水稻對褐飛蝨抵抗性研究：特別論及寄主與生物小種間之相互作用*

鄭　清　煥

臺灣省農業試驗所嘉義分所

摘　要

褐飛蝨爲本省第二期稻作之主要害蟲，栽培抗蟲品種爲防治該蟲最經濟有效方法之一。目前水稻抗褐飛蝨育種工作雖已在本省奠下良好基礎，但鑑於褐飛蝨生物小種在東南亞栽植抗蟲品種地區造成危害，如何防患未然，仍成爲目前之重要研究課題。本項研究以配合本省抗褐飛蝨育種之進展及針對預防褐飛蝨生物小種之產生爲目的，進行各項試驗。在配合本省褐飛蝨育種方面，新引入及檢定抗蟲優良新種源32品種（系），以及引入"田間抗蟲型"稻種及釐定檢定此類型抗蟲品種之方法，以供育種及檢定之需要。另一方面測定本省新育成高級品系對褐飛蝨之抵抗程度，以供將來新品種推廣及對褐飛蝨防治之參考。

在預防生物小種之產生方面，觀察含不同抗蟲因子稻種與4種生物小種褐飛蝨之相互作用，生物小種在抗蟲及感蟲品種之取食行爲，生物小種在抗蟲品種存活能力之遺傳行爲以及觀察輪植及混植不同抗蟲因子品種對新育害生物小種產生抑制效果等。其結果顯示含不同抗蟲因子稻種對不同生物小種褐飛蝨之寄主偏好，存活率及危害程度均有極顯著之差異。由含 *Bph*-1 及 *Bph*-3 抗蟲因子品種所汰選出來之生物小種較由含有 *bph*-2 抗蟲因子選汰者具較大之危害能力。任何抗蟲品種對生物小種之危害均無組織之機械障礙足以妨碍其取食。生物小種不喜好在抗蟲品種取食可能因抗蟲品種缺乏昆蟲取食之刺激物質所致。生物小種存活於抗蟲品種之能力受隱性之數量因子所支配，利用輪植或混植不同抗蟲因子稻種證明可有效地抑制有害新生物小種之產生。

本省以往推廣之抗褐飛蝨品種均爲含 *bph*-2 因子之中等抗性品種，栽植此類品種在褐飛蝨大量發生時雖無法完全抑制褐飛蝨之危害，但可減少一半以上之施藥次數。此類品種對褐飛蝨汰選壓力較低，又無影響天敵之活動，很適用於害蟲綜合防治體系。然而爲防患大面積栽植同一抗蟲因子品種而汰選新有害之生物小種，育成不同抗蟲因子品種提供輪流或混合栽植乃成爲急待努力之課題。

前　言

自民國50年間，褐飛蝨由局部偶發性害蟲躍居爲本省水稻主要害蟲。歷經10餘年，其危害面積每年平均達8萬餘公頃(農林廳，1971—1982)，若無藥劑防治或防治不當，稻穀損失率可達17—90%，平均爲42%，或每公頃2,000kg左右（鄭，1976）。農民爲防治此害蟲，第一期作需施藥劑1—2次，而二期作則需3—6次，方能抑制其危害損失。

鑑於褐飛蝨之猖獗危害，嘉義農業試驗分所於民國59年始着手於水稻對褐飛蝨抵抗性研究，10餘年來由抗蟲種源之引入及檢定，抗蟲機制之觀察以及與育種人員合作從事水稻抗褐飛蝨育種工作等均已獲若干結果，其中經政府命名育成之抗褐飛蝨稻種有嘉農秈11號、臺農秈12、14號、臺中秈10、16號以及臺農68號等。栽植抗蟲品種，無需施藥或僅施用1—2次藥劑即可有效抑制褐飛蝨造成經濟損失（鄭，1976），除可節省防治成本外，亦可避免因使用藥劑所引起之不良副作用，極具經濟價值。惜因抗蟲品種大部屬於秈稻，或因市場穀價之差異

* 行政院農業發展委員會補助計畫69農建—5.1—產—080（3—9）、70農建—5.1—產—06（3—9）與71農建—4.1—產—47（3—2）。

，或因抗蟲品種本身之若干缺陷，無法廣泛爲農民所接受，因此在粳稻抗蟲育種方面有待繼續加强辦理。

另一方面，由於在菲律賓、印尼、越南以及其他若干地區，在大面積栽植抗褐飛蝨品種 IR 26後，雖可有效地抑制褐飛蝨危害，但經2—3年抗蟲品種的汰選，而引起新生物小種之產生（IRRI, 1976；Varca and Feuer, 1976；Mochida *et al.*, 1977），致使原抗蟲品種之 IR 26亦遭受危害。雖然使用IR 32、IR 36 等含 *bph*-2抗蟲因子品種已有效抑制新生物小種褐飛蝨的危害（Khush, 1979；Iman, 1981），但對褐飛蝨生物小種之形成的有關生態，以及對策均有待深入瞭解，以期延長抗蟲品種之有效利用。本報告係將民國68至70年間有關水稻抗褐飛蝨新抗蟲遺傳種源之搜集，抗蟲品種雜交後代之檢定，新生物小種與不同抗蟲遺傳因子之交互作用，生物小種之遺傳行爲以及輪作及混植不同抗蟲遺傳因子品種對生物小種形成之抑制作用等各項研究之結果，整理成篇，以供有關人士參考。

材料及方法

1.抗褐飛蝨新遺傳種源之引入及檢定

本項工作與菲律賓國際稻米研究所合作，由該所國際褐飛蝨檢定圃提供材料，於本分所進行秧苗及田間檢定。秧苗檢定係將供試品種播種於塑膠盤（30×45×5cm）中，每種播種1行，長8cm，含秧苗10—15株，每盤中央並種植抗蟲品種 Mudgo 及H 105與感蟲種TN 1一行爲對照。塑膠盤兩邊行種植 TN 1以防蟲數分佈不均，致使受檢品種有逃避被害之現象發生。播種後待秧苗長至3葉期，移入室內檢定臺接褐飛蝨2—3齡若蟲危害。接蟲數以平均每株秧苗蟲數5隻左右爲準，並盡量使之均勻分佈於各品種秧苗上。接蟲後，檢定臺罩上網帳，以防飛蝨之逃逸或外界天敵侵入干擾。各供試品種秧苗受害程度於接蟲後5天開始按國歷稻米研究所所訂標準區分5級調查記錄，其後每隔一天調查一次直至感蟲秧苗全部被害枯死爲止。此項檢定工作分三次舉行，每次測定供試品種（系）對一種生物小種之反應。每次測定，每品種重複2次。

田間抗蟲性檢定之目的在於觀察各品種在田間之抗蟲性，對其他病蟲害反應以及一般之農藝性狀。每一品種種植兩行共40叢，品種與品種間種植感蟲品種 TN 1兩行，使褐飛蝨得能在田間均勻分佈。試驗田四周種植 TN 1各5行爲保護行。每品種重複2次，隨機排列。水稻移植後30天開始調查褐飛蝨蟲數，各品種以直接估算法調查20叢，其後每隔15天調查一次。各品種遭受病蟲危害程度及其他農藝性狀，於每次調查時一併記載。

2.水稻抵抗褐飛蝨「田間抗蟲型」稻種檢定方法之釐定

一般認爲作物抗蟲性由單因子所支配者（直式抗蟲因子型）易爲生物小種所適應而失去抗蟲性，而由數量因子（田間抗蟲型或橫式抗蟲因子型）所控制者則較爲不易選汰新生物小種，其抗蟲性較爲穩定。然而水稻抗褐飛蝨品種中被認爲屬於橫式抗蟲型者應用秧苗檢定法檢定均屬於感蟲級，但栽植於田間任褐飛蝨自然危害，則歸屬於中等抗蟲級。由於其抗蟲性狀通常於水稻生育至相當程度始表現出，因之又稱爲「成株抗蟲型」稻。此類品種不能用一般秧苗檢定法檢定，而於田間檢定需利用大量土地及人力，諸多不便，因此需釐定一套較簡易之方法，以利將來育種檢定大量雜交後代之需。

本項田間抗蟲型稻種之檢定方法曾就(1)盤栽秧苗，於不同生長期接蟲危害，(2)褐飛蟲在各供試品種30日齡秧，棲羣成長，及在各品種取食之排泄量等爲依據進行比較試驗。第一項試驗之供試稻齡區分爲15、30、45及60日等4等級。供試稻種如秧苗檢定法種植於塑膠盤（43.5×32.5 ×15cm），待其長至上述齡期時區分兩種方式接蟲。其一爲接大量若蟲危害，按水稻齡期15、30、45及60日，每株稻平均接5、20、40及60隻若蟲危害；另一爲接成蟲產卵危害，按稻齡順序平均每4株稻接雌成蟲1、1、2及2隻產卵危害。每處理重複兩次。接蟲後每隔1天調查其被害等級一次，直至感蟲品種被害枯死爲止。

第二次試驗係將盆栽30日齡供試稻，每盆用網罩接入甫孵化若蟲10隻，接蟲後20日計數其生存蟲數，40日計數其繁殖蟲數，每品種重複5次。第三項試驗則利用供試品種移植後30日齡稻，測定褐飛蝨在各品種之排泄量，其測定方法係將供試稻株，每盆僅留一株，餘者剪除，然後於栽培盆面套置塑

膠板，於板面放置濾紙，然後於濾紙上倒扣塑膠杯（直徑6cm×高55cm），各罩入5隻1日齡雌成蟲，使其在稻株上取食後排泄之分泌物排於濾紙上，經過24小時，取出濾紙，用 Ninhydrine 0.001% 丙酮液處理，則吸有分泌物之部位將顯出紫斑痕，該斑痕之大小用透明方格紙量其面積，可概略地測出褐飛蝨在各供試品種稻株上取食量之差異。每品種處理重複5次。

3.本省新育成水稻高級品系對褐飛蝨之抵抗性檢定

本省新育成水稻之高級品系於推廣命名前均需經過測定其對主要病害蟲之抵抗性檢定。有關其對褐飛蝨之抵抗性檢定係利用盤栽秧苗法測定，其方法與一般抗蟲種源檢定法相同。

4.褐飛蝨生物小種與抗蟲品種間之交互作用

本項試驗分別就褐飛蝨生物小種在各種不同抗蟲品種之取食偏好，生存及增值，爲害以及取食行爲，遺傳以及輪植及混植含不同抗蟲因子品種對生物小種形成等進行試驗，其方法分別列述如下：

a）生物小種之寄主偏好及選擇危害

含有 *Bph*-1, *bph*-2, *Bph*-3, *bph*-4 及感蟲對照等共10品種，共同栽植塑膠盤，每品種一行含秧苗15株，隨機排列，重複2次。7天後各接不同生物小種2—3齡若蟲危害，接蟲後3天記數在各秧苗之蟲數，5天後測量秧苗株高，其後每日記錄各種秧苗被害等級，直至感蟲品種死亡爲止。

爲比較各生物小種在成株稻之偏好及爲害反應，同樣品種90日齡栽培稻，每品種一盆，罩於同一紗網（1×1×1.8m）內，每網接成蟲6對，每生物小種處理重複6次。成蟲在各品種上之蟲數於接蟲後6天調查，再經10天調查各品種稻株之若蟲數。各品種受害程度則每日記錄之，直至感蟲品種死亡爲止。

b）生物小種在各抗蟲品種上之生存率及棲羣成長

每生物小種甫孵化若蟲各別飼養於不同抗蟲品種10日齡秧苗，秧苗水耕於玻璃試管（2.5×20cm），每管1支，每兩天更換一次。若蟲之齡期及其存活率每日記錄1次。

生物小種在各種抗蟲品種之棲羣增殖試驗係利用各品種40日齡盆栽稻舉行，每盆稻接種新羽化成蟲2對，重複6次，接蟲7天後記數成蟲之存活率，30日後記數其若蟲數。

c）生物小種在各抗蟲品種上之無選擇爲害

各抗蟲品種單本植60日齡盆栽稻，每盆稻接一種生物小種2—3齡若蟲300隻爲害，重複6次。接蟲後15天計數每盆存活蟲數，其後每日檢視水稻被害等級直至感蟲品種被害枯死爲止。

d）生物小種在不同抗蟲品種之取食行爲

本項試驗分別測定各種生物小種在不同抗蟲品種上固定時間內之取食頻度，取食部位以及蜜露之排泄量等。取食頻度之測定係以15日齡無蟲害之秧苗，單株水耕於玻璃管中，每管接入1日齡雌成蟲一隻，然後移置於保持 30°±1°C 及14小時光照之定溫箱中，24小時後取出秧苗浸於 0.1% Rhodamin 之染液中5—6分鐘，則褐飛蝨取食部位將被染成紅色，於擴大鏡下記數其食痕數。每生物小種在每品種秧苗重複10次。

