.5(楊，2011)。前述提及介質可溶性鹽或 EC 值要低於 0.75 dS/m，超過此值將可能有鹽害問題(孫與謝，1998)，甘藍之育苗介質以空氣孔隙度對穴盤苗生育影響較大，介於 15-17.4%時最佳(薛等，2003)，本試驗中各供試介質之 EC 值除了 TBW2-25 介於理想範圍之內，其他處理組之 EC 值皆高於理想範圍；空氣孔隙率則是以 TBW2-50 最低，P 及 TBW2-5 較高。甘藍育苗試驗結果顯示，除 TBW2-50 處理組之葉面積較對照組(P)較小外，所有處理組之性狀、壯苗指數及絕對生長速率均與對照組沒有顯著差異(表 9、表 10)，表示 TBW2-50 雖可做為育苗介質，唯其培育之甘藍幼苗之葉面積明顯較低，或許不利於移植後甘藍之生長。因此，番茄生物炭作為泥炭土之替代介質進行甘藍育苗時，其最高替代比率可達 25%。

番茄為台灣重要之作物，其栽培管理、病蟲害管理以及採收後殘株之再利用，皆是研究的熱門方向。番茄之生長溫度則以白天 20-25℃，夜間 10-15℃ 為最適生長溫度，育苗之土壤以肥沃疏鬆及通透性良好為佳，以 pH 5.5-7.0 為宜(司與何，1999)。土壤的理化特性皆會影響番茄植株生長，包含結塊、無氧、高含水量等；此外，pH 值過低、土壤肥力和



土壤鹽分過高皆會阻礙番茄根部於土壤的生長。番茄具有耐鹽的特性，當土壤鹽度高達 2.5 dS/m 時，減產之問題不嚴重(李，2004)。本研究除甘藍外，亦同時進行番茄育苗試驗，結果顯示，異於甘藍育苗之結果，TBW2-50 處理組於番茄育苗試驗整體表現較佳(表 11、表 12)。推測由於番茄生物炭混合介質偏鹼，又以 TBW2-50 之 7.82 為最高(表 5)，或許因為番茄幼苗對鹼性環境之適應性優於甘藍幼苗，因此，番茄生物炭作為泥炭土之替代介質進行番茄育苗時，其最高替代比例可達到 50%。

## 參 考 文 獻

- 司亞平、何偉明。1999。番茄穴盤育苗技術規範。農村實用工程技術 1: 8-9。
- 司亞平、何偉明、陳殿奎。1993。番茄穴盤育苗營養面積選擇試驗初報。中國蔬菜 1: 29-32。
- 李美娟。2004。生物炭的環境效應及其應用的研究進展。2004 果菜健康管理研討會專集。pp. 83-93。
- 孫文章、謝桑煙。1998。甘藍穴盤育苗技術。台南區農業改良場技術專刊 76: 87-4。
- 連兆煌。1994。無土栽培技術與原理。中國農業出版社。49pp。
- 陳仁炫。2004。土壤與植體營養診斷技術。植物重要防疫檢疫病害診斷鑑定技術研習會專刊 3: 157-174。
- 陳可薇。2015。番茄莖葉資源化再利用於蔬菜栽培之研究。國立中興大學園藝系碩士論文。67pp。
- 彭士永、朱建華。2000。無土栽培不同基質對番茄生理功能影響的研究。遼寧農業職業技術學院學報 2(4): 16-17。
- 楊秀珠。2011。十字花科蔬菜病蟲害之發生與管理。合理、安全及有效使用農藥輔導教材。行政院農委會農業藥物毒物試驗所。58pp。
- 楊軍、邵玉翠、仁順榮、賀宏達、高玉興。2011。不同基質配方對番茄冬季育苗的影響中國農學通報 27(4): 223-226。
- 劉士哲。2001。現代實用無土栽培技術。中國農業出版社。602pp。
- 蔡佳儒、吳耿東。2016。臺灣農業廢棄物製備生物炭之未來與展望。農業生技產業季刊 46: 24-28。
- 薛佑光、宋好、張武男。2003。介質對甘藍穴盤苗及其定植後初期生育之影響。植物種苗 5(2): 61-81。
- 戴振洋、蔡宜峰、張隆仁、邱建中。2002。不同介質與育苗盤對紫錐花幼苗品質之影響。臺中區農業改良場研究彙報 77: 1-9。
- Chan, K. Y., L. van Zwieten, I. Meszaros, A. Downie, and S. Joseph. 2008. Agronomic values of

- greenwaste biochar as a soil amendment. *Soil Res.* 45(8): 629-634.
- Cunniff, P. 1995. Official methods of analysis of AOAC international. 16<sup>th</sup> ed. AOAC Intl. Arlington, USA. 1141pp.
- Dreesen, D. R. and R. W. Langhans. 1992. Temperature effects on growth of impatiens plug seedlings in controlled environments. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 117(2): 209-215.
- Fonteno, W. C. and T. E. Bilderback. 1993. Impact of hydrogel on physical properties of coarse- structured horticultural substrates. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 118(2): 217-222.
- Harel, Y. M., Y. Elad, D. Rav-David, M. Borenstein, R. Shulchani, B. Lew, and E. R. Graber. 2012. Biochar mediates systemic response of strawberry to foliar fungal pathogens. *Plant Soil.* 357(1-2): 245-257.
- Horwitz, W. 1970. Official methods of analysis of the Association of official analytical chemist. 11<sup>th</sup> ed. Arlington, Virginia. USA. 204pp.
- Singh, B., B. P. Singh, and A. L. Cowie. 2010. Characterisation and evaluation of biochars for their application as a soil amendment. *Soil Res.* 48(7): 516-525.
- Wang, T., M. Camps-Arbestain, M. Hedley, and P. Bishop. 2012. Predicting phosphorus bioavailability from high-ash biochars. *Plant Soil* 357(1-2): 173-187.
- Yeager, T. H., C. Gilliam, T. E. Bilderback, D. Fare, A. Niemiera, and K. Tilt. 1997. Best management practices, guide for producing container-grown plants. Southern Nursery Association, Atlanta, Georgia.
- Zhang, R. H., Z. Q. Duan, and Z. G. Li. 2012. Use of spent mushroom substrate as growing media for tomato and cucumber seedlings. *Pedosphere* 22(3): 333-342.

## Effect of Tomato Biochar Mixed Substrates on Cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.) and Tomato (*Solanum lycopersicum*) Seedling Growth

Ying Yong <sup>1)</sup>      San-Gwang Hwang <sup>2)</sup>

Key words: Tomato biochar, Cabbage, Tomato, Seedling growth

### Summary

Biochar is a carbonized product made from pyrolysis. The properties of biochar are characterized by high porosity, electrical conductivity and pH value. In this study, the properties of tomato biochar were analyzed, and the suitability of tomato biochar mixed with peat moss as transplant growth substrate was investigated. Nutrient analysis of tomato biochar-mixed substrates suggested that N concentration is higher than its ideal range in TBW2-25 and TBW2-50 but is suitable in the rest substrates tested. The concentrations of P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn and Cu were all suitable in all substrates tested. Seed germination tests revealed that the germination rates of cabbage and tomato seeds were both over 90% when exposed to the filtrates of tomato biochar-mixed substrates. These results suggested that there is no obvious growth inhibiting substance present in the tomato biochar-mixed substrates. Results from cabbage seedling growth test demonstrated that there is no significant difference of seedling quality index among all substrates tested but the leaf area of cabbage seedling appears to be the worst when grown in TBW2-50 suggesting that tomato biochar can replace 25% peat moss for cabbage transplant growth. Results from tomato seedling growth test indicated that seedlings perform better when grown in TBW2-50 suggesting that tomato biochar can replace 50% peat moss for cabbage transplant growth.

---

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

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

Corresponding author.



## 草莓採收成熟度與貯藏品質

吳岱融<sup>1)</sup> 謝慶昌<sup>2)</sup>

關鍵字：草莓、成熟度、貯藏

**摘要：**草莓採收成熟度對貯藏壽命有顯著的影響。在美國加州產區通常是以 75% 轉色成熟為採收標準，但在臺灣則採收完全成熟的果實。本試驗以轉色程度 40%、60%、80%、100% 的桃園 1 號果實為材料，探討提早採收與貯藏品質間的關係。結果顯示，提早採收能延長貯藏壽命，果實較硬利於運輸，但品質較差。轉色程度 40% 的果實雖然貯藏壽命最久，但品質和 100% 轉色相比顯著較低。若以提早採收的方式延長果實貯藏期，考量果實品質以 60% 至 80% 轉色時採收較佳，可延長貯藏壽命 27 至 79%。

### 前言

草莓是極易腐敗的果實。草莓採收時的成熟度對於草莓採後貯藏壽命有顯著的影響 (Mokkila *et al.*, 1996)。美國加州草莓產區通常是以 75% 轉色成熟為採收標準，但是在臺灣的草莓產業則是採收完全成熟的果實 (黃, 2004)。

一般而言，草莓果實以轉色程度做為成熟度的判斷依據 (Forney *et al.*, 1998; Nunes *et al.*, 2006; Chai *et al.*, 2013)。轉色程度達 75% 的草莓果實，在貯藏期間的 pH 值、酸度、可溶性糖、抗壞血酸及總酚含量，可以與田間現採 100% 轉紅的草莓果實相類似。採收 75% 轉紅的草莓果實，比 100% 轉紅的果實，可以保存得更久，而且維持較好的果實硬度與顏色 (Nunes *et al.*, 2006)。草莓風味影響因子最主要的是可溶性糖，其次為有機酸 (Cordenunsi *et al.*, 2003)。草莓果實在可溶性固形物 7% 以上，可滴定酸 0.8% 以下，視為具有可接受的品質 (Manning, 1993)。

---

1) 國立中興大學園藝學系博士班研究生、行政院農業委員會苗栗區農業改良場助理研究員。

2) 國立中興大學園藝學系副教授，通訊作者。

草莓果實顏色的色素來源為花青素，其為水溶性化合物，主要存於細胞液泡中，也是含量較多的酚類化合物(da Silva *et al.*, 2007)。草莓在貯藏期間，花青素含量會提高，因此草莓於貯藏期間會持續轉色(Kalt *et al.*, 1993)。花青素合成反應會受到貯藏低溫的影響而減緩(Cordenunsi *et al.*, 2005)。經過 8 天 0℃ 的貯藏，草莓果實的花青素含量比原本高出 1.7 倍，但同時 30℃ 貯藏的花青素含量為 6.8 倍(Kalt *et al.*, 1999)。

在最合適的成熟度採收，是關乎後續貯藏、加工品質最佳化的關鍵步驟(Sturm *et al.*, 2003)。為提升草莓採後貯運的品質，了解草莓品種的採收適期，及其在採後的品質變化是關鍵。由於目前臺灣草莓以桃園 1 號(俗稱'豐香'，日文名 Toyonoka)為主流品種，且於草莓果實 100% 轉色時進行採收，因此本試驗以轉色程度 40%、60%、80%、100% 的桃園 1 號果實為材料，探討不同轉色程度的果實在貯藏期間的品質變化，以做為產業藉提早採收果實延長成熟度，應以什麼成熟度為宜，以及不同成熟度果實在貯藏期的品質變化，提供產業鏈貯運之參考。

## 材 料 與 方 法

### 一、果實品質變化

草莓果實來源為苗栗區農業改良場生物防治分場的玻璃溫室試驗區(位於苗栗縣大湖鄉，種植面積為 0.1 公頃)，該田區於 105 年 10 月定植植株，同年 12 月開始開花，採收 106 年 2 月結果期的果實。本試驗採收不同轉色程度(40%、60%、80%、100%)的桃園 1 號果實(圖 2-1)為材料，採收時間為上午 8 時至 10 時，採收方式為人工採摘，採收過程不碰觸果實表面。汰除畸形果、病果及表面受損的果實後，以各轉色期 30 顆果實的方式進行分組，調查單顆果實表面顏色、果實硬度、糖度、酸度、糖酸比等項目(調查方式如下)，調查時間為貯藏第 0、3、6、9、12 日之下午 15 時至 17 時(各轉色期共使用 150 顆果實，每次調查 30 顆果實)。貯藏方式為將果實放置於內部以海綿絨布鋪底的草莓紙箱(1 斤包裝，長 17.5 cm、寬 14.5 cm、高 8.5 cm)中，封箱後貯藏於 4℃ 冷藏庫(Yang *et al.*, 2010)。

表面顏色：以色差儀(Color meter NE4000, Nippon Denshoku)量測草莓果實赤道線上隨機 3 個點的平均 L\*值、a\*值、b\*值。L\*值表示亮度，數值由 0(黑色)到 100(白色)，數值越高亮度越高；a\*值表示紅色程度，由數值低(-a\*，綠色)到數值高(+a\*，紅色)；b\*值表示黃色程度，由數值低(-b\*，藍色)到數值高(+b\*，黃色)。色差儀的偵測孔徑為 6 mm。

硬度：以物性測定儀(Rheo meter compac-100II, Sun Scientific)搭配直徑 5 mm 的探針，穿刺深度為 3 mm 量測草莓果實最寬處的相對兩個點之平均，量測單位為牛頓(Newtons, N)。

糖度：以糖度計(PAL-1, ATAGO)量測果實榨出果汁的糖度 2 次數值的平均值，單位為°Brix。

酸度：將果實均質化後，取 2.5 g 的果泥混和 15 ml 的水，以 0.1 N NaOH 溶液，使用自動滴定儀(Titralab AT1000, Hach)滴定至 pH 8.1 所量測到的數值。酸度以檸檬酸表示，單位為

%。

糖酸比：以糖度值除以酸度值得之。

## 二、果實貯藏特性

依果實轉色程度 40%、60%、80%、100%之分類，以各轉色期 45 顆果實進行單顆果實調查。材料來源、採收及貯藏方式如材料與方法一、(一)所述。調查項目包括失重率、腐敗指數、貯藏壽命(調查方式如下)，調查時間為第 0、2、4、6、8、10 日之下午 15 時至 17 時。

失重率： $(\text{第 0 日果實重量} - \text{第 N 日果實重量}) / \text{第 0 日果實重量} \times 100\%$ 。

腐敗指數：以視覺檢視果實表面的腐敗程度，0 代表無腐敗、1 代表極輕微腐敗，果實表面腐敗面積 $<10\%$ 、2 代表輕微腐敗，腐敗面積 10-25%、3 代表中度腐敗，腐敗面積 25-40%、4 代表嚴重腐敗，腐敗面積 $>40\%$  (Cai *et al.*, 2015)。

貯藏壽命：果實腐敗指數大於或等於 2 即認定其失去商品價值，故以第 2、4、6、8、10 日貯藏調查中，計算腐敗指數小於 2 之日數，單位為「日」。

# 結 果

## 一、果實品質變化

不同成熟度果實在貯藏期間的品質變化如表 1。在採收當日，不同轉色程度果實的  $L^*$  值呈現顯著差異，數值最高的為 40% 轉色果實的 56.06，其次為 60% 的 52.26，80% 的 44.13，顯著最低的為 100% 轉色的 38.08。貯藏第 3 日差異持續維持，從 40% 到 100% 轉色的果實數值分別為 55.09、46.38、38.23、35.33。貯藏第 6 日 40% 到 100% 轉色果實的數值分別為 39.15、37.76、37.30、35.13。從第 9 日至第 12 日，各轉色程度的  $L^*$  數值間都無顯著差異，第 9 日的數值範圍為 36.86 至 38.21，第 12 日的範圍為 36.11 至 37.47。整個貯藏期間，各轉色程度果實的  $L^*$  值逐漸相近。

在採收當日各轉色程度的  $a^*$  值呈現顯著差異，40%、60%、80%、100% 的數值分別為 9.08、17.55、29.30、34.62。貯藏第 3 日時，80% 轉色果實的  $a^*$  值提升為 37.68，與 100% 轉色的數值 37.49 無顯著差異，而與 60% 轉色果實的數值 29.43 具有顯著差異。40% 轉色果實的數值為 20.83，顯著最低。貯藏第 6 日時，100%、80%、60% 轉色果實的  $a^*$  值無顯著差異，數值範圍為 35.08 至 35.39，40% 轉色果實的數值為 34.02 最低。貯藏第 9 日與貯藏第 12 日的趨勢相同，100% 轉色果實的數值最高，分別為 33.79、33.23。其次為 80% 與 60% 轉色果實，兩者在兩個貯藏日的數值分別為 33.15、32.77 與 31.06、30.81，皆無顯著差異。40% 轉色果實在貯藏第 9 日與第 12 日的數值都是顯著最低，分別為 31.01、29.14。各轉色程度果實的  $a^*$  值在貯藏第 6 日最相近。

在採收當日，100%、80%、60%、40% 轉色的草莓果實  $b^*$  值顯著不同，數值分別為 29.18、

31.29、27.07、22.76。貯藏第3日時，最高值為80%轉色的31.78，其次為60%的31.12、100%的29.45，40%轉色果實的數值25.96顯著最低。貯藏第6日時，各轉色果實的數值範圍為29.25到31.02。貯藏第9日時各轉色果實間數值無顯著差異，範圍為28.49至28.92。貯藏第12日各轉色果實數值範圍為27.14至28.98。各轉色程度果實的b\*值在貯藏第9日最相近。

各轉色程度的果實，在貯藏當日(第0天)的L\*、a\*、b\*值皆呈現顯著差異，而在貯藏第6日後數值趨於相同。L\*值、b\*值在貯藏第9日時各轉色程度果實間已無顯著差異，a\*值在貯藏第6日時，各轉色程度果實間的差異程度最小。果實顏色調查結果顯示，提早採收的果實，在貯藏期間會持續轉色。轉色程度100%、80%、60%、40%的果實，表面顏色在採收當日呈現顯著差異，但經過溫度4℃貯藏6日後，顏色會趨於相同。

各轉色程度的果實，在採收當日的果實硬度具有顯著差異，100%、80%、60%、40%轉色果實的數值分別為1.05 N、1.26 N、1.50 N、1.73 N。各轉色程度在果實硬度上的差異，延續至整個貯藏期。40%轉色的果實硬度從貯藏第3日到第12日的數值分別為2.01、2.24、2.34、2.13。60%為1.78、2.04、2.09、1.92。80%為1.16、1.37、1.68、1.73。100%為0.75、1.20、1.22、1.30。轉色程度40%、60%的草莓果實，在貯藏第9日達到最高的硬度數值，80%、100%轉色果實，在貯藏第12日達到最高數值。各個轉色程度的果實硬度在貯藏期間會增加。

