

「育種協作平台」產研合作模式 實踐參與式育種

“Molecular Marker Assisted Participatory Breeding”
Creates a New Model of Industry-Academic Cooperation

周明燕¹、陳哲仁²、周佳霖³、張惠如⁴、邱燕欣⁵、孫永偉⁶

一、傳統育種瓶頸仰賴新技術突破

新品種不斷地推陳出新是種苗界維持產業競爭力的不二法門，選育出具備優良園藝性狀且同時能抗多種病害的番茄品種，更是業界長期以來的努力目標。然而一個新品種的研發除了要有精準的市場眼光、好的種原外；品種育成後，更須接受市場嚴苛考驗。因此能成為商品的品種，往往是通過層層考驗、萬中選一的佼佼者。品種研發過程中，業者除了需要投入大量人力、物力、時間及空間外，也常常受到育種環境因素而影響研發成果，例如傳統育種進行番茄抗病品種研發時，導入抗病性狀之後，以田間觀察方式進行後代選拔，這種選育模式很容易受到選拔環境的干擾，如氣候狀況、植株生長情形、病蟲害分佈等等因素，造成抗病性誤判，影響結果。

二、分子輔助技術是傳統育種利器

1980 年代開始分子生物技術蓬勃發展，近 20 年來，國際知名種子公司紛紛導

入分子輔助育種，透過分子工具的協助，提升傳統育種的效率，更精準達到選育目標。以西瓜雜交選拔為例，傳統育種模式導入抗病性狀通常需要回交 6 代 (BC₆) 以上才能使特定性狀達到穩定，透過分子標誌技術進行前景 / 背景早期選拔，回交 3 代即可在 BC₃F₂ 中選拔出具有抗病基因且園藝性狀與回復親相似的單株選系，加速各類型抗病品種之培育 (圖 1)。

分子標誌技術可應用在特定抗病或病原基因 PCR 檢測、品種鑑定與種子 (苗) 遺傳純度檢測等方面，僅需少量植體抽取 DNA 即可進行，具有靈敏度高、檢測時間短、可大量檢測等優點。

特別是運用在輔助傳統育種上，分子輔助工具對傳統育種而言簡直是如虎添翼，可以在苗期即進行特定基因篩選，評估貢獻親的特定性狀是否如期導入輪迴親，再透過田間觀察驗證選拔結果，降低環境因素對性狀評估之干擾，達到更精準、有效率的育種作業。

¹ 種苗改良繁殖場生物技術課 副研究員

² 種苗改良繁殖場生物技術課 助理研究員

³ 種苗改良繁殖場屏東種苗研究中心 助理研究員

⁴ 種苗改良繁殖場生物技術課 副研究員兼課長

⁵ 種苗改良繁殖場繁殖技術課 助理研究員

⁶ 種苗改良繁殖場生物技術課 副研究員 (已退休)

三、已研發之番茄抗病分子標誌

番茄是國際蔬菜作物栽培面積僅次於馬鈴薯的品項，也是我國目前最具國際市場競爭力的蔬菜作物之一，特別是我國的櫻桃番茄品種，普受國際市場歡迎。番茄品種除了要滿足市場要求的“好吃又好看”外，也需要滿足生產者希望的“好種”需求才能算是好的商業品種。為了協助種苗產業研發抗病新品種，農委會種苗改良繁殖場（簡稱本場）從 2008 年開始投入番茄抗病基因分子標誌開發系列研究，目前已完成與番茄病毒病相關病害如番茄捲葉病毒抗病基因 *Ty-1*、*Ty-2*、*Ty-3*、*Ty-3a*、*Ty-5*；番茄嵌紋病毒病抗病基因 *Tm-1*、*Tm-2*、*Tm-22*；番茄斑點萎凋病毒抗病基因 *Sw-5* 等系列分子標誌研發，與番茄葉片型病害有關病害如番茄晚疫病抗病基因 *Ph-2*、*Ph-3*；番茄細菌性斑點病抗病基因 *Rx-4*、*Xv-3* 等之分子標誌研發（圖 2），及與土壤傳播型病蟲害如番茄根瘤線蟲抗病

