

環控設施內低溫誘導草莓‘豐香’ 花芽分化之解剖觀察

鄔家琪* 顏玉航 楊証閔

國立宜蘭大學園藝學系

摘要

短日下草莓花芽的分化需要以低溫誘導。為了明瞭在環控設施內草莓‘豐香’花芽誘導所需的溫度與時間，以 20/17°C 與 17/14°C 二種日/夜 溫處理，觀察花芽分化的解剖構造。結果顯示‘豐香’在日/夜 溫 20/17°C、日長 10 小時生長箱中，約 10 天才能進入花芽分化期，12 天進入花序分化期，20 天完成花芽分化；而在日/夜 溫 17/14°C、日長 10 小時生長箱中，僅需約 8 天即能進入花芽分化期，12 天進入花序分化期，18 天完成花芽分化。草莓植株在 17/14°C 下頂端分生組織轉為花芽開始分化的時間較在 20/17°C 下約可提早 2 天。

關鍵詞：草莓，花芽分化，溫度，解剖

Anatomical Study on Inducing Floral Differentiation of Strawberry ‘Toyonoka’ with Low Temperature in Controlled Growth Chamber

Chia-Chyi Wu* Yu-Hang Yen Cheng Min Yang

Department of Horticulture, National Ilan University

Abstract

Floral differentiation of strawberry is induced by low temperature in short daylength. The effect of low temperature on floral differentiation of strawberry ‘Toyonoka’ was observed through microscope. The plants were grown in controlled growth chamber at day/night temperature 20/17°C and 17/14°C, day-length 10 hours for 20 days. Under 20/17°C, the flower buds were initiated in 10 days, inflorescence differentiated in 12 days, and flower differentiation completed in 20 days. However, under 17/14°C, the flower buds were initiated in 8 days, inflorescence differentiated in 12 days, and flower differentiation completed in 18 days. The duration of apical meristem induced to floral initiation was 2 days earlier at 17/14°C than at 20/17°C.

Key words: strawberry, floral differentiation, temperature, anatomy.

*Corresponding author, e-mail: angwu@niu.edu.tw

前言

草莓 (*Fragaria xananassa* Duchesne) 是高經濟價值之園藝作物，性喜冷涼氣候，臺灣地區以冬季栽培為主，一般約 9 月中旬至 10 月上旬定植，10 月下旬至 11 月上旬開花，12 月上旬開始採收，產期為 12 月至隔年 4 月。由於草莓從定植到收穫時間為二個月，且草莓苗須經低溫處理，才能在種植後短時間內開花結果；而臺灣地區育苗期為 4-9 月，正值夏季高溫，無法滿足植株花芽分化所需之低溫。為了增加初期產量，常將草莓苗移至高海拔地區，以便有足夠的低溫刺激花芽分化，以調節產期。但此時也是梅雨、颱風期，植株極易受天災損害。近年由於環控技術進步，利用調控環境來繁殖與栽培作物成為一新興趨勢，其可於植物不同生長期，提供最適合均一的溫度與光環境等環境調節產期，亦可減少病蟲害、天災等不良環境對作物的影響，同時可利用多層架栽培，節省栽培空間，增加單位面積產量。因此本試驗於環境調控之設施中解剖觀察低溫誘導草莓花芽分化所需日數，作為提早草莓採收期、提高早期產量以調節產期的依據。

材料方法

植物材料

以草莓‘豐香’為材料，收集母株長出之匍匐莖，待匍匐莖上的子株略發根且展開第 1 片葉，即假植在 3 吋盆中，於宜蘭大學溫室中生長，植株皆展開 4 片葉時，開始進行試驗。

試驗處理

選取生長整齊一致的草莓植株，置於生長箱中，溫度處理參考張等(2007)。

(1)試驗材料於 2010 年 4 月 7 日以日/夜 溫 20/17°C、日長 10 小時處理，於 8 天、10 天、12 天、14 天、16 天、18 天、20 天觀察草莓花芽分化情形。每處理天數 4 重複。

(2)另批試驗材料於 2010 年 7 月 14 日以日/夜 溫 17/14°C、日長 10 小時處理，於 6 天、8 天、10 天、12 天、14 天、16 天、18 天、20 天觀察花芽分化情形。每處理天數 4 重複。

草莓花芽分化觀察

自試驗處理 8 天開始，每隔 2 天取出草莓植株 4 株，除葉後，切取莖頂生長點，放入固定液中，接著進行脫氣、滲蠟、埋蠟、切片等步驟。切片的厚度為 10 μ m，製成組織切片在顯微鏡下觀察，並以數位相機拍攝。

