

利用種間雜交創造優良單花壽命之長壽花後代

余君修¹⁾ 潘怡君²⁾ 溫佩容³⁾ 陳彥銘⁴⁾

關鍵字：長壽花、朱蓮、種間雜交、單花壽命

摘要：本研究試驗材料使用長壽花商業品種與燈籠草屬原生物種朱蓮 (*Kalanchoe sexangularis*) 進行種間雜交試驗評估親和性，利用流式細胞儀與 RAPD 技術驗證雜交後代並調查植物性狀。長壽花 'Garambi's Gold' 以及 'Peach Fairy' 分別與 *K. sexangularis* 進行正反雜交，僅以長壽花為母本時有 0.1% 與 0.2% 之結種率，發芽率為 0% 與 2.1%，顯示雜交單向不親和現象發生。長壽花 'Peach Fairy' 與 *K. sexangularis* 之雜交後代株高、分枝數、節間長度為中間型性狀，單花壽命超越親本可到達 47-53 天。雜交後代利用流式細胞儀檢測其相對 DNA 含量，為雙親之中間值。並透過 RAPD 驗證雜交後代皆具雙親之特異性條帶。此外亦成功選育重瓣且單花壽命增加之優良種間雜交單株。

前 言

長壽花 (*Kalanchoe blossfeldiana*) 為景天科 (Crassulaceae) 燈籠草屬 (*Kalanchoe*) 之多年生肉質草本植物。由於長壽花之花期長且具低維護性，已是歐洲市場重要盆花作物之一 (Kuligowska *et al.*, 2015b)，於丹麥每年產量約 4100 萬盆 (Floradania, 2014)，而荷蘭拍賣市場於西元 2013 年更有近 8300 萬盆的產量 (FloraHolland, 2014)。

西元 1924 年長壽花自馬達加斯加傳入歐洲，於西元 1930 年代開始進行育種工作，然而早期育種材料之短缺，以致於植物性狀差異甚微 (Van Voorst and Arends, 1982)。直至西元 2002 年荷蘭 Fides 公司推出長壽花系列 Calandiva[®] 才具突破性重瓣花朵性狀 (<http://www.calandiva.com/site/en/origin>, 2016)。而西元 2014 年丹麥 Knud Jepsen A/S 公司

-
- 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研究助理。
 - 4) 國立中興大學園藝學系助理教授，通訊作者。

首次於德國園藝博覽會 (IPM ESSEN) 發表切花用長壽花品系，並獲新品種獎項 (Floraculture, 2014)，顯著增加長壽花品種之性狀變異程度 (Kuligowska *et al.*, 2015b)，切花品系更於西元 2015 年東京國際花卉展覽會 (IFEX) 獲切花類首獎，顯見長花梗長壽花之未來商業潛力已備受注目 (Elita, 2015)，然而該品系切花枝長度僅 45 公分 (Greenex, 2015) 仍有改善空間。

因此本研究預期利用長壽花與花梗細長之燈籠草屬物種朱蓮進行種間雜交，評估其雜交親和性，以導入新穎血緣創造特殊植物特徵，並有利後續利用此新種質資源調整長壽花育種策略。

材 料 與 方 法

一、植物材料繁殖與栽培管理

試驗植物材料使用燈籠草屬物種朱蓮 (*K. sexangularis*) 與長壽花品種 'Garambi's Gold' 及 'Peach Fairy'。植物材料均栽培於台中市霧峰區中興大學園藝試驗場之防雨棚設施，於西元 2014 年 6-7 月採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 1 g kg^{-1} IBA (Indole-3-butyric acid, Sigma Chemical, Mo., U.S.A)，扦插於含有泥炭土 (7H P0351941, Bas van Buuren BVB., The Netherlands) 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) 之混合介質之穴盤 (128 格: $54.5 \text{ cm} \times 28.5 \text{ cm} \times 4.0 \text{ cm}$; L × W × H)，置於遮蔭而無直接日照處，待插穗發根後再定植於 3 吋塑膠盆 (盆徑約 7.5 公分)，並定期進行肥培管理及病蟲害防治。

二、種間雜交

育種材料於西元 2014 年 11 月至西元 2015 年 3 月期間進行正反雜交授粉試驗。授粉原則參照侯 (2003) 方法，於花朵開放前一天以鑷子去除花瓣、花筒與雄蕊，待柱頭開始分泌黏液呈現毛絮形態，取當日開裂之新鮮花粉塗抹於柱頭。授粉後 2-3 個月可採收成熟蒴果計算結果率，並根據子房胚珠數與收穫種子量計算結種率及每果結種量，播種後根據種子發芽數計算其發芽率。