取食部位之測定係將不同抗蟲品種之20日齡秧苗，每株採用塑膠杯將褐飛蝨雌飛蝨成蟲10隻罩於水稻基部 10cm 處取食24小時，其後取下被取食部位之葉鞘使用 jensen（1962）方法行石臘切片，染色，並於顯微鏡下檢視其取食部位及口針在各抗蟲品種之分支數等。每生物小種在各品種之處理重複4次。

蜜露分泌量係將各抗蟲品種30日齡盆栽稻，每品種每生物小種6重複，按第二項試驗測蜜露排泄量方法實施。

e）生物小種爲害不同抗蟲品種能力之遺傳行爲

本試驗係利用保存於嘉義農業試驗分所之褐飛蝨 biotype Ⅰ, Ⅱ及Ⅲ爲材料進行互交，此三種生物小種並無形態上之差異，而祇能從其對含有不同抗蟲因子水稻之反應加以判別：biotype Ⅰ 不能在 Mudgo（含 *Bph*-1因子）品種造成明顯的危害，只能在H 105（含 *bph*-2 因子）品種造成中等危害，而可在TN 1（無含抗蟲因子）造成嚴重危害；biotype Ⅱ 可在 H 105 造成中等危害，但可在 Mudgo及TN1造成嚴重危害；而 biotype Ⅲ不能在 Mudgo 造成明顯危害，但可在 H 105及 TN1 造成嚴重危害。換言之，Mudgo 對Ⅰ及Ⅲ具抵抗性，但對 biotype Ⅱ呈感蟲性；H 105 對 biotype Ⅰ及Ⅱ呈中等抗蟲性，但對 biotype Ⅲ呈感蟲性；

而TN 1 對三種生物小種均呈感蟲性。

三組互交爲biotypes Ⅰ×Ⅱ, biotypesⅡ×Ⅲ, biotypesⅡ× Ⅲ, biotypesⅠ×Ⅲ。每一互交組合係以其父母生物小種各 10 隻飼育於 TN 1 品種上進行集團交配，其所產生之後代F_1的雌成蟲亦同樣讓其在 TN 1 品種上進行自交及回交。以其所獲之次代一齡若蟲接於判別稻種觀察其生存及危害能力。Mudgo被用作 biotypeeⅠ×Ⅱ及 biotypes Ⅱ×Ⅲ互交組合之判別品種，而 H 105用作 biotypesⅠ×Ⅲ互交組合之判別品種。

各雜交組各生物小種之後代在判別品種上之生存能力試驗係將父、母生物小種 F_1, F_2, BC_1 BC_2 之一齡若蟲，接於以水耕法栽植於玻璃試管（5×18cm）之判別品種 10 日齡秧苗，每試管植秧苗 2 株，接若蟲10隻，每處理重複10次。接蟲後試管之秧苗每 3 日更新一次，若蟲之存活率則每天調查一次。當若蟲變成蟲時，即被移出以便記錄每隻若蟲發育所需時間。待能在判別品種上生存之生物小種的若蟲完全變爲成蟲時，則互交後代之若蟲，其齡期較 5 齡爲小者均將視爲無法生存個體。

上述父母生物小種及其互交之 F_1, F_2, BC_1 及 BC_2 之若蟲危害判別品種能力測定係將該等若蟲分別接於盆栽單本植15日齡之秧苗，每盆接蟲 4 隻，每處理重複10次。接蟲後每日觀察秧苗被害程度直至感蟲秧苗完全死亡爲止。

f）輪植及混植含有不同抗蟲因子品種對新生物小種演化之抑制效果

本試驗選用Mudgo（含 *Bph*-1因子），H 105（含 *bph*-2因子）及TN 1（感蟲品種）爲材料，各品種分別栽植於10×12cm之陶盆，每盆栽植 5 株。30天後各品種稻株按處理區分爲下列方法飼養由田間採集之褐飛蝨：⑴將褐飛蝨分別連續飼養於上述品種12世代，⑵將褐飛蝨輪流飼養於上述品種中，每品種 4 世代（相當於一期稻作褐飛蝨所能繁殖之代數），⑶將褐飛蝨飼於同時含有上述三品種稻之養蟲籠，連續12世代。

試驗所用褐飛蝨係採自嘉義農業試驗分所農場，由田間所採得之雌成蟲100隻先飼養 TN 1 稻產卵，其次代 1 齡若蟲，以每組50隻飼養於一養蟲籠（50×50×100cm）養蟲籠內之水稻品種按上述處理安排。每一養蟲籠置放六盆稻，品種隨機置放。每處理重複 4 次。當次代若蟲出現時，隨機吸取50隻移於新籠（籠內品種隨處理而異），其餘則用殺蟲劑毒殺。按上述飼養所獲之若蟲，每經 2 世代將測定其在 Mudgo, H 105 及 TN 1 品種之存活率。其測定方法與上節測定生物小種間雜交後代在判別品種上之存活率方法相同。

5.本省新育成抗蟲品種（系）對褐飛蝨之防治效果

新育成抗蟲品種之田間試驗於民雄鄉農民田舉行，其目的在於測定各品種（系）在各稻作生育期間，於不施用殺蟲藥劑情況下之表現。本項試驗於民國69年二期作舉行。爲增加褐飛蝨棲羣密度，試驗田延至 8 月 7 日插秧。供試稻種有嘉農秈11號、臺農秈12號、臺中秈10號、嘉農育250(臺農68號)、嘉農育 249、臺農67號及臺中在來 1 號等。小區面積爲 30m²，逢機完全區集排列，3 重複。水稻移植後每兩週調查褐飛蝨密度一次。每次調查，由各小區中隨機取樣30叢，以目數方式調查褐飛蝨及其捕食性天敵蟲數。水稻收割時，每小區收割 400 叢，晒乾後計算公頃產量。爲便於比較無藥劑處理與藥劑保護之產量差異，同試驗區另設與上述排列相同之藥劑處理區一處，移植後30，50及70日各施用 3% Furadan 40kg/ha一次，資以防治褐飛蝨之危害。

結 果

1.抗褐飛蝨新遺傳種源之引入及檢定

本項檢定於民國 68 年自國際稻米研究所引入162品種(系)，室內檢定同時對本分所保存3種褐飛蝨生物小種呈抗性者有93品種（系），具有*Bph*-1抗蟲因子者有25品種（系），*bph*-2抗蟲因子者 9 品種（系）。民國69年引入 101品種（系），同時對三種生物小種呈抗性者有60種（系），含*Bph*-1者 4 品系，*bph*-2者16品系。民國70年引入 135品種（系），同時抗三種生物小種者有 89 品種（系），含*Bph*-1 因子者22品系，*bph*-2因子者有 11 品系。在此三年檢定之品種（系），大部分爲 Rathu-Heenati（含*Bph*-3因子），Babawee（含*bph*-4 因子）及Ptb 33 （含一顯性及一隱性因子）之後代，對三種生物小種均具抗蟲性。其抗蟲性較以往含*Bph*-1者爲優。然種植此等品種於田間，大部分於移植後80至90餘天始抽穗，或其農藝性狀

不佳，不適本省環境；另有少部分對紋枯病或小粒菌核病特別敏感。這些品系均予淘汰，而其被認爲抗蟲性及農藝性較佳，適用於本省抗褐飛蝨育種材料者列如表1。由於此等品系均屬於經改良之半矮性型，且其農藝性、抽穗期均經篩選，可爲本省抗褐飛蝨育種取材之參考。

表1. 新引入抵抗褐飛蝨優良種源之室內及田間抗蟲性表現

Table 1. Some newly introduced BPH resistant sources considered as good for breeding material to be used in Taiwan

Varieties (or lines)	Origin	Heeding DAT	Reaction to			Field test	
			Biotype I	Biotype II	BiotypeIII	No. BPH/ hill 80 DAT	Damage grading
			1979				
BKNBR 1030-11-2	Tailand.	75	1	9	5	11.2	1
IR 8608-75-3-1	Philip.	65	1	1	1	24.6	1
IR 9129-203-3-2-2	Philip.	65	1	1	2	24.8	1
KAU 10565	India.	75	1	3	1	5.1	1
KAU 10558	India.	75	1	3	3	3.2	1
YR 1805-52B	Korea.	65	5	1	6	18.6	1
BKNBR-1139-24-3	Tailand.	75	3	8	4	36.3	1
IR 13240-8-1	Philip.	65	2	2	5	19.7	1
IR 13429-196-1	Philip.	65	2	1	1	13.8	1
IR 13429-62-2	Philip.	75	1	3	1	11.9	1
			1980				
BG367-3	Sri Lanka.	60	1	1	1	82.5	3
BG367-4	Sri Lanka.	70	1	1	1	47.5	3
BG367-8	Sri Lanka.	70	1	1	1	21.8	3
IR 9309-26-2-2-2-3	Philip.	70	1	1	2	13.8	3
IR 9209-47-1-1-6-2	Philip.	70	4	4	6	20.0	3
IR 9224-140-3-2-2-3	Philip.	70	1	1	1	121.3	3
IR 9224-223-2-2-2-1	Philip.	70	1	1	2	36.3	3
IR 9752-71-3-2	Philip.	70	1	1	4	43.8	4
IR 14329-196-1-2-1	Philip.	70	3	4	3	40.0	3
IR 13429-3-2	Philip.	60	1	1	1	26.3	2
IR 13429-86-2	Philip.	60	2	2	1	47.5	3
			1981				
IR 46	Philip.	70	1	7	1	10.8	2
IR 13525-118-3-2-2-2	Philip.	70	1	1	1	21.8	2
IR 13535-21-2-3-3-2	Philip.	65	1	1	1	7.7	3
IR 13540-56-3-2-1	Philip.	75	1	1	1	12.5	2
IR 15324-117-2-2-3	Philip.	75	1	1	1	8.3	1
IR 17429-18-6-1-1-3-3	Philip.	70	1	1	1	15.8	2
IR 17525-114-2-1-1	Philip.	70	1	1	1	10.2	2
IR 19660-274-3-3-1-3	Philip.	70	1	2	1	12.5	2
IR 21929-12-3-3	Philip.	70	1	1	1	13.0	3
KAU 1626-2	India.	65	1	5	1	6.3	4
OB 678	Sri Lanka.	75	1	6	1	31.2	3

2.水稻抵抗褐飛蝨田間抗蟲型稻種檢定方法之釐定

「田間抗蟲型」品種Kencana, Utri-Rajapan及Triveni於室內以20日齡秧苗進行檢定，對三種生物褐飛蝨之危害雖略較感蟲品種 TN1 爲輕微，但均類歸爲感蟲性反應。若危害蟲數予增再多，或危害期再予延長，則無法與感蟲品種加以區分（表2）。然而將這類品種植於田間讓褐飛蝨選擇危害，則褐飛蝨在此等品種之蟲數明顯地較其他抗蟲品種爲多，但較感蟲品種爲少。因此當感蟲品種被害枯萎時，這類品種只遭受到輕微至中等危害，顯示其田間之抗蟲特性。

於室內以15，30，45及60日齡稻株應用高密度

表2. 若干水稻品種在室內秧苗檢定及田間成株檢定對褐飛蝨危害反應之差異

Table2. Differences in reactions of some resistant varieties to the infestation of BPH when tested at seeding stage in the laboratory and abult-plant in the field

Varieties[2]	Seedling test at Lab.			Field test[1]		Damage grading
				BPH/hill		
	Biotype I	Biotype II	Biotype III	60DAT	70DAT	
Sinna-Sivappu (R. 2 genes)	2	1	3	8.1	7.4	1
Kencana (FR)	8	9	7	42.3	352.2	5
IR 26 (*Bph*-1)	3	9	5	12.2	18.9	2
IR 46 (*Bph*-1)	2	9	5	8.6	17.7	1
ASD 7 (*bph*-2)	7	7	9	23.3	35.4	3
Utri Rajapan (FR)	9	8	8	14.6	34.7	3
Triveni (FR)	8	8	8	30.2	47.3	5
TN1 (S)	9	9	9	96.1	661.7	9

1). Biotype I was prodominat in the field conditions. DAT : days after transplanting.

2). FR : field-resistance variety, *Bph*-1 : variety having *Bph*-1 resistance gene, *bph*-2 : variety having *bph*-2 resistance gene, R. two genes : variety with two unidendified resistance genes, S : susceptible variety.

