台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 72(2):151–160 (2023)
DOI:10.6156/JTAR.202306_72(2).0005

研究報告

以光週期進行藍紫色狐狸尾蝴蝶蘭屬 *Rhynchonopsis* Tariflor Blue Kid ‘1030-4’ 花期調節之研究

吳容儀[1,*]　蔡宇玟[2]　戴廷恩[3]

摘要

吳容儀、蔡宇玟、戴廷恩。2023。以光週期進行藍紫色狐狸尾蝴蝶蘭屬 *Rhynchonopsis* Tariflor Blue Kid ‘1030-4’ 花期調節之研究。台灣農業研究 72(2):151–160。

藍紫色花為蝴蝶蘭中極罕見之花色，屬內可利用的種原不多，本研究前已透過屬間雜交成功育成 *Rhynchonopsis* Tariflor Blue Kid ‘1030-4’，藍紫色表現強烈且無褪色情形，其開花習性屬夏開型蘭花，本研究探討光週期對其開花之影響，並期以人為方式調控花期，以達到商業生產所需。研究結果顯示，無論是延長日長或暗期中斷的長日處理均可促進 *R.* Tariflor Blue Kid ‘1030-4’ 提早抽梗與開花，相較於自然日長處理，延長日長處理與暗期中斷處理分別提早 45.5 d 與 31 d 抽梗，兩個長日處理也較自然日長處理的植株分別提早 34 d 與 17 d 開花，延長日長處理對促進植株的抽梗與開花比暗期中斷效果更佳。開花品質方面，延長日長處理的花朵數 (15.6 朵) 顯著高於暗期中斷處理 (8.8 朵) 與對照組 (自然日長) (5.9 朵)，暗期中斷處理的花朵數雖然較對照組多，但兩者並無顯著差異，各處理之花徑並無顯著性差異。花梗長度以延長日長處理的植株最長 (47.2 cm)，其次為暗期中斷處理 (44.7 cm)，而對照組 (自然日長) 之花梗長度為最短 (37.2 cm)；花序長度亦呈現相同趨勢，延長日長處理之花序長度最長 (21.7 cm)，其次為暗期中斷處理 (20.1 cm)，而對照組 (自然日長) 之花序長度則低於其它處理組，為 16.9 cm。各處理之平均單朵花壽命以延長日長處理最長，為 20.1 d，其次為暗期中斷處理 18.2 d，而對照組自然日長之花朵壽命最短，為 17.5 d。

關鍵詞：蘭花、日長、異屬雜交、產期調節。

前言

藍紫色花卉之育成為全世界育種家極力欲達成的目標之一，以蝴蝶蘭而言，目前市場存在的藍色蝴蝶蘭，多數仍是以某些特定的原生種或商業品種雜交或回交而來，蝴蝶蘭屬 (*Phalaenopsis*) 內可利用的種原不多，*Phalaenopsis bellina*、*P. equestris*、*P. javanica*、*P. lowii*、*P. modesta*、*P. violacea* 及 *P. pulcherrima* 等原生種具有藍紫色花之突變種 (Wu *et al*. 2016; Tsao *et al*. 2020)。多數具有藍色花的植物，其花色表現係飛燕草色素 (delphinidin) 累積呈現的結果 (Xu & Dai 2004)，蝴蝶蘭與萬代蘭雖然同屬於指甲蘭亞族 (Aeridinae)，但藍紫色萬代蘭之花色表現，係受到藍色基因調控飛燕草色素之合成，而蝴蝶蘭則缺乏飛燕草色素 (Tatsuzawa *et al*. 1997)。Liang *et al*. (2020) 以高效液相層析儀 (High Performance Liquid Chromatography; HPLC) 分別分析紫色及紫羅蘭 – 藍花色之蝴蝶蘭，Tsao *et al*. (2020) 分析淺藍紫色與深藍紫色蝴蝶蘭原生種 *P. violacea* fma. *coerulea* ‘Taiwan’ 與 *P. violacea* fma. *coerulea* ‘Norton USA Indigo’，結果皆為以矢車菊素 (cyanidin) 為基底的花

投稿日期：2022 年 10 月 25 日；接受日期：2023 年 3 月 22 日。
* 通訊作者：iris12@tari.gov.tw
[1] 農委會農業試驗所花卉研究中心副研究員兼環境系主任。台灣 雲林縣。
[2] 農委會農業試驗所花卉研究中心計畫助理。台灣 雲林縣。
[3] 農委會農業試驗所花卉研究中心研究員兼中心主任。台灣 雲林縣。

青素，並未檢測出由藍色基因調控生合成之飛燕草色素；根據主要色素之生合成路徑顯示，矢車菊素為經由紅色素之生合成路徑所形成 (Katsumoto *et al*. 2007)，證實蝴蝶蘭之藍紫色花色表現為受到其他因子影響而呈現出藍紫色，並非由藍色基因調控合成飛燕草色素而來。Wu *et al*. (2022) 透過屬間雜交將藍紫色較強的系統導入蝴蝶蘭中，成功育成藍紫色花的 *Rhynchonopsis* Tariflor Blue Kid '1030-4' (Wu *et al*. 2022)，新品種為蘭科蝴蝶蘭屬與狐狸尾蘭屬 (*Rhynchostylis*) 雜交選拔出的藍紫色後代，其開花習性屬夏開型蘭花，自然情況下 1 年開 1 次花，新品系之藍紫花表現強烈且無褪色情形 (Wu *et al*. 2016)。