三、雜交後代之栽培管理與單株選拔

雜交種子於西元 2015 年 4 月至 5 月以水稻育苗盤進行育苗。以 12 mesh 過篩之泥炭土 (7H P0351941, Bas van Buuren BVB., The Netherlands) 為播種介質。播種後置於噴霧床中維持濕潤，待實生苗生長至一或二對本葉後假植於泥炭土之 200 格穴盤 ($55 \text{ cm} \times 29 \text{ cm} \times 3.5 \text{ cm}$; L × W × H)，兩個月後將雜交子代定植於 3 吋塑膠盆。

四、種間雜交後代及親本性狀之調查

於自然短日條件下開花時調查雜交後代植株性狀。當花序第一朵花開時調查株高、分枝數、節間長、葉長、葉寬、葉厚、葉形、葉片絨毛、總花朵數、花徑、花型、莖部顏色、

花瓣顏色、花藥有無、到花日數及單花壽命等性狀，並與父母本進行性狀比較。

五、相對 DNA 含量測定

相對 DNA 含量檢測方法以三葉草 (*Trifolium repens*) 為標準品，與種間雜交後代以及親本同時進行相對 DNA 含量測定。樣本取嫩葉約 1 cm² 並加入核酸萃取緩衝液 (Nuclei extraction buffer) 0.4 ml 於培養皿切碎嫩葉後，添加 1.6 ml 染色緩衝液 (Staining buffer) 混合，將混合液以 30 μm 濾網過濾獲得之澄清液，使用流式細胞儀 (CyFlow® Cube 6, Partec, Germany) 進行分析。

六、利用 RAPD 技術分析種間雜交後代

取約 0.5 g 經冷凍乾燥之雜交後代及親本葉片，置於含有液態氮之研鉢中磨碎，加入預熱 65°C 之緩衝液 (600 μl CTAB, 12 μl 2-Mercaptoethanol)，混合均勻倒入微量離心管 (Dr. Owl, Taiwan)，放入 65°C 水浴鍋中 30 分鐘。使用 4°C 低溫離心 12000 rpm 5 分鐘，取上清液加入等量之 phenol : chloroform : isoamyl alcohol (24 : 25 : 1) 混合均勻，以 4°C 低溫離心 12000 rpm 5 分鐘，取上清液至新的微量離心管。上清液再次加入等量之 phenol : chloroform : isoamyl alcohol (24 : 25 : 1) 混合均勻，並以 4°C 低溫離心 12000 rpm 5 分鐘取上清液至新的微量離心管，再加入等量之 isopropanol 混勻，靜置於 -20°C 冰箱至少 30 分鐘。再以分光光度計 (Gene Quant pro RNA/DNA calculator, Gemini BV, Netherlands) 檢測 OD 230 nm、OD 260 nm、OD 280 nm、OD 320 nm 讀值，並測量 DNA 與蛋白質含量。

RAPD 引子來源為 Operon RAPD 10-mer Kids (Operon Technologies, U.S.A.)。PCR 反應機器為 Hybaid Px2 thermal cycler (Thermo Scientific, U.S.A.)。RAPD PCR 反應體積為 20 μl，包含 8 μl DNA、PCR buffer 2 μl、dNTP 2.5 μl、2 μl primer、0.5 μl Taq DNA polymerase 及 5 μl H₂O。PCR 反應條件設定於 94°C 10 分鐘，接著以 94°C 持續 45 秒、40°C 持續 1 分鐘、72°C 持續 1 分 30 秒為一個循環，總計 40 個循環，最後以 72°C 持續 10 分鐘。PCR 增幅產物以 1.5% 瓊脂膠體 (Sigma, U.S.A.) 之電泳槽 (Mupid-2plus, Mupid CO., LTD., Japan) 進行電泳分析，電泳時間約為 30 分鐘。待電泳結束後取出膠體浸泡至溴化乙錠 (Etbr) 中染色 5 分鐘，再以蒸餾水退染 5 分鐘，置於紫外光燈箱 (Gel logic 2000 imaging system, Eastman Kodak Company, U.S.A.) 檢視並照相。