基因 *Mi-1*；番茄萎凋病抗病基因 *I-2*、*I-3*；番茄頸腐根腐病抗病基因 *Frl*；番茄黃萎病 *Ve-1*；番茄青枯病主要抗性基因 *Bwr-12*、*Bwr-06* 等與抗病基因相關聯之分子標誌研發（圖 3），並陸續技轉業界作為抗病選育早期篩選工具，提升育種效率。

四、「育種協作平台」產研合作模式

育種者也可以算是藝術創作者。一個新品種研發期程短則七、八年，甚至需十數年方可完成，最後的成品能否成功上市，端視育種者一開始對產品的想像與設定。因此，育種家對未來市場需求判斷及後代選拔眼光是否精準，攸關育種成果能否順利推廣上市。長期以來，產業界對於學術界與公部門研究單位所研發的品種總有“無法符合市場需求”、“隔靴搔癢”等等評議，也是公部門新品種研發無法落實產業化困境主要原因。如何縮短產研之間的供需差距？一直是科技管理的重要課題，基於此，「參與式育種」的概念應運而生。



圖 1. 西瓜傳統育種（右）選拔到第六代仍會出現不良性狀（白肉）子瓜，以分子標誌工具輔助育種，在第五代即能將白肉瓜汰完全除掉。（資料來源：農友種苗公司提供）

研究成果

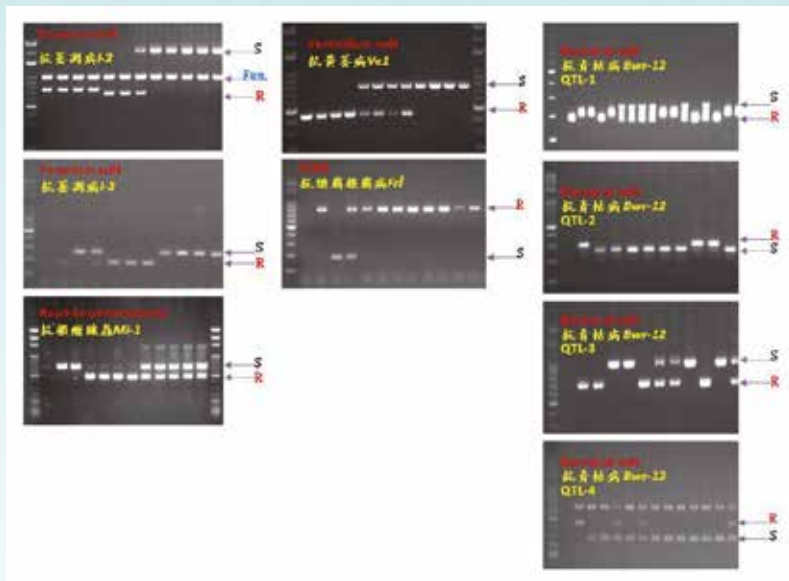


圖 2. 番茄病毒類病害抗病基因（左）及葉片型病害（右）抗病基因分子標誌 PCR 水平電泳圖

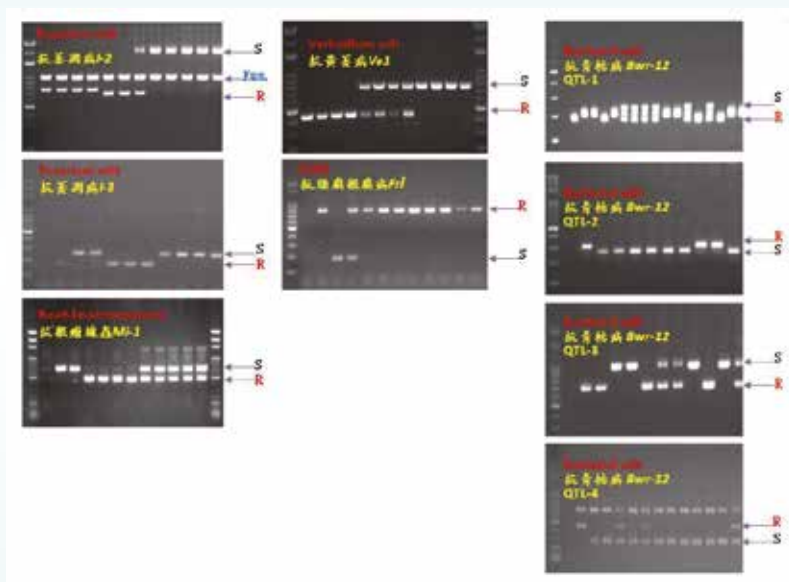


圖 3. 本場以開發之番茄抗土壤傳播型病害連鎖分子標誌 PCR 水平電泳圖

2016 年由農試所陳駿季所長提出「參與式育種」概念，希望在新品種研發初期，產、研界就能開始攜手合作，讓公部門所研發的成果，能真正符合產業界期待，落實產業應用。本場基於「參與式育種」概念，整合本場育種人力、分子篩檢技術、病理接種技術、農場田間管理資源，推出「育種協作平台」產研合作模式，銜接業

者育種雜交後的後裔材料，依規劃方向進行後續選育工作，期在精準、有效率的選拔模式下，選育出最符合業界需求的半成品材料移轉回業界使用（圖 4）。

「育種協作平台」產研合作模式目前已經完成兩個成功案例，皆是鎖定在選育“具多重抗病基因番茄核心種原”目標。透過抗病基因分子篩選策略，本場經過 3~4



