

清水山石竹之花期調節

褚哲維¹⁾ 朱建鏞²⁾

關鍵字：清水山石竹、簇生化、開花調節

摘要：清水山石竹植株栽培在 24 小時長日、10°C 環境下，再噴施 GA₃ 200 mg/L 8 次可以全部開花。開花株株高為 65.8 cm，每株有 6.6 分枝和 18.1 朵花。若植株栽培在 16 小時長日，5°C 環境下，再噴施 GA₃ 200 mg/L，86% 的植株會開花，其株高為 59.5 cm，每株具有 3.7 個分枝以及 9.0 朵花。此外，清水山石竹於春季栽培時，僅需延長日長(18:00-6:00)即能於處理後 63.8 天開花且開花率為 100%。夏季進行花期調節時，即使延長日長則無法達到 100% 的開花率，必須再輔以 GA₃ 200 mg/L 噴施於葉面 30 次，才能達到 100% 開花率，且開花品質較春季試驗期間的植株差，株高僅有 44.9 cm，每株分枝有 2.1 枝以及 5.2 朵花。若夏季栽培即使噴施 GA₃ 200 mg/L 30 次，而不延長日長植株不會開花。

前 言

台灣位在大陸東岸氣候變化大，使得台灣的原生物種相當之豐富。加上四周海洋之隔閡造，演化了許多全球僅有台灣才有的台灣特有種物種(周，1990)。台灣的石竹屬植物有，巴陵石竹(*D. palinensis*)、清水山石竹(*D. seisuimontanus*)、玉山石竹(*D. pygmaeus*)、瞿麥(*D. superbus* var. *superbus*)及長萼瞿麥(*D. superbus* var. *longicaycinus*)，其中巴陵石竹與清水山石竹為台灣特有種(李，2004)。清水山石竹花朵具優雅香味，葉片表面覆有白色粉狀質感為其最大特徵，是很有遠景的育種材料。可惜期開花機制一直不詳，成為育種障礙。

清水山石竹原生於花蓮縣境內的清水山及和平林道，原生地海拔約在 2000 - 2400 m，主要的花期在夏季至秋季(李，2004)。雖然清水山石竹移植至霧峰地區後，在彭(2007)的研究中曾在 2006 年 12 月開到翌年 4 月。然而之後植株在 2009 年至 2012 年之間皆是簇生生長不開花，因此本研究擬瞭解其開花生理，並調節開花，使能成為育種親本。

1)國立中興大學園藝系碩士班學生。

2)國立中興大學園藝系教授，通訊作者。

材料與方法

一、試驗材料繁殖

清水山石竹利用扦插繁殖，將帶 2~3 節(4~6 片葉)之頂芽於基部沾上內含 1 g/Kg 萘乙酸(NAA, 1-Naphthaleneacetic acid)之發根劑，再扦插於含有泥炭土：珍珠石以 2:1(v/v)混合之介質的 128 格穴盤中。最後置於扦插噴霧床中，約 2~3 週發根，最後移出扦插噴霧床，一週後定植於兩吋的塑膠黑軟盆中，介質與扦插時相同。日本石竹‘紅梅’則是直接播種於 288 格穴盤中，約有 4 片本葉時，定植於兩吋的塑膠黑軟盆中，介質於扦插時相同。一週施用一次 500 mg/L 新百得肥(N-P-K：20-20-20)和 200 mg/L 鐵肥(Hydroxyethyl ethylenediaminetriacetic acid, ferric complex, Dissolvine, H-FE-13)。

二、溫度、光週期及 GA 處理對清水山石竹開花之影響

(1)人為控制環境

清水山石竹於 2011 年 8 月 31 日扦插於含有泥炭土：珍珠石以 2:1(v/v)混合之介質的 128 格穴盤中。四週後，將扦插發根之清水山石竹置於兩個溫度梯度生長箱(Firstek, TG-5)中，兩個生長箱光週期分別為 24 小時光週或 16/8(光/暗期)(2232 lux)(Sylvania, F36W/GRO；Philips TLD 36W/840)。每個溫度生長箱溫度梯度設定為 15°C、10°C、5°C。並以 200 mg/L GA₃(Gibberellic acid/GA₃, Sigma Chemical CO.)做葉面噴施，每週噴施一次，每處理 15 株。噴施期間為 2011 年 9 月 28 日至 11 月 8 日。等待抽苔後於 2011 年 11 月 15 日移出生長箱。之後栽種於國立中興大學園藝試驗場之簡易式棚架栽植床，光週期為自然光週期。於開花後，記錄株高、分枝數、開花率、到花日數及花朵數。