結 果

評估長壽花 (*Kalanchoe blossfeldiana*) 與朱蓮 (*K. sexangularis*) 之種間雜交結果率、結種率及發芽率 (表 1)，試驗結果指出以長壽花 'Garambi's Gold' 及 'Peach Fairy' 為母本時，其著果率為 83.8% 及 73.0%，而以 *K. sexangularis* 為母本時，著果率為 90.2% 及 81.5%。然而僅能以長壽花 'Garambi's Gold' 及 'Peach Fairy' 為母本時獲得成熟種子，結果率分別為 0.1% 及 0.2%，其他雜交組合結種率皆為 0%。然而將上述兩組合之成熟種子播種，僅於長壽花

'Peach Fairy'與 *K. sexangularis* 之雜交種子具發芽能力，共獲得 2 株單株，發芽率為 2.1%。

評估長壽花 (*Kalanchoe blossfeldiana*)與朱蓮 (*K. sexangularis*)之種間雜交後代之植物性狀 (表 2 與圖 1)，試驗結果指出雜交後代株高、分枝數、節間長度為中間型性狀(圖 1A)。PF×S 105-1 及 PF×S 105-2 株高分別為 20.2 cm 與 30.1 cm (♀: *K. blossfeldiana* 'Peach Fairy': 14.8 cm; ♂: *K. sexangularis*: 0.5 cm)。雜交後代近似母本性狀如葉長、葉型(圖 1B)、花徑、花型(圖 1C)。PF×S 105-1 及 PF×S 105-2 葉長分別為 7.9 cm 與 7.4 cm (♀: *K. blossfeldiana* 'Peach Fairy': 7.5 cm; ♂: *K. sexangularis*: 9.1 cm)；PF×S 105-1 及 PF×S 105-2 葉形均為卵形，而父本 *K. sexangularis* 為長橢圓形；PF×S 105-1 及 PF×S 105-2 花徑分別為 1.7 cm 與 2.0 cm (♀: *K. blossfeldiana* 'Peach Fairy': 1.7 cm; ♂: *K. sexangularis*: 0.7 cm)；PF×S 105-1 及 PF×S 105-2 花型與母本均為重瓣 (♂: *K. sexangularis*: 單瓣)。雜交後代近似父本性狀

表 1. 長壽花與朱蓮不同雜交組合之結果率、結種率及種子發芽率。

Table 1. The efficiencies of fruit set, seed set, and seed germination among different cross combinations between *Kalanchoe blossfeldiana* and *K. sexangularis*.

母本	父本	著果率 ^z	子房胚珠數 ^y	收穫種子數	結種率 ^x	發芽率
Maternal donor	Pollen donor	Fruit set ratio (%)	Ovules in ovary (No.)	Harvest Seeds (No.)	Seed set rate (%)	Germination rate (%)
'Garambi's Gold'	<i>K. sexangularis</i>	83.8(233/278)	313	90	0.1	0(0/90)
<i>K. sexangularis</i>	'Garambi's Gold'	90.2(238/264)	261	0	-	-
'Peach Fairy'	<i>K. sexangularis</i>	73.0(176/241)	309	97	0.2	2.1(2/97)
<i>K. sexangularis</i>	'Peach Fairy'	81.5(260/319)	261	0	-	-

^z: 結果率為總著果數/總授粉朵數。

^y: 母本平均子房胚珠數。

^x: 結種率為收穫種子數/(總著果數*子房胚珠數)。

^z: Fruit set rate: Total Fruit set / Number of flowers pollinated.

^y: Ovules in ovary.

^x: Seed set rate: Number of seeds harvested /(Total Fruit set * Ovules in ovary).

如葉寬(圖 1B)、莖部花青素累積、到花日數。PF×S 105-1 及 PF×S 105-2 葉寬分別為 4.2 cm 與 5.1 cm (♀ : *K. blossfeldiana* 'Peach Fairy' : 3.2 cm; ♂ : *K. sexangularis* : 4.9 cm) ; PF×S 105-1 及 PF×S 105-2 莖部花青素累積均與母本長壽花相同呈現花青素累積 (♂ : *K. sexangularis* : 無) ; PF×S 105-1 及 PF×S 105-2 到花日數分別為 101 天與 114 天 (♀ : *K. blossfeldiana* 'Peach Fairy' : 57 天; ♂ : *K. sexangularis* : 119 天) ; 雜交後代與父母親本性狀完全不同或具超越性狀如葉厚、總花朵數、花藥有無及單花壽命。PF×S 105-1 及 PF×S 105-2 葉厚均為 17 mm

表 2. 長壽花 'Peach Fairy' 與朱蓮之雜交後代性狀。

Table 2. The plant characteristics of the progenies between *Kalanchoe blossfeldiana* 'Peach Fairy' and *K. sexangularis*.

