

# 台灣水稻飛蟲類害蟲為害 與抗蟲育種契機

農試所作物組 吳東鴻 戴乃強 李長沛

嘉義分所 黃守宏

## 一、前言

水稻為全球七十億人口中，接近半數人口的主食，其中約有超過90%比例的稻米消耗位於亞洲地區；由全球水稻需求量來看，從1960年的1億5千萬噸，上升至2011年的4億5千萬噸 (Samarendu 2013)，可見水稻生產的重要性不言而喻。然而，近年來由於人類工商業活動頻繁，造成氣候變遷，增加了極端天氣如強風豪雨侵襲的頻率，使作物栽培時更易遭受非生物性逆境的影響，其中溫度的升高，導致原屬亞熱帶氣候的北台灣地區漸轉為熱帶氣候，進而導致台灣水稻生長環境及蟲害發生逐漸熱帶化，除了增加害蟲的世代數、提升害蟲越冬存活率、發育速率及族群量等，更加劇生物性逆境危害 (Huang et al. 2010, Shih et al, 2011)，若再加上氮肥的不當施用，也會導致害蟲族群上升 (Cheng 1971)，因此選擇栽培抗病、抗蟲的品種、病蟲害防治操作和合理的施肥等管理措施都應該受到更進一步的重視。

## 二、台灣水稻飛蟲類害蟲的發生與為害特性

在台灣，水稻主要飛蟲類害蟲有褐飛蟲、白背飛蟲及斑飛蟲，但以前兩者的危害性最大。雖然褐飛蟲及白背飛蟲在台灣可以少量族群越冬，並在一期作水稻上繁殖，但其族群通常不會發展到嚴重危害之密度；在二期作造成嚴重蟲燒為害之族群，多為海外遷入族群繁殖之結果，在台灣水稻遷移性的害蟲除了褐飛蟲及白背飛蟲外，尚有瘤野螟及粟夜盜等。每年3至5月之間褐飛蟲和白背飛蟲可由越南紅河三角洲遷出，並隨著4至5月的氣流遷徙至華南地區，甚至直接遷入台灣，但一般是在大陸華南繁衍幾世代後，再隨著鋒面、颱風、低壓環流、西南氣流和太平洋高壓環流等系統到達台灣地區 (Liu et al. 1989; Cheng and Lu 1990, Sogawa 1997)。另外藉由南亞、東南亞12個地區的褐飛蟲對不同稻種的危害表現分析結果，發現菲律賓、中國地區和台灣有較高的相關性，因此台灣境外移入的褐飛蟲除了中國地區外也可能來自於南方的菲律賓地區 (Horgan et al. 2015)。即便褐飛蟲與白背飛蟲族群在台灣可以少量越冬，但因每年會隨著環流

作者：吳東鴻助理研究員  
連絡電話：04-23317106

系統不斷遷入新的蟲源，故難以單就田間的防治而根除，且每年移入的飛蟲生物小種也會有所不同，在抗蟲品種的選擇性及為害能力也隨之變動。

飛蟲類害蟲在危害水稻時，會造成稻作枯萎，在田間出現蟲燒的情形（圖一和圖二）。根據統計，褐飛蟲在中國地區2006年和2007年分別造成940萬和870萬公頃稻田面積的損失；白背飛蟲則在2006年時造成850萬公頃稻田面積的損失，國內第二期稻作也常因颱風過後發



圖一、台灣東部富里地區台九線旁飛蟲造成稻田蟲燒危害。



圖二、台灣中部霧峰地區飛蟲危害造成蟲燒的情況。

現大面積飛蟲危害的現象，以過往的統計資料來看，兩種飛蟲所造成的危害情況趨勢有增無減。針對此等個體小、世代短及繁殖強的害蟲，世界各國多以抗蟲育種為主要的防治策略主軸。

