

出國報告（出國類別：其他）

赴國際稻米研究所參加水稻飛蝨類害蟲抗性研究之研討會

服務機關：行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所

姓名職稱：黃守宏助理研究員

派赴國家：菲律賓

出國期間：中華民國 99 年 10 月 17 日至 10 月 23 日

報告日期：中華民國 100 年 1 月 5 日

摘要

在過去 5-10 年間，亞洲地區水稻飛蝨類害蟲嚴重發生與為害，造成南亞及東南亞許多國家水稻生產遭受嚴重受損，進而引發國際糧食安全危機。其造成之原因包括水稻種植期混亂、過量施用肥料、使用藥劑防治不當、抗蟲品種之崩潰、雜交稻之大面積推廣及全球溫暖化之趨勢等，造成水稻飛蝨類害蟲發生量急劇增加，水稻大面積被吸食危害造成蝨燒，及其所媒介之病毒病害四處散播造成流行病之嚴重災情。許多國家積極尋找新的抗蟲基因，藉著分子技術之協助，將抗蟲基因導入高產量品種，希望藉此抑制飛蝨族群建立及為害，達到糧食安全生產之目的。然而水稻飛蝨類害蟲族群不減反增，更達到空前之高密度、大發生，造成更嚴重之災情，此現象使得我們不得不需要重新思考、評估以抗蟲品種作為主要防治方法之策略，所帶來之相關問題。

由以往研究報告及經驗得知，若大面積種植抗蟲品種，水稻飛蝨可在 2-3 年內迅速適應於一些抗蟲品種上，新的有害生物小種之族群因而迅速建立、猖獗發生，致使原有之抗性品種效力因而崩潰，所以單靠抗蟲品種是無法長久作為主要防治之方法。此研討會之目的在於重新檢視及建立在傳統育種抗飛蝨品種的蟲害管理策略。新管理策略之規範內容包含，水稻飛蝨類害蟲在抗性品種之適應性 (planthopper adaption) 分析，了解其作物抗性機制及害蟲生理等反應；有害生物小種 (biotype) 之選汰及管理，抑制及減緩生物小種之產生，避免害蟲族群再猖獗發生及為害；水稻抗性檢定篩選設計 (screening designs)，統一水稻抗蟲檢定程序標準，作為未來各國抗飛蝨檢定成果之建立及分享；水稻抗飛蝨品種分子育種 NIL (Near isogenic lines) 及 PYLs (Pyramided lines) 之建立及應用，供作蟲害管理策略之參考等。另外亦包含社會學家之分析，演化生態學 (evolutionary ecology) 之探討及經濟學家 (economics) 之建議及觀點，整合各專家學者之意見及建議，達到全面性共同認識及了解水稻飛蝨發生生態及管理政策，達到事半功倍之水稻害蟲管理效果。

水稻飛蝨類害蟲為海外長距離遷移性害蟲種類，遷出地區（包含大陸華南、北越及菲律賓呂宋島等）蟲害之嚴重發生，均無可避免的於造成遷入地區（台灣）蟲害管理之困擾。在台灣，我們除應先加強研究其可能於水稻上之直接發生危害及防治技術外，遷入蟲源之種類、遷入時間及族群量、害蟲抗藥性、生物小種等特性，亦需要長期偵（監）測其變化，作為擬定防治策略之基礎資訊。相關由媒介昆蟲所攜帶、並藉由適當氣流由海外遷入，並可能造成台灣水稻重大流行病毒病害災情之偵測及防治等措施，亦須加強注意及警惕。為能有效掌握疫情之發生，必須加強區域間合作，充分掌握遷出地區蟲源發生及最新疫情發展，以早

期預警防範，防患於未然。加強及重新檢視台灣抗蟲育種等綜合管理策略之研究，達到全面考量及整合性預防、減緩蟲害發生及為害，確保台灣水稻之安全生產。

目次

壹、前言	4
貳、行程	6
參、研習過程與心得	
一、研討會內容	7
二、研習心得	16
肆、建議事項	18
伍、誌謝	18
陸、附錄	19

壹、前言

水稻飛蝨類害蟲在亞洲地區主要發生種類為褐飛蝨 (*Brown planthopper, Nilaparvata lugens* (Stal))、白背飛蝨 (*White-backed planthopper, Sogatella furcifera* (Horvath)) 及斑飛蝨 (*Smaller brown planthopper, Laodelphax striatellus* (Fallen))，此三種水稻飛蝨為典型之 r 型害蟲 (r-pest)，具有個體小、世代短、繁殖力強，可快速適應各種環境之特性，且其個體具有翅雙型性 (wing dimorph) 之個體 (圖一至圖六)，長、短翅個體可分別不同環境下進行長距離遷移及短期間內大量繁殖後代之特性，使得此蟲為近年來對水稻生產危害性最大的害蟲種類之一。