在商業的生產模式下，新品種必備條件之一，需能以人為調控花期，以俾能計畫生產並提高溫室週轉率，符合產業需求。然而植物的開花誘導 (flower induction) 受到許多如成熟度 (maturity)、溫度、光積值 (daily light integral)、光質 (light quality) 及光週期 (photoperiod) 等因子影響 (Sakanishi *et al*. 1980; Yuan *et al*. 1998; Owen *et al*. 2018; Wang *et al*. 2019)。蝴蝶蘭在營養階段需有充足的養分，才能發育高質量的花，如 *P.* Sogo Lotte 'F2510' 與 *P.* Sogo Yukidian 'V3' 的花序長度及花朵數，皆隨植株年齡增長而增加 (Tsai & Chang 2022)，因此在營養階段增加光強度會使葉片增厚、葉面積增大，以加速植株的生長，而在生殖階段則可隨光強度增加，以刺激花梗的抽出 (van Tongerlo *et al*. 2021)。在一些蘭花等高等植物上，光週期可以誘導開花 (Wang *et al*. 2003)。*Doritis pulcherrima* (現為 *Phalaenopsis pulcherrima*) 為相對性短日植物 (facultative short-day plants; facultative SDP)，在日/夜溫 30℃/20℃的環境下，9 h 的光週期對花梗創始，比 12 h 更有效率，而且光週期所誘導之開花則與葉片中蛋白質合成的變化彼此密切關係 (Wang *et al*. 2003)。堇花蘭 (*Miltoniopsis* Augres 'Trinity') 植株在移到 11–14℃前，於 23℃環境下短日會促進植株開花，但是在涼溫處理期間，不同光週對開花並無顯著影響，此顯示對堇花蘭而言，環境的溫度可能也扮演重要的角色 (Lopez & Runkle 2006)。另一方面，扇形文心蘭 (*Erycina pusilla*) 的花梗形成與延長日長有正相關 (quantitative long-day plant; quantitative LD plant)，顯示扇形文心蘭開花並無一明顯的臨界日長，其對開花的反應屬於相對性長日植物，開花可能視植物體內高碳水化合物累積有關 (Vaz *et al*. 2004)。另外碳氮比 (C/N) 也可作為植株生長及開花潛力的指標，高 C/N 比能促進植株的生殖生長，低 C/N 比則會影響早期的營養生長甚至是抑制開花 (Tsai & Chang 2022)。氮是植物營養及生殖生長重要的營養元素，適當濃度的施用可改善作物生長及開花品質，低濃度的供應會降低生殖階段根及枝條的氮含量，高濃度氮會使 *P.* Sogo Lotte 'F2510' 的抽梗延遲 8–9 d，但不會影響開花品質。另外短期施氮的效果與儲存氮庫的大小有關，*P.* Sogo Yukidian 'V3' 因儲存大量的氮素，因此較不會影響到開花，但是 *P.* Sogo Lotte 'F2510' 則因儲存的氮素有限，所以開花易受影響 (Lin *et al*. 2019)。本研究擬以人為方式調控新品系 *R.* Tariflor Blue Kid '1030-4' 開花期，瞭解其開花習性並期能達到花期調控之目的，以符合商業生產所需。

材料與方法

試驗材料

本研究之參試材料為帶 5–6 片成熟展開葉之 *R.* Tariflor Blue Kid '1030-4' 分生苗，以水苔為栽培介質，種植於 9 cm 盆徑之透明塑膠軟盆。試驗期間每週施以 500 mg L^{-1} 的速效性肥料 Peters 20-10-20 ($N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$) 澆灌，其餘時間則視植株之介質表面乾燥情況，以自來水充分澆灌，將介質中累積之鹽類離子淋洗。

試驗方法

試驗期間，植株置於有水牆及風扇設備之溫室中栽培，溫室環境為日/夜溫 26–31℃/18–23℃，溫度低於 18℃則啟動加溫機，光強度在 100–300 μmol m^{-2} s^{-1} 之間 (Chang 2007; Wu *et al*. 2008)，相對濕度為 70–90%。植株施以不同光週期處理：

(1) 自然日長 (natural daylength; ND)：對照組，自然光照約 10.5–11 h。
(2) 暗期中斷 (dark break; DB)：晚上 10:00 至翌日清晨 2:00 點燈進行暗期中斷 (每日 4 h 電照) (Keever *et al*. 2006; Kim 2012; Kim *et al*. 2015)。
(3) 延長日長 (extended daylength; ED)：白天接受自然光照，天黑以後以人工點燈照明，光週期 16 h。

每處理 5 重複，每重複 7 株，共 35 株，本試驗共 105 株參試植株。電照處理之照明設備為長壽特光燈泡 (60W, 110V)，燈泡至參試植株頂端距離約 110–120 cm，照明設備於栽培床架中央之光強度約為 43.9 ± 1.3 Lux。

調查項目

抽梗率 (spiking rate)、雙梗率 (two spikes rate)、抽梗日期 (spiking date)、抽梗所需日數 (days to spiking)、始花日期 (first flower blooming date)、始花出現所需日數、花朵凋謝日期、花朵壽命 (longevity of flower)、花梗長度 (length of stalk)、花序長度 (length of inflorescence)、花朵數 (number of flower)、花朵橫徑 (width of flower) 及花朵縱徑 (length of flower)。

統計分析

試驗設計採完全逢機設計 (complete randomized design; CRD)，以 Costat 6.4 統計軟體 (CoHort Software, Birmingham, UK) 進行變方分析 (analysis of variance; ANOVA) 後，並以最小顯著差異分析 (least significant difference; LSD) 探討各處理間平均值之差異性，另以繪圖軟體 SigmaPlot 10.0 (Systat Software, Chicago, IL, USA) 進行繪圖。

