

無子桶柑花粉發芽及花粉管生長行為觀察¹

施伯明²

摘 要

果實無子為柑橘優良性狀，本試驗調查無子桶柑 (*Citrus. tankan* Hayata) 花粉萌芽及自花授粉與異花授粉後花粉管生長情形，探討桶柑無子化可能機制。無子桶柑花粉體外及體內發芽率分別為 10.7% 及 39.5%，低於海梨柑 (*C. tankan* Hayata f. *hairi* Hort.) 及茂谷柑 (*C. reticulate* Blanco × *C. sinensis* Osbeck)；自花授粉後第 3 日花粉管進入花柱，愈接近花柱基部花粉管愈少，授粉後第 7 日少數到達花柱基部，花粉管進入子房後呈現扭轉且管內胼胝質塞不規則出現，未觀測到進入珠孔；授海梨柑花粉後，花粉管進入花柱數量較多，授粉後第 5 日已到達花柱基部，但進入子房後亦出現生長異常，僅少數花粉管進入珠孔。本試驗結果顯示，無子桶柑並非完全雄不稔，無子原因可能與自交不親合或胚珠及胚囊對花粉管未產生誘導作用有關。

關鍵字：柑橘、雌不稔性、雄不稔性、自交不親合

前 言

柑橘是全球栽培面積最大的果樹種類，其中無子品種因食用及加工方便，愈來愈受到消費者青睞及加工業者重視，為國際柑橘貿易上重要品項 (FAOstat, 2013)。柑橘無子果實主要為單偽結果配合雌雄配子無法正常結合而產生，而若胚及胚乳發育過程中敗育，亦可生產無子果實。影響雌雄配子結合原因一般分為環境及遺傳因素，後者可穩定生產無子果實，主要包含自交不親合、雄不稔及雌不稔等，而若胚珠壽命太短，亦有機會形成無子果實 (Mesejo *et al.*, 2007；Vardi *et al.*, 2008)。自交不親合性為雌雄蕊發育正常，且形成正常配子，但授粉後花粉無法順利發芽，或發芽後花粉管生長不良，而無法完成受精；雄不稔性為花藥退化或無法產生正常有功能花粉，通常

¹ 行政院農業委員會桃園區農業改良場研究報告第 495 號。

² 桃園區農業改良場助理研究員(通訊作者, lithops@tydais.gov.tw)。

為染色體異常；而雌不稔性則為雌蕊、胚囊或珠被等發育異常而無法受精（肖等，2009；Gambetta *et al.*, 2013；Hu *et al.*, 2007）。這些特性具程度上之差異，且可能同時存在，例如臍橙 [*C. sinensis* (L.) Osbeck] 及溫州蜜柑 (*C. unshiu* Marcovitch) 因同時具高度雄不稔及雌不稔性，加上單偽結果能力強，因此能生產高比例的無子果實（Yamamoto *et al.*, 1995）。

桶柑為臺灣重要年節果品，栽培面積約 3,175 公頃，主要種植於新竹縣、苗栗縣及台中市（行政院農業委員會，2016），一般可分為普通桶柑、高牆桶柑、海梨柑及六月桶柑等 4 個品系，而無子桶柑為高牆桶柑芽條變異而來，因品質優良且無子，成為目前主要栽培柑橘種類（呂，2002）。目前已知桶柑無子化可能與花粉（呂和陳，1995；徐，2003）及胚囊（呂和陳，1997）發育過程出現異常有關，但授粉後至受精過程中花粉管生長行為是否影響種子形成，則相關研究較少，本試驗比較無子桶柑花粉與其他多子品種花粉萌芽差異，並觀察無子桶柑自花授粉及異花授粉後花粉管生長情形，探討桶柑無子化可能機制。

材料與方法

一、花粉收集

以桃園區農業改良場新埔工作站無子桶柑、海梨柑及茂谷柑為材料，其中海梨柑及茂谷柑亦為臺灣北部主要栽培柑橘，兩者屬於多子品種（系），所有試驗植株皆以酸橘 [*C. sunki* (Hayata) hort ex. Tanaka] 為砧木。於盛花時各選擇 4 株生長良好植株，每株取帶葉單花枝上接近開放花苞 40 朵，將花藥放入含乾燥劑密封盒，置 25℃ 促花藥開裂，24 h 後收集花粉進行發芽觀察及人工授粉。

