



稻熱病抗性基因在育種及栽培之應用

文、圖 / 郭丞恩

稻熱病是由稻熱病菌 (*Pyricularia oryzae* Cav.) 引起的水稻病害，廣泛發生於全球稻作生產區，是水稻主要流行病害之一。病原菌會感染水稻的葉片、節間及稻穗，形成褐色病斑，造成葉片及稻穗枯萎死亡，影響稻米產量及品質。稻熱病雖可以藥劑防治，但長期施藥除了增加成本外，也容易影響生態環境，因此種植抗病品種被認為是最有效的方法，隨著基因功能的解明，使育種人員能夠更加精確的選育優良抗病品種，本文將介紹抗病育種的原理、稻熱病抗病性基因種類及抗病基因之應用。

植物與病原菌交互作用關係

植物的抗病能力可分為垂直抗性及水平抗性，垂直抗性由單一或少數主效基因控制，這些特定的抗病基因稱為 *R* 基因 (Resistance gene, *R*)。*R* 基因的產物蛋白可辨識稻熱病原菌產生的特定蛋白質，在水稻受病原菌感染時，會快速啟動植物本身的免疫反應，使感染部位細胞死亡，限制病原菌擴散，達到抗性的效果。垂直抗性具有專一性，在不同生理小種間的抗病性反應有差異性，對特定病原菌具有顯著的抗病效果，然而當病原菌發生突變或優勢生理小種改變，垂直抗性便可能失效。

水平抗性為植物的基礎抗性，由多個微效基因所控制，該抗病性具有非專一性，對多種不同的生理小種都具有一定的抗病效果，表現更廣泛的抵抗力。雖然水平抗性通常較為穩定持久，不易因病原菌的突變而失效，但抗病效果較不顯著，抗

病表現多為減緩病菌的感染速度和症狀，無法達到跟垂直抗性相近的抗病效果。



圖 1. 帶有 *R* 基因之品種在葉片受感染後會啟動免疫反應，限制病原菌擴散 (左)，感病品種感染後無法抑制病原菌擴散，形成較大之感病病斑 (右)。

抗稻熱病基因介紹

抗性基因座的定位是抗病基因應用的基礎，目前已知的稻熱病抗病基因座至少 100 個以上⁽²⁾，已被選殖出來的 *R* 基因至少有 24 個，分別坐落於 1 號、2 號、4 號、6 號、8 號、9 號、11 號及 12 號染色體上，在選殖出來的 *R* 基因中，又以 *Pi2/9*、*Pik*、*Pü*、*Pia*、*Pish*、*Pib*、*Pita* 這幾個基因的抗病機制較為清楚，下面就幾個抗稻熱病基因作簡單介紹。

- 一、*Pi2/9* 基因是在微粒稻 *Oryza minuta* 中發現的 *R* 基因，位於第 6 號染色體短臂上，目前在這個基因座上，除了 *Pi2/9* 外，還發現 *Pi26(t)*、*Pigm*、*Piz-t* 等多種不同的等位基因⁽⁴⁾，*Pi2/9* 基因藉由辨識病原菌蛋白質來啟動免疫反應，藉此產生稻熱病抗性⁽³⁾。
- 二、*Pik* 基因座位於第 11 條染色體長臂末



端，最早發現於日本水稻品種關東 51 號，目前在此位點上已經發現有 *Pik*、*Pikm*、*Pikh*、*Pikp*、*Pil*、*Piks* 與 *Pi7* 這 7 種抗病等位基因，*Pik* 的抗病機制與 *Pi2/9* 相同，為辨識病原菌蛋白質並啟動免疫反應。

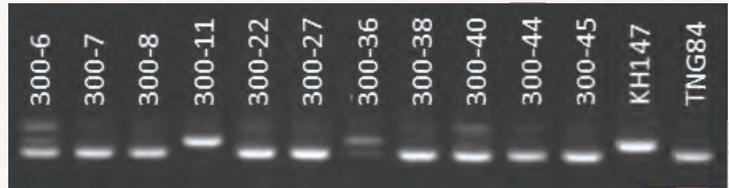


圖 2. 利用分子標誌判別雜交後代是否帶有抗病基因 *Pita2*，編號 300-6 到 300-45 為雜交後代，與臺農 84 號 (TNG84) 相同條帶者具稻熱病抗性，與高雄 147 號 (KH147) 相同者不具抗性。

三、*Pita* 為第 12 條染色體上之抗病基因，該基因源自於越南秈稻地方品種 Tetep，近期研究指出，*Pita* 的基因座位置上有另一組序列高度相似之基因 *Pita2*，*Pita* 和 *Pita2* 兩者可能互為等位基因或緊密連鎖之關係，差別在於 *Pita* 的病原菌抗性專一性高，而 *Pita2* 則具有更為廣泛的抗病性，能對抗更多的稻熱病菌變種。

抗病基因在育種上之應用

在水稻育種流程中，透過人工雜交的方式，將抗病基因導入品質或產量優良卻不抗病之品種，以此改善原品種之抗病性。雜交後會經歷數個世代的性狀分離及選拔，在抗病基因功能尚未明瞭前，多以人為接種或自然發病田圃進行抗病性評估，缺乏精確且快速的選拔手段。隨著分子生物學技術進步，越來越多抗病基因完成定位及序列解序，以此為基礎，便可設計分子標誌作為篩選標的，將分子標誌應用於雜交後代的選拔流程中，使選拔過程更加快速、精確，這種方式稱為分子標誌輔助育種 (marker-assisted selection, MAS)。