在採收當日100%轉色果實的糖度最高，為10.25，其次為80%轉色果實的10.18、60%轉色果實的9.86，40%轉色果實的9.60。貯藏第3日時，100%轉色的果實有顯著最高值10.38，其次為80%轉色果實的9.87。60%與40%轉色果實間沒有顯著差異，數值分別為9.00、9.04。貯藏第6日、第9日的趨勢相同，100%轉色果實的糖度顯著最高，分別為9.03、8.96。80%與60%轉色果實兩者在第6日的數值為8.19、8.35，第9日的數值為7.99、7.79。40%轉色的果實在第6日、第9日的數值為8.02與7.69。貯藏第12日時，100%與80%轉色果實的糖度無顯著差異，分別為7.86、7.76；60%與40%間亦無顯著差異，數值為7.34、7.13。各轉色程度的果實，在貯藏期間糖度會降低。

各轉色程度果實的酸度在採收當日沒有顯著差異，數值範圍從0.94到1.06。第3日到第9日40%轉色果實的酸度數值分別為1.32、1.36、1.31，60%為1.35、1.50、1.21。80%轉色果實，從貯藏第3日到第9日的數值為1.13、1.16、1.03。100%轉色的果實有最低的數值，分別為1.10、1.01、0.90。貯藏第12日時，40%、60、80%轉色果實間的酸度數值沒有顯著差異，範圍從1.07到1.11，而100%轉色果實數值0.84顯著最低。整體貯藏期間大致以60%轉色的果實具有最高的酸度，100%轉色的果實具有最低的酸度。各轉色程度的果實酸度隨著貯藏時間有先增後降的趨勢，其中以60%果實的數值變化最大。



表 1. 40%、60%、80%、100%轉色果實貯藏期間之果實品質變化。

Table 1. Change in fruit quality of the 40%, 60%, 80%, 100%-turn-red fruit during storage.

| Turn-red stage               |      | Days after storage                     |               |               |               |               |
|------------------------------|------|----------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                              |      | 0-d                                    | 3-d           | 6-d           | 9-d           | 12-d          |
| Color value (L*)             | 40%  | 56.06±0.85 <sup>z</sup> a <sup>y</sup> | 55.09±1.29 a  | 39.15±0.80 a  | 38.21±0.56 a  | 36.23±0.55 a  |
|                              | 60%  | 52.26±0.89 b                           | 46.38±1.05 b  | 37.76±0.65 ab | 36.92±0.49 a  | 36.55±0.56 a  |
|                              | 80%  | 44.13±0.75 c                           | 38.23±0.42 c  | 37.30±0.54 b  | 36.90±0.50 a  | 36.11±0.51 a  |
|                              | 100% | 38.08±0.52 d                           | 35.33±0.51 d  | 35.13±0.52 c  | 36.86±0.62 a  | 37.47±0.51 a  |
| Color value (a*)             | 40%  | 9.08±1.27 d                            | 20.83±1.48 c  | 34.02±0.43 b  | 31.01±0.29 c  | 29.14±0.56 c  |
|                              | 60%  | 17.55±1.16 c                           | 29.43±0.97 b  | 35.08±0.51 ab | 32.77±0.36 b  | 30.81±0.39 b  |
|                              | 80%  | 29.30±0.58 b                           | 37.68±0.36 a  | 35.35±0.32 a  | 33.15±0.34 ab | 31.06±0.40 b  |
|                              | 100% | 34.62±0.35 a                           | 37.49±0.34 a  | 35.39±0.28 a  | 33.79±0.36 a  | 33.23±0.38 a  |
| Color value (b*)             | 40%  | 22.76±0.70 d                           | 25.96±0.88 c  | 31.02±0.60 a  | 28.86±0.64 a  | 27.14±0.73 b  |
|                              | 60%  | 27.07±0.56 c                           | 31.12±0.57 ab | 30.53±0.46 ab | 28.49±0.61 a  | 27.64±0.65 ab |
|                              | 80%  | 31.29±0.39 a                           | 31.78±0.51 a  | 30.41±0.43 ab | 28.92±0.48 a  | 27.83±0.51 ab |
|                              | 100% | 29.18±0.47 b                           | 29.45±0.53 b  | 29.25±0.49 b  | 28.49±0.61 a  | 28.98±0.47 a  |
| Firmness (N)                 | 40%  | 1.73±0.05 a                            | 2.01±0.05 a   | 2.24±0.07 a   | 2.34±0.07 a   | 2.13±0.07 a   |
|                              | 60%  | 1.50±0.04 b                            | 1.78±0.04 b   | 2.04±0.06 b   | 2.09±0.07 b   | 1.92±0.07 b   |
|                              | 80%  | 1.26±0.03 c                            | 1.16±0.05 c   | 1.37±0.05 c   | 1.68±0.04 c   | 1.73±0.07 c   |
|                              | 100% | 1.05±0.03 d                            | 0.75±0.03 d   | 1.20±0.04 d   | 1.22±0.07 d   | 1.30±0.05 d   |
| Total soluble solids (°Brix) | 40%  | 9.60±0.15 c                            | 9.04±0.14 c   | 8.02±0.12 c   | 7.69±0.07 c   | 7.13±0.07 b   |
|                              | 60%  | 9.86±0.10 bc                           | 9.00±0.15 c   | 8.35±0.08 b   | 7.79±0.08 bc  | 7.34±0.09 b   |
|                              | 80%  | 10.18±0.16 ab                          | 9.87±0.10 b   | 8.19±0.12 bc  | 7.99±0.13 b   | 7.76±0.10 a   |
|                              | 100% | 10.25±0.12 a                           | 10.38±0.16 a  | 9.03±0.12 a   | 8.96±0.08 a   | 7.86±0.19 a   |
| Titratable acid (%)          | 40%  | 1.02±0.05 a                            | 1.32±0.04 ab  | 1.36±0.15 ab  | 1.31±0.04 a   | 1.07±0.06 a   |
|                              | 60%  | 1.06±0.04 a                            | 1.35±0.04 a   | 1.50±0.18 a   | 1.21±0.09 ab  | 1.11±0.08 a   |
|                              | 80%  | 0.98±0.06 a                            | 1.13±0.04 bc  | 1.16±0.07 bc  | 1.03±0.03 bc  | 1.08±0.07 a   |
|                              | 100% | 0.94±0.05 a                            | 1.10±0.13 c   | 1.01±0.04 c   | 0.90±0.07 c   | 0.84±0.04 b   |
| Sugar/acid ratio             | 40%  | 9.28±0.64 c                            | 7.13±0.30 c   | 6.64±0.61 b   | 6.36±0.25 c   | 7.45±0.31 b   |
|                              | 60%  | 9.48±0.53 bc                           | 7.21±0.36 c   | 6.79±0.67 b   | 7.67±0.56 bc  | 8.13±0.58 b   |
|                              | 80%  | 11.59±1.10 ab                          | 9.35±0.45 b   | 8.74±0.53 a   | 8.91±0.43 b   | 8.61±0.56 b   |
|                              | 100% | 12.90±0.58 a                           | 11.32±0.99 a  | 10.21±0.64 a  | 11.52±1.04 a  | 11.11±0.64 a  |

<sup>z</sup>Values represent mean±standard error. <sup>y</sup>Values in each column with the same letter was not significantly different according to Fisher's protected LSD test at  $p \leq 0.05$ .

採收當日的糖酸比從 100%轉色到 40%轉色的果實分別為 12.90、11.59、9.48、9.28。貯藏第 3 日時，100%轉色的果實數值顯著最高，為 11.32，其次為 80%轉色的 9.35，60%與 40%轉色果實的數值顯著最低，分別為 7.21、7.13。貯藏第 6 日時，100%轉色與 80%轉色的糖酸比，顯著高於 60%與 40%轉色的果實，數值分別為 10.21、8.74、6.79、6.64。貯藏第 9 日 100%轉色的果實數值顯著最高，為 11.52，其次為 80%、60%、40%轉色的果實，分別為 8.91、7.67、6.36。貯藏第 12 日 100%轉色果實數值為 11.11 顯著最高，其次 80%、60%、40%轉色果實數值範圍為 8.61 至 7.45。整體貯藏期間 100%轉色果實數值顯著最高，其次為 80%、60%與 40%轉色果實。

## 二、果實貯藏特性

在貯藏特性方面，貯藏第 2 日 100%、80%、60%、40%轉色果實的失重率分別為 3.18%、2.17%、1.90%、2.62% (表 2)。從貯藏第 4 日到 10 日呈現穩定趨勢，在第 4 日時，100%轉色的失重率數值為 5.23，顯著高於 80%的 4.12%、60%的 3.75 與 40%的 3.97%。貯藏第 6 日 100%轉色果實的數值為 7.62%顯著最高，其次分別是 80%的 5.93%、60%的 5.56%與 40%的 5.73%。貯藏第 8 日時，100%轉色果實的失重率為 9.85%顯著最高，其次是 80%的 7.98%，60%與 40%轉色的果實，數值分別為 7.27%與 7.00%。貯藏第 10 日時，100%轉色果實的數值顯著最高為 12.40%。其次是 80%、60%、40%轉色的果實，數值分別為 9.40%、8.93%、7.82%。在整體貯藏期間，轉色程度 100%的果實失重率顯著最高，其次是轉色程度 80%的果實。轉色程度 40%、60%的果實，貯藏期間的失重率大致沒有顯著差異。

各轉色程度的腐敗指數在第 2 日時即呈現顯著差異 (表 3)。顯著最高的為 100%轉色的果實，數值為 0.79，其次為 80%轉色果實的 0.49，60%與 40%轉色果實的數值沒有顯著差

表 2. 轉色 40%、60%、80%、100%的草莓果實於 4°C 貯藏期間的失重率(%)變化。

Table2. Change in fruit weight loss of the 40%, 60%, 80%, 100%-turn-red fruit stored at 4°C.

| Turn-red stage | Days after storage                   |             |             |              |              |
|----------------|--------------------------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
|                | 2-d                                  | 4-d         | 6-d         | 8-d          | 10-d         |
| 40%            | 2.62±0.06 <sup>2b</sup> <sup>y</sup> | 3.97±0.10 b | 5.73±0.15 b | 7.00±0.18 c  | 7.82±0.31 c  |
| 60%            | 1.90±0.05 c                          | 3.75±0.10 b | 5.56±0.13 b | 7.27±0.17 bc | 8.93±0.21 b  |
| 80%            | 2.17±0.10 c                          | 4.12±0.18 b | 5.93±0.18 b | 7.98±0.22 b  | 9.40±0.22 b  |
| 100%           | 3.18±0.14 a                          | 5.23±0.22 a | 7.62±0.28 a | 9.85±0.33 a  | 12.40±0.33 a |

<sup>2</sup>Values represent mean ± standard error. <sup>y</sup>Values in each column with the same letter was not significantly different according to Fisher's protected LSD test at p≤ 0.05.

異，分別為 0.17 與 0.00。同樣的趨勢維持至貯藏第 4 日與第 6 日。100%轉色果實的腐敗數值顯著最高，兩日數值分別為 1.32、1.76。其次為 80%轉色的果實，兩日數值為 0.84、1.14。60%與 40%轉色果實的腐敗指數，在兩個貯藏日彼此之間都沒有顯著差異，在第 4 日時，60%與 40%的數值分別為 0.21 與 0.00，在第 6 日時分別為 0.28 與 0.13。貯藏第 8 日與貯藏第 10 日的差異趨勢相同，100%與 80%轉色果實沒有顯著差異，數值在兩個貯藏日分別為 2.03、1.80 與 2.56、2.45。其次為 60%轉色的果實，在兩個貯藏日的數值分別為 0.96 與 1.40。40%轉色果實的數值顯著最低，在兩個貯藏日的數值為 0.50、0.88。在整個貯藏期中，轉色程度 100%轉色的果實的腐敗指數顯著最高，其次為轉色程度 80%的果實，接續為 60%轉色的果實。40%轉色果實的腐敗指數顯著最低。

表 3. 轉色 40%、60%、80%、100%的草莓果實於 4℃貯藏期間的腐敗指數變化。

Table3. Change in fruit decay index of the 40%, 60%, 80%, 100%-turn-red fruit stored at 4℃.

| Turn-red stage | Days after storage                    |             |             |             |             |
|----------------|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                | 2-d                                   | 4-d         | 6-d         | 8-d         | 10-d        |
| 40%            | 0.00±0.00 <sup>z</sup> c <sup>y</sup> | 0.00±0.00 c | 0.13±0.05 c | 0.50±0.11 c | 0.88±0.16 c |
| 60%            | 0.17±0.06 c                           | 0.21±0.08 c | 0.28±0.09 c | 0.96±0.13 b | 1.40±0.17 b |
| 80%            | 0.49±0.09 b                           | 0.84±0.13 b | 1.14±0.15 b | 1.80±0.16 a | 2.45±0.18 a |
| 100%           | 0.79±0.12 a                           | 1.32±0.17 a | 1.76±0.15 a | 2.03±0.14 a | 2.56±0.14 a |

<sup>z</sup>Values represent mean±standard error. <sup>y</sup>Values in each column with the same letter was not significantly different according to Fisher's protected LSD test at  $p \leq 0.05$ .

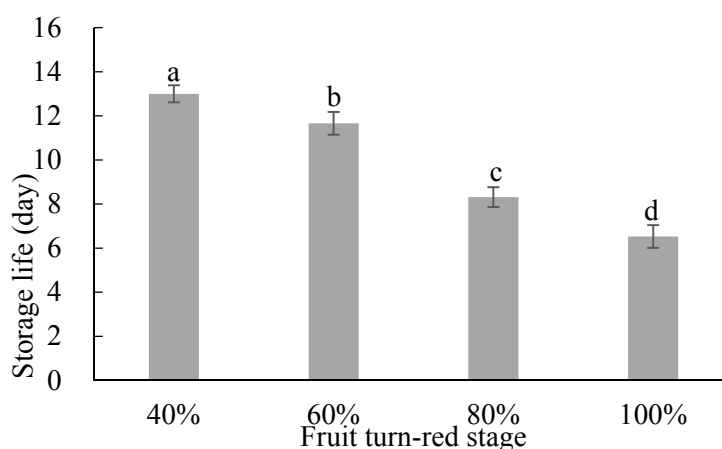


圖 1. 轉色 40%、60%、80%、100%的草莓果實於 4℃的貯藏壽命。

Fig1. The storage life of the 40%, 60%, 80%, 100%-turn-red fruit stored at 4℃.

貯藏壽命在各轉色程度果實兩兩之間具有顯著差異(圖 1)，100%轉色的果實貯藏壽命顯著最短，為 6.5 日。其次為 80%轉色果實的 8.3 日、60%轉色果實的 11.7 日，貯藏日期顯著最久的為 40%轉色的 13 日。結果顯示，成熟度越低的果實，貯藏壽命越久，故提早採收果實能顯著延長草莓果實的貯藏壽命。

## 討 論

草莓採收後，花青素會持續合成，就算在低溫貯藏時，也不會抑制這個反應(Holcroft and Kader, 1999)。因此草莓在貯藏期間，花青素含量會提高(Kalt *et al.*, 1993)。果實顏色調查的結果顯示，提早採收的果實，在貯藏期間沒有光線的情況下仍然會持續轉色。100%、80%、60%、40%轉色程度的果實，在採收當日的表面顏色呈現顯著差異，但在貯藏過程中顏色差異逐漸減少。L\*值、b\*值在貯藏第 9 日時各採收成熟度果實間已無顯著差異。代表紅色的 a\*值在貯藏第 6 日時，各採收成熟度果實間的差異程度最小。總體而言，經過貯藏溫度 4℃貯藏 6 日後，各轉色階段採收的果實表面顏色會趨於相同。

各轉色階段的果實，在採收當日的果實硬度具有顯著差異，40%、60%、80%、100%轉色程度的果實硬度分別為 1.73 N、1.50 N、1.26 N、1.05 N，符合前人研究所指，草莓果實成熟過程中，隨著轉色程度增加，果實硬度減少(Forney *et al.*, 1998)。各轉色程度在果實硬度上的差異，延續至整個貯藏期。各個轉色程度的果實硬度，會在貯藏期間增加。桃園 1 號的果實硬度，在貯藏期間會增加(Cordenunsi *et al.*, 2003; 黃，2004)，可能原因為貯藏期間果實失重逐漸增加，造成果實結構縮緊所致。

本試驗中各轉色程度的果實，在貯藏期間糖度會降低。桃園 1 號貯藏期的糖度變化在文獻中趨勢各有不同，有可能維持(Cordenunsi *et al.*, 2003)、略增(黃，2004)或降低(Yang *et al.*, 2010)。而在本次實驗中只有 100%轉色果實的糖度在貯藏第 3 日時略增(未達顯著差異)，其他都是下降趨勢，與(Yang *et al.*, 2010)的結果相同。貯藏期間可溶性固形物含量的降低，原因為果實的呼吸作用(Velickova *et al.*, 2013)。

各轉色程度的果實酸度隨著貯藏時間有先增加後降低的趨勢，其中以 60%果實的數值變化最大。草莓貯藏期間酸度的變化依品種而有所不同，大多不會有顯著的變化，但桃園 1 號的酸度會提高(Cordenunsi *et al.*, 2003; 黃，2004)。對於提早採收的草莓，像是開始轉色、50%轉色、75%轉色程度的草莓果實，在貯藏期間的酸度通常是增加的(Forney *et al.*, 1998; Nunes *et al.*, 2006)，原因可能為果實發育期造成有機酸增加的酵素持續作用所致。貯藏期間酸度的降低，可視為果實代謝作用的改變，或是在呼吸作用過程中消耗了有機酸(Maftoonazad *et al.*, 2008)。

在貯藏期間轉色程度 100%的果實失重率顯著持續最高，最高值為 12.40%，其次是轉色程度 80%的果實，轉色程度 40%、60%的果實較低。在整個貯藏期 100%轉色果實的腐

敗指數顯著最高，其次為轉色程度 80% 的果實，接續為 60% 轉色的果實，40% 轉色果實的腐敗指數顯著最低。100% 轉色的果實貯藏壽命顯著最短，為 6.5 日。其次為 80%、60% 轉色果實，貯藏壽命分別為 11.7、8.3 日。貯藏日期顯著最久的為轉色程度 40% 的果實，數值為 13 日。試驗結果顯示，成熟度越低的果實，貯藏特性越佳。成熟度較低的草莓果實，具有較高的硬度、較少的腐敗情況，比起完全成熟的草莓更能夠承受運輸時的條件(Forney *et al.*, 1998)。草莓採收時的成熟度對草莓採後貯藏壽命有顯著影響，Mokkila 等學者(1996)以草莓品種'Elsanta'、'Kent'進行試驗結果顯示，採收完全成熟的果實，即使已在採後進行完整的冷藏作業，其品質最多維持 3 日，而採收 75% 成熟的草莓，貯藏壽命可延長 3 日以上，最多甚至可延長到 7 日。

提早採收的草莓果實，雖然在貯藏期間持續轉色，但果實的糖、酸含量則未必能符合消費者需求(Kalt *et al.*, 1993; Sacks and Douglas, 1993)。本試驗結果顯示，採收成熟度越低的草莓，與完全成熟的果實在果實品質的差異越大。Nunes 等學者(2006)指出，轉色程度達 75% 的草莓果實，在貯藏期間的 pH 值、酸度、可溶性糖、抗壞血酸及總酚含量，與田間現採 100% 轉色的草莓果實相類似。採收 75% 轉紅的草莓果實，比 100% 轉紅的果實，可以保存更久，且維持較好的果實硬度與顏色。依據本試驗結果，若以提早採收的方式延長貯藏壽命，同時考量果實品質，60% 至 80% 轉色的成熟度較佳，可以依後續的貯運日程做調整。

## 參 考 文 獻

- 黃錦杰。2004。臺灣地區草莓之採後劣變及相關處理技術之研究。國立臺灣大學園藝學研究所碩士論文。104pp。
- Cai, Z., R. Yang, H. Xiao, X. Qin, and L. Si. 2015. Effect of preharvest application of *Hanseniaspora uvarum* on postharvest diseases in strawberries. *Postharvest Biol. Technol.* 100: 52-58.
- Chai, Y. M., Q. Zhang, L. Tian, C. L. Li, Y. Xing, L. Qin, and Y. Y. Shen. 2013. Brassinosteroid is involved in strawberry fruit ripening. *Plant Growth Regul.* 69(1): 63-69.
- Cordenunsi, B. R., J. O. R. do Nascimento, and F. M. Lajolo. 2003. Physico-chemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during cool-storage. *Food Chem.* 83(2): 167-173.
- Cordenunsi, B. R., M. I. Genovese, J. R. O. do Nascimento, N. M. A. Hassimotto, R. J. dos Santos, and F. M. Lajolo. 2005. Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. *Food Chem.* 91(1): 113-121.
- da Silva, F. L., M. T. Escribano-Bailón, J. J. P. Alonso, J. C. Rivas-Gonzalo, and C. Santos-Buelga.

