

台灣水稻害蟲發生趨勢與防治展望

黃守宏^{1*}、鄭清煥¹、陳秋男²、吳文哲²

¹嘉義市 農業試驗所嘉義分所植物保護系

²台北市 國立台灣大學昆蟲學系

摘要

黃守宏、鄭清煥、陳秋男、吳文哲. 2009. 台灣水稻害蟲發生趨勢與防治展望. 台灣水稻保護成果及新展望研討會專刊, 第 131-147 頁. 倪蕙芳、楊宏仁編, 160 頁. 農業試驗所印。

水稻為台灣栽培面積最大的作物，水稻害蟲之發生隨著栽培品種、耕作制度及政策之方向而改變，目前台灣水稻第一期作主要害蟲種類為二化螟、斑飛蝨及局部地區之水稻水象鼻蟲；二期稻則以水稻縱捲葉蟲、稻飛蝨類（褐飛蝨、白背飛蝨及斑飛蝨）、螟蟲類（大螟及二化螟）為主，其中除了地方性害蟲種類（如螟蟲類）及境外入侵種類（如水稻水象鼻蟲）外，尚有隨著氣流長距離遷移進來之害蟲種類（如褐飛蝨、白背飛蝨及水稻縱捲葉蟲等）。經分析 1985-2007 長期監測資料顯示白背飛蝨、斑飛蝨及水稻縱捲葉蟲之族群密度有逐年增加之趨勢，其原因與海外遷入蟲源（包含害蟲種類及數量）及台灣水稻耕作制度改變有關。白背飛蝨及褐飛蝨於 7-8 月間之遷入蟲量，為影響水稻二期作害蟲族群發生之主要蟲源。有效偵（監）測海外遷入蟲源及其族群變化（包含種類、生物小種及抗藥性等）等，為擬定適當防治策略之重要資訊。另外，發展省工、省時等經濟栽培之綜合管理方法，亦為未來防治研究發展方針之一。在台灣，各區域研究場所除基本之偵（監）測調查及水稻害蟲防治研究外，尚需要各領域研究學者相互合作（如電腦模擬預測模式、害蟲生物小種及抗藥性監測等）、長期監測執行，並建立害蟲族群發生之預測程式，才能使台灣水稻害蟲防治更趨完善，以確保台灣水稻安全生產。

（關鍵詞：台灣、水稻、害蟲、發生與防治）

*通訊作者。 E-mail: shhuang@dns.caes.gov.tw

前 言

水稻不僅是亞洲地區約二十億人口之主食，也是拉丁美洲及非洲等地區數千萬人之食物來源⁽²⁸⁾。在台灣，水稻為面積最大之栽培作物，其耕作面積目前約 25 萬公頃，佔總耕作面積之 30.8%⁽⁴³⁾。水稻生長栽培過程中，病蟲害的防治為確保水稻生產之重要因子。在亞洲地區，水稻生產受到害蟲為害所造成之產量損失平均為 31.5%⁽²⁸⁾；在台灣一、二期稻作之蟲害損失分別為 15%及 30%⁽¹⁹⁾。然而在台灣之水稻蟲害的發生除了地方性害蟲種類（如二化螟 *Chilo suppressalis* (Walker)、三化螟 *Scirpophaga incertulas* Walker、鐵甲蟲 *Dicladispa armigera* (Oliver)、黑椿象 *Scotinophara lurida* (Burmeister)及負泥蟲 *Oulema oryzae* (Kuwayama) 等)及境外入侵種類（如水稻水象鼻蟲 *Lissohoptrus oryzophilus* Kuschel)外，尚有隨著氣流進行長距離遷移性之害蟲種類（如褐飛蝨 *Nilaparvata lugens* (Stål)、白背飛蝨 *Sogatella furcifera* (Horváth) 及水稻縱捲葉蟲 *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) 等)⁽²³⁾，是故，水稻害蟲綜合防治必須整體考量，特別是遷入性害蟲之情況，才能達到有效、經濟之蟲害管理目的。

東亞地區水稻害蟲發生之演變

作物病蟲害之發生、流行與改變，與其寄主植物及其所處環境之改變有著密切之關聯。東亞地區水稻害蟲發生之改變最主要原因為寄主植物（水稻）品種之改變。主要原因為 1969 年，在菲律賓的國際稻米研究所 (International Rice Research Institute, IRRI) 培育出半矮性且高產的水稻品種 – IR8；1974 年，中國培育出雜交稻 (hybrid rice)，此類水稻品種（系）多為秈稻 (indica varieties)，產量較一般水稻品種高出許多，對於未開發或開發中國家糧食短缺之紓緩相當重要，但因此類水稻植株特性為粗桿穗大、葉片茂密、顏色濃綠、植株分蘖多、組織疏鬆等特性，生產及栽培過程亦需要更多肥料及良好灌溉系統的配合，此舉亦創造適於多種害蟲生長及發育之高濕、遮蔽等環境，進而造就許多害蟲族群大發生，如水稻飛蝨類（褐飛蝨、白背飛蝨及斑飛蝨 (*Laodelphax striatella* (Fallen))、稻癭蚧 (*Orseolia oryzae* (Wood-Mason))、螟蟲類（大螟、二化螟及三化螟)及水稻縱捲葉蟲等^(1, 5, 8, 41)。特別是中國大陸之雜交稻，因其高產之特性，目前之栽培面積及產量分別佔中國之 60%及 60%⁽¹⁰⁾。中國甚至將此雜交稻推廣種植於亞洲其他地區（如印尼、巴布亞新幾內亞及菲律賓等地），其中亦包含東亞地區遷移性害蟲蟲源發生，且相當重要的越冬場所之地區（越南北部）⁽¹⁰⁾。

亞洲多數地區水稻耕作每年 2-3 期作，耕作期重疊且耕作制度混雜，水稻害蟲寄主植物（水稻）終年綿源不絕、害蟲發生世代數增加；加上為了確保水稻生產，除高量

氮肥之施用，另外大量且不當使用藥劑為主之蟲害防治方法，不僅無法抑制個體小、世代短及繁殖力強等 r 型害蟲之猖獗危害，更造成害蟲抗藥性之迅速產生^(29, 41)。

