

台灣水稻褐飛蟲生物小種之調查

黃守宏^{1,*} 鄭清煥² 陳秋男³ 吳文哲⁴

摘要

黃守宏、鄭清煥、陳秋男、吳文哲。2016。台灣水稻褐飛蟲生物小種之調查。台灣農業研究 65(1):84–91。

褐飛蟲 [*Nilaparvata lugens* (Stål)] 為東亞地區之重要水稻遷移性害蟲，對水稻為害性甚為嚴重，東亞各國 (含台灣) 都以抗蟲品種作為主要的防治方法。為瞭解自海外遷入之褐飛蟲族群對台灣育成之抵抗性水稻品種的衝擊，本研究在 2007–2010 年檢定台灣 4 個不同地區褐飛蟲族群，於 'Mudgo' (具 *Bph1* 抗性基因)、'H105' (具 *bph2* 抗性基因)、'RathuHeenati' (具 *Bph3* 及 *Bph17* 抗性基因) 及 'Babawee' (具 *bph4* 抗性基因) 等 4 個具不同抗性基因水稻品種上之致害性表現。結果顯示各地區褐飛蟲族群在 'Mudgo' 及 'H105' 等抗性水稻品種上，有 75–100% 雌蟲個體能存活超過 5 d，其中有 65–100% 雌蟲腹部可膨大；在 'Babawee' 抗性水稻品種上，有 20–83% 雌蟲能存活超過 5 d，其中有 0–28% 雌蟲腹部可膨大，且近年來有逐漸增加之趨勢；在 'RathuHeenati' 抗性水稻品種上，大多數地區族群雌蟲能存活 5 d 者在 57% 以下，其中只有 5% 以下雌蟲腹部可膨大。顯示抵抗褐飛蟲之水稻品種之抗蟲性受 *Bph1* 或 *bph2* 基因所支配者，由於相對應之第 2 型及第 3 型生物小種之出現而崩潰；近幾年來水稻抗性基因受 *bph4* 所支配者，也因相對應之第 5 型生物小種蟲數之出現比率增加而逐漸失去效力。因此，積極引入不同抗性基因於水稻育種系統，以因應褐飛蟲生物小種在台灣發生之現況，已成為當務之急。

關鍵詞：水稻、褐飛蟲、生物小種、抗性基因。

前言

褐飛蟲 [*Nilaparvata lugens* (Stål)] 為東亞地區之水稻重要遷移性害蟲，其個體小、世代短、繁殖力強，嚴重危害可造成水稻全面枯萎 (蟲燒)，影響產量損失至鉅，東亞各國 (含台灣) 多以抗蟲品種作為害蟲整合防治方法之主幹。栽植抗蟲品種可有效抑制害蟲族群之增長與為害，並可以與其他防治方法相配合，不會增加防治成本，且減少防治用藥次數，有利於天敵之立足及繁衍，為一相當經濟且有效的防治手段 (Heinrichs 1986, 1994; Cheng 2003)。台灣於 1969 年開始著手進行抗褐飛蟲等重要害蟲

之水稻育種研究，在 1973 年與國際稻米研究所 (International Rice Research Institute) 同時發表台灣第 1 個抗褐飛蟲秈稻品種「嘉農 11 號」，1982 年發表第一個抗褐飛蟲粳稻品種「台農 68 號」 (Cheng 2003)。台灣自 2007 年以後，水稻主要栽培品種以「台南 11 號」為主，此品種含有抗褐飛蟲之 *Bph1* 基因，目前栽植抗褐飛蟲水稻品種之種植面積，占水稻總栽培面積的一半以上 (Yang & Su 2008)。惟因在東亞地區長時期且大面積種植含有 *Bph1* 抗性基因之水稻品種，很有可能因產生有害生物小種而失去抗性，是為栽植抗性品種推廣最大的隱憂 (Cheng 1985; Heinrichs 1994)，如台灣近年來

