

柑橘無子機制及育種方法

新埔工作站 助理研究員 施伯明 03-5894949分機13

前言

無子柑橘果實因食用方便，愈來愈受到消費者青睞，為國際貿易上重要品項，無子性狀亦為柑橘重要育種目標。無子柑橘的定義近來愈趨嚴格，過去每顆果實種子數目少於5粒即可稱為無子柑橘，但部分學者認為每100顆果實中種子需少於1粒才能稱為無子柑橘。國內目前種植面積較大之無子柑橘為無子桶柑及麻豆文旦，國際上則以臍橙及溫州蜜柑等為大宗。

柑橘無子機制

被子植物果實發育一般由花朵授粉受精開始，花粉經傳遞至柱頭，花粉管萌發後生長至胚囊釋放出兩個精核，分別與卵核及極核結合而完成雙重受精，受精後胚及胚乳開始發育，並合成植物賀爾蒙，促進果實生長。上述過程中若有任何一部分受阻，如花粉、胚囊、胚或胚珠發生變異，或未完成受精，則花朵老化掉落，果實無法繼續發育。但自然界中存在許多無子果實，未受精而果實仍能發育之現象稱為單偽結果，因未完成

受精，並無種子形成，但能由種子以外的來源提供賀爾蒙，誘導無子果實生長；而正常受精後若胚或胚乳發育過程中敗育，亦有機會產生無子果實。

具單偽結果能力為柑橘生產無子果實重要條件，但若無法配合阻止授粉受精發生，仍會經由一般果實發育過程而形成種子，因此，除具單偽結果能力外，亦需具高度不稔特性，才能避免雌雄配子結合，穩定生產無子果實。不稔性包含自交不親和、雄不稔性及雌不稔性；自交不親和係指開花時雌雄蕊發育正常，能形成正常雌雄配子，但花粉傳到柱頭後無法發芽，或發芽後花粉管生長不良，無法順利到達胚珠完成受精；雄不稔性為花藥退化或無法產生正常有功能花粉，其中染色體變異為雄不稔的主要因素（如圖1）；雌不稔性為雌蕊、胚囊或珠被發育異常而無法受精。各種不稔性並非絕對區分，亦有不同程度之不稔，若同一品種能結合多種不稔特性且不稔程度高，則更能生產無子果實。在臍橙及溫州蜜柑中，因其花粉母細胞敗育無法形成具稔性花粉，加上胚珠發育異常，因此，即使與其他柑橘類混植或經人工授粉，亦僅有少數種子甚至無子，具高度雄不稔及雌不稔性，而能穩定生產無子柑橘。另許多柑橘品種經人工授粉，種子數量皆少於胚珠數，因此，學者推測多數柑橘品種皆存在不同程度的雌不稔性（如圖2）。



▲圖1. 部分柑橘品種花藥退化（左）無法產生正常花粉，而能生產無子果實。



▲圖2. 無子桶柑花藥正常開裂，但部分花粉發育異常，花粉體外發芽率低，具雄不稔性；人工雜交其他柑橘花粉果實種子數約2-5粒，推測亦具雌不稔特性。

受精後胚或胚乳敗育而形成之無子果實，大多發生於3倍體柑橘，因染色體分離異常導致減數分裂異常，雖形成之雌雄配子能部分受精，但種子發育過程中仍會退化，目前認為可能是胚與胚乳染色體套數比例與正



▲圖3. 麻豆文旦具自交不親合特性，純園種植時無子，若混植其他柚類或柑橘類則易產生大量種子。



▲圖4. 經由花粉體外發芽觀察花粉活力。

常不同，或胚乳中來自父母本染色體套數比例非正常1:2而造成敗育。

無子柑橘育種方法

無子柑橘品種可經由雜交、多倍體化、芽條突變及誘變等方式獲得。柑橘中不稔特性分佈普遍，但程度上有所差異，以具部分不稔性之兩親相交，可選拔不稔性高之後代；而柑橘2倍體雜交後代種子中，常出現小型種子（如圖5），體積約為正常種子1/3-1/6，經分析多為3倍體種子，可培育無子柑橘；若利用秋水仙素處理體胚、莖頂組織或腋芽，可促進形成4倍體，再與2倍體父本雜交，亦可產生3倍體無子後代。許多柑橘無子品種，皆由芽條突變而來，如葡萄柚、臍橙及溫州蜜柑，且至今仍持續選育出新品種。誘變育種係經人為誘導，促使遺傳物質變異，以獲得有利用價值突變體的育種方式，當一既有品種，只有少數性狀不佳，希望僅針對這些少數性狀改良，而多數原有優良性狀不變時，即可利用誘變育種，其中以放射線誘變較為常用，為目前無子柑橘育種最廣泛使用之方式。

結語

無子柑橘為國際柑橘鮮果貿易重要品項，臺灣每年亦有進口，期待透過對柑橘無子化機制的瞭解，能加速國內品種選育，在相關研究人員的努力下，期盼能早日育出具代表性的本土無子柑橘品種。



▲圖5. 2倍體雜交後產生部分疑似多倍體的小型種子（右）。