此外，針對種植 IR8 及雜交稻等高產水稻品種所引發水稻褐飛蝨嚴重發生之情況，國際稻米研究所早於 1973 年起即培育出 IR26 及 IR36 等含抗褐飛蝨基因 *Bph1* 及 *bph2* 等抗蟲品種；中國培育出之雜交稻也很快的利用導入抗性基因 (*Bph1* 及 *bph2* 等抗蟲基因) 來壓抑褐飛蝨族群快速增長及降低為害，但也因此陸續引發生物小種 (biotype) 的改變及害蟲取代 (pest replacement) 之問題，特別是造成白背飛蝨崛起^(12, 41)。

水稻害蟲相及族群特性之改變，除造成當地水稻害蟲防治之困擾，對於長距離遷移性害蟲種類，於遷入地區 (如台灣) 所引發之蟲害管理問題，亦為當地政府如何有效掌控、防範及管理之重要課題。

東亞地區水稻飛蝨類害蟲之遷移

在東亞地區，較著名之遷移性害蟲有褐飛蝨、白背飛蝨、水稻縱捲葉蟲、粟夜盜 (*Leucania separata* Walker) 及直紋稻苞蟲 (*Parnara guttata* Bremer et Grey) 等⁽⁹⁾。而遷入台灣之害蟲則以飛蝨 (褐飛蝨及白背飛蝨) 及水稻縱捲葉蟲為主⁽²³⁾。東亞地區針對褐飛蝨及白背飛蝨之遷移研究較為詳盡，本文則以此兩種飛蝨為主，介紹其於東亞地區之遷移情形。

此兩種飛蝨最主要之越冬族群來自北越紅河三角洲⁽¹³⁾，翌年 3-5 月遷移至中國華南繁殖 1-2 世代，然後於 6-7 月，隨著低層噴射氣流 (low-level jet stream) 往東北方向遷移至日本及韓國^(9, 11, 32, 38, 40)。遷移進入台灣之氣候條件有下列幾種類型：1. 鋒面型 (frontal type)：例如冷鋒 (cold front) 及滯留鋒 (stationary front)；2. 低壓環流型 (depression circulation)：例如颱風 (typhoon)、熱帶性低壓 (tropical depression) 及移動性低壓 (mobile depression)；3. 西南氣流型 (southwestern airflow) 及 4. 副熱帶高壓型 (subtropical high pressure)，其中又以颱風為最重要之氣候條件。遷入蟲源可來自北越、中國華南地區及菲律賓呂宋島等地，而中國為台灣最主要之遷入蟲源地區^(26, 27)。

此外，中國現今推廣水稻收穫後免耕犁，直接種植小麥之免耕栽培制度，造成共通性害蟲 (如斑飛蝨) 族群得以延續、繁衍，加速斑飛蝨所媒介之病害包含水稻條紋葉枯病 (rice stripe disease)、玉米粗縮病 (maize rough dwarf disease)、小麥叢矮病 (wheat rosette stunt virus, RSV) 及水稻黑條矮縮病 (rice black-streaked dwarf virus) 等多種病毒嚴重發生。其中水稻條紋葉枯病 (RSV) 於江蘇省普遍流行發生，2003 年發生面積高達 113 萬公頃，植株帶毒率高達 5-25%，嚴重發生田產量損失達 50% 以上，甚至 100%。該病害近年逐漸擴散發生至浙江、安徽等省份，造成稻作生產之嚴重為害與威脅⁽¹⁾。

日本在 2008 年九州長崎地區，水稻縞葉枯病 (RSV) 之發生率突然上升至 68%，較以往平均僅 2% 左右高出許多，經利用誘蟲燈每日誘捕蟲源之資料，與水稻本田中縞葉枯病發生情況，配合電腦遷移模擬系統分析，結果證明分布於溫帶及亞熱帶地區之斑飛蝨，可由中國大陸江蘇及浙江地區遷飛進入九州長崎地區。另外經由化驗遷入蟲源之帶毒率高達 9.2-10%，遠比當地族群之 2% 高出甚多而更間接證實。

台灣對於斑飛蝨之遷移研究並不多，對其所媒介之縞葉枯病，甚至突然嚴重發生之為害調查亦闕如，日本之嚴重發生及初步研究成果值得我們警惕、注意，隨著斑飛蝨於中國的逐漸向南擴散現象，有朝一日，帶毒的斑飛蝨隨適當氣流遷入台灣的機率勢必漸增，台灣水稻之生產勢必面臨另外一嚴重威脅。

台灣水稻害蟲發生之概況

台灣的水稻害蟲發生及改變與亞洲其他地區類似，由早期水稻增產時期，育種人員積極選育高產之水稻品種，配合大量施用化學肥料及殺蟲劑，以達到水稻增產之目的；加上地下水的開發及塑膠布覆蓋應用於水稻育苗等耕作技術，逐漸改變台灣水稻耕作制度，成為兩個明顯的期作，致使早期水稻主要害蟲由鐵甲蟲、黑椿象、三化螟及負泥蟲等，逐漸變成褐飛蝨、白背飛蝨、斑飛蝨、水稻縱捲葉蟲及葉蟬等害蟲為主⁽²³⁾。

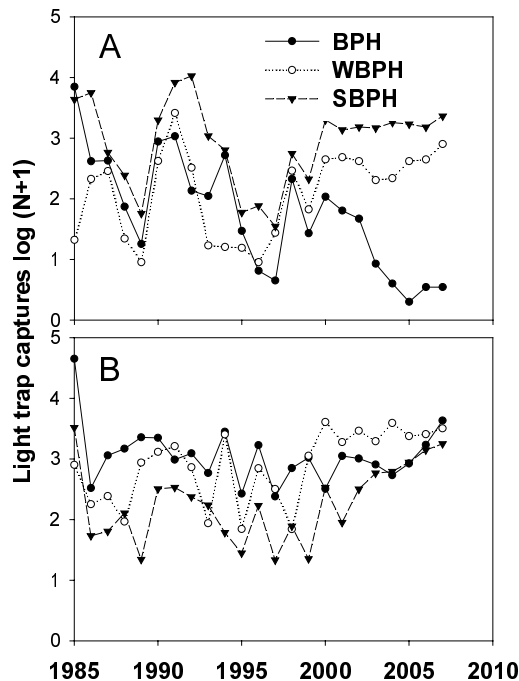
後來在政府隨著國民所得提高、白米消費量下降，導致稻米生產過剩問題，從 1984 年開始推動「稻米生產及稻田轉作六年計畫」，鼓勵稻田轉作雜糧、園藝作物及休耕。於 1998 年開始，為符合世界貿易組織 (WTO) 規範、兼顧農民福祉，加強農田生態保育，維護農地永續利用等三項政策目標，而推出「水旱田利用調整計畫」，全台灣之水稻種植面積由 1984 年之 58.7 萬公頃逐漸降低至目前 23 萬公頃左右；休耕面積亦由 1984 年之 3.3 萬公頃左右，至 2005 年，面積超過 20 萬公頃⁽¹⁸⁾，而休耕面積轉作綠肥或其他作物，在病蟲害防治措施未落實之前，則易導致雜食性害蟲之大發生。