(2)田間栽培

a. 春季栽培

將清水山石竹扦插苗分別種於自然光週期和夜間有延長電照(18:00-6:00)(40 lux)(旭光, 100W)的床架上。實驗期間為 2011 年 3 月 16 日至 5 月 19 日。兩組日長處理的植株各分為三組，每組噴施 0、100 或 200 mg/L 的 GA₃(Gibberellic acid/GA₃, Sigma Chemical CO.)，每週處理一次，共處理 8 次，每處理 9 株。於開花後，記錄株高、分枝數、開花率、到花日數及花朵數。

b. 夏季栽培

將清水山石竹扦插苗分別種於自然光週期和夜間有延長電照(18:00-6:00)(40 lux)(旭光, 100W)的床架上。實驗期間為 2011 年 5 月 4 日至 11 月 30 日。兩組日長處理的植株各分為三組，每組噴施 0、100 或 200 mg/L 的 GA₃(Gibberellic acid/GA₃, Sigma Chemical CO.)，每週處理一次，共處理 30 次，每處理 15 株。於開花後，記錄株高、分枝數、開花率、到花日數及花朵數。

三、統計分析

試驗方法皆採完全逢機設計(completely randomized design)，試驗數據利用 SPSS 17.0

軟體(IBM software, USA)以鄧肯氏多變域分析(Duncan's multiple range test)比較 5% 差異顯著性。柱狀圖利用 SigmaPlot 10.0(Systat Software Inc., USA.)軟體進行繪圖。

結 果

一、長日、溫度和 GA 對清水山石竹開花之影響

在生長箱內栽培，當日長 16 小時不管有無施用 GA 時，在 15°C 溫度環境下開花率皆為 0。16 小時光週和 5°C 環境下噴施 GA₃ 200 mg/L 之植株分枝、總花數比未施用 GA 多了 2.5 個分枝和 3.9 朵花，而到花日數比未施用 GA 早 2.9 天，開花率提高 40%。在 16 小時光週和 10°C 環境下噴施 GA₃ 200 mg/L 之分枝、總花數比未施用 GA 多了 1.5 個分枝和 3.2 朵花，而到花日數比未施用 GA 早 3.6 天，開花率提高 33.3%。在 24 小時光週和 5°C 環境下植株噴施 GA₃ 200 mg/L 後之分枝、總花數比未施用 GA 多了 1.4 個分枝和 2.6 朵花，而到花日數比未施用 GA 晚 3 天，開花率提高 6.7%。而植株在 24 小時光週和 10°C 環境並噴施 GA₃ 200 mg/L 其之分枝、總花數比未施用 GA 多了個 0.3 分枝和 8.8 朵花，而到花日數比未施用 GA 晚 1.2 天，開花率提高 26.7%。24 小時光週、15°C、GA₃ 200 mg/L 之分枝、總花數比未施用 GA 多了個 3.9 分枝和 7.6 朵花，而到花日數比未施用 GA 晚 8.3 天，開花率提高 13.3%(表 1)。在 16 小時光週和 15°C 環境下植株，無論有無噴施 GA 植株皆處於簇生化(圖 1)。而在 24 小時光週下，有開花的植株從扦插成活到開花需 91 到 130 天(圖 2)。

二、春季與夏季清水山石竹對長日和 GA 處理之影響

清水山石竹於春季進行光週調節和 GA 處理時，經長日處理之清水山石竹能獲得 100% 的開花率；而未延長日長的處理組開花率則為 0%(表 2)。且所有處理組植株開花所需時間為於 61 到 70 天(圖 3)。且經長日處理的組別在株高上也顯著的高於未延長日長的處理組。其中未施 GA 或噴施 200 mg/L GA₃ 處理的組別植株的到花日數為 63.8 和 63.9 日，而 100 mg/L GA₃ 則比上述兩組晚 4 日開花。分枝數和總花朵數以 200 mg/L GA₃ 組最好，分別是 5.1 個分枝、11.8 朵花(表 2)。