切片製作

切片製作流程為參考蔡 (1975) 方法。草莓植株除去葉片後，取莖頂生長點放於固定瓶至少兩天，固定液為福馬林、冰醋酸和 50% ~70%酒精。之後放入真空抽氣機抽氣 12 小時，再以第三丁醇 (t-butanol)、95%酒精和水混合比例之混合液 (Tertiary-Butyl alcohol, TBA) 脫水，TBA 的第三丁醇濃度為 10%、20%、35%、55%、75%和 100%，從 10%開始，每隔 2 小時換至較高濃度，最後 100%時放置 8 ~12 小時。接著在 60°C 烘箱內進行滲蠟，在固定瓶內放上紙橋，將滲蠟的小蠟塊放於上面，大約分五、六次慢慢滲入組織內。滲蠟完畢後，開瓶放置烘箱內，使第三丁醇全部揮發。滲蠟完成之組織以新蠟：舊蠟 1:1 進行埋蠟，埋好之蠟塊置於冰箱，次日切片，將蠟塊切成適當大小，固定在木塊上，以切片機切成 10 μ m 厚度之長條，放在載玻片上，並進行染色和脫水，用二甲苯將蠟帶溶解後，再由高濃度酒精漸次將材料放進染劑內染色，染色結束後，用巴爾森液封片，並蓋上蓋玻片。待玻片乾燥後，於顯微鏡下觀察。

結果與討論

典型草莓花芽分化過程主要分成 8 個時期，為分化始期、分化後期、花序分化期、萼片分化期、花瓣形成期、雄蕊形成期、雌蕊形成期及雌蕊大量形成期(張等,2007)。本試驗結果顯示日/夜 溫 20/17°C 處理 8 天後草莓的生長點仍呈平坦狀況 (圖 1A)，此時處於未分化的階段，尚未進入分化期。但在處理後 10 天，莖頂生長點變得寬闊平坦略有突起 (圖 1B)，開始有花芽分化情形，應為分化始期。處理 12 天後在突起的莖頂生長點兩側分化出 1 或 2 個退化的幼葉，在其腋部產生突出，形成二級花序原基 (圖 1C)，兩側冒出小花芽，圖左邊的花芽頂端為圓形，是花序的部份，應已進入花序分化期。處理 14 天後 (圖 1D)，生長點上有明顯花的形成，從頂端花序兩旁，兩片托著花序的是花瓣，花瓣上有明顯突起物，故為雄蕊開始形成的階段。圖 1E 處理 16 天的莖頂生長點切片中，花器的發育更長更加明顯，花朵的體積也越來越大。圖 1F 顯示處理 18 天的草莓莖頂生長點，除了雄蕊發育得相當完整，在花序上雌蕊並沒有特別明顯發育的情形，但是整個花芽的體積已逐漸變大。經過 20 天處理，從莖頂生長點可觀察花序上已經長滿雄蕊與雌蕊 (圖 1G)，進入雌蕊大量分化期，其為花芽分化的最後階段。草莓‘豐香’在日/夜 溫 20/17°C、日長 10 小時生長箱中，約 10 天才能進入花芽分化