二、花粉發芽觀察

(一) 體外發芽

將花粉置含 BK 培養基（Brewbaker and Kwack, 1963；agar 1%、sucrose 10%、 H_3BO_3 100 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 300 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $\text{MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 200 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 及 KNO_3 100 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ）載玻片，24 h 後，於光學顯微鏡（Nikon Eclipse ci, Japan）觀察，以花粉管萌發長度大於花粉粒直徑者認定為已發芽，每品種（系）4 重複，每重複 4 片玻片，每玻片觀察 6 處未重疊視野，計算花粉總數與花粉萌發之個數，換算

百分比為花粉發芽率。

(二) 體內發芽

選擇 4 株 15 年生生長良好無子桶柑，每株標示帶葉單花枝上花開前 1 天花苞 30 朵，進行除雄及套袋，第 2 日以前述收集之無子桶柑、海梨柑及茂谷柑花粉進行人工授粉，每株每種花粉分別授 10 朵花，授粉後進行套袋避免其他花粉傳入，24 h 後進行花粉萌發觀察。

三、自花及異花授粉

於盛花時選擇 4 株 15 年生生長良好無子桶柑為 4 重複，每株標示帶葉單花枝上花開前 1 天花苞 56 朵，進行除雄及套袋，第 2 日以前述收集之無子桶柑及海梨柑花粉進行自花及異花授粉，每株每種花粉分別授 28 朵花，授粉後進行套袋避免其他花粉傳入，於授粉後第 1、2、3、5、7、9 及 11 日進行取樣，每次每株每授粉品系取 4 朵花，進行花粉萌發及花粉管生長觀察。

四、花粉萌發及花粉管生長觀察

將待觀測花以 F.A.A. (formalin 5 mL : glacial acetic acid 5 mL : 70% ethanol 90 mL) 固定 4 h 後，以蒸餾水浸泡 3 次 (每次 1 h) 去除固定液，放入 2N NaOH 置 65°C 2 h，再以 0.1% aniline blue (溶於 0.1N K₃PO₄) 置 4°C 遮光環境染色 24 h 後，以螢光顯微鏡 (Olympus BX51, Japan) 觀察花粉萌發及花粉管生長情形，以花粉管萌發長度大於花粉粒直徑者認定為已發芽，計算花粉發芽率，每朵花至少觀察 300 個花粉，花粉管生長以該樣品最長花粉管占花柱長度比例為其生長長度 (Distefano *et al.*, 2009)。

結果與討論

一、花粉發芽率

無子桶柑、海梨柑及茂谷柑花粉經體外培養 24 h，以海梨柑發芽力最高，為 56.7%，無子桶柑花粉發芽力最低，為 10.7%，未發芽花粉多數呈現乾癟狀；而授粉至無子桶柑柱頭 24 h 後，花粉發芽力亦以海梨柑及茂谷柑較高，無子桶柑 39.5% 為最低，差異皆達顯著水準 (表 1)。

具雄不稔性是柑橘形成無子果實的原因之一；在無子歐柑 (*C. suavis* Hort. ex

Tanaka) 中，因小孢子發育異常導致花粉敗育而無子化 (Hu *et al.*, 2007)；而在‘清見’ (*C. unshiu* Marcovitch $\times$ *C. sinensis* Osbeck) 雜交柑中，則因花藥敗育導致花粉無法發育而形成無子果實 (Yamamoto *et al.*, 1997)。根據前人研究指出，無子桶柑花藥成熟時，型態正常花粉約占 14%-33%，異常花粉外觀乾癟或扭曲，內腔呈現空洞化；而造成花粉異常的原因，可能與染色體發生異位而導致花藥發育異常及花粉發育各階段出現敗育有關 (呂和陳，1995；俞和呂，1994；徐，2003)。本試驗中無子桶柑花粉體外或體內發芽率，皆與前人調查型態正常花粉比例接近，顯示型態正常花粉應具發芽能力；而自花授粉後花粉能正常發芽及生長，顯示雖然無子桶柑花粉發芽率較低，但仍有一定比例花粉具有稔性，因此，桶柑無子化應非雄不稔所造成。

表 1. 無子桶柑、海梨柑及茂谷柑花粉體外及體內發芽率

Table 1. Percentage of in vitro and in vivo pollen germination among ‘Seedless Tankan’, ‘Haili’ and ‘Murcott’ tangor.