結果與討論

植物在其生命週期中經歷多個發育階段，從萌發開始轉換到幼年營養期 (juvenile vegetative stage)，在這個階段植物對外界環境的誘導信號不敏感，隨後是成年營養期 (adult vegetative phase)，在此階段植物能夠接受外部誘導開花的訊號 (Lopez & Runkle 2006; Ha 2014; Walters *et al*. 2019)。而影響植物開花的原因也不少，許多研究顯示，植物開花受到許多如成熟度 (maturity)、溫度、光積值 (daily light integral)、光質 (light quality) (Kahar 2008) 及光週期 (photoperiod) 等因子影響 (Sakanishi *et al*. 1980; Yuan *et al*. 1998; Kahar 2008; Wien 2014; Owen *et al*. 2018; Han *et al*. 2020)。蝴蝶蘭與狐狸尾蘭雜交後代 *R*. Tariflor Blue Kid '1030-4' 每年固定於夏天開花，自然情況下 1 年開 1 次花，根據推測其開花受到光週期的影響居多，因此本研究以 *R*. Tariflor Blue Kid '1030-4' 分生苗為試驗材料，以不同光週處理進行人工調節花期試驗。

光週處理對植株抽梗與開花時間之影響

試驗開始後 2 個月，長日處理 (DB，暗期中斷；ED，延長日長) 之植株已有可視花梗出現，此時 DB 與 ED 處理之抽梗率分別為 11.4% 與 8.6%，而在自然日長下之對照組 (ND) 植株則尚未抽梗 (圖 1)。試驗開始後 4 個月，對照組之植株仍未抽梗，而暗期中斷 (DB) 與延長日長 (ED) 處理之植株陸續抽梗，其抽梗率分別為 31.4% 與 51.4% (圖 1)，試驗開始後 5 個月，對照組植株開始有可視花梗出現 (圖 2)，試驗開始後 6 個月，暗期中斷 (DB) 與延長日

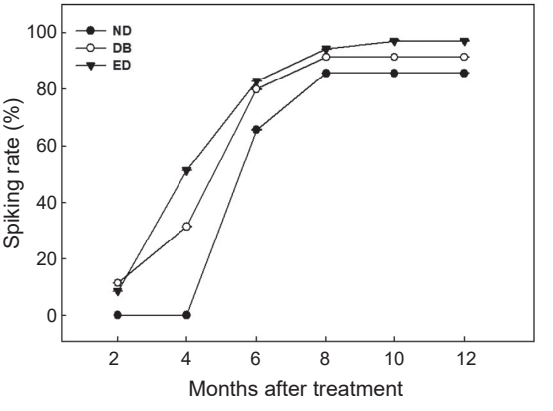


圖 1. 光週處理對 *Rhynchonopsis* Tariflor Blue Kid '1030-4' 植株抽梗之影響。ND：自然日長；DB：暗期中斷；ED：延長日長。

Fig. 1. Effects of daylength on stalk emergence of *Rhynchonopsis* Tariflor Blue Kid '1030-4'. ND: natural daylength; DB: dark break; ED: extended daylength.

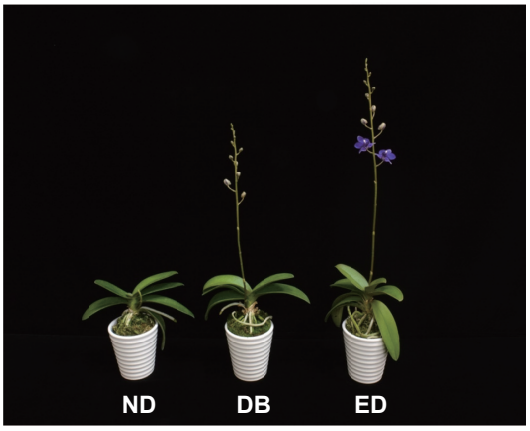


圖 2. 不同光週期對 *Rhynchonopsis* Tariflor Blue Kid '1030-4' 植株抽梗開花之影響 (光週處理 5 個月)。ND：自然日長；DB：暗期中斷；ED：延長日長。

Fig. 2. Effects of daylength on stalk emergence of *Rhynchonopsis* Tariflor Blue Kid '1030-4' (5 months after treatment). ND: natural daylength; DB: dark break; ED: extended daylength.

長 (ED) 處理之抽梗率已達 80% 以上 (圖 1)，此時自然日長的植株抽梗率僅 65.7%，處理後 8 個月之暗期中斷與延長日處理的抽梗率已達 90% 以上，延長日長處理的抽梗率接近 100%。試驗開始至花梗出現所需平均日數，以延長日長 (ED) 處理所需時間最短 (113.9 d)，其次為暗期中斷 (DB) 處理 (128.1 d)，而對照組從處理開始至抽梗所需時間最久 (159.1 d)，較延長日長處理約晚 1.5 個月抽梗 (圖 3)。試驗期間，各處理之抽梗率均可達 80% 以上，亦有部分植株出現雙梗情形，以延長日長處理之雙梗率顯著高於其它處理，為 22.7%，而暗期中斷處理與對照組之雙梗率分別為 8.6% 與 5.5%，兩者無顯著性差異 (圖 4)。光週處理後約 4.5 個月，延長日長處理之植株已陸續開花，為所有處理中最早開花者，其次為暗期中斷處理，試驗開始後 5 個月，暗期中斷處理之開花率為 2.9% (圖 5)，延長日長處理之開花率為 11.4%，而對照組植株則尚未開花 (圖 5、圖 6)；試驗開始後約 6.5 個月，對照組植株才有第一朵花開放之情形 (193 d)，試驗開始後 7 個月 (圖 5)，延長日長處理之開花率已達 62.9%，為所有處理中開花率最高者，暗期中斷處理次之 (25.7%)，而對照組之開花率最低 (17.1%)；試驗開始後 9 個月，延長日長處理之開花率已達 91.4%，暗期中斷處理次之 (82.9%)，而對

