紅龍果光周性與萌芽物候期

國立嘉義大學園藝學系　江一蘆
臺灣大學園藝暨景觀學系　廖苑吟、楊雯如

摘　要

紅龍果屬長日植物，在北半球每年5-10月間可以萌生數批花苞，產期集中於夏季。其臨界日長約為12小時，因此春、秋分為營養生長與生殖生長之轉折。甫成熟的紅龍果枝條進入春分，開始感應長日訊息進入生殖生長，依次完成花芽誘導、呼喚及分化而萌生花苞。未成熟的幼嫩枝條無感應日長的能力。在台灣南部，甫成熟的枝條在春分後9週完成花芽呼喚萌生花苞。肉質莖上雖具有很多刺座，除遠軸端萌花的刺座外，其餘刺座雖完成花芽誘導、甚至呼喚後受頂芽優勢抑制，處於靜止狀態。進入秋分後，刺座若未即時完成花芽呼喚並且萌出花苞，則持續靜止至春分以後才恢復芽體生長並萌花，部分芽體也可能受低溫影響而死亡。秋分過後，在台灣南部11月中旬前給予暗中斷，遠軸端芽體可以恢復發育、萌生花苞。早春肇因於溫度太低產期調節常常失敗，建議在夜溫回升至高於15℃或者提高夜溫，暗中斷處理的效果才會穩定。

關鍵字：花芽誘導、花芽呼喚、暗中斷、春分、秋分

前　言

紅龍果(*Hylocereus* spp.)屬仙人掌科(Cactaceae)，原生於中南美洲熱帶森林內，枝條會生出許多不定根，使其攀附於樹木上，在發展成果樹作物後，很快便遍及熱帶及亞熱帶地區的國家，諸如馬來西亞、泰國、越南，台灣，中國大陸、以色列等(Nobel, et al., 2004)。紅龍果產期，一般於5至11月間，集中於夏季。依據Luders和McMahon(2006)資料指出，紅龍果屬於長日植物(long-day plant)，在北半球，紅龍果植株每年5-10月間可以萌生數批花苞。為了確認紅龍果於長日下的萌花狀況，顏和張(1997)結果指出，於9月至隔年3月間，栽植於塑膠棚內的*H. undatus*植株，藉由燈照處理，延長光週到22:00，可以促使植株在冬季萌花，但開花量不穩定。Khaimov and Mizrahi (2006)的延長日長處理，無法促使植株萌花，得到光週期不影響紅龍果開花的結論。雖然在台灣，冬季燈照進行產期調節已推廣應用，但仍無法穩定生

產冬果，並且學理上迄今也無明確的數據得以證實其光週性(photoperiodism)。本研究室藉由田間搭設遮光網室，縮短夏季光週期，並搭配冬季暗期中斷，證明其光週性；並從早春開始，每月以短截促使芽體的萌發，探討各類新生芽體萌發物候期以瞭解紅龍果的開花生理。此外，也藉由芽體發育的變化，瞭解冬季產期調節的瓶頸，以解決問題、穩定產期調節產量。

紅龍果光週性

北半球紅龍果(*Hylocereu* spp.)主要開花期在5月至10月間，臺灣始花期為5月底，9月至隔年5月抽梢。老枝條上的刺座，於春分過後的自然長日環境條件，可誘導花芽分化，花季期間平均每隔10至15天會萌生一批花苞，自露蕾起約15至20天開花。縮短夏季日長(8小時)可抑制枝條遠軸端的刺座萌生花芽，而且促使枝條近軸端抽梢；這些枝條在9月秋分至12月冬至間給予4hrs暗期中斷，可以促使花芽形成，且夏季短日所誘發的新梢，經暗中斷處理後，也可萌生異時花(圖1)。此外，2009年9月17日到10月1日之間的暗中斷足以造成對照組和暗中斷處理的差異，顯見紅龍果的對光週長反應靈敏，臨界日長可能介於12.25到11.9小時之間。由此推論，紅龍果為長日植物，以春、秋分的為生殖生長的轉折；秋分過後，日長低於12小時，未進入花芽分化階段的芽體，即使在頂芽優勢解除後，仍無法萌生花苞，在給予暗中斷處理後，芽體可以恢復分化而萌生花苞，我們的數據顯示，所有植株在處理後皆可萌生花苞，但反應產量及果實品質則需以整棵植株開花枝條比例來評估，可調整暗中斷時數及光強度來調整開花枝比例，藉由控制開花比例來維持果實品質。以色列緯度高於台灣10度，回春後溫度較低，7月才進入花期、花期結束時間與台灣相同；馬來西亞及印尼靠近赤道(北緯1-3度間)的地區，日長週年變化在12.25到11.9小時之間，紅龍果幾乎可週年萌花(個人觀察)。