加上現今社會注重食品健康及養生概念，部分水稻產業逐漸發展成有機農業，此等政策措施及耕作制度之轉變，均會造成水稻害蟲發生種類隨之改變，未來管理政策勢必隨之調整。

現今台灣兩個水稻期作中，目前主要發生之水稻害蟲種類，一期稻主要以二化螟、斑飛蝨及局部地區之水稻水象鼻蟲為主；二期稻則以水稻縱捲葉蟲、稻飛蝨（褐飛蝨、白背飛蝨及斑飛蝨）、螟蟲（大螟及二化螟）、葉蟬類（黑尾葉蟬 *Nephotettix cincticeps* (Uhler) 及電光葉蟬 *Recilia dorsalis* (Motschulsky)）及局部地區發生之水稻水象鼻蟲為主⁽²³⁾。其中之水稻水象鼻蟲為外來入侵種，自 1990 年首次發現於桃園開始，目前則擴散至彰化以北及花東地區等水稻栽培地區⁽²³⁾。三種水稻飛蝨及水稻縱捲葉蟲為遷移性

害蟲。二化螟、大螟及葉蟬類為台灣地區發生之害蟲種類。

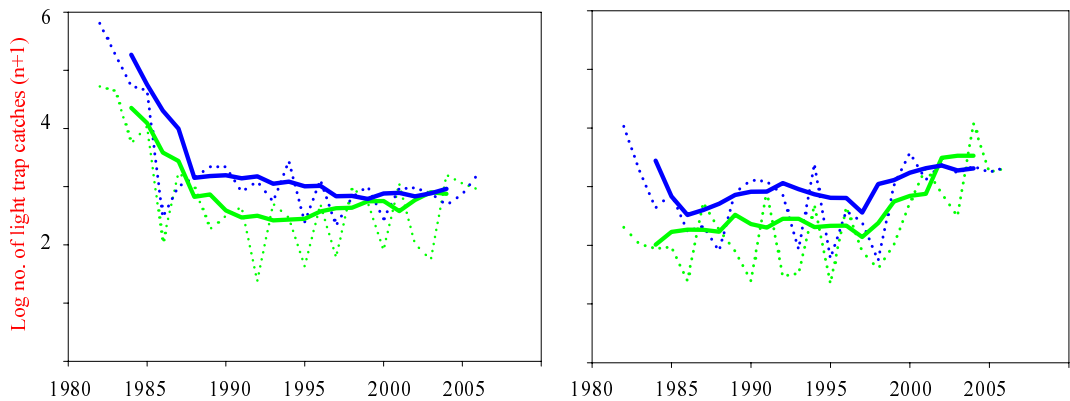
嘉義農業試驗分所多年來從事水稻害蟲長期偵(監)測、害蟲生態及防治等相關研究,已累積二十餘年資料,經分析 1985-2007 年於水稻一期作(1-6 月)及二期作(8-12 月)誘蟲燈捕獲蟲數之周年變化,可得知三種飛蟲中,一期作以斑飛蟲為主要發生種類,但其族群於一、二期作有逐漸增加之現象;白背飛蟲在 2000 年左右,成為二期作主要發生種類;但褐飛蟲之族群於 2006 年開始,有逐漸增加之現象,甚至超越白背飛蟲之趨勢(圖一)。



圖一、1985-2007 年間嘉義地區一期(A)與二期(B)水稻期間誘蟲燈捕獲褐飛蟲(BPH)、白背飛蟲(WBPH)及斑飛蟲(SBPH)之年度變化。

Fig 1. Annual fluctuation of the total catches of brown planthopper, whitebacked planthopper and smaller brown planthopper in the first cropping season (A) and second cropping season (B) in a light trap from 1985 to 2007 at Sikou, Chiayi.

另外分析過去二十餘年資料,顯示於 7-8 月主要遷入時期,每五年平均捕獲量(5-year moving average)變化(圖二),褐飛蟲之族群在 1985 年開始呈現逐漸下降之趨勢;反之,白背飛蟲則於 1988 年開始呈現逐漸增加之趨勢。而在二期稻作期間(9-12 月)飛蟲之捕獲量(\hat{y}),與 7-8 月遷入期之捕獲蟲數(x)呈現正相關(分別為 $\hat{y} = 0.9402 + 0.841x$ ($r^2=0.669$)* 及 $\hat{y} = 1.8015 + 0.4523x$ ($r^2=0.292$)**),此結果顯示於 7-8 月間之遷入蟲量,為影響水稻二期作害蟲族群發生之主要因子⁽³¹⁾。



