

# 果樹避免自交機制 及梨自交不親和基因型分析

文圖／陳若瑛、徐錦木

## 一、前言

自交不親和 (Self-incompatibility, SI) 是許多開花植物演化出的重要生殖障礙機制，目的在於避免自花授粉與近親繁殖，以促進異花授粉，維持族群的遺傳多樣性。在園藝作物中，這項機制不僅影響果實產量與品質，更直接關係到品種改良與商業栽培策略。透過對自交不親和機制的深入瞭解，農業生產者與育種者能更有效地配置授粉品種，提升座果率與育種效率。本文介紹自交不親和的類型及機制，並以梨樹為例，說明其基因型檢測方法及實務應用成果。

## 二、園藝作物避免自交增加遺傳多樣性策略

### (一) 花器物理隔離機制

植物透過空間上的隔離來降低自交機會，例如雌雄異株的植物中，雌株只開雌花，雄株只開雄花，木瓜即為典型的雌雄異株作物，具有雌株、雄株及兩性株三種型態。此外，雌雄同株異花是指雌花與雄花雖同時存在於一株植物上，但分屬不同花朵，常見的作物包括玉米、南瓜等。除了空間分離之外，植物也會利用時間差來避免自交，例如雌雄蕊異熟，即雄蕊與雌蕊成熟的時間不同，釋迦與酪梨是常見

例子。以酪梨為例，雖然雌雄蕊同時存在於同一朵花上，但其雌蕊會先成熟，導致花粉尚未成熟，無法完成自花授粉。

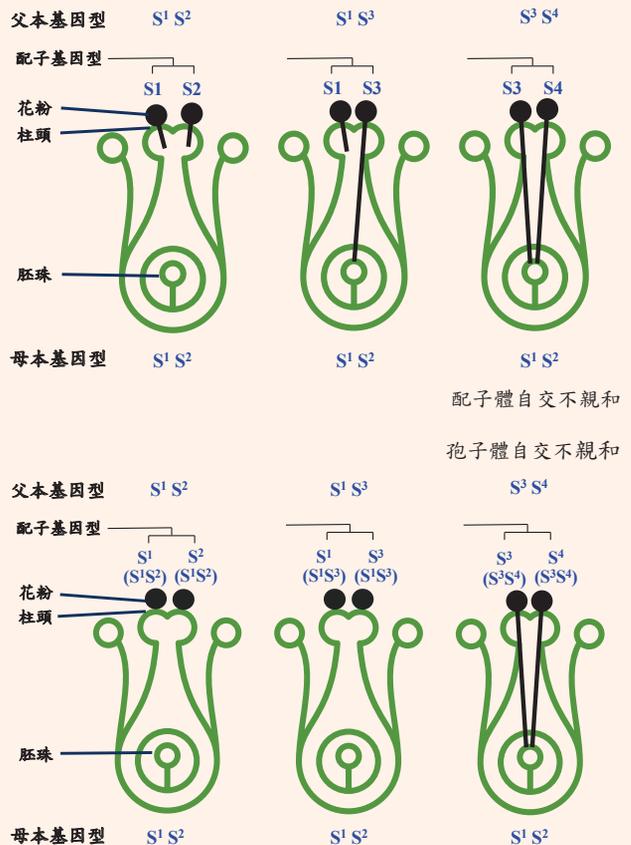
## (二) 自交不親和

植物還可藉由遺傳機制避免自交，即所謂的自交不親和，是防止自花授粉的生理機制之一，當花粉落到同一花朵的花柱上時，若其基因型與雌蕊相同，會被識別並阻止受精，藉此促進異花授粉。農業上將自交不親和應用於雜交種子的生產，不僅能減少人工授粉的成本，也能提高雜交效率。然而，對於具自交不親和性的作物進行果實生產時，則必須額外引入不同品種或品系的花粉源進行授粉。因此，自交不親和的作用機制與基因型識別，在果樹生產與育種實務上皆具有重要意義。