褐飛蝨危害，則田間抗蟲型稻均遭受到嚴重危害（表3），很難與感蟲品種加以區分。然而若以接入少數之成蟲，讓其選擇稻種產卵，則於次代若蟲期間褐飛蝨在感蟲與田間抗蟲型品種30日齡期以上之稻株所造成之危害即有明顯的差異（表3），此項結果顯示用盤栽秧苗法，待植株長至30日齡後，以每4株稻接一雌成蟲密度危害，即可將此類屬於「田間抗蟲型」稻給予檢定出來。

比較三種生物小種褐飛蝨在「田間抗蟲型」稻30日齡稻之蜜露分泌量，顯示褐飛蝨在各抗蟲品種之蜜露分泌量與水稻之抗蟲程度具密切的關係。在單因子抗蟲型稻種如IR 26, IR 46及ASD 7，不同生物小種褐飛蝨在不同因子抗蟲型稻種之蜜露分泌量差異很大，如biotypeⅡ在 IR 26及46 品種分泌之蜜露量顯較 biotypeⅠ或Ⅲ爲多。然而三種生物小種在「田間抗蟲型」稻種均可排泄相當量之蜜露，顯示這類品種對生物小種之反應無明顯之差異（表4）。進一步比較各生物小種在感蟲品種與田間抗蟲型稻種之蜜露排泄量，並無明顯之差異，顯示田間抗蟲型稻並無明顯之抗生作用。

比較三種生物小種在「田間抗蟲型」稻及單因子抗蟲型稻與感蟲品種之存活率及棲羣增殖情形，

表3. 「田間抗蟲型」稻於不同秧齡期對不同數量褐飛蝨危害之反應差異

Table 3. Differences in reaction of "field resistant varieties" to BPH infestation when tested with different screening methods at various age of plants

Stage of seedling (days)	Varieties[1]	Damage grading[4]	
		Treatment A[2]	Treatment B[3]
15	Triveni (FR)	9	9
	Utri Rajapan (FR)	9	9
	Kencana (FR)	9	9
	I R26 (Bph-1)	4	4
	Sinna-sivappu (R. 2 genes)	3	4
	TN 1 (S)	9	9
30	Triveni (FR)	8	2
	Utri Rajapan (FR)	9	4
	Kencana (FR)	8	4
	I R26 (Bph-1)	3	2
	Sinna-sivappu (R. 2 genes)	2	1
	TN 1 (S)	9	9
45	Triveni (FR)	9	3
	Utri Rajapan (FR)	7	2
	Kencana (FR)	8	4
	I R26 (Bph-1)	4	2
	Sinna-sivappu (R. 2 genes)	2	1
	TN 1 (S)	9	9
60	Triveni (FR)	8	3
	Utri Rajapan (FR)	8	3
	Kencana (FR)	9	4
	I R26 (Bph-1)	4	2
	Sinna-sivappu (R. 2 genes)	3	1
	TN 1 (S)	9	9

1). FR : field-resistance variety, *Bph*-1 : variety having *Bph*-1 resistance gene, *bph*-2 : variety having *bph*-2 resistance gene, R. two genes : variety with two unidendified resistance genes, S : susceptible variety.

2). Treatment A : seedlings at 15-, 30-, 45- and 60-day-old were infested with 5, 20, 40 and 60 second-to third-instar nymphs per seedling, respectively.

3). Treatment B : seedlings at 15-, 30-, 45- and 60-day-old were infested with mated-female at a rate of 1, 1, 2, 2, females per seedling, respectively. In this treatment, the symptom of damage appeared during nymphal stage of the following generation.

4). Damage grading : 1 : slightly damaged, 9 : all plants killed.

表4. 褐飛蝨在「田間抗蟲型」稻及抗蟲品種與感蟲品種上取食之蜜露排泄量及棲羣成長差異

Table 4. Amount of honeydew excretion and population development of BPH biotypes on "field resistant" varieties

Varieties[2]	Honeydew area/mm²[3]			Survival (%)[4]			BPH/pot[4]		
	BI[1]	BII	BIII	BI	BII	BIII	BI	BII	BIII
Sinna-Sivappu (R. 2 genes)	10	68	56	8	16	14	6	8	11
Kencana (FR)	414	130	134	76	65	74	513	348	289
IR 26 (*Bph*-1)	554	135	49	21	75	14	11	136	26
IR 46 (*Bph*-1)	51	162	39	8	54	11	9	98	12
ASD 7 (*bph*-2)	83	91	226	20	19	63	69	52	101
Utri Rajapan (FR)	194	303	182	75	81	76	106	264	184
Triveni (FR)	241	154	198	71	68	64	168	142	132
TN 1 (S)	303	193	169	92	87	89	550	389	416

1). BI : Biotype I, BII : Biotype II, BIII : Biotype III.

2). FR : field-resistance variety, *Bph*-1 : variety having *Bph*-1 resistance gene, *bph*-2 : variety having *bph*-2 resistance gene, R. two genes : variety with two unidendified resistance genes, S : susceptible variety.

3). Honeydew area : honeydew area (mm²) excreted by 5 females for 24hrs.

4). Thirty-day-old plant each infested with 10-first-instar nymphs, surival rate of the insect was recorded 20 days after infestation, and number of BPH each pot was recorded 40 days after infestation.

顯示三種生物小種在「田間抗蟲型」稻可存活60%以上，而在感蟲品種則高達80%以上，生物小種間無顯著差異。生物小種在單因子抗蟲品種之存活率，隨其適應品種而異，如 biotype III在ASD 7(含*bph*-2因子) 之生存率較其他兩種生物小種爲高。三種生物小種在 Sinna-Sivappu (含兩個未確定之抗蟲因子) 則均甚低（表4）。各生物小種在各類型抗蟲品種及感蟲品種之棲羣增殖數與其在該品種之存活率呈正相關關係，在 Sinna-Sivappu 最低，在感蟲品種最高，而於「田間抗蟲型」稻種則略較感蟲品種爲低。

由上述結果，可知「田間抗蟲」品種之抗蟲程度頗低，對任何生物小種無具抗生作用，因此不會產生選汰作用。「田間抗蟲型」稻之抗蟲機制可能爲低程度之非偏好作用及高度之容忍作用所致。

3.本省新育成水稻高級品系對褐飛蝨抵抗性檢定

本省新育成水稻高級品系對褐飛蝨抵抗性檢定於69年檢定135品系，對褐飛蝨 biotype I 反應屬於抗性者有嘉農系比662034等27品系，中等抗蟲性者有嘉農系比662007等12品系。在抗蟲及中抗級中屬於粳稻型者有4品系，秈稻型者35品系，兩者合佔供試品系之28.9%其抗蟲性品系列如表5。

70年度共檢定 147品系，屬於抗蟲型者有臺農育 6034等42品系，中等抗蟲級者有高秈育268等 5品系（表 5）。兩者合佔供試品種之31.3%。

71年度檢定42品系，屬於抗蟲型者佔14品系（表 5）；其中秈稻型 112品系，粳稻型者 2 品系，兩者合計佔供檢數之33.5%。

表5. 民國69至71年本省新育成水稻高級品系對褐飛蝨呈抵抗性品系名稱

Table 5. Newly developed rice selections in Taiwan that show resistance to BPH. 1979—1981

Resistance				Moderate Resicusela	
Chianon hsi-pi	662007—1	Tainon sen-yu	23	Chianon hsi-pi	662013
	662007—2		53		662015
	662014—1		61		671003
	661073		62		661074
	662034		63		651046
	662014—5		64		662027
	661020		65		662014—1
	662098		67	Chianon sen-yu	20
	671112		70	Tainon sen-yu	19
	662071		71		21
	671074		72		22
	671177—1		73		24
	671178—1		75		24
	672063				34
	672111		2641—1		36
	181030		76		40
	681065		77		51
	681068		78		66
	681020		79		68
	681021		80		69
			81		74
Chianon sen-yu	21		82		
	23		83		
	24			Taichung sen-yu	227
	25				281
	26	Taichung sen-yu	280		285
	27		223		321
	28		313	Taichung sen-yu	228
	29		318		299
	30		322		323
Tainon yu	6034	Taichung sen-yu	325	Taichung su	239
	6244				247
	6293	Kaohsiung sen-yu	154		
	6318		204	Taichung sen	10
	6465		209	Tainon sen-yu	40
			225	Kaohsiung sen-yu	116
Tainon sen-yu	11		226		169
	19		282		207
	20		286		268

依據民國65年開始從事本項工作以來，每年抗蟲品系所佔百分率有逐年增加之趨勢（表 6）。秈稻部分由65年之21.7%增至71年之85.7%，可見秈稻新育成之品系大部屬於抗褐飛蝨品系，而粳稻部分則雖亦逐年增加中，但仍屬偏低。由於粳稻栽培面積佔全水稻生產面積之90%以上，因此今後必需極積加强。

4. 褐飛蝨生物小種與抗蟲品種間之交互作用

表6. 民國65至71年本省新育成水稻品系中抗褐飛蝨品系之百分率

Table 6. Percentage of BPH-resistance selections in rice of newly developed in Taiwan

Year	Selections tested		BPH-resistance (%)		
	Indica	Japonica	Indica	Japonica	Total
1976	69	106	21.7	2.8	10.3
1977	61	125	85.2	0.8	28.5
1978	35	105	40.0	2.9	12.1
1979	75	91	52.1	9.9	28.9
1980	57	78	61.4	5.1	28.9
1981	51	96	69.8	10.4	31.3
1982	14	28	85.7	7.1	33.5

表7. 四稱褐飛蝨生物小種對含有不同抗蟲因子品種15日齡秧苗寄主偏好及危害

Table 7. Host preference and seedling damage by 4 biotypes of BPH on 15-day-old seedlings of rice varieties with different resistance genes (May, 1981)

Varieties	Biotypes							
	I		II		III		IV	
	No. insect/pt.	damage grading[1)]	No. insect/pt.	damage grad-ing[1)]	No. insect/pt.	damage grad-ing[1)]	No. insect/pt.	damage grad-ing[1)]
TN 1 (S)	5.8 a	9	6.3 a	9	4.3 ab	9	9.2 a	9
Tainon 67 (S)	4.2 b	9	4.7 bc	9	3.6 ab	9	6.8 b	9
Mudgo (*Bph*-1)	1.5 e	2	4.2 cd	9	0.7 c	2	4.0 d	3
IR 26 (*Bph*-1)	1.2 c	2	4.4 c	9	1.3 c	2	4.7 cd	3
H 105 (*bph*-2)	4.7 ab	6	2.9 de	7	4.7 a	9	5.8 bc	9
ASD 7 (*bph*-2)	3.7 b	6	5.0 b	8	4.4 ab	9	6.2 bc	9
Rathuheenati (*Bph*-3)	0.6 c	2	1.8 ef	3	1.1 c	2	3.7 d	9
Muthumanikan (*Bph* 3)	0.5 c	2	1.4 f	3	0.4 c	2	3.6 d	9
Babawee (*bph*-4)	0.8 c	2	1.0 f	3	0.3 c	1	3.2 d	2

1). Damage grading : 0 : no visual damage ; 9 : plant killed completely.

表8. 四種褐飛蝨生物小種對含有不同抗蟲因子品種60日齡稻之寄主偏好及危害

Table 8. Host preference and plant damage of 4 biotypes of BPH on 60-day-old plants of rice varieties with different resistance genes (July, 1981)

Varieties		No. female/hill 6 DAI	No. Nymphs/hill 16 DAI	No. plant killed	Duration of pt. killed (DAI)
		Biotype Ⅰ			
TN 1	(S)	22.25 a	674.6 a	6	24.6
Tainon 67	(S)	11.00 bc	608.5 a	6	25.3
Mudgo	(Bph-1)	4.00 d	87.5 d	2	34.5
IR 26	(Bph-1)	0.50 e	272.5 b	2	32.8
H 105	(bph-2)	5.75 cd	262.5 b	4	28.0
ASD 7	(bph-2)	12.50 b	305.0 b	4	26.5
Rathuheenati	(Bph-3)	0.25 e	82.5 d	0	—
Muthumanikan	(Bph-3)	0.25 e	82.5 d	0	—
Babawee	(bph-4)	0.13 e	55.0 d	0	—
Thirissa	(bph-4)	4.75 d	160.0 c	0	—
		Biotype Ⅱ			
TN 1	(S)	17.25 a	375.4 a	6	23.6
Tainon 67	(S)	14.25 a	250.8 b	6	24.5
Mudgo	(Bph-1)	11.25 b	190.4 bc	6	27.4
IR 26	(Bph-1)	7.00 b	220.0 b	6	25.2
H 105	(bph-2)	2.50 c	152.7 cd	3	26.3
ASD 7	(bph-2)	3.25 c	134.6 cd	5	26.5
Rathuheenati	(Bph-3)	0.25 c	18.8 e	0	—
Muthumanikan	(Bph-3)	0.25 c	31.4 e	0	—
Babawee	(bph-4)	0.25 c	32.5 e	0	—
Thirissa	(bph-4)	0 c	95.3 d	3	27.5
		Biotype Ⅲ			
TN 1	(S)	11.75 b	533.2 ab	6	24.6
Tainon 67	(S)	9.00 b	614.4 a	6	27.5
Mudgo	(Bph-1)	3.00 c	127.5 d	1	34.0
IR 26	(Bph-1)	1.00 cd	237.3 c	1	32.0
H 105	(bph-2)	20.50 a	475.6 b	6	27.5
ASD 7	(bph-2)	13.25 ab	250.4 c	6	25.0
Rathuheenati	(Bph-3)	0.25 d	67.5 e	0	—
Muthumanikan	(Bph-3)	0.25 d	87.3 e	0	—
Babawee	(bph-4)	0.25 d	80.1 de	0	—
Thirissa	(bph-4)	2.00 cd	165.3 cd	2	31.5
		Biotype Ⅳ			
TN 1	(S)	13.50 a	322.5 a	6	24.5
Tainon 67	(S)	14.25 a	265.4 ab	6	25.5
Mudgo	(Bph-1)	0.50 de	98.3 de	0	—
IR 26	(Bph-1)	0.50 e	132.4 de	1	26.0
H 105	(bph-2)	5.25 bc	182.3 bcd	5	24.0
ASD 7	(bph-2)	9.75 ab	232.5 bc	4	25.3
Rathuheenati	(Bph-3)	2.75 cd	91.3 e	2	32.4
Muthumanikan	(Bph-3)	7.25 b	150.2 c	2	30.6
Babawee	(bph-4)	0.25 e	65.4 e	0	—
Thirissa	(bph-4)	5.00 bc	124.6 de	1	24.0

a, b, c, ect. show ranks differing at 5% level of significance,

DAI : Days after infestation,

表9. 四種褐飛蝨生物小種在含有不同抗蟲因子品種秧苗上之存活率

Table 9. Survival rate of nymphs on rice varieties with different resistance genes[1] (May, 1980)