品種(系) Cultivars (line)	花粉體外發芽率 In vitro pollen germination (%)	花粉體內發芽率 In vivo pollen germination (%)
無子桶柑 ‘Seedless Tankan’ tangor	10.7 c ^z	39.5 b
海梨柑 ‘Haili’ tangor	56.7 a	62.5 a
茂谷柑 ‘Murcott’ tangor	38.2 b	63.7 a

^z 同行英文字母相同者表示經 LSD 測驗在 5%水準差異不顯著。

^z Means within each column followed by the same letters are not significantly different at 5% level by fisher’s protected LSD test.

二、無子桶柑自花授粉花粉管生長觀察

無子桶柑自花授粉後花粉可正常萌發（圖 1A），授粉後第 3 日花粉管開始進入花柱（圖 3），生長中花粉管中可見胼胝質（callose）規律出現且長度相近（圖 1B）；部分花粉管中胼胝質密集出現，或於尖端累積而停止生長，部分則呈不規則生長。授粉後第 7 日部分花朵中可見花粉管生長至花柱基部（圖 3），但愈接近花柱基部花粉管愈少（圖 1C）；授粉後第 9 日所有花朵中最長花粉管皆已生長至花柱基部，並開始進入子房，但進入子房後花粉管中胼胝質塞呈現不規則狀態，部分花粉管甚至出現嚴重扭轉（圖 1D），至授粉後第 11 日仍未觀測到花粉管進入胚珠。

自交不親合特性為開花植物中常見生理機制，能促進植物異交而增加後代變異，在柑橘中則有利形成無子果實，通常表現出花粉發芽受到抑制或花粉管生長受到限制，一般分為孢子體型自交不親合性及配子體型自交不親合性，兩者差異在於前者由植株基因型決定親合性，而後者則由花粉本身基因型所決定（許，1993；Nettancourt, 1997）。當花粉管生長受到抑制時，胼胝質常出現不規則累積，最終花粉管失去方向性而停止生長（Ngo *et al.*, 2001；Yamamoto *et al.*, 1995）。

許多無子柑橘品種具配子體型自交不親合特性，花粉管於花柱中停止生長，但停止位置品種間存在差異，因此 Yamamoto 等（2006）及 Kacar 等（2015）認為可由花粉管停止生長位置區分不親合性之強度。在香水檸檬 [*C. limon* (L.) Burm. F] 中，自交後花粉管於柱頭即停止生長，無法生長至花柱（Zhang *et al.*, 2012），自交不親合性較強；Clementine 寬皮柑（*C. clementina*）‘Marisol’ 及 ‘Clemenules’ 花粉管則於花柱長 9%-13% 處生長受到抑制（Mesejo *et al.*, 2013）；而 ‘Fortune’（*C. clementina* Hort. ex Tan. × *C. reticulata* Blanco）及 ‘Nova’ [（*C. paradisi* Macf. × *C. reticulata*）× *C. clementina*] 等雜交柑其花粉管生長至花柱中段前才停止生長（Distefano *et al.*, 2009；Gambetta *et al.*, 2013）。另有些不親合性發生在子房內，稱為晚期作用不親合性（許，1993），在無子砂糖橘（*C. reticulata* Blanco）中，自交後花粉管可進入子房，但於子房內表現出異常扭轉或胼胝質累積，而無法完成受精（Ye *et al.*, 2009）。無子桶柑自花授粉後，許多花粉管於花柱中出現不規則生長，雖最長花粉管皆可順利通過花柱進入子房，但於子房內出現異常，與無子砂糖橘類似，推測無子桶柑可能具自交不親合特性。