2007. Anthocyanin pigments in strawberry. *LWT*. 40(2): 374-382.
- Forney, C. F., W. Kalt, J. E. McDonald, and M. A. Jordan. 1998. Changes in strawberry fruit quality during ripening on and off the plant. *Acta Hortic*. 464: 506.
- Holcroft, D. M. and A. A. Kader. 1999. Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit. *Postharvest Biol. Technol*. 17(1): 19-32.
- Kalt, W., C. F. Forney, A. Martin, and R. L. Prior. 1999. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits. *J. Agric. Food Chem*. 47(11): 4638-4644.
- Kalt, W., R. K. Prange, and P. D. Lidster. 1993. Postharvest color development of strawberries: influence of maturity, temperature and light. *Can. J. Plant Sci*. 73(2): 541-548.
- Maftoonazad, N., H. S. Ramaswamy, and M. Marcotte. 2008. Shelf-life extension of peaches through sodium alginate and methyl cellulose edible coatings. *Int. J. Food Sci. Technol*. 43(6): 951-957.
- Manning, K. 1993. Soft fruit. *Biochemistry of fruit ripening*. Springer. p. 347-377.
- Mokkila, M., K. Randell, J. Sariola, M. Hägg, and U. Häkkinen. 1996. Improvement of the postharvest quality of strawberries. *Acta Hortic*. 439: 553-558.
- Nunes, M. C. N., J. K. Brecht, A. M. M. B. Morais, and S. A. Sargent. 2006. Physicochemical changes during strawberry development in the field compared with those that occur in harvested fruit during storage. *J. Sci. Food Agric*. 86: 180-190.
- Sacks, E. J. and D. V. Shaw. 1993. Color change in fresh strawberry fruit of seven genotypes stored at 0°C. *HortScience* 28(3): 209-210.
- Sturm, K., D. Koron, and F. Stampar. 2003. The composition of fruit of different strawberry varieties depending on maturity stage. *Food Chem*. 83(3): 417-422.
- Velickova, E., E. Winkelhausen, S. Kuzmanova, V. D. Alves, and M. Moldão-Martins. 2013. Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv Camarosa) under commercial storage conditions. *LWT*. 52(2): 80-92.
- Yang, F. M., H. M. Li, F. Li, Z. H. Xin, L. Y. Zhao, Y. H. Zheng, and Q. H. Hu. 2010. Effect of nano-packing on preservation quality of fresh strawberry (*Fragaria ananassa* Duch. cv Fengxiang) during storage at 4°C. *J. Food Sci*. 75(3): C236-C240.

## The Fruit Maturity Level of Strawberry and Their Storage Quality

Dai-Rong Wu <sup>1)</sup> Ching-Chang Shiesh <sup>2)</sup>

Key Word : Strawberry, Maturity level, Storage

### Summary

The storage life of strawberry fruit is close related to its maturity level while picking. In California, U.S.A., strawberry fruits were generally picked in its 75%-turn-red stage, nevertheless in Taiwan, 100%-turn-red stage instead. In this study strawberry 'Taoyuan No. 1' fruits of 40%, 60%, 80%, 100%-turn-red stage were used to find out the relationship of the fruit maturity level and its quality during storage. The result revealed that fruits picked earlier would prolong its storage life, and the firmness of fruit was higher benefit to the transportation afterwards, but the fruit quality decreased. Fruits with 40%-turn-red had the longest storage life, however, its quality were significantly lower than 100%-turn-red ones. Fruits with 80% to 60%-turn-red were the better stage to prolong the storage life when the fruit quality were concerned. The storage life of 80% and 60%-turn-red fruits increased 27%, 79% respectively, compared with the 100%-turn-red ones.

---

1) Student in Ph.D. Program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University, and Assistant Researcher, Miaoli District Agriculture Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan, R.O.C.

2) Associate Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.  
Corresponding author.





## 葉面施鈣對結球白菜頂燒病之影響

林 宇 容<sup>1)</sup> 林 慧 玲<sup>2)</sup>

關鍵字：結球白菜、葉面噴鈣、頂燒病、新葉缺鈣

**摘要：**結球白菜(*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*)為重要十字花科蔬菜，頂燒病為其好發之生理障礙，前人研究指出其為新葉缺鈣所造成，且發生時常併發軟腐病，嚴重影響結球白菜產量及品質。本研究以葉面施不同鈣源，探討鈣是否可有效增加內葉鈣濃度及減少結球白菜頂燒病罹病程度。罹患頂燒病之結球白菜內葉氮、鈣、鉀、鎂及錳濃度皆顯著較健康植株低，鈣濃度僅為健康植株之 42%，磷、硼及鋅濃度則於罹病植株內較高。使用 0.01 M 氯化鈣、硫酸鈣及乳酸鈣每週噴施兩次之頻率，皆無法有效增加內葉鈣濃度及降低頂燒病，但 0.01 M 氯化鈣處理組相較於對照組降低了 20% 軟腐病球數，而硫酸鈣處理則顯著增加結球中心磷、鐵、鋅、銅及硼濃度，乳酸鈣則顯著降低結球周徑，總結本研究之葉面施鈣對降低頂燒病之罹病程度及增加內葉鈣濃度並無顯著效果。

### 前 言

結球白菜(*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*)為台灣重要十字花科結球葉菜類，栽培過程中好發頂燒病，嚴重影響品質及產量。多數研究皆指出新葉缺鈣為誘發頂燒病之主因(Borkowski *et al.*, 2016 ; Cresswell, 1991 ; Everaarts and Blom-Zandstra, 2001; Tachibana, 1991)，並時常伴隨細菌性軟腐病感染，導致結球白菜中心葉葉緣焦枯及水浸狀進而導致腐爛，其為不可逆之生理障礙並伴隨病害，且病徵不易觀察結球葉菜類必需剖半才可察覺(Olle and Bender, 2009)。除缺鈣因素以外，光強度、氣溫及濕度及通風等環境因子皆可能誘發頂燒病，其並非單一因子所造成，是為結球白菜夏季栽培之困境導致菜農嚴重損失，必需轉作其它替代作物來平衡收益，如何有效降低頂燒病之發生為本研究探討重點。

葉面施肥可將礦物營養元素透過表皮細胞胞外聯絡絲和氣孔運輸進入葉肉細胞，為直

---

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝系教授，通訊作者。

接且迅速之補充植物體內元素之方式，減少元素在土壤被固定而無法順利吸收之問題(蔣，2018)，鈣為運移相當緩慢且容易被螯合之元素，多推薦以葉面施肥方式進行補充，而施用鈣源種類及濃度與作物品種皆會影響其吸收及運移效果(Silva Felix *et al.*, 2017)。

本研究主要目的為利用不同種鈣源，探討其對提高結球白菜內葉鈣濃度效果及降低結球白菜頂燒病與軟腐病發生之效果，同時探討其對結球白菜生長發育之影響，期許可提供結球白菜栽培及夏季頂燒病預防及減緩之參考，降低損耗。

## 材料與方法

### 一、試驗材料

#### (一) 植物材料及栽培方式

本試驗之結球白菜品種為'新 28 包心白菜二號'一代交配種(明華種子有限公司)及'包白 47 號'(彰化縣清木種子行)提供。栽培過程中'新 28 包心白菜二號'皆使用 Pletracom Peatoms 有機栽培介質 7-03(拓治有限公司)之培養土，'包白 47 號'則使用 Potgrond H 有機栽培介質 7-02(綠誼股份有限公司)之培養土，以固定 4 L 體積之培養土填於 72 格穴盤內，每穴播種一粒種子進行育苗，約一個月後將幼苗移植至 10 L 或 58 L 的塑膠盆器。試驗皆於國立中興大學溫室內進行，固定澆水以慣行栽培法栽培至結球。

#### (二) 鈣源使用之種類及配製

試驗中使用三種鈣源分別為硫酸鈣  $\text{CaSO}_4$  (Calcium Sulfate; 賜你棒 Cell-Bine 白石鈣株式會社  $\text{CaO}$  37%、全硫 S 11.5%)、氯化鈣  $\text{CaCl}_2$  (Calcium Chloride, anhydrous 片山試藥株式會社，95%)、乳酸鈣  $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_6\text{Ca} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (Calcium Lactate; 向富實業製造 FC-006，99.2%)。三種鈣源皆以純水配製濃度為 0.01 M，使用前搖晃均勻。

### 二、試驗方法

#### (一) 健康及罹患頂燒病之結球白菜內葉營養元素分佈

'新 28 包心白菜二號'品種之結球白菜以一般栽培至結球採收後區分健康植株及出現明顯頂燒病病徵之植株，當次頂燒病罹病程度為第 3 級(如圖 1)，分別取其內葉進行分析營養元素。取樣方式由每株結球白菜取四片最靠近結球中心之內葉作為一重複，健康植株及罹病植株組皆為九重複。

#### (二) 不同鈣源葉面噴施處理試驗

於 2017 年 10~12 月進行試驗，播種'包白 47 號'種子，育苗一個月後移植至填滿培養土之 10 L 黑軟盆，隔週開始處理。以純水配製 0.01 M 氯化鈣、乳酸鈣、硫酸鈣，使用手持噴霧器均勻噴施結球白菜最外一輪五片成熟葉片之葉面及葉背，處理期間澆水皆避開葉片，以水作為對照組。噴施頻率為每週兩次，共處理七週至結球採收，採前一週不進行處理，採收後調查頂燒病和軟腐程度、生育性狀及葉片元素分析。葉片營養元素測定由結球

中心至外葉進行分析，取樣方式以結球中心自成一組(平均約 8 cm 長)，剩餘葉片依序由內向外排序(如圖 2)，每株結球白菜以四片葉片為一組進行取樣，分為中心、內葉、中間葉、外葉共四組，一株結球白菜為一重複，每處理共四重複，而生育性狀調查每處理皆為五重複。

### 三、調查項目及分析方法

#### (一) 葉片營養元素分析

##### (1) 元素分析前處理

先將葉片以自來水沖洗乾淨，接著配置 1% HCl，葉片於 1% HCl 涮洗 30 秒，再以過濾之純水快速沖洗三次，葉片稍微擦乾放入牛皮紙袋內，以 100℃ 烘 1 小時殺菁，再以 70℃ 烘至水分完全去除之乾燥狀，使用磨粉機將葉片樣品分別磨至細粉狀，裝入硫酸紙袋內於乾燥處儲藏，秤重前烘乾 24 小時確保水分完全去除。

##### (2) 灰化液製備

精秤 0.5 g 樣品於坩鍋內以高溫灰化爐進行灰化，灰化完畢冷卻後加入 5 mL 2N HCl，以 90 mm Whatman #42 濾紙進行過濾，並以純水定量至 25 mL，即為灰化液。

##### (3) 氮之測定

分析參考 Micro-Kjeldahl 法(Cunniff, 1995)，精秤 0.2 乾燥樣品粉末，將其包於 Whatman #1 濾紙內，添加 1 g 凱氏氮催化劑(Selenium reagent mixture)及 4.5 mL 濃硫酸，以 410℃ 進行分解一個半小時，冷卻後加入 15 mL 純水。接著使用 Micro-Kjeldahl 裝置，將樣品倒入燒氮瓶並加入 20 mL 12 N NaOH，以裝有 20 mL 凱氏氮指示劑之塑膠杯裝取蒸餾冷凝出之氨水，待其溶液達 50 mL，以 1/14 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 作為標準酸滴定，記錄滴定值換算氮濃度，單位以百分比(%)表示。

##### (4) 磷之測定

以 50 ppm 之磷標準液配置 0~40 ppm 五個濃度作減量線時使用。取 1 mL 灰化液加 3 mL 純水與 1 mL 鉬黃試劑混合並反應 30 min，反應完成後每個樣品分別取 20 μL 於 96 孔盤，以 ELISA reader (FLUO star omega) 於波長 470 nm 下測定樣品吸光值。

##### (5) 營養元素之測定

使用偏光茲曼原子吸收光譜(Series polarized zeem atomic absorption spectrophotometer, Model Z-2000, Hitachi Japan)讀取灰化濾液之吸光值，分別測定 Ca、K、Mg、Fe、Mn、Zn 及 Cu 元素。鈣元素須稀釋適當倍率後加入 1 mL 氧化鑷反應 15 分鐘後在測定吸光值，各元素測定出配置好之標準品在與測得樣品之吸光值對照即可計算出元素之濃度，大量元素以 % 表示，微量元素以 ppm 表示。

##### (6) 硼之測定

以 100 ppm 之硼標準液配置 0~5 ppm 濃度作減量線時使用。取 0.2 mL 的灰化液及標準液加入 0.4 mL buffer-masking 以 vortex 均勻混合後，再加入 0.2 mL azomethine-H reagent 混合並反應 1 小時，反應完成後每個樣品分別取 20 μL 於 96 孔盤，以 ELISA reader (FLUO

star omega) 於波長 420 nm 下測定樣品吸光值。

## (二) 頂燒病罹病程度調查

以結球白菜罹患頂燒病與出現軟腐情況之病徵自訂罹病指數標準，分為 0~5 分五個級數(圖 1)，結球白菜採收後均以下標準紀錄植株罹病情況。頂燒病罹病程度級數: 0-健康無病害之結球白菜；1-葉緣出現捲曲及部分斑點；2-少數葉片葉緣出現葉緣捲曲及焦枯；3-多數葉片嚴重焦枯捲曲，中心未出現腐爛；4-少數葉片出現輕微焦枯但有腐爛出現；5-多數葉片焦枯且中心嚴重腐爛。採收後以上述分級標準去紀錄結球白菜其罹病嚴重程度。

## (三) 結球白菜生育性狀調查

- (1) 外葉數: 結球其外層未黃化枯萎之成熟葉數量。
- (2) 總葉數: 整株結球白菜之葉片總數，其中心無法剝除之葉片不列入計算。
- (3) 總鮮重: 取清洗乾淨之結球白菜地上部及地下部秤取其總重量，以克(g)為單位。
- (4) 球鮮重: 秤取剝除外葉後具商品價值之結球重量，以克(g)為單位。
- (5) 根鮮重: 取洗淨之地下部秤取其重量，以克(g)為單位。
- (6) 根乾重: 洗淨之地下部於 70°C 下烘至水分完全去除，秤取其重量，以克(g)為單位。
- (7) 球長: 測量結球基部至頂端的長度，以公分(cm)為單位。
- (8) 球寬: 測量結球最寬橫徑的長度，以公分(cm)為單位。
- (9) 球周徑: 測量結球最寬處的圓周徑，以公分(cm)為單位。



圖 1. 結球白菜頂燒病罹病指數分級。

Fig. 1. Chinese cabbage disease severity index level.



圖 2. 結球白菜葉片由結球中心至外葉取樣排序方式。

Fig. 2. Sampling method from center head to outer leaf in Chinese cabbage leaves.

## 結 果

### 一、健康及罹患頂燒病植株內葉元素分佈差異

試驗將同時栽培的結球白菜區分為健康植株及明顯罹患第 3 級頂燒病植株，取內葉進行營養元素分析，結果顯示大量元素中(表 1)鈣及鎂元素濃度於罹病植株內葉皆顯著低於健康植株，鈣及鎂濃度僅有健康植株內葉濃度之 42%及 50%。而氮及磷元素則於罹病組內葉濃度會顯著高於健康植株組，鉀濃度則於健康植株及罹病植株間無顯著差異。氮鈣比率則以罹病植株內葉顯著較高，鈣硼比則顯著較低。

微量元素部分(表 2)，鐵及銅濃度在兩組間均無顯著差異，而於健康植株組之錳元素濃度會顯著高於罹病組，但鋅及硼元素濃度於健康植株內葉會顯著較高。則鈣、鎂及錳元素濃度皆因罹患頂燒病而明顯較低，但氮、磷、鋅及硼元素濃度則於罹患頂燒病內葉呈現較高。

表 1. 健康及罹患頂燒病之結球白菜其內葉大量元素濃度之差異。

Table 1. Different of macronutrients in health and tip burn Chinese cabbage.

| Type <sup>z</sup> | Macronutrients concentration (%) |        |        |        |        | ratio  |        |
|-------------------|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                   | N                                | P      | K      | Ca     | Mg     | N/Ca   | Ca/B   |
| Normal            | 3.03 b <sup>y</sup>              | 0.79 b | 1.11 a | 2.97 a | 0.83 a | 1.13 b | 0.10 a |
| Disease           | 3.76 a                           | 0.94 a | 2.22 a | 1.26 b | 0.42 b | 3.31 a | 0.03 b |

<sup>z</sup> Normal : non-tip burn plant, Disease : Tip burn plant.