帶有單一抗性基因的品種，可能在栽培數年後，因病原菌生理小種族群改變而喪失抗病性，為了提高抗病年限及抗病表現，育種過程中可採取兩種策略：

一、利用分子標誌選拔，將數個不同的抗

病基因堆疊於同一品種中，優點為選育品種對於不同生理小種皆具有抗性，然而因導入基因數量較多，可能會耗費更長的育種時程。

二、利用分子標誌配合回交選種法，選育出數個除單一抗病基因不同外，遺傳背景都相近之近似同源系 (near-isogenic lines)，而後依比例混合各個近似同源系，建立多系品種 (multiline variety)。優點為育成年限較短，性狀與輪迴親相近，並可使栽培品種多樣化，降低病原菌生理小種變異的淘汰速度，有效延長抗病年限，缺點在於須配合病原菌生理小種的調查，調整近似同源系混合比例，操作上較為複雜，另外國內尚未有多系品種的大面積栽培推廣，因此對多系品種的相關法規及栽培制度尚未完善。

具抗病基因之商業品種及其抗病能力

國內已育成數個具有抗稻熱病特性之品種，如臺農 84 號、臺南 20 號、臺梗 8 號、臺大高雄 1 號、臺東 30 號及花蓮 26 號等皆具有優良的抗稻熱病能力，這些抗病品種有些已完成抗病基因之定位，有些為感病品種導入抗病基因改善抗病性，以下將介紹 3 個品種帶有的抗病基因及抗病表現：

一、臺農 84 號為農業試驗所嘉義分所育成之品種，抗病基因源自於父本的嘉農育 872065 號⁽¹⁾，經基因定位研究後，



發現該抗病基因為第 12 號染色體上的 *pita*。臺農 84 號於 2010 年命名後，其抗病性持續維持在中抗等級以上，除了提供農民栽培外，也是作為抗病育種優良的育種材料。

- 二、臺大高雄 1 號由高雄區農業改良場與臺灣大學合作育成，為國內首個利用分子標誌育成的抗稻熱病品種，由國際稻米研究中心引入的抗病品系 IRBL9-W 提供抗病基因 *Pi9*，再以高雄 145 號為輪迴親進行回交育種，育成米質、產量與高雄 145 號相近，並具廣幅稻熱病抗性的新品種。
- 三、臺東 30 號為本場於 2002 年育成之品種，具有優秀的抗病性且持續維持於中抗等級以上，以臺東 30 號為親本育成之品種如臺東 33 號、花蓮 26 號同樣具有相近的抗病表現，但抗病基因尚未完成定位，未來本場也將持續進行臺東 30 號抗病基因的探勘，以期推進國內抗病育種研究的進展。

結語

目前防治稻熱病主要依靠藥劑，並輔以合理化施肥等策略進行控制，但隨著分子生物學的進步，抗病基因的發現和應用為水稻育種提供了有效的抗病策略，抗病基因能夠快速、精準地導入水稻品種，配合基因堆疊或多系品種，可有效延長品種抗性年限及減少農藥的使用。本場將持

續投入相關研究，推出更多具備穩定抗病性和優良米質的水稻品種，提升農民的收入，亦有益於推動有機農業，維護農業生態永續發展。

參考文獻

1. 陳隆澤、廖大經、黃守宏、卓緯玄、顏信沐、羅正宗、陳榮坤。2011。稈稻新品種台農 84 號之育成。台灣農業研究 60 (4) :221-238。
2. Ashkani, S., M. Y. Rafii, M. Shabanimofrad, A. Ghasemzadeh, S. A. Ravanfar, and M. A. Latif. 2016. Molecular progress on the mapping and cloning of functional genes for blast disease in rice (*Oryza sativa L.*): current status and future considerations. Crit. Rev. Biotechnol. 36:353-367.
3. Qu, S., G. Liu, B. Zhou, M. Bellizzi, L. Zeng, L. Dai, and G. L. Wang. 2006. The Broad-Spectrum Blast Resistance Gene *Pi9* Encodes an NBS-LRR Protein and is a Member of a Multigene Family in Rice. Genefices. 172:1901-1914.
4. Tian, D., Z. Chen, Z. Chen, Y. Zhou, Z. Wang, F. Wang, and S. Chen. 2016. Allele-specific marker-based assessment revealed that the rice blast resistance genes *Pi2* and *Pi9* have not been widely deployed in Chinese indica rice cultivars. Rice. 9:1-11.

表 1. 臺農 84 號、臺大高雄 1 號及臺東 30 號於關山稻熱病圃的抗性表現

品種	各年度第 1 期作葉稻熱病抗性表現				
	2019	2020	2021	2022	2023
臺農 84 號	抗 (2) ^a	抗 (3)	中抗 (4)	抗 (2)	中抗 (4)
臺大高雄 1 號	抗 (3)	中抗 (4)	中抗 (4)	-	-
臺東 30 號	抗 (3)	中抗 (5)	中抗 (5)	中抗 (5)	中抗 (5)

^a 抗性評價與抗性等級，抗性等級依據稻熱病斑分布面積評分，數字越小，品種越抗病。