水稻飛蝨類害蟲之危害方式可分成直接吸食汁液及媒介病毒病害等方式，近年來此類害蟲在亞洲地區爆發嚴重危害之現況，概述如下：

一、直接吸食為害

水稻飛蝨群集吸食汁液，導致水稻植株汁液被吸收殆盡，大面積水稻迅速枯死，俗稱「蝨燒」(圖七)，嚴重危害可導致產量損失達 30-50%，其中又以褐飛蝨之為害量最大，其次為白背飛蝨。2009-2010 年，在泰國中、北部爆發嚴重水稻褐飛蝨為害疫情，被害面積高達 50 萬公頃左右；另外在印度、寮國、馬來西亞、菲律賓、印尼及大陸等地，亦於近年傳出褐飛蝨嚴重危害之蝨燒災情。2009 年在中國，受到白背飛蝨為害面積約 20 萬公頃，其中超過 3 萬公頃因嚴重受害而無法收穫。2009 年在北越，夏季水稻受到白背飛蝨危害約 4,200 公頃之紀錄。

二、媒介病毒病害

此三種水稻飛蝨均可媒介病毒等病害，並隨著害蟲進行長距離遷移，入侵感染遷入地區之水稻，引發病害流行病猖獗發生，造成嚴重之災情。根據研究報告指出，褐飛蝨可媒介並導致水稻嚴重損失之病毒種類有水稻皺縮矮化病 (*Rice ragged stunt virus, RRSV*) 及水稻草狀矮化病 (*Rice grassy stunt virus, RGSV*)。水稻皺縮矮化病之危害可導致水稻植株矮化、葉色濃綠、質地易碎、葉片扭曲旋轉、葉片葉緣有鋸齒狀切刻及變成白色 (圖八)、劍葉變小且通常扭曲、開花期延長等特性，可造成產量減少 30-70%；水稻草狀矮化病之病徵為植株嚴重矮化、分蘗數增加、葉片生長成直立狀且呈狹長狀、顏色變淺綠色至黃綠色且具有銹斑 (圖九)，植株可存活至成熟期，但多不能開花、抽穗，偶而會抽出短小的穗，但穀粒不飽滿，外殼亦常呈暗綠色。上述兩個病毒病害在大陸發

生區域以華南地區之廣東、福建、江西及浙江為主，其發生面積約 1,500-2,000 萬公頃。在 2009-2010 年，在泰國中、北部及越南湄公河三角洲等地區爆發嚴重水稻飛蟲媒介病害之疫情，除水稻皺縮矮化病及水稻草狀矮化病外，另外亦有黃化症候群 (yellow syndrome)，在水稻 20 日齡植株即可受到感染，在幼株葉片會變成古銅色 (bronzing spot) 或產生銹斑 (rusty spot)，其他病徵包含植株矮化、分蘖數減少，葉片顏色變黃、變橘等現象 (圖十)。

由白背飛蟲所媒介之新型病毒 - 南方型水稻黑條矮化病 (Southern rice black streaked dwarf virus, SRBSDV)，於 2005 於大陸廣東發現，現今於大陸南部及北越地區蔓延發生。在中國大陸大約有 30 萬公頃水稻受到感染。在北越地區約有 15,000 公頃水稻受到感染。在水稻生育早期被害，葉片直立、植株矮化，並可造成秧苗死亡 (圖十一)；分蘖期水稻被感染，造成植株矮化且成掃帚狀，抽穗期被感染，造成穗節上產生分枝，在莖節長出向上生長的小根 (圖十二)，植株莖部上呈現臘狀小突起、膨脹 (圖十三)；受感染植株甚少抽穗，對水稻生產之影響甚鉅。大陸華南地區及北越地區所發生之白背飛蟲及褐飛蟲，會隨著季風 (monsoon) 及低層噴射氣流 (Low level jet stream, LLJ) 等氣流，遷入日本及韓國等地。在 2010 年日本 8-10 月，日本西部有 8 個縣受到南方型水稻黑條矮化病感染，惟在秈稻上發生較為嚴重，推測該病害之發生與海外遷入蟲源有關。

