

溫度對九重葛生殖生長之影響

涂旭帆¹⁾ 朱建鏞²⁾

關鍵字：九重葛、溫度、花粉活力

摘要：本研究以 *Bougainvillea glabra* 和其衍生品種 'Formosa'、'Mrs. Eva Mauve Variegata'、'Mrs. Eva Variegata White' 及上述兩斑葉品種之白色苞葉品種 'Mrs. Eva Mauve Variegata- White'、'Mrs. Eva Variegata White- White' 作為材料，進行花粉活力檢定、花粉發芽溫度或雜交試驗。培養溫度方面，較適合 *B. glabra* 花粉的發芽溫度為 25-30°C，發芽率皆為 9.5%。'Formosa' 的花粉發芽適溫為 25-30°C，發芽率分別為 9.0、9.3 或 8.8%。*B. glabra* 植株栽培在 25°C 環境下時，花粉發芽率最好。另外 'Mrs. Eva Mauve Variegata'、'Mrs. Eva Mauve Variegata- White'、'Mrs. Eva Variegata White' 或 'Mrs. Eva Variegata White- White' 四個品種，植株在 25°C 下栽培到第 5 天時，花粉發芽率最高。在不同環境條件下進行雜交，以大生長箱(日/夜溫 27/22°C) 或小生長箱(恆溫 25°C) 的結種情形最佳。

前 言

九重葛 (*Bougainvillea* spp.) 屬植物為紫茉莉科之多年生蔓性木本花卉，廣泛分佈於熱帶以及亞熱帶地區，由於對環境氣候的適應性強，常用於乾燥地區的景觀美化。九重葛無論在自然環境或人為誘變處理下，都容易有枝條變異的產生，也是目前新品種的主要來源方式，但此方法也造成品種名稱容易混淆且考證不易 (Iredell, 1994; Kobayashi *et al.*, 2007)。九重葛的原生種在原生地會產生種子，偶有自然雜交種的出現 (Lopez and Galetto, 2002)，但是在一般栽培上鮮少結種子，所以大部份人認為雜交種或栽培種的九重葛不會結種子。目前對於九重葛的研究大多以栽培居多 (Hackett and Sachs, 1966; Lopez and Galetto, 2002)，對生殖生理的資訊很少。本文以九重葛之商業栽培種，在不同環境下觀察其花粉活力，並進行雜交，期能了解九重葛有性生殖之適當環境條件，並建立九重葛雜交育種方法，開發新品種。

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、植物材料

試驗材料為 *Bougainvillea glabra* 和其衍生品種 'Formosa'、'Mrs Eva Mauve Variegata'、'Mrs Eva Variegata White' 及上述兩斑葉品種之白色苞葉品種，'Mrs Eva Mauve Variegata-White'、'Mrs Eva Variegata White-White'。植株皆由扦插繁殖。插穗為半木質化枝條，插穗長度為五節，最上兩節並帶有葉片，插穗基部沾上含 2g/Kg 萘乙酸(α -naphthalene acetic acid, NAA)之粉劑後，扦插於 128 格之穴盤中，放置在噴霧扦插床一個月後，發根之插穗種植於四寸塑膠盆中，並於 2009 年 1 月換至六寸盆。所有植株栽培於台中霧峰鄉之中興大學園藝試驗場防雨棚下開放網室的高床上。

植株除栽培於中興大學園藝試驗場外，部分供花粉試驗或雜交試驗用之植株，置於中興大學園藝試驗場內之水牆溫室或中興大學園藝系防雨棚下之大生長箱中或小生長箱中。中興大學園藝試驗場防雨棚下開放網室，為自然光照及光週期，防雨棚遮陰率為 45%。中興大學園藝試驗場內之水牆溫室，為自然光照及光週期，遮陰率為 80%；日溫約為 30°C，夜溫約為 20°C。中興大學園藝系防雨棚下之大生長箱(昇銓牌冷凍庫體；Hotech Instruments 控制系統，用 DAIKIN 冷氣機調控溫度)，環境設定為日溫 27°C，夜溫 22°C，光周期 11 小時，光照度 100 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 。小生長箱(E360DN, Fame)環境設定為恆溫 25°C，光週期 12 小時，光子流密度為 40 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 。

二、試驗方法

(一) 花粉活力之測定

1. 不同培養溫度對花粉發芽之影響：以 Brewbaker 和 Kwack(1963)配方作為測定花粉發芽培養基的基本配方。培養基每公升含有 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0.3g、 H_3BO_3 0.1g、 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.2g、 KNO_3 0.1g 以及 200 g/l 的蔗糖，pH 值調整為 6.0。採集當日開裂的花藥，將花粉灑在滴有液體培養基的雙凹玻片上，分別放入溫度為 15、20、25、30、35 或 40°C 的恆溫箱(R1-80, Firstek Scientific)中進行暗培養。花粉培養 12 小時後，於光學顯微鏡下進行觀察，並計算花粉的發芽率。當花粉管長度超過花粉粒直徑 2 倍時，視為發芽。試驗每次重複 200 粒花粉，每處理 3 重複。