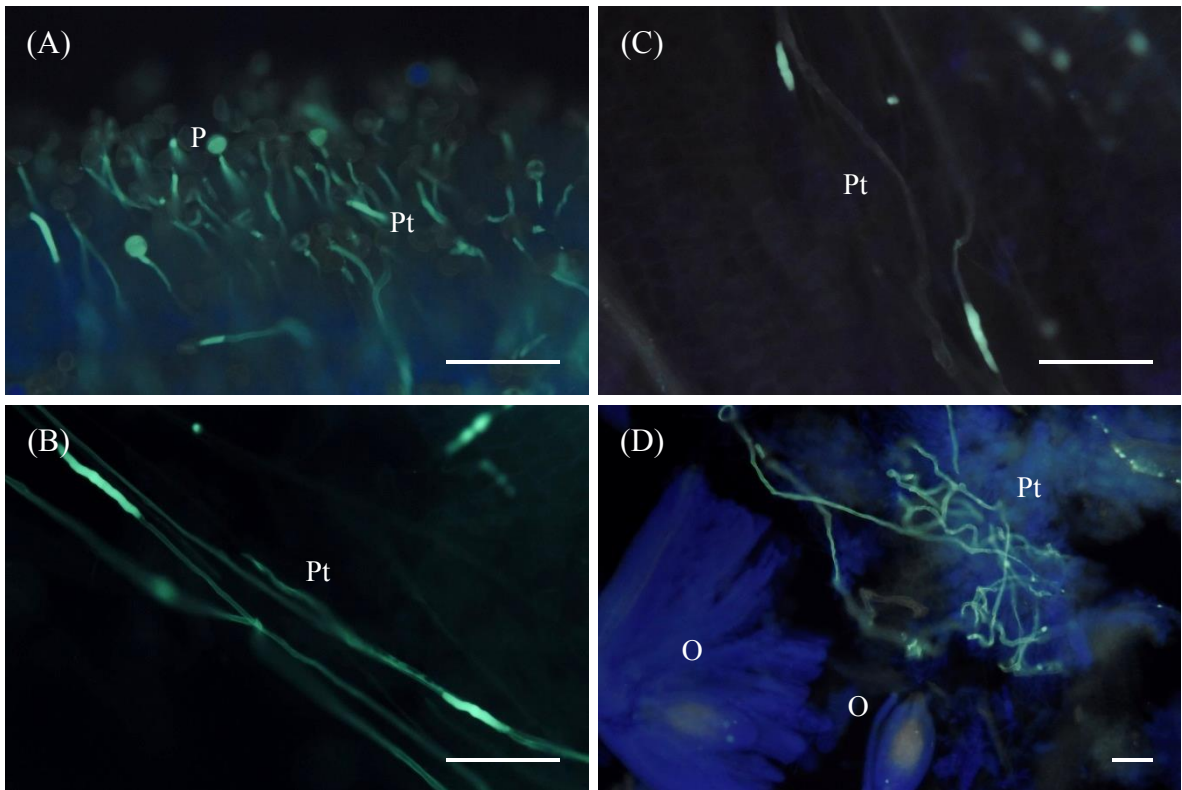


圖 1. 桶柑自花授粉花粉管生長情形，(A) 花粉於柱頭萌發，(B) 花粉管於花柱中生長，(C) 花粉管到達花柱基部，(D) 花粉管到達子房，呈現不規則扭曲。
bar=100 μ m。O：胚珠；P：花粉粒；Pt：花粉管。

Fig. 1. Pollen tube growth in the style of self-pollinated 'Seedless Tankan' tangor. (A) Pollen grain germinated on stigma, (B) elongated in the style, (C) reaching the base of the style, and (D) twisted in the ovary.

bar=100 μ m. O, ovule ; P, pollen grain ; Pt, pollen tube.

三、無子桶柑授海梨柑花粉後花粉管生長觀察

無子桶柑授海梨柑花粉後花粉大量萌發（圖 2A），花粉管生長速度較自花授粉快，授粉後第 1 日花粉管已進入花柱，最長生長至花柱長約 20%位置（圖 3）；進入花柱花粉管數量較自花授粉為多，生長過程中較少出現胼胝質累積或不規則生長情況，生長至花柱基部之花粉管數量亦較多（圖 2B、C）。授粉後第 5 日所有觀測花朵最長花粉管皆已進入子房，與自花授粉相較之下，海梨柑花粉管生長速度較快（圖 3）；