夏季進行光週調節和 GA 處理時，經長日處理之清水山石竹能獲得 60% 的開花率，而延長日長和 GA 同時併行則開花率會提高到 100%；反觀沒有延長日長之處理，同樣與春季試驗一樣開花率都為 0%(表 3)。且所有處理組大約集中於 111 到 170 天開花(圖 4)。株高於春季進行時所得數據趨勢相同，但是略矮於春季試驗之處理。到花日數上則以有處理 GA 較早開花，分別是 100 mg/L 為 126.3 日、200 mg/L 為 123.5 日，反觀只有長日沒有施用 GA 則到花日數約晚 2 個月。在分枝數和總花朵數都以 200 mg/L 的 GA₃ 處理最好，但是在總花數比春季試驗時少了 55.9%(表 3)。

表 1. 長日、溫度及 GA 處理對清水山石竹開花之影響^z。Table 1. Effect of photoperiod, temperature and gibberellin on the days to flower of *Dianthus seisuimontanus*.^z

Day length (hrs)	GA ₃ 200 mg/L	Temperature (°C)	Plant height (cm)	Branching (No.)	Flowering rate(%)	Days from cultivation to anthesis	No. of flowers
16	-	5°C	52.5bcd ^y	1.2def	46.7	119.2a	5.1cd
16	-	10°C	50.7bcd	0.9ef	26.7	115.6b	2.9de
16	-	15°C	21.6f	0.0f	0.0	0.0f	0.0e
16	+	5°C	59.5abc	3.7b	86.7	116.3b	9.0cd
16	+	10°C	46.5cde	2.4bcd	60.0	112.0c	6.1cd
16	+	15°C	36.1e	0.0f	0.0	0.0f	0.0e
24	-	5°C	48.4cde	1.9cde	53.3	105.6d	4.1de
24	-	10°C	63.4ab	3.9b	73.3	112.3c	9.3bc
24	-	15°C	44.0de	2.6bcd	86.7	96.0e	5.4dc
24	+	5°C	58.2abc	3.2bc	60.0	108.6d	6.7dc
24	+	10°C	65.8a	6.6a	100.0	113.5be	18.1a
24	+	15°C	62.2ab	6.5a	100.0	108.3d	13.1b

^z From September 28 to November 8, 2011 in incubator and from November 8 to January 31, 2012 in greenhouse.^y Means with the same letters in a column are not significantly different. ($P \leq 0.05$)