2. 花粉母樹栽培環境對花粉發芽之影響：將花序分化至肉眼可見之植株，移至光週期 12 小時，光子流密度為 40 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 之小生長箱中，溫度分別設定為恆溫 20、25、30°C，待植株開花後，採集當日開裂的花藥，將花粉灑在滴有液體培養基的雙凹玻片上。再將此玻片置入底部鋪有完全濕潤紙巾的加蓋保鮮盒內，放入溫度為 25°C 的恆溫箱(R1-80, Firstek Scientific)中進行暗培養。觀察並記錄花粉萌發情形，培養基與觀察方式同試驗 1。

3. 低溫處理天數對花粉發芽之影響：將已開花之植株，移至日溫 27°C，夜溫 22°C，光周期 11 小時，光照度 100 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 之大生長箱中或防雨棚下，採集生長箱內或防雨棚下之當日開花花粉作比較，觀察並記錄每天花粉萌發情形，培養基與觀察方式同試驗 1。

(二) 九重葛屬內雜交之結種率

將植物材料之六個品種的開花植株，置於台中霧峰鄉之中興大學園藝試驗場有遮雨棚之網室、水牆溫室內或兩個生長箱中並進行相互雜交。花朵於開花前一天剪去上部4mm，除去花瓣和雄蕊，之後套上吸管避免花粉汙染。授粉在早上7點至凌晨3點間進行。授粉四週後調查胚珠膨大情形，種子成熟時採收種子調查結種率。

結 果

一、花粉活力之測定

1. 不同培養溫度對花粉發芽之影響

花粉培養在含20%蔗糖的B&K培養基中，置於不同下12小時，以光學顯微鏡觀察花粉萌發情形。*B. glabra*的花粉培養在25或30°C時有較佳的花粉萌發率皆為9.5%，培養在20或35°C下，花粉萌發率分別為6.1或8.3%，當培養在15或40°C下時，花粉萌發率為2.3或4%（圖1）；且在培養在40°C時，花粉管有分叉現象。'Formosa'的花粉培養在25、30或35°C時有較佳的花粉萌發率皆為9.0、9.3或8.8%，培養在20°C下，花粉萌發率為7%，當培養在15°C下時，花粉萌發率為最低4%（圖1）。

2. 不同花粉母樹栽培溫度對花粉發芽之影響

將*B. glabra*不同栽培溫度下植株所採集的花粉，培養在含蔗糖濃度20%的B&K培養基中，置於25°C下12小時，以光學顯微鏡觀察花粉萌發情形。當植株栽培在25°C時花粉萌發率最高，為11.2%。其次為栽培在30°C下花粉發芽率7.3%。栽培在20°C下植株的花粉萌發率較低，為4.9%（圖2）。

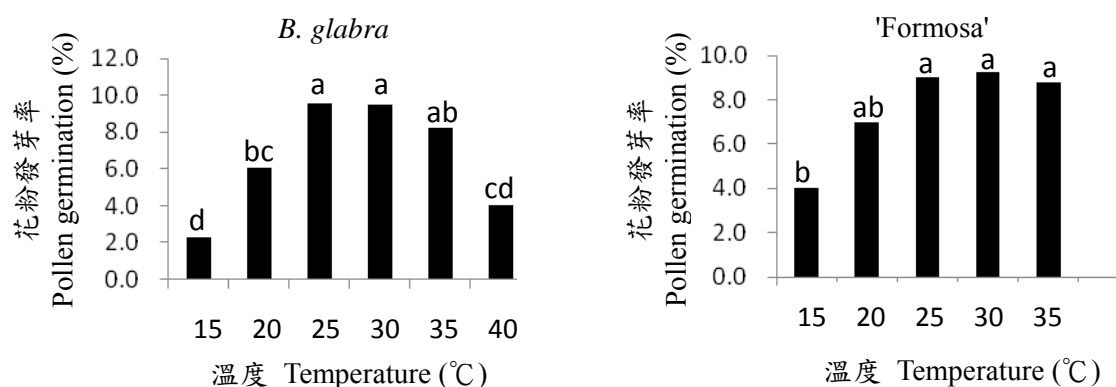


圖 1. 培養溫度對九重葛花粉發芽之影響。在20%蔗糖濃度下培養12小時。

Fig. 1. Effects of incubation temperature on pollen germination of Bougainvillea. Sucrose in the medium being 20% for 12hrs.