圖 4.「育種協作平台」產研合作模式整合育種人力、分子篩檢技術、病理接種技術、農場田間管理資源，銜接業者雜交的子代材料，研發成果能確實符合業界需求。

	Ty1	Ty2	Ty3a	Ty5	Tm1	Tm2	SW5	Mi-1	I2	I3	Ve1	Ph2	Ph3	BW	Frl
P1	RS	S	RS	S	S	RS	RS	S	R	S	R	S	S	S	RS
P2	RS	R	S	RS	S	RS	S	S	RS	S	S	S	S	R	RS

↓ 子代基因型篩選預測

	Ty1	Ty2	Ty3a	Ty5	Tm1	Tm2	SW5	Mi-1	I2	I3	Ve1	Ph2	Ph3	BW	Frl
F1	RR	RS	RS	RS	SS	RR	RS	SS	RR	SS	RS	SS	SS	RS	RR
	RS	SS	SS	SS	SS	RS	SS	SS	RS	SS	SS	SS	SS	SS	RS
	SS					SS	SS								SS

圖 5. 根據親代抗病基因背景，進行子代基因型篩選預測及研擬分子選拔策略，達到精準選拔目標

代即可有效篩選出具有多重同質抗病基因的番茄單株，並將該核心種原移轉回業界，供做抗病品種研發重要親本材料（圖 5）。

五、結語

番茄種子是我國重要的蔬菜種子外銷品項，配合目標市場持續提供符合需求的品種是維持競爭力的關鍵。藉由分子標誌技術，可在幼苗期或種子進行早期篩選，縮短抗病性狀篩選及純度檢查時間，具有不受田間環境因素干擾評估作物遺傳性狀之優勢；善用分子工具輔助育種能更加速番茄優良抗病株（系）篩選，符合育種作業所需，縮短育種年限。隨著業界對分子標

誌的運用量越來越高，高效、快速、低成本的分子標誌工具開發更形迫切，本場也朝向開發來自番茄抗病毒、細菌、真菌及線蟲基因序列之單一核苷酸多型性 (SNP) 標誌，未來可結合高通量分析系統，進行大量、快速番茄抗感病基因型鑑定分析（圖 6）。

「育種協作平台」已經被證實是可行、有效的一種參與式育種產研合作模式，期待後續能藉由「育種協作平台」，透過更多的產研合作，讓公部門研究團隊成為種苗產業最有力的後盾，助攻種苗產業在國際上拓展版圖，成為另一個臺灣之光！