自交不親和可由型態分為兩種類型：異型自交不親和 (heteromorphic self-incompatibility) 與同型自交不親和 (homomorphic self-incompatibility)。異型自交不親和主要是透過花器型態的差異來避免自花授粉，例如雄蕊與雌蕊的長短不同，使其不利於自交授粉。相較之下，同型自交不親和則是依靠基因與生化機制來識別花粉是否來自自身，進一步抑制自交的發生，這類型又可細分為

配子體型自交不親和 (gametophytic self-incompatibility, GSI) 與孢子體型自交不親和 (sporophytic self-incompatibility, SSI) 兩種。

配子體型自交不親和是由花粉本身的基因型 (單倍體) 所決定。當花粉落在花柱上時，花柱會產生抑制因子，阻止與自身具有相同 S 基因型的花粉管繼續生長。例如，若母本的花柱基因型為  $S^1S^2$ ，而父本的花粉基因型為  $S^1S^3$ ，則攜帶  $S^1$  的花粉會受到抑制，僅有攜帶  $S^3$  的花粉能順利延伸花粉管並完成授粉。



■ 配子體型及孢子體型自交不親和作用機制圖示

相較之下，孢子體型自交不親和則因花粉表面的抑制物質來自花藥的孢子體組織(雙倍體)，會被柱頭表皮細胞識別並阻止自交，只要花粉的父本基因型中，帶有與母本任一 S 基因相同的等位基因，該花粉就會被排斥而無法萌發。舉例來說，若母本基因型為 S1S2，而父本為 S1S3，即使花粉攜帶的是 S3，其表面仍會呈現來自孢子體組織的 S1 訊號，因而仍會被花柱偵測並排斥。只有當父本基因型為 S3S4，與母本的 S 基因型完全不同時，授粉才能成功。配子體型自交不親和常見於茄科、薔薇科及車前科植物，而孢子體型自交不親和則主要於十字花科的薔臺屬植物中被發現。

### 三、梨自交不親和基因型檢測

梨樹具有配子體型自交不親和的特性，因此在果實生產上，必須採用不同品種的花粉進行授粉。目前國內多以橫山梨與烏梨作為花粉來源，對多數商業品種具有良好的親和性，是採製花粉的理想來源。此外，橫山梨也作為國內梨樹育種的重要材料，透過分析梨品種的自交不親和基因型(S 基因型)，能為育種工作提供寶貴的遺傳背景資訊，進而提升品種改良的效率與準確性。

早期 S 基因型的辨識多利用 RFLP(限制片段長度多型性)分子標記，

先以針對 S 基因保守區域設計的通用引子進行 PCR 擴增，再以不同的限制酶進行酵素切割，以分辨各 S 基因型。雖然此法具有高度準確性，但操作流程繁複且耗時，且面對相近的 S 基因型(如 S3 與 S7)時，辨識力有限。為解決上述問題，有學者針對 9 個日本梨品種中常見的 S 基因型設計了專一性引子，可快速且準確地鑑別 S 基因型。

本場利用這些專一性引子，針對梨台中 1 號、台中 2 號、台中 3 號、台中 5 號、橫山梨、烏梨、如玉梨與豐水梨等品種進行 S 基因型檢測。其中，以已知 S 基因型為 S3S5 的豐水梨作為對照品種，結果顯示：台中 1 號帶有 S4 型；台中 2 號、台中 5 號與如玉梨帶有 S3 型；台中 3 號則帶有 S5 型。然而，橫山梨與烏梨在這 9 組專一性引子中皆未能擴增出條帶，因此進一步使用通用引子進行 PCR 擴增並定序，以確認其 S 基因型。