水稻縞葉枯病 (Rice stripe virus, RSV) 及水稻黑條矮化病 (Rice black streaked dwarf virus, RBSDV) 則由斑飛蟲所媒介，其中又以水稻縞葉枯病之發生及為害最為嚴重。水稻遭受縞葉枯病之為害，病徵包括心葉捲曲、不正常徒長而下垂 (圖十四)、植株不抽穗或抽穗而穀粒不稔實，影響產量甚鉅 (圖十五)。在大陸地區，主要發生於江蘇，其他地區尚包含浙江及安徽等，發生面積約 500-1,000 萬公頃。

在日本及韓國水稻飛蟲蟲源除斑飛蟲可越冬外，水稻褐飛蟲及白背飛蟲均為海外遷入蟲源，主要來源地區為中國地區為主，然而在大陸江蘇地區，由斑飛蟲媒介之水稻縞葉枯病 (Rice strip virus)，此蟲隨氣流遷移至日本及韓國，造成 2008-2009 年於該地區水稻縞葉枯病嚴重災情。

貳、行程

日期	起迄地點	工作行程
10/17 (日)	高雄－馬尼拉 Los Baños (IRRI)	一、搭乘 08:00 中華航空 CI 711 班機， 09:40 抵達馬尼拉。 二、搭乘 IRRI 專車，11:30 抵達 IRRI。
10/18 (一) — 10/22 (五)	Los Banos (IRRI)	參加「New Paradigms in Ricehopper Resistance」研討會
10/23 (六)	馬尼拉－高雄	搭乘 10:30 中華航空 CI 712 班機，12:10 抵達高雄。

參、研討會內容與心得

一、研討會內容：

(一)、亞洲地區水稻飛蝨類害蟲猖獗發生及危害之原因：

1. 感蟲品種大面積種植

水稻飛蝨於大陸、越南、泰國、柬埔寨、印度、馬來西亞及印尼等地發生嚴重，主要原因為抗蟲品種種植面積低於 1%，而傳統感蟲品種種植面積約 99%，雖然國際稻米研究所 (International Rice Research Institute, IRRI) 選育出許多抗性品種可供選擇、栽培，但當地農民仍喜於種植傳統但不具抗性之水稻品種，導致水稻飛蝨猖獗發生，爆發嚴重災情。

2. 過量施用氮肥

現今水稻肥料容易取得、價格低廉，農民習慣施用以增加產量來獲取更高之利益，此結果造成水稻營養生長過度茂盛、葉片濃綠、柔軟，稻田生長環境遮蔽性 (canopy) 增加 (圖十六)，形成溫暖、潮濕之微氣候，更有利於病蟲害之生存、發生及繁衍 (圖十七)。

除此之外，施用過量氮肥之結果亦造成褐飛蝨若蟲存活率、產卵量、雌蟲壽命、卵孵化率之顯著增加，害蟲繁殖潛能提高，增加害蟲族群爆發為害之能力。氮肥施用量增加，害蟲吸取更多之植物營養而體型增大，增加天敵取食害蟲時間及減少補食性天敵每隻雌蟲捕食數目，亦間接造成水稻害蟲捕食性天敵生物防治效率降低。

3. 藥劑施用不當

自從合成化學藥劑問世並用於病蟲害防治後，「藥劑萬能」的觀念深植許多農民之心中，依賴藥劑進行各種病蟲害防治之觀念根深蒂固，加上許多農民用藥頻繁、混用及隨意提高藥劑濃度之結果，更造成 r 型害蟲抗藥性迅速產生，害蟲再猖獗的現象發生，反而造成更加難以控制之害蟲疫情蔓延、擴大。

在北越地區，2003 年水稻飛蝨在冬春稻 (winter-spring rice) 上猖獗發生，2004-2005 年之冬春稻及夏秋稻上 (summer-autumn rice) 亦復如此，而在遷出地區使用相同之藥劑 (如益達胺 imidacloprid) 更增加其對該藥劑之選汰壓力，造