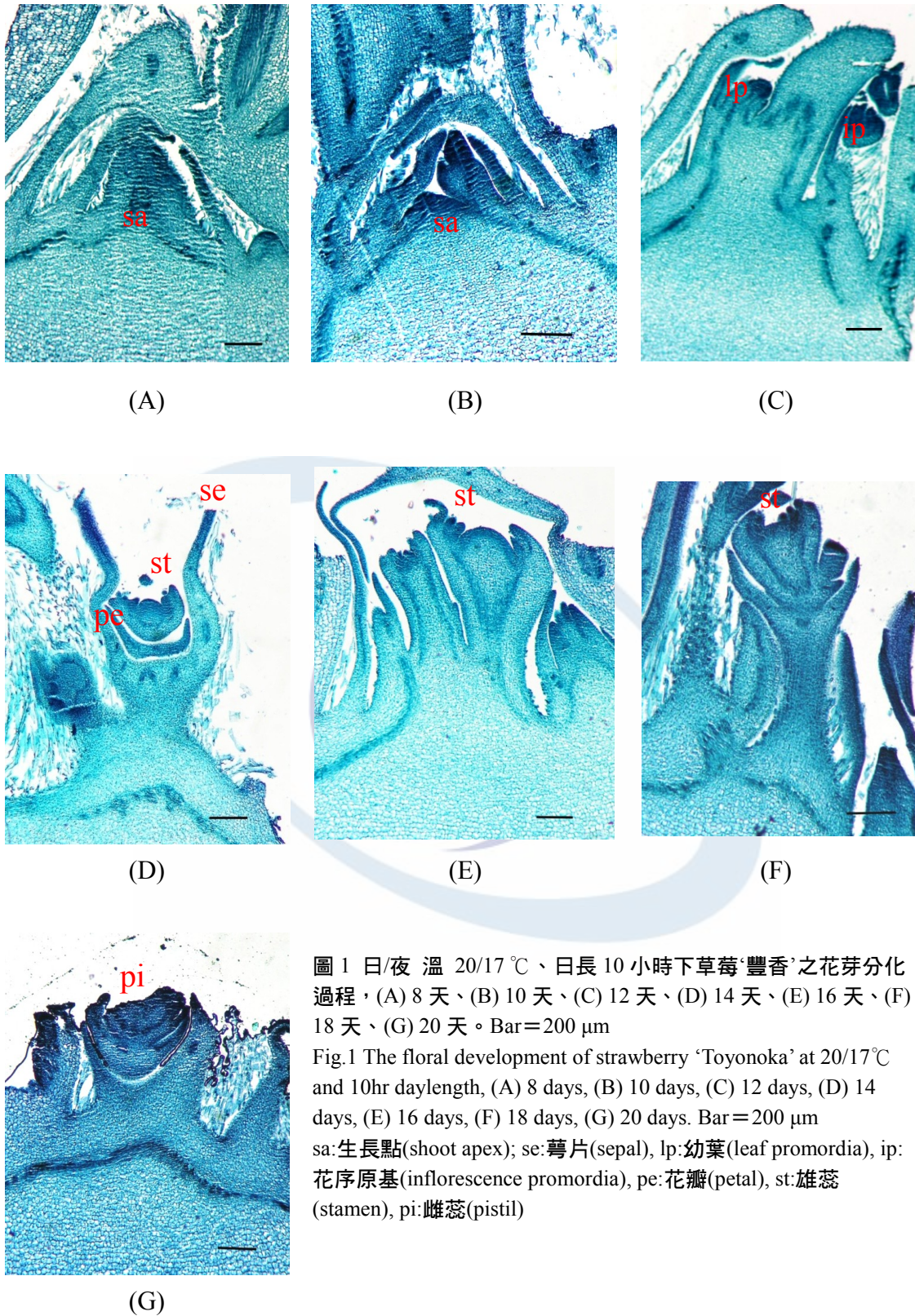


圖 1 日/夜 溫 20/17 °C、日長 10 小時下草莓‘豐香’之花芽分化過程，(A) 8 天、(B) 10 天、(C) 12 天、(D) 14 天、(E) 16 天、(F) 18 天、(G) 20 天。Bar=200 μm

Fig.1 The floral development of strawberry ‘Toyonoka’ at 20/17°C and 10hr daylength, (A) 8 days, (B) 10 days, (C) 12 days, (D) 14 days, (E) 16 days, (F) 18 days, (G) 20 days. Bar=200 μm
sa:生長點(shoot apex); se:萼片(sepal), lp:幼葉(leaf promordia), ip:花序原基(inflorescence promordia), pe:花瓣(petal), st:雄蕊(stamen), pi:雌蕊(pistil)