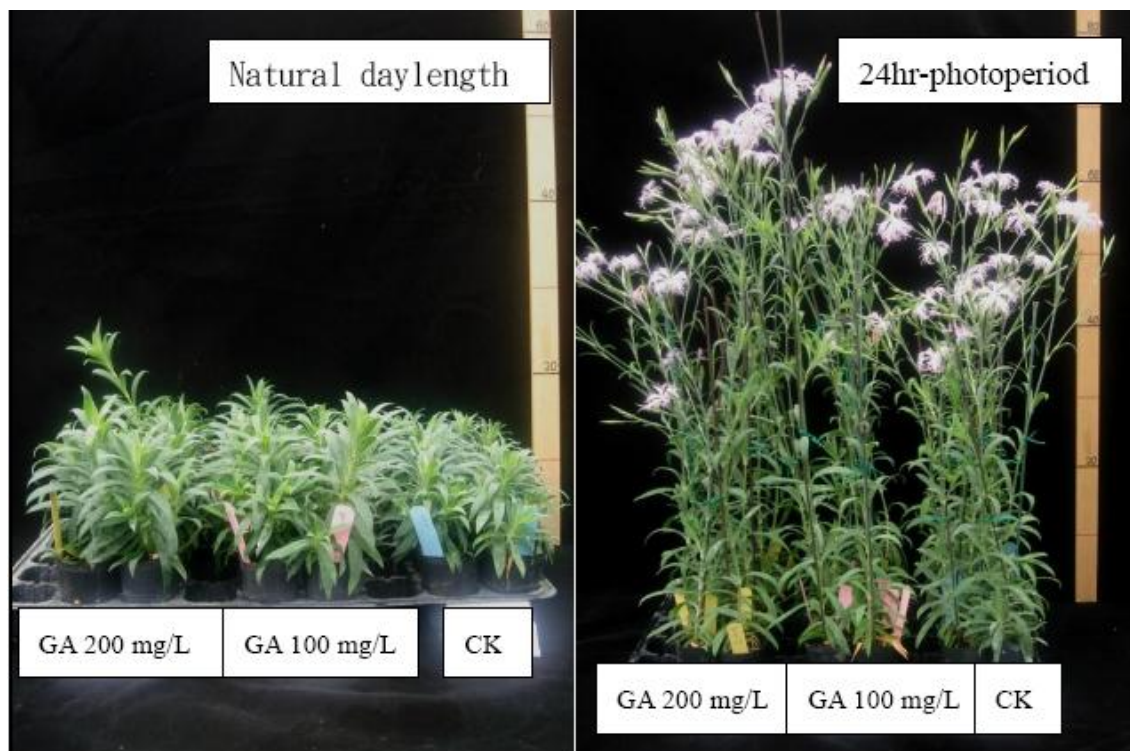


圖 1. 清水山石竹栽培在不同光週下並噴各種濃度 GA 後之生長情形。

Fig. 1. The growth of *D. seisuimontanus* cultured different photoperiod and spray with GA at various concentration.

討 論

宿根草在開過花後遭遇溫度過高或過低，或是乾旱等逆境，以及在短日環境下生長時，常有節間短縮、根系肥大與生長遲鈍等現象。這種生長形態上的改變稱為簇生化。簇生化現象可透過長日調節(侯，1983；Atherton and Harris, 1980；Halevy and Kofranek, 1984；Zaccai and Edri, 2002)、低溫處理(侯，1983；Waterschoot, 1957)以及噴施 GA(林，1988；Atherton and Harris, 1980；Hisamatsu *et al.*, 1999；Shlomo *et al.*, 1985；Wilson *et al.*, 1992；Zaccai and Edri, 2002)打破簇生化而抽苔開花。

清水山石竹原生於花蓮縣境內的清水山及和平林道，原生地海拔約在 2000 - 2400 m，主要的花期在夏季至秋季(李，2004)。雖然清水山石竹移植至霧峰地區後，在彭(2007)的研究中曾在 2006 年 12 月開到翌年 4 月。然而清水山石竹在霧峰從 2009 年至 2012 年之間皆無開花現象。可能是清水山石竹植株開花後進入簇生化生長，未能再遭遇足夠的低溫來打破簇生化開花，或是扦插苗苗期因再遭遇高溫或乾旱逆境而進入簇生化生長。