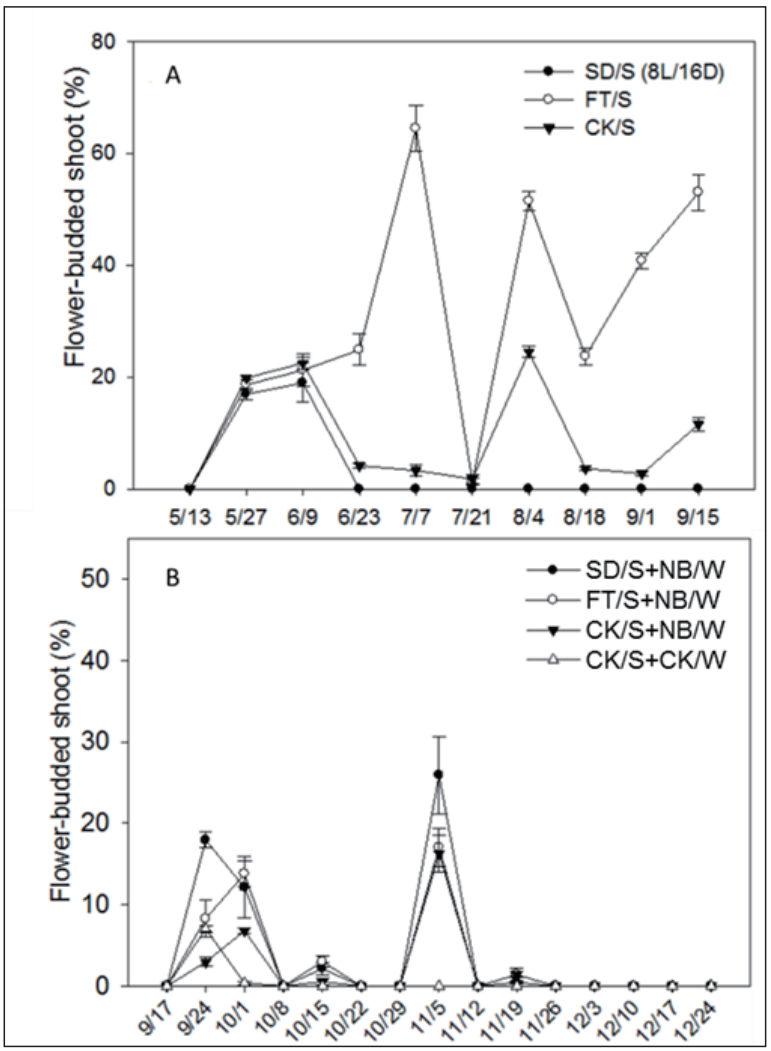


圖1、光周期對紅龍果花苞萌發的影響：(A)夏季短日(SD/S)及連續疏花(FT/S)處理的萌花率，對照組(CK/S)；(B)夏季處理之枝條在冬季給予暗中斷處理(NB/W)，冬季對照組(CK/W)。(數據摘自HORTSCIENCE 47(8):1063–1067. 2012)

Fig. 1. The photoperiodic response of floral bud formation in red pitaya: (A) shortening daylength (SD/S) and continuous floral bud thinning (FT/S) treatments in summer; (B) four hours of night-breaking treatment (NB/W) in winter. The summer and winter treatments were applied from 2 June to 2 Sep. 2009 and 17 Sep. to 21 Dec. 2009, respectively. The control plants (CK) did not receive any treatment. (Abstracted from HORTSCIENCE 47(8):1063–1067. 2012)