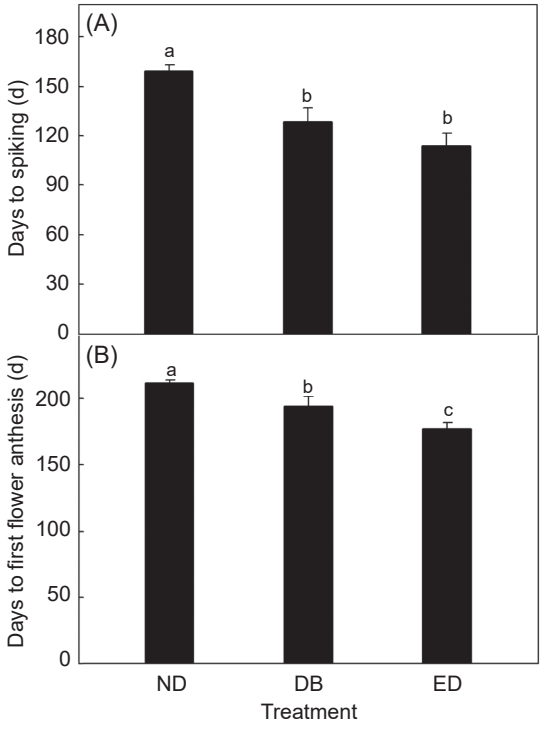


圖 3. 光週處理對 *Rhynchonopsis* Tariflor Blue Kid '1030-4' 植株 (A) 抽梗所需日數；(B) 始花出現所需日數之影響。ND：自然日長；DB：暗期中斷；ED：延長日長。

Fig. 3. Effects of daylength treatment of *Rhynchonopsis* Tariflor Blue Kid '1030-4'. (A) Days to spiking; (B) days to first flower anthesis. ND: natural daylength; DB: Dark Break; ED: Extended Daylength.

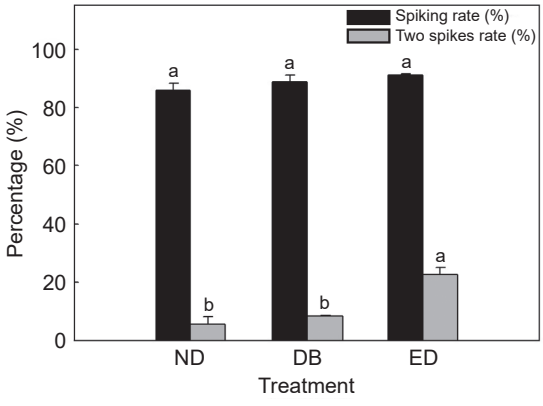


圖 4. 光週處理對 *Rhynchonopsis* Tariflor Blue Kid '1030-4' 植株抽梗率與雙梗率之影響。ND：自然日長；DB：暗期中斷；ED：延長日長。

Fig. 4. Effects of daylength on percentage of stalk emergence and double stalks of *Rhynchonopsis* Tariflor Blue Kid '1030-4'. ND: natural daylength; DB: Dark Break; ED: Extended Daylength.

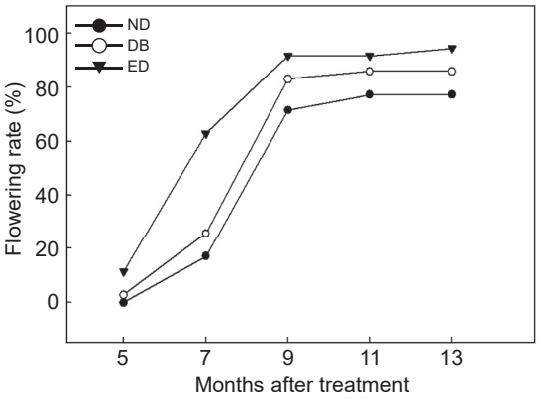


圖 5. 光週處理對 *Rhynchonopsis* Tariflor Blue Kid '1030-4' 植株開花率之影響。ND：自然日長；DB：暗期中斷；ED：延長日長。

Fig. 5. Effects of daylength on percentage of blooming of *Rhynchonopsis* Tariflor Blue Kid '1030-4'. ND: natural daylength; DB: dark break; ED: extended daylength.

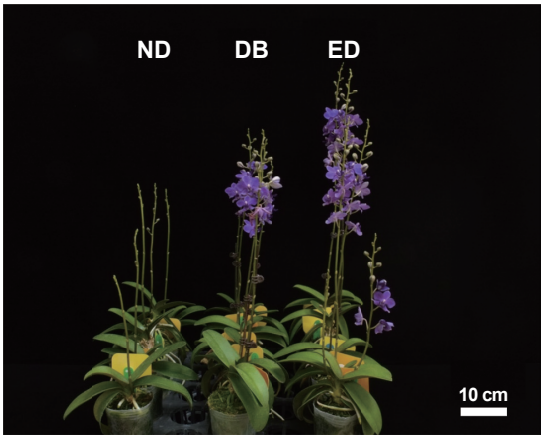


圖 6. 光週處理 6 個月對 *Rhynchonopsis* Tariflor Blue Kid '1030-4' 植株抽梗開花之影響。ND：自然日長；DB：暗期中斷；ED：延長日長。

Fig. 6. Effects of 6-months daylength on percentage of stalk emergence and blooming of *Rhynchonopsis* Tariflor Blue Kid '1030-4'. ND: natural daylength; DB: dark break; ED: extended daylength.