但花粉管進入子房後，多數亦呈現胼胝質不規則累積而停止生長（圖 2D），在授粉後第 7、9 及 11 日所有樣品中，僅 3 個胚珠觀測到花粉管進入珠孔。

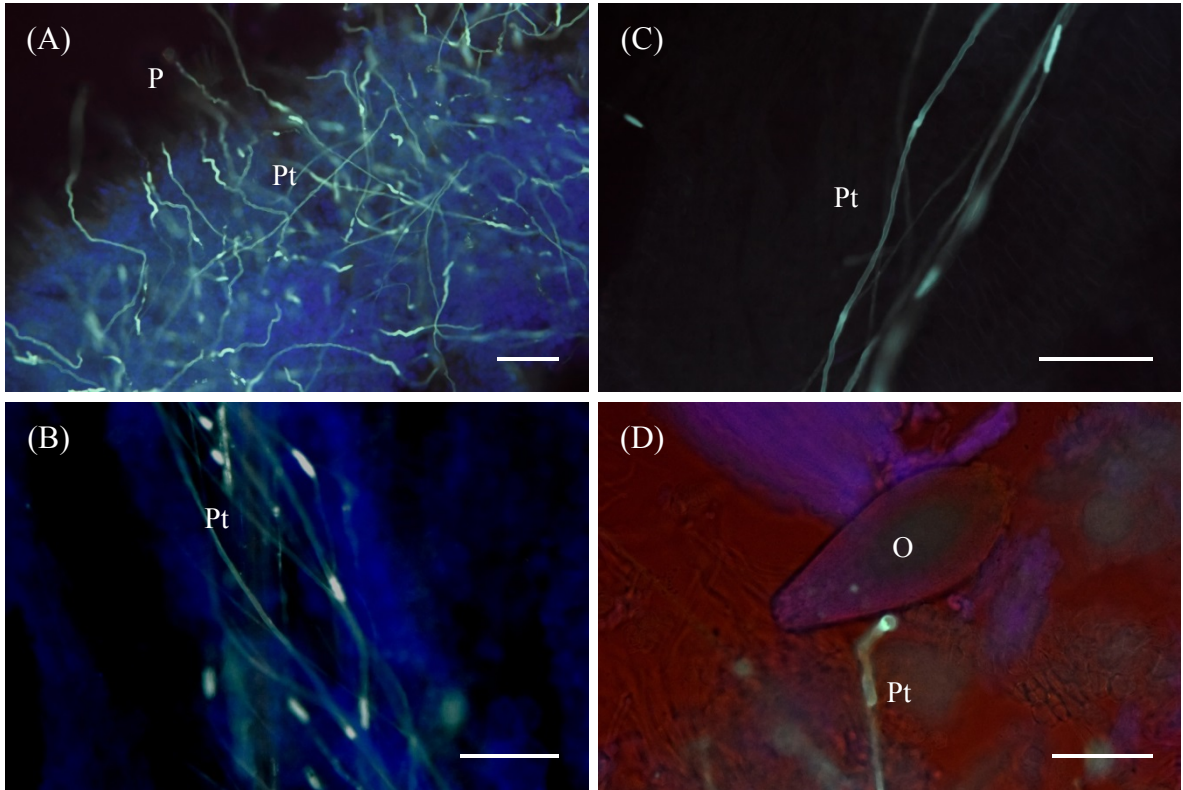


圖 2. 無子桶柑授海梨柑花粉後花粉管生長情形，（A）花粉於柱頭萌發，（B）花粉管於花柱中生長，（C）花粉管到達花柱基部，（D）花粉管到達子房，尖端累積胼胝質而呈現停止生長。

bar = 100 μ m。O：胚珠；P：花粉粒；Pt：花粉管。

Fig. 2. Pollen tube growth in the style in cross-pollinated 'Seedless Tankan' x 'Haili'. (A) Pollen grain germinated on stigma, (B) elongated in the style, (C) reaching the base of the style, and (D) callose deposition at the tip in the ovary.

bar = 100 μ m. O, ovule ; P, pollen grain ; Pt, pollen tube.