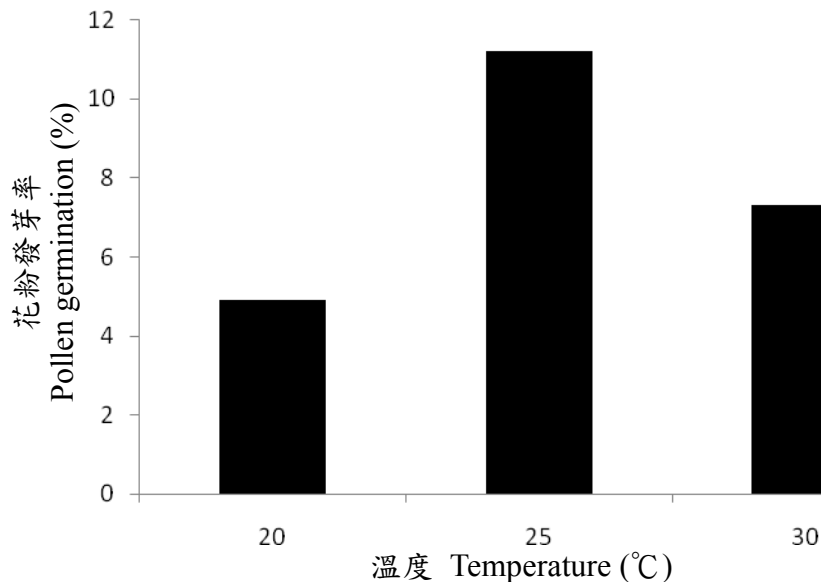


圖 2. 母樹生長溫度對 *B. glabra* 花粉活力之影響。培養在 25°C，蔗糖濃度 20% 之培養基中 12 小時。

Fig. 2. The effect of temperature for culturing mother plant on *B. glabra* pollen germination. Germinating at 25°C and sucrose in the medium being 20% for 12hrs.

3. 花粉母樹低溫處理天數對花粉發芽之影響

將花期盛開中的 'Mrs Eva Variegata White'、'Mrs Eva Variegata White-White'、'Mrs Eva Mauve Variegata' 和 'Mrs Eva Mauve Variegata-White' 植株放置生長箱或防雨棚下後，採集每日開花花粉培養在含蔗糖濃度 20% 的 B&K 培養基中於 25°C 下 12 小時，以光學顯微鏡觀察花粉萌發情形。採集在防雨棚下四個品種的花粉觀察，發現花粉發芽率都很低，0-2%。'Mrs Eva Variegata White' 在生長箱中第 1 天及第 2 天花粉萌發率為 1.5 或 1%。第 3、4 日逐漸上升，並在第 5 天達到最高峰，三天花粉萌發率分別為 5.5、8 或 18%。第 6、7 天後，發芽率趨於一穩定狀態，萌發率分別為 10 或 10.5% (圖 3)。

'Mrs Eva Variegata White-White' 在第 1 天及第 2 天花粉萌發率為 0 或 2%。第 3、4 日上升至一穩定值，萌發率皆為 5.5%，在第 5 天達時萌發率到達最高 8.5%。第 6、7 天後發芽率漸趨於一穩定狀態，萌發率分別為 6 或 6.5% (圖 3)。'Mrs Eva Mauve Variegata' 在第 1 天花粉萌發率為 0%。之後 2、3、4 日逐漸上升，並在第 5 天達到最高峰，花粉萌發率分別為 4、9、15 或 18%。第 6、7 天後發芽率趨於一穩定狀態，萌發率分別為 14 或 13.5% (圖 3)。'Mrs Eva Mauve Variegata-White' 在第 1 天及第 2 天花粉萌發率很基為 0 或 0.5%。第 3 日萌發率些微上升至 3%，第 4 天後大幅上升，並在第 5 天達到最高峰，花粉萌發率分別為 14 或 18%。第六、七天後發芽率逐漸下降，萌發率為 16 或 10% (圖 3)。

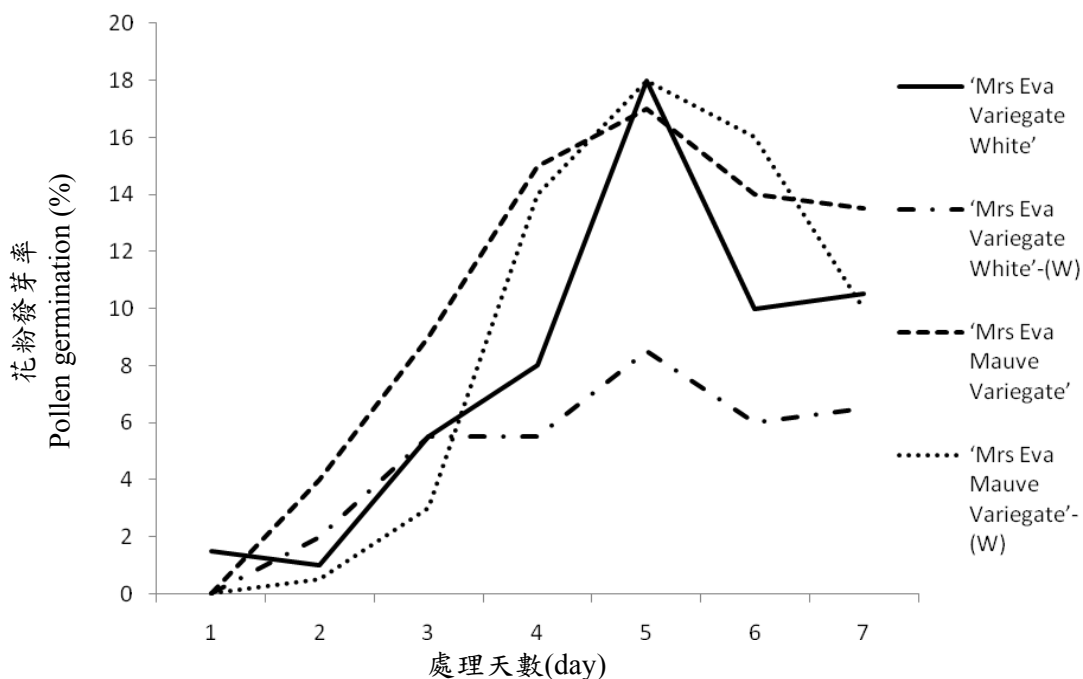


圖 3. 母樹涼溫栽培天數對九重葛花粉發芽之影響。培養在 25°C，蔗糖濃度 20% 之培養基中 12 小時。

Fig 3. The effects of cool-temperature period for mother plant on pollen germination of Bougainvillea. ; Culture at 25°C and sucrose in the medium being 20% for 12hrs.