照組之開花率仍為所有處理最低者 (71.4%) (圖 5)。另外，各處理自試驗開始至始花所需平均日數與植株抽梗所需平均日數結果有相同趨勢 (圖 3)，以最早抽梗之延長日長處理，其開花所需時間亦為最短 (177.2 d)，其次為暗期中斷處理 (194.1 d)，而對照組 (自然日長) 之開花所需時間最久 (211.4 d)，亦即對照組植株分別較延長日長處理與暗期中斷處理晚 34 d 與 17 d 開花 (圖 3)。

許多植物開花會受到光週期影響，而植物對光週期的反應則受到光敏素的調節 (Taiz & Zeiger 1991; Craig & Runkle 2016)，光敏素具有 Pr 與 Pfr 兩種型式，其中 Pr 在光照下接收到紅光 (波長 640–690nm) 照射後轉為 Pfr，而 Pfr 在暗期或接收紅外光 (710–750nm) 照射後又轉換成 Pr。根據植物對光週期的不同開花反應，可將之分為 3 大類：短日照植物，需要光週期等於或低於某一個臨界日長；長日照植物，需要高於某一臨界日長植物才能開花；日中性植物，它們的開花不受任何光週期的誘導 (Erwin 2009; Jackson 2009; Torres & Lopez 2011)。而在短日植物與長日植物中，根據其對光週期之非必需 (量的、相對性) 或必需 (質的、絕對性) 反應區分為相對性與絕對性之長短日植物，呈現量反應的物種在任何光週期下都會開花，但在其開花適合之光週期環境下會促進開花；而具有質的反應之植物在獲得所需的光週期之前不會開花 (Ha 2014)。虎頭蘭 (*Cymbidium* 'Red Fire', *Cym*. 'Yokihi')、扇形文心蘭 (*Ercn. pusilla*)、黃鐘花 (*Tecoma stans*)、三色菫 *Viola tricolor* 'Universal Violet'、月見草 *Oenothera biennial* 'Youngii-lapsley' 及洋桔梗 *Eustoma russellianum* 均為長日植物，長光週期會促進植株開花，減少到開花所需天數 (Halevy & Kofranek 1984; Roh *et al*. 1989; Wang *et al*. 2003; Vaz *et al*. 2004; Islam *et al*. 2005; Torres & Lopez 2011; Tuan 2014; Han *et al*. 2020)。洋桔梗 'Echo' 與 'Cessna' 以高壓鈉燈延長日長，其到開花天數比自然日照環境提早 8.5–19.1 d (Paradiso *et al*. 2008)，洋桔梗 'Neil Peach Neo' 以鎢絲燈進行暗期中斷處理 5 h，可見花苞天數較自然日長 (11–12.5 h) 提早 11 d (Yamada *et al*. 2011)。而長壽花 *Kalanchoe glaucescens*、*K. manginii*、*K. uniflora*、*K. laciniata*、*K. millotii*、*K. nyikae*、*K. rotundifolia* 及 *K. velutina* 則為絕對性短日植物 (Currey & Erwin 2010, 2011)。本試驗結果 (圖 2、圖 3、圖 4) 顯示，無論是延長日長或暗期中斷的長日處理，均可促進 *R*. Tariflor Blue Kid '1030-4' 植株提早抽梗與開花，相較於自然日長處理，延長日長處理與暗期中斷處理分別提早 45.5 d 與 31 d 抽梗，兩個長日處理也

較自然日長處理的植株分別提早 34 與 17 d 開花，延長日長處理對促進植株的抽梗與開花又比暗期中斷效果更佳。Jackson (2009)、Torres & Lopez (2011)、Tuan (2014) 提出，當植物處於臨界日長或以上的環境時，才能獲得開花能力者為長日植物。由試驗結果可知，*R*. Tariflor Blue Kid '1030-4' 植株開花對光週期的反應，在長日環境下生長的植株抽梗與開花受到促進，可提早開花，因此歸類為長日植物。而許多文獻也提到，在長日與短日植物中，呈現量反應的植物在任何光週期下都會開花，這是一種相對性光週反應，即當植物處於特定臨界日長以上或以下可以加速開花；而具有質反應的植物則必須生長於特定臨界日長才會開花，此為絕對性光週反應 (Vaz *et al*. 2004; Torres & Lopez 2011; Ha 2014)。*R*. Tariflor Blue Kid '1030-4' 於自然日長環境中生長的植株，無論抽梗或開花雖然較兩個長日處理需要比較長的時間，但最終植株仍然開花，可見長日對其有促進開花之效。

光週處理對植株開花品質與其它性狀之影響

植物開花會受到光週期影響之種類，除了光週期長度會影響開花能力與開花時間 (Kahar 2008; Currey & Erwin 2010, 2011; Wien 2014)，也會影響其它特性之表現，但是各性狀表現則隨植物種類或品種而異 (Kahar 2008; Torres & Lopez 2011; Wien 2014)。本試驗開始後 8 個月調查各處理之開花品質，結果顯示，以延長日長處理的花朵數 (15.6 朵) 顯著高於暗期中斷處理 (8.8 朵) 與對照組 (自然日長) (5.9 朵)，暗期中斷處理的花朵數雖然較對照組多，但兩者並無顯著差異，而各處理之花徑並無顯著性差異 (表 1)。當各處理之花朵開放數量達 7 朵時，調查其花梗與花序長度，結果顯示，延長日長處理的花梗長度最長 (47.2 cm) (表 1)，其次為暗期中斷處理 (44.7 cm)，而對照組 (自然日長) 之花梗長度為最短 (37.2 cm)；延長日長處理之花序長度最長 (21.7 cm)，其次為暗期中斷處理 (20.1 cm)，而對照組 (自然日長) 之花序長度則低於其它處理組，為 16.9 cm (表 1)。各處理之平均單朵花壽命以延長日長處理最長，為 20.13 d，其次為暗期中斷處理 (18.19 d)，而對照組自然日長之花朵壽命最短，為 17.46 d (表 1)。本試驗所使用之燈泡屬於白熾鎢絲燈，其紅光/遠紅光比例低 (Abdel-Rahman *et al*. 2017)，當長日植物黃鐘花 (*T. stans* 'Mayan Gold') 在低紅光/遠紅光比例的光照環境下生長時，莖伸長會受到促進 (Torres & Lopez 2011)，再者，黃鐘花在長日下 (日長 14 d 或更長) 生長時，花朵數與分枝數增加，而在短日照下 (12 h 或更短)，很少有植株出現可視花芽；短日植物菊花 (*Chrysanthemum morifolium* cv. Reagan Sunny) 在花芽創始與花芽發育期，植株生長不受光週期的明顯影響，8 h 的光週期會促進開花，但花朵品質會受到光週期的影響，在花芽創始期短日處理 (8 h) 會導致花序、花徑與觀賞壽命顯著減少，花梗長度上亦有類似趨勢，但差異不顯著，苞片數量則呈現相反的趨勢，8 h 時略有增加，10 h 時顯著增加 (Kahar 2008)；向日葵 (*Helianthus annuus* cv. Sunrich Orange) 在短日下 (12 h) 會提早開花，然而植株高度僅有長日下植株 59% 的高度，花朵明顯更小，葉片數也減少 (Wien 2014)。Halevy & Kofranek (1984) 也曾提出洋桔梗的花朵數不會受到光週期影響。洋桔梗 'Echo' 與 'Cessna' 於補充 200