成在遷入地區族群，如台灣、大陸、日本及韓國等地區，更加難以利用藥劑控制及管理，增加利用藥劑進行防治之困擾。

4. 有害生物小種 (biotype) 之產生

抗蟲品種是指一種作物的品種因含有單一或若干特殊基因，使其在同一環境下對一種或幾種害蟲的為害較沒有含該種基因的品種為輕微稱之（圖十八）。害蟲在作物具抗性基因之環境下，經選汰出有能力適應於該抗性品種之有害生物族群，亦即所謂生物小種，而使原有作物之抗蟲性失效。如在國際稻米研究所育成抗褐飛蟲的抗蟲品種 IR 26（含 *Bph1* 抗性基因），在東南亞大面積栽培後 3 至 5 年，即因產生有害生物小種 biotype 2 而崩潰，不得不改推廣含有 *bph2* 基因之稻種 IR32 以資對抗，但很快地，含有 *bph2* 基因之稻種又被新有害生物小種 biotype 3 所適應而崩潰，即為此例。

5. 水稻種植期提早、混亂

在全球溫暖化的趨勢之下，水稻種植期提早，加上害蟲越冬族群存活率提高，蟲害發生害蟲族群建立及發生趨早、族群量大、發生世代數多，加大害蟲繁殖及危害之潛能。而水稻耕作制度提早且單季稻種植面積多，水稻生長期較長等因素，均有利於害蟲族群之建立及發展。例如大陸水稻種植早稻 (early rice) 及單季稻 (single rice) 在 2009 年佔全國總種植面積達 60%。單季稻種植面積增加，配合遷入蟲源的提早到達，致使水稻飛蟲族群可以增加一世代，發生及為害量也因此相對提高。3-4 月遷移進入大陸西南地區之族群來源，可能包含北越、寮國、泰國、緬甸及東印度地區等。

在大陸雲南地區，2009 年 3 月初即可捕獲遷入蟲源，遠比 2008 及 2007 提早 8 及 11 天。2009 年 5 月捕獲遷入蟲原量約 30 萬隻，為 2007 年之 54 倍之多，遷入次數亦更加頻繁。上述現象均有利於水稻飛蟲類害蟲族群之建立及猖獗為害情況之發生。

6. 雜交稻大面積推廣種植

在中國大陸雜交稻栽培面積亦佔 63%之高比例，且大部份 (60%) 之雜交稻為白背飛蟲之感蟲品種，更適於白背飛蟲族群之發育。另外有關雜交稻 (hybrid rice) 於北越地區種植情況，由 1992 年約 11,000 公頃左右，到 2008 年約

670,000 公頃，約佔其總裁培面積 80%以上。目前雜交稻在亞洲許多地區亦積極栽培推廣，如印度、孟加拉、泰國、馬來西亞、菲律賓及印尼等地。此結果造成白背飛蝨之族群量因此大增，甚至超越褐飛蝨。白背飛蝨發生數量亦與雜交稻種植面積呈正比（圖十九），此類 r 型害蟲族群繁殖率高，生活史短，在缺乏生物防治效率力之時，害蟲容易因此猖獗為害。

研究顯示雜交稻對褐飛蝨及白背飛蝨具容忍性 (tolerance)，雖然雜交稻之生育過程需要較高量之氮肥施用量，此舉有助於水稻飛蝨類害蟲族群之建立，但也有助於雜交稻對此類害蟲容忍性之提高。惟在連續種植雜交稻的情形下，水稻飛蝨類害蟲族群的快速建立及持續性繁衍，極易造成害蟲族群猖獗發生及為害。在能利用抗水稻飛蝨類害蟲基因之有限情況下，選育具容忍性之水稻品種，或許是水稻害蟲管理之另一項選擇。而有關水稻對飛蝨類害蟲容忍性相關基因研究，至今則仍不甚明瞭，有待進一步研究探討。