<sup>y</sup> Means within the column followed by the same letter are not significantly different by LSD test at  $P \leq 0.05$ .

### 二、葉面噴施不同鈣源對葉片元素分佈之影響

'包白 47 號'以 0.01 M 氯化鈣、硫酸鈣及乳酸鈣每週噴施兩次之頻率處理結球白菜外葉對頂燒病之影響(表 3)。頂燒病總葉數及罹病程度皆以硫酸鈣處理組最高，但三種鈣源處理皆無顯著降低頂燒病之效果。各處理組皆有軟腐病發生，以乳酸鈣處理組之軟腐病發之球數最高，達總數之 80%，相較對照組高出 20%，而軟腐病球數最少則為氯化鈣處理組，僅總數 40%並未過半數。

表 2. 健康及罹患頂燒病之結球白菜內葉微量元素濃度之差異。

Table 2. Different of micronutrients in health and tip burn Chinese cabbage.

| Type <sup>z</sup> | Micronutrients concentration (ppm) |        |        |       |        |
|-------------------|------------------------------------|--------|--------|-------|--------|
|                   | Fe                                 | Mn     | Zn     | Cu    | B      |
| Normal            | 63.8 a <sup>y</sup>                | 57.2 a | 46.3 b | 5.8 a | 31.4 b |
| Disease           | 65.9 a                             | 32.9 b | 67.4 a | 6.0 a | 39.1 a |

<sup>z</sup> Normal : non-tip burn plant, Disease : Tip burn plant.

<sup>y</sup> Means within the column followed by the same letter are not significantly different by LSD test at  $P \leq 0.05$ .

表 3. 不同鈣源噴施處理對結球白菜(品種: '包白 47 號')頂燒病及軟腐病之影響。

Table 3. Effect of different calcium form spraying treatment on tip burn and soft rot of Chinese cabbage.

| Treatments <sup>z</sup> | Outer leaf number  | Total leaf number | Tip burn leaf number | Disease severity | Soft rot head |
|-------------------------|--------------------|-------------------|----------------------|------------------|---------------|
| Control                 | 6.6 a <sup>y</sup> | 15.5 ab           | 1.6 a                | 3.5 a            | 3/5           |
| CaCl <sub>2</sub>       | 6.0 a              | 14.8 b            | 0.4 a                | 3.0 a            | 2/5           |
| CaSO <sub>4</sub>       | 6.6 a              | 15.0 b            | 2.0 a                | 4.3 a            | 3/5           |
| Lactate-Ca              | 7.2 a              | 16.0 a            | 1.4 a                | 3.8 a            | 4/5           |

<sup>z</sup> Control is only spray water.

<sup>y</sup> Means within the column followed by the same letter are not significantly different by LSD test at  $P \leq 0.05$ .

調查處理後各項生育性狀之變化(表 3 及表 4)。三種鈣源處理組之外葉數、總鮮重、球鮮重、根鮮乾重及球長寬與對照組皆無顯著差異，僅乳酸鈣處理組之球徑會顯著較其它組低，而氯化鈣及硫酸鈣處理組之結球白菜總葉數會顯著較對照組少。

由結球中心至外葉分為 4 個葉位元素分析之結果。大量元素中(表 5)結球白菜葉片鈣濃度以不同鈣源噴施處理後皆無顯著提升，而氮、鉀、鎂濃度同樣於各處理組均無顯著變化。但結球中心之磷元素濃度於硫酸鈣處理組顯著增加。微量元素(表 6)其鐵、鋅、銅及硼元素於硫酸鈣處理後結球中心濃度皆顯著增加，而乳酸鈣處理組之內葉銅元素也顯著較對照組高。錳元素濃度則於乳酸鈣處理組外葉層顯著減少，但其它處理組間皆無顯著差異。

表 4. 不同鈣源噴施處理對結球白菜(品種: '包白 47 號')生育性狀之影響。

Table 4. Effect of different calcium form spraying treatment on growth characteristics of Chinese cabbage.

| Treatments <sup>z</sup> | Fresh weight (g)     |         |        | Dry weight (g) | Head characteristics(cm) |       |               |
|-------------------------|----------------------|---------|--------|----------------|--------------------------|-------|---------------|
|                         | total                | head    | root   | root           | length                   | width | circumference |
| Control                 | 710.2 a <sup>y</sup> | 469.2 a | 13.7 a | 1.1 a          | 16.0 a                   | 9.4 a | 31.5 a        |
| CaCl <sub>2</sub>       | 521.1 a              | 351.6 a | 14.1 a | 1.2 a          | 14.9 a                   | 8.2 a | 27.6 ab       |
| CaSO <sub>4</sub>       | 712.3 a              | 481.7 a | 16.3 a | 1.3 a          | 16.8 a                   | 9.3 a | 31.4 a        |
| Lactate-Ca              | 554.9 a              | 356.2 a | 14.3 a | 1.3 a          | 15.8 a                   | 8.3 a | 26.5 b        |

<sup>z</sup> Control is only spray water.<sup>y</sup> Means within the column followed by the same letter are not significantly different by LSD test at  $P \leq 0.05$ .

表 5. 不同鈣源處理對結球白菜(品種: '包白 47 號')葉片大量元素濃度之影響。

Table 5. Effect of different calcium form spraying treatment on macronutrients concentration of Chinese cabbage.

| Treatments <sup>z</sup> | Leaf position | Macronutrients concentration (%) |            |            |          |          |
|-------------------------|---------------|----------------------------------|------------|------------|----------|----------|
|                         |               | N                                | P          | K          | Ca       | Mg       |
| Control                 | center        | 1.59 bc <sup>y</sup>             | 0.60 def   | 2.58 ef    | 0.40 bcd | 0.16 bcd |
|                         | inner         | 1.53 bc                          | 0.67 bcdef | 2.91 def   | 0.47 bcd | 0.17 bcd |
|                         | middle        | 1.64 bc                          | 0.72 abcd  | 3.15 cdef  | 0.56 bcd | 0.18 bcd |
|                         | outer         | 1.94 ab                          | 0.79 abc   | 3.91 abcd  | 0.76 ab  | 0.25 abc |
| CaCl <sub>2</sub>       | center        | 1.59 bc                          | 0.57 ef    | 2.85 def   | 0.41 bcd | 0.17 bcd |
|                         | inner         | 1.52 bc                          | 0.54 f     | 2.50 ef    | 0.30 d   | 0.12 d   |
|                         | middle        | 1.63 bc                          | 0.70 bcde  | 3.34 bcdef | 0.48 bcd | 0.17 bcd |
|                         | outer         | 1.83 abc                         | 0.82 ab    | 4.51 ab    | 0.74 abc | 0.25 ab  |

<sup>z</sup> Control is only spray water.<sup>y</sup> Means within the column followed by the same letter are not significantly different by LSD test at  $P \leq 0.05$ .

續表 5. 不同鈣源處理對結球白菜(品種: '包白 47 號')葉片大量元素濃度之影響。

Table 5. Effect of different calcium form spraying treatment on macronutrients concentration of Chinese cabbage.

| Treatments <sup>z</sup> | Leaf position | Macronutrients concentration (%) |            |             |           |           |
|-------------------------|---------------|----------------------------------|------------|-------------|-----------|-----------|
|                         |               | N                                | P          | K           | Ca        | Mg        |
| CaSO <sub>4</sub>       | center        | 1.94 ab                          | 0.80 abc   | 3.62 abcde  | 0.53 bcd  | 0.22 abcd |
|                         | inner         | 1.68 bc                          | 0.67 cdef  | 2.95 def    | 0.41 bcd  | 0.15 cd   |
|                         | middle        | 1.93 ac                          | 0.71 abcde | 3.44 abcdef | 0.55 bcd  | 0.19 bcd  |
|                         | outer         | 2.34 a                           | 0.85 a     | 4.68 a      | 0.93 a    | 0.30 a    |
| Lactate-Ca              | center        | 1.39 c                           | 0.54 f     | 2.26 f      | 0.37 d    | 0.14 d    |
|                         | inner         | 1.41 c                           | 0.60 def   | 2.65 def    | 0.39 cd   | 0.14 d    |
|                         | middle        | 1.37 c                           | 0.63 def   | 4.42 abc    | 0.44 bcd  | 0.13 d    |
|                         | outer         | 1.42 bc                          | 0.69 bcde  | 3.04 def    | 0.61 abcd | 0.22 abcd |

<sup>z</sup> Control is only spray water.

<sup>y</sup> Means within the column followed by the same letter are not significantly different by LSD test at  $P \leq 0.05$ .

表 6. 不同鈣源處理對結球白菜(品種: '包白 47 號')葉片微量元素濃度之影響。

Table 6. Effect of different calcium form spraying treatment on micronutrients concentration of Chinese cabbage.

| Treatments <sup>z</sup> | Leaf position | Micronutrients concentration (ppm) |           |          |          |         |
|-------------------------|---------------|------------------------------------|-----------|----------|----------|---------|
|                         |               | Fe                                 | Mn        | Zn       | Cu       | B       |
| Control                 | center        | 36.8 c <sup>y</sup>                | 14.7 de   | 40.7 bc  | 1.1 bcd  | 33.5 c  |
|                         | inner         | 40.1 bc                            | 16.2 bcde | 44.4 bc  | 1.1 bcd  | 30.9 c  |
|                         | middle        | 41.1 c                             | 18.1 abcd | 45.2 bc  | 2.0 abc  | 42.1 c  |
|                         | outer         | 46.9 abc                           | 22.9 a    | 50.4 abc | 1.5 abcd | 89.7 ab |

<sup>z</sup> Control is only spray water.

<sup>y</sup> Means within the column followed by the same letter are not significantly different by LSD test at  $P \leq 0.05$ .



續表 6. 不同鈣源處理對結球白菜(品種:'包白 47 號')葉片微量元素濃度之影響。

Table 6. Effect of different calcium form spraying treatment on micronutrients concentration of Chinese cabbage.

| Treatments <sup>z</sup> | Micronutrients concentration (ppm) |                     |           |          |          |          |
|-------------------------|------------------------------------|---------------------|-----------|----------|----------|----------|
|                         | Leaf position                      | Fe                  | Mn        | Zn       | Cu       | B        |
| Control                 | center                             | 36.8 c <sup>y</sup> | 14.7 de   | 40.7 bc  | 1.1 bcd  | 33.5 c   |
|                         | inner                              | 40.1 bc             | 16.2 bcde | 44.4 bc  | 1.1 bcd  | 30.9 c   |
|                         | middle                             | 41.1 c              | 18.1 abcd | 45.2 bc  | 2.0 abc  | 42.1 c   |
|                         | outer                              | 46.9 abc            | 22.9 a    | 50.4 abc | 1.5 abcd | 89.7 ab  |
| CaCl <sub>2</sub>       | center                             | 49.6 abc            | 13.9 de   | 50.4 abc | 1.6 abcd | 41.4 c   |
|                         | inner                              | 45.8 bc             | 13.1 de   | 44.2 bc  | 1.5 abcd | 42.3 c   |
|                         | middle                             | 45.6 bc             | 17.7 abcd | 50.1 abc | 1.6 abcd | 44.3 bc  |
|                         | outer                              | 45.3 bc             | 21.6 ab   | 52.9 ab  | 1.5 abcd | 66.3 abc |
| CaSO <sub>4</sub>       | center                             | 61.0 a              | 18.0 abcd | 58.4 a   | 2.4 a    | 95.0 a   |
|                         | Inner                              | 47.2 abc            | 13.5 de   | 44.8 bc  | 0.6 d    | 34.2 c   |
|                         | middle                             | 45.7 bc             | 15.2 de   | 48.9 abc | 0.7 cd   | 34.5 c   |
|                         | outer                              | 53.0 ab             | 21.1 abc  | 51.3 abc | 1.5 abcd | 43.5 bc  |
| Lactate-Ca              | center                             | 35.9 c              | 12.0 e    | 42.0 bc  | 1.6 abcd | 28.8 c   |
|                         | inner                              | 37.3 c              | 11.7 e    | 40.6 bc  | 2.5 a    | 39.4 c   |
|                         | middle                             | 34.7 c              | 12.7 de   | 39.8 c   | 2.1 ab   | 43.5 bc  |
|                         | outer                              | 40.0 bc             | 15.9 cde  | 42.6 bc  | 1.4 abcd | 44.6 bc  |

<sup>z</sup> Control is only spray water.<sup>y</sup> Means within the column followed by the same letter are not significantly different by LSD test at  $P \leq 0.05$ .

## 討 論

Wiebe 等(1977)指出同為結球葉菜類之甘藍鈣元素分佈同樣由外葉濃度為最高並依葉片順序向內至結球中心遞減,且外層葉片鈣濃度可高達 7.0%,但結球中心鈣濃度僅 0.3%。而前人研究分析甘藍葉片鈣元素濃度明顯由葉肋向葉緣遞減(Wiebe *et al.*, 1977),結球白菜內葉也有類似情形且內葉葉緣鈣濃度會明顯較外葉及內葉其它部位更低(Kuo *et al.*, 1981)。鎂為組成葉綠素重要元素之一,主功能為促進光合作用進行(柯, 2004),而結球白菜多靠

外葉行光合作用，鎂元素之分佈相當合理。而硼主要透過細胞壁、細胞膜及蛋白質生合成間作用參與了鋅元素的吸收及運輸，也間接影響根系活力及含氮物質的運輸(Loomis and Durst, 1992)，而 Crisp 等(1976)假設了萵苣發生頂燒病與鈣及硼元素缺乏引起之交互作用有關，Kuo 等(1981)則指出缺硼會增加頂燒病病徵之表現。

Maruo 及 Masahumi 等(2016)指出新葉葉緣為易發生缺鈣之部位，因新葉之葉面積及蒸散作用皆較成熟葉小，則對鈣之競爭能力明顯較差，而引發缺鈣之主因與植物細胞需求量與根域供給量不平衡有關，鈣主要功能為穩固細胞壁結構及作為維持細胞功能的重要傳訊者，若缺乏則易引起細胞壞疽或死亡。Borkowski 等(2016)研究表示結球白菜誘發頂燒病與新葉鈣濃度偏低、栽培期間水分供給不足及環境高溫等因素相關，本試驗則取健康及罹患頂燒病結球白菜內葉進行營養元素分析，其鈣、鎂及錳於罹病植株濃度皆顯著低於健康植株，且罹患頂燒病之植株內葉鈣濃度僅為健康植株得 42%，證實頂燒病與內葉鈣偏低相關，並與 Barta(1986)分析萵苣新葉鈣濃度結果相似。結果呼應了前人研究中 Wiebe 等(1977)指出頂燒病好發於植物鈣濃度最低之部位，及 Hawkesford 等(2012)指出植物內生長快速的組織易發生缺鈣相關之生理障礙，加速組織衰老及微生物感染機之會導致損失(Hawkesford *et al.*, 2012)。氮、磷、鋅及硼元素濃度則於罹病植株內葉濃度會顯著較健康植株高，並且氮與鈣於兩組間濃度皆呈負相關，健康植株內葉氮鈣比遠高於罹病植株。前人研究也表示氮鈣元素間會有相互拮抗情形，當 N/Ca 比值越高則越容易發生頂燒病(吉，2005)，符合本研究結果罹病植株內葉之氮鈣比值確實遠高出健康植株。陳等(1996)研究指出過量施用化學肥料或銨態氮肥容易誘發甘藍之頂燒病及內腐病，主因為氮濃度增加時會促進植株地上部生長，但同時抑制了根系生長導致根部吸收元素量相對減少，當地上部進入快速生長期時鈣需求量增加卻無法即時供應足量則易發生缺鈣相關生理劣變(Hansen, 1973)。而試驗中硼濃度反於罹病植株內顯著增加，鈣硼比值僅為健康植株的 30%，則在此部份兩元素則呈反比。研究推測硼與鈣皆可能為影響頂燒病發之因子，而硼可能透過影響生長素(auxin)代謝使頂燒病加劇嚴重，而非透過影響植物組織內鈣濃度之方式(Crisp *et al.*, 1976)，而鈣與硼元素間的分佈關係在本結果中並無看出交互作用。

Marschner(2011)提出高鈣濃度的植物組織與其抗病性相關，可利用鈣為連接細胞壁果膠間重要鍵結，減少致病菌衍生之果膠分解酶降解植物細胞壁之成分。以外源施鈣方式降低頂燒病之相關研究已有不少(Corriveau *et al.*, 2012; Guerra *et al.*, 2009; Maroto *et al.*, 1986; Silva Felix *et al.*, 2017)，然而多種施肥方式中以葉面施肥較直接且高效，可防止養分在土壤被其他元素螯合或固定，並彌補根系吸收不足之部分(柯，2004)。結果顯示三種鈣源皆無法有效降低頂燒病之罹病程度，但 0.01 M 氯化鈣處理軟腐病發生球數最少，每週噴施頻率 1~2 次相較於對照組皆減少 20% 多的軟腐病球數，而萵苣(Guerra *et al.*, 2009)、馬鈴薯(Hajhamed *et al.*, 2007)及結球白菜(Park, 1969)以葉面噴施氯化鈣皆有效減少了軟腐病發生，其雖無法降低頂燒病但對軟腐病有抑制效果。Silva Felix 等(2017)於結球白菜葉片噴施氯化鈣卻無法有效控制軟腐病，作者指出栽培品種、土壤特性及鈣源種類皆影響了施用

濃度與減少軟腐病之效果。而細菌軟腐病寄主廣泛，於 5~35°C 潮濕之環境皆可繁衍(Agrios, 1978)，欲控制病害注意環境因子相當重要。

3 種不同鈣源處理皆無法有效提升結球白菜中心及內葉鈣濃度，表示噴施於外葉的鈣並未順利向結球中心運移，但 McGuire 等(1986)使用硫酸鈣處理馬鈴薯其塊莖內鈣濃度顯著增加，噴施器官及作物對元素吸收能力可能造成結果差異。當環境情況適合葉片行蒸散作用，對增加葉片鈣濃度較有利(Gonway, 1992)，則眾多因素皆可能影響鈣的運輸及吸收。Thibodeau 等(1969)以硝酸鈣及氯化鈣於葉片每日噴施，有效控制奶油萵苣之頂燒病並提高葉片鈣濃度。Corriveau 等(2012)以 90、360 mg L<sup>-1</sup>CaCl<sub>2</sub> 噴施處理萵苣也明顯減少了發生頂燒病的葉面積，但 Corriveau 等(2011)試驗於葉片噴施鈣源並無法有效減少頂燒病，作者認為噴施頻率及鈣源種類皆會影響增加葉片鈣濃度及降低頂燒病之效果。而結球中心之磷、鐵、鋅、銅及硼元素濃度則於噴施 0.01 M 硫酸鈣後顯著增加。鈣及硼濃度若同時偏低時會使頂燒病之病徵加劇嚴重(Kuo *et al.*, 1981)，但本試驗各處理之病徵皆相當嚴重，無法證實此論點。僅乳酸鈣處理會顯著降低結球周徑，其它處理對生長皆無影響，生長無促進與 Corriveau 等(2012)、Holt Schulze (2005)及 Jenni 等(2008)萵苣試驗結果相同。前人研究表示葉面施肥效果雖迅速，但使用濃度有限且鈣運移困難僅作為輔助施肥(柯，2004)。

夏季於平地栽培結球葉菜類營養元素及水分易失調常發生結球不良或生理劣變情形(陳等，1996)，則結球白菜栽培選擇適當環境及品種是為預防頂燒病之要點。雖然本試驗結果未見效果，選擇適當鈣源及濃度並於生長期增加噴施頻率則較有可能有效預防頂燒病及增加內葉鈣濃度。

## 參 考 文 獻

- 吉雪花。大白菜耐低鈣品系的篩選及干燒心發生的機制的研究。西北農林科技大學碩士論文。61pp。
- 柯勇。2004。植物生理學。藝軒圖書出版社。823pp。
- 陳榮輝、張榮如、廖芳心、陳正男。1996。不同氮源及施用量對夏作甘藍生育及品質之影響。桃園區農業改良場研究彙報 27: 17-24。
- 馬國瑞、石傳勇。2002。蔬菜營養失調症原色圖譜。中國農業出版社。126pp。
- 張仲民。1997。土壤與肥料學。財團法人徐式基金會。335pp。
- 蔣德安、朱誠、楊玲。植物生理學。2018。五南圖書出版公司。624pp。
- Agrios, G.N. 1978. 11 - plant diseases caused by bacteria. In: Plant pathology (2<sup>nd</sup> edition), G.N. Agrios (ed.), Academic Press. pp. 466-470.
- Barta, D. J. and T. W. Tibbitts 1986. Effects of artificial enclosure of young lettuce leaves on tipburn incidence and leaf calcium concentration. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 150(3): 413-416.