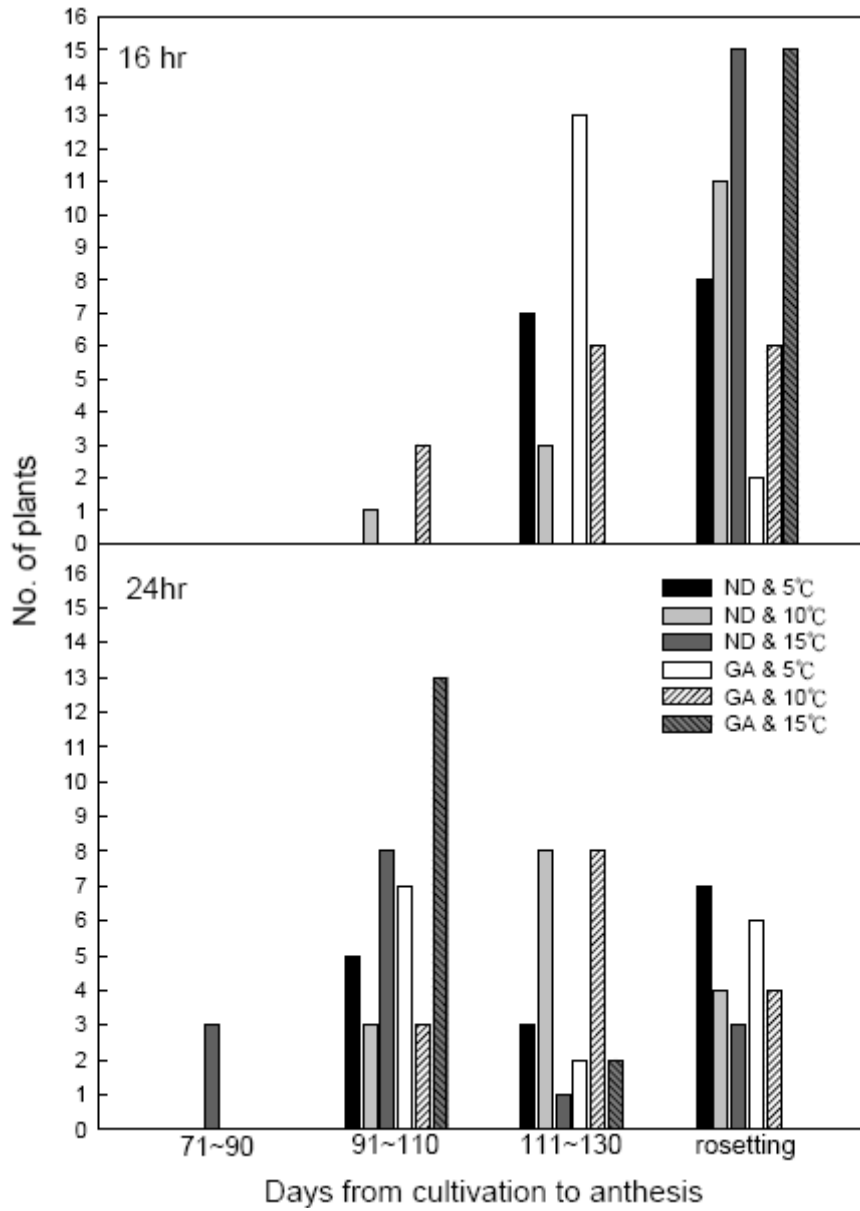


圖 2. 長日、溫度及 GA 處理對清水山石竹植株到花日數分佈之影響。

Fig. 2. Effect of long day, temperature and gibberellin on the distribution of days to flower of *Dianthus seisuimontanus*.

表 2. 春季進行長日(LD)和 GA 處理對清水山石竹春季栽培植物生長之影響^z

Table 2. Effect of long day(LD) and gibberellins(GA) on the growth of *Dianthus seisuimontanus* in spring.^z

Photoperiodism	GA ₃ mg/L	Plant height (cm)	Branching (No.)	Flowering rate(%)	Days from cultivation to anthesis	No. of flowers
ND	0	9.9d ^y	0.0c	0	0.0c	0.0c
ND	100	12.2d	0.0c	0	0.0c	0.0c
ND	200	13.2d	0.0c	0	0.0c	0.0c
LD	0	45.5c	4.4ab	100	63.8b	10.7a
LD	100	55.6a	4.2b	100	67.7a	7.8b
LD	200	50.1b	5.1a	100	63.9b	11.8a

^zExperiments were conducted from March 16 to May 19 ,2011

^y Means with the same letters in a column are not significantly different. (P ≤ 0.05)