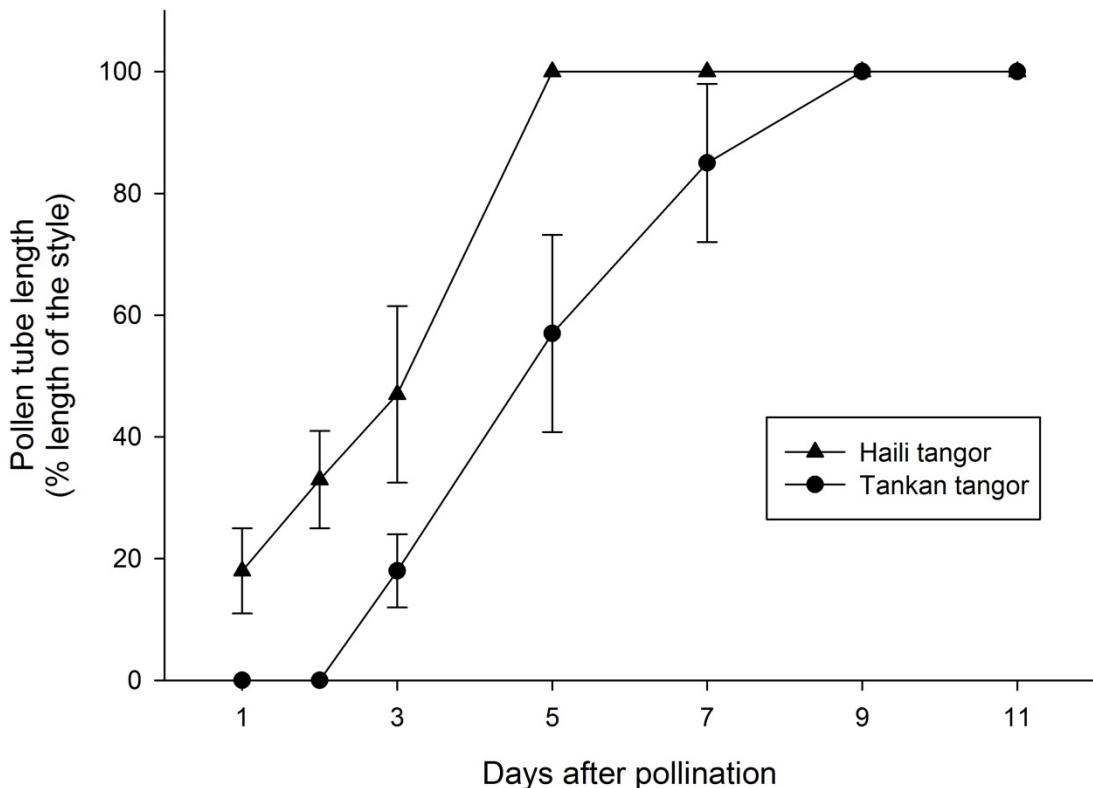


圖 3. 無子桶柑自花授粉及異花授粉花粉管生長比較。誤差線為標準差 ($n=4$)。

Fig. 3. Pollen tube behavior in self- and cross-pollinated 'Seedless Tankan' tangor. Error bar is the standard deviation ($n=4$).

花粉管生長過程主要受柱頭、花柱、子房及胚珠等以向化性方式引導，於萌發後持續朝向胚珠生長，當花粉管進入子房後，胚囊中輔助細胞、中央細胞及卵細胞亦參與花粉管導引，使其朝向珠孔生長，並於進入胚囊後破裂，釋放出 2 個精核 (Herrero, 2001)；當花粉管到達子房時，若胚珠或胚囊未發育完全或已退化而未產生引導作用，則花粉管可能因失去方向性而無法受精 (Takeuchi and Higashiyama, 2011)。海梨柑果實種子數量多，其花粉具高度稔性，作為茂谷柑授粉源可提高著果率並增加果實內種子數 (施和阮, 2007)，當無子桶柑授海梨柑花粉後，花粉管發生異常比例較自花授粉少，進入子房數量較多，顯示兩者親合性較自花授粉佳；但花粉管進入子房後僅極少數朝珠孔生長，推測花粉管生長至子房後胚珠或胚囊並未產生足夠引導作用。