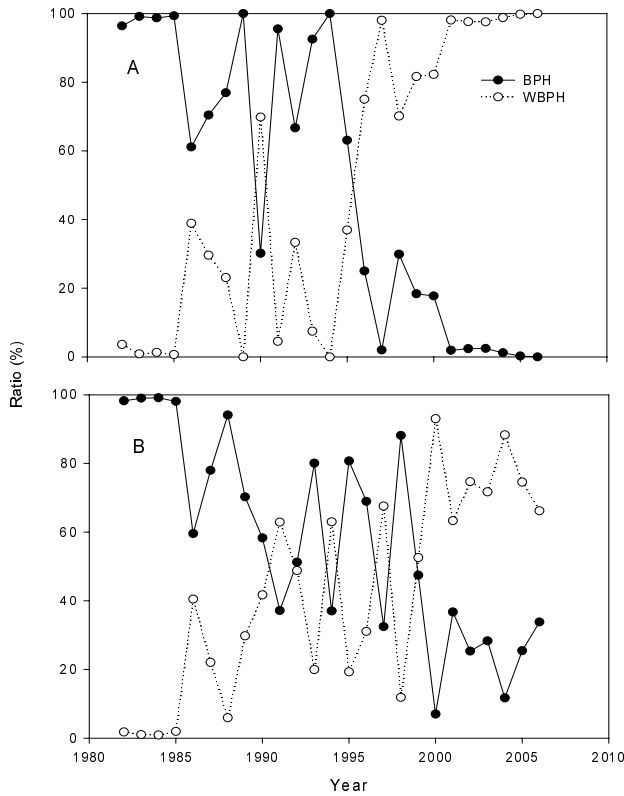
圖二、嘉義地區褐飛蝨(BPH)及白背飛蝨(WBPH)於誘蟲燈捕獲蟲數一年(虛線)及五年平均(實線)蟲數之變動情況 (Huang *et al.*, 2007)。

Fig 2. Fluctuations of the annual catches (dashed line) and 5-year moving average numbers of catches (solid line) of the brown planthopper and whitebacked planthopper in a light trap at Sikou, Chiayi.

另外分析於第一及二期作水稻期間之誘蟲燈捕獲蟲數中，褐飛蝨及白背飛蝨捕獲百分比之變化(圖三)，結果顯示於第一及二期作水稻分別於1996及1999年起，白背飛蝨發生比例明顯高於褐飛蝨(分別高於90%及60%)，此原因主要為遷入蟲源中，白背飛蝨遠多於褐飛蝨所致⁽³¹⁾。而白背飛蝨族群在遷出地區(中國)之猖獗發生及危害^(6, 7, 10)，亦有報告指出造成遷入地區(日本)飛蝨類害蟲發生改變之情形^(4, 14, 39)。

水稻縱捲葉蟲於台灣亦可少量越冬，二期作為其主要發生期，其族群於1997年開始明顯增加，此後，偶而於水稻一期作後期嚴重為害，但近年來於水稻二期作初期，即已造成嚴重捲葉為害，推測此情況與其遷入時期及遷入量有密切關聯。而在遷出地區蟲量大發生之原因，與雜交稻大量種植及施用化學肥料、藥劑使用殺死天敵等因素有關⁽³⁾。

二化螟及大螟在嘉義地區分別為一期作及二期作之蛀食水稻害蟲主要種類(圖四)，而近年來大螟族群有逐漸上升之趨勢，推測與種植甘蔗效益降低、種植面積縮小且粗放管理，導致大螟轉移為害至水稻上；此外，水稻耕作面積縮減，休(廢)耕面積逐漸增加，加上有機栽培制度逐漸盛行，此等耕作制度的改變有密切關係⁽¹⁷⁾。

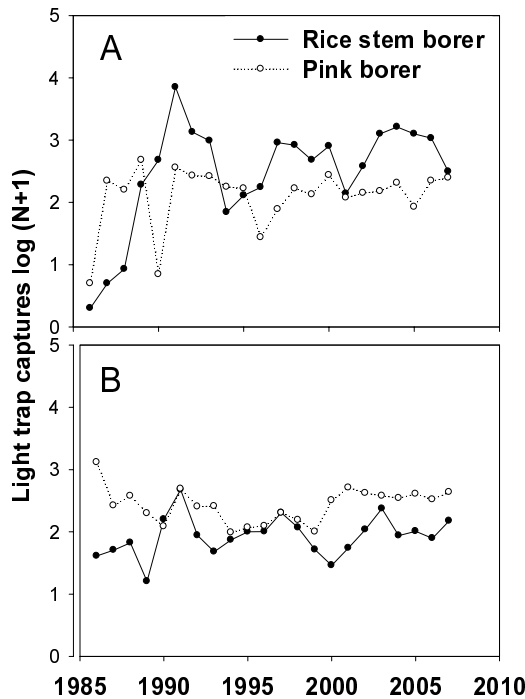


圖三、嘉義地區一期(A)與二期(B)水稻期間誘蟲燈捕獲總蟲數褐飛蝨(BPH)及白背飛蝨(WBPH)之每年所佔比例變化 (Huang *et al.*, 2007)。

Fig 3. Annual change in the ratio of brown planthopper and whitebacked planthopper in the total catches of a light trap during the first rice cropping season (A) and second rice cropping season (B) at Sikou, Chiayi.

水稻黑尾葉蟬及電光葉蟬之調查紀錄由 2002 年開始 (圖五)，資料顯示於兩個水稻期作之族群均相當高，特別是水稻抽穗、乳熟期後，其聚集為害水稻穗部，造成水稻產量及品質之損失，有待進一步之研究。

台灣水稻害蟲相之改變亦與亞洲其他地區相似，受到本身水稻栽培品種、耕作制度及栽培管理等因素之改變，除需對台灣局部性發生害蟲種類制定適當之整合性防治方法外，如何針對上述於水稻遷移性害蟲於遷出地區，因水稻品種及栽培管理所引發相關蟲害發生改變之問題，擬定適當防治策略，亦為台灣水稻害蟲綜合管理必須考量之課題⁽²³⁾。



圖四、1985-2007 年間嘉義地區一期(A)與二期(B)水稻期間誘蟲燈捕獲二化螟(rice stem borer)及大螟(pink borer)之年度變化。

Fig 4. Fluctuations of the annual catches of rice stem borer and pink borer in the first cropping season (A) and second cropping season (B) in a light trap from 1985 to 2007 at Sikou, Chiayi.