※ ND:Natural daylength ; LD: 24hr-photoperiod

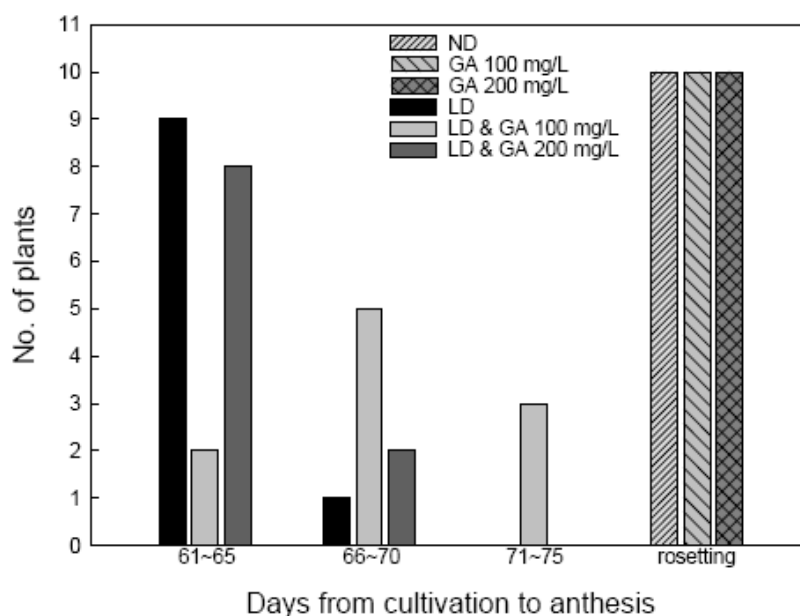


圖 3. 春天進行長日及 GA 處理對清水山石竹植株到花天數分佈之影響。

Fig. 3. Effect of long day and Gibberellin on the distribution of days to flower of *Dianthus seisuimontanus* cultured in spring.

表 3. 夏季進行長日(LD)和 GA 處理對清水山石竹夏秋季栽培開花之影響^z

Table 3. Effect of long day(LD) and gibberellins(GA) on the growth of *Dianthus seisuimontanus* in summer to autumn.^z

Photoperiodism	GA ₃ mg/L	Plant height(cm)	Branching (No.)	Flowering rate(%)	Days from cultivation to anthesis	No. of flowers
ND	0	9.3c ^y	0.0c	0	0.0c	0.0d
ND	100	11.5c	0.0c	0	0.0c	0.0d
ND	200	14.3c	0.0c	0	0.0c	0.0d
LD	0	32.9b	1.1b	60	182.9a	2.7c
LD	100	37.8b	2.1a	100	126.3b	3.9b
LD	200	44.9a	2.1a	100	123.5b	5.2a

^z Experiments were conducted from May 4 to Nov 30 ,2011

^y Means with the same letters in a column are not significantly different. ($P \leq 0.05$)

※ND:Natural daylength ; LD: 24hr-photoperiod

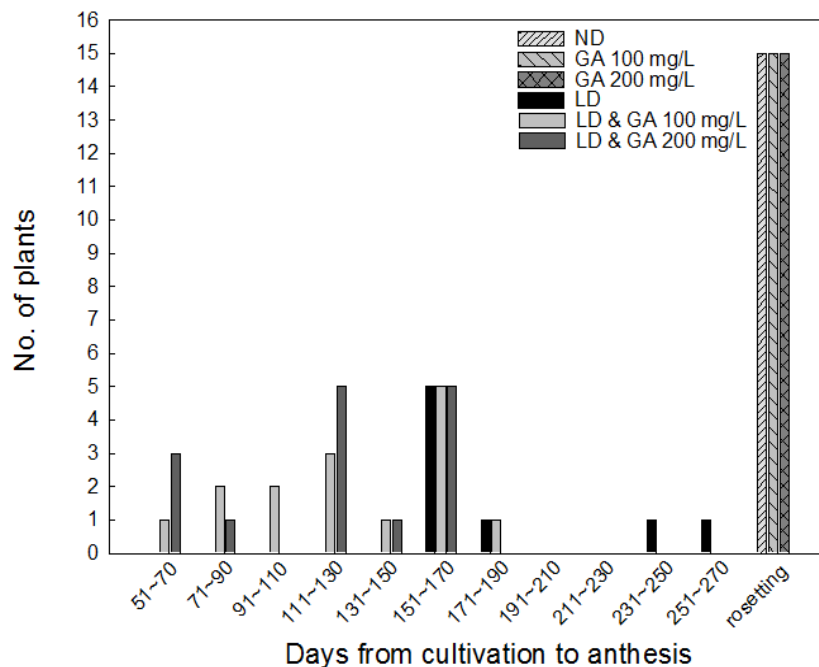


圖 4. 夏天進行長日及 GA 處理對清水山石竹植株到花天數分佈之影響。

Fig. 4. Effect of long day and Gibberellin on the distribution of days to flower of *Dianthus seisuimontanus* cultured in summer.