Varieties	Survival rate %					
	1st instar	2nd instar	3rd instar	4th instar	5th instar	Total
			Biotype Ⅰ			
TN 1 (S)	100	100	97	97	97	97
Mudgo (*Bph*-1)	100	83	53	40	30	30
H 105 (*bph*-2)	100	100	87	77	73	73
Rathuheenati (*Bph*-3)	100	80	57	27	7	7
Babawee (*bph*-4)	100	93	50	17	0	0
			Biotype Ⅱ			
TN 1 (S)	100	90	87	80	80	80
Mudgo (*Bph*-1)	100	90	87	83	83	83
H 105 (*bph*-2)	100	87	87	77	70	70
Rathuheenati (*Bph*-3)	97	90	60	33	3	3
Babawee (*bph*-4)	100	97	70	27	3	3
			Biotype Ⅲ			
TN 1 (S)	100	97	97	97	87	87
Mudgo (*Bph*-1)	93	70	43	33	17	17
H 105 (*bph*-2)	100	100	90	83	83	83
Rathuheenati (*Bph*-3)	97	30	17	10	7	7
Babawee (*bph*-4)	100	43	17	7	0	0
			Biotype Ⅳ			
TN 1 (S)	100	93	90	90	90	90
Mudgo (*Bph*-1)	90	50	40	33	27	27
H 105 (*bph*-2)	100	93	77	77	73	73
Rathuheenati (*Bph*-3)	97	70	50	40	33	33
Babawee (*bph*-4)	100	73	40	20	10	10
LSD 5%						12

1). Thirty newly hatched nymphs each biotype were individually reared on 10-day-old seedlings of each variety grown in glass tubes (2.5×20cm).

a) 生物小種之寄主偏好及選擇危害

當含有不同抗蟲因子之水稻品種及感蟲品種接不同生物小種褐飛蝨危害，則感蟲品種臺中在來1號及臺農67號爲各生物小種所最喜好棲息取食，其所遭受危害程度最爲嚴重（表7）。抗蟲品種間受各種生物小種之喜好及危害程度因生理小種而異，如含抗蟲因子*Bph*-1品種Mudgo及IR26較爲 biotypeⅡ所喜好，因此亦遭受較嚴重之危害，含抗蟲因子*bph*-2品種 H105及ASD 7較爲 biotypesⅡ、Ⅲ及Ⅳ所喜好，受這些生物小種危害亦較嚴重，但含*Bph*-3因子之品種如 Rathu Heenati 及 Muthumanikan等可遭受biotypesⅣ嚴重危害，但在有其他寄主可供選擇情況下，biotypeⅣ喜好含 *Bph*-1及*bph*-2品種更甚於含*Bph*-3之品種。而Babawee則爲上述四種生物小種所最不喜取食者，其受害程度亦最爲輕微。然而由表7可見任一生物小種除對含有某一抗蟲因子之品種特別偏好外，但亦可在其他任一抗蟲品種取食並可造成若干程度之危害，此種現象可能爲表示生物小種內個體間有變異而非屬於同質體。

使用與上一試驗同品種之60日齡稻，測定各生物小種對各類型抗蟲品種之偏好及危害，其結果大致與秧苗期所得結果類似（表8）。雖然 biotype Ⅳ是由含*Bph*-3品種 Rathu Heenati 所汰選出來的生物小種，但在有其他抗蟲品種可供選擇情況下，biotypeⅣ喜歡含 *bph*-2品種甚於含 *Bph*-3因子之抗蟲品種，其在前者之棲息蟲數及所造之危害程度均較後者爲大。

由本項試驗結果可見，含*Bph*-3及 *bph*-4因子品種較其他抗蟲品種爲各生理小種所不喜愛棲息取食，其所受危害亦較輕。相反地，含*bph*-2之抗蟲品種，除感蟲品種外爲各生物小種所喜愛取食，因此受害亦較其他抗蟲品種爲重。

b) 生物小種在各抗蟲品種上之生存率及棲羣成長

本項試驗結果列如表9，各生物小種第一齡若蟲在各抗蟲品種之存活率並無顯著差異，但隨蟲齡之增長，在含有不同抗蟲因子水稻之存活率的差異逐漸擴大。Rathu Heenati, Babawee 及 Mudgo品種對biotype Ⅰ及其他不能適應之生物小種所造成之死亡率高於 H 105，顯示前者三品種較後者具較强之抗生作用。各生物小種若蟲在抗蟲品種之

表10. 四種褐飛蝨生物小種在含有不同抗蟲因子品種40日齡稻上之存活率及棲羣成長

Table 10. Population development of biotypes of BPH on rice varieties with different resistance genes (August, 1980)

Varieties [1]		Biotype Ⅰ		Biotype Ⅱ		Biotype Ⅲ		Biotype Ⅳ	
		Survival rate of female 7 DAT	No. insect/ female[2]	Survival rate of female 7 DAT	No. insect/ female[2]	Survival rate of female 7 DAT	No. insect/ female[2]	Survival rate of female 7 DAT	No. insect/ fmale[2]
TN 1	(S)	90	241.0 a	100	182.6 a	90	225.0 a	80	202.0 a
Mudgo	(*Bph*-1)	30	59.0 bc	90	184.0 a	40	91.0 b	50	31.0 cd
H 105	(*bph*-2)	40	89.0 b	100	103.0	100	181.0 a	100	117.0 b
Rathuheenati	(*Bph*-3)	20	19.0 c	30	7.6 c	20	19.2 c	60	67.6 bc
Babawee	(*bph*-4)	0	3.4 d	30	23.2 c	50	8.8 c	30	6.2 d
Ptb 33	(?)	20	9.2 c	10	10.2 c	40	8.6 c	40	2.4 d

1). Two-pair of newly emerged adults were caged on 40-day-old plants for a period of 30 days.
2). Values show the average for 5 replications.
a, b, ect. show ranks differing at 5% level of significance,

發育期較其在感蟲品種上生長者長達2至10天。一般而言，生物小種在該品種之存活率較低者，若蟲期較長（表9）。

各生物小種在含不同抗蟲因子抗蟲品種40日齡期稻上之棲羣增殖成長與雌成蟲能在該品種之生存日數呈密切關係（表10）。各生物小種成蟲在Babawee及Ptb 33上之生存日數最短，因此在該品種上之棲羣增殖最少。相反地各生物小種在感蟲品種臺中在來1號及其所能適應之品種具最高之繁殖蟲數。

c）生物小種在各抗蟲品種上之無選擇危害

當以各生物小種分別大量接於含不同抗蟲因子品種60日齡盆栽稻上危害，則各抗蟲品種之受害程度與該品種上生物小種褐飛蝨之存活率呈正相關（表11）。Biotype Ⅰ可致使感蟲品種嚴重危害，並可在含*bph*-2品種造成中等程度危害。BiotypeⅡ則可在感蟲品種及含*Bph*-1品種造成嚴重危害，並可在含 *bph*-2品種造成中等程度危害，而 biotype Ⅲ則只能在感蟲品種及含*bph*-2 品種造成嚴重危害，biotypeⅣ 能在感蟲品種造成嚴重危害外，亦能在含*bph*-2及*Bph*-3品種造成中等程度危害。Babawee與 Thirissa兩品種雖均含 *bph*-4 抗蟲因子，但各生物小種在前者所造成之危害顯較後者爲輕，顯示除主效因子外， babawee 可能尙含有微效因子。

d）生物小種在各抗蟲品種上之取食行爲

表11. 四種褐飛蝨生物小種在含有不同抗蟲因子品種60日齡稻上之無選擇危害比較

Table 11. Damage with 300 2nd-to 3rd-instar nymphs of BPH biotypes on 60-day-old plants harving different resistance genes (April, 1981)

Varietes	Biotype Ⅰ		Biotype Ⅱ		Biotype Ⅲ		Biotype Ⅲ	
	insect/hill 15 DAI[1]	Grade of damage[2]	insect/hill 15 DAI[1]	Grade of damage[2]	insect/hill 15 DAI[1]	Grade of damage[2]	insect/hill 15 DAI[1]	Grade of damage[2]
TN 1	240.0 a	9	225.0 a	9	170.0 a	9	217.5 a	9
Tainon 67	220.0 ab	9	177.5 bcd	9	125.0 b	9	175.0 b	9
Mudgo	60.0 f	1	205.0 ab	9	75.0 c	1	72.5 ef	1
IR 26	125.0 e	2	185.0 abc	9	77.5 c	1	72.5 ef	1
H 106	132.5 de	4	155.0 cd	4	147.5 ab	9	112.5 cde	4
ASD 7	185.0 bc	5	192.5 abc	7	160.0 ab	9	147.5 bc	5
Rathuheenati	20.0 f	0	68.8 e	1	13.5 d	0	132.5 cd	4
Muthumanikan	47.5 f	1	47.5 e	1	23.0 d	0	80.0 e	3
Babawee	45.0 f	0	56.3 e	1	15.0 d	0	36.3 f	0
Thirissa	170.0 cd	3	140.0 d	3	87.5 c	2	100.0 de	2

1). Number of BPH recorded at 15 days after infestation.
2). Grade of damage : O : No visible damage, 9 : Plants killed completely.
a, b, ect. show ranks differing at 5% level of significance.

不同生物小種褐飛蝨在含不同抗蟲因子水稻品種之取食行爲可由其在品種之取食頻度，取食部位及取食量加以觀察。將任一生物小種褐飛蝨罩於其不適品種稻株取食，則顯示不安並頻於變更其取食部位，因此不管任何生物小種在抗性品種所遺留之取食痕均顯著地多於非抗性品種，越適合其生存及繁殖之品種則食痕數越少（表12）。由本項結果表示，當褐飛蝨在不適其取食之品種上取食，它一再嚐試，變更取食部位；若適合它取食，即停留下來繼續取食。

爲瞭解褐飛蝨各生物小種在不適於它取食品種上頻於更換取食位置是否因植物組織機械障礙所致，因此以石臘切片檢視褐飛蝨在該等品種取食所遺留之口針鞘是否可到達其適當取食部位。結果示如表13。一般而言，若以一分支口針鞘之端點爲根據，任一生物小種在感蟲品種上取食其口針鞘尖端終止於篩管者顯較在抗蟲品種上者爲多。在各種抗蟲品種中，除在ASD 7取食各生物小種口針鞘終止於篩管較多外，其他在 Mudgo, Rathu Heenati，及 Babawee 上取食者口針鞘終止於篩管者均顯著減少，終止於柔軟細胞組織者相對地增多。然而若以一次取食痕其中有一分支口針鞘成功地達於維管束內即算其取食成功，則將 biotype I 在 Rathu-Heenati 上爲47.8%外，其他各生物小種在各品種上之取食成功率均在50%以上，因此認爲抗蟲品種組織並無機械障礙其取食。另一方面由各生物小種在各抗蟲品種取食口針鞘之分支數，顯示各生物小種在抗蟲品種上取食，其口針分支率以及分支數一般均較在感蟲品種上取食者爲多。此種現象可能表示在口針穿入植物組織內，由於植物含有某種化學物質使口針無法直接導向維管束，而必需一再嚐試，或因維管束（尤其篩管）所含物質不爲褐飛蝨所喜好，致使口針再行往其他方面重行嗜試。

進一步觀察各生物小種在各含不同抗蟲因子水稻取食之蜜露排泄量顯示由抗蟲品種取食之排泄量顯然較由感蟲品種上取食者爲少（表14）。但比較由抗蟲品種取食與由濕濾紙上取食之蜜露排泄量，則顯示褐飛蝨均可由抗蟲品種獲得食物，只是其取食量較少而已。

綜觀上述結果，各生物小種在抗蟲品種頻於變

表12. 五種褐飛蝨生物小種在含有不同抗蟲因子品種稻上取食所留食痕數之差異

Table 12. Feeding punctures made by biotypes of BPH on rice varieties with different resistance genes at 30°C (March, 1981)

Varieties[1)]	Punctures/female/24 hrs				
	Biotypes				
	I	II	III	IV	V
Taichung N 1 (S)	28.7 b	30.2 c	26.6 b	27.4 b	25.1 b
Mudgo (*Bph*-1)	53.7 a	32.2 bc	67.9 a	56.0 a	54.6 a
ASD 7 (*bhp*-2)	32.6 b	34.6 bc	28.3 b	31.1 b	29.0 b
Rathuheenati (*Bph*-3)	56.2 a	65.3 a	71.2 a	43.2 ab	56.5 a
Babawee (*bph*-4)	51.2 a	43.4 ab	53.2 a	56.8 a	38.5 ab

1). 15-day old seedlings.

a, b, ect. show ranks differing at 5% level of significance.