投稿日期：2015 年 4 月 24 日。接受日期：2015 年 7 月 21 日。

* 通訊作者：shhuang@dns.caes.gov.tw

¹ 農委會農業試驗所嘉義農業試驗分所植物保護系副研究員。台灣 嘉義市。

² 農委會農業試驗所嘉義農業試驗分所植物保護系前研究員兼系主任。台灣 嘉義市。

³ 國立台灣大學昆蟲系兼任教授。台灣 台北市。

⁴ 國立台灣大學昆蟲系教授。台灣 台北市。

因褐飛蟲生物小種改變之關係，使得「台南 11 號」原含有之抗性基因失去效用，而遭受褐飛蟲嚴重危害，產生蟲燒之現象。

褐飛蟲對抗蟲品種之適應性係受多基因 (polygenes) 所控制，當由同一抗性基因之水稻品種大面積栽植後，褐飛蟲個體就會逐漸適應及生存於該抗蟲品種上，發展出相對應之有害生物小種 (virulent biotype)，使原有之抗蟲品種失去抗蟲效力。國際稻米研究所早於 1973 年即培育出 'IR26' (含抗褐飛蟲基因 *Bph1*) 來對抗褐飛蟲之為害，但於 3 年後，褐飛蟲第 2 型生物小種 (biotype 2) 大量出現，而使 'IR26' 遭受蟲燒而崩潰。在 1976 年國際稻米研究所又推出抗性品種 'IR36' (含抗褐飛蟲基因 *bph2*)，但於 6 年後，褐飛蟲第 3 型生物小種 (biotype 3) 出現；又於 1982 年推出抗蟲品種 'IR56' (含抗褐飛蟲基因 *Bph3*)，一般相信褐飛蟲第 4 型生物小種 (biotype 4) 的發生是可被預期的 (Rombacher & Gallagher 1994)。如前述，中國大陸在 1975 年大量推廣種植雜交稻 (hybrid rice)，並導入褐飛蟲抗性基因，以抑制其猖獗為害，確保糧食生產 (Sogawa *et al.* 2003)，但在 1980 年代末期，褐飛蟲第 2 型生物小種已出現。而隨著其他抗性基因 (*bph2*) 之導入，褐飛蟲之第 2 型生物小種逐漸轉變成第 3 型生物小種 (Sogawa *et al.* 1987)。水稻飛蟲類害蟲遷入日本，亦分別於 1988 年及 1997 年偵測發現褐飛蟲由第 1 型生物小種占優勢，轉變成由第 2 型生物小種占優勢，再逐漸轉變成由第 2 及第 3 型生物小種占優勢之情況 (Tanaka & Matsumura 2000)。

在台灣，針對褐飛蟲之為害，採取主要防治方法為以抗蟲品種為基礎，栽植抗褐飛蟲水稻品種 (含有 *Bph1* 及 *bph2* 抗性基因) 之種植面積，占水稻總栽培面積一半以上。然而對於遷入褐飛蟲的生物小種之演變，並無系統性偵測報告。持續監測生物小種之變化，為以抗蟲品種為整合管理基礎不可或缺之資訊。發生於台灣第 2 期水稻之褐飛蟲族群，多為海外遷入族群所繁衍之後代 (Huang *et al.* 2009, 2010b)；不同地區之遷入族群，其生物小種之種類及特性亦有所差異，本研究目的在於偵測

及瞭解遷入台灣褐飛蟲生物小種之演變，藉以避免因有害生物入侵之變化，而造成台灣水稻遭受嚴重之被害損失。

材料與方法

遷入褐飛蟲族群之採集

為了監測台灣各地區水稻褐飛蟲發生及為害之族群，是否由不同海外地區遷入，以及其進入台灣後之生物小種變化情況。自 2007 年開始，於台灣西部之台中+彰化、嘉義、高雄、屏東及花蓮+台東等 4 個主要水稻栽植地區，採集褐飛蟲之族群回室內大量繁殖於感蟲水稻品種「台農 67 號」上，供作進一步檢定之材料。

檢定方法

本檢定方法為參考 Tanaka (2000) 方法稍加改良後實施，由各地採集之褐飛蟲，在感蟲稻種「台農 67 號」上大量繁殖後，取得大量且蟲齡一致之初羽化短翅型雌蟲個體，每 5 隻為 1 個重覆，分別接種於含有 *Bph1*、*bph2*、*Bph3* 及 *bph4* 抗性基因之水稻品種 'Mudgo'、'H105'、'RathuHeenati' 及 'Babawee' 等水稻辨別品種 (differential varieties) (Athwal & Pathak 1972; Lakashminarayana & Khush 1977)，每處理 6 重覆。其中，'RathuHeenati' 另外含有抗性基因 *Bph17* 及 2 個微效基因 (Sun *et al.* 2005; Jairin *et al.* 2007)。各供試辨別水稻品種於種植後 35 d 左右，約在分蘖盛期時，僅留約 15 cm 長之主莖，其他分蘖株全部剪除，所留之主莖使用一透明圓筒型塑膠筒 (直徑 6.5 cm、高 30 cm)，接入剛羽化之 1 日齡雌成蟲 (腹部扁平) 至圓筒中，並在圓筒之上端開口，以棉花塞住。每日觀察接入之蟲體，期間雌蟲腹部膨大者或能存活至第 5 日者，視為可在該品種水稻尚生存，為具有致害性者 (Tanaka 2000)。本試驗在溫度 28–30°C，相對溼度 85–95% 之室內環境下進行。