二、九重葛屬內雜交之結種率

雜交試驗以 *B. glabra*、'Formosa'、'Mrs Eva Mauve Variegata'、'Mrs Eva Mauve Variegata-White'、'Mrs Eva Variegata White' 和 'Mrs Eva Variegata White-White' 互相做為父母本進行正反交。在中興大學園藝試驗場遮雨棚網室內的雜交試驗中，'Formosa' × *B. Glabra*、'Mrs Eva V. W.'-(W) × *B. Glabra* 和 'Mrs Eva M. V.' × 'Formosa' 有胚珠膨大情形，膨大率分別為 1.3、1.2 或 1.4%；'Mrs Eva V. W.' × *B. Glabra* 和 'Mrs Eva V. W.' × 'Formosa' 兩雜交組合各有產生一顆種子，兩組合的胚珠膨大率為 3.1 或 3.7%，結種率為 1 或 1.2%。其餘 4087 個授粉數皆無胚珠膨大及產生種子(表 1)。

在中興大學園藝試驗場水牆溫室內的雜交試驗中，'Mrs Eva V. W.' × *B. Glabra*、'Mrs Eva V. W.' × 'Formosa'、'Mrs Eva V. W.'-(W) × *B. Glabra*、'Mrs Eva M. V.'-(W) × *B. Glabra* 和 'Mrs Eva M. V.'-(W) × 'Formosa' 胚珠膨大率為 6.7、9.3、16.7、8.3 或 6.2%。其中 'Mrs Eva V. W.'-(W) × *B. Glabra*、'Mrs Eva M. V.'-(W) × *B. Glabra* 和 'Mrs Eva M. V.'-(W) × 'Formosa' 成功產生種子，結種率為 8.3、8.3 或 6.2%。其餘 493 個授粉數皆無胚珠膨大及產生種子(表 2)。

表 1. 雜交組合對結種之影響。^Y

Table 1. Effect of cross combination on seeds harvested.

雜交組合 ^Z Cross combination	授粉花數 Flowers pollinated (No.)	子房肥大數 Total ovary enlarged (No.)	子房肥大率 Ovary enlarged rate (%)	結種數 Total seeds (No.)	結種率 Seed formation (%)
'Formosa' × <i>B. glabra</i>	79	1	1.3	0	0
'Mrs Eva V. W.' × <i>B. glabra</i>	96	3	3.1	1	1.0
'Mrs Eva V. W.' × 'Formosa'	81	3	3.7	1	1.2
'Mrs Eva V. W.'-(W) × <i>B. glabra</i>	96	1	1.2	0	0
'Mrs Eva M. V.' × 'Formosa'	71	1	1.4	0	0

^Y 栽培於防雨棚下自然通風網室，遮陰率為 45%。

^Y Culture in rain-proof facility with natural ventilation and 45% shade.

^Z *Bougainvillea glabra* 'Mrs Eva Mauve Variegata' 簡稱為 'Mrs Eva M. V.'、'Mrs Eva Variegata White' 簡稱為 'Mrs Eva V. W.'，'Mrs Eva Variegata White' 之白色苞葉品種簡稱為 'Mrs Eva V. W.'-(W)。

^Z *Bougainvillea glabra* 'Mrs Eva Mauve Variegata' ('Mrs Eva M. V. '); 'Mrs Eva Variegata White' ('Mrs Eva V. W. '); 'Mrs Eva Variegata White' with white bract call 'Mrs Eva V. W.'-(W).

在大生長箱中進行雜交試驗中，以 'Mrs Eva Mauve Variegata'、'Mrs Eva Mauve Variegata-White'、'Mrs Eva Variegata White' 和 'Mrs Eva Variegata White-White' 為母本，*B. glabra* 和 'Formosa' 為父本時，皆有胚珠膨大情況出現，其中 'Mrs Eva M. V.'-(W) × *B. Glabra*、'Mrs Eva M. V.'-(W) × 'Formosa' 和 'Mrs Eva M. V.' × *B. Glabra* 有形成種子，結種率分別為 2.7、2.8 或 2.6%。其餘 934 個授粉數皆無胚珠膨大及產生種子(表 3)。

在小生長箱中進行雜交試驗中，以 'Mrs Eva M. V.' 當母本，*B. glabra* 和 'Formosa' 為父本時，有胚珠膨大及種子的產生，以 *B. glabra* 為父本的結種率為 11.8%，'Formosa' 為父本時結種率為 6%。其餘 328 個授粉數皆無胚珠膨大及產生種子(表 4)。

表 2. 中興大學園藝試驗場水牆溫室二年生九重葛雜交之子房肥大率與結種率。^zTable 2. Ovary enlarged and seeds harvested from two years bougainvillea crossing test in green house with water pad at NCHU horticulture experimental field. ^z