雌不稔性為造成果實無子原因之一，主要表現於胚珠或胚囊發育異常（Ye *et al.*, 2009；Zhang *et al.*, 2012），未具雌不稔性之無子品種，人工異花授粉後種子數明顯增加（Yamamoto *et al.*, 1995）。柑橘每朵花一般含有 30 個以上胚珠，在‘Keraji’雜交柑中，自花授粉時果實 90%以上為無子，但異花授粉後果實種子僅 2-3 個，且仍有約 20% 果實無子，Yamamoto 與 Tominaga（2002）認為雌不稔為其少子主因；而日本桶柑品種‘T132’異花授粉後種子數僅 2.8 個，Yamamoto 等（1995）亦認為其具雌不稔特性。但在一些具雌不稔性的植物中，花開時胚珠合點端常累積大量胼胝質，為雌不稔性之指標特徵（Rosellini *et al.*, 2003）；而本試驗中無論是自花或異花授粉，授粉後至第 11 日仍未見胚珠中胼胝質累積，因此，無子桶柑是否具雌不稔性，仍需進一步釐清。在‘Owari’溫州蜜柑中，花開 2-3 日內進行人工授粉可產生有子果實，3 日後授粉則果實皆為無子，Mesejo 等（2007）認為其無子原因與胚珠壽命較短有關，顯示除雌不稔外，亦可能有其他因素造成桶柑異花授粉後無種子產生。

本試驗結果顯示，桶柑並非完全雄不稔，無子化原因除可能與自交不親合有關外，花粉管生長至子房後，胚珠或胚囊對花粉管未產生足夠誘導作用亦為原因之一；至於是否為雌不稔，或與胚珠及胚囊發育時間有關，則需進一步證實。

參考文獻

- 行政院農業委員會。2016。農業統計年報。p.78。行政院農業委員會。
- 呂明雄。2002。品種及其特性。p.11-36。刊於：楊秀珠彙編。柑桔整合管理。行政院農業委員會藥物毒物試驗所。臺中。
- 呂柳新、陳桂信。1995。蕉柑小孢子發生過程的解剖學觀察。福建農業大學學報（自然科學版）24:154-156。
- 呂柳新、陳桂信。1997。蕉柑大孢子與珠心胚的發生發育。福建農業大學學報（自然科學版）26:397-400。
- 肖祥希、李明、邱棟樑。2009。果實無核機理研究進展。經濟林研究 27:104-110。
- 施伯明、阮素芬。2007。不同授粉源對茂谷柑果實特性之影響。桃園區農業改良場研究彙報 62:17-21。
- 俞長河、呂柳新。1994。蕉柑育性的初步研究。福建農業大學學報（自然科學版）23:21-25。

- 徐雯貞。2003。無子柑橘花藥和花粉發育之研究。國立臺灣大學園藝學研究所碩士論文。57 pp。
- 許圳塗。1993。果樹異交授粉及自交不親合性之特性。果樹育種研習會專刊。農業試驗所特刊第 37 號 19-32。
- Brewbaker, J.L. and B.H. Kwack. 1963. The essential role of calcium ion in pollen germination and pollen tube growth. *Amer. J. Bot.* 50:859-865.
- Distefano, G., G.L. Casas, S.L. Malfa, A. Gentile, E. Tribulato, and M. Herrero. 2009. Pollen tube behavior in different mandarin hybrids. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 134:583-588.
- FAO stat. 2013. FAOSTAT statistical database. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <<http://www.fao.org/faostat>>.
- Gambetta, G., A. Gravina, C. Fasiolo, C. Fornero, S. Galiger, C. Inzaurrealde, and F. Rey. 2013. Self-incompatibility, parthenocarpy and reduction of seed presence in 'Afourer' mandarin. *Scientia Hort.* 164:183-188.
- Hu, Z., M. Zhang, Q. Wen, J. Wei, H. Yi, X. Deng, and X. Xu. 2007. Abnormal microspore development leads to pollen abortion in a seedless mutant of 'Ougan' mandarin (*Citrus suavissima* Hort. ex Tanaka). *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 132:777-782.
- Herrero, M. 2001. Ovary signals for directional pollen tube growth. *Sexual Plant Reprod.* 14:3-7.
- Kacar, Y.A., F. Aslan, S. Eti, M. Boncuk, O. Simsek, B. Yildirim, Y.Y. Mendi, T. Yesiloglu, G. Distefano, and S.L. Malfa. 2015. Determination of Self-incompatibility status of some clementine (*Citrus clementina*) genotypes by histological analysis. *Acta Hort.* 1065:523-528.
- Mesejo, C., A. Martínez-Fuentes, C. Reig, and M. Agustí. 2007. The effective pollination period in 'Clemenules' mandarin, 'Owari' Satsuma mandarin and 'Valencia' sweet orange. *Plant Sci.* 173:223-230.
- Mesejo, C., R. Yuste, A. Martínez-Fuentes, C. Reig, D.J. Iglesias, E. Primo-Millob, and M. Agustí. 2013. Self-pollination and parthenocarpic ability in developing ovaries of self-incompatible Clementine mandarins (*Citrus clementina*). *Physiol. Plant.* 148: 87-96.