生物小種發生之判定

從上述檢定方法，於接蟲 5 d 後，檢視雌成蟲個體之存活數，及其腹部膨脹者之比例，供作判定該族群之生物小種的發生比例。在其

羽化後幾天，致害型之雌成蟲個體之腹部會變膨大；非致害型之雌成蟲則腹部維持在較扁平之情況 (Tanaka 1999)。然而，部分雌成蟲之腹部既不膨大也不扁平，介於兩者之間者，則以其能否在供試品種上存活 5 d 後來區分。腹部膨大之雌成蟲及能在抗蟲品種上存活 5 d 以上者，表示可以良好適應於該辨別水稻品種上，其卵巢可正常發育，具繁殖後代的能力，故視為具致害能力 (Tanaka 2000)。

資料分析方法

本研究使用 SAS-EG (Version 4.0, 2006) 統計套裝軟體進行資料分析。資料先進行變方分析 (ANOVA)，不同處理間呈現顯著差異後，再以最小顯著差異法 (Fisher's least significant difference; LSD)，分析比較各處理間之差異。

結果

台灣主要水稻栽培地區之褐飛蝨雌成蟲在不同抗性基因水稻之存活率

由表 1 之結果顯示，在連續 4 yr (2007–2010 年) 之調查結果，在台灣 4 個水稻主要栽培地區所採集之褐飛蝨族群，有 75% 以上之雌成蟲個體，可以在含有抗性基因 *Bph1* 或 *bph2* 之水稻品種 'Mudgo' 及 'H105' 上存活超過 5 d。在具 *Bph3* 及 *Bph17* 抗性基因之水稻品種 'RathuHeenati' 上，除在 2009 年台東花蓮地區族群之存活率達 80% 外，其餘各地區大多低於 57%。在具抗性基因 *bph4* 品種 (Babawee) 上，各地區族群之存活率在 20–83% 之間。

各主要水稻栽培地區之褐飛蝨雌成蟲在不同抗性基因水稻取食後腹部之膨大率

在上述 4 yr 調查各地區褐飛蝨族群之雌成蟲，在 4 個抗性基因辨別水稻品種上取食後之腹部膨大率的結果 (表 2)，顯示除 2007 年高雄屏東地區族群在含有抗性基因 *Bph1* 或 *bph2* 之水稻品種 'Mudgo' 及 'H105' 上。雌蟲腹部膨大率為 65% 外，其餘各地區族群在此 2 個抗性基因品種上均為 77% 以上，甚至高達 100%，顯示族群中絕大部分個體已能為害

含有該兩種抗蟲基因之稻種。在具 *Bph3* 及 *Bph17* 抗性基因之水稻品種 ('RathuHeenati') 上，雌蟲腹部膨大率均低於 5%，顯示族群中大部分的個體，尚無法適應於含有此抗蟲基因之稻種。在具抗性基因 *bph4* 品種 ('Babawee') 上，於 2007–2008 年為 0–20%，在 2009 年為 10–23%，2010 年間則增加至 22–28%，有逐年上升之趨勢。

討論

褐飛蝨的致害性 (virulent) 表現是受到數量遺傳因子 (polygenic) 的控制 (Den Hollander & Pathak 1981; Sogawa 1981; Cheng 1985)，如是，其致害性會呈現連續性的表現，而非呈現絕對的致害型及非致害型的狀態 (Tanaka 1999)。因此，在褐飛蝨族群中，致害型個體之所占比率，即表示該族群致害性之程度。在連續 4 yr (2007–2010 年) 在台灣西部及東部調查褐飛蝨對具不同抗性基因水稻辨別品種上，雌成蟲存活率及腹部膨大率結果，顯示在各地區所採集到之褐飛蝨族群的個體，對具抗性基因 *Bph1* 或 *bph2* 之水稻品種植株上，至少有 80% 以上雌成蟲之存活率及腹部呈現膨大現象。可見已分別能適應於 *Bph1* 及 *bph2* 抗性基因的第 2 型及第 3 型生物小種，且已普遍存在於台灣。此一結果與日本利用判別水稻品種偵察遷入九州之褐飛蝨的為害反應，發現有 49–98% 的雌成蟲可為害含有抗蟲基因 *Bph1* 之稻種，有 45–87% 之個體可為害含有抗蟲基因 *bph2* 之稻種相同 (Tanaka & Matsumura 2000; Myint *et al.* 2009)。由此可知，含有抗蟲基因 *Bph1* 及 *bph2* 稻種之抗性顯然已經崩潰，同樣現象亦在韓國發現 (Seo *et al.* 2009)。在台灣稻田栽植含有 *Bph1* 抗蟲基因之「台梗 16 號」及栽植含有 *bph2* 抗蟲基因之「台中秈 10 號」，分別於 1990 年代初期及末期就有被蝨燒之情況發生，足見遷入地的褐飛蝨業已隨遷出地之生物小種的變化而改變 (Cheng 2003)。

