

水稻抗白葉枯病基因簡介

文 / 圖 侯雅玲

前言

白葉枯病為水稻三大主要流行病害之一，係由黃單孢桿菌 (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*) 所引起的一種細菌性維管束病害。病菌從傷口或自然開口入侵，並經維管束擴散，植株受感染後，造成葉片枯萎、光合作用降低、養分運輸受阻、穀粒充實不良等，間接影響稻米產量及品質。

白葉枯病好發時節為水稻第 2 期

作，期間常有颱風或東北季風，處於溫暖及多雨環境條件下有利病菌繁殖，強風造成葉片摩擦傷口增多，雨水飛濺則加速了病菌之感染與傳播。因此在颱風、豪大雨過後，白葉枯病容易大規模發生。

目前栽培品種普遍對白葉枯病無抗病性，農友多以 10% 克枯爛可溼性粉劑、10% 鏈四環黴素水溶性粉劑、6% 撲殺熱粒劑等藥劑進行防治，藥劑必須



在病害將發生或發生時施用才有效，若遇到連續降雨，將造成防治作業不易或效果打折的情形。防治病害最為有效的方式為種植抗病品種，不但能減少藥劑防治的成本，且對環境友善、無污染。因此育成具抗性的優良品種一直是育種人員努力的目標。本文將介紹抗病育種的原理、相關的抗白葉枯病基因，以及目前育種方向。

植物與病菌間交互作用關係

植物抗病性分為水平抗性與垂直抗性。水平抗性是植物的基礎抗性，由多個微效基因控制，對不同生理小種的病菌都具抗性，但抗性表現不突出。垂直抗性由少數主效基因所控制，對不同生理小種的病菌抗病性反應具差異性，對特定的病原菌抗性表現突出。這種植物與病原之間的專一性的交互作用關係，以 Flor 學者提出的「基因對基因」理論為基礎。當病原菌中的非致病性基因的產物蛋白 (Avirulence gene, Avr) 與寄主植物所帶有的抗性基因 (Resistance gene, R) 產物蛋白可相對應辨識時，植物可啟動有效的免疫反應，引發局部的程序性細胞死亡，而侷限病菌的生長與擴張，達到抗性的效果。

抗性基因座的探勘及定位是抗病品種育成的基礎。水稻目

前已知抗白葉枯病基因有 41 個以上，其中 *Xa1*、*Xa3*、*xa5*、*xa13*、*Xa21*、*xa25*、*Xa26* 及 *Xa27*、*Xa40* 等 9 個抗病基因已選殖 (字首小寫者為隱性基因)，並對其抗病的分子機制研究較清楚。白葉枯病主效抗病基因編碼的產物豐富多樣，因此不同基因的抗病機理存在很大差異，以下就幾個抗白葉枯病基因作介紹。

抗白葉枯病基因介紹

xa5 是從水稻 DZ192 中所發現的隱性基因，位於第 5 號染色體末端，編碼轉錄因子 IIA 的次單元。目前認為 *xa5* 的抗病機制並非抑制病原菌的生長，而是延遲病原菌在寄主中轉移的速度。

xa13 是從水稻 BJ1 中發現的隱性基因，定位在水稻第 8 號染色體長臂上。

生理小種	病斑長度	品種
XE2		IRBB66
XF116		
XF135		
XE2		臺東33號
XF116		
XF135		

107 年 1 期作以白葉枯病 XE2、XF116、XF135 三種菌株進行接種，接種後 16 天調查病斑長度。IRBB66 為自國際稻米研究所引進，帶有 *xa5*、*xa13*、*Xa21*、*Xa27* 抗白葉枯病基因種原材料，而臺東 33 號未帶有上述 4 個抗病基因。

Xa13 基因所編碼的質膜蛋白，位在維管束導管的周圍細胞，具有將木質部中具有殺菌作用的銅離子運送到其他部位的功能，讓病菌得以大量繁殖與擴張。而 *xa13* 與 *Xa13* 在基因啟動子區域上序列的差異，造成 *xa13* 無法正常啟動基因表現，而使得植物獲得白葉枯病抗性。

Xa21 源自西非長藥野生稻 (*Oryza longistaminata*) 種原，屬於顯性基因，定位在第 11 號染色體上，是第一個被定序的白葉枯病抗性基因，對大部分白葉枯病生理小種表現抗性。*Xa21* 蛋白屬於類受體蛋白激酶，同時具有識別病原菌特有蛋白質以及傳遞訊息以誘發下游免疫反應的功能。

Xa27 抗白葉枯病基因是來自四倍體小粒野生稻 (*Oryza minuta*)，經由種間雜交、胚拯救及回交手段導入水稻，基因定位在第 6 號染色體。*Xa27* 與 *xa27* 序列在在編碼區序列相同，僅在啟動子區有 2 處差異，而影響基因表達與否。只有接種攜帶有對應的 *AvrXa27* 非致病性基因的菌株，才能誘導葉片 *Xa27* 基因的表現，獲得抗性。*Xa27* 基因並非系統性誘導，僅在接種葉片表達，同一植株未接種的葉片中沒有表達。*Xa27* 是 α -螺旋結構蛋白，會累積在維管束導管細胞的原生質體外 (apoplast)，其也是病菌在植物寄主內繁殖的所在。

藉由各抗病基因的定位基礎所開發的側翼分子標誌及功能性分子標誌成果，可做為分子標誌輔助育種的有力工具。近年來各國育種技術的發展十分迅速，這些抗病基因已廣泛應用於水稻抗病育種流程中。

帶有單一抗性基因品種，可能在品種種植數年後，因田間病原菌生理小種族群的轉變，造成抗病性喪失。為延長抗病品種的使用年限，堆疊多個抗性基因的品種較僅帶有單一抗性基因的品種，其抗性表現更為穩定，可有效的延遲品種抗病性的崩解。目前本場進行的育種目標是將 *xa5*、*xa13*、*Xa21* 等抗白葉枯病基因堆疊於國內主要栽培品種，期望育成兼具抗病性與優良米質的新品種。

結語

植物與病菌間的攻防網絡十分複雜，是長久以來共同演化的結果。在抗病育種上，了解植物和病原菌在分子層次上的互動關係，與抗病基因其抗病機制、基因與基因之間的交互作用，以及是否會影響到其他農藝性狀的表現，都是相當重要的，有助於選擇合適的育種策略。育種材料中基因綜合效應，以及在栽培環境中抗病性的表現程度都需要列入育種選拔的考量，才能培育中抗病且優質的水稻新品種。