7. 農業生態系之多樣性降低

害蟲在棲所穩定性低 (low habitat stability) 情況下，r 型害蟲具高度適應性及專一性 (specialization)。r 型害蟲之特徵為生殖能力 (reproductive capacities) 強、個體小、世代短、高度遷移傾向，在一般環境情況下通常並非主要害蟲，但在生物防治失去效用時，則可於短期間內族群猖獗發生為害，因為作物棲所為短暫性 (ephemeral nature)，在進行其族群管理必需考慮以區域性大規模為主，才能得到較好的防治成效。

其多樣性降低之因子有下列幾點：

(1) 物種遺傳多樣性低 (Low genetic biodiversity)

種植水稻品種親緣相近，如在泰國中部之 Chainat 及 Pathumthani，72% 農民僅種植 2 個品種，種植雜交稻 (hybrid rice)，其親本來源更只局限於少數幾個品系。

(2) 棲所多樣性低 (Low habitat biodiversity)

大面積種植單一作物相，且一年種植 2-3 個期作，長年提供害蟲穩定、豐富的食物來源，利於族群建立及發展。

(3) 寄生性及捕食性天敵生物多樣性低 (Low biodiversity in parasitoids and predators)

高頻率使用殺蟲劑之結果亦毒殺多害蟲之天敵（圖二十及圖二十

一)，而許多藥劑對害蟲防治效果不彰，反而更加劇害蟲族群之發育、猖獗；大量混合藥劑之結果，不僅擴大藥劑對天敵毒殺效能，更使害蟲與天敵間之生態關係嚴重失去平衡，有害生物之族群因而更加容易猖獗爆發及危害。

(二)、抗蟲育種之研究：

有害生物 (virulence) 的檢測目的在於 1、篩檢雜交後代之表現，2、評估害蟲族群對含抗性基因品種的分析或抗性機制，3、監測當地族群有害生物是否改變。針對檢測有害生物檢測方法中，有秧苗檢定法 (standard seeding box screening test) (圖二十二)、成株檢定法 (adult plant test) (圖二十三)、濾紙法 (filter paper test) (圖二十四)、石蠟膜法 (parafilm sachet test) (圖二十五) 及田中氏法 (Tanaka's method) (圖二十六)，而田中博士所發展出之檢測法較適於做成蟲存活率、雌成蟲腹部膨大檢測，較能表現族群有害生物族群發生情況。

其方法為將具各種抗性基因之水稻品種 (3 本植) 種植於 220 毫升的塑膠杯中，待種植至分蘖期 (4-5 星期) 後，剪去多餘分蘖及葉片，每一塑膠杯僅留 15-20 公分長之稻莖，再套上圓型透明塑膠筒。每一塑膠筒內釋放 5 隻剛羽化之短翅型雌成蟲，每處理 10 重覆，將測試之植株置於 25°C，光週期 16L：8D 的環境下，5 天後開始紀錄，雌蟲生長發育狀況，記錄項目包含蟲體與否死亡、存活時間及雌蟲腹部是否膨大等項目。

由日本長期監測結果得知，有害生物小種適應在具抗蟲基因上之水稻品種，IR26 及 ASD7，其分別含有 *Bph1* 及 *bph2* 抗蟲基因，於 1996 年以後，即明顯增高達 60% 以上，顯示能適應在此抗性基因品種之褐飛蝨生物小種族群相當高；另外在具抗性基因 *Bph3* 及 *bph4* 之抗性品種水稻 (Norin10 及 Babawee) 上，成蟲存活率則仍維持在 20% 以下，此類抗性基因之水稻品種仍具良好抗蟲效果。

在東亞地區 1988 年以後，有害生物族群適應於 *Bph1* 抗性基因情況明顯增加；在同時檢測適應於 *bph2* 抗性基因之有害生物族群則在 1997 年起同步發生，此情況可能與東亞水稻飛蝨主要繁殖及遷出之北越紅河三角洲地區，在 1984 年起大面積種植 CR203 (含抗性基因 *bph2*) 導致有害生物快速被選汰適

應有關。

另外藉由抗性機制之瞭解，可藉由評估害蟲吸食時間與其傳毒效率間之關係、加強育種效率、縮小其抗蟲機制因子之探討，以加速篩選速率；亦可做為潛在防治策略之一，例如做為生物藥劑 (biopesticide) 等作用。