雜交組合 ^y Cross combination	授粉花數 Flowers pollinated (No.)	子房肥大數 Total ovary enlarged (No.)	子房肥大率 Ovary enlarged rate(%)	結種數 Total seeds (No.)	結種率 Seed formation (%)
'Mrs Eva V. W.' × <i>B. glabra</i>	15	1	6.7	0	0
'Mrs Eva V. W.' × 'Formosa'	32	3	9.3	0	0
'Mrs Eva V. W.'-(W) × <i>B. glabra</i>	24	4	16.7	2	8.3
'Mrs Eva M. V.'-(W) × <i>B. glabra</i>	12	1	8.3	1	8.3
'Mrs Eva M. V.'-(W) × 'Formosa'	16	1	6.2	1	6.2

^z 栽培於水牆溫室內，日溫約 30°C，夜溫 22°C，遮陰率 80%。

^z Culture in pad and fan greenhouse, day/night temperature is 30/22°C and 80% shade.

^y *Bougainvillea glabra* 'Mrs Eva Mauve Variegata' 簡稱為 'Mrs Eva M. V.'、'Mrs Eva Variegata White' 簡稱為 'Mrs Eva V. W.'，上述兩班葉品種之白色苞葉品種簡稱為 'Mrs Eva M. V.'-(W) 及 'Mrs Eva V. W.'-(W)。

^y *Bougainvillea glabra* 'Mrs Eva Mauve Variegata' ('Mrs Eva M. V. '); 'Mrs Eva Variegata White' ('Mrs Eva V. W. '); other two variegated with white bract call 'Mrs Eva M. V.'-(W) and 'Mrs Eva V. W.'-(W).

表 3. 大生長箱中二年生九重葛雜交之子房肥大率與結種率。^zTable 3. Ovary enlarged and seeds harvested from two years bougainvillea crossing test in big grow chamber.^z

雜交組合 ^y Cross combination	授粉花數 Flowers pollinated (No.)	子房肥大數 Total ovary enlarged (No.)	子房肥大率 Ovary enlarged rate(%)	結種數 Total seeds (No.)	結種率 Seed formation (%)
'Mrs Eva V. W.' × <i>B. glabra</i>	61	5	8.2	0	0
'Mrs Eva V. W.' × 'Formosa'	22	3	13.6	0	0
'Mrs Eva V. W.'-(W) × <i>B. glabra</i>	75	5	6.7	0	0
'Mrs Eva V. W.'-(W) × 'Formosa'	32	2	6.3	0	0
'Mrs Eva M. V.' × <i>B. glabra</i>	113	15	13.3	3	2.7
'Mrs Eva M. V.' × 'Formosa'	36	4	11.1	0	0
'Mrs Eva M. V.'-(w) × <i>B. glabra</i>	72	8	11.1	2	2.8
'Mrs Eva M. V.'-(w) × 'Formosa'	38	5	13.2	1	2.6

^z 大生長箱設定：日溫 27°C，夜溫 22°C，光周期 11 小時，光照度 100 μ mol/m²/s。

^z Growth chamber : The day/night temperature is 27/22°C, photoperiod is 11h, photosynthetically active radiation is 100 μ mol/m²/s.

^y *Bougainvillea glabra* 'Mrs Eva Mauve Variegata' 簡稱為 'Mrs Eva M. V.'、'Mrs Eva Variegata White' 簡稱為 'Mrs Eva V. W.'，上述兩斑葉品種之白色苞葉品種簡稱為 'Mrs Eva M. V.'-(W) 及 'Mrs Eva V. W.'-(W)。

^y *Bougainvillea glabra* 'Mrs Eva Mauve Variegata' ('Mrs Eva M. V. '); 'Mrs Eva Variegata White' ('Mrs Eva V. W. '); other two variegated with white bract call 'Mrs Eva M. V.'-(W) and 'Mrs Eva V. W.'-(W).

表 4. 小生長箱中二年生九重葛雜交之子房肥大率與結種率。^ZTable 4. Ovary enlarged and seeds harvested from two years bougainvillea crossing test in small grow chamber.^Z

雜交組合 ^Y Cross combination	授粉花數 Flowers pollinated (No.)	子房肥大數 Total ovary enlarged (No.)	子房肥大率 Ovary enlarged rate (%)	結種數 Total seeds (No.)	結種率 Seed formation (%)
'Mrs Eva M. V.' × <i>B. glabra</i>	17	2	11.8	2	11.8
'Mrs Eva M. V.' × 'Formosa'	33	4	12.1	2	6.0

^Z 小生長箱設定：日溫/夜溫皆為 25°C，光周期 12 小時，光照度 40μmol/m²/s。

^Z Growth chamber : The day/night temperature is 25°C, photoperiod is 12h, photosynthetically active radiation is 40μmol/m²/s.

^Y *Bougainvillea glabra* 'Mrs Eva Mauve Variegata' 簡稱為 'Mrs Eva M. V. '。

^Y *Bougainvillea glabra* 'Mrs Eva Mauve Variegata' ('Mrs Eva M. V. ').