性狀 (Characteristics)	PF	PF × S 105-1	PF × S 105-2	S
株高 Plant height (cm)	14.8	20.2	30.1	70.5
分枝數 Number of branches	6	3	4	1
節間長度 Internode length (cm)	0.7 d	1.0 c	1.3 b	4.3 a ^y
葉長 Leaf length (cm)	7.5 bc	7.9 b	7.4 c	9.1 a
葉寬 Leaf width (cm)	3.2 c	4.2 b	5.1 a	4.9 ab
葉厚 Leaf thickness (mm)	35 a	17 b	17 b	33 a
葉形 Leaf shape	卵形	卵形	卵形	長橢圓
葉面絨毛 Hair on leaf surface	無	無	無	無
總花朵數 Number of flowers	126	73	91	314
花徑 Diameter of flower (cm)	1.7 b ^y	1.7 b	2.0 a	0.7 c
單/重瓣 Single / Double type	重瓣	重瓣	重瓣	單瓣
莖部花青素累積 Anthocyanin accumulation in stem	無	有	有	有
花藥 Anther	有	無	無	有
到花日數 Days to first blooms	57	101	114	119
單花壽命 Longevity of flower	26	53	47	8

z : PF : *K. blossfeldiana* 'Peach Fairy' ; S : *K. sexangularis*.

y : 數據顯示為平均值，且同一行英文字母相同者，表示 Fisher's LSD 5% 最小顯著差異分析結果不顯著。

z : PF : *K. blossfeldiana* 'Peach Fairy' ; S : *K. sexangularis*.

y : Means in a row with the same letter are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

(♀ : *K. blossfeldiana* 'Peach Fairy' : 35 mm; ♂ : *K. sexangularis* : 33 mm) ; PF×S 105-1 及 PF×S 105-2 總花朵數分別為 73 與 91 朵，明顯少於父母本數量 (♀ : *K. blossfeldiana* 'Peach Fairy' : 126 朵; ♂ : *K. sexangularis* : 314 朵) ; 雜交後代均無花藥，而父母親本均有。此外

表 2. 長壽花'Peach Fairy'與朱蓮之雜交後代性狀。

Table 2. The plant characteristics of the progenies between *Kalanchoe blossfeldiana* 'Peach Fairy' and *K. sexangularis*.

性狀 (Characteristics)	PF	PF × S 105-1	PF × S 105-2	S
株高 Plant height (cm)	14.8	20.2	30.1	70.5
分枝數 Number of branches	6	3	4	1
節間長度 Internode length (cm)	0.7 d	1.0 c	1.3 b	4.3 a ^y
葉長 Leaf length (cm)	7.5 bc	7.9 b	7.4 c	9.1 a
葉寬 Leaf width (cm)	3.2 c	4.2 b	5.1 a	4.9 ab
葉厚 Leaf thickness (mm)	35 a	17 b	17 b	33 a
葉形 Leaf shape	卵形	卵形	卵形	長橢圓
葉面絨毛 Hair on leaf surface	無	無	無	無
總花朵數 Number of flowers	126	73	91	314
花徑 Diameter of flower (cm)	1.7 b ^y	1.7 b	2.0 a	0.7 c
單/重瓣 Single / Double type	重瓣	重瓣	重瓣	單瓣
莖部花青素累積 Anthocyanin accumulation in stem	無	有	有	有
花藥 Anther	有	無	無	有
到花日數 Days to first blooms	57	101	114	119
單花壽命 Longevity of flower	26	53	47	8

z : PF : *K. blossfeldiana* 'Peach Fairy' ; S : *K. sexangularis*.

y : 數據顯示為平均值，且同一行英文字母相同者，表示 Fisher's LSD 5 % 最小顯著差異分析結果不顯著。

z : PF : *K. blossfeldiana* 'Peach Fairy' ; S : *K. sexangularis*.

y : Means in a row with the same letter are not significantly different by Fisher's LSD test at 5 % level.