- Borkowski, J., B. Dyki, M. Oskiera, A. Machlańska, and A. Felczyńska. 2016. The prevention of tipburn on chinese cabbage (*Brassica rapa* L. var. *pekinensis* (lour.) olson) with foliar fertilizers and biostimulators. J. Hortic. Res. 24(1): 47-56.
- Corriveau, J., L. Gaudreau, J. Caron, S. Jenni, and A. Gosselin. 2011. Effect of water management, fogging and Ca foliar application on tipburn of romaine lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivated in greenhouse. Acta Hortic. (in press).
- Corriveau, J., L. Gaudreau, J. Caron, S. Jenni, and A. Gosselin. 2012. Testing irrigation, day/night foliar spraying, foliar calcium and growth inhibitor as possible cultural practices to reduce tipburn in lettuce. Can. J. Plant. Sci. 92(5): 889-899.
- Cresswell, G. C. 1991. Effect of lowering nutrient solution concentration at night on leaf calcium levels and the incidence of tipburn in lettuce (var. *Gloria*). J. Plant Nutr. 14(9): 913-924.
- Crisp, P., G. F. Collier, and T. H. Thomas. 1976. The effect of boron on tipburn and auxin activity in lettuce. Sci. Hortic. 5(3): 215-226.
- Everaarts, A. P. and M. Blom-Zandstra. 2001. Review article internal tipburn of cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*). J. Hortic. Sci. Biotechnol. 76(5): 522-528.
- Gonway, W. S. 1992. Calcium treatment of apples and potatoes to reduce postharvest decay. Plant Dis. 76: 329-334.
- Guerra, M. L., J. C. Oliveira, C. R. Naue, C. L. Silva, and R. L. R. Mariano. 2009. Podridão-mole da alface: controle com cálcio e levedura. In: IX Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFRPE, 2009, Recife. Anais da Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFRPE. Recife: UFRPE.
- Hajhamed, A. A., W. M. A. El-Sayed, A. A. El-Yazied, and N. Y. A. El-Ghaffar. 2007. Suppression of bacterial soft rot disease of potato. Egypt. J. Phytopathol. 35(2): 69-80.
- Hansen, P. 1973. The effect of cropping on the growth and uptake of nutrients by apple trees at different levels of nitrogen, potassium, magnesium and phosphorus. Acta. Agric. Scand. 23(2): 87-92.
- Hawkesford, M., W. Horst, T. Kichey, H. Lambers, J. Schjoerring, I. S. Møller, and P. White. 2012. Chapter 6 - functions of macronutrients. In: Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3<sup>rd</sup> ed. P. Marschner (eds.), Academic Press, pp.135-189.
- Holtschulze, M. 2005. Tipburn in head lettuce-the role of calcium and strategies for preventing the disorder. M.Sc. thesis, University of Bonn. 110pp.
- Jenni, S. and Stewart, K. A. 2008. Cooling the canopy withsprinkler irrigation to reduce tipburn in endive. Acta Hortic. 792: 379-384.
- Kuo, C. G., J. S. Tsay, C. L. Tsai, and R. J. Chen. 1981. Tipburn of chinese cabbage in relation to calcium nutrition and distribution. Sci. Hortic. 14(2): 131-138.

- Loomis, W. D. and R. W. Durst. 1992. Chemistry and biology of boron. *Biofactors*. 3(4): 229-239.
- Marschner, P. 2011. Marschner's mineral nutrition of higher plants. In: *Opinion in Plant Biology* . 3<sup>rd</sup>, Elsevier (eds.), Academic Press. pp. 171-189.
- Maroto, J. V., J. Alagarda, B. Pascual, S. Galarza, and B. Cebolla. 1986, Tipburn incidence on Chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis* Rupr.) cultivated under greenhouse and its prevention by application of a high calcium foliage fertilizer, In: *Foliar Fertilization*, Alexander A. (eds.), *Dev. Plant Soil Sci.* pp. 325-334.
- Maruo, T. and M. Johkan. 2016. Chapter 12-Tipburn. In: *Plant Factory*. Toyoki, Genhua and Michiko (eds), Academic Press Ind. pp. 173-176.
- McGuire, R. G. and A. Kelman. 1986. Calcium in potato-tuber cell-walls in relation to tissue maceration by *Erwinia carotovora* pv. *atroseptica*. *Phytopathology* 76: 401-406
- Olle, M. and I. Bender. 2009. Causes and control of calcium deficiency disorders in vegetables: A review. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 84: 577-584.
- Park, S. K. 1969. Studies in the relationship between Ca nutrient and soft rot disease in Chinese cabbage. *Research Report to Rural Development Administration* 12(1): 63-70.
- da Silva Felix, K. C., C. L. da Silva, W. J. de Oliveira, R. D. L. R. Mariano, and E. B. de Souza. 2017. Calcium-mediated reduction of soft rot disease in Chinese cabbage. *Eur. J. Plant Pathol.* 147(1): 73-84.
- Tachibana, S. 1991. Import of calcium by tomato fruit in relation to the day night periodicity. *Sci. Hortic.* 45(3-4): 235-243.
- Thibodeau, P. O. and P. L. Minotti. 1969. The influence of calcium on the development of lettuce tipburn. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 94: 372-376.
- Wiebe, H. J., H. P. Schätzler, and W. Kühn. 1977. On the movement and distribution of calcium in white cabbage in dependence of the water status. *Plant Soil* 48(2): 409-416.

## Effect of Foliar Application of Calcium Source on Chinese Cabbage Tip Burn

Yu-Jung Lin <sup>1)</sup> Huey-Ling Lin <sup>2)</sup>

Key words: tip burn, foliar application of calcium, Chinese cabbage.

### Summary

Chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*) is an important Crucifera vegetable. Tipburn is a commonly existed physiological disorder of Chinese cabbage, previous study suggested that tip burn is caused by young leaf calcium deficiency and frequently occurred with soft rot disease, seriously affects the yield and quality of Chinese cabbage. The objectives of this study are to apply various calcium sources in leaves, and to investigate whether these treatment are effect on increasing the concentration of calcium in the inner leaves and reducing incidence of Chinese cabbage tip burn. The concentrations of nitrogen, calcium, potassium, magnesium and manganese in the inner leaves of Chinese cabbage with tip burn were significantly lower than those without tip burn, calcium concentration is only 42% of non-tip burn plant, while the concentrations of phosphorus, boron and zinc were higher in plants with tip burn. Using 0.01 M calcium chloride, calcium sulfate, calcium lactate in twice a week may not effectively increase the concentration of calcium in inner leaf and decrease tip burn. Application of 0.01 M calcium chloride may reduce 20% head with soft rot disease compared with control. Spraying with calcium sulfate may significantly increase concentrations of phosphorus, iron, zinc and copper, in contrast calcium lactate may significantly reduce head circumference. Overall, foliar application of calcium may not effectively reduce tip burn severity.

---

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

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.

## *Haworthia* 屬植物再生與基因轉殖系統建立

侯 亭 玟<sup>1)</sup> 陳 彥 銘<sup>2)</sup> 潘 怡 君<sup>3)</sup>

關鍵字：*Haworthia*、癒傷組織、Hygromycin、Cefotaxime、農桿菌基因轉殖、GUS

**摘要：***Haworthia* (瓦葦屬) 為多肉植物，部分品種葉片上帶有透明窗之構造，備受玩家喜愛。為了追求新穎的品種，常利用雜交進行育種，但實生苗成長時間長且雜交不易，基因轉殖是一個縮短育種時間並創造新品種的方式。本實驗目地為建立 *Haworthia* 屬多肉植物之農桿菌轉殖系統。以'三仙壽'癒傷組織作為農桿菌感染材料，先進行抗生素濃度試驗，結果顯示癒傷組織適合以  $5 \text{ mgL}^{-1}$  hygromycin 光度 600 lux 進行篩選，cefotaxime 濃度 0 - 400  $\text{mgL}^{-1}$  皆生長良好。農桿菌 LBA4404 攜帶 pCambia1305.1 質體以  $\text{OD}_{600}$  為 0.2 的濃度感染壽之癒傷組織 10 分鐘，共培養四天後去除農桿菌，感染後培養八週再進行  $5 \text{ mgL}^{-1}$  hygromycin 篩選，篩選四週後可得到具有 GUS 基因表現的嵌合體轉殖株。

### 前 言

*Haworthia* 屬分為硬葉系與軟葉系，軟葉系的植物因應乾燥缺水的環境，演化出肥厚的葉或莖用來儲存水分，軟葉系植物葉頂端還具葉窗 (window) 之特殊結構 (Christensen-Dean and Moore, 1993)，部分品種之葉窗為半透明或帶有紋路、毛狀體等，使得 *Haworthia* 屬多肉植物倍受園藝愛好者喜愛。但部分軟葉系品種生長速度緩慢，其半年可能僅長出一片葉，種子進行有性繁殖，實生苗生長至成株可能需耗費 2 年以上的時間，以花梗、葉、小芽等材料進行組織培養可縮短 *Haworthia* 屬多肉植物之生長時間 (吳，2011；Hayashi, 1987；Mycok, 1997)，另一方面以基因轉殖將基因轉入植株，也能創造新穎性狀之品種，加速育種速度，來創造出葉窗帶有獨特花紋之品種以提高商品價值。

- 
- 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助理教授。
  - 3) 國立中興大學園藝學系助理教授，通訊作者。

## 材 料 與 方 法

### 一、抗生素濃度測試

#### (一) Cefotaxime 濃度測試

'三仙壽'癒傷組織作為實驗材料，約 0.05 g 培植體，培養於加有 3%蔗糖 (Duchefa Biochemie)及 0.8%洋菜粉 (Cyrusbioscience)的 MS 培養基 (Murashige and Skoog, 1962)，另外加有 0、100、200、300 及 400 mgL<sup>-1</sup> cefotaxime (cyrusbioscience)，置於 600 lux 與 5500 lux 光環境下，生長溫度 26°C、光週 16 hr。每盤 15 個培植體，每處理 5 重複，培養八週後觀察培植體生長情形。八週後計算培植體面積與初始面積之倍率。

#### (二) Hygromycin 濃度測試

'三仙壽'增殖的癒傷組織作為材料，約 0.05 g 之癒傷組織為一份培植體，培養於全量 MS 培養基添加 3%蔗糖與 0.8%洋菜粉，以 0、5、10、15、20 mgL<sup>-1</sup> hygromycin (Cyrusbioscience)進行濃度試驗，分別培養於 600 lux 與 5500 lux 光環境下，生長溫度 26°C、光週 16 hr。每盤有 5 份癒傷組織，每處理 5 重複，培養五週後觀察培植體生長情形。計算出五週後褐化百分比。

### 二、'三仙壽'農桿菌轉殖流程

以攜帶含 GUS 基因之 pCAMBIA1305.1 質體 (CAMBIA)之 LBA4404 農桿菌、及不帶有轉殖基因載體之 LBA4404 農桿菌與水為對照組進行感染。農桿菌培養於分別含 50 mgL<sup>-1</sup> kanamycin 或 50 mgL<sup>-1</sup> streptomycin 之 YEP 菌盤上，取單一菌落後分別培養於添加抗生素之 YEP 養液中，以 28°C 125 rpm 培養 2 天，再於菌液中加入 100 μM acetosyringone (AS) 繼續培養 4 小時後，菌液以 5000×g 離心 4 分鐘，去除上清液，加入含 100 μM acetosyringone (AS) 的 1/2MS 培養液，懸浮農桿菌至 OD<sub>600</sub> 為 0.2 作為感染液。'三仙壽'癒傷組織分別與農桿菌共同培養 10 分鐘，癒傷組織於無菌擦手紙上晾乾後共培養 4 天後洗去多餘農桿菌。癒傷組織培養於添加 250 mgL<sup>-1</sup> cefotaxime 之培養基，置於 26°C、光週 16 hr、600 lux 或 5500 lux 下，培養八週後，將癒傷組織至於含有 5 mgL<sup>-1</sup> hygromycin 的培養基進行篩選 12 周 (圖 1)。

### 三、轉植株 GUS 染色表現

感染農桿菌後之癒傷組織作為材料，將癒傷組織置於微量離心管中加入 X-Gluc (100 mM phosphate buffer pH = 7.0, 10 mM Na<sub>2</sub>EDTA pH = 8.0, 0.5 mM K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>, 0.5 mM K<sub>4</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>, 0.1% Triton X-100, 10% MeOH, 0.3% x-gluc)淹過培植體，以真空抽氣幫浦抽真空 3 分鐘重複三次，放置於 37°C 黑暗下反應過夜，使用 95%酒精重覆浸泡清洗去掉葉綠素，並觀察 GUS 顯色結果。

### 四、統計方法

試驗利用 SAS 9.4 (Statistics Analysis System)統計軟體，以 LSD (least significant difference)方式進行計算，分析試驗中各個處理是否有顯著差異。



## 結 果

### 一、抗生素濃度測試

#### (一) Cefotaxime 濃度測試

癒傷組織在 600 lux 光度下，於 0 - 400 mgL<sup>-1</sup> cefotaxime 培養基中培植 8 周後，約增殖 7.1-8.5 倍，於 5500 lux 光度下之約增值 8.8-11.4 倍，5500 lux 對癒傷組織之增生較佳。不論於 600 lux 或 5500 lux 下，癒傷組織在不同 cefotaxime 培養基的增生倍率無明顯差異，顯示，cefotaxime 濃度對癒傷組織生長狀況影響不大 (表 1)。

#### (二) Hygromycin 濃度測試

癒傷組織於 600 lux 5 mgL<sup>-1</sup> hygromycin 篩選至第三週時褐化率才達 6%，篩選速度雖然緩慢但癒傷組織生長已受到抑制，至第五週時褐化率大幅提升至 73%；處理 10-15 mgL<sup>-1</sup> hygromycin 之癒傷組織於第一週時褐化率為 20-26%，第三週時過半數褐化；20 mgL<sup>-1</sup> hygromycin 癒傷組織於第一週時褐化率高達 40%，第三週時癒傷組織已接近全數褐化。癒傷組織於 5500 lux 下篩選速度較 600 lux 快，在 5 mgL<sup>-1</sup> hygromycin 下第三週時癒傷組織褐化率為 53%，第五週時褐化率為 60%；於 10 mgL<sup>-1</sup> hygromycin 處理下第一週時褐化率為 46%，第三、五週之褐化率變動不大為 86%；癒傷組織於 15-20 mgL<sup>-1</sup> hygromycin 下培養至第三週時褐化率已達到 100% (表 2)。

表 1. 不同 cefotaxime 濃度及 600 or 5500 lux 光度培養下八週'三仙壽'癒傷組織增殖倍數。

Cefotaxime 濃度為 0、100、200、300 或 400 mgL<sup>-1</sup>。

Table 1. The proliferation of *H. 'Sansenjyu'* calli cultivated by different concentrations of 0, 100, 200, 300, 400 mgL<sup>-1</sup> cefotaxime under 600 or 5500 lux for 8 weeks. N = 5.

| 光度<br>(lux) | Cefotaxime (mgL <sup>-1</sup> ) |                            |                            |                           |                           |
|-------------|---------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
|             | 0                               | 100                        | 200                        | 300                       | 400                       |
| 600 lux     | 8.56 ± 0.86 <sup>bcd</sup>      | 8.12 ± 1.09 <sup>bcd</sup> | 8.16 ± 0.72 <sup>bcd</sup> | 7.76 ± 0.14 <sup>cd</sup> | 7.11 ± 0.48 <sup>d</sup>  |
| 5500 lux    | 9.41 ± 0.81 <sup>bc</sup>       | 9.27 ± 0.77 <sup>bc</sup>  | 11.46 ± 1.24 <sup>a</sup>  | 9.38 ± 0.36 <sup>ab</sup> | 8.82 ± 0.87 <sup>bc</sup> |

### 二、'三仙壽'農桿菌轉殖情形

癒傷組織感染流程如圖 1，癒傷組織受農桿菌感染後仍然呈現綠色，未受抗生素篩選培養八週後大量增殖 (圖 2A)後，再進行 hygromycin 抗生素 (5 mgL<sup>-1</sup>)篩選四周後大量死亡並嚴重褐化，少部分組織分化出小芽 (圖 2B)，小芽繼續篩選至第八週時部分芽體及其下位

葉出現白化 (圖 2C)，篩選持續至第十二週時芽體嚴重白化，少數芽體仍保持綠色，仍存活芽體之生長勢差 (圖 2D)。

表 2. 不同 hygromycin 濃度及 600 或 5500 lux 光度培養下五週'三仙壽'癒傷組織死亡百分比。Hygromycin 濃度為 0、5、10、15 或 20 mgL<sup>-1</sup>。