討 論

一、花粉活力之測定

高溫通常會造成植物著果不良，導致作物生產力與繁殖力下降。在生殖生長中，高溫對雄性生殖器官的影響尤其明顯。花粉發育及花粉活力的好壞，關係著授粉與受精作用，為影響著果率高低之關鍵性因子(Sato *et al.*, 2006; Wahid *et al.*, 2007)。高溫對花粉發育期間的影響，較開花後花粉活力的影響大(Higuchi *et al.*, 1998; Peet *et al.*, 1998)。Sakata 等人(2000)發現開花前之高溫，會造成大麥花藥腔內絨氈層不正常的退化，產生異常之花粉粒。番茄在高溫環境下，花粉無法正常發育充實，花藥也無法正常開裂(Sato and Peet, 2005)。本試驗中，*B. glabra*母樹栽培在25°C時花粉萌發率最高，為11.2%。其次為栽培在30°C下，花粉發芽率7.3%。栽培在20°C下植株的花粉萌發率較低，為4.9% (圖2)。而日/夜溫在27/22°C環境下取的花粉，培養在20~35°C之間時，都有較佳的發芽率(圖1)。根據上述實驗結果也發現，花粉的發育最佳溫度，與花粉最適發芽溫度相近。

作物不同，花粉發育時對高溫敏感的時期也不同。豇豆在花粉母細胞(pollen mother cell, PMC)減數分裂的四分子期之後對高溫最為敏感，遇到大於30°C的高溫時花粉發芽率會顯著降低(Ahmed *et al.*, 1992)。甜椒在小孢子減數分裂與小孢子成熟期此兩發育階段對高溫特別敏感，此兩階段分別為開花前14-17 天與開花前3-5 天，此時遭遇33°C的高溫會影響花粉活力，導致著果率降低(Erickson and Markhart, 2002)。花生在開花前3-4 天暴露

於39°C的高溫下會顯著降低花粉活力(Vara Prasad *et al.*, 2001)。朱槿花粉發育適溫為15-28°C，開花前3-5天對溫度最為敏感，此時若遭遇高於28°C或低於15°C之溫度過久，花粉發芽率會顯著下降(丁，2004)。本實驗以'Mrs. Eva Mauve Variegated'、'Mrs. Eva Mauve Variegated- White'、'Mrs. Eva Variegated White'及'Mrs. Eva Variegated White- White'四個品種，調查母樹在25°C涼溫栽培天數對九重葛花粉活力之影響，發現四個品種在25°C環境下栽培第5天時，花粉發芽率較高(圖3)。顯示高溫在九重葛開花前5天時，就對花粉發育產生影響，此時如果遇到高於25°C的高溫，就會降低花粉活力。

母樹在25°C適溫處理2天後，九重葛花粉活力逐漸上升，觀察發現花藥內已有花粉粒形成(數據未顯示)。當小孢子由四分子期分化後，開始進入花粉成熟期，此時期花粉內澱粉會逐漸累積(胡，1990)，所累積的澱粉會在花朵開放前分解成可溶性糖，以利授粉之後萌發或花粉管生長的利用(Castro and Clement, 2007)。當澱粉沉積減少時，花粉的活力也隨之下降(Lalonde *et al.*, 1997)。Pressman等人(2002)發現，番茄在開花前9天，也就是四分子期過後，花粉內的澱粉逐漸累積，澱粉濃度在開花前三天到達高峰，之後濃度逐漸下降；在此同時，花粉內的可溶性糖逐漸上升，並在花朵開放時達到高峰。但在高溫下，花粉內澱粉無法累積，而可溶性糖濃度也明顯下降。Firon等人(2006)利用番茄耐熱品種與熱敏感品種比較後發現，耐熱品種在高溫下花粉內澱粉可以順利累積，最後開花時花粉內可溶性糖濃度也不受影響，因此高溫對花粉活力或結實率影響較小。

培養溫度也會影響花粉萌發與花粉管之生長。當花粉在適溫下培養時，花粉內酵素活性提高，會有較佳的花粉發芽率與花粉管生長速率(Margaret, 1977)。通常最適合花粉萌發的溫度範圍會與開花期間的平均溫度相似(Sedgley and Annells, 1981; Weinbaum *et al.*, 1984)。大部分作物花粉發芽與花粉管生長的適溫介於20-30°C之間，如楊桃(蔡，1989)、觀賞鳳梨(Parson *et al.*, 2002)、木瓜(Cohen *et al.*, 1989)以及荔枝(陳，2000)等。而一些溫帶作物如飛燕草(*Delphinium*)的花粉發芽最適溫度為15°C(Honda *et al.*, 2002)或扁桃(*Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb)為16°C(Weinbaum *et al.*, 1984)。Stern(1998)認為不同品種間的花粉對溫度有差異性，而此差異與品種原產地的不同有關。基因表現的差異亦為不同種之間發芽適溫不相同的原因(Luza and Polito, 1985)。

本試驗中發現，九重葛花粉發芽適溫為介於20~30°C之間，品種不同，適合的發芽溫度有些微差異(圖1)。與韭蘭屬(*Zephyranthes* spp.)或長壽花(*Kalanchoe blossfeldiana* Poelln)同屬於花粉發芽溫度範圍寬廣作物(侯，2003；留，2008)。而聖誕紅(*Euphorbia pulcherrima* Willd)花粉發芽最適溫度範圍為21-23°C，高於或低於此範圍則花粉發芽明顯降低(楊，1998)，屬於花粉發芽溫度範圍較狹窄的作物。