表 1. 光週處理對 *Rhynchonopsis* Tariflor Blue Kid '1030-4' 開花品質之影響。

Table 1. Effects of daylength on flower quility of *Rhynchonopsis* Tariflor Blue Kid '1030-4'.

Daylength	Number of flower	Flower width (cm)	Flower length (cm)	Flower width/ flower length	Longevity of flower (d)	Length of stalk (cm)	Length of inflorescence (cm)
Control (natural daylength)	5.90 b	3.58 a	3.12 a	1.15 a	17.46 b	37.2 b	16.9 b
DB (dark break)	8.80 b	3.56 a	3.14 a	1.14 a	18.19 ab	44.7 ab	20.1 a
ED (extended daylength)	15.60 a	3.57 a	3.12 a	1.15 a	20.13 a	47.2 a	21.7 a

μmol m^{-2} s^{-1} 高壓鈉燈以延長日長為 18 h 處理之花朵數，與自然日照環境亦無顯著差異 (Paradiso *et al*. 2008)。本試驗在延長日長環境下，*R*. Tariflor Blue Kid '1030-4' 的花朵數顯著較其他 2 個處理來得高，在花梗長度、花序長度與花朵壽命也稍受到光週期影響表現，花徑則未受到光週期影響，本試驗長日處理的花梗與花序較長，可歸因於植株處於低比例紅光/遠紅光環境比較長的時間所致。由上所述，可見光週期對植物各性狀表現會隨種類或品種而有所不同 (Kahar 2008; Torres & Lopez 2011; Wien 2014)。

結論

有關植物的花芽分化與開花機制，正確來說，應是暗期時間的長短所控制的發育行為，也就是每天的連續黑暗時數會誘導植物的形態發生轉變，然目前仍多沿用舊稱以光週期 (而非暗週期) 表示 (Taiz & Zeiger 1991; Lin & Yang 2011)。近年來，花卉市場為提供消費者多樣化產品之選擇，許多育種者也嘗試跨屬間之雜交，以期創造令人耳目一新的花卉形態與花色。然而要成為商業市場所接受的產品，花期調控技術需被建立，本篇研究已初步建立蝴蝶蘭與異屬間雜交種之花期調節技術，未來將持續致力於相關花期調節機制研究，期能應用於實務生產上，提升台灣花卉產業競爭力。

引用文獻

Abdel-Rahman, F., B. Okeremgbo, F. Alhamadah, S. Jamadar, K. Anthony, and M. A. Saleh. 2017. *Caenorhabditis elegans* as a model to study the impact of exposure to light emitting diode (LED) domestic lighting. J. Environ. Sci. Health A. 52:433–439. doi:10.1080/10934529.2016.1270676

Chang, Y. C. A. 2007. Growth environment of *Phalaenopsis*. p.1–6. *in*: *Phalaenopsis* Cultivation. (Shen, T. M. and S. T. Hsu, eds.) National Chiayi University. Chiayi, Taiwan. 134 pp. (in Chinese)

Craig, D. S. and E. S. Runkle. 2016. An intermediate phytochrome photoequilibria from night-interruption lighting optimally promotes flowering of several long-day plants. Environ. Expt. Bot. 121:132–138. doi:10.1016/j.envexpbot.2015.04.004

Currey, C. J. and J. E. Erwin. 2010. Variation among *Kalanchoe* species in their flowering responses to photoperiod and short-day cycle number. J. Hort. Sci. Biotechnol. 85:350–354. doi:10.1080/14620316.2010.11512679

Currey, C. J. and J. E. Erwin. 2011. Photoperiodic flower induction of several *Kalanchoe* species and ornamental characteristics of the flowering species. HortScience 46:35–39. doi:10.21273/HORTSCI.46.1.35

Erwin, J. E. 2009. Looking for new ornamentals: Flowering studies. Acta Hort. 813:61–66. doi:10.17660/ActaHortic.2009.813.5

Ha, T. M. 2014. A review of plants' flowering physiology: The control of floral induction by juvenility, temperature and photoperiod in annual and ornamental crops. Asian J. Agric. Food Sci. 2:186–195.

Halevy, A. H. and A. M. Kofranek. 1984. Evaluation of Lisianthus as a new flower crop. HortScience 19:845–847.

Han, T., E. Xu, L. Yao, B. Zheng, A. Younis, and Q. Shao. 2020. Regulation of flowering time using temperature, photoperiod and spermidine treatments in *Anoectochilus roxburghii*. Phytol. Mol. Biol. Plants 26:247–260. doi:10.1007/s12298-019-00742-9

Islam, N., G. G. Patil, and H. R. Gislerød. 2005. Effect of photoperiod and light integral on flowering of *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. Sci. Hort. 103:441–451. doi:10.1016/j.scienta.2004.06.018

Jackson, S. D. 2009. Plant responses to photoperiod. New Phytol. 181:517–531. doi:10.1111/j.1469-8137.2008.02681.x

Kahar, S. A. 2008. Effects of photoperiod on growth and flowering of *Chrysanthemum morifolium* Ramat cv. Reagan Sunny. J. Trop. Agric. Food Sci. 36:179–186.