表13. 五種褐飛蝨生物小種在抗蟲及感蟲品種水稻上之取食部位

Table 13. Feeding sites observed in biotypes of BPH on resistant and susceptible varieties (March 1981)

Biotypes	Rice varieties	No. stylet sheaths obs.	No. branches/ sheath	Branched sheath (%)	Place of termination: Based on each branch ending in (%) Phloem	Xylem	Parenchyma	Motor cell	In vasuclar bundar[1] (%)	Length of each branch (μ)
I	TN 1 (S)	21	1.31 a	21.3 a	59.4 b	21.3	11.6	7.7	95.4 c	7.32
	Mudgo (R)	38	2.21 c	57.9 b	23.8 a	42.9	21.4	11.9	75.7 b	6.86
	ASD 7 (MR)	36	1.44 a	22.2 a	46.2 b	3.8	42.3	7.7	83.3 bc	9.19
	Rathuheenate (R)	23	1.84 b	56.5 b	19.0 a	7.2	42.9	30.9	47.8 a	8.61
	Babawee (R)	24	2.3c	79.2 c	12.5 a	32.1	42.9	12.5	79.2 b	7.66
II	TN 1 (S)	21	1.24 a	23.4 a	53.6 c	18.5	8.7	19.2	83.4 c	7.54
	Mudgo (S)	30	1.57 a	26.6 a	36.4 b	4.3	39.2	21.1	53.3 a	7.87
	ASD 7 (MS)	34	1.44 a	32.4 ab	40.2 bc	6.1	38.7	24.9	58.3 a	7.55
	Rathuheenate (R)	34	3.85 c	85.3 d	16.1 a	19.8	40.4	23.7	67.6 ab	10.75
	Babawee (R)	37	1.97 b	52.6 c	20.0 a	14.7	34.7	30.6	70.2 abc	8.52
III	TN 1 (S)	17	1.43 a	19.4 a	49.3 b	15.2	14.6	20.9	82.8 b	7.33
	Mudgo (R)	26	1.85 b	61.5 c	37.5 b	12.5	37.5	12.5	10,0 c	7.48
	ASD 7 (S)	24	1.67 a	33.3 b	50.0 b	15.0	30.0	5.0	83.3 b	7.90
	Rathuheenate (R)	38	2.63 c	57.9 c	21.4 a	20.0	38.6	20.0	57.9 a	8.86
	Babawee (R)	20	1.50 a	40.0 b	10.0 a	40.0	50.0	0	90.0 bc	8.87
IV	TN 1 (S)	24	1.25 a	23.2 a	62.1 c	11.4	20.2	6.3	92.6 c	7.12
	Mudgo (R)	34	1.76 ab	52.9 b	26.6 a	11.7	45.0	16.7	73.5 b	7.69
	ASD 7 (MR)	34	1.53 a	29.4 a	44.2 b	23.1	25.0	7.7	91.2 c	8.67
	Rathuheenate (MS)	46	2.39 c	58.7 b	21.8 b	12.8	40.9	24.5	69.6 b	8.90
	Babawee (R)	32	2.38 c	81.3 c	13.1 a	13.1	26.4	47.4	50.0 a	8.29
V	TN 1 (S)	21	1.21 a	20.4 a	63.4 b	10.5	16.3	9.8	94.2 c	7.31
	Mudgo (R)	32	1.59 b	37.5 b	19.7 a	17.6	33.3	29.4	53.1 a	7.52
	ASD 7 (MR)	29	1.24 a	24.1 a	66.7 b	16.7	11.1	5.6	96.6 c	9.25
	Rathuheenate (R)	32	2.88 c	75.0 c	20.7 a	13.0	30.4	35.9	58.3 a	8.88
	Babawee (MS)	24	2.63 c	79.2 c	29.0 a	15.9	39.2	15.9	70.8 b	10.30

1). Base on at least on branch of the stylet sheath entering the vascular bundles.

更取食部位，每次取食，其口針作較多之分支，而取食量則較在感蟲品種上者爲少。此種現象並非因機械障礙之故，而可能因各抗蟲品種所含有之特殊化學物質或同化學物質之不同濃度，不適於褐飛蝨取食之故。不同生物小種可能具不同味覺刺激感受，故能適應於特殊之抗蟲品種而不能適應於另外含有不同抗蟲因子之品種，此點有待進一步探討。

e) 生物小種危害不同抗蟲品種能力之遺傳行爲

本項試驗結果列如表15，由 biotypes Ⅰ×Ⅱ，biotypes Ⅱ×Ⅲ 互交 F_1在 Mudgo 之存活率及 biotypes Ⅰ×Ⅲ互交之F_1在 H105 之存活率，很清楚可看出biotypes Ⅰ及Ⅲ不能在Mudgo品種生存，對biotypeⅡ是顯性作用；而biotypeⅠ不能在H105品種生存對 biotypeⅢ 亦爲顯性作用。由互交結果並未發現有任何伴性遺傳現象。進一步測其F_2及BC_1, BC_2 ，並不符合孟德爾之簡單分離比，顯示並非單純地由單因子所控制，而擬與由數量因子所

表14. 四種褐飛蝨生物小種在含有不同抗蟲因子品種稻上取食之蜜露排泄量

Table 14. Honeydew excretion of female adult of different biotypes of BPH on rice varieties with different resistance genes (May, 1981)

Varieties	Area of honeydew on filter paper (mm^2) [1]			
	Biotype Ⅰ	Biotype Ⅱ	Biotype Ⅲ	Biotype Ⅳ
TN 1 (S)	248.5 a	222.5 a	223.8 a	219.0 a
Mudgo (Bph-1)	96.3 bc	180.8 ab	94.0 b	116.3 bc
H 105 (bph-2)	143.3 b	168.8 ab	221.8 a	193.8 b
Rathuheenati (Bph-3)	73.5 bc	89.0 bc	105.8 b	126.0 bc
Babawee (bph-4)	115.3 b	104.5 b	86.8 bc	83.0 c
Wet filter paper	4.5 c	0.8 c	0.8 c	1.3 d

1). Excreted by 5 female-adults for 24 hrs, 6 replications for each treatment.
a, b, ect. show ranks differing at 5% level of significance.

表15. 三種褐飛蝨生物小種互交之後代飼養於抗蟲品種Mudge (biotypes Ⅰ×Ⅱ及Ⅱ×Ⅲ) 及H 105 (biotypes Ⅰ×Ⅲ) 之存活率

Table 15. Mean survival rate of BPH progenies from reciprocal crosses between biotypes, I, II and III, reared on Mudgo (I×II and II×III) or H 105 (I ×III)

Crosses between :	Generation	No. of replicates	% survival, mean	Standard error
Ⅰ and Ⅱ	P_1	10	14.0	5.39
	P_2	10	89.0	2.83
	F_1	20	18.0	3.87
	F_2	40	41.3	4.12
	BC_1	40	22.8	3.61
	BC_2	40	43.0	4.00
Ⅱ and Ⅲ	P_1	10	82.0	3.32
	P_2	10	27.0	5.74
	F_1	20	23.0	3.87
	F_2	40	65.3	3.74
	BC_1	40	47.8	3.61
	BC_2	40	52.5	4.12
Ⅰ and Ⅲ	P_1	10	42.0	2.83
	P_2	10	95.0	2.24
	F_1	20	60.5	3.00
	F_2	40	59.0	1.00
	BC_1	40	52.0	1.73
	BC_2	40	58.8	2.00

Data from reciprocal crosses were pooled since they differed only slightly. Each replication consisted of 10 nymphs of the first instar, reared on two 10-day-old seedlings in a test-tube.

表16. 用Hayman and Mather (1955) 方程估算三種生物小種互交後代在抗蟲品種存活率之因子效應

Table 16. Estimation of gene effects on percent survival of BPH progenies, in reciprocal crosses between biotypes I, II and III, by Hayman and Mather (1955) equations

Cross	m	a	d	aa	ad	dd
Ⅰ×Ⅱ and Ⅱ×Ⅰ (on Mudgo)	4.13**±0.41	2.01**±0.54	−6.66**±2.03	−3.31±1.97	1.75**±0.62	4.02**±2.89
Ⅱ×Ⅲ and Ⅲ×Ⅱ (on Mudgo)	6.33**±0.37	0.48 ±0.53	−9.20**±1.92	−6.03**±1.86	−3.23**±0.64	1.50±2.84
Ⅰ×Ⅲ and Ⅲ×Ⅰ (on H105)	5.90**±0.11	0.68 ±0.26	−2.24**±0.78	−1.44*±0.69	1.97**±0.32	5.08**±1.33

m : F_2 mean, a : additive gene effect, d : dominance effects, aa : interaction between additive effects, ad : interaction between additive and dominance effects, dd : interaction between dominance effects.
*, ** : Significant at 5% and 1% levels, respectively.

支配者較爲相近。

依據數量遺傳因子分所 (Mather and Jinks, 1971), biotypes Ⅰ×Ⅱ之父母生物小種之存活率中值爲 $(P_1+P_2)/2=51.5$，而da爲 33.5，ha/da爲37.5，ha/da爲0.89，表示biotype Ⅰ對 biotype Ⅱ爲部分顯性。於 biotypeⅡ×Ⅲ組合，以同樣計算方法得ha/da爲1.29表示biotypeⅢ對biotypeⅡ爲超顯性；而 biotype Ⅰ×Ⅲ ha/da 爲 0.42，表示 biotype Ⅰ對 biotype Ⅲ爲部分顯性。

進一步以 Hayman and Mather (1955) 公式分析各雜交組合之各世代之平均存活率表示所獲變方適於6介量因子效應（表16），其結果顯示支配生物小種不能在抗蟲品種生存之因素，在三雜交組合均以顯性因子最爲重要，此外生物小種在抗蟲品種之存活率在 biotype Ⅰ×Ⅱ組合亦受累加性，累加性×顯性之交感及顯性×顯性之交感等效應所支配，在Ⅲ×Ⅱ組合則受累加性×顯性之交感效應所控制， biotype Ⅰ×Ⅲ受顯性×顯性，累加性×顯性及累加性×累加性等交感效應所支配。另一方面三個雜交組合之顯性因子效應與顯性×顯性因子之交感效應的符號均相異，顯示上位作用是屬於重複因子型。

因Mudgo 及 H 105秧苗受上述三組生物小種互交後代褐飛蝨之爲害程度列如表17，顯示受害程度與該組合後代若蟲在判別品種之生存率呈正相關；存活率越高，秧苗受害程度呈越嚴重。然而此項結果可能因受秧苗能容忍若干褐飛蝨的危害，因此所獲結果並不能用以進一步的來分析生物小種雜交後代之分離比。

f ）輪植及混植含有不同抗蟲因子品種對新生物小種演化之抑制應用。

由上述試驗顯示田間褐飛蝨棲羣可能爲異質體型態，且具有多變之危害含有不同抗蟲因子稻種的能力。因此當將田間採集之褐飛蝨連續飼養於一種抗蟲品種，則經6世代後，該褐飛蝨蟲羣在該特定抗定抗蟲品種的存活率約與其在感蟲品種之存活率相等，顯示若連續隔離褐飛蝨於一種抗蟲品種生存繁殖，則該抗蟲品種於短期內即可能爲褐飛蝨新生物小種所適應（表18）。然而若褐飛蝨輪流飼養於含有不同抗蟲因子之稻種，Mudgo, H 105及TN 1，每品種飼養4世代（相當於本省一期稻作褐飛蝨所能繁殖世代數），則在一般情況下，當褐飛蝨飼

表17. 三種褐飛蝨生物小種互交後代在抗蟲品種 Mudgo 及 H 105之危害

Table 17. Damage on the seedlings of Mudgo and H 105 caused by the BPH progenies of reciprocal crosses between biotypes I, II and III (CAES. 1980)

Cross between :	Population	No. seedlings tested[1]	Seedlings killed		Damage grading[2]
			number	% killed	
Ⅱ×Ⅲ (on Mudgo)	P_1	10	10	100.0	9
	P_2	10	0	0	1.5
	F_1	20	3	15.0	2.0
	F_2	40	15	37.5	4.5
	BC_1	40	5	12.5	5.0
	BC_2	40	0	0	3.0
Ⅰ×Ⅱ (on Mudgo)	P_1	10	0	0	0
	P_2	10	10	100.0	9
	F_1	20	0	0	1.0
	F_2	40	14	35.0	2.5
	BC_1	40	5	12.5	1.5
	BC_2	40	21	52.5	3.0
Ⅰ×Ⅲ (on H 105)	P_1	10	3	30.0	5.0
	P_2	10	10	100.0	9.0
	F_1	20	10	50.0	6.0
	F_2	40	27	67.5	6.5
	BC_1	40	12	30.0	5.5
	BC_2	40	27	67.5	7.0

1). Each 15-day-ole seedling infested with second-instar nymphs.