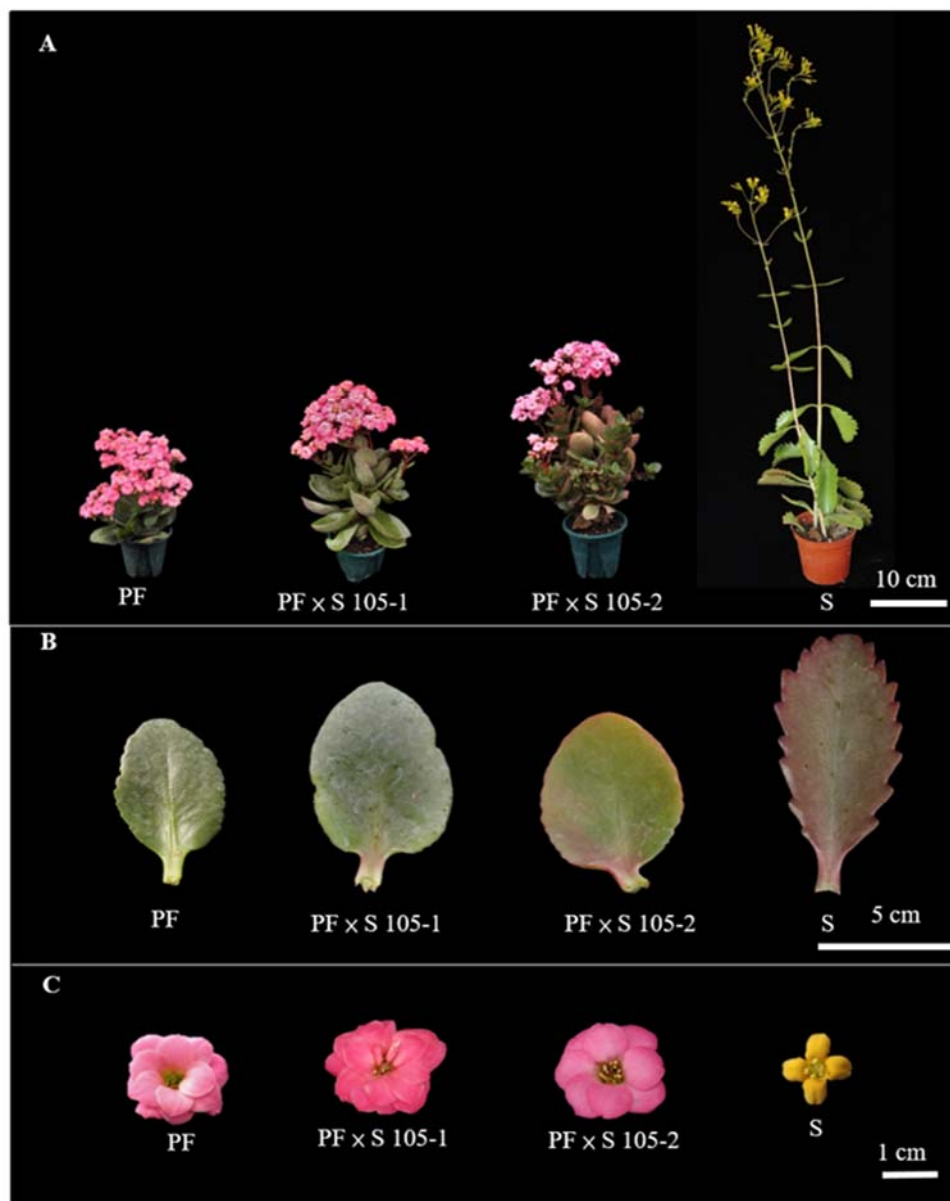


圖 1. 長壽花'Peach Fairy'與朱蓮之雜交後代性狀。(A)植株、(B) 葉片、(C) 花朵。PF：*K. blossfeldiana* 'Peach Fairy'；S：*K. sexangularis*。

Fig 1. The plant characteristics of the progenies between *Kalanchoe blossfeldiana* 'Peach Fairy' and *K. sexangularis*. (A) Plant, (B) Leaf, and (C) Flower type. PF：*K. blossfeldiana* 'Peach Fairy'；S：*K. sexangularis*.