Table 2. The mortality rate of *H. 'Sansenju'* calli cultivated by different concentrations of 0, 5, 10, 15, 20 mgL<sup>-1</sup> hygromycin under 600 or 5500 lux for 5 weeks. n=5

| 光度<br>(lux) | Hygromycin<br>(mgL <sup>-1</sup> ) | 癒傷組織死亡百分率 (Mortality rate of calli) (%) |                                       |                              |
|-------------|------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
|             |                                    | 1 Week                                  | 3 Week                                | 5 Week                       |
| 600         | 0                                  | 0 ± 0 <sup>k</sup>                      | 0 ± 16.33 <sup>k</sup>                | 0 ± 32.66 <sup>k</sup>       |
|             | 5                                  | 0 ± 24.94 <sup>k</sup>                  | 6.67 ± 41.1 <sup>j</sup> <sup>k</sup> | 73.33 ± 47.14 <sup>bcd</sup> |
|             | 10                                 | 20 ± 9.43 <sup>ij</sup>                 | 66.67 ± 9.43 <sup>cde</sup>           | 86.67 ± 9.43 <sup>ab</sup>   |
|             | 15                                 | 26.67 ± 9.43 <sup>hi</sup>              | 86.67 ± 41.1 <sup>ab</sup>            | 80 ± 28.28 <sup>bc</sup>     |
|             | 20                                 | 40 ± 9.43 <sup>gh</sup>                 | 100 ± 24.94 <sup>ab</sup>             | 100 ± 33.99 <sup>a</sup>     |
| 5500        | 0                                  | 0 ± 0 <sup>k</sup>                      | 0 ± 0 <sup>k</sup>                    | 0 ± 0 <sup>k</sup>           |
|             | 5                                  | 0 ± 0 <sup>k</sup>                      | 53.33 ± 0 <sup>efg</sup>              | 60 ± 9.43 <sup>def</sup>     |
|             | 10                                 | 46.67 ± 47.14 <sup>fg</sup>             | 86.67 ± 28.28 <sup>ab</sup>           | 86.67 ± 18.86 <sup>ab</sup>  |
|             | 15                                 | 46.67 ± 0 <sup>fg</sup>                 | 100 ± 28.28 <sup>a</sup>              | 86.67 ± 24.94 <sup>ab</sup>  |
|             | 20                                 | 80 ± 0 <sup>bc</sup>                    | 100 ± 9.43 <sup>a</sup>               | 100 ± 9.43 <sup>a</sup>      |

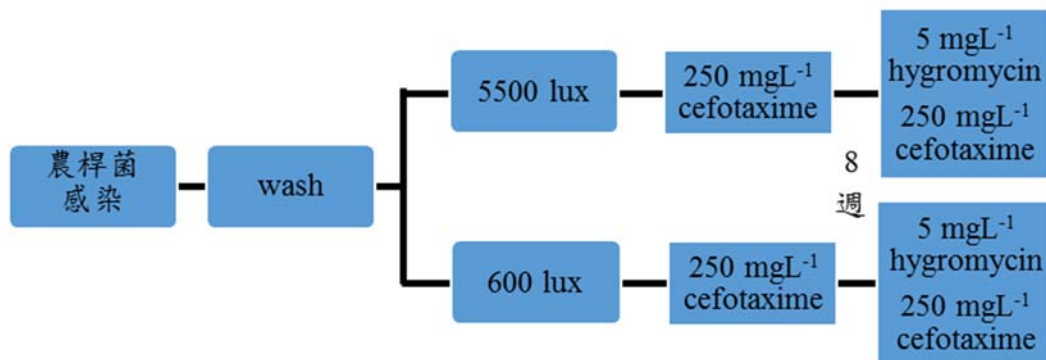


圖 1. '三仙壽'癒傷組織農桿菌轉殖流程圖。

Fig. 1. *Agrobacterium*-mediated transformation flow diagrams of *H. 'Sansenju'*.

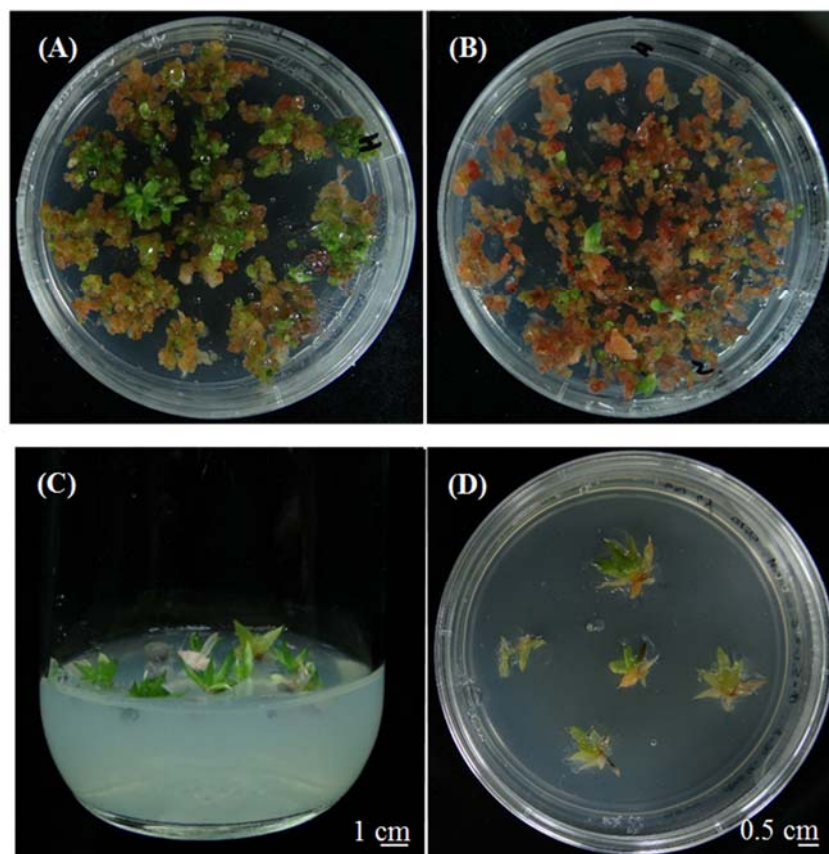


圖 2. 農桿菌轉殖培植體感染與篩選情形。(A) 培植體未篩選四週後之情形，(B) 培植體篩選四週後之情形，(C) 培植體篩選八週後之情形，(D) 培植體篩選十二週後之情形。

Fig. 2. Effects of the infected and selection of *Agrobacterium*-mediated transformation flow diagrams 6. (A) The calli were cultivated for 4 weeks after *Agrobacterium* infected, didn't grow on the selection medium for 8 weeks. Calli cultivate on the selection medium for (B) 4 weeks, (C) 8 weeks, (D) 12 weeks.

### 三、轉殖株 GUS 染色表現

感染後分為 600、5500 lux、未經篩選與經篩選之培植體，進行 GUS 表現比較。以 H<sub>2</sub>O 或未帶轉基因之 LBA4404 農桿菌感染之再生植株皆無 GUS 表現 (圖 3A、B、E、F)。培養於 600 lux 下，無論是否利用 hygromycin 篩選之轉殖株皆沒有 GUS 反應 (圖 3C、D)，而在 5500 lux 下之轉殖株部分組織呈現藍色，成為嵌合體，成功表現出 GUS 基因 (圖 3G、H)，顯示本試驗利用'三仙壽'癒傷組織可成功獲得轉殖植物。

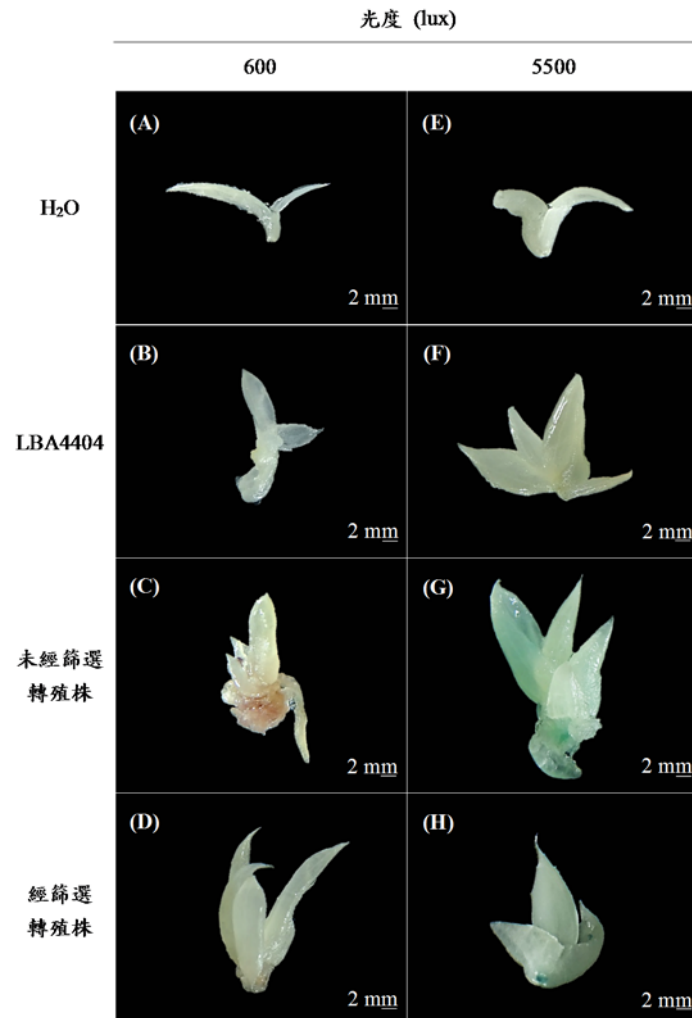


圖 3. 農桿菌轉殖後，培養於 600、5500 lux 下未經篩選、經篩選之轉殖培植體、H<sub>2</sub>O：未轉殖植株與轉殖 LBA4404 空載體農桿菌之 GUS 表現之情形。600 lux (A) H<sub>2</sub>O、(B) LBA4404 空載體農桿菌、(C) 未經篩選殖植株、(D) 經篩選殖植株；5500 lux (E) 未轉殖植株、(F) LBA4404 空載體農桿菌、(G) 未經篩選殖植株、(H) 經篩選殖植株。

Fig. 3. GUS histochemical analysis of the transformation plants. The plants were (A) H<sub>2</sub>O, (B) transformed by LBA4404 carrying no binary vector, (C) transformed but without selection, and (D) transformed and selected with hygromycin under 600 lux. (E) not transformed yet, (F) transformed by LBA4404 carrying no binary vector, (G) transformed but without selection, and (H) transformed and selected with hygromycin under 5500 lux.

## 討 論

'三仙壽'癒傷組織生長不受 cefotaxime 濃度之影響，此結果與百合科植物 *Agapanthus praecox* 對 cefotaxime 之反應類似 (Nauerby *et al.*, 1997; Suzuki *et al.*, 2002)，癒傷組織並無明顯褐化或白化出現，增殖倍數只有些微差異，故本實驗以能夠成功抑制 LBA4404 農桿菌生長之濃度  $250 \text{ mgL}^{-1}$  cefotaxime 進行後續試驗。Hygromycin 濃度篩選試驗中，5500 lux 下'三仙壽'癒傷組織褐化得嚴重，可能是因為癒傷組織較適合培養於低光照之環境 (賴，1980)，多肉植物在強光時會形成色素累積在植物體中，以保護葉肉組織不受傷害，造成培植體呈現紅褐色 (Li *et al.*, 2015)。Field 等人 (2013)以 HPLC 分析植株內的代謝產物，發現在葉窗有花青素之前驅物的累積。'三仙壽'組織在高光下容易呈現紅褐色，如繼續進行培養，其生長之效率差幾乎不再增生，此現象與新疆蘋果癒傷組織在光照下容易累積花青素類似，而癒傷組織生長速率與花青素含量呈現負相關 (Wang *et al.*, 2016)，代表花青素含量越高癒傷組織生長速率越低。然而當 hygromycin 濃度為  $20 \text{ mgL}^{-1}$  時，無論是 600 或 5500 lux 褐化之培植體較其他濃度少，反而白化者較多，可能是組織內還未累積花青素等物質，就遭受抗生素篩選，使得癒傷組織死亡時呈現白色。

由試驗結果得知'三仙壽'癒傷組織適合以  $5 \text{ mgL}^{-1}$  hygromycin 光度 600 lux 進行篩選，篩選速率較為緩和，且未轉殖之癒傷組織幾乎無法再生，5500 lux 之培養環境篩選速率過快，擬轉殖株可能來不急再生就死亡。於 600 與 5500 lux 下於第五週時癒傷組織之死亡率大都有緩和或下降之現象，因為少量癒傷組織並未直接接觸培養基而存活下來，其於第五週時開始增生，使得死亡率下降，故之後進行篩選時需要四週繼代一次，以免未轉殖成功之組織開始增生。

觀察擬轉殖株 GUS 表現發現'三仙壽'癒傷組織呈現嵌合體，可能是因為感染後八週才進行篩選，之後只使用低濃度  $5 \text{ mgL}^{-1}$  hygromycin 進行抗生素篩選，過晚篩選導致未成功轉殖之細胞繼續分化形成嵌合體，應提早篩選時間，先以低濃度抗生素進行篩選，避免未轉殖成功之細胞再生，之後再將抗生素濃度提高 (王，2007)。

綜合以上實驗結果'三仙壽'轉殖應可利用  $\text{OD}_{600}$  為 0.2 之農桿菌進行基因轉殖，感染癒傷組織與感染液震盪培養 10 分鐘，共培養四天後去除多餘農桿菌後，於 600 lux 之環境，培養基添加  $250 \text{ mgL}^{-1}$  cefotaxime 先不進行篩選培養 2 週後，再以含  $5 \text{ mgL}^{-1}$  hygromycin 與  $250 \text{ mgL}^{-1}$  cefotaxime 培養基培養，四週後將篩選濃度提高至  $10 \text{ mgL}^{-1}$  hygromycin，直到癒傷組織開始帶胚性後，將培植體移至 5500 lux 下培養，應可降低嵌合體的比例，得到均質的'三仙壽'轉殖植株。

## 參 考 文 獻

- 王啟正、林學詩。2007。花蓮亞蔬五號番茄農桿菌基因轉殖系統之建立。花蓮區農業改良場研究彙報 25: 37-51。
- 吳亮宏。2011。Haworthia 屬植物以花莖為培植體之微體繁殖。國立嘉義大學碩士論文。85pp。
- 賴本智。易希道。1980。葡萄組織培養之研究:環境因子對葡萄癒傷組織生長及分化的影響。中華農業研究 29: 157-165。
- Christensen-Dean, G. A. and R. Moore. 1993. Development of chlorenchyma and window tissues in leaves of *Peperomia columella*. Ann. Bot. 71(2): 141-146.
- Field, K. J., R. George, B. Fearn, W. P. Quick, and M. P. Davey. 2013. Best of both worlds: simultaneous high-light and shade-tolerance adaptations within individual leaves of the living stone *Lithops aucampiae*. Public Library Sci. 8.
- Hayashi, M. 1987. Callus characteristics and classification of *Haworthia* and allied genera. S. Afr. J. Bot. 53(6): 411-423.
- Li, Y. C., T. C. Lin, and C. E. Martin. 2015. Leaf anthocyanin, photosynthetic light-use efficiency, and ecophysiology of the South African succulent *Anacampseros rufescens* (Anacampserotaceae). S. Afr. J. Bot. 99:122-128.
- Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15(3): 473-497.
- Mycock, D. J., M.P. Watt, K. F. Hannweg, K. Naicker, M. Makwarela, and P. Berjak. 1997. Somatic embryogenesis of two indigenous South African *Haworthia* spp. (*H. limifolia* and *H. koelmaniorum*). S. Afr. J. Bot. 63(6): 345-350.
- Nauerby, B., K. Billing, and R. Wyndaele. 1997. Influence of the antibiotic timentin on plant regeneration compared to carbenicillin and cefotaxime in concentrations suitable for elimination of *Agrobacterium tumefaciens*. Plant Sci. 123(1-2): 169-177.
- Suzuki, S., M. Oota, and M. Nakano. 2002. Embryogenic callus induction from leaf explants of the Liliaceous ornamental plant, *Agapanthus praecox* ssp. *orientalis* (Leighton) Leighton: Histological study and response to selective agents. Sci. Hortic. 95(1-2): 123-132.
- Wang, N., Z. Y. Zhang, S. H. Jiang, H. F. Xu, Y. C. Wang, S. Q. Feng, and X. S. Chen. 2016. Synergistic effects of light and temperature on anthocyanin biosynthesis in callus cultures of red-fleshed apple (*Malus sieversii* f. *niedzwetzkyana*). Plant Cell Tissue Organ Cult. 127(1): 217-227.

## Establishment of the Regeneration and *Agrobacterium*-mediated Transformation System of Genus *Haworthia*

Ting-Wen Hou <sup>1)</sup>   Yen-Ming Chen <sup>3)</sup>   I-Chun Pan <sup>2)</sup>

Key words: *Haworthia* 、 calli 、 Hygromycin 、 Cefotaxime 、 *Agrobacterium* transformation 、 GUS

### Summary

*Haworthia* is a genus of succulent plants. Some species with leaf epidermal windows have been well accepted by people. Hybrid breeding were utilized for new varieties creation, but it was not easy and took a long time. To create new varieties and shorten the breeding time, *agrobacterium*-mediated transformation system of *Haworthia* succulents were established in this study. The results showed calli cultivated in selection medium by 5 mgL<sup>-1</sup> hygromycin under 600 lux, and 250 mgL<sup>-1</sup> cefotaxime. *Agrobacterium* LBA4404 strain carrying pCAMBIA1305.1 vector containing GUS gene were dilute to OD<sub>600</sub> of 0.2 and add to calli for 10 minutes. After co-culture for 4 days and remove *Agrobacterium* with 250 mgL<sup>-1</sup> cefotaxime. GUS expression were observed after infected were grown for 8 weeks and then transfer to selection medium containing 5 mgL<sup>-1</sup> hygromycin. Chimeric transgenic plants were obtained after 4 weeks selection.

---

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

2) Assistant Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

3) Assistant Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

Corresponding author.