2). Damage grading : O : no visible damage, 9 : total seedlings killed.

養於一抗蟲品種之第一、二世代生存率很低，但於第三、四世代，其生存率呈逐漸增加，然而當把它更換飼育於另一含有不同抗蟲因子之品種，其在試品種之存活率又顯著地下降（表17）。

另一方面，將田間採集之褐飛蝨飼養於混植有含不同抗蟲因子之稻種 TN 1, Mudgo及H 105時，則該蟲羣之若蟲在 Mudgo 及H 105 之存活率隨世代而變異，但並不隨飼養世代之增進而增加。

由上述結果表示，田間褐飛蝨棲羣若將之連續飼養於單一抗蟲品種6世代，即可能形成新生物小種而能危害原來之抗蟲品種。然而輪植或混植抗蟲品種，則褐飛蝨在某一特殊抗蟲品種的存活率將顯

表18. 田間採集之褐飛蝨連續飼養於單一抗蟲品種，輪流飼養於含有不同抗蟲因子品種，或飼養於混植含有不同抗蟲因子品種之後代在抗蟲及感蟲品種之存活率

Table 18. Survival of BPHs when they were reared on a resistant variety continously, on varieties with different resistance genes rotatively, or on a mixture of resistant and susceptible varieties (July, 1980)

Treatments	Grenerations	Survival rate on (%)		
		TN 1	Mudgo	H 105
On TN 1[1] for 12G.	2	80.0	6.7	35.6
	4	80.0	4.4	40.0
	6	86.7	13.3	62.2
	8	80.0	11.1	55.6
	10	82.2	6.7	62.0
	12	86.7	11.1	53.3
On Mudgo[1] for 12 G.	2	76.5	36.7	33.3
	4	82.2	55.6	26.7
	6	86.7	88.9	60.0
	8	82.2	84.4	55.6
	10	88.9	82.2	35.6
	12	77.8	80.0	28.9
On H 105[1] for 12G.	2	77.8	20.0	35.6
	4	75.6	15.6	51.1
	6	75.5	0	71.1
	8	84.4	6.7	82.2
	10	91.1	0	84.4
	12	80.0	2.2	71.1
On TN 1, Mudgo and H 105, each for 4G.[2]	6	84.4	42.2	49.9
	8	86.7	66.7	57.8
	10	82.2	13.3	64.4
	12	86.7	24.4	73.3
On TN 1, H 105 and Madgo, each for 4G.[2]	6	82.2	4.4	44.4
	8	84.4	11.1	64.4
	10	77.8	55.6	29.9
	12	88.9	68.9	35.6
On Mudgo, TN 1 and H 105, each for 4G.[2]	6	84.4	22.2	42.2
	8	80.0	33.3	37.8
	10	82.2	11.1	47.8
	12	84.4	26.7	70.0
On Mudgo, H 105 and TN 1, each for 4G.[2]	6	77.8	15.4	61.1
	8	80.0	24.4	74.4
	10	75.6	15.6	66.7
	12	75.6	24.4	31.1
On H 105, Mudgo and TN 1, each for 4G.[2]	6	80.0	8.9	73.3
	8	91.1	68.9	51.1
	10	84.4	6.7	48.9
	12	88.9	20.0	33.3

Table 18. Survival of BPHs when they were reared on a resistant variety continously, on varieties with different resistance genes rotatively, or on a mixture of resistant and susceptible varieties (July, 1980)

Treatments	Grenerations	Survival rate on (%)		
		Taichung(N)1	Mudgo	H105
On H 105, TN 1 and Mudgo each for 4G.[2)]	6	95.5	0	57.8
	8	82.2	4.4	75.6
	10	82.2	40.0	51.1
	12	91.1	68.9	28.9
On mixture of TN 1, H 105 and Mudgo	2	88.9	22.2	55.6
	4	82.2	42.2	35.5
	6	86.7	44.4	55.6
	8	97.8	32.2	42.2
	10	84.4	24.4	60.0
	16	91.1	20.0	44.4

1). Field collected brown planthoppers were continously reared on a plant of fixed variety for 12 generations.

2). The insects were reared on each variety for 4 generations according to the order.

3). The insects were reared on a mixed varieties having different resistant genes.

著地較連續飼養於單一特殊抗蟲品種者爲低，顯示輪植或混植不同抗蟲品種可減緩或抑制新生物小種之演化。

5.本省新育成抗褐飛蝨品種（系）對褐飛蝨之防治效果

本項試驗於民國69年二期作在嘉義縣民雄鄉舉行。因試驗田延遲於8月2日始插秧，於水稻生育中，後期褐飛蝨及縱捲葉蟲發生甚爲嚴重。在無藥劑處理區，於水稻移植後60至80天，褐飛蝨在感蟲品種臺農68號及臺中在來1號每叢稻之密度分別達200及1,000餘隻，終於水稻黃熟期前全部慘遭蝨燒危害。相反地，褐飛蝨在抗蟲品種之棲羣密度最高時每叢平均由36.1至96.5隻，因此抗蟲品種謹遭受輕微至中等危害（表19）。

在藥劑保護區，褐飛蝨棲羣密度於抗蟲品種亦明顯地較於感蟲品種者爲低，這種現象顯示綜合抗蟲品種與殺蟲藥劑防治褐飛蝨之效果較單賴殺蟲藥劑防治者爲佳。

比較藥劑保護區及無藥劑處理區抗蟲及感蟲品種之產量，兩者差異極爲顯著。在感蟲品種，稻穀因褐飛蝨及縱捲葉蟲危害損失，臺中在來1號爲99%，臺農67號爲33.2%，但在抗蟲品種（系）之損失率爲7.8至 16.2%。由於在無藥劑處理區縱捲葉蟲危害率品種間並無明顯差異，因此抗蟲與感蟲品種稻穀損失之差異，主要係因褐飛蝨所引起（表19）。

另一方面由圖1可見捕食性天敵，狼蜘（*Lycosa pseudoannulala*）在抗蟲品種嘉農秈11號及感蟲品種臺中在來1號並無顯著差異，而另一捕食性天敵盲蝽象（*Cyrtorhinus lividipennis*）雖然其數目在抗蟲品種較在感蟲品種者爲低，但若以盲蝽象與褐飛蝨之比例來考慮，則在抗蟲品種上者反較在感蟲品種上者爲高。此項結果表示栽植抗蟲品種並不阻礙天敵的活動，兩者可並用於害蟲防治體系。

討　論

本省從事水稻對褐飛蝨抵抗性研究始於民國59年，初期工作重點在於抗蟲種源之引入，檢定以及與育種人員合作水稻抗蟲育種及雜交後代抗蟲性之檢定，經多年來之研究已有抗蟲種源100餘種（Cheng and Chang, 1979），並育成抗褐飛蝨秈稻

表19. 於褐飛蝨大發生情況下，本省新育成抗褐飛蝨品種（系）在藥劑保護及自然危害區之表現

Table 19. Population density and damage by BPH on the yield of resistant (R) and susceptible (S) varieties, with and without insecticide protection during a severs brown planthopper outbreak[1] (2nd crop, 1980)

Varieties	No. BHP/hill at indicated days after transplanting				Degree of damage by BPH 2)	% Leaf damage by LF 3)	Yield kg/ha	Yield loss (%)
	46	62	74	90				
Tainon Shen 12 (R)	5.6	53.4	45.5	28.9	2	23.2	5,280	9.5
	(0.9)	(5.2)	(11.5)	(8.7)	(1)	(3.1)	(5,834)	
Chianon Shen 11 (R)	7.4	64.2	40.6	34.4	4	21.5	4,668	15.8
	(0.8)	(6.4)	(10.5)	(9.3)	(1)	(2.6)	(5,547)	
Taichung Shen 10 (MR)	9.2	96.5	74.4	38.1	5	22.3	4,715	16.2
	(0.4)	(6.7)	(9.2)	(7.3)	(1)	(1.7)	(5,624)	
TN 1 (S)	23.2	1,020.5	1,352.4#	##	9	27.5	52	99.0
	(2.4)	(24.2)	(36.8)	(19.6)	(3)	(2.4)	(5,124)	
Tainon 68 (MR)	4.3	36.1	31.9	19.7	2	17.4	4,750	7.8
	(0.3)	(5.2)	(8.4)	(7.3)	(1)	(1.6)	(5,150)	
Chianon Yu 249 (MR)	5.9	66.8	58.5	36.1	4	20.6	4,370	11.4
	(0.4)	(6.9)	(12.1)	(10.3)	(1)	(1.3)	(4,932)	
Tainon 67 (S)	12.7	224.5	285.4	153.1##	7	20.3	3,677	33.2
	(1.1)	(15.6)	(18.2)	(13.3)	(2)	(1.7)	(5,504)	

1). At chemical protection subunit. 3% Carbofuran G. were applied at a rate of 1.2Kg ai/ha at 30, 50 and 70 days after transplanting. Figures outside parathesis show the number of insects per hill in unprotected subunit and figures inside parenthesis indicate the number of insects in chemical protection subunit.

2). Degree of damage : 1 : slightly damaged, 9 : completely hopperburned.

3). LF : leaf folder

: Severely damaged. ## : Completely hopperburned.

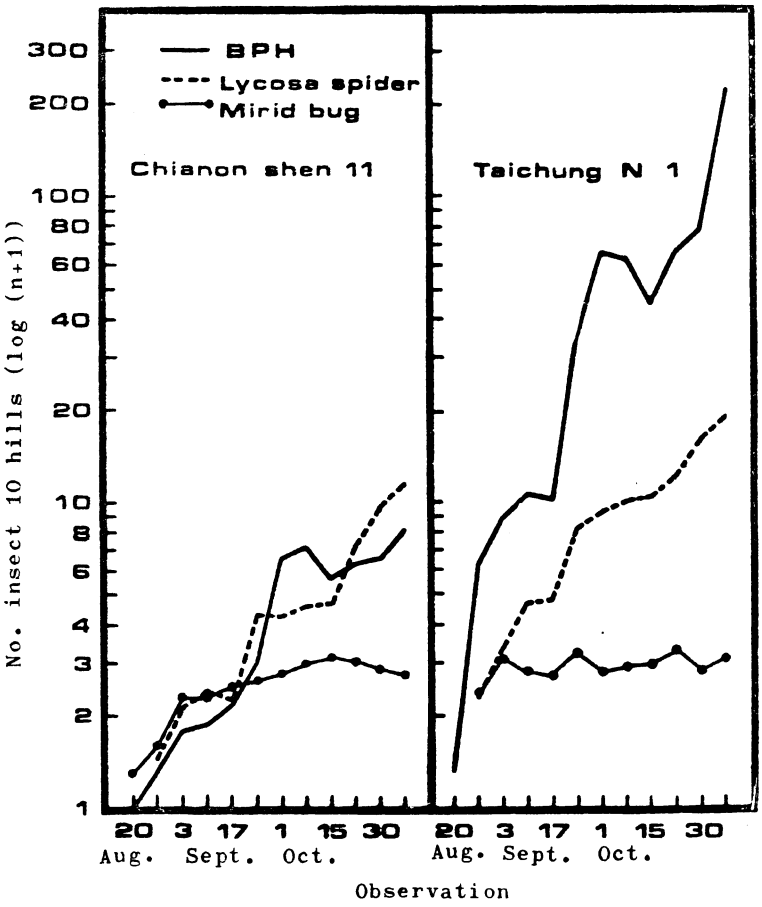


Fig. 1. Seasonal population changes in BPH and their natural enemies, *L. pseudonnulata* and *C. lividipennis* on resistant (Chianon she 11) and susceptible (Taichung N 1) varieties.