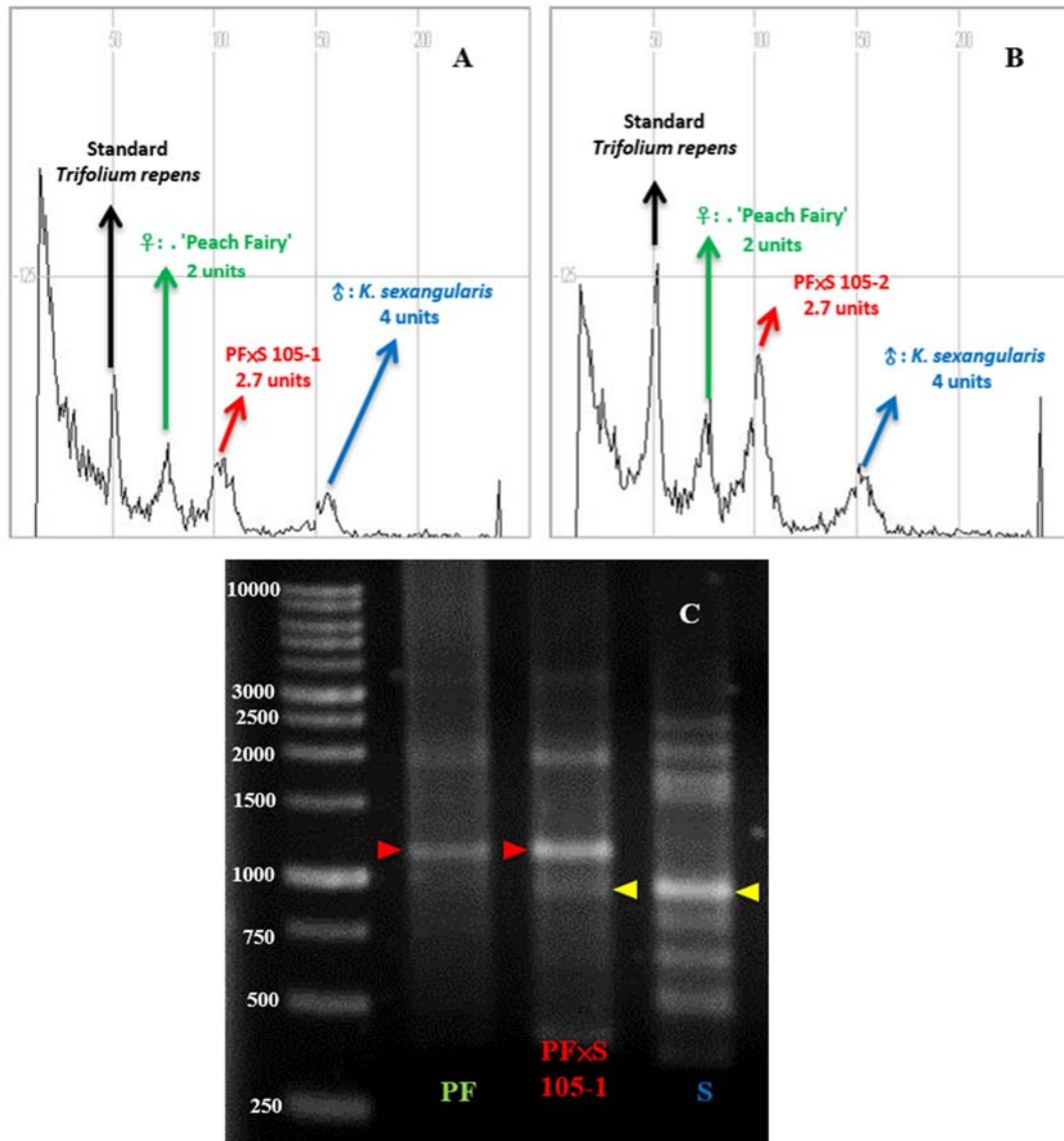


圖 2. 利用流式細胞儀及 RAPD 分析長壽花 'Peach Fairy'與朱蓮之雜交後代相對 DNA 含量與特异性條帶。(A)雜交子代 PF×S 105-1 相對 DNA 含量。(B)雜交子代 PF×S 105-2 相對 DNA 含量。(C)雜交子代 PF×S 105-1 與親本之特异性條帶。S：*K. sexangularis*；PF：*K. blossfeldiana* 'Peach Fairy'。紅色箭頭與黃色箭頭分別代表長壽花 'Peach Fairy'與朱蓮之特异性條帶。

Fig. 2. The relative DNA content and specific band of progenies between *Kalanchoe blossfeldiana* 'Peach Fairy' and *K. sexangularis* by flow cytometry and RAPD analysis. S：*K. sexangularis*；PF：*K. blossfeldiana* 'Peach Fairy'. Red and yellow arrows indicate the specific band of the *K. blossfeldiana* 'Peach Fairy' and *K.*

雜交後代 PF×S 105-1 及 PF×S 105-2 單花壽命分別為 53 天與 47 天，顯著優於父母親本 (♀ : *K. blossfeldiana* 'Peach Fairy' : 26 天; ♂ : *K. sexangularis* : 8 天)。雜交後代葉型與植株絨毛性狀均與父母親本相同，均為橢圓形及無絨毛性狀表徵。