#### （一）褐飛蟲 *Nilaparvata lugens* (Stål)

褐飛蟲為一種小型昆蟲（圖三），為一種單食性的害蟲，通常只能於稻屬（*Oryza*）的植物上完成其生長史。危害水稻時，會以刺吸式口器從稻的莖基部吸食篩管內的汁液，而在取食後的口針鞘會殘留於微管束內，阻礙作物水分和養分的運輸，當為害密度高時將造成稻株枯萎倒伏甚而死亡；另外褐飛蟲也會傳播相關水稻病害，例如水稻草狀矮化病（*rice grassy stunt virus*, RGSV）和皺縮矮化病（*rice ragged stunt virus*, RRSV）等。

#### （二）白背飛蟲 *Sogatella furcifera* (Horváth)

白背飛蟲也是一種小型的水稻害蟲（圖四），可在多種禾本科上取食，但以水稻為主要寄主。白背飛蟲成蟲主要活動於水稻的上半部，其卵粒多產於第二葉鞘處。白背飛蟲的危害和褐飛蟲一樣是利用其刺吸式口器吸取水稻維管束內的養分，此外白背飛蟲也會於水稻抽穗後於稻穗上產生蜜露，影響稻穀稔實率和外觀（米粒上呈現黑色斑點），另一方面白背飛蟲的產卵行為會造成水稻的過敏性反應產生（多為稈型稻），造成葉部褐化枯死，光合作用下降等情形。白背

飛蟲亦可媒介傳播之南方型水稻黑條矮化病 (*southern rice black streaked dwarf virus*, SRBSDV)，在東亞地區所造成的危害也逐漸增加。

### 三、水稻飛蟲抗性種原來源

從水稻種原中尋找飛蟲抗性品種與種原全面性評估，有助於擬定抗性親本組合或尋找抗性基因座與釐清抗性來源，均為抗蟲育種重要基礎資訊。據國際水稻研究所 (International Rice Research Institute, IRRI) 的研究成果顯示，以褐飛蟲第1類生物型 (biotype 1) 評估44,335個水稻種原的抗性反應，其中具抗性表現者佔15.4%；以褐飛蟲第2類生物型 (biotype 2) 調查10,553個種原抗性，具抗性表現者有1.9%；以褐飛蟲第3類生物型 (biotype 3) 分析13,021個種原抗性，則有1.8%具抗性表現；進一步普查52,042個種原對白背飛蟲抗性反應，其中1.7%的種原具抗性表現 (Yang and Zhang 2016)。從野生稻種與栽培稻種等分類中，發現野生稻的抗蟲反應歧異度較大且具有較佳抗性潛力；而栽培種內各亞種也存有抗性差異。在亞洲種栽培稻之中，發現籼稻 (*Oryza sativa* L. ssp. *indica*) 的飛蟲抗性明顯優於粳稻 (*O. sativa* L. ssp. *japonica*) 栽培品種。且從諸多飛蟲抗性遺傳研究中，栽培種和野生種可以明確提供抗性基因的種原，分別有來自籼型地方品種 ‘Mudgo’、‘ASD7’、‘Rathu Heenati’、‘Babawee’、‘ARC10550’、‘Swarnalata’、‘T12’、‘N22’、‘ARC10239’、

‘ADR52’、‘Sinna Sivappu’，以及野生稻種 *O. rufipogon*、*O. officinalis*、*O. australiensis*、*O. eichingeri* 和 *O. minuta*；其中只有2個稻種原籼稻的 ‘Mudgo’ 和野生稻 *O. officinalis* 對褐飛蟲、白背飛蟲和斑飛蟲三者同時具有抗性。雖然部分稻種原的抗性基因可用來對抗飛蟲的危害，由於飛蟲的世代週期比作物要來



圖三、於葉片上的褐飛蟲雄蟲照片。



圖四、長翅型的白背飛蟲雌蟲照片。

的快，而我們所栽植的水稻品種幾乎固定的，因此相較於水稻，飛蟲更容易發展出新的生物小種，進而克服水稻的抗蟲性。因此持續探勘種原中飛蟲抗性基因，選育對飛蟲具有廣幅且穩定的抗性品系仍有其必要。