圖一、褐飛蝨及其天敵在抗蟲及感蟲品種之棲羣密度比較

品種5種，粳稻1種推廣農民栽植，而尙在選拔觀察之品系具抗褐飛蝨性狀者亦在逐年增加中（表5），可見此項工作已漸受育種工作人員所重視。

水稻抗褐飛蝨品種大部爲原栽培於南印度及錫蘭之品種，而本省栽培及保持之稻種均屬感蟲品種（Cheng and Chang, 1979）。因此本省抗蟲種源均賴由國外引入，過去經引入檢定爲抗褐飛蝨品種（系）雖然很多，惜這些品種大部屬於感光性且未經改良之秈稻，用作育種材料諸多不便。經改良，無感光性之半矮型稻種，雖較易於應用作爲育種材料，但其抗蟲因子多屬*Bph*-1或*bph*-2者。從過去在菲律賓及印尼等地大面積栽植同一抗蟲品種如IR 26，經2—3年後即導致新生物小種褐飛蝨之產生，而使原抗蟲稻種的IR 26變成感蟲品種的經驗（Varca and Feuer, 1976; Mochida, *et al.*, 1977），提醒我們應早日搜集不同抗蟲因子之種源，以便育成多元化的抗蟲品種，或將多種抗蟲因子合併於一抗蟲品種，以延長抗蟲品種之栽植壽命。

本試驗期中所引入之抗蟲種源大部屬於含*Bph*-3及*bph*-4或含兩個未經鑑定抗蟲因子，如Ptb 33之後代，或屬於*Bph*-1與*Bph*-3 或 *bph*-4結合之品系（表1）。經室內及田間檢定篩選擇其抗蟲且農藝性狀較優者，提供本省今後育種材料，這對於

促進多元化抗褐飛蝨品種之育成具有助益。植物抗蟲性受一對因子所支配（或稱直立式抵抗性，vertical resistance）者一般相信較易導引有害生物小種之產生，抗蟲性較不穩定，如已發現有生物小種問題之褐飛蝨、麥癭蠅、苜蓿蚜、豌豆蚜、玉米蚜、黍蚜及稻癭蠅等，其寄主之抗蟲性均受單因子所支配。另一方面，抗蟲性受數量因子所支配者（或稱橫式抵抗性，horizontal resistance）如玉米抗玉米螟、玉米穗蟲、行軍蟲等，則尚未有發現生物小種問題，因此被認爲抗蟲性較爲穩定（Gallun and Khush, 1980；Pathak, 1970）。然而事實上由單因子所支配之抗蟲性如棉花抗棉花葉蟬（*Empoasca* spp.）至今已達50餘年尚無生物小種產生之報導（Painter, 1951），此外若干稻種如Peta、Mas、Bengawan及Intan（均爲Latisail的後代）曾在菲律賓及印尼大面積栽培長達30年以上，但到目前對臺灣黑尾蟬（*Nephotettix virescens*）仍呈抗性，而這些品種抗臺灣黑尾葉蟬亦受一對因子所支配（Khush and Beachell, 1972），因此抗蟲性受單因子或多因子所支配，執者較爲穩定可能與害蟲的習性以及抗蟲機制有關。水稻抗黑尾葉蟬機制迄目前尚未臻瞭解（Cheng and Pathak, 1972），但棉花抗棉花葉蟬與抗蟲品種長有長而密的毛有關（Painter, 1951）。或許可能作物抗蟲機制與其形態特性，因物理性質作用爲主要抗蟲機制者，較不易導引生物小種之產生？有待更多試驗或報告給予證明。

然而無論如何作物抗蟲性受單因子所支配者，較易結合於所希望之稻種，爲育種工作者所樂用；而受多因子所支配者，則因抗性及遺傳性較弱，不易累積結合於所希望之稻種。所以如何檢定發現更多之不同抗蟲因子，及結合不同型之單因子，或單因子與多因子於一品種，或藉抗蟲品種之栽植管理等以達穩定抗蟲性，成爲今後水稻抗褐飛蝨研究努力之重要課題。

有關田間抗蟲型稻或稱橫式抵抗性稻種之檢定技術，目前尚在探討中（Chelliah *et al.*, 1981）。本試驗發現以盤栽30日齡稻，每4株接一雌成蟲密度檢定，於次代若蟲爲害，即可將其與感蟲品種加以區分（表3）。由於田間抗蟲型稻種對褐飛蝨之存活率及棲羣成長並無顯著作用，而田間棲羣及被害程度却略較感蟲品種爲低，顯示其抗蟲機制主要爲該等品種對褐飛蝨危害之容忍作用及若干程度之非偏好作用所致（表4）。Ho *et al.*（1982）亦報告田間抗蟲稻之抗蟲現象主要爲該品種對褐飛蝨之容忍作用，而其抗生或非偏好作用很低。因此栽培田間抗蟲型品種勢必無法有效地抑制褐飛蝨棲羣之快速成長。但結合單主效抗蟲品種與田間抗蟲型品種必能進一步的減輕抗蟲品種遭受褐飛蝨之危害損失。

即然單獨使用田間抗蟲型稻無法有效地抑制褐飛蝨棲羣之快速成長，而栽培含單主效因子品種勢將引起生物小種問題，因此對於褐飛蝨生物小種與抗蟲品種之相互用需要進一步加以探討。

褐飛蝨生物小種的培育，可藉連續飼養田間採得之褐飛蝨於同一抗蟲品種而獲得，以不同抗蟲因子的稻種來培育，將可獲得對不同抗蟲因子稻種有不同反應之生物小種（Pathak and Heinrichs, 1982；鄭，1975），目前嘉義農業試驗分所保留有褐飛蝨生物小種5種（鄭，1975；臺灣農試年報，1980）其中時biotype Ⅴ（由babawee，含*bph*-4抗蟲因子品種培育而成）雖經連續飼養於babawee 3年，尚無法正常繁殖外，其他各生物小種均已完全適應於用以飼養之抗蟲品種。此外國際稻米研究所亦以同樣方法獲得biotype 1、2及3三種生物小種，其中biotype 1及3與本省biotype 1及3具相同之反應，但biotype 2與本省之biotypeⅡ雖同應用Mudgo（*Bph*-1）培育而成，但本省之biotype Ⅱ可致使ASD 7（*bph*-2）中等至嚴重危害，而國際稻米研究所者，則只能致使輕微的危害（IRRI, 1981）。各種生物小種與各種抗蟲因子稻種之相互作用由鄭（1975）及本試驗結果瞭解biotypesⅡ及Ⅵ除分別可危害Mudgo（含*Bph*-1）及Rathu henati（含*Bph*-3）外並可能致使H 105（*bph*-2）及TN 1（感蟲品種）遭受中等至嚴重危害，biotypeⅢ只能危害H 105及感蟲稻種，而biotypeⅠ則只能危害TN Ⅰ之類的感蟲品種。含不同抗蟲因子品種對不同生物小種之抵抗性並非由植物組織之機械障礙而可能爲其所含化學物質所致（表12）。在菲律賓國際稻米研究所，Sogawa and Pathak（1970）、Iman（1978）及Alam（1978）分別探論抗蟲品種對biotypes 1、2及3之抗蟲機制亦

有類似報導。然而由於各生物小種在含不同抗蟲因子品種上取食所排泄之蜜露量較取食於濕濾紙上者爲多（表13），顯示各生物小種在抗蟲品種亦能取食，但其取食量較在感蟲品種爲少。此種現象可能因爲抗蟲品種含有忌避物質或無具適合於該生物小種取食之刺激物質所致。此種推測可由各生物小種在其抗蟲品種取食時，因一再嚐試尋找適其取食部位，故其口針分支數及分支率均顯著的較在感蟲品種取食者爲多的事實獲得佐證（表12）。褐飛蝨一般認爲只能在水稻上繁衍，應屬於單食性害蟲，Dethier（1947）認爲所謂單食性昆蟲是受一種或一羣相近似的物質所引誘。按此觀點，則所謂不同生物小種可能祇是褐飛蝨個體羣因具不同味覺刺激的感受，能適應於某種特殊化學物質之某一濃度範圍，但却不能適應於同種化學物質的另一濃度範圍。Sigawa（1970）報告 asparagine 對褐飛蝨取食具有促進作用，Sogawa and Pathak（1970）發現Mudgo 含所 asparagine 顯著地較感蟲品種TN 1及IR 8爲少。因此並認爲是 Mudgo 抵抗褐飛蝨（biotype 1）重要因素之一。然而近一步觀察抗蟲品種及感蟲品種純化系（Isogenic lines）所含asparagine並無顯著差異（Sogawa, 1982）。最近Yoshihara *et* al,（1980）發現抗蟲品種含較高之 Oxalic acid,，並證明此種物質對褐飛蝨取食具抑制作用。但此項發現對於水稻品種抗褐飛蝨所扮角色如何仍有待進一步證明。

生物小種能否危害抗蟲品種之遺傳行爲曾經數人研究，IRRI（1978）報告biotype 1對 biotype 2及3呈顯性作用，而biotype 3對biotype 2呈顯性作用；Sogawa（1981）根據雜交後代之寄主偏好性，取食能力以及若蟲發育和成蟲的繁殖能力爲依據，認爲 biotype 1 對 biotype 2 具顯性作用，但對 biotype 3 則呈中間型。另一方面 Claridge（1979）以生物小種雜交後代在抗蟲及感蟲品種取食之蜜露分泌量爲分析依據，認爲生物小種危害抗蟲品種能力係受數量因子所支配。本試驗以雜交後代在抗蟲品種之存活率爲分析，依據結果發現其遺傳行爲係受數量因子所支配，同意Claridge（1979）的發現，另一方面發現能否在抗蟲品種上生存或危害之能力，biotype Ⅰ 對 biotype Ⅱ 及 Ⅲ 呈不完全顯性作用，而 biotype Ⅲ 對 biotype Ⅱ 呈超顯性作用。此項結果與IRR Ⅰ（1978）之報告類同。由於生物小種爲害抗蟲品種的能力係受數量因子所控制，其棲羣個體間之變異可能很大。因此當一種抗蟲品種被廣面積地連續栽培，因選汰作用，而使少數能存活者重組及累積能適合於抗蟲品種的因子，而能於短期內取代原來的棲羣，適應並危害抗蟲品種。然而由於 biotype Ⅱ 及 Ⅲ 對 biotype Ⅰ 爲隱性，因此除非由一抗蟲品種在隔離地區之連續栽培，否則 biotype Ⅱ 及 Ⅲ 的棲羣將無法維持於一穩定狀態。因此避免於一地區大面積連續地栽培，由同一主效抗蟲因子所支配之抗蟲品種，必能有效地抑制新有害生物小種之產生。

本試驗於室內連續飼育褐飛蝨於 Mudgo 或H 105 12個世代，該蟲羣在Mudgo或H 105之存活率隨飼養世代之增進而顯著地增加，至第六世代時，其存活率就幾乎與飼養於感蟲品種TN 1者相等（表17）。此種適應能力之快速改變與Pathak and Heinrichs（1982）所發現結果相同。然而若將褐飛蝨輪飼於不同抗蟲因子品種（每4世代於一品種，相當於一期稻作期間褐飛蝨所能繁殖之世代數）或飼養於混植含有不同抗蟲因子的品種，則其在某一特定的抗蟲品種的存活率雖隨飼養世代而略有變動，但並不呈穩定的上升。此項結果證明混植或輪植不同抗蟲因子品種於一地區，能抑制或緩慢有害新生物小種的快速產生。然而 Gallun（1977）認爲此種栽植策略可能培育出超級生物小種，而使數個有效的抗蟲因子同時失去作用。關於此點，有待繼續觀察證明。

目前本省育成推廣之抗褐飛蝨品種均含 *bph*-2 因子屬於中等程度抗性品種。於褐飛蝨大量發生情況下，在這類抗蟲品種最高棲羣密度可達每叢90餘隻（表18），若無藥劑防治，可遭受中等程度危害。但在同樣環境下，褐飛蝨在感蟲品種臺中在來1號每叢密度可達1000隻以上，而於黃熟前遭受完全蝨燒危害。按此項試驗結果表示，於褐飛蝨大量發生時，栽植抗蟲品種尙需施用一至二次藥劑給予補充防治，才能完全抑制褐飛蝨之經濟危害。這種抗蟲程度雖不及抗蟲程度較强之 IR 26（含*Bph*-1因子），但因能對褐飛蝨之汰選壓力亦較之爲小，栽植壽命可能將較後者爲長。在嘉義近郊已栽植這類型抗蟲品種（約 400公頃）長達5年左右，但仍未