芽體發育程度與萌動速率

成熟的紅龍果枝條在進入春分後，開始感應長日訊息，完成花芽誘導、呼喚，爾後進入花苞分化及發育。短截處理可以去除枝條頂芽優勢，促使刺座迅速萌動，3月到5月之間典型枝條(S)、部分呼喚型枝條(PS)、部分呼喚型花苞(PF)，及典型花苞(F)同時出現，其中4月29日之前S及PS比例較高、在5月27日之後PF及F比例較高、且5月27日才算是第一批次F的正式開始、PF比例急速下降(圖2)，由此推論在南台灣，春分後9週為花芽呼喚完成的時間。此外，在春分後以CPPU促使芽體萌動，也獲得相近的結果。仙人掌花在頂芽轉變為花芽前，會先分化很多苞片，隨著苞片的增加，外觀上也會漸漸將膨大，據此芽體分四級(0-3)，營養芽為0級、萌生花苞前3級，由1-2級萌動的芽體會產生PS及PF，3級芽體則萌生出F。紅龍果枝條上的芽體在經過長時間夏季長日誘導，芽體已經完成花芽誘導，可以進入苞片分化的膨大階段，在進入秋分後，未達分化程度3級的花苞，仍可繼續分化，不受短日的影響，但花苞的萌發仍須長日，僅暗中斷處理者，可以萌花。