#### 四、褐飛蟲和白背飛蟲抗性相關基因的來源

目前至少發現30個對褐飛蟲抗性相關的基因座，而研究顯示褐飛蟲抗性基因*Bph25*、*Bph26*和*Bhp27*三個基因座，分別和先前發表的*Bph20*、*Bph21*、*Bph18*為相同的基因座。在白背飛蟲抗性遺傳研究中，已經發現14個白背飛蟲主效抗性基因，經由傳統遺傳學分析策略從稻種原中挖掘出*Wbph1*至*Wbph6*等6個白背飛蟲抗性基因座；另在野生稻*O. officinalis*材料中，發現*Wbph7*、*Wbph8*抗性基因分別位於第3條、第4條染色體上；帶有褐飛蟲抗性基因(*Bph1*)籼型地方品種‘Mudgo’也具有白背飛蟲抗性基因(*wbphM1*、*wbphM2*)；其他抗性基因有來自‘ARC11367’的*wbphAR*基因、‘NCS 2014’的*wbphN*基因、‘MO1’的*wbphO*基因；而從品種‘Asominori’發現具有殺死白背飛蟲卵的*Ovc*基因。除了上述主效抗性基因外，尚有88個白背飛蟲相關的數量性狀基因被發現。而這些有飛蟲抗性的水稻種原，通常帶有多個以上的抗性基因，對一種或以上的飛蟲具有抵抗力。亞洲種栽培稻的一些籼稻地方品種中，‘ADR52’有較高的抗褐飛蟲表現，因為此品種帶有三個抗褐

飛蟲的數量基因座(QTL)，分別位於第5、第6和第12對染色體上，另外也在第6對和第12對染色體上發現兩個抗性基因，暫時將其命名*Bph20(t)*和*Bph21(t)*。

‘Rathu Heenati’對於斑飛蟲和大部分褐飛蟲小種都有抵抗力，藉由數量性狀基因座分析發現其帶有3個對褐飛蟲抗性的基因座分別位於第3、第4和第10對染色體上，和帶有抗斑飛蟲的8個數量性狀基因座，分別位於第7染色體上。野生稻種*O. officinalis*具有對斑飛蟲、白背飛蟲和褐飛蟲的多重抗性，至少有4個對褐飛蟲抗性的主效基因，包括位於第3對染色體長臂上的*bph11(t)*和*Bph14*，第3對染色體短臂上的*Bph13(t)*，和位於第4對染色體短臂上的*Bph15*；對白背飛蟲抗性則有兩個數量性狀基因座，分別位於第3和第4對染色體；對斑飛蟲抗性的數量基因座則位於第3、7和12對染色體。近年來遺傳和分子分析定位顯示，水稻飛蟲抗性的基因，是來自不同的稻種源，並於染色體上聚合成一個抗性區間，例如*bph2*、*Bph9*、*Bph18(t)*、*Bph21(t)*、*Bph26*、*Wbph12(t)*和*Qsbph12a*在第12對染色體上位於同一個區間；*Bph27(t)*、*bph16*、*Bph27*、*Bph6*、*bph18*、*Wbph9(t)*和*Wbph10(t)*等基因座也在第4對染色體上形成同個區間。值得一提的是有超過50%飛蟲抗性基因聚集在7個特定區間，分別位於第3、4、6、11和12對染色體上(圖五)。綜觀上述位置結果，這7個飛蟲抗性區間包含了主效基因座和數量性狀基因座，而能夠有效的抵抗飛蟲危害，可以說這7個區間為飛蟲抗性基因的熱

點。其中也只有位於第12對染色體的抗性區間可以同時抗三種飛蟲。對三種飛蟲都有抗性的野生稻種 *O. officinalis* 研究也突顯了抗性的表現不單單只是一個主要的基因就可達成，而是需要由多個抗性基因來完成。