長日作物給予長日照和較高光照強度下皆有促進開花的效果(Halevy and Kofranek, 1984)。Bernier *et al.*(1988)的研究報告中指出，洋桔梗開花的先決條件是打破簇生化使之抽苔。在 Zaccai 和 Edri(2002)的實驗中，發現洋桔梗'Heidi Deep Blue'在夏季或冬季進行長日(16 小時)處理時，無論是冬季或是夏季皆能提早 7.8 天或 4.4 天開花。本試驗無論是在春季和夏季進行時，未延長日長均比長日的處理來的晚花甚至沒有開花(表 2；表 3)。Hisamatsu *et al.*(1999)提出在洋桔梗上使用 GA 可以促進抽苔和花芽創始。Moe(1983)栽培 *Dianthus carthusianorum* 'Napoleon III'時以 180 lux 鎢絲燈延長光照，可以達到提早 10 天開花。另外將短日下栽培之香石竹移至有連續光照的環境下，有促進花芽分化的效果(Atherton and Harris, 1980)。宿根滿天星栽培，以 24 小時長日處理可以提早開花且植株高度較高，長日處理後約 81.5 天開花，而暗期中斷 2 小時或 4 小時分別於 113.2 或 97.1 天開花，而在冬季自然日長下則不開花(侯，1983)。不過以台灣的緯度最長日長低於 16 小時，原生在清水山的清水山石竹之開花需要的 24 小時長日才會開花(表 1、2、3)並不合理，所以日長應非清水山石竹開花的主要條件。

從清水山石竹原生在花蓮的高海拔地區而且分佈範圍小，可能是因為平地的涼溫或低溫不足，無法讓清水山石竹正常開花結實。清水山石竹在花蓮原生地的花期為夏季至秋季，而花蓮 2011 年與 2012 年 5 月至 10 月的平地溫度大約為 26°C，依海拔每升高 100 m 時，氣溫降低 0.6°C，而花蓮清水山的海拔高度為 2404 m，和平林道海拔約為 2000 m，換算之下，原生地氣溫約為 11.6°C 或 14°C，這溫度應該是清水山石竹正常生長開花的適溫。而在我們試驗結果中(表 1)，發現到 16 小時日長下的 15°C 處理組，植株並沒有抽苔開花。當溫度降到 10°C 或 5°C 清水山石竹的開花率分別為 26.7% 或 46.7%(表 1)。再推算花蓮清水山地區的春季溫度，花蓮市區 2011 年至 2012 年 2 月到 4 月的平均氣溫為 19°C，所以清水山為 4.6°C，和平林道為 7°C。所以由上氣溫數據可以推測打破清水山石竹簇生化生長抽苔的溫度約為 4.6-7°C，因為在我們的試驗中植株在 5°C 環境下無論有無噴施 GA 其開花率皆比在 10°C 環境下的植株來的高(表 1)。此結果與美國石竹有類似的情況(Waterschoot, 1957)。另外侯(1983)也指出將開過花的宿根滿天星植株置於 5°C 下冷藏 100 天後再種植，可以使滿天星在短日環境下抽苔開花。

GA 誘導開花的機制是因為取代部分的低溫，例如紫羅蘭(Hisamatsua and Koshioka, 2000)，或長日的效果，例如宿根滿天星(Shlomo *et al.*, 1985)。Harris and Atherton(1976)將美國石竹置於 5°C 下後，再移置 14°C 下的溫室，並將頂芽切除後放洋菜凍收集內生的 GA，可以發現經過長時間低溫處理的植株所收集到的 GA 濃度較高。另外香石竹移至長日環境下，內生的 GA 濃度也提高(Atherton and Harris, 1980)。而清水山石竹在平地進行花期調節時。在春季時，長日處理就能在兩個月左右達到開花的效果(表 2；圖 3)。在夏季時，長日處理則到花日期需四個月才開花(表 3；圖 4)。此差距可能是因為春季試驗的扦插苗，其插穗取自經過冬季的低溫新梢，其簇生化已解除或部分解除。而夏季的扦插苗採穗時，新梢已遭受平地高溫逆境而進入簇生化。所以夏季必須長日處理搭配 GA 處理，才能提前