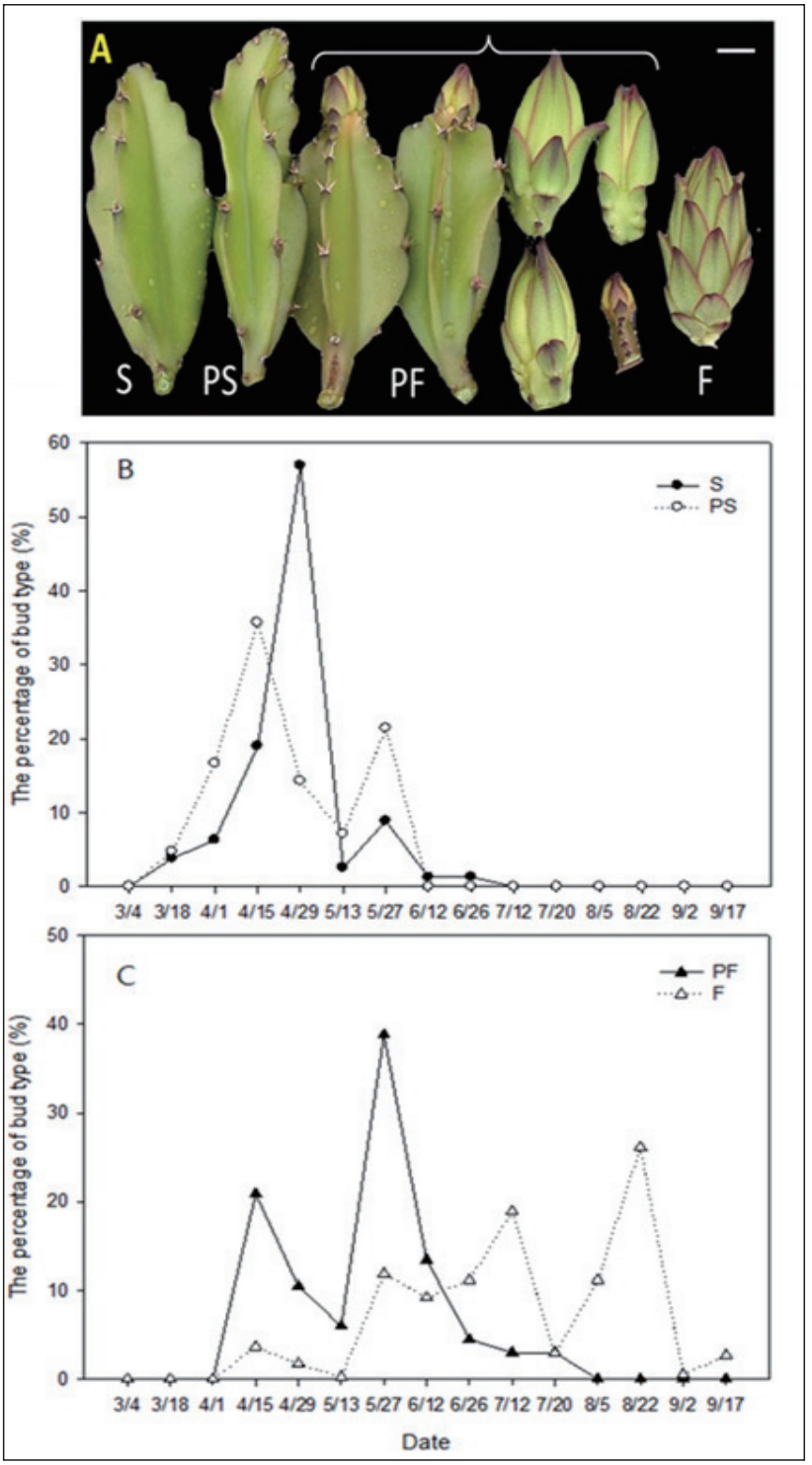


圖2、(A)春季萌發的四種紅龍果芽體；(B)正常枝條及部分呼喚型枝條的物候期；(C)正常花苞及部分呼喚型花苞的物候期。(數據摘自J. Taiwan Soc. Hort. Sci. 61(1):45-54, 2015)

Fig. 2. (A) The four types of pitaya buds emerged in the spring; (B) Normal shoot and Partial evocation shoot, (C) Normal flower and Partial evocation flower. S: normal shoot, PS: partial evocation shoot, PF: partial evocation flower, F: normal flower. (Abstracted from J. Taiwan Soc. Hort. Sci. 61(1):45-54, 2015).

苞的萌發仍須長日，僅暗中斷處理者，可以萌花。

暗期中斷施行時機

秋季每日暗中斷處理6小時，4周即有88%枝條萌花(表1)，且第一批次萌花中以分化程度高之芽體萌花枝率較高；為顧及果實品質及能源利用效率，降低暗中斷時數以維持50%枝條來花，可獲得較高品質的果實，既節省能源又可避免果實過小。冬季暗中斷處理3個月後萌花枝條率也可達88%(表1)，由於發育程度較高的芽體，對低溫較為敏感，在2月7日前多數死亡，多數花苞由發育程度較高的芽體在3月27日萌發，花期較為集中。在2月7日前芽體的萌動速率不明顯，從2月19日後變動速率加快；由於試驗期間的日溫及光強度都適合紅龍果生長，所不同者2月7日前夜溫多數低於15℃，2月19日後夜溫開始上升且鮮少低15℃，由此推論臺灣南部冬季暗中斷效果不穩定的原因可能肇因於低夜溫，因此建議若必要實行暗中斷處理，在2月中旬後開始

表1.紅龍果(*H. polyrhizus*)2011年春、秋季暗期中斷(NB)之抽梢與萌花。(數據摘自HORTSCIENCE 47(8):1063–1067. 2012)

Table 1. The effect of night-breaking treatment on the sprouting and flowering of H. sp. in the non-inductive period of 2011. (Abstracted from HORTSCIENCE 47(8):1063–1067. 2012)

	Accumulative percentage[z]		Average number[y]	
	Sprouting shoot (%)	Flower -budded shoot (%)	Sprout	Floral bud
	27/12/2010 – 20/3/2011			
NB	58.3±9.8 b	88.3±8.1 a	3.2±0.4 a	2.6±0.3 a
CK	98.3±1.6 a	0.0±0.0 b	3.1±0.4 a	0.0±0.0 b
	14/10/2011 – 10/11/2011			
NB	6.7±4.9 a	88.3±5.0 a	0.4±0.2 b	3.4±0.2 a
CK	21.7±6.8 a	0.0±0.0 b	2.1±0.5 a	0.0±0.0 b

[z] Total sprouting (flower-budded) shoot number / total shoot number

[y] Total sprout (floral bud) number / total sprouting (flower-budded) shoot.