作物抗蟲機制可分成抗棲性 (antixenosis) 及抗性 (antibiosis)。抗性即寄主植物含有對害蟲之生存、發育及繁殖具有阻礙之因子，可致使害蟲之大量死亡、發育不正常、體重及繁殖率下降等現象；抗棲性指寄主植物含有害蟲不喜歡在植株上棲息、取食或產卵的因子。

評估寄主植物之選擇性，可利用電子穿透圖 (electrical penetration graph (EPG)) (圖二十七)，進行分析其抗蟲機制：分析相關變因 (relevant variables)，因子分析 (Factorial analysis)，因子再進行ANOVA多變域分析及多重比較測試 (multi comparison test)，分析、推測其抗蟲機制。

(三)、相對應生物小種之產生與管理對策：

水稻第一個抗蟲品種 IR26，含有 *Bph1* 抗蟲基因，惟此抗蟲品種於 1973 年田間釋放推廣在種植 2 年後，因新的有害生物小種 (biotype 2) 被選汰而適應在此抗蟲品種上，而 IR26 從此崩潰，而在 1976 年推出 IR36 (含有 *bph2*) 抗蟲基因以資對抗，而在 4 年之後，新的有害生物小種產生而又崩潰，如此循環不已。上述情況不禁使我們重新思考是否繼續尋找新的抗蟲基因，選育新的抗蟲品系，而與有害生物小種持續進行對抗、競賽，或是改變對策，減緩有害生物小種的快速產生，抗性品種的快速崩潰而失去效力。

拜現今分子生物技術之發達，經由分子輔助育種 (Marker-assisted selection, MAS) 技術將不同抗性基因堆疊至一作物品種上進行基因累積 (gene pyramiding)，對於發展一個廣效、抗性強且持久的抗性品種選育，為一相當重要之項目。此系統為假設作物同時且對昆蟲不喜歡，一個以上之基因產生突變而呈現抗性，即一作物同時具有多個抗性基因，其抗性能力也因此能較持久之情況是存在的。野生稻 (wild rice) 為許多抗蟲基因之寶庫 (圖二十八及圖二十九)，可藉由傳統方式及現代分生技術將抗性基因導入重要水稻栽培品種，提供更佳之抗蟲性保護。

多抗性基因之品種在新生物小種之出現，而呈現崩潰之現象，以蘇聯小麥蚜

蟲 (Russia wheat aphid, *Diuraphis noxia*) 之生物小種出現於美國科羅拉多州，在 2004 年時，此生物小種可適應生存於多種抗性基因 (*Dn1*, *Dn2*, *dn3*, *Dn4*, *Dn5*, *Dn6*, *Dn8*, *Dn9*) 之小麥上。具累積抗性基因之品種也許可因具減緩有害生物小種發展，惟其是否因此更具有加乘性之抗蟲效果，有待商榷。

現今植物抗性之持續性表現除寄主植物之抗性外，亦包含地景 (landscape) 時間及空間之考量 (temporal and spatial consideration) 生態系功能 (ecosystem function) 及管理。空間上的庇護所 (spatial refuge)：即感、抗性品種混合種植，降低對有害生物小種選汰壓力；時間上的庇護所 (temporal refuge)：即在時間上間隔種植感、抗性品種，減少時間上連續性的選汰壓力。

抗病毒病害之水稻害蟲管理方法：由來源控制管理 (Resource management agronomical method) 是有效可明顯降低其發生率，例如南越地區利用誘蟲燈進行媒介昆蟲族群主要發生期之偵測 (圖三十)，以避開水稻秧苗生育初期受到病毒感染，而遭受嚴重產量損失之風險。若以抗媒介昆蟲之品種進行管理，則為可行方法之一，如抑制病毒複製及傳播、利用植物荷爾蒙調控病毒基因之表現，使其不活化之主動防禦，或利用與病毒不相容性之特性，即寄主缺乏支援病毒之因子等，達到降低病毒病害發生及水稻產量損失之目的。目前利用對病毒具抗性之品種之方式，已獲得較廣泛之應用。