- Nettancourt, de D. 1997. Incompatibility in angiosperms. *Sexual Plant Reprod.* 10:185-199.
- Ngo, B.X., A. Wakana, S.M. Park, Y. Nada, and I. Fukudome. 2001. Pollen tube behaviors in self-incompatible and self-compatible *Citrus* cultivars. *J. Fac. Agr. Kyushu Univ.* 45:443-457.
- Rosellini, D., F. Ferranti, P. Barone, and F. Veronesi. 2003. Expression of female sterility in alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Sexual Plant Reprod.* 15:271-279.
- Takeuchi, H. and T. Higashiyama. 2011. Attraction of tip-growing pollen tubes by the female gametophyte. *Curr. Opin. Plant Biol.* 14:614-621.
- Vardi, A., I. Levin, and N. Carmi. 2008. Induction of seedlessness in citrus: from classical techniques to emerging biotechnological approaches. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 133:117-126.
- Yamamoto, M. and S. Tominaga. 2002. Relationship between seedlessness of keraji (*Citrus keraji* hort. ex Tanaka) and female sterility and self-incompatibility. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 71:183-186.
- Yamamoto, M., T. Kubo, and S. Tominaga. 2006. Self- and cross-incompatibility of various *Citrus* accessions. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 75:372-378.
- Yamamoto, M., R. Matsumoto, N. Okudai, and Y. Yamada. 1997. Aborted anthers of citrus result from gene-cytoplasmic male sterility. *Scientia Hort.* 70:9-14.
- Yamamoto, M., R. Matsumoto, and Y. Yamada. 1995. Relationship between sterility and seedlessness in citrus. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 64:23-29.
- Ye, W., Y. Qin, Z. Ye, J.A.T.D. Silvab, L. Zhang, X. Wu, S. Lin, and G. Hu. 2009. Seedless mechanism of a new mandarin cultivar 'Wuzishatangju' (*Citrus reticulata* Blanco). *Plant Sci.* 177:19-27.
- Zhang, S.W., G.X. Huang, F. Ding, X.H. He, and J.C. Pan. 2012. Mechanism of seedlessness in a new lemon cultivar 'Xiangshui' [*Citrus limon* (L.) Burm. F]. *Sexual Plant Reprod.* 25:337-345.

Pollen germination and pollen tube behavior in 'Seedless Tankan'¹

Po-Ming Shih²

Abstract

Seedlessness is an important trait in citrus. The purpose of this work was to investigate pollen germination and pollen tube growth after self- or cross- pollination to document the mechanism of seedlessness in 'Seedless Tankan' tangor (*Citrus. tankan* Hayata). The pollen germination rates of 'Seedless Tankan' tangor were 10.7% in vitro and 39.5% in vivo, lower than that in 'Haili' (*C. tankan* Hayata f. *hairi* Hort.) and 'Murcott' tangor (*C. reticulata* Blanco × *C. sinensis* Osbeck). Three days after self- pollination, the pollen tubes began to enter into the style. There was a reduction in the number of pollen tubes growing along the style, and only a few reached the base of the style at seven days after pollination. Pollen tubes became twisted and altered morphologies with irregular depositions of callose in the ovary. There was no pollen tube penetrate into the ovule through the micropyle. In cross-pollination with 'Haili' tangor, the number of pollen tubes that penetrated into the style were higher than that in self- pollination. Five days after pollination, pollen tubes reached the base of the style in every flowers, but the pollen tubes also exhibited abnormal behavior in the ovary, and only a few penetrated into the micropyle. These result indicated that 'Seedless Tankan' tangor was not completely male sterility. The mechanism of seedlessness in 'Seedless Tankan' tangor might be self-incompatibility or the ovule and embryo sac didn't provide signals orienting and directing the pollen tube on the right course.

Key words: citrus, male sterility, female sterility, self-incompatibility

¹. Contribution No.495 from Taoyuan DARES, COA.

². Assistant Researcher (Corresponding author, lithops@tydais.gov.tw), Taoyuan DARES, COA.