發現有新有害生物小種之產生。另一方面在印尼及菲律賓於IR 26 因 biotype 2 之產生而改植 IR 36 及38以來亦已長達 4 年左右尚未有新生物小種危害之報導（Pathak and Heinrich, 1982；Iman, 1981）。縱然如此，由於它是屬於單主效因子所支配之抗蟲品種，在連續大面積栽植情況下，產生新有害生物小種仍有可能。爲策安全，今後本省抗褐飛蝨育種，仍希望朝向多元因子化爲上策，以免因新生物小種之產生而束手不及。

栽植抗褐飛蝨品種，除可減少施藥次數，減少防治成本外，由於抗蟲品種並不影響天敵的活動（圖1），而且因抗蟲品種可減少褐飛蝨的棲羣密度之快速成長，有助於天敵更有效的達到抑制褐飛蝨之作用（Maxwell, 1972；Horber, 1972）另一方面，由於栽植抗蟲品種可減少農藥使用次數，有助於褐飛蝨及其他一般害蟲天敵之保留。這可使害蟲因農藥之頻於使用而呈不穩定現象獲得改善。

在本省第二期稻作害蟲發生危害程度遠比第一期作爲嚴重（鄭，1979），積極從事水稻抗褐飛蝨育種工作，有助於水稻害蟲的經濟防治，對減少二期作害蟲之嚴重危害，相信亦有相當的幫助，然而尚有許多留待解決的問題，有待今後繼續努力。

引用文獻

1. 臺灣省農業試驗所。民國68年年報，P. 95。臺灣省農業試驗所，臺中。
2. 鄭清煥。1976。褐飛蝨及黑尾葉蟬對水稻產量損失估計。植物保護學會刊 18（2）：147—160。
3. 鄭清煥。1976。新育成抵抗褐飛蝨水稻品種（系）室內抗蟲反應及其田間表現。中華農業研究（4）：259—268。
4. 鄭清煥。1975。褐飛蝨新生物小種及其與抗蟲品種間之相互作用。臺灣省農業試驗所研究彙報 32：29—41。
5. Alam, M. S. 1978. Resistance of rice varieties to biotype 3 of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stal). Ph. D. thesis, Univ. of Philippines, Los Banos, Philippines.
6. Chelliah, S., R. Velusamy, E. A. Heinrichs and Sellamal Murugesan. 1981. Moderate resistance in rice varieties to the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stal) -Methods of evaluation, Mimeograph, Presented at Intern. Rice Conf. 1981, 13p.
7. Cheng, C. H. and W. L. Chang. 1979. Studies on varietal resistance to the brown plant hopper in Taiwan, *In* Brown planthopper: Threat to Rice Production in Asia. pp. 251-71. IRRI, Los Banos, Philippnes.
8. Cheng, C. H. and M. D. Pathak. 1972. Resistance to *Nephotettix virescens* in rice varieties. J. Econ. Entom. 65(4): 1148-1153.
9. Claridge. F. 1979. Biotaxomic studies on leafhopper pests of rice. ODA Research Scheme R3283, Annual Report 1978/79, Univ. College, Cardiff, Wales, UK. 79p.
10. Dethier, V. G. 1947. Chemical insect attractants and repellents, pp. 254-255. The Blakiston company, Philadelphia, U. S. A.
11. Gallun, R. L. 1977. The genetic basis of hessian fly epidemics. ANN. N. Y. Acad. Sci. 287: 223-229.
12. Gallun, R. L. and G. S. Khush. 1980. Genetic factors affecting expression and stability of resistance. *In* Breeding plants resistant to insects (Eds. by F. G. Maxwell and P. R. Jennings). John Wiley and Sons, N. Y. USA.
13. Ho. D. T., E. A. Heinrichs, and F. Medrano. 1982. Tolerance of the rice variety Triveni to the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. Environ. Entom. 11(3): 598-602.
14. Horber, E. 1972. Plant resistance to insects. Agri. Sci. Rev. 10: 1-18.
15. Hayman, B. L. and K. Mather. 1955. The description of genectic interactions in continuous variation. Biometrcis 11: 69-82.
16. Iman, H. 1981. Current status of the brown planthopper problem and its biotypes in Indonesia. Mimeograph, presented at Intern. Rice Res. Conf. 1981, IRRI, Los Banos, Philippines. 5p.
17. Iman, H. 1978. Resistance of rice varieties to biotype 2 of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stal). Ph. D. thesis of Univ. Philippines. Los Banos, Philippines.
18. IRRI. 1978. Biotype studies, Genetics of BPH

biotypes. Intern. Rice Res. Inst. Ann. Rep. 1977 : 68.

19. IRRI. 1976. Selection and studies on source of resistance, Biotypes. Intern. Rice, Res. Inst. Ann. Rep. 1975 : 107-108.
20. IRRI. 1981. Levels of resistance in rice varieties to biotypes of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* in south and southeast Asia, Rep. 1979. Intern. collab. proj. on. brown planthoper resistance. Mimeograph, 18p.
21. Jensen, W. A. 1962. Botanical histochemisery. W. H. Freeman and Company.
22. Khush, G. S. 1979. Genetics of and breeding for resistance to the brown planthopper . *In* Brown planthopper : Threat to Rice production in Asia. pp. 321-332, IRRI, Los Banos, Philippines.
23. Khush, G. S. and H. M. Beachell. 1972. Breeding for disease and insect resistance at IRRI *In* Rice breeding, IRRI, Los Banos, Philippines. pp. 309-322.
24. Mather, K. and J. L. Jinks. 1971. Biometrical genetics. Cornell Univ. Press, Ithaca, N. Y. USA.
25. Mochida, O., T. Suryana and A. Wahyu, 1977, Recent outbreaks of the brown planthopper in southeast Asia (with special referrence to Indonesia). *In* The rice brown planthopper. pp. 170-191, Food and Fertilizer Techn. Center for Asian and Pacific Region. ASPAC, Taiwan, ROC.
26. Maxwell, F. G. 1972. Host plant resistance to insects-nutritional and pest management relationships. *In* Insect and mite nutrition. (J. G. Redriguez Ed). North-Holland, Amsterdam . pp. 599-609.
27. Pathak, M. D. 1970. Genetics of plants in pest management. *In* concepts of pest management. (R. L. Rabb and F. E. Guthrie Eds). North Carolina State Univ., Raleigh. pp. 138-157.
28. Pathak, P. K. and E. A. Heinrichs. 1982 . Selection of biotype populations 2 and 3 of *Nilaparvata lugens* by exposure to resistant rice varieties. Envirn. Entom. 11(1):85-90.
29. Sogawa, K. 1982. The rice brown planthopper : Feeding physiology and host plant interactions. Ann. Rev. Entom. 27 : 49-73.
30. Sogawa, K. 1981. Hybridization experiments on three biotypes of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Homoptera : Delphacidae) at the IRRI, the Phillippines. Appl. Entom. Zool. 16 : 193-99.
31. Sogawa, K. 1970. Effect of asparagine on feeding of the brown planthopper, Japan. J. Appl. Entom. Zool. 14 : 107 (in Japanese).
32. Varca, A. S. and R. Feuer, 1976. The brown planthopper and its biotypes in the Philippines. Plant Prot. News 5(1) : 1-4.
33. Yoshihara, T., K. Sogawa, M. D. Pathak, B. O. Juliano and S. Sakamura. 1980. Oxalic acid as a sucking inhibitor of the brown planthopper in rice (Delphacidae, Homoptera). Entom. Exp. Appl. 27 : 149-55.

Studies on Varietal Resistance to the Brown Planthopper in Rice with Special Emphasis on the Interaction Between Host and Biotypes *

C. H. Cheng

Chiayi Agricultural Experiment Station
Taiwan Agricultural Research Institute
Chiayi, Taiwan 600
Republic of China

Summary

The brown planthopper (BPH) is the most destructive insect pest of rice in Taiwan especially in the second rice crop. A cultivation of resistant varieties is considered as the most economic measures for control of the hopper. During past decade, a program for breeding rice resistance to the hopper have been well established in Taiwan and six resistantt varieties have been named and released for commercial cultivation. Recently, in view of the occurrence of biotypes of BPH in southeast Asia only two to three years after resistant variety IR 26 was cultivated extensively. In order to avoid a monoculture of monogenic resistant varieties to induced the occurrence of virulent biotypes of the hopper as which have happened in southeast Asia, it is considered importance to breed rice for resistance in diverse genetic basis. For this purpose, three hundred and ninety eight variety (lines) with different resistance genes were introduced from the International Rice Research Institute (IRRI) and identified both in laboratory and field in this study. Among them 32 improved resistant lines with *Bph*-3, *bph*-4, or genes combination of *Bph*-3 or *bph*-4 with *Bph*-1 or *bph*-2, and the progenies of Ptb 33 (with two unidentified reistance genes) were selected as good sources for breeding resistance to BPH (Table 1). In addition, three "field resistance" varieties (resistance is possibly conditioned by polygenes), Triveni, Utri-Rajapan and Kencana were also introduced from the IRRI, and a method for identification of such type of resistance was also established by infestation of 30-day-old seedings planting in a plate and infestation with a density of 4 seedlings per mated-female of BPH. By using this method, the "field resistance" varieties could be identified from the susceptible varieties

* Supported by grants 1980-5.1-030 (3—9), 1981-5.1-03 (3—9) and 1982-4.1-47 (3.2) from Council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, R. O. C.

during the nymphal stage of following generation.

The interactions between varieties with different resistance genes and four biotypes of BPH were also investigated at present study. It indicated that the host preference, survival rate, population development and degree of damage of different biotypes on varieties with different resistance genes differed significantly. The biotypes developed from varieties with *Bph*-1 and *Bph*-3 . resistance genes were more virulent than that was developed from variety with *bph*-2. No mechanical barrier was observed in the tissues of rice plant to disturb the feeding of biotypes from resistant varieties. However, when every biotpye was caged to feed on resistant variety, the insect changed feeding sites frequently, and more branch of stylet sheath produced in each feeding was observed. A significantly less amount of honeydew excreted when the insect caged on resistant varieties, that is considered as mainly due to a lack of feeding stimulant involved in the resistant varieties.

The ability and inability of biotypes to survive and infest on varieties with different resistance genes was observed to be polygenic in nature. The results of reciprocal crosses between biotypes Ⅰ and Ⅱ, and between biotypes Ⅰ and Ⅲ showed that the inability of biotype Ⅰ to survive on Mudgo was partial dominant to those of biotype Ⅱ, and the inability of biotype Ⅰ to survive on H 105 was partial dominant to those of biotype Ⅲ. Reciprocal crosses between biotype Ⅱ and Ⅲ indicated that the inability of biotype Ⅲ in survival and infesting Mudgo was over dominant to those of biotypeⅡ.

The experiment conducted to assess whether or not the evolution of new biotypes can be prevented or retarded by use of a rotative or mixed planting of resistant varieties with different resistance genes, the survival rate of the nymphs of BPH on such planting systems was compared with those which were reared continously on a fixed resistant variety. The results showed that BPHs were easy to shift their ability to survive on resistant variety when they were forced to feed on the variety continously for more then 6 generations. However, when the resistant varieties with different resistance genes were grown in rotation or grown in mixture, then the survival of BPHs on a particular resistant variety were evidently lower than that was forced to feed on a particular resistant variety continously. This indicate that rotative or mixed cultivation of resistant varieties having different resistance gene in an area could slow down the evolution of new biotypes.

The resistant varieties having released for commercial cultivution in Taiwan are all with *bph*-2 resistance genes and belong to moderate resistant ones. These varieties

tested in an outbreak of BPH conditions showed that the resistant varieties alone could not suppress the BPH population below the level of economic threshold. However, by cultivation of resistant varieties could reduce more than a half of insecticidal application. Since the selection pressure of these varieties to BPH are lower than that of IR26, they migh not overcome by the new virulent biotypes as easy as that of IR26 in southeast Asia countries. In addition, a cultivation of morderate resistant varieties were observed to be compatible with biological control since they did not reduce the natural enemies of the pest inhabiting on them. Accordingly, the varieties with *bph*-2 resistance-gene were considered as an important element of an integrated rice-insect pests managerment program. Nervethless, as mention above when resistant varieties are planted extensively in a big area, planting resistant varieties with different resistance genes would be more effeictve in preventing the prevalence of virulence biotypes of the BPH than that of monoculture with monogenic resistant varieties. Therefore, breeding for resistance to BPH in diverse gonetic basis is urgent needed.