其後更因由海外遷入的褐飛蝨能在 *Bph1* 及 *bph2* 基因所支配之抗蟲水稻品種上生存之個體比例逐年增高，終於在 1990 年代間，無

表 1. 台灣 4 個主要水稻栽培地區之褐飛蟲雌成蟲對具不同抗性基因水稻之存活率 (2007–2010 年)。
Table 1. Female's survival rate (%; mean ± SE) of *Nilaparvata lugens* strain on the rice varieties carrying resistance genes in Taiwan (2007–2010).

Rice variety	Resistant gene	Female's survival rate (%) of BPH strain															
		2007				2008				2009				2010			
		TC ^z	C	PK	TH	TC	C	PK	TH	TC	C	PK	TH	TC	C	PK	TH
Mudgo	<i>Bph1</i>	90 a ^y (6.8) ^x	87 a (6.7)	85 a (5.0)	85 a (5.0)	93 a (4.2)	93 a (4.2)	100 a (0.0)	77 a (8.0)	87 ab (4.2)	93 a (4.2)	93 a (4.2)	90 a (4.5)	88 a (3.3)	90 a (3.3)	92 a (3.3)	88 a (3.3)
H105	<i>bph2</i>	93 a (4.2)	83 a (6.1)	75 a (5.0)	80 a (12.6)	97 a (3.3)	97 a (3.3)	100 a (0.0)	87 a (6.7)	93 a (4.2)	100 a (0.0)	83 ab (3.3)	87 a (4.2)	94 a (3.1)	86 a (3.1)	92 a (3.3)	90 a (3.3)
Rathu	<i>Bph3</i> ,	40 b	20 b	20 b	40 b	57 b	37 b	40 c	50 b	43 c	53 b	47 c	80 a	34 b	40 b	40 c	46 c
Heenati	<i>Bph17</i>	(8.9)	(7.3)	(8.2)	(12.6)	(6.1)	(8.0)	(5.2)	(4.5)	(3.3)	(4.2)	(4.2)	(5.2)	(4.3)	(4.2)	(4.2)	(4.3)
Babawee	<i>bph4</i>	80 a (8.9)	20 b (7.3)	30 b (10.0)	50 b (4.5)	70 b (4.5)	47 b (4.2)	67 b (4.2)	83 a (6.1)	67 b (13.3)	63 b (3.3)	73 b (4.2)	77 a (3.3)	42 b (4.7)	48 b (3.3)	70 b (3.3)	64 b (4.0)

^z TC: Taichung and Changhua areas; C: Chiayi area; PK: Pingtung and Kaohsiung areas; TH: Taitung and Hualien areas.

^y Means followed by the same letter in a column do not statistically differ by the LSD test at the 5% level.

^x Figures in parentheses indicate the SE of female's survival rate.

表 2. 台灣 4 個主要水稻栽培地區之褐飛蟲雌成蟲對具不同抗性基因水稻之腹部膨大率 (2007–2010 年)。
Table 2. Female with swollen abdomens rate of *Nilaparvata lugens* strain on the rice varieties carrying different resistance genes in Taiwan (2007–2010).

Rice variety	Resistant gene	Female with swollen abdomens rate (%) of BPH strain															
		2007				2008				2009				2010			
		TC ^z	C	PK	TH	TC	C	PK	TH	TC	C	PK	TH	TC	C	PK	TH
Mudgo	<i>Bph1</i>	90 a ^y (6.8) ^x	87 a (6.7)	65 a (5.0)	85 a (5.0)	93 a (4.2)	83 a (6.1)	100 a (0.0)	77 a (8.0)	87 a (4.2)	93 a (4.2)	93 a (4.2)	90 a (4.5)	88 a (3.3)	90 a (5.3)	92 a (3.3)	88 a (3.3)
H105	<i>bph2</i>	93 a (4.2)	83 a (6.1)	65 a (5.0)	80 a (12.6)	97 a (3.3)	80 a (8.9)	100 a (0.0)	87 a (6.7)	93 a (4.2)	93 a (4.2)	83 a (3.3)	77 b (6.1)	94 a (3.1)	86 a (3.1)	92 a (3.3)	90 a (3.3)
Rathu	<i>Bph3</i> ,	3 b	0 b	5 b	3 b	3 b	3 b	0 c	0 c	0 c	3 b	0 c	3 d	0 c	0 c	0 c	0 c
Heenati	<i>Bph17</i>	(3.3)	(0.0)	(5.0)	(3.3)	(3.3)	(3.3)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(3.3)	(0.0)	(3.3)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)
Babawee	<i>bph4</i>	10 b (4.5)	0 b (0.0)	10 b (5.8)	10 b (6.8)	10 b (4.5)	7 b (4.2)	7 b (4.2)	20 b (7.3)	20 b (7.3)	10 b (4.5)	23 b (8.0)	23 c (3.3)	28 b (3.3)	24 b (2.7)	22 b (2.0)	28 b (3.3)