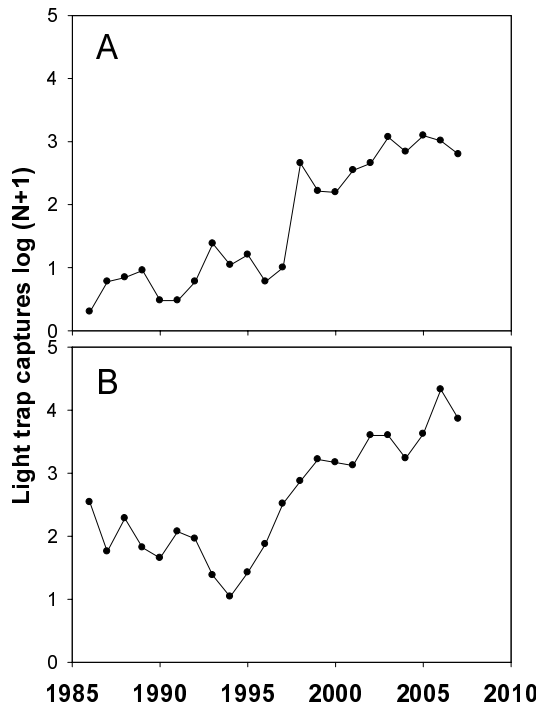
台灣水稻害蟲防治之展望

水稻為台灣最大宗栽培之作物，在台灣發生之水稻害蟲除本地種類外，如何預防外來種入侵及有效偵（監）測海外遷入蟲源之遷入及族群變化等，為有效掌控及擬定適當防治策略之重要課題。另外因現今種植水稻獲益微薄，加上從事農業人口高齡化問題嚴重，如何省工、省時等經濟栽培方式，亦為未來防治研究發展方針之一。

一、遷移性害蟲之偵（監）測

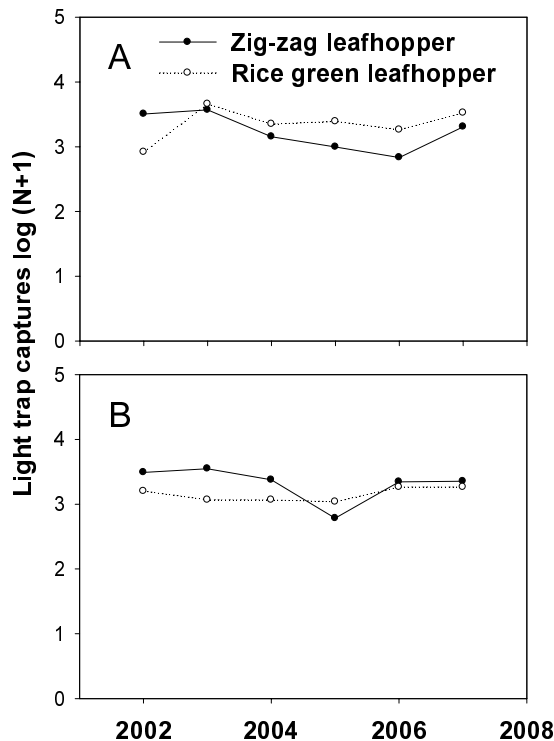
雖然水稻褐飛蝨、白背飛蝨及水稻縱捲葉蟲等為長距離遷移性害蟲，但此等害蟲在台灣均可以少量族群越冬，惟由海外遷入之蟲源為主要造成水稻為害之來源，如何早期預警、事先防範蟲害之發生，達到事半功倍之防治成效，為有效綜合管理防治之基礎。

針對水稻飛蝨類害蟲海外遷入蟲源之偵(監)測，日本已開發利用數值氣象預測模式 (numerical weather prediction model) 系統 (MM5)，以每小時為間隔預測三度空間大氣氣流變化；加上飛蝨遷移模擬系統 (GEARN)，計算以每三小時為間隔，模擬及預測飛蝨在大氣中移動相對的密度，而將上述結果轉成圖檔 (圖五)，而此於大氣中相對密度之圖示，提供未來兩天隨時間遷移的變化與擴散地區分布^(35, 36)。並可以實際捕捉到遷移族群之情況，利用上述系統回溯軌跡分析方式 (圖六)，則可推測出此族群遷移之歷時 (duration)、遷移路徑 (migration course)、高度 (height) 及區域 (region) 等⁽³⁴⁾。此等電腦模擬預測模式技術於日本初步已建立完備，可提供我們參考應用，但針對其他遷移性害蟲之模擬預測模式之建立尙未完備，目前仍須仰賴傳統之誘蟲燈及田間調查等監測方式，相信未來能逐漸發展出適當電腦模擬程式供參考與應用。



圖五、1985-2007 年間嘉義地區一期(A)與二期(B)水稻期間誘蟲燈捕獲水稻縱捲葉蟲之年度變化。

Fig 5. Fluctuations of the annual catches of rice leaffolder in the first cropping season (A) and second cropping season (B) in a light trap from 1985 to 2007 at Sikou, Chiayi.



圖六、2002-2007 年間嘉義地區一期(A)與二期(B)水稻期間誘蟲灯捕獲電光葉蟬(zig-zag leafhopper)及黑尾葉蟬(rice green leafhopper)之年度變化。

Fig 6. Fluctuations of the annual catches of the zigzag leafhopper and rice green leafhopper in the first cropping season (A) and second cropping season (B) in a light trap from 2002 – 2007 at Sikou, Chiayi.

二、遷移性害蟲族群特性 (properties) 之監測

主要可分成二大部份，(一)、抗藥性 (Insecticide resistance)：因台灣不僅面臨局部蟲源，更有外來遷移進入之部份，而如何有效監測其抗藥性及降低殺蟲劑的選汰壓力，成為相當重要之課題。唯有瞭解遷移性害蟲抗藥性發生情況，未來才有可能利用不同殺蟲機制藥劑輪用方式，混合不同作用機制藥劑種類或按順序施放不同類型殺蟲機制之藥劑等方式，以達到經濟有效之藥劑防治方法⁽²⁹⁾。

(二)、生物小種 (Biotype) 之問題：針對褐飛蝨嚴重發生為害之情況，東南亞各國多以利用抗蟲性品種作為主要防治策略，卻迅速引發生物小種改變^(37, 41, 42)，無法長久抑制飛蝨所造成的為害之情況，可了解僅依賴抗蟲品種做為褐飛蝨蟲害管理之唯一手段是不可靠的，必須考量到各種栽培品種抗性上之策略應用，包含水平抗性 (horizontal resistance)、容忍抗性 (tolerance) 及抗性基因輪用 (gene rotation) 種植之方

式⁽²⁹⁾。但上述前二者於雜交育種上不易選育達成，所以可利用不同抗性基因之品系交互輪用種植一段時間，以避免及降低不同生物小種害蟲之發生，間接降低其為害損失^(23, 37)。