## 五、結語

目前飛蟲抗性相關的候選基因多源自野生稻 (wild rice) 品系或秈稻地方品

種，雖說可藉由雜交將特定抗性基因導入想改良的品種中，但是栽培品種和野生稻由於親緣關係較遠，在建立雜交組合時，易因生殖障礙造成雜交稔實率低或雜交不親合等現象，難以產生具有稔性的F<sub>1</sub>後裔，且伴隨著後續連鎖累贅等問題。據統計，台灣地區105年全台北水稻種植面積27萬公頃，以台南11號、台梗14號、台中192號、台梗9號、台梗8號及台梗16號等為主要品種，其中梗稻栽培面

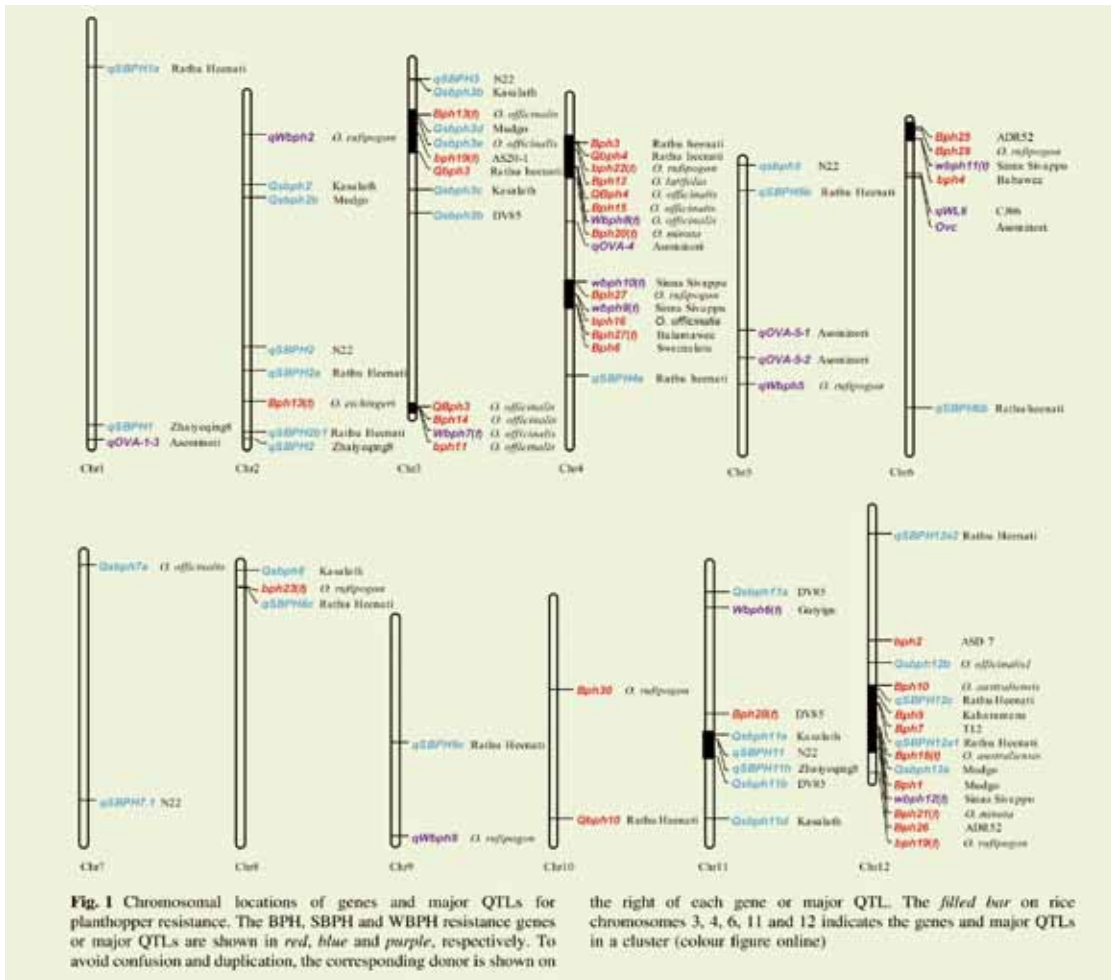


Fig. 1 Chromosomal locations of genes and major QTLs for planthopper resistance. The BPH, SBPH and WBPH resistance genes or major QTLs are shown in red, blue and purple, respectively. To avoid confusion and duplication, the corresponding donor is shown on

the right of each gene or major QTL. The filled bar on rice chromosomes 3, 4, 6, 11 and 12 indicates the genes and major QTLs in a cluster (colour figure online)