^z TC: Taichung and Changhua area; C: Chiayi area; PK: Pingtung and Kaohsiung area; TH: Taitung and Hualien area.

^y Means followed by the same letter in a column do not statistically differ by the LSD test at the 5% level.

^x Figures in parentheses indicate the SE of female with swollen abdomens rate.

論含有 *Bph1* 或 *bph2* 抗蟲基因之水稻品種的抗蟲性已完全崩潰，使台灣多年培育之抗褐飛蝨的 40 餘種水稻已完全失去抗蟲效力。目前只剩「台農 69 號」(TNG61M510-1/*Oryza-rufipogon*) 仍具抗性(抗性基因可能為 *Bph3*) (Huang *et al.* 1985)，惜因未被列為良質米推薦品種而未被廣泛栽植。

在含有 *Bph3* 及 *Bph17* 抗性基因之水稻品種 'RathuHeenati' 上之檢定結果顯示，各地區族群雌成蟲之存活率及腹部膨大率分別在 50% 及 5% 以下，顯示褐飛蝨族群中能適應在具此 2 個抗性基因品種之個體發展相對較為緩慢。害蟲在抗蟲品種上比感蟲品種之取食量少、個體小、存活率低、產卵量少及族群增殖率低 (Painter 1951, 1958; Kogan 1982)，Hu *et al.* (2010) 分析褐飛蝨於抗蟲及感蟲水稻上之生命表，進一步證實上述特性。此結果也可說明，生物小種發生比例之調查可由其族群在各抗蟲品種上之存活率及雌蟲腹部膨大與否之情況得知。

一般認為作物抗蟲遺傳由單因子 (monogene) 所支配者較由數量因子 (polygene) 所支配者，更易產生有害生物小種 (biotype)，此為原先育成之含有單主效抗蟲基因，如 *Bph1* 或 *bph2* 之「抗蟲品種」在大面積栽植後 3–5 yr 即行崩潰，失去抗蟲性之主要原因 (Pathak 1970; Gallun 1972; Cheng 1985)。在日本，檢定褐飛蝨在 'RethuHeenati' (含抗蟲基因 *Bph3* 及 *Bph17*) 上之存活率及雌蟲腹部膨大率，維持在 5.0% 以下之低比率 (Tanaka & Matsumura 2000; Myint *et al.* 2009)，此情況與在 2006–2009 年與台灣監測之結果相近。由於遷入台灣之褐飛蝨來源地區以中國華南地區為主，其次為越南北部及菲律賓呂宋島等地 (Huang *et al.* 2010a)。惟在 2009 年台東花蓮地區之族群，在 'RathuHeenati' 之存活率高達 80% (表 1)，但其雌蟲腹部膨大率僅 3% (表 2)，不代表該族群可造成嚴重危害之能力，可能原因為於當年東部所採集到族群之來源，主要來自菲律賓地區。在菲律賓地區，含 *Bph3* 基因之品種自 1982 年即陸續推廣種植 (含 'IR56'、'IR60'、'IR62'、'IR68'、'IR72' 及 'IR74' 等) (Brar *et*

al. 2009)，在此情況下，該地區之褐飛蝨族群可能已逐漸適應於 *Bph3* 基因之水稻品種。另一方面在大多數情況下，遷入台灣西部之褐飛蝨為由中國大陸華南地區遷入之族群 (Huang *et al.* 2010a)。由於遷入台灣西部之族群無法越過台灣中部 3,000 m 高山之阻隔遷入台灣東部地區，所以越靠近南部及東部的褐飛蝨族群，越有機會混合中國大陸華南與菲律賓呂宋島的族群，而表現出與中國華南地區不同族群之特性 (Otuka *et al.* 2012)。此外，花東地區之褐飛蝨族群，目前推測也可能為中國大陸華南地區族群遷移至台灣南部，再沿著花東縱谷向上遷移至該地區，甚至是直接由菲律賓地區遷入，情況需視當時的氣流條件而定。