Katsumoto, Y., M. Fukuchi-Mizutani, Y. Fukui, F. Brugliera, T. A. Holton, M. Karan, N. Nakamura, K. Yonekura-Sakakibara, J. Togami, A. Pigeaire, G. Q. Tao, N. S. Nehra, C. Y. Lu, B. K. Dyson, S. Tsuda, T. Ashikari, T. Kusumi, J. G. Mason, and Y. Tanaka. 2007. Engineering of the rose flavonoid biosynthetic pathway successfully generated blue-hued flowers accumulating delphinidin. Plant Cell Physiol. 48:1589–1600. doi:10.1093/pcp/pcm131

Keever, G. J., J. R. Kessler, and J. C. Stephenson. 2006. Night-interrupted lighting accelerates flowering of herbaceous perennials under nursery conditions in the southern United States. J. Environ. Hort. 24:23–28. doi:10.24266/0738-2898-24.1.23

Kim, Y. J. 2012. Growth and flowering of *Cymbidium* 'Red Fire' and 'Yokihi' in response to light intensi-

ty, temperature and nitrogen nutrition during night interruption forcing culture. Doctoral Dissertation. Department of Plant Science, Seoul National University. Seoul, Korea. 127 pp.

Kim, Y. J., D. J. Yu, H. Rho, E. S. Runkle, H. J. Lee, and K. S. Kim. 2015. Photosynthetic changes in *Cymbidium* orchids grown under different intensities of night interruption lighting. Sci. Hort. 186:124–128. doi:10.1016/j.scienta.2015.01.036

Liang, C. Y., K. P. Rengasamy, L. M. Huang, C. C. Hsu, M. F. Jeng, W. H. Chen, and H. H. Chen. 2020. Assessment of violet-blue color formation in *Phalaenopsis* orchids. BMC Plant Biol. 20:212. doi:10.1186/s12870-020-02402-7

Lin, J. A., H. Susilo, J. Y. Lei, and Y. C. A. Chang. 2019. Effects of fertilizer nitrogen shortly before forcing through flowering on carbon-nitrogen composition and flowering of *Phalaenopsis*. Sci. Hort. 252:61–70. doi:10.1016/j.scienta.2019.02.006

Lin, Y. S. and C. M. Yang. 2011. Using photoperiod to regulate the flowering period of flowers. Tech. Serv. Qrtly. Bul. 22(87):31–34. (in Chinese)

Lopez, R. G. and E. S. Runkle. 2006. Temperature and photoperiod regulate flowering of potted *Miltoniopsis* orchids. HortScience 41:593–597. doi:10.21273/HORTSCI.41.3.593

Owen, W. G., Q. Meng, and R. G. Lopez. 2018. Promotion of flowering from far-red radiation depends on the photosynthetic daily light integral. HortScience 53:465–471. doi:10.21273/HORTSCI12544-17

Paradiso, R., S. Fiorenza, and S. De Pascale. 2008. Light requirements for flowering of *Lisianthus*. Acta Hort. 801:1155–1160. doi:10.17660/ActaHortic.2008.801.140

Roh, M. S., A. H. Halevy, and H. F. Wilkns. 1989. *Eustoma grandiflorum*. p,322–327. *in*: Handbook of Flowering. Vol. VI. (Halevy, A. H., ed.) CRC Press. Boca Raton, FL. 770 pp.

Sakanishi, Y., H. Imanishi, and G. Ishida. 1980. Effect of temperature on growth and flowering of *Phalaenopsis amabilis*. Bull. Univ. Osaka Prefect., Ser. B Agric. biol. 32:1–9.

Taiz, L. and E. Zeiger. 1991. Plant Physiology. Benjamin/Cummings. Redwood City, CA. 565 pp.

Tatsuzawa, F., N. Saito, H. Seki, R. Hara, M. Yokoi, and T. Honda. 1997. Acylated cyanidin glycosides in the red-purple flowers of *Phalaenopsis*. Phytochemistry 45:173–177. doi:10.1016/S0031-9422(96)00802-3

Torres, A. P. and R. G. Lopez. 2011. Photoperiod and temperature influence flowering responses and morphology of *Tecoma stans*. HortScience 46:416–419. doi:10.21273/HORTSCI.46.3.416

Tsai, S. S. and Y. C. A. Chang. 2022. Plant maturity affects flowering ability and flower quality in *Phalaenopsis*, focusing on their relationship to carbon-to-nitrogen ratio. HortScience 57:191–196. doi:10.21273/HORTSCI16273-21

Tsao, C. Y., U. C. Chen, R. Y. Wu, T. Y. Wu, and C. N. Hsia. 2020. Polyploidization and selection of parents for improving breeding of blue-purple *Phalaenopsis*. J. Taiwan Agric. Res. 69:154–168. (in Chinese with English abstract) doi:10.6156/JTAR.202006_69(2).0005

Tuan, M. H. 2014. A review of plants' flowering physiology: The control of floral induction by juvenility, temperature and photoperiod in annual and ornamental crops. Asian J. Agric. Food Sci. 2:186–195.

van Tongerlo, E., W. van Ieperen, J. A. Dieleman, and L. F. M. Marcelis. 2021. Vegetative traits can predict flowering quality in *Phalaenopsis* orchids despite large genotypic variation in response to light and temperature. PLOS ONE 16:e0251405. doi:10.1371/journal.pone.0251405

Vaz, A. P. A., R. de C. L. Figueiredo-Ribeiro, and G. B. Kerbauy. 2004. Photoperiod and temperature effects on *in vitro* growth and flowering of *P. pusilla*, an epiphytic orchid. Plant Physiol. Biochem. 42:411–415. doi:10.1016/j.plaphy.2004.03.008

Walters, K. J., A. A. Hurt, and R. G. Lopez. 2019. Flowering, stem extension growth, and cutting yield of foliage annuals in response to photoperiod. HortScience 54:661–666. doi:10.21273/HORTSCI13789-18

Wang, S. L., K. K. Viswanath, C. G. Tong, H. R. An, S. Jang, and F. C. Chen. 2019. Floral induction and flower development of Orchids. Front. Plant Sci. 10:1258. doi:10.3389/fpls.2019.01258

Wang, W. Y., W. S. Chen, K. L. Huang, L. S. Hung, W. H. Chen, and W. R. Su. 2003. The effects of daylength on protein synthesis and flowering in *Doritis pulcherrima*. Sci. Hort. 97:49–56. doi:10.1016/S0304-4238(02)00128-0.