## 彰化縣土地利用變遷之民眾識覺分析

陳 怡 靜<sup>1)</sup> 陳 思 宏<sup>2)</sup> 吳 振 發<sup>3)</sup>

關鍵字：土地利用、逐步迴歸分析

**摘要：**人對於生活環境中，土地利用的變化通常是容易察覺到的，然而研究中以民眾角度來探討土地利用變遷議題並不常見。本研究採發放問卷，目的為瞭解民眾對土地變遷之知覺感受與土地變遷對生產、生活、生態影響認同程度。研究顯示在土地變遷之知覺認知上民眾普遍同意「彰化縣近二十年來建地範圍增加」，反之，並不認同近二十年來林地範圍增加的現象；在土地變遷對生產、生活、生態影響中，民眾認為易受建地、閒置地、旱田等三種土地利用類型影響。

### 前 言

土地利用是各種環境因素及複雜政策、社會、經濟過程交互作用下的產物。台灣位於歐亞大陸板塊及菲律賓海板塊的碰撞交界帶上，地質破碎且斷層多，同時具氣候上的高溫、濕度大、降雨量多、降雨集中等特性，塑造出豐富多樣的地形與地質景觀。但因時空間不同而各有所差異，導致土地利用具有時間和空間特徵，另其型態與狀態呈現多時空尺度，亦呈現出具某種程度的複雜性與不確定性(林等，2004)。像是地表旺盛地侵蝕、搬運與堆積力量，加上近年的人口集中都市化、都市成長，許多山坡地、海埔地與河川等邊際土地被過度使用，均造成土地被開發的壓力，所以民眾對其周遭生活環境中的土地利用發生變化相當清楚，然而以往的研究較少從民眾的角度來探討。因此，本研究以土地類型為出發點進行發放問卷，目的為瞭解民眾對土地變遷之知覺與其對生產、生活、生態影響的認知程度。

- 
- 1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。
  - 2) 國立中興大學國際農業學程助理教授。
  - 3) 國立中興大學園藝學系教授，通訊作者。

## 文 獻 回 顧

土地利用指人類於地表上活動的表現，Clawson and Stewart (1965)定義土地利用為「人類在土地上從事一切與其直接相關之活動」。1995 年 Turner 等認為土地利用主要是受到自然環境和社會經濟的影響，土地上進行開發行為，使土地利用呈現地表覆蓋型態。故土地利用變遷是不斷加速地表覆蓋變化，而地表覆蓋變遷則影響著全球或區域的環境變遷，例如生物多樣性、氣候變遷、土壤流失等生態系統(閻等，2014)。近年來，台灣地理相關議題有地震、颱風、水資源、海平面上升與土地利用等五項，其中土地利用亦是近年來各國所關注的議題之一，尤為台灣地小人稠，面臨高山區的超限利用、海埔地的開發利用，以及其他邊際土地的開發等。

1993 年聯合國農糧組織 FAO 的持續土地利用管理評價大綱提出，持續土地利用管理的基本原則為：生產力、安全性、保護性、可行性、可接受性，保護和提高土地生產力可降低生產風險，增加自然系統的穩定能減少水土流失和洪災等自然災害，保護原有自然生產潛力可防止土地質量退化，而在經濟上的可行與社會的接受度也是相當重要的原則。並以多目標性效益的生態持續性、經濟持續性和社會持續性之平衡達永續發展。生態效益為基礎地位，關係到人類社會發展的根本利益；經濟效益為核心，促進各行業的生產和社會繁榮；社會效益具有決定性的作用，一切土地利用活動都是為了滿足人類社會的需求。而包和陳(2004)指出三大效益在一定條件下仍有矛盾地發生，如何能將土地利用規劃正確分析和有效處理效益間的關係也是一大要點。

土地利用變遷受到諸多自然條件與人為活動等因素相互作用所形成的，而土地利用變遷理論需將影響之各因子間的關係加以概念化，將近十年的文獻中所探討的因子及變項進行整合，透過文獻歸納出影響土地利用變遷之主要因素，閱表 1。

## 研 究 方 法

### 一、研究地點

本研究地點選在台灣中部的彰化縣，彰化縣是台灣最早開發地區之一，東倚八卦山脈與南投縣接壤，西邊濱臨臺灣海峽，南邊以濁水溪與雲林縣為界，北邊以烏溪與臺中市為界。地形上以平原為主，北邊屬於彰化平原，南邊則是濁水溪扇狀平原，全縣總面積為 1074.39 平方公里。彰化縣是臺灣本島面積最小的縣，臺灣人口的第一大縣。彰化縣 105 年服務業就業人數佔 43.90%、工業就業人數 6.59%、從事農林漁牧業相關占 9.51%。過去因台中州的米產量及耕地面積的單位米產量居台灣之冠，有「臺灣米倉」之稱。在民國 104 年農業生產概況分析摘要統計，顯示農耕面積占全台的第六順位，而花卉產值或種植面積居全台首位，在稻作與雜糧方面則是排名全台第二順位，故稱彰化縣是台灣的農業大縣。因此，在土地利用類型的重分類上，將農地細分為旱田和水田，以便觀察其中變化。

表 1. 土地利用變遷相關研究探討變項一覽表。

Table 1. Summary of research variables related to land use change.

| 土地利用類型                                  | 驅動因素                                               | 年份                                |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 農耕地、園林、林地、草生地、<br>建地                    | GDP、人口、與城鎮距離、與高速公路<br>距離、地勢高度                      | Bao G. Y.<br><i>et al.</i> 2017.  |
| 林地<br>(都市與非都市區)                         | 人口統計、社會活動、科學技術、經濟、<br>文化、政策                        | Liu Yaolin<br><i>et al.</i> 2016. |
| 都會區綠地                                   | 與河川距離、高程、坡度、與道路距離、<br>與建物距離、地價指數、與都市計畫區<br>距離      | 劉小蘭等人，<br>2016                    |
| 陂塘                                      | 氣候變遷、人口發展、水質變化、建地<br>開發、供水來源                       | 閻克勤等人，<br>2014                    |
| 都市與建成區、植被、水體、裸<br>露地、交通幹道(都市地區)         | 各里內部變遷類別(行政區)                                      | 周天穎等人，<br>2013                    |
| 農地、建地、道路、水體(都市<br>邊緣之農村)                | 道路網絡、建地集聚、農業政策                                     | 李素馨等人，<br>2012                    |
| 農地、建地、道路、水體(都市<br>邊緣之農村)                | 與高速公路距離、與區內主要道路距<br>離、與宜蘭市距離、與羅東溪距離、農<br>業政策       | 林敬好等人，<br>2012                    |
| 森林、疏林、草生地、農耕地、<br>道路、開發地、墳墓、裸露地(台<br>地) | 無(針對面積變化與當地區為特性進行<br>變遷因素推測)                       | 邱祈榮等人，<br>2012                    |
| 林地、建成地、農地、草地、水<br>體                     | 海拔、坡度、土壤深度、土壤沖蝕指數<br>K 值、土壤 pH 值、土壤內部排水性、<br>開發成本等 | 吳振發，2011                          |

## 二、研究內容

以有到過彰化縣之民眾與其彰化縣居民為對象做問卷調查，研究範圍內以 2007 年的國土分類表進行重分類，分別是建地、旱田、水田、林地、水體和閒置地(表 2)。研究所提出問卷構面有民眾對土地利用變遷知覺程度、土地利用變遷對生產、生活、生態的影響程度，施測回收後，進行有效問卷之編碼、建檔，並運用套裝軟體 SPSS20 進行下列之統計方法：

表 2. 土地利用分類。

Table 2. Land use classification.

| 數量 | 土地利用類別 | 說明                                                                                   |
|----|--------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 建地     | 以建築、交通、公共設施使用土地為主，亦包含畜禽舍、農業附帶設施、水利構造物、河道等。                                           |
| 2  | 旱田     | 以農業使用土地分類中的旱作和果樹為此類。                                                                 |
| 3  | 水田     | 指農業使用土地中的稻作。                                                                         |
| 4  | 林地     | 包含森林使用土地的天然林和人工林兩類。                                                                  |
| 5  | 水體     | 以水利使用土地為主，亦包含水產養殖、鹽業、灘地、礁岩。                                                          |
| 6  | 閒置地    | 農業使用土地的廢耕地和牧場、其他森林使用土地、其他建築(殯葬設施等)、休閒設施(公園綠地)、礦鹽使用土地、其他使用土地(軍事用地、草生地、裸露地等)以上皆為閒置地此類。 |

#### (一)描述性統計

針對民眾(性別、年齡、教育程度、職業、月收入、前往彰化縣原因及其頻率、居住在彰化縣之年期、彰化縣境內鄉鎮瞭解程度和其經常活動區域)之基本背景，進行次數、百分比等描述性統計分析，可測得是否為該有效施測族群。再者，其土地利用知覺認同度、對生產、生活、生態影響認同度，以次數、百分比、平均數、標準差等分析瞭解參與者的資料總體分布型態。

#### (二)信度分析

信度分析是評估問卷题目的測量品質，其中以 Cronbach's  $\alpha$  係數值為最常見的內部一致性信度。當係數值越高，表示量表題目具有相當之同質性。研究中，將運用此分析方法檢測土地利用變遷對生產、生活、生態影響之量表進行評估測驗品質。

#### (三)逐步迴歸分析

以逐步迴歸分析來決定具有解釋力的預測變項，一般在投入多個解釋變數後，由各個變項的關係高低來決定每一個變數是否進入回歸模型或是淘汰，最後可得以最少解釋變項來解釋最多變異量的最佳迴歸模型。本研究將在土地利用變遷知覺程度和對生產、生活、生態影響題項中，以逐步法為主要分析法，藉此瞭解各構面題項間之相關性高低(影響程度)，比方知覺中哪種土地利用類型的變化讓民眾有認同感的及其影響程度。

## 結果與討論

本研究採立意抽樣，位於台灣鐵路營運路線於彰化縣境內進出站民眾及其周遭居民皆為研究參與者。於 2018 年 3 月~4 月施測，共發放 364 份問卷，有效問卷回收 348 份。本研究以不記名方式進行施測。結果敘述如下：

### 一、研究參與者之基本資料

詳見表 3，於彰化縣內的參與者有效問卷中，女性 195 人(56.0%)、男性 153 人(44.0%)，顯示女性多於男性。年齡分布以 26-45 歲年齡層居多，其次是 25 歲(含)以下，66 歲以上最少。教育程度比例最高為大學的 54.0%，其次為高中職的 27.9%。本研究將職業分為四組，以其他的職業群居多，其次是門市、餐飲、服務等三級產業。研究參與者中，月收入比例最高為 3 萬以下的 49.4%，此一比例約略與職業呈現相似之比例。前往彰化縣原因以回家族群居多，其次是工作。研究參與者中前往彰化縣頻率比例最高為 5 次以上/年的 85.1%，其次為 1-2 次/年的 8.0%，顯示本研究對象對於彰化縣的土地利用變遷有一定的感受程度。本研究分為五組居住年期，各組分布以居住 15 年以上者為主，其次是沒有居住在彰化縣者。研究參與者在彰化縣內經常活動區域一題，顯示彰化東南部、彰化北部皆多於彰化西南部，此一現象與施測地點有相對的關係。對於縣內各鄉鎮位置與範圍比例最高為大概知道的 55.2%，其次為知道的 36.5%，表示本研究對象對於彰化縣地理位置有一定的認知程度。

### 二、土地利用變遷知覺分析

針對參與者對於彰化縣土地利用變遷之知覺認同程度，進行描述性統計、逐步迴歸分析和單因子變異數分析，藉以瞭解民眾對土地利用變遷知覺認同程度。

#### (一) 土地利用變遷知覺認同程度之描述性統計

參與者有效樣本中，民眾對於彰化縣土地利用變遷之知覺認同程度以題號 A01「彰化縣近二十年來建地範圍增加」之平均數 4.78 最高；其次是題號 A07「整體而言，我覺得彰化縣土地類型有明顯的變化」之平均數 4.45，以上兩項顯示民眾普遍感受彰化縣土地類型有明顯的變化，其中以建地範圍的增加較具明顯，參閱表 4。

#### (二) 土地利用變遷知覺認同程度之逐步迴歸分析

以逐步迴歸分析檢驗建地、旱田、水田、林地、水體和閒置地等六種土地利用類型的面積增減與整體土地類型變化感之關係，結果如表 5。共線性的檢測透過 VIF 值，可知此題項間無共線性問題的存在。經逐步迴歸分析逐步法後，參閱(1)，在土地利用變遷知覺中以 A01「彰化縣近二十年來建地範圍增加」、A06「彰化縣近二十年來閒置土地面積增加(如草地、荒地等)」、A02「彰化縣近二十年來旱田面積減少」三項，顯示在整體土地利用類型變化中民眾較能明顯地察覺到建地範圍增加、閒置地的增加和旱田面積減少。

$$Y_{A07} = 0.28 X_{A01} + (-0.22) X_{A06} + 0.12 X_{A02} \text{-----}(1)$$

表 3. 研究參與者之基本資料一覽表。

Table 3. Summary of basic information of study participants.

| 問項      | 選項        | 樣本數<br>N | 有效<br>百分比% | 問項        | 選項            | 樣本數<br>N | 有效<br>百分比% |
|---------|-----------|----------|------------|-----------|---------------|----------|------------|
| 性別      | 男         | 153      | 44.0       | 職業        | 農林漁牧等一級相關產業   | 34       | 9.8        |
|         | 女         | 195      | 56.0       |           | 工程,製造等工業二級產業  | 47       | 13.5       |
| 年齡      | 25 歲(含)以下 | 128      | 36.8       |           | 門市,餐飲,服務等三級產業 | 123      | 35.3       |
|         | 26-45 歲   | 138      | 39.7       |           | 其他            | 144      | 41.4       |
|         | 46-65 歲   | 74       | 21.3       | 月收入       | 3 萬以下         | 172      | 49.4       |
|         | 66 歲以上    | 8        | 2.3        |           | 3-5 萬         | 124      | 35.6       |
| 教育程度    | 國中(含)以下   | 15       | 4.3        |           | 5-10 萬        | 43       | 12.4       |
|         | 高中職       | 97       | 27.9       |           | 10 萬以上        | 9        | 2.6        |
|         | 大學        | 188      | 54.0       | 居住彰化縣多久   | 5 年以下         | 31       | 8.9        |
|         | 研究所       | 48       | 13.8       |           | 5-10 年        | 5        | 1.4        |
| 前往彰化縣原因 | 回家        | 206      | 59.2       |           | 10-15 年       | 21       | 6.0        |
|         | 工作        | 78       | 22.4       |           | 15 年以上        | 233      | 67.0       |
|         | 學習        | 26       | 7.5        |           | 沒有居住在彰化縣      | 58       | 16.7       |
|         | 旅遊        | 35       | 10.1       | 縣內經常活動區域  | 彰化北部          | 152      | 43.7       |
| 前往彰化縣頻率 | 其他        | 3        | 0.9        |           | 彰化東南部         | 162      | 46.6       |
|         | 第一次       | 8        | 2.3        |           | 彰化西南部         | 34       | 9.8        |
|         | 1-2 次/年   | 28       | 8.0        | 是否知道各鄉鎮位置 | 知道            | 127      | 36.5       |
|         | 3-4 次/年   | 16       | 4.6        |           | 大概知道          | 192      | 55.2       |
|         | 5 次以上/年   | 296      | 85.1       |           | 不知道           | 29       | 8.3        |

表 4. 土地利用變遷知覺認同程度分析表。

Table 4. Degree of consent to land change perception.

| 排序 | 題號  | 問項                       | 平均數  | 標準差  |
|----|-----|--------------------------|------|------|
| 1  | A01 | 彰化縣近二十年來建地範圍增加。          | 4.78 | 1.06 |
| 3  | A02 | 彰化縣近二十年來旱田面積減少。          | 4.34 | 1.03 |
| 5  | A03 | 彰化縣近二十年來水田減少。            | 3.64 | 1.20 |
| 7  | A04 | 彰化縣近二十年來森林地範圍增加。         | 2.77 | 1.15 |
| 4  | A05 | 彰化縣近二十年來水體減少(如河道、溪流等)。   | 3.88 | 1.18 |
| 6  | A06 | 彰化縣近二十年來閒置土地增加(如草地、荒地等)。 | 3.10 | 1.25 |
| 2  | A07 | 整體而言，我覺得彰化縣土地類型有明顯的變化。   | 4.45 | 1.02 |

註: 有效樣本數 348 份；數值以非常同意為 6 分，非常不同意為 1 分。

表 5. 土地利用變遷知覺逐步迴歸分析表

Table 5. Stepwise regression analysis of land use change perception

| 模式                               | 未標準化係數 |      | 標準化係數 | t     | 顯著性  | 共線性統計量 |      |
|----------------------------------|--------|------|-------|-------|------|--------|------|
|                                  | B      | 標準誤  | Beta  |       |      | 允差     | VIF  |
| (常數)                             | 3.16   | 0.31 | -     | 9.97  | 0.00 | -      | -    |
| A01.彰化縣近二十年來建地範圍增加。              | 0.27   | 0.05 | 0.28  | 5.59  | 0.00 | 0.88   | 1.13 |
| A06.彰化縣近二十年來閒置土地面積增加 (如草地、荒地等)。  | -0.17  | 0.04 | -0.22 | -4.46 | 0.00 | 0.97   | 1.02 |
| A02.彰化縣近二十年來旱田面積減少。              | 0.11   | 0.05 | 0.12  | 2.31  | 0.02 | 0.87   | 1.13 |
| 依變數: A07. 整體而言，我覺得彰化縣土地類型有明顯的變化。 |        |      |       |       |      |        |      |

### (三) 土地利用變遷知覺認知之單因子變異數分析

以單因子變異數分析經歷特質對土地利用變遷知覺之效果，結果如表 6。結果發現前往彰化縣原因、前往頻率、是否知道縣內各鄉鎮位置與範圍等三項在土地利用變遷知覺上，沒有顯著差異。居住彰化縣多久、縣內經常活動區域，則有明顯的差異出現，經 Scheffe 法事後比較發現居住彰化縣 15 年以上大於 5 年以下(0.068)，縣內經常活動區域中彰化北部大於西南部(0.030)、彰化東南部大於西南部(0.041)皆有顯著差異。

### 三、土地利用變遷對生產、生活、生態影響分析

針對參與者對於彰化縣土地利用變遷之生產、生活、生態影響程度之量表，其信度分析得 Cronbach Alpha 值為 0.529，具可信度，以下進行描述統計、逐步迴歸分析分述。

#### (一) 土地利用變遷對生產、生活、生態影響程度之描述性統計

##### 1. 土地利用變遷之生產影響程度

民眾對於彰化縣土地利用變遷之生產影響程度，詳見表 7。以題號 B19「整體而言，土地類型的變化，有助於彰化縣的產業生產」之平均數 4.14 最高；其次是題號 B10「森林地範圍的增加，有助於彰化縣的產業生產」之平均數 4.10，以上兩項顯示民眾認同彰化縣的土地利用類型變化，有助於提升產業生產，特別是林地的增加。分數以題號 B07「水田範圍的減少，有助於彰化縣的產業生產」之平均數 2.56 最低；其次是題號 B16「閒置地範圍的增加，有助於彰化縣的產業生產」之平均數 2.63，由此得知民眾對於水田減少、閒置地範圍的增加，對提升彰化縣產業生產是不認同的。