在具抗性基因 *bph4* 品種 'Babawee' 上，於 4 年監測各地區族群雌成蟲存活率可高達 83%，雌蟲腹部膨大率之情況有逐漸上升之趨勢，至 2010 年為 22–28%。此結果顯示，適應於具抗性基因 (*bph4*) 之褐飛蝨第 5 型生物小種比例逐漸上升。日本檢定在含抗性基因 *bph4* 上，雌蟲之存活率及腹部膨大率分別為 20% 及 7.5%，與台灣相比其致害性較低，此情況可能顯示近年來在台灣能適應於其他抗性品種 (*Bph1* 及 *bph2* 除外) 之褐飛蝨族群有逐漸增加之趨勢。而此類情況，與遷出地區 (中國大陸華南地區、北越及菲律賓呂宋島) 族群之變化有無密切之關聯，亟待進一步深入探討。

由上述監測情況及以往在東亞熱帶地區栽培抵抗褐飛蝨水稻品種的現象顯示，褐飛蝨族群內的個體對抗蟲品種之適應性具多樣性變異，經短短數年同一抗蟲基因所支配品種的汰選，能適應於抗蟲品種之個體，在族群中所占比例就逐漸增加，終使該抗蟲品種之抗蟲性完全失去效用。Sogawa (1981) 於室內試驗雜交所選育出之第 1、2 及 3 型褐飛蝨生物小種，藉以探討生物小種致害能力之遺傳行為，結果顯示當第 2 或 3 型生物小種與第 1 型生物小種雜交後，其後代之生物特性，如寄主偏好性、取食能力、若蟲發育期及死亡率等，均偏似第 1 型生物小種；以 F_1 與親本回交，該等生物特性亦無明顯分離現象，表示生物小種對抗蟲品種之致害能力係受數量因子所支配，而第 1 型

生物小種對第2或3型生物小種均具顯性作用。類似研究亦出現在 Cheng (1985) 之報告，第1型生物小種對第2型生物小種具顯性效應，對第3型生物小種具部分顯性效應；而第3型生物小種對第2型生物小種則具顯性效應。

由於褐飛蟲為害抗蟲品種的能力受數量因子所支配，在抗蟲品種大面積栽植後，即會產生生物小種。但不可否認地，栽植抗蟲品種仍然是對付褐飛蟲等 r 型害蟲最有效，為整合管理之基石，只要避免在大面積栽植由同一種抗蟲基因之抗蟲品種，使用多品系品種，在同一品種轉入兩個主效基因 (major gene)、附加多個微效基因 (minor gene)，或育成由數個微效基因所支配之抗蟲品種，甚至選育出容忍性品種，藉由含不同抗蟲基因之品種輪流種植等方式，均可避免生物小種之產生，而延長抗蟲品種之種植壽命 (Cheng 1985; Hare 1994; Panda & Khush 1995; Huang *et al.* 2009, 2010b)。