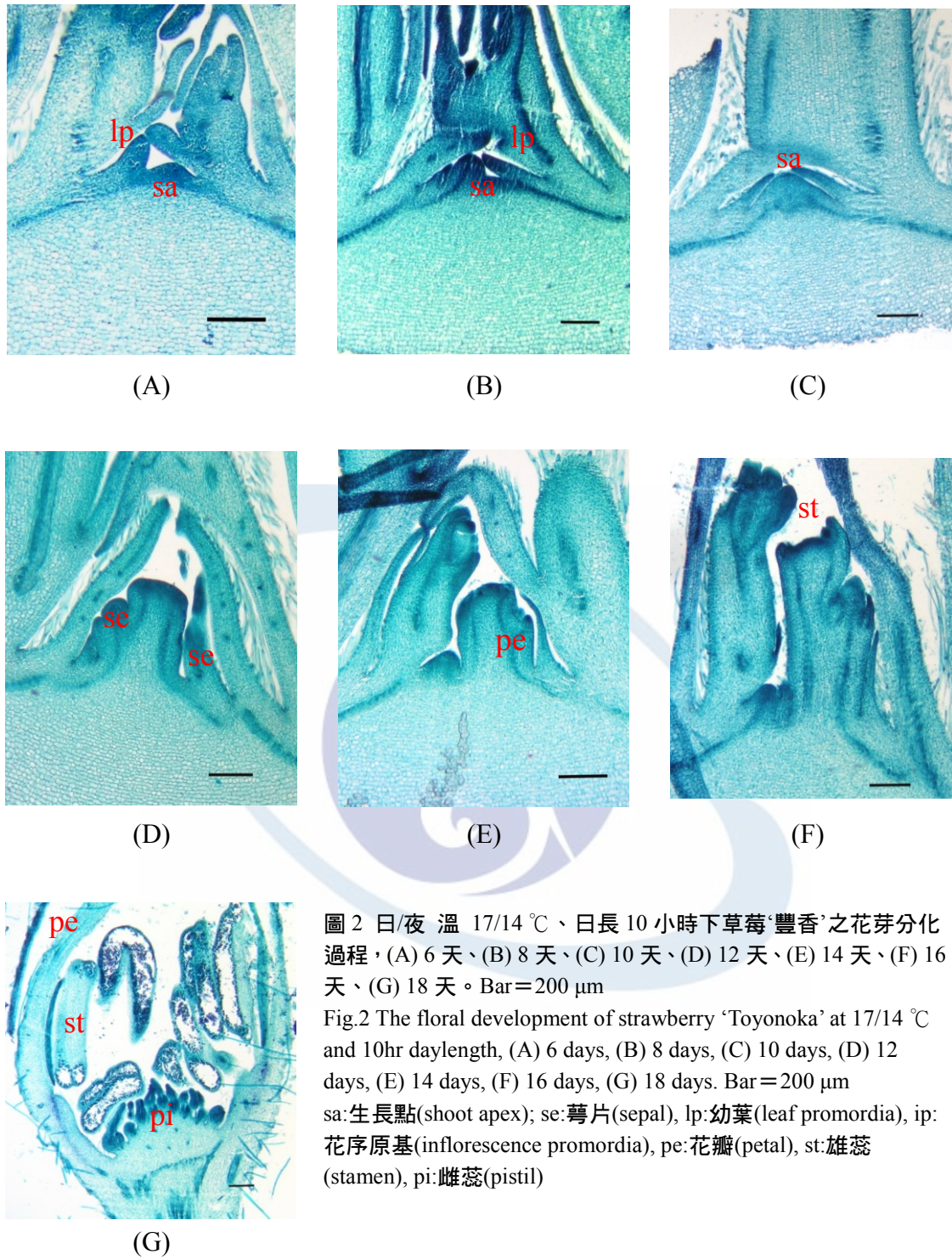


圖 2 日/夜 溫 17/14 °C、日長 10 小時下草莓‘豐香’之花芽分化過程，(A) 6 天、(B) 8 天、(C) 10 天、(D) 12 天、(E) 14 天、(F) 16 天、(G) 18 天。Bar=200 µm

Fig.2 The floral development of strawberry ‘Toyonoka’ at 17/14 °C and 10hr daylength, (A) 6 days, (B) 8 days, (C) 10 days, (D) 12 days, (E) 14 days, (F) 16 days, (G) 18 days. Bar=200 µm
sa:生長點(shoot apex); se:萼片(sepal), lp:幼葉(leaf promordia), ip:花序原基(inflorescence promordia), pe:花瓣(petal), st:雄蕊(stamen), pi:雌蕊(pistil)

期，12 天進入花序分化期，20 天完成花芽分化。

‘豐香’草莓在日/夜溫 17/14°C、日/夜長 10/14 小時生長箱中，經過 6 天低溫處理，可以觀察到莖頂生長點組織緻密，被幼葉包被，其上有一個明顯的幼葉原基，並不斷分化出新的葉原基 (圖 2A)，此時尚未有花芽分化。處理 8 天後草莓莖頂生長點兩側有兩片苞葉包覆著中間的生長點，並向上突出，衝破包被的幼葉 (圖 2B)，應是進入花芽分化期。低溫處理 10 天後莖頂生長點變得寬闊並更加明顯突起 (圖 2C)，顯示已經進入花芽分化後期。低溫處理 12 天的莖頂生長點頂端逐漸變寬大，並在周圍出現突起之萼片原基 (圖 2D)，顯示由花序分化期進入萼片分化期。低溫處理 14 天的生長點，萼片原基內側產生花瓣原基 (圖 2E)，低溫處理 16 天，在花瓣原基內側已產生雄蕊原基 (圖 2F)，進入雄蕊形成期。低溫處理 18 天，雌蕊大量在花芽內形成，並在花藥下方產生一些珠狀突起為雌蕊 (圖 2G)，雌蕊發生順序為自花的外緣向中心逐步形成，雌蕊並已佈滿花托，此為雌蕊大量形成後期。經過 20 天低溫處理的草莓有明顯的花芽生成，且已有花芽抽出。在日/夜溫 17/14°C、日長 10 小時生長箱中，草莓‘豐香’約 8 天即能進入花芽分化期，12 天進入花序分化期，18 天完成花芽分化。