台灣目前水稻最主要栽培品種為粳稻 (佔 90%以上) (表一)，其中台南 11 號、台梗 16 號及台中秈 10 號為抗褐飛蝨品種 (具抗褐飛蝨基因 *Bph1* 及 *bph2*)，三者約佔台灣稻作栽培面積 50.8%⁽⁴⁴⁾。目前之針對褐飛蝨生物小種初步偵測結果顯示，生物小種第二及三型已普遍存在於台灣 (表二)，意味著台灣目前所謂之抗蟲品種已失去效力，冀望未來與水稻育種學者，引進具 *Bph3* 及 *bph4* 抗性基因之品種，進入水稻育種體系中，培育其他具不同抗性基因之品種，甚至將其他不同來源之抗性基因，利用分子輔助育種 (Molecular Marker-Assisted Breeding) 之方式，將不同抗蟲基因堆疊於水稻優良品種中，可作為我們對於褐飛蝨生物小種為害管理技術之參考與應用。

表一、台灣水稻主要栽培品種面積及所佔百分比

Table 1. The area and percentage of major cultivated rice varieties in Taiwan

品 種	面積(x1000 公頃)	百分比(%)	褐飛蝨抗性基因
台南 11 號	90.5	39.0	<i>Bph1</i>
台梗 14 號	25.2	10.8	-----
台梗 8 號	19.2	9.8	-----
台梗 16 號	16.9	7.3	<i>Bph1</i>
台中秈 10 號	10.5	4.5	<i>Bph2</i>

(農委會,2007)

表二、台灣四個不同地區採集之褐飛蝨品系在含有不同抗蟲基因水稻品種上之存活率

Table 2. Percentages of virulent females of four BPH strains on the rice varieties carrying different resistance genes in Taiwan

品 種	抗性基因	2007 – 褐飛蝨品系			
		太 保	後 壁	台 東	屏 東
Mudgo	<i>Bph1</i>	83(83)	87(87)	85(85)	85(65)
ASD7	<i>Bph2</i>	94(94)	85(85)	80(80)	75(65)
Rathuheenati	<i>Bph3</i>	42(4)	20(2)	40(10)	25(10)
Babawee	<i>Bph4</i>	75(8)	45(13)	57(13)	35(15)

*括弧內數字表示雌成蟲在接入各水稻品種五天後，腹部膨大之百分率

三、害蟲族群之偵測與發生預測

台灣因天然區域環境條件之差異，而分成許多不同之區域試驗改良所。水稻害蟲族群在各區域內田間之發生種類、消長及為害亦不盡相同。為了解害蟲於當地生態及提供適時防治參考之資料，長期生態調查等基本資料之累積極具重要性，也唯有累積多年之資料，才能更進一步分析其族群發生與為害損失間之關係，做為該地區害蟲發生預測及蟲害管理之參考⁽²³⁾。

目前於嘉義地區已完成對水稻之褐飛蝨、白背飛蝨、斑飛蝨、二化螟及縱捲葉蟲，完成發生預測程式之建立^(20, 21, 22, 24, 25)，而此程式僅適用於嘉義地區，其他地區則可依據主要害蟲於該地區發生生態及為害損失情況，再參考此程式之模式與參數之選擇，發展出適於該地區之預測模式，於害蟲族群尚未達到經濟為害之時，事先發佈警報及防治，以達到早期預防、降低損失之成效。

四、以生物防治為主之綜合防治法

在亞洲熱帶地區，學者鼓勵以保育天敵等生物防治、抗蟲品種及大面積同步種植等方法為主之綜合防治方法，並建立農民對作物受害蟲為害的抵抗性及容忍性的了解與信賴，摒棄由化學藥劑為主的水稻害蟲之綜合防治，初步並可獲得良好成效，惟此方法於氣候異常或遷移性害蟲之特殊情況下，害蟲亦有可能為害成災⁽³³⁾。但此觀念及想法之落實，對於台灣日益重視之有機農業發展與應用，提供他山之石的寶貴經驗。如何整併國外研究與實際應用之經驗於國內，為台灣未來推廣農藥減量使用及有機水稻產業發展方向之一。

五、經濟施藥防治法

在日本，為確保水稻安全生產及品質，早已積極研究利用育苗箱藥劑處理等方式進行有效及經濟之蟲害防治，由於使用方便、效果顯著，自 1983 年全國已有 44% 稻田使用此一方法，其中東海、九州及關東水稻區更高達 60% 以上⁽³⁰⁾。在台灣之研究利用 0.3% 芬普尼 (fipronil) 粒劑 120 g/box、及 2% 益達胺 (imidacloprid) 粒劑 50 g/box 等藥劑，以育苗箱藥劑處理方式處理，顯示益達胺及芬普尼對二化螟蟲為害及飛蝨類族群之抑制效果甚佳；而芬普尼對瘤野螟之防治效果較佳，顯示以育苗箱藥劑處理之防治效果較為經濟、有效。且處理藥劑及處理方式對捕食性天敵之影響均不明顯⁽¹⁶⁾。顯示育苗箱藥劑處理於防治水稻生育早期害蟲具良好成效，對於水稻抽穗後之害蟲，應於水稻孕穗中、後期留意其發生狀況，需要時應加施用一至二次藥劑，以預病害蟲的可能危害⁽¹⁶⁾。另外，日本之研究亦顯示益達胺育苗箱處理對水稻水象鼻蟲、負泥蟲及稻葉姬潛蠅 (*Hydrellia griseola* Fallen) 亦具良好防治效果，而芬普尼處理對水稻水象鼻

蟲、負泥蟲、二化螟、小稻蝗 (*Oxyza hyla intricata* (Stål))、稻苞蟲 (*Parnara guttata* Bremer et Grey) 等之防治效果頗佳⁽²⁾。未來應用育苗箱藥劑處理應朝向擴大使用範圍(害蟲種類)及層面(病、蟲、草害)上,達到一次施用、多重層面保護之經濟成效。

結 論

水稻為台灣最大宗栽培作物,蟲害的發生隨著政府水稻政策及耕作制度等因素而改變,蟲害之發生除地區性害蟲種類外,經由人為攜帶或隨貨物進入之入侵種,及由海外長距離遷入之種類,三者之族群於台灣各區域發生及繁衍,對台灣水稻造成不同嚴重程度之為害損失。而其中,如何偵(監)測海外遷入蟲源之特性(包含遷入之害蟲種類、生物小種及抗藥性等),達到預警及掌控有效防治,並配合其他耕作管理制度及防治方法,為達到台灣水稻害蟲綜合管理措施之重要課題。