誌謝

本試驗資料統計分析，感謝農業試驗所嘉義分所農藝系廖大經先生的建議與協助。試驗進行期間承蒙蕭繡琴、楊雪鳳及賴佳鴻等小姐的協助，使試驗得以順利完成，在此一併誌謝。

引用文獻

- Athwal, D. S. and M. D. Pathak. 1972. Genetics of resistance to rice insects. p.375-386. *in*: Rice Breeding. (Breth, S. A., ed.) International Rice Research Institute. Los Baños, Philippines. 740 pp.
- Brar, D. S., P. S. Virk, K. K. Jena, and G. S. Khush. 2009. Breeding for resistance to planthoppers in rice. p.401-427. *in*: Planthoppers: New Threats to the Sustainability of Intensive Rice Production Systems in Asia. (Heong, K. L. and B. Hardy, eds.) International Rice Research Institute. Los Baños, Philippines. 460 pp.
- Cheng, C. H. 1985. Interactions between biotypes of the brown planthopper and rice varieties. *J. Agric. Res. China* 34:299-314. (in Chinese with English abstract)
- Cheng, C. H. 2003. Review and prospects of integrated management of rice insect pests in Taiwan. p.11-38. *in*: Proceedings of the Integrated Management of Crops Pests in Taiwan. July 10, 2003. Chiayi, Taiwan. TARI Special Publ. No. 106, Chiayi. (in Chinese with English abstract)
- Den Hollander, J. and P. K. Pathak. 1981. The genetics of the 'biotypes' of the rice brown planthopper, *Nilaparvatalugens*. *Entomol. Exp. Appl.* 29:76-86.
- Gallun, R. L. 1972. Genetic interrelationship between host plants and insects. *J. Environ. Qual.* 1:259-265.
- Hare, J. D. 1994. Status and prospects for an integrated approach to the control of rice planthoppers. p.615-632. *in*: Planthoppers: Their Ecology and Management. (Denno, R. F. and T. J. Perfect, eds.) Chapman and Hall. New York. 799 pp.
- Heinrichs, E. A. 1986. Perspectives and directions for the continued development of insect-resistant rice varieties. *Agric. Ecosyst. Environ.* 18:9-36.
- Heinrichs, E. A. 1994. Host plant resistance. p.517-547. *in*: Biology and Management of Rice Insects. (Heinrichs, E. A., ed.) Wiley Eastern. New Delhi, India. 779 pp.
- Hu, L. X., H. Chi, J. Zhang, Q. Zhou, and R. J. Zhang. 2010. Life-table analysis of the performance of *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae) on two wild rice species. *J. Econ. Entomol.* 103:1628-1635.
- Huang, C. S., R. H. Buu, C. C. Chen, and C. H. Cheng. 1985. Development of rice variety Tainung 69. *J. Agric. Res. China* 34:125-134. (in Chinese with English abstract)
- Huang, S. H., C. H. Cheng, C. N. Chen, and W. J. Wu. 2009. The trend of occurrence and prospective control measures of rice insect pests in Taiwan. p.137-147. *in*: Proceedings of Symposium on Achievements and Perspectives of Rice Protection in Taiwan. July 9, 2009. Chiayi, Taiwan. Taiwan Agricultural Research Institute. Taichung. (in Chinese with English abstract)
- Huang, S. H., C. H. Cheng, C. N. Chen, W. J. Wu, and A. Otuka. 2010a. Estimating the immigration source of rice planthoppers, *Nilaparvata lugens* (Stål) and *Sogatella furcifera* (Horváth) (Homoptera: Delphacidae), in Taiwan. *Appl. Entomol. Zool.* 45:521-531.
- Huang, S. H., C. H. Cheng, and W. J. Wu. 2010b. Possible impacts of climate change on rice insect pests and management tactics in Taiwan. *Crop Environ. Bioinform.* 7:269-279. (in Chinese with English abstract)
- Jairin, J., K. Phengrat, S. Teangdeerith, A. Vanavichit, and T. Toojinda. 2007. Mapping of a broad-spectrum brown planthopper resistance gene, *Bph3*, on rice chromosome 6. *Mol. Breeding* 19:35-44.
- Kogan, M. 1982. Plant resistance in pest management. p.93-134. *in*: Introduction to Insect Pest Manage-