(三)、生態工程法之害蟲管理策略：

生態工程法 (ecological engineering) 最早由 Odum 於 1962 年提出，觀念強調人類社會活動之設計能與自然環境配合，使兩者均能從中獲益。生態工程包含理論生態系，如演化生物系、系統理論及族群生態學等；應用生態系，如資源管理，影響評估及監測等，為農業生態系設計之基礎，而加強生態系服務系統。以水稻之生態工程法為例，一般田間操作項目包含合理化使用藥劑、田埂植被之操作運用等方式，大範圍操作更可結合鄰近植被及水域棲所之管理、調節水稻種植之時間、空間模式等方式以避開病蟲害主要發生時期等操作方法。另外，水稻生態系在地景多樣性 (landscape diversity) 低的情況下，如何保留生物防治服務功能性，避免害蟲在失去天敵控制來維持生態平衡的情況下而猖獗為害。

生態系的服務，包含具社會價值而不一定會馬上感受到，其考量為長期性之

效果，其具有下列幾項特性：

1. 作用範圍大，機制盤根複雜，且僅少部份被研究，且大部份不可以被現今科技所取代，如生物防治功能之服務。
2. 人為之修正（飾）破壞生態系統，長期下將破壞生態服務之價值；短期內將縮短社會利益的獲得。
3. 維護生態服務，需要相當大的生物多樣性之種類及族群相互支持、配合。
4. 在及時且適當的行動下，許多生態系之功能是可被恢復的。

生態系服務包含下列幾項：

1. 供應服務 — 食物、水、纖維。
2. 支持服務 — 初級生產、棲所、營養、水循環。
3. 文化服務 — 心靈、宗教價值、教育、靈感、創造與美學價值。
4. 調節服務 — 入侵抵抗、授粉、病蟲害調節、氣候、天然災害之減緩及保護。
5. 有害生物調節服務 — 許多農業區域天敵所提供之生物防治功能，被殺蟲劑使用所取代。
6. 授粉生物調節服務 — 授粉昆蟲族群豐度之降低。

以水稻瘤野螟為例，其幼蟲捲葉藏匿於其中，刮食葉片表面（圖三十一及圖三十二），幼蟲期約可取食 25 平方公分面積之葉面積，通常每叢水稻約 1-2 隻幼蟲，而此蟲需要進行防治之時期為何，為研究學者必須以科學研究及分析，提供農民防治之參考。

在水稻生育初期，大部份取食葉片之昆蟲均會被農民視為必需防除之目標，但因水稻植株具補償作用，此時期葉片之損害並不會轉嫁至產量上，加上在水稻生長期間，許多捕食性及寄生性天敵（圖二十及圖二十一）仍會提供生物防治效力的作用，此害蟲所造成之損害更是微不足道。水稻瘤野螟之族群約 46% 被天敵捕食，18% 卵被寄生，幼蟲亦面臨許多捕食性及寄生性天敵。在分蘖期，即使有 67% 葉片被害仍不會對產量造成影響，幼蟲密度在每叢大於 15 隻以上時，水稻產量才會開始減少，水稻葉片於分蘖期被剪除，其產量損失與對照組並無差別。

施用藥劑防治並不一定對害蟲具有殺卵之作用，而藥劑之施用將減少食物鏈長度，由 3 減為 2，且施藥後其食物網 (food web) 則需約 22 天恢復期，且施用

藥劑將帶來天敵與食餌 (predator-prey) 發生不一致性而失去平衡之效力，導致害蟲大發生，如在 2009、2010 年於亞洲許多國家發生嚴重災情即爲此例。

水稻飛蝨是單食性 (monophagous) 昆蟲，以水稻爲主食，r 型害蟲之移動性高且侵略性強，若要能持續性控制及管理此類害蟲，必需要由大尺度 (macro level) 階層、規模之思考，不能只依賴殺蟲策略，而藥劑的大量施用，亦會造成抗藥性的迅速產生。

因應之防治策略必需考量大尺度層面，包含生態、社會、經濟、結構及政治等面向。配合地形的生態農業，即利用棲所多樣性，如田埂草生栽培（圖三十三）、種植開花植物（圖三十四）、保護和利用天敵、冬季種植綠肥、減少化學肥料施用量等方式，改變政策結構之面向，不可只仰賴農藥、肥料之使用及補助，以達到增產之目的。