此外,中國為台灣遷移性害蟲之主要遷出來源地區,地理位置比鄰,加上近年來政府擴增貿易之政策,加速彼此之物質運送及交流等,疫病蟲害也容易藉此管道輸出入,許多局部性發生之害蟲種類極易藉此傳播、發生,造成嚴重之為害。諸如目前在台灣雖無亞洲水稻癭蚧之分布,但仍需注意防範其入侵危害,避免因貿易引進之介質,或人為攜帶活體植物,夾帶蟲源引入台灣,導致水稻害蟲發生相改變及複雜化,徒增生產成本及影響稻作安全生產,為每位國民應有之防疫檢疫觀念與體認⁽¹⁵⁾。

日本與台灣水稻害蟲發生情況類似,目前其針對部分海外遷入蟲源之偵(監)測工作已建立較完整體系可供我們參考,然而台灣之研究除基本之偵(監)測調查及各區域水稻害蟲防治研究外,尚需要各領域研究學者相互合作、長期監測執行,諸如害蟲遷移模擬系統、生物小種、抗藥性檢測及害蟲發生預測模式之建立研究等,才能使台灣水稻害蟲研究更趨完善,以確保台灣水稻安全生產。

引用文獻

1. 王艷青。2006。近年來中國水稻病蟲害發生及趨勢分析。中國農學通報 22: 343-347。
2. 石黑清秀。1998。日本北部病蟲害防治策略及發展方向。植物防疫 52: 115-118。(日文)
3. 李紹石。1992。稻縱卷葉螟發生和危害程度分析。中國稻縱卷葉螟的治理,第 24-28 頁。胡國文、郭玉杰、李紹石編。中國農業科技出版社。北京。中國。
4. 松村正哉、渡邊朋也。2002。近年來長距離遷移性稻飛蟲在其遷出源地區之發生趨勢。植物防疫 56: 316-318。(日文)

5. 胡美英、許再福、黃炳球、鍾國華、侯任環。2003。稻癭蚊綜合防治新技術與示範。植物保護學報 30: 401-406。
6. 胡國文、唐健、湯金儀。1992。在中國白背飛蟲之發生現狀。植物防疫 46: 219-222。(日文)
7. 高蘋、吳洪顏、武金崗、楊榮明。2004。水稻白背飛蟲發生程度的長期預測模型。昆蟲知識 41: 318-323。
8. 唐啓義、胡國文、唐健、胡陽。1998。白背飛蟲猖獗頻率增加與雜交稻面積增加的關係分析。西南農業大學學報 20: 456-459。
9. 張孝羲。1991。遷飛性害蟲。中國水稻病蟲害綜合防治策略與技術，第 29-82 頁。杜正文 主編。農業出版社。北京。中國。
10. 寒川一成。2007。中國粳稻及白背飛蟲。獨立行政法人 國際農林水產業研究中心。筑波。日本。186 頁。(日文)
11. 寒川一成、渡邊朋也、鶴町昌市。1988。褐飛蟲之遷出蟲源地及由海外遷入原因考查。九州病蟲研會報 34: 79-82。(日文)
12. 程週年。2002。褐飛蟲的種群生物學特性。褐飛蟲研究與防治，第 43-67 頁。程週年、吳進才、馬飛編。中國農業出版社。北京。中國。
13. 程週年、陳若箎、習學。1979。稻飛蟲遷飛規律的研究。昆蟲學報 22: 1-21。
14. 渡邊朋也、田中慶。2002。近年來長距離遷入稻飛蟲之遷入趨向及預測其發生之氣象分析新技術。植物防疫 56: 459-462。(日文)
15. 黃守宏、鄭清煥。2006。東南亞及華南地區水稻栽培之重要害蟲 – 亞洲水稻癭蚊。技術服務 66: 16-18。
16. 黃守宏、鄭清煥、程永雄。2005。育苗箱藥劑處理對水稻害蟲之防治效果及其對捕食性天敵之影響評估。中華農業研究 54: 1-14。
17. 黃守宏、鄭清煥、楊繡瑛。2008。台灣中部地區蛀食水稻螟蟲類之發生趨勢調查。植保會刊 Vol.50: (已接受，未出刊)。
18. 黃添財。1999。台灣稻米生產概況及政策之演變。台灣稻作發展史，第三章。張彩泉編。中華農藝學會、豐年社印。台中。
19. 鄭清煥。1979。水稻褐飛蟲的經濟為害水平之研究 II. 褐飛蟲棲群密度與水稻產量損失之關係。科學發展月刊 7: 1103-1114。
20. 鄭清煥。1990。嘉南地區褐飛蟲之族群動態及其發生預測之研究。中華昆蟲 10: 1-25。
21. 鄭清煥。2000。應用性費洛蒙於水稻二化螟蛾族群之發生偵測與預測。植保會刊 42: 201-212。