過高或過低的溫度，會使花粉發芽率下降。有報告指出低溫會影響花粉水化後細胞膜之完整性，導致部分離子及核苷酸滲漏，進而影響花粉之發芽(Hoekstra *et al.*, 1988)。此外過高之溫度會使芒果(Sukhvibul *et al.*, 2000)及落花生(Kakani *et al.*, 2002; Vara Prasad *et al.*, 2001)花粉發芽率迅速下降，並減低花粉管伸長之速率。Loupassaki 等人(1997)指出，在過

高溫之下易使得花粉管發生爆裂、扭曲或是胼胝質大量累積的現象，進而抑制花粉管的伸長。本試驗中，當九重葛花粉培養於低於 20°C 或超過 35°C 環境時，花粉發芽率大幅下降(圖 1)。

二、九重葛屬內雜交之結種率

除了花粉本身的活力之外，授粉後花粉管於花柱內伸長之過程亦會影響受精的成功率。高溫會造成花粉的生理反應異常，阻礙花粉管的萌發、造成花粉管畸形、伸長受阻等現象(逵等人, 2009)。小麥花穗遭遇30°C 高溫逆境時，授粉後雌蕊上之花粉數與花粉萌芽率雖不受高溫逆境影響，但會造成花粉管生長異常，到達子房之花粉管數量顯著的減少(Saini *et al.*, 1983)。芒果之受精後若氣溫到達30°C 則會抑制芒果花粉萌芽與花粉管之生長(Sukhvibul *et al.*, 2000)。朱槿花粉管在大於28°C 之高溫環境下，萌芽花粉數較少，且花粉管會產生前端腫脹、生長彎曲或分岔的情形產生(丁, 2004)。在中興大學園藝試驗場遮雨棚網室內的九重葛雜交試驗中，'Mrs. Eva V. W.' × *B. Glabra*、'Mrs. Eva V. W.'-(W) × *B. Glabra*、'Mrs. Eva V. W.' × 'Formosa'或'Mrs. Eva M. V.' × 'Formosa'雜交組合皆可見到授粉後子房膨大生長情形，其膨大生長百分比分別為3.1、1.2、3.7或1.3%(表1)。而在大生長箱中進行雜交試驗中，以'Mrs. Eva Mauve Variegata'、'Mrs. Eva Mauve Variegata-White'、'Mrs. Eva Variegata White'或'Mrs. Eva Variegata White-White'為母本，*B. glabra*或'Formosa'為父本時，子房膨大比率分別提高至 8.2、6.7、13.6或11.1%(表3)。

控溫的環境，對熱敏感作物的有性繁殖有很大的幫助。文心蘭於20°C 環境下雜交，最容易得到果莢(邱, 2002)。利用高溫和涼溫度下載培的番茄植株做交叉授粉試驗發現，高溫對開花前的花粉發育與開花後的花粉萌發、花粉管生長都有影響，在涼溫下發育，並在受粉於涼溫環境之植株，結果率或結種率最好(Peet *et al.*, 1998)。相同的結果也出現在冷子番荔枝有性繁殖上(Higuchi *et al.*, 1998)。本研究結果發現，25°C 的環境不僅有利於九重葛花粉的發育，也提升花粉萌發率，幫助花粉管生長，提高九重葛雜交受精的成功率(表3、4)。

參 考 文 獻

- 丁川翊。2004。朱槿雜交育種之改進。國立中興大學園藝系研究所碩士論文。95 pp.。
邱金春。2002。文心蘭雜交授粉時機及果莢發育。台灣花卉園藝 176: 44-48。
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。89 pp.。
留欽培。2008。韭蘭屬物種之種間雜交。國立中興大學園藝系研究所碩士論文。72 pp.。
逵明輝、鞏振輝、陳儒鋼、黃煒和李大偉。2009。農作物花粉高溫脅迫研究進展。應用生態學報 20(6): 1511-1516。

- 楊梨玲、朱建鏞。1999。溫度對聖誕紅結實之影響。興大園藝 24: 53-69。
- Ahmed, F. E., A. E. Hall, and D. A. Demason. 1992. Heat injury during floral development in cowpea (*Vigna unguiculata*, fabaceae). Amer. J. Bot. 79: 784-791.
- Castro, A. J. and C. Clement. 2007. Sucrose and starch catabolism in the anther of *Lilium* during its development: a comparative study among the anther wall, locular Xuid and microspore/pollen fractions. Planta 225: 1573-1582.
- Erickson, A. N. and A. H. Markhart. 2002. Flower developmental stage and organ sensitivity of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) to elevated temperature. Plant, Cell and Env. 25: 123-130.
- Firon, N., R. Shaked, M. M. Peet, D. M. Pharr, E. Zamski, K. Rosenfeld, L. Althan and E. Pressman. 2006. Pollen grains of heat tolerant tomato cultivars retain higher carbohydrate concentration under heat stress conditions. Sci. Hort. 109: 212-217.
- Hackett, W. P. and R. M. Sachs. 1966. Flowering in Bougainvillea 'San Diego Red' Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 88: 606-612.
- Higuchi, H., N. Utsunomiya, and T. Sakuratani. 1998. High temperature effects on cherimoya fruit set, growth and development under greenhouse conditions. Sci. Hortic. 77: 23-31.
- Hoekstra, F. A. and W. Van ber Wal. 1988. Initial moisture content and temperature of imbibition determine extent of imbibitional injury in pollen. J. Plant Physiol. 133: 257-262.
- Iredell, J. 1994. Growing bougainvilleas. Simon & Schuster Australia. East Roseville, NSW, Australia.
- Kakani, V. G., P. V. Vara Prasad, P. Q. Craufurd, and T. R. Wheeler. 2002. Response of in vitro pollen germination and pollen tube growth of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) genotypes to temperature. Plant, Cell and Env. 25: 1651-1661.
- Kobayashi K. D., J. McConnell, and J. Griffis. 2007. Bougainvillea. Ornam. Flower 38:1-12.
- Lalonde, S., D. Morse, H. S. Saini. 1997. Expression of a wheat ADP-glucose pyrophosphorylase gene during development of normal and water-stressaffected anthers. Plant Mol. Biol. 34: 445-453.
- Lopez. H. A. and L. Galetto. 2002. Flower Structure. and Reproductive Biology of *Bougainvillea stipitata* (Nyctaginaceae). Plant biol. 4: 508-514.
- Loupassaki, M., M. Vasilakakis and I. Androulakis. 1997. Effect of pre-incubation humidity and temperature treatment on the in vitro germination of avocado pollen grains. Euphytica 94: 247-251.
- Luza, J. G. and V. S. Polito. 1985. In vitro germination and storage of English walnut pollen. Sci. Hort. 27: 303-316.
- Margaret, S. 1977. The effect of temperature on floral behavior, pollen tube growth and fruit set