此外為驗證雜交後代雜種真實性，利用流式細胞儀及 RAPD 技術評估相關指標 (圖 2)。雜交後代 PF×S 105-1 (圖 2A) 及 PF×S 105-2 (圖 2B) 以三葉草為標準品，於相同分析條件 (Gain=447; Speed=0.4) 評估與親本之相對 DNA 含量，結果指出 PF×S 105-1 與 PF×S 105-2 相對 DNA 含量均為 2.7 units (♀ : *K. blossfeldiana* 'Peach Fairy' : 2 units; ♂ : *K. sexangularis* : 4 及 3.97 units)，其相對 DNA 為親本之中間值。此外以 RAPD 技術評估子代是否具有親本之特異性條帶 (圖 2C)，試驗結果指出雜交後代 PF×S 105-1 以 OPQ09 引子之增幅產物於 1-1.5k 位置具母本 'Peach Fairy' 之特異性條帶，750-1k bp 位置具父本 *K. sexangularis* 之特異性條帶，證實 PF×S 105-1 為真實雜交後代。

討 論

本試驗進行長壽花與朱蓮之正反雜交組合，試驗結果指出僅可於長壽花為母本時方可獲得種子並成功發芽，顯示單向不親和現象發生 (表 1)。此結果與盧 (2013) 使用長壽花 'Garambi's Gold'、'Peach Fairy' 與 *K. nyikae* 種間雜交結果雷同。該文獻指出僅可於長壽花為母本，*K. nyikae* 作為父本才能成功獲得雜交後代。而其他長壽花種間雜交案例亦同樣指出長壽花作為母本其親和性較高，如 Izumikawa 等人 (2007) 使用長壽花與 *K. citrina*、*K. farinacea* 進行正反雜交授粉，僅能在長壽花為母本時方可獲得雜交後代。而此結果亦發生於燈籠草屬種間雜交其他物種。如盧 (2013) 使用 *K. marmorata* 與 *K. garambiensis* 'Purple leaf' 進行正反雜交，僅在 *K. garambiensis* 'Purple leaf' 作為母本時，具 3.1% 的結種率，反之則沒有獲得任何種子。其雜交障礙可能導因於花柱差異，因 *K. marmorata* 花柱可達 10 公分，而 *K. garambiensis* 的花柱約為 0.5 公分，因此使用短花柱品種為母本時，能夠獲得較多雜交雜交後代。此外長壽花組間雜交亦證實有單向不親和現象發生。王與朱 (2011) 以長壽花 'Isabella' 與落地生根節物種 *K. pinnatum*、*K. 'Wendy'* 進行雜交，僅以長壽花 'Isabella' 作為母本 (短花柱) 才有節間雜交後代產生。而此現象亦於菸草屬 *Alatae* 節種間雜交證實，試驗結果指出長花柱物種與短花柱物種間具明顯雜交障礙，當親本花柱長度相似時，受精成功率才會提高。而本試驗中 *K. sexangularis* 花柱長約為 1.6 公分 (數據未顯示)，長壽花 'Garambi's Gold' 與 *K. 'Peach Fairy'* 花柱為 1.2 公分 (數據未顯示)，兩者之花柱長度具差異，因此推測花柱長度差異為本試驗發生單向不親和之主因。此外也可能與花粉與柱頭親和性相關。Kuligowska 等人 (2015a) 運用螢光顯微鏡觀察長壽花 'Jackie' 與 '0089A' 花粉授於落地生根節物種 *K. campanulata*、*K. gracilipes* 柱頭上，花粉管生長容易產生異常，且花柱與子房中的花粉管數量減少。