草莓花芽的形成與光週期及溫度關係極為密切與複雜 (Hancock, 1999)。一般草莓花芽的形成主要與短日低溫有關 (Guttridge, 1985; Taylor, 2002)。雖然花芽的形成與光週期關係密切，但即使在短日下，溫度愈高，開花愈受到抑制 (Verheul et al., 2006, 2007)。在低溫下，草莓通常對光週不敏感或低溫可取代光週之效應 (Battey et al., 1998; Hancock, 1999)。現在臺灣草莓的栽培品種對於溫度的敏感度高於光週，其中短日型品種對溫度的敏感度高於中日型品種。但是誘發花芽分化所需低溫的程度與低溫刺激的時間是在栽培上值得探討的問題。‘豐香’在日本被稱為早生短日型草莓 (Mochizuki and Okimura, 1995)，即在日長短於 13 小時，平均溫度 25°C 即可花芽分化 (郭等, 2010)。但在本試驗中仍可發現‘豐香’植株在 17/14°C 下花芽開始分化的時間較放置在 20/17°C 下約可提早 2 天。一般以當植株感受到低溫刺激、生長點開始肥大、葉芽分化暫時停止為花芽分化期 (侯等, 2004)。張等(2007)表示草莓花芽分化可能有一個臨界期，在臨界期前，如果出現不利花芽分化的條件如高溫長日，則花芽分化會暫時被抑制或逆轉，而提出花序分化期可能是草莓花芽分化的臨界期。因此在日/夜溫 17/14°C、日長 10 小時下，至少需要 12 天才能通過草莓花芽分化臨界期，進入穩定的開花階段，18 天低溫短日處理應是草莓苗從營養生長

提早進入生殖生長之有效措施。而更低溫的環境可否使草莓花芽提早分化則尚須進一步研究。

結 論

低溫短日處理能促使草莓從營養生長進入生殖生長。草莓‘豐香’植株在 17/14°C 下花芽開始分化的時間較 20/17°C 下約可提早 2 天，可於 8-10 天進入花芽分化期，12 天進入花序分化期，18-20 天完成花芽分化。

誌 謝

本研究承蒙園藝學系張允瓊老師慨借儀器設備，謹致謝忱。

參考文獻

- 侯智霞、黃衛東、孔維府. 2004. 赤霉素處理影響草莓成花的解剖學研究. 農業生物技術科學 20(3):26-29.
- 郭懷恩、阮素芬、李金龍、陳右人. 2010. 繁殖方法對桃園三號草莓母株開花與走莖形成之影響. 台灣園藝 56:11-19.
- 張志宏、孫乃波、高秀岩、杜國棟、李賀. 2007. 草莓花芽特性及提早花芽分化措施的研究. 中國果樹 6:22-24.
- 蔡淑華. 1975. 植物組織切片技術概要. 茂昌圖書有限公司. 台北. 台灣.
- Battey, N. H., P. L. Miere, A. Tehranifar, C. Cekic, S. Taylor, K. J. Shrivies, P. Hadley, A. J. Greenland, J. Darby, and M. J. Wilkinson. 1998. Genetic and environmental control of flowering in strawberry. p.111-131. In: K. E. Cockshull, D. Gray, G. B. Seymour, and B. Thomas (eds.). Genetic and Environmental Manipulation of Horticultural Crops. CAB International, New York.
- Guttridge, C. G. 1985. *Fragaria* × *ananassa*. pp.16-33. In: A. H. Halvey (ed.). CRC Handbook of Flowering. Vol. III CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Hancock, J. F. 1999. Strawberries. CAB International, Wallingford, UK.
- Mochizuki, T. and M. Okimura. 1995. Recent trends on strawberry cultivars and production technology in Japan. Acta Hort. 761: 107-114.
- Taylor, D. R. 2002. The physiology of flowering in strawberry. Acta Hort. 567: 245-251.
- Verheul, M. J., A. Sonstebly, and S. O. Grimstad. 2006. Interaction of photoperiod, temperature, duration of short-day treatment and plant age on flowering of

Fragaria ×ananassa Duch. cv. Korona. Sci. Hortic.
107:164-170.

Verheul, M. J., A. Sonsteby, and S. O. Grimstad. 2007.
Influences of day and night temperature on
flowering of *Fragaria ×ananassa* Duch. cv. Korona.
Sci. Hortic. 112:200-206.

99年11月9日投稿
100年4月10日接受