兩個月開花(表 3；圖 4)。所以 GA 的機制似乎是可以轉換，在春季 GA 可能扮演取代部分長日效果的角色，反之在夏季時，GA 可能可以扮演取代部分低溫的功能。

參 考 文 獻

- 李祖文。2004。台灣產石竹科石竹亞科植物之分類研究。國立台灣師範大學生命科學系碩士論文。119 pp.。
- 林鈴娜。1988。宿根滿天星在臺灣周年栽培及獅頭花形成之研究。國立中興大學園藝學系研究所碩士論文。101 pp.。
- 侯鳳舞。1983。滿天星微體繁殖及開花習性之研究。國立中興大學園藝學系研究所碩士論文。83 pp.。
- 彭寶儀。2007。台灣原生石竹之開花習性及其種間雜交。國立中興大學園藝學系碩士論文。64 pp.。
- Atherton, J. G., and G. P. Harris. 1980. Effects of photoperiod on shoot elongation and endogenous gibberellins in the glasshouse carnation. *Sci. Hort.* 12: 83-88.
- Bernier, G. 1988. The control of floral evocation and morphogenesis. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 39: 175-219.
- Halevy, A. H., and A. M. Kofranek. 1984. Evaluation of lisianthus as a new flower crop. *HortScience.* 19: 845-847.
- Harris, G. P., and J. G. Atherton. 1976. Gibberellin-like substances obtained from chilled plants of *Dianthus barbatus* L. by an agar diffusion technique. *Ann Bot.* 40 (3): 531-536.
- Hisamatsu, T., M. Koshika, N. Oyama, and L. N. Mander. 1999. The relationship between endogenous gibberellins and rosetting in *Eustoma grandiflorum*. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 68: 433-527.
- Hisamatsu, T., and M. Koshioka. 2000. Cold treatments enhance responsiveness to gibberellins in stock (*Matthiola incana* (L.) R. Br.). *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 75: 672-678.
- Moe, R. 1983. Temperature and daylength responses in *Dianthus carthusianorum* cv. Napoleon III. *Acta Hort.* 141: 165-171
- Shlomo, E. R. S., and A. H. Halevy. 1985. Gibberellin substitution for the high night temperatures required for the long-day promotion of flowering in *Gypsophila paniculata* L. *Sci. Hort.* 26: 69-76.
- Waterschoot, H. F. 1957. Effects of temperature and daylength on flowering in *Dianthus barbatus* L. *Proc. Kon. Ned. Akad. Wet. Ser. C.* 60: 318-323.
- Wilson, R. N., J. W. Heckman, and C. R. Somerville. 1992. Gibberellin is required for flowering

in *Arabidopsis thaliana* under short days. *Plant Physiol.* 100: 403-408.

Zaccai, M., and N. Edri. 2002. Floral transition in lisianthus (*Eustoma grandiflorum*). *Sci. Hort.* 95: 333-340.

Flowering Regulation of *Dianthus seisuimontanus* Masamune.

Che-wei Chu¹⁾ Chien-Young Chu²⁾

Key words: *Dianthus seisuimontanus*, Rosetting, Flowering regulation

Summary

All of *D. seisuimontanus* flowered when they were cultured at 10°C with 24 hrs daylength and was sprayed 200 mg/L GA₃ for eight times. The plant height was 65.8 cm with 6.6 branches and 18.1 flowers. When *D. seisuimontanus* was cultured at 5°C with 16 hrs daylength and was sprayed 200 mg/L GA₃ for six times, 86% of plants flowered. The plant height was 59.5 cm with 3.7 branches and 9.0 flowers. In addition, the flowering response in spring or summer was different. In spring, daylength forced extending 100% *D. seisuimontanus* plants flowering within 63.8 days. In summer, to extend daylength did not force *D. seisuimontanus* flowering. However, additional spraying of 200 mg/L GA₃ for 30 times forced all plants in flowering. The flowering height of plant was 44.9 cm with 2.1 branches and 5.2 flowers. Moreover, the quality of blooms was poorer than those blooms in spring. If plants were sprayed with 200 mg/L GA₃ without extending daylength, the plants did not bloom.

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

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