經比對 NCBI 資料庫序列，通用引子預期可針對 S3、S4 與 S5 基因型擴增出 376 bp、368 bp 與 376 bp 的片段。除這些條帶外，在台中 2 號、橫山梨與烏梨中，另觀察到約 980 bp 的條帶。將該條帶進行定序後比對 NCBI 資料庫，確認這三個品種皆帶有 S53 基因型。此基因型與多數常見商業品種如秋月梨(S3S4)、豐水梨(S3S5)、幸水梨(S4S5)、新興梨(S4S9)、新高梨(S3S9)、南水梨(S4S9)

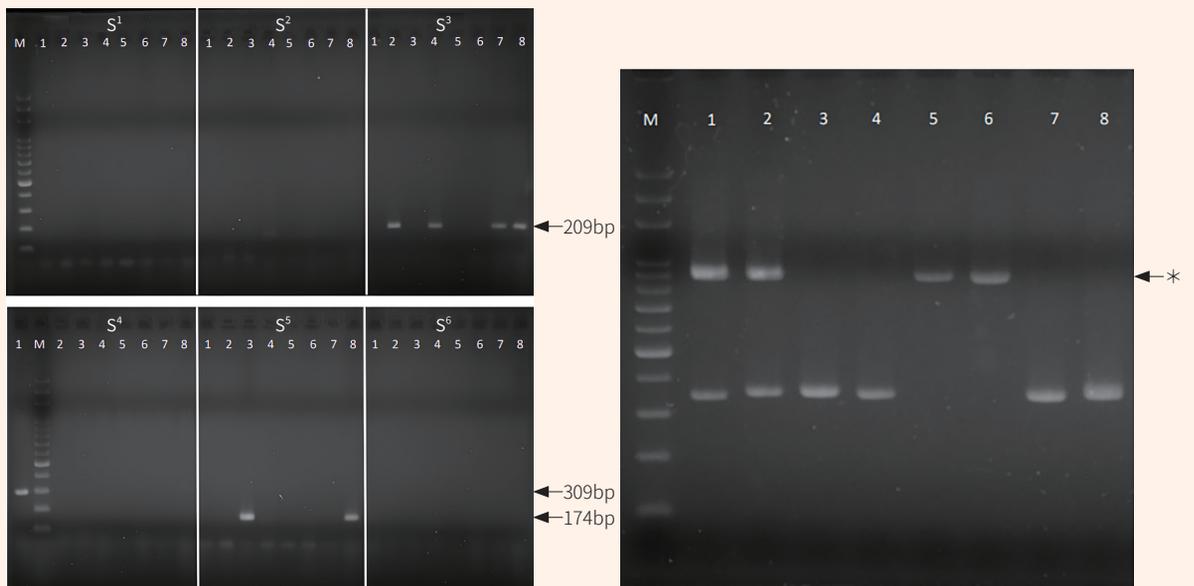
及二十世紀梨 (S2S4) 有所不同，也說明了橫山梨與烏梨花粉能與現有主流品種高度相容的原因。

#### 四、結語

自交不親和機制在植物生殖與農業應用上扮演關鍵角色，特別是在需要異花授粉的果樹如梨樹中，準確辨識 S 基因型可提高授粉品種的選擇與育種親本配置的效率。本文說明了配子體型自交不親和

的作用機制，並介紹利用專一性與通用性引子進行 S 基因型鑑定的實務應用成果。經由檢測國內常見品種及育種材料之自交不親和基因型，可望作為授粉配適性與育種親本選擇的參考依據，並為果樹栽培與品種改良提供實用資訊。

經由檢測國內常見品種及育種材料之自交不親和基因型，可以建立資料庫，以提供授粉品種配適性的參考及未來在育種上親本選擇的參考，提高雜交成功率以縮短育種時間。



▪ 以不同的 S 基因型專一性引子檢測結果

▪ 以通用引子擴增 S 基因條帶結果

註：M 為 marker，1-8 分別台中 1 號、台中 2 號、台中 3 號、台中 5 號、橫山梨、烏梨、如玉梨、豐水梨；S1、S2、S6 之專一性引子皆無條帶擴增；\* 為大小約為 980 bp 之條帶