- ment. (Metcalf, R. L. and W. H. Luckmann, eds.) Wiley. New York. 577 pp.
- Lakashminarayana, A. and G. S. Khush. 1977. New genes for resistance to the brown planthopper in rice. *Crop Sci.* 17:96–100.
- Myint, K. K. M., H. Yasui, M. Takagi, and M. Matsumura. 2009. Virulence of long-term laboratory populations of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål), and whitebacked planthopper, *Sogatella furcifera* (Horváth) (Homoptera: Delphacidae), on rice differential varieties. *Appl. Entomol. Zool.* 44:149–153.
- Otuka, A., S. H. Huang, S. Sanada-Morimura, and M. Matsumura. 2012. Migration analysis of *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae) from the Philippines to Taiwan under typhoon-induced windy conditions. *Appl. Entomol. Zool.* 47:263–271.
- Painter, R. H. 1951. *Insect Resistance in Crop Plants*. Macmillan. New York. 520 pp.
- Painter, R. H. 1958. Resistance of plants to insects. *Annu. Rev. Entomol.* 3:267–290.
- Panda, N. and G. S. Khush. 1995. *Host Plant Resistance to Insects*. CAB International. Wallingford. 431 pp.
- Pathak, M. D. 1970. Genetics of plants in pest management. p.138–158. *in: Concepts of Pest Management*. (Rabb, R. L. and F. E. Guthrie, eds.) North Carolina State Univ. Raleigh, NC. 242 pp.
- Rombacher, M. C. and K. D. Gallagher. 1994. The brown planthopper: Promises, problems, and prospects. p.693–709. *in: Biology and Management of Rice Insects*. (Heinrichs, E. A., ed.) Wiley Eastern. New Delhi, India. 779 pp.
- Seo, B. Y., J. K. Jung, B. R. Choi, H. M. Park, and B. H. Lee. 2009. Resistance-breaking ability and feeding behavior of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, recently collected in Korea. p.303–314. *in: Planthoppers: New Threats to the Sustainability of Intensive Rice Production Systems in Asia*. (Heong, K. L. and B. Hardy, eds.) International Rice Research Institute. Los Baños, Philippines. 460 pp.
- Sogawa, K. 1981. Hybridization experiments on three biotypes of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae) at the IRRI, the Philippines. *Appl. Entomol. Zool.* 16:193–199.
- Sogawa, K., G. J. Lin, and J. H. Shen. 2003. A review on hyper-susceptibility of Chinese hybrid rice to insect pests. *Chinese J. Rice Sci.* 17:23–30.
- Sogawa, K., Soekirno, and Y. Raksadinata. 1987. New genetic makeup of brown planthopper (BPH) populations in Central Java, Indonesia. *Intl. Rice Res. Newsl.* 12:29–30.
- Sun, L., C. Su, C. Wang, H. Zai, and J. Wan. 2005. Mapping of a major resistance gene to brown planthopper in the rice cultivar Rathu Heenati. *Breed. Sci.* 55:391–396.
- Tanaka, K. 1999. Quantitative genetic analysis of biotypes of the brown planthopper *Nilaparvata lugens*: Heritability of virulence to resistant rice varieties. *Entomol. Exp. Appl.* 90:279–287.
- Tanaka, K. 2000. A simple method for evaluating the virulence of the brown planthopper. *Intl. Rice Res. Newsl.* 25:18–19.
- Tanaka, K. and M. Matsumura. 2000. Development of virulence to resistant rice varieties in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae), immigrating into Japan. *Appl. Entomol. Zool.* 35:529–533.
- Yang, M. T. and T. C. Su. 2008. Promotion and implementation of good-quality rice in Taiwan. <http://www.coa.gov.tw/view.php?catid=17817> (visit on 4/25/2015)

Bioassay of the Biotypes of Brown Planthopper in Taiwan

Shou-Horng Huang^{1*}, Ching-Huan Cheng², Chiou-Nan Chen³, and Wen-Jer Wu⁴

Abstract

Huang, S. H., C. H. Cheng, C. N. Chen, and W. J. Wu. 2016. Bioassay of the biotypes of brown planthopper in Taiwan. *J. Taiwan Agric. Res.* 65(1):84–91.

The brown planthopper [*Nilaparvata lugens* (Stål)] is the most important migratory pests of rice (*Oryza sativa*) in East Asia. Using resistant variety is considered the most economic and effective measures for controlling this pest. Bioassay tests were conducted during 2007–2010 for figuring out the possible existence of any biotype of the brown planthopper collected from the four major rice cultivated districts. Four differential rice varieties, ‘Mudgo’ (carrying a resistant gene *Bph1*), ‘H105’ (carrying a resistant gene *bph2*), ‘RathuHeenati’ (carrying two resistant genes *Bph3* and *Bph17*), and ‘Babawee’ (carrying a resistant gene *bph4*), were used to distinguish the existent rate of biotypes. The newly emerged brachypterous females from each district were released onto each biotype indicator rice plants. Results indicated that the survival rate of brown planthopper female caged on the varieties with resistant genes *Bph1* and *bph2* ranged from 75 to 100%, and the females with swollen abdomen rate ranged 65–100%. Whereas, the survival rate and swollen abdomen rate of the caged females on the variety with resistant gene *bph4* ranged 20–83% and 0–28%, respectively. In the variety ‘RathuHeenati’ carrying two resistant genes *Bph3* and *Bph17*, the survival rate and swollen abdomen rate of female were under 57% and 5%, respectively. Results indicated that the varieties with resistant genes *Bph1* and *bph2* had been broken down by the virulent biotypes 2 and 3, and the resistant varieties with gene *bph4* might become ineffective due to the biotype 5 in near future. Breeding varieties carrying more than one resistant gene to cope with the virulent biotypes of brown planthopper is urgently needed in Taiwan.

Key words: Rice, *Oryza sativa*, Brown planthopper, Biotype, Resistant gene.

Received: April 24, 2015; Accepted: July 21, 2015.

* Corresponding author, e-mail: shhuang@dns.caes.gov.tw

¹ Associate Research Fellow, Department of Plant Protection, Chiayi Agricultural Experiment Station, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.

² Former Research Fellow and Head, Department of Plant Protection, Chiayi Agricultural Experiment Station, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.

³ Adjunct Professor, Department of Entomology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.

⁴ Professor, Department of Entomology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.