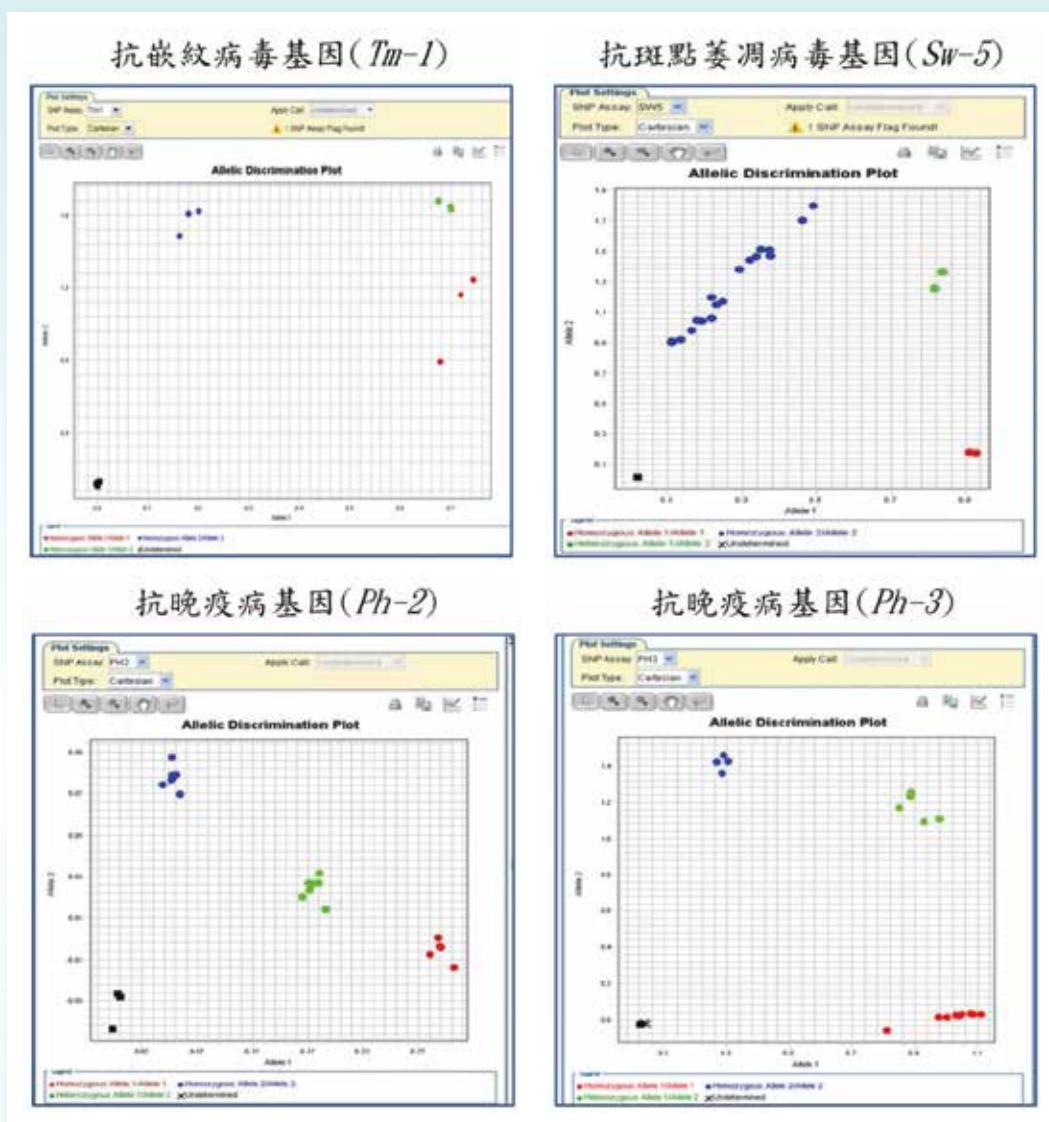


圖 6. 建構番茄抗感病基因型高通量分析系統