此外評估雜交後代性狀表現，試驗結果指出本試驗以葉色為綠色之長壽花 'Peach Fairy' 為母本，與葉色具明顯花青素累積之 *K. sexangularis* 為父本時可獲得雜交後代 (圖 1B)，其兩株子代莖部皆為紅色，且葉色帶有部分花青素著色，推測於長壽花莖葉色表現性狀遺傳，紅色為顯性基因。此現象亦於黃 (2007) 證實，燈籠草屬之綠色葉色與紫色葉色由一對基因所控制，而當雜交後代具一對同質隱性基因時，葉色方才表現紫色。然而本篇研究與上述論點不同，仍可產生部分花青素著色。盧 (2013) 進行 *K. garambiensis* 'Purple leaf' 與 *K. luciae*，亦發現雜交後代具不同程度之紫色葉色表現，推測可能仍有其他上位基因或等位基因所控制。因此本研究之葉色表現可能也與上述因素相關。此外本試驗所獲得之雜交後代均為重瓣 (圖 1C)，此結果與重瓣長壽花育種研究試驗試驗結果相同，雜交後代均表現重瓣花型 (鄭, 2009)。鄭 (2009) 指出重瓣長壽花，重瓣花瓣對單瓣花瓣，基因表現為顯性，且根據花瓣數量多寡，並推測由兩對互補基因所控制，或可能多基因數量遺傳相關。因此本篇研究雜交後代花型為重瓣，應與重瓣為顯性控制相關。此外本試驗獲得雜交子代單花壽命卓越之優良單株 PF×S 105-1 及 PF×S 105-2，單花壽命分別為 53 天與 47 天 (表二)，顯著優於父母親本 (♀: *Kalanchoe blossfeldiana* 'Peach Fairy': 26 天; ♂: *K. sexangularis*: 8 天)，其推測可能因素與花藥有無及與乙烯敏感相關。由於本試驗該兩株單株均無花藥產生 (表二)，因此推測無花藥釋放乙烯能力。而長壽花亦已被證實對乙烯敏感 (Serek *et al.*, 1994)。因此推測本試驗所獲得之優良單花壽命之單株與無花藥釋放乙烯釋具關連性。

參 考 文 獻

- 王嘉偉、朱建鏞。2011。長壽花 'Isabella' 節間雜交種之性狀表現及其回交。興大園藝 36: 39-51。
- 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。pp. 24-25。
- 黃倉海。2007。台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。190pp。
- 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。pp. 32。
- Floradania. 2014. Top 10 over de Største kulturer i Danmark 2013. [Online] Available at: https://floradania.dk/fileadmin/s3/pdf/Markedsinformation/Top_lister/2013_Top_10_over_kulturer_i_Danmark.pdf. 2019.07.03
- FloraHolland. 2014. FloraHolland. Facts and figures. 18 August 2016. <<https://www.floraholland.com/media/2460310/Kengetallen-EN-013.pdf>>.

- Elita, V. 2015. A bright future for cut flower kalanchoes in Japan. Available at: <https://www.floraldaily.com/article/2477/A-bright-future-for-cut-flower%20kalanchoes-in-Japan/>. Accessed: 2015.10.23.
- Greenex, 2015. Kalanchoe Queen Cut flowers Packaging June 2015. 18 August 2016. <http://www.greenex.com/wp-admin/admin-ajax.php?action=download_file&filepath=files/category/196/Kalanchoe%20CutFlowers%20Packaging-JUNE-2015.pdf>.
- 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.
- 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.
- Kuligowska, K., H. Lütken, B. Christensen, and R. Müller. 2015b. Quantitative and qualitative characterization of novel features of *Kalanchoë* interspecific hybrids. *Euphytica* 205: 927-940.
- 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: 573-584.
- <http://www.calandiva.com/site/en/origin>, 2016. Founded in Sweden. Calandiva®.
- Serek, M., E. C. Sisler, and M. S. Reid. 1995. 1-Methylcyclopropene, a novel gaseous inhibitor of ethylene action, improves the life of fruits, cut flowers and potted plants. *Acta Hort.* 394: 337-346.

To Create *Kalanchoe* Interspecific Hybrid with Excellent Flower Longevity

Chun-Hsiu Yu ¹⁾ I Chun Pan²⁾ Pei-Jung Wen ³⁾ Yen-Ming Chen ⁴⁾

Key words: *Kalanchoe blossfeldiana* *K. sexangularis*, Interspecific hybridization, Flower longevity

Summary

The present research conducted the interspecific hybridization between *Kalanchoe blossfeldiana* and endemic species: *K. sexangularis*. The plant characters of progenies were investigated and also identified the interspecific verified by the cytometry and random amplified polymorphism DNA. It only had few fruit set ratio when *K. blossfeldiana* 'Garambi's Gold' (0.1%) and 'Peach Fairy' (0.2%) as maternal donor crossed with *K. sexangularis*, and the germination ratio were 0% and 2.1%. The one-way reproductive incompatibility happened in present cross combinations of *Kalanchoe* interspecific hybridization. The plant traits of plant height, branch numbers, and internode length of progenies were intermediate type between both parents, and the flower longevity of progenies were also compared with both parents, the progenies exhibited long flower longevity about 47-53 days. The relative DNA content of progenies showed the intermediate value between both parents. The progenies also show the specific bands of both parents by RAPD analysis. Finally, novel hybrids with double flower type and excellent flower longevity were successfully collected.

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

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

3) Research Assistant, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

4) Assistant professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

Corresponding author.