圖五、飛蟲抗性相關基因、數量性狀基因座於水稻染色體上所在位置。褐飛蟲、斑飛蟲、和白背飛蟲抗性基因或數量性狀基因座分別以紅色、藍色和紫色標註。染色體標註的基因並在其右邊列出飛蟲抗性的基因來源。圖中染色體實心線段為基因和數量性狀基因聚集成一個區間，分別位於第3、4、6、11和12對染色體上。(引用自Yang and Zhang 2016)

積就佔了90%以上，因此在選擇有利抗性基因導入上，我們可以選擇相較於野生稻來說，親緣較近的秈稻作為抗性基因來源，來減少遠緣雜交所造成的困擾。而利用全基因組關聯分析 (genome-wide association study) 策略，也進一步充實飛蟲抗性相關選育背景資訊，讓雜交親本組合上可以採用親緣較近的品種進行抗性基因堆疊選育。

## 六、參考文獻

- Cheng, C. H. 1971. Effect of nitrogen application on the susceptibility in rice to brown planthopper attack. *Agricultural Research* 20(3): 21–30.
- Cheng, C. H., and J. L. Lu. 1990. Detection of the trans-oceanic immigration of rice planthoppers, *Nilaparvata lugens* (Stål) and *Sogatella furcifera* (Horvath) to the southwestern Taiwan and their relative weather conditions. *Chinese J. Entomol.* 10: 301–324.
- Huang, S. H., C. H. Cheng, C. N. Chen and W. J. Wu. 2010. Predicting impacts of climate change scenarios on population dynamics and distribution of rice insect pests in Taiwan. pp. 85-98. In: C. M. Yang, F. F. Hou and A. H. Yang [eds.], In: *Proceedings of the International Workshop on Climate Change and Food Crisis*, July 10, 2010, Tainan, Taiwan.
- Horgan, F. G., A. F. Ramal, J. S. Bentur, R. Kumar, K. V. Bhanu, P. S. Sarao, E. H. Iswanto, H. V. Chien, M. H. Phyu, C. C. Bernal, M. L. P. Almazan, M. Z. Alam, Z. Lu, and S. H. Huang. 2015. Virulence of brown planthopper (*Nilaparvata lugens*) populations from South and South East Asia against resistant rice varieties. *Crop Protection* 78: 222–231.
- Liu, C. H., C. H. Cheng, C. C. Chen, S. S. Wang, and Y. I. Chu. 1989. Immigration of planthopper from oversea to Taiwan in 1987. *Chinese J. Entomol.* 9: 1–11
- Sogawa, K. 1997. The monsoon-dependent migration of rice planthoppers in east Asia. In *Migration and Management of Insect Pests of Rice in Monsoon Asia*. China National Rice Research Institute, Hangzhou, China, pp.217–230.
- Shih, H. T., Y. B. Huang, F. C. Lin, Y. S. Shieh, C. J. Chang, S. H. Huang, M. Y. Chiang, C. L. Wang, and C. H. Kao. 2011. *Proceedings of the Workshop on Crop Breeding and Management of Agricultural Environment for Coping with Climate Change: 49-61*, Special Publication of TARI No. 156 Agricultural Experiment Station, Taiwan Agricultural Research Institute
- Samarendu Mohanty. 2013. Trends in global rice consumption. *Rice Today* January-March Vol. 12, No. 1 44-45
- Yang, L. and W. Zhang. 2016. Genetic and biochemical mechanisms of rice resistance to planthopper. *Plant Cell Rep.* 35(8): 1559–72.