處理，較符合經濟效應。具此推論，台灣南部在3月13日處理2週即大量來花。

結　論

綜合研究成果，我們認為紅龍果屬於長日植物(long-day plant)，在熱帶及亞熱帶交界的環境下，光週期試驗結果推估紅龍果的臨界日長(Critical daylength)約為12小時，剛好可以春(秋)分作為生長的轉換時間，春分後日長漸長於12小時以上，植株進入生殖生長，秋分後日長漸短於12小時，植株轉變為營養長生長而抽梢。在冬季紅龍果會自然萌發3稜的典型枝條(S)，於春夏交會之際則可見部分呼喚型枝條(PS)與部分呼喚型花苞(PF)，於4月中旬後典型花苞(F)開始萌發，在5月下旬過後則鮮少萌生枝條與部分呼喚型芽體，大都為典型花苞，由此推論在南台灣，於春分後完成花芽呼喚的時間大約需要9週。秋分後成熟枝條給予暗中斷處理可促使花芽萌發，在夜溫高於15℃以上，燈照4週可大量來花，夜溫低於15℃以下則芽體發育停頓，直到溫度回升後才恢復生長並萌花。

引用文獻

1.顏昌瑞、張鳳如. 1997.仙人掌紅龍果(*Hylocereus undatus Britt. & Rose*)之產期調節. 提升果樹產業競爭力研討會專輯III:163-170.

2.Jiang, Y., Y. Liao, T. Lin, C. Lee, C. Yen and W. Yang. 2012. The photoperiod-regulated bud formation of red pitaya (Hylocereus sp.). HortScience 47:1063-1067.

3.Jiang, Y. and W. Yang. 2015. The effects of heavy shading and flowering thinning in summer on off-season production in red pitaya (*Hylocereus sp.*). J. Taiwan Soc. Hort. Sci.) 61(2):69-77

4.Khaimov, A. and Y. Mizrahi. 2006. Effects of day-length, radiation, flower thinning and growth regulators on flowering of the vine cacti Hylocereus undatus and Selenicereus megalanthus. J. Hort. Sci. Biotechnol. 81:465–470.Nerd, et al., 2002

5.Luders, L and G. McMahon. 2006. The pitaya or dragon (*Hylocereus undatus*). Agnote 778, No. D42. Northern Territory Government.

6.Nobel, P. S. and E. De La Barrera 2004. CO_2 uptake by the cultivated hemiepiphytic cactus, Hylocereus undatus. Ann. Appl. Biol. 144:1-8

Pitaya photoperiodism and reproductive phenology

Yi-Lu Jiang[1], Yuan-Yin Liao[2] and Wen-Ju Yang[2]*

[1] Department of Horticulture, National Chiayi University.

[2] Department of Horticulture and Landscape Architecture, National Taiwan University.

Abstract

Pitaya is a long-day plant, which flowers in several flushes between May and October and produces fruits mainly in summer in the Northern Hemisphere. The critical day length of red pitaya was observed to be approximately 12 h, suggesting that the two switches between inductive and noninductive periods for red pitaya occur at the vernal and autumnal equinoxes, respectively. The immature shoots are not competent to response to the stimulus of long day length. In southern Taiwan, the newly matured shootsturn into reproductive phase through floral induction, evocation, differentiation and finally emergefloral buds about 9 weeksafter vernal equinox. Because of apical dormancy, numerous other areoles, except those that flowered, rested despite having already been exposed to adequate long-day length.After the autumnal equinox, the rested buds were unable to emerge as floral buds before the subsequent vernal equinox, and some of them did not survive the cold season. The induced but rested buds at the distal end may develop into floral buds if the NB treatment is applied in before middle November.According to the data of bud transformation and temperature variation in a winter trial in Southern Taiwan, a night temperature lower than 15 °C may limit bud development. Therefore, we concluded that NB treatment should be applied after mid-February in Southern Taiwan, when the minimum temperature seldom drops lower than 15 °C.

Key words: floral induction, floral evocation,night-breaking, vernal equinox, autumnal equinox.