22. 鄭清煥。2003。水稻斑飛蝨之族群變動及發生預測。植保會刊 45: 17-33。
23. 鄭清煥。2003。台灣水稻害蟲綜合管理研究之回顧與展望。台灣作物病蟲害綜合管理研討會專刊, 第 11-38 頁。程永雄、楊宏仁、倪蕙芳、黃守宏編。行政院農業委員會農業試驗所嘉義農業試驗分所印。嘉義。
24. 鄭清煥、吳昇晉。1999。水稻瘤野螟族群發生動態與預測。植保會刊 41: 199-213。
25. 鄭清煥、黃守宏。2004。水稻白背飛蝨之族群變動及發生預測。植保會刊 46: 315-332。
26. 鄭清煥、盧瑞良。1990。褐飛蝨及白背飛蝨由海外遷入嘉南地區之偵測及其氣象條件。中華昆蟲 10: 301-324。
27. 劉清和、鄭清煥、陳慶忠、王雪香、朱耀沂。1989。1987 年飛蝨類由海外遷入台灣地區之概況。中華昆蟲 9: 1-11。
28. Heinrichs, E. A. 1994a. Rice. pp. 1-11. In: E. A. Heinrichs, ed. Biology and Management of Rice Insects. Wiley Eastern, New Delhi, India. 779 pp.
29. Heinrichs, E. A. 1994b. Impact of insecticides on the resistance and resurgence of rice planthoppers. pp. 571-598. In: R. F. Denno, and T. J. Perfect, eds. Planthoppers: Their Ecology and Management. Chapman & Hall, New York, USA. 799 pp.
30. Hirao, J. 1984. Nursery-tray application of granular insecticides for the control of early-season insect pests of rice in paddy fields. J. Pesticide Sci. 44: 10-16.
31. Huang, S. H., Cheng, C. H., Chen, C. N., and Wu, W. J. 2007. The trend of occurrence and present status of brown planthopper and white-backed planthopper in Taiwan. pp. 27-35. In: National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa Region, ed. Proceedings, International Workshop on Forecasting and Management of Rice Planthoppers in East Asia: Their Ecology and Genetics, December 4-5, 2007, Kumamoto, Japan.
32. Kisimoto, R., and Sogawa, K. 1995. Migration of the brown planthopper *Nilaparvata lugens* and the white-backed planthopper *Sogatella furcifera* in East Asia: The role of weather and climate. pp. 67-91. In: V. A. Drake, and A. G. Gatehouse, eds. Insect Migration: tracking resources through space and time. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 478 pp.
33. Matteson, P. C. 2000. Insect pest management in tropical Asian irrigated rice. Annu. Rev. Entomol. 45: 549-574.
34. Otuka, A., Dudhia, J., Watanabe, T., and Furuno, A. 2005a. A new trajectory analysis method for migratory planthoppers, *Sogatella furcifera* (Horvath) (Homoptera:

- Delphacidae) and *Nilaparvata lugens* (Stål), using an advanced weather forecast model. *Agric. Forest Entomol.* 7: 1-9.
35. Otuka, A., Watanabe, T., Suzuki, Y., Matsumura, M., Furuno, A., and Chino, M. 2005b. A migration analysis of the rice planthopper *Nilaparvata lugens* from the Philippines to East Asia with three-dimensional computer simulations. *Popul. Ecol.* 47: 143-150.
36. Otuka, A., Watanabe, T., Suzuki, Y., Matsumura, M., Furuno, A., and Chino, M. 2005c. Real-time prediction system for migration of rice planthoppers *Sogatella furcifera* (Horvath) and *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae). *Appl. Entomol. Zool.* 40: 221-229.
37. Rombacher, M. C., and Gallagher, K. D. 1994. The brown planthopper: promises, problems, and prospects. pp. 693-709. *In*: E. A. Heinrichs, ed. *Biology and Management of Rice Insects*. Wiley Eastern, New Delhi, India. 779 pp.
38. Seino, H., Shiotsuki, Y., Oya, S., and Hirai, Y. 1987. Prediction of long distance migration of rice planthoppers to northern Kyushu considering low-level jet stream. *J. Agric. Meteorol.* 43: 303-308.
39. Sogawa, K. 1992. Rice brown planthopper (BPH) immigrants in Japan change biotype. *Int. Rice Res. Newsletter* 17: 26-27.
40. Sogawa, K. 1997. Overseas immigration of rice planthoppers into Japan and associated meteorological systems. pp. 13-35. *In*: China National Rice Research Institute ed. *Proceeding, Migration and Management of Insect Pest of Rice in Monsoon Asia*. November 27-29, 1997. Hangzhou, China.
41. Sogawa, K., Lin, G. J., and Shen, J. H. 2003. A review on hyper-susceptibility of Chinese hybrid rice to insect pests. *Chinese J. Rice Sci.* 17(Supplement): 23-30.
42. Tanaka, K., and Matsumura, M. 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.
43. http://www.afa.gov.tw/GrainStatistics_index.asp?CatID=142
44. <http://www.coa.gov.tw/view.php?catid=17817>

Abstract

Shou-Horng Huang¹, Ching-Huan Cheng¹, Chiou-Nan Chen² and Wen-Jer Wu². 2009. The trend of occurrence and prospective control measures of rice insect pests in Taiwan. pp.131-147. *In*: Proceedings of Symposium on Achievements and Perspectives of Rice Protection in Taiwan. 160 pp. (¹ Department of Plant Protection, Chiayi Agriculture Experimental Station, ARI, Chiayi 600, Taiwan, ROC. ² Department of Entomology, National Taiwan University, Taipei 106, Taiwan, ROC.)

Rice is the largest cultivation crop in Taiwan. The shifts of rice insect pests mainly depend on the rice varieties, cultural practices and so on. Nowadays, the major rice insect pests are the rice stem borer (*Chilo suppressalis*), smaller brown planthopper (*Laodelphax striatella*), rice water weevil (*Lissohoptrus oryzophilus*) in the first cropping season and the rice leaffolder (*Cnaphalocrocis medinalis*), brown planthopper (*Nilaparvata lugens*), whitebacked planthopper (*Sogatella furcifera*), smaller brown planthopper, rice stem borer, pink borer (*Sesamia inferens*) in the second cropping season. Among them, rice borers are domestic species, the rice water weevil is an invasive species and the rice planthoppers and rice leaffolder are immigrant species although they could overwinter in low population in Taiwan. Analysis of the light trap data of last 23 years (1985~2007) in Sikou, Chiayi county showed the population of the whitebacked planthopper, smaller brown planthopper and rice leaffolder tended to increase in the second crop season, and it seemed to be related with the change of species and numbers of immigrant and cultural practices in Taiwan. The population of whitebacked- and brown planthoppers during July to August were closely correlated to the occurrence of the two species in the following successive generations in paddy fields. Monitoring the immigrants species and the properties of populations including the biotypes, chemical resistance and so on is the most important factor for making the decisions of control. In addition, developing the time- and labor-saving methods for economic control of the rice insect pest is also important in the future. We suggest that the occurrence of pests in each district research stations has to be monitored periodically in order to develop proper methods for control of the pests accordingly. Further more, we also need to cooperate with other disciplines for developing the computer simulation model of immigrants, monitoring the biotypes and chemical resistance, forecasting systems of the pests and so on, to enable a better management tactics, and ensure the safety production of rice in Taiwan.

(Key words: Taiwan, rice, insect pests, occurrence and control.)