Wien, H. C. 2014. Screening ornamental sunflowers in the seedling stage for flowering reaction to photoperiod. HortTechnology 24:575–579. doi:10.21273/HORTTECH.24.5.575

Wu, G. L., H. E. Yong, Y. C. Wang, Y. Sun, and Z. J. Zhu. 2008. Diurnal changes of photosynthesis and chlorophyll fluorescence in *Cattleya* × *hybrida* and *Phalaenopsis amabilis* with different light intensities. J. Zhejiang Forest College. 25:733–738. (in Chinese with English abstract)

Wu, J. Y., T. F. Hsieh, C. Y. Tsao, and K. C. Chuang. 2022. Breeding of an indigo *Phalaenopsis* by

intergeneric hybridization: *Rhynchonopsis* Tariflor Blue Kid '1030-4'. Hortscience 57:489–490. doi:10.21273/HORTSCI15944-21

Wu, R. Y., C. Y. Tsao, K. C. Chuang, T. F. Hsieh, C. J. Tsai, Y. C. Yeh, Y. Yang, W. J. Hu, P. H. Sung, and Y. S. Lai. 2016. Development of new traits of *Phalaenopsis* by heterogeneous hybridization technology. p.41–55. *in*: Proceedings of the Symposium on Strategies of Phalaenopsis Breeding and Variety Management. September 21, 2016. Yunlin, Taiwan. Taiwan Agr. Res. Inst. Pub., Taichung. (in Chinese)

Xu, Q. Y. and S. L. Dai. 2004. Molecular breeding of blue flowers. Mol. Plant Breeding 2:93–99. (in Chinese)

Yamada, A., T. Tanigawa, T. Suyama, T. Matsuno, and T. Kunitake. 2011. Effects of red: Far-red light ratio of night-break treatments on growth and flowering of *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. Acta Hort. 907:313–318. doi:10.17660/ActaHortic.2011.907.51

Yuan, M., W. H. Carlson, R. D. Heins, and A. C. Cameron. 1998. Effect of forcing temperature on time to flower of *Coreopsis grandiflora*, *Gaillardia* × *grandiflora*, *Leucanthemum* × *superbum*, and *Rudbeckia fulgida*. Hortscience 33:663–667. doi:10.21273/HORTSCI.33.4.663

Study on Flowering Regulation of *Rhynchonopsis* Tariflor Blue Kid '1030-4' by Photoperiodism

Jung-Yi Wu[1,*], Yu-Wen Tsai[2], and Ting-En Dai[3]

Abstract

Wu, J. Y., Y. W. Tsai., and T. E. Dai. 2023. Study on flowering regulation of *Rhynchonopsis* Tariflor Blue Kid '1030-4' by photoperiodism. J. Taiwan Agric. Res. 72(2):151–160.

Indigo Phalaenopsis is rarely seen in the commercial market and just a few germplasm are available in the genus for indigo flower breeding. *Rhynchonopsis* Tariflor Blue Kid '1030-4' with a deep and nonfading blue color has been bred successfully by intergenic hybridization. The purpose of this study is to discuss the effect of photoperiod on the flowering of *Rhnps*. Tariflor Blue Kid '1030-4', and plan to regulate artificially the flowering period for commercial production. The results of the study showed that long-day treatments including extending day length (ED) and dark break (DB) could promote the early stalk emergence and flowering of *Rhnps*. Tariflor Blue Kid '1030-4'. Stalk emergence of plants treated with ED and DB were 45.5 d and 31 d earlier than natural day length (ND) treatment, respectively, and flowering time that was 34 d and 17 d earlier than control, respectively. ED has a better effect than DB on promoting stalk emergence and flowering. The number of flowers in the ED treatment (15.6 flowers) was significantly higher than that in the DB treatment (8.8 flowers) and control (ND) (5.9 flowers), however, there was no significant difference between DB and control. There was no significant difference in the flower diameter among the three treatments. The longest stalk (47.2 cm) in that of ED, followed by DB treatment (44.7 cm), while the shortest stalk of the control group (ND) was 37.2 cm. The inflorescence length also showed the same trend. The longest inflorescence (21.7 cm) in that of ED, followed by DB treatment (20.1 cm), while the shortest inflorescence appeared in the control (16.9 cm). The longest longevity of a single flower in ED was 20.1 d, followed by DB treatment (18.2 d), while the shortest longevity was 17.5 d.

Key words: Orchid, Daylength, Intergenus-hybridization, Flowering regulation.

Received: October 25, 2022; Acecepted: March 23, 2023.

* Corresponding author, e-mail: iris12@tari.gov.tw

[1] Associate Research Fellow and Chairperson of Environment Section, Floriculture Research Center, Taiwan Agricultural Research Institute, Yunlin, Taiwan, ROC.

[2] Project Assistant, Floriculture Research Center, Taiwan Agricultural Research Institute, Yunlin, Taiwan, ROC.

[3] Research Fellow and Division Director, Floriculture Research Center, Taiwan Agricultural Research Institute, Yunlin, Taiwan, ROC.