表 6. 經歷特質在土地利用變遷知覺上之 ANOVA 分析表。

Table 6. ANOVA analysis of experience characteristics in the perception.

| 變異來源      | SS      | df  | MS    | F    | p    | 局部 Eta 方形 | 事後比較 Scheffe                       |
|-----------|---------|-----|-------|------|------|-----------|------------------------------------|
| 前往彰化縣原因   | 28.543  | 4   | 7.13  | 0.83 | 0.50 | 0.01      | -                                  |
| 誤差        | 2919.41 | 343 | 8.51  | -    | -    | -         | -                                  |
| 總和        | 256424  | 348 | -     | -    | -    | -         | -                                  |
| 前往彰化縣頻率   | 16.857  | 3   | 5.61  | 0.65 | 0.57 | 0.00      | -                                  |
| 誤差        | 2931.09 | 344 | 8.52  | -    | -    | -         | -                                  |
| 總和        | 256424  | 348 | -     | -    | -    | -         | -                                  |
| 居住彰化縣多久   | 96.855  | 4   | 24.21 | 2.91 | 0.02 | 0.03      | 15 年以上大於 5 年<br>以下(0.068)          |
| 誤差        | 2851.09 | 343 | 8.31  | -    | -    | -         |                                    |
| 總和        | 256424  | 348 | -     | -    | -    | -         |                                    |
| 縣內經常活動區域  | 62.396  | 2   | 31.19 | 3.73 | 0.02 | 0.02      | 彰化北部大於西南部(0.030)、彰化東南部大於西南部(0.041) |
| 誤差        | 288.55  | 345 | 8.36  | -    | -    | -         |                                    |
| 總和        | 256424  | 348 | -     | -    | -    | -         |                                    |
| 是否知道各鄉鎮位置 | 15.40   | 2   | 7.70  | 0.90 | 0.40 | 0.00      | -                                  |
| 誤差        | 2932.54 | 345 | 8.50  | -    | -    | -         | -                                  |
| 總和        | 256424  | 348 | -     | -    | -    | -         | -                                  |



表 7. 土地利用變遷對生產影響程度分析表

Table 7. Analysis of the influence degree of land use change on production

| 排序 | 題號  | 問項                       | 平均數    | 標準差    |
|----|-----|--------------------------|--------|--------|
| 3  | B01 | 建地範圍的增加，有助於彰化縣的產業生產。     | 3.9195 | 1.2448 |
| 4  | B04 | 旱田範圍的減少，有助於彰化縣的產業生產。     | 3.6609 | 1.2335 |
| 7  | B07 | 水田範圍的減少，有助於彰化縣的產業生產。     | 2.5661 | 1.0121 |
| 2  | B10 | 森林地範圍的增加，有助於彰化縣的產業生產。    | 4.1034 | 1.1416 |
| 5  | B13 | 水體範圍的減少，有助於彰化縣的產業生產。     | 2.6408 | 0.9664 |
| 6  | B16 | 閒置土地範圍的增加，有助於彰化縣的產業生產。   | 2.6379 | 1.1667 |
| 1  | B19 | 整體而言，土地類型的變化，助於彰化縣的產業生產。 | 4.1466 | 1.1151 |

註：有效樣本數 348 份；數值以非常同意為 6 分，非常不同意為 1 分

## 2. 土地利用變遷之生活影響程度

民眾對於彰化縣土地利用變遷之生產影響程度，詳見表 8。以題號 B11「森林地範圍的增加，提升彰化縣的生活品質」之平均數 4.44 最高；其次是題號 B20「整體而言，土地類型的變化，提升彰化縣的生活品質」之平均數 4.12，以上兩項顯示民眾認同彰化縣的土地利用變化有助於提升生活品質，特別是林地範圍增加。分數以題號 B17「閒置土地範圍的增加，提升彰化縣的生活品質」之平均數 2.62 最低；其次是題號 B14「水體範圍的減少，提升彰化縣的生活品質」之平均數 2.65，由此得知民眾對於閒置地的增加、水體範圍的減少，對提升彰化縣生活品質是不認同的。

## 3. 土地利用變遷之生態影響程度

詳見表 9，民眾對於彰化縣土地利用變遷之生態影響程度，以題號 B12「森林地範圍的增加，提升彰化縣生態多樣性」之平均數 4.72 最高；其次是題號 B21「整體而言，土地類型的變化，提升彰化縣生態多樣性」之平均數 3.93，以上兩項顯示民眾普遍同意土地利用變遷對於彰化縣的生態是有影響的，其中以林地面積增加對生態的提升具顯著。分數以題號 B15「水體範圍的減少，提升彰化縣生態多樣性」之平均數 2.40 最低；第二低分為題號 B09「水田範圍的減少，提升彰化縣生態多樣性」之平均數 2.57，B18「閒置土地範圍的增加，提升彰化縣生態多樣性」之平均數 2.87，由以上三項得知民眾對於水體減少、水田範圍的減少和閒置地增加時，對提升整個生態是不認同的。

## (二) 土地利用變遷對生產、生活、生態影響程度之逐步迴歸分析

### 1. 土地利用變遷之生產影響程度

透過 VIF 值檢測其共線性，得知此題項間無共線性問題的存在，故使用此法是合適的。經逐步迴歸分析後，參閱(2)，在土地利用變遷知覺中，以 B19「整體而言，土地

類型的變化，有助於彰化縣的產業生產」為依變數，六種土地利用類型為自變數進行。結果顯示 B01「建地範圍增加」、B16「閒置土地範圍的增加」、B04「旱田範圍的減少」、B07「水田範圍的減少」、B13「水體範圍的減少」，對民眾來說在產業生產上此五種土地類型變化較具影響力，其中對提升產業生產的負影響土地類型有閒置地增加、水田減少以及水體減少，詳閱表 10。

$$Y_{B19} = 0.33 X_{B01} + (-0.17) X_{B16} + 0.19 X_{B04} + (-0.10) X_{B07} + (-0.10) X_{B13} \text{-----}(2)$$

表 8. 土地利用變遷對生活影響程度分析表。

Table 8. Analysis of the influence degree of land use change on life.

| 排序 | 題號  | 問項                       | 平均數    | 標準差    |
|----|-----|--------------------------|--------|--------|
| 3  | B02 | 建地範圍的增加，提升彰化縣的生活品質。      | 3.9770 | 1.1734 |
| 4  | B05 | 旱田範圍的減少，提升彰化縣的生活品質。      | 3.7184 | 1.2151 |
| 5  | B08 | 水田範圍的減少，提升彰化縣的生活品質。      | 2.8793 | 1.0394 |
| 1  | B11 | 森林地範圍的增加，提升彰化縣的生活品質。     | 4.4483 | 1.0575 |
| 6  | B14 | 水體範圍的減少，提升彰化縣的生活品質。      | 2.6552 | 0.9430 |
| 7  | B17 | 閒置土地範圍的增加，提升彰化縣的生活品質。    | 2.6293 | 1.0938 |
| 2  | B20 | 整體而言，土地類型的變化，提升彰化縣的生活品質。 | 4.1293 | 1.1147 |

註：有效樣本數 348 份；數值以非常同意為 6 分，非常不同意為 1 分

表 9. 土地利用變遷對生態影響程度分析表。

Table 9. Analysis of the influence degree of land use change on ecology.

| 排序 | 題號  | 問項                       | 平均數    | 標準差    |
|----|-----|--------------------------|--------|--------|
| 4  | B03 | 建地範圍的增加，提升彰化縣生態多樣性。      | 3.3075 | 1.4040 |
| 3  | B06 | 旱田範圍的減少，提升彰化縣生態多樣性。      | 3.6695 | 1.2895 |
| 6  | B09 | 水田範圍的減少，提升彰化縣生態多樣性。      | 2.5718 | 1.0230 |
| 1  | B12 | 森林地範圍的增加，提升彰化縣生態多樣性。     | 4.7155 | 1.0640 |
| 7  | B15 | 水體範圍的減少，提升彰化縣生態多樣性。      | 2.4052 | 0.9388 |
| 5  | B18 | 閒置土地範圍的增加，提升彰化縣生態多樣性。    | 2.8764 | 1.2471 |
| 2  | B21 | 整體而言，土地類型的變化，提升彰化縣生態多樣性。 | 3.9310 | 1.2593 |

註：有效樣本數 348 份；數值以非常同意為 6 分，非常不同意為 1 分

## 2. 土地利用變遷之生活影響程度

透過 VIF 值檢測其共線性，得知此題項間無共線性問題的存在，故使用此法是合適的。經逐步迴歸分析後，參閱(3)，在土地利用變遷知覺中，以 B20「整體而言，土地類型的變化，有助於彰化縣的生活品質」為依變數，六種土地利用類型為自變數進行。結果顯示民眾的生活品質上 B02「建地範圍增加」、B17「閒置土地範圍的增加」、B05「旱田範圍的減少」、B14「水體範圍的減少」等 4 類土地類型是具影響力，其中閒置地增加和水體減少具有降低生活品質的影響，詳閱表 11。

$$Y_{B20} = 0.37 X_{B02} + (-0.18) X_{B17} + 0.19 X_{B05} + (-0.16) X_{B14} \text{-----}(3)$$

## 3. 土地利用變遷之生態影響程度

透過 VIF 值檢測其共線性，得知此題項間無共線性問題的存在，故使用此法是合適的。經逐步迴歸分析後，參閱(4)，在土地利用變遷知覺中，以 B21「整體而言，土地類型的變化，有助於彰化縣的生態多樣性」為依變數，六種土地利用類型為自變數進行。結果顯示民眾認為在生態上 B03「建地範圍增加」、B18「閒置土地範圍的增加」、B06「旱田範圍的減少」、B15「水體範圍的減少」等四類土地類型具影響力的，其中閒置地的增加以及水體的減少為負影響，表示此兩種類型的增加將降低整體生態多樣性，詳閱表 12。

$$Y_{B21} = 0.38 X_{B03} + (-0.20) X_{B18} + 0.14 X_{B06} + (-0.12) X_{B15} \text{-----}(4)$$

表 10. 土地利用變遷對生產影響逐步迴歸分析表。

Table 10. Stepwise regression analysis of land use change impact on production.

| 模型             | 非標準化  |      | 標準化   | T     | 顯著性  | 共線性  |      |
|----------------|-------|------|-------|-------|------|------|------|
|                | 係數    | 標準誤  | Beta  |       |      | 統計資料 |      |
|                | B     |      |       |       |      | 允差   | VIF  |
| (常數)           | 3.40  | 0.29 | -     | 11.46 | 0.00 | -    | -    |
| B01. 建地範圍的增加   | 0.29  | 0.04 | 0.33  | 6.92  | 0.00 | 0.87 | 1.14 |
| B16. 閒置土地範圍的增加 | -0.16 | 0.04 | -0.17 | -3.71 | 0.00 | 0.89 | 1.11 |
| B04. 旱田範圍的減少   | 0.17  | 0.04 | 0.19  | 4.00  | 0.00 | 0.87 | 1.14 |
| B07. 水田範圍的減少   | -0.11 | 0.05 | -0.10 | -2.08 | 0.03 | 0.76 | 1.30 |
| B13. 水體範圍的減少   | -0.11 | 0.05 | -0.10 | -2.02 | 0.04 | 0.79 | 1.25 |

應變數: B19. 整體而言，土地類型的變化，有助於彰化縣的產業生產。.

表 11. 土地利用變遷對生活影響逐步迴歸分析表。

Table 11. Stepwise regression analysis of land use change impact on life.

| 模型             | 非標準化 |      | 標準化   | T     | 顯著性  | 共線性  |      |
|----------------|------|------|-------|-------|------|------|------|
|                | 係數   | 標準誤  | 係數    |       |      | 統計資料 |      |
|                | B    |      | Beta  |       |      | 允差   | VIF  |
| (常數)           | 3.07 | 0.29 | -     | 10.41 | 0.00 | -    | -    |
| B02. 建地範圍的增加   | 0.35 | 0.04 | 0.37  | 7.99  | 0.00 | 0.80 | 1.23 |
| B17. 閒置土地範圍的增加 | 0.18 | 0.04 | -0.18 | -4.02 | 0.00 | 0.84 | 1.18 |
| B05. 旱田範圍的減少   | 0.17 | 0.04 | 0.19  | 4.15  | 0.00 | 0.85 | 1.17 |
| B14. 水體範圍的減少   | 0.19 | 0.05 | -0.16 | -3.74 | 0.00 | 0.92 | 1.07 |

應變數: B 20. 整體而言，土地類型的變化，提升彰化縣的生活品質。

表 12. 土地利用變遷對生態影響逐步迴歸分析表

Table 12. Stepwise regression analysis of land use change impact on ecology

| 模型             | 非標準化 |      | 標準化   | T     | 顯著性  | 共線性  |      |
|----------------|------|------|-------|-------|------|------|------|
|                | 係數   | 標準誤  | 係數    |       |      | 統計資料 |      |
|                | B    |      | Beta  |       |      | 允差   | VIF  |
| (常數)           | 3.03 | 0.28 | -     | 10.75 | 0.00 | -    | -    |
| B03. 建地範圍的增加   | 0.38 | 0.04 | 0.42  | 8.17  | 0.00 | 0.62 | 1.61 |
| B18. 閒置土地範圍的增加 | 0.20 | 0.04 | -0.20 | -4.40 | 0.00 | 0.78 | 1.27 |
| B06. 旱田範圍的減少   | 0.14 | 0.04 | 0.14  | 2.89  | 0.00 | 0.65 | 1.51 |
| B15. 水體範圍的減少   | 0.12 | 0.05 | -0.09 | -2.16 | 0.03 | 0.94 | 1.05 |

應變數: B 21. 整體而言，土地類型的變化，提升彰化縣生態多樣性。

## 結 論

本研究以彰化縣為研究地點，以到過彰化縣及其車站附近的民眾和居民之基本資料、經歷特質之差異，及了解民眾對土地利用變遷的感受。透過研究參與者的背景變項調查、知覺認同程度及土地變遷對生產、生活、生態影響程度等問卷調查蒐集研究資料並進行統計分析，所得結論如下。

一、基本背景之變項統計顯示，前往彰化縣頻率每年大於五次者高達 85.1%，居住彰化有

15 年以上者占 67.0%，對於縣內的各鄉鎮的位置與範圍有 55.2% 大概知道者，由此可知本研究參與者皆是對彰化縣土地變遷有一定瞭解程度。

- 二、民眾普遍同意近二十年來的彰化縣建地範圍有增加的現象，其次是旱田面積的減少，而在所有土地利用類型中以建地、閒置地和旱田的面積變化對於整體土地變遷有明顯的感受。在土地利用變遷知覺上，居住彰化縣年期與縣內經常活動區域有顯著差異。
- 三、土地利用類型變遷對生產、生活、生態影響中，民眾認同林地範圍的增加對彰化縣發展是有幫助的，其中以建地、閒置地和旱田等三種土地類型有較大的影響力。

## 參 考 文 獻

- 包志毅、陳波。2004。鄉村可持續性土地利用景觀生態規劃的幾種模式。浙江大學學報農業與生命科學版 30(1): 57-62。
- 吳振發。2011。台灣鄉村景觀變遷模擬之 CLUE-s 模式最佳參數試驗。地理學報 62: 103-125。
- 李素馨、林敬好、吳治達。2012。都市邊緣農村地景破碎化研究。台灣土地研究 15(2): 59-85。
- 周天穎、簡甫任、雷祖強。2013。都市地區土地利用變遷量化分析之研究。台灣土地研究 6(1): 105-130。
- 林敬好、吳治達、莊永忠。2012。宜蘭農村地景變遷時空分析以三星鄉尾塹村、大洲村與大義村為例。地理學報 64: 1-20。
- 林裕彬、吳振發、鄧東波。2004。景觀生態面指數分析汐止地區 1990-2001 年土地利用時空間鑲嵌特徵。都市與計劃 31(3): 239-268。
- 邱祈榮、薛怡珍、劉宇安、賴彥任。2012。台中大肚山台地土地利用及地覆變化趨勢之分析。都市與計劃 39(1): 25-50。
- 劉小蘭、沈育生、蔡杰廷。2016。都會區綠地變遷趨勢及其驅動因素之探討以台北都會區為例。都市與計劃 43(2): 189-228。
- 閻克勤、蔡宜穎、紀思寧。2014。影響桃園市陂塘土地利用變遷因素之研究。建築與規劃學報 15(2): 193-216。
- Abrantes, P., I. Fontes, E. Gomes, and J. RochaInstitute. 2016. Compliance of land cover changes with municipal land use planning: Evidence from the Lisbon metropolitan region (1990–2007). Land Use Policy 51: 120-134.
- Bao, G. Y., H. Huang, Y. N. Gao, and D. B. Wang. 2017. Study on driving mechanisms of land use change in the coastal area of Jiangsu, China. J. Coast. Res. 79: 104-108.
- Liu, Y., Y. Feng, Z. Zhao, Q. Zhang, and S. Su. 2016. Socioeconomic drivers of forest loss and

fragmentation: a comparison between different land use planning schemes and policy implications. *Land Use Policy* 54: 58-68.

Wu, C. F., Y. P. Lin, L. C. Chiang, and T. Huang 2014. Assessing highway impact on landscape patterns and ecosystem services: a case study in Puli Township, Taiwan. *Landscape Urban Plan.* 128: 60-71.

Yu, W., S Zang, C. Wu, W. Liu, and X. Na. 2011. Analyzing and modeling land use land cover change (LUCC) in the Daqing city, China. *Appl. Geogr.* 31(2): 600-608.

## Analysis of the Awareness of Land Use Change in Changhua County

Yi-Ching Chen <sup>1)</sup>    Szu-Hung Chen <sup>2)</sup>    Chen-Fa Wu <sup>3)</sup>

Key words: Land use, Stepwise regression analysis

### Summary

In a living environment, land use changes are usually easy to detect. However, it is not common to explore the particular issues from public perspectives. This study adopts questionnaires to understand the public's perception of land change and the extent to which land change affects production, life, and ecology. Results have indicated that in the perceptual cognition of land change, the people generally agree that “the scope of building land in Changhua County has increased in the past 20 years”. On the contrary, it does not agree with the phenomenon of increasing forest land in the past two decades. Regarding to impacts of land change on production, life and ecology, people think that it is susceptible to land use types such as building land, useless land and dry land.

---

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

2) Assistants Professor, Department of International Master Program of Agriculture (IMPA), National Chung Hsing University.

3) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.