- in the avocado. *J. Hortic. Sci.* 52: 135-141.
- Peet, M. M., S. Sato and R. G. Gardner. 1998. Comparing heat stress effects on male-fertile and male-sterile tomatoes. *Plant, Cell and Environ.* 21: 225-231.
- Saini, H. S., M. Sedgley, and D. Aspinall. 1983. Effect of heat stress during floral development on pollen tube growth and ovary anatomy in Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Aust. J. Plant Phys.* 10: 134-144.
- Sakata, T. 2000. Effects of High Temperature on the Development of Pollen Mother Cells and Microspores in Barley *Hordeum vulgare* L. *J. of Plant Research* 113: 395-402.
- Sato S., M. Kamiyama, T. Iwata, N. Makita, H. Furukawa and H. Ikeda. 2006. Moderate increase of mean daily temperature adversely affects fruit set of *Lycopersicon esculentum* by disrupting specific physiological processes in male reproductive development. *Ann. Bot.* 97: 731- 738.
- Sato, S. and M. M. Peet. 2005. Effect of moderately elevated temperature stress on the timing of pollen release and its germination in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) *J. Hort. Sci. Biotech.* 80: 23-28.
- Sedgley, M. and C. M. Annells. 1981. Flowering and fruit-set response to temperature in the avocado cultivar 'Hass'. *Sci. Hortic.* 14: 27-33.
- Stern, R. A. and S. Gazit. 1998. Pollen viability in lychee. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 123(1): 41-46.
- Sukhvibul, N., S. E. Hetherington, V. Vithanage, A. W. Whitley, and M. K. Smith. 2000. Effect of temperature on pollen germination, pollen tube growth and seed development in mango (*Mangifera indica* L.). *Acta Hort.* 509: 609-616.
- Vara Prasad, P. V., P. Q. Craufurd, V. G. Kakani, T. R. Wheeler, and K. J. Boote. 2001. Influence of high temperature during pre- and post-anthesis stages of floral development on fruit-set and pollen germination in peanut. *Aust. J. Plant Phys.* 28: 233-240.
- Wahid A, S. Gelani, M. Ashraf and M. R. Foolad. 2007. Heat tolerance in plants: An overview. *Environmental and Experimental Botany* 61: 199- 223.
- Weinbaum, S. A., D. E. Parfitt and V. S. Polito. 1984. Differential cold sensitivity of pollen grain germination in two *Prunus* species. *Euphytica* 33: 419-426.

The Effect of Temperature on Bougainvillea Reproductive Growth

Syu-Fan Tu ¹⁾ Chien-Young Chu ²⁾

Key word: Bougainvillea, Temperature, Pollen germination

Summary

In this research, pollen viability of the *Bougainvillea glabra* and its derivative cultivars 'Formosa', 'Mrs. Eva Mauve Variegata', 'Mrs. Eva Variegata White', 'Mrs. Eva Mauve Variegata-White' and Mrs. Eva Variegata White- White' were tested. The effect of temperature for culturing mother plant on pollen viability was also tested. Selfing of each cultivar or crossing between cultivars was conducted to understand the bougainvillea sexual reproduction, and to establish a breeding method. The optimal temperature for *B. glabra* pollen germination was at 25-30°C, the germination rate was both 9.5%. The optimal temperature for 'Formosa' pollen germination was at 25-35°C, the germination rate was 9.0, 9.3 or 8.8%, respectively. When mother plant was cultured at 25°C pollen of *B. glabra* germination well. In addition, the germination rate was higher, when 'Mrs. Eva Mauve Variegata', 'Mrs. Eva Mauve Variegata-White', 'Mrs. Eva Variegata White' and 'Mrs. Eva Variegata White- White' mother plant was cultured at 25°C for 5 days. In different environment cross test, big growth chamber (27/22°C; day/night) and small growth chamber (25°C) have highest seed formation rate.

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

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