（三）、農業技術轉移與田間推廣：

社會科學探討科學研究規範中，技術是否被農民採用 (adoption)、調整、轉移 (transfer of technology)、改善生產過程之問題、研究參與 (participatory research) 表現情況社會網絡 (social networks)，社會及技術網路是否爲大眾所接受等諸多項目。例如由案例分析越南農業生態系參與人員、技術人員、科學家、農民，目標在於瞭解農民真正想要的與做的之間的落差，而田間試驗過程之結果與推廣，經由實地參與、瞭解及教導農民參與田間試驗之過程，包含收集、調查田間資料（圖三十五）、共同參與討論（圖三十六）、繪製試驗成果（圖三十七），再進一步針對重要害蟲種類鑑定發生及經濟爲害基準建立，使農民能藉由實地參與、瞭解問題所在，建立正確管理概念，達到經濟有效之管理目標。

惟此執行情況亦會面臨到一些實際狀況，如每日田間發生狀況之多變化，許多專業知識緩不濟急，不被農民接受，加上部份私人公司提供另類較方便，資源多之訓練及方式及資訊等，相對於政府之政策，較切合農民實際狀況及需求，使得社會學家對農民教育面臨成效不彰之情況。類似情況及問題，有待進一步政府與學者相互研究及解決。

一個品種從選育、區域試驗、示範到推廣之過程，需要社會及技術層面之結合及支援。研究學者依現實環境需要或農民需求而發展、選育所需要品種目標，例如 IR8，即因對糧食需求而選育出高產量之品種。一個新品種被大眾（農

民) 接受之評估標準，則可由市場接受度、經濟效益等方向進行評估。另一方面為參與者(農民)方面，依生產者之需求考量，育種與實際生產者相互討論(圖三十八)，以選育出較符合實際生產需求之品種。例如能耐水淹的含 *sub1* 基因水稻品種，其目的為農民要改善生產，減少因淹水所帶來的損失，藉由尋求農民合作進行試驗，評估具耐淹水基因 (*sub1*) 水稻之產量及生長表現，得到大家的認同，其評估標準則可藉由經濟上之評估方法。另外建議在品種推廣過程中，應包含其栽培管理資料，使農民對該品種特性有更深層的瞭解，有利於農民之接受及大面積推廣種植。

(三)、利用社會學進行農民蟲害管理決策之分析：

水許多政策技術在執行時，必須先瞭解農民所不瞭解之處，才能幫助他們，而一般農民對於農業技術及農業知識的瞭解都相當薄弱，因此，誤用、濫用之情況也因此相當泛濫，如何教導農民對農業技術及農業知識之瞭解與應用，為農業技術及政策推廣實行之基礎工作。藉由成立合作試驗計畫，比較各處理間及所得成效、產量結果比較，漸進式建立正確管理概念，達到經濟有效之成果，而非盲目聽從施用藥劑、忽略成本及安全等考量。

以瘤野螟為例，其幼蟲為害方式為為害面積約可取食 25 平方公分面積之葉面積，通常每叢水稻約 1-2 隻幼蟲，而此蟲需要進行防治之時期，為研究學者必須以科學研究及分析，提供農民防治之參考依據。在水稻生育初期，大部份取食葉片之昆蟲均會被農民視為必需防治之目標，但因水稻植株具補償作用，此時期葉片之損害並不會轉嫁至產量上，加上在水稻生長期間，生物防治效力的作用，此害蟲所造成之損害更是微不足道。是故於水稻成長初期之 40 天，不需要施藥防治，但是大部份之農民則會施藥防治，除造成成本浪費，更危及自然界生態平衡及環境安全等問題

可藉由試驗合作方式證明或利用海報、小冊子、宣導摺頁及廣播等方式加強宣導。分析農民使用藥劑防治次數與產量收益對比，呈現反比之現象。典型農民一般認知上，所有昆蟲均屬於害蟲種類，殊不知有益之寄生性及捕食性天敵亦在其中，普遍認為害蟲之猖獗為害為一普遍且正常之現象，並不其瞭解生態上之因果關係，而一般農民過度用藥及用藥萬能之觀念根深蒂固，不易改變。

農民教育修正之方式包含教導農民認識何謂昆蟲，並非所有昆蟲均為害蟲。昆蟲雖然會為害葉片，但並非所有為害均會造成產量損失，作物本身亦有補償

能力。施藥防治之目的在於有達到經濟為害之基準，而害蟲本身在自然界也會受到天敵之控制而降低其為害潛能等。技術人員與農民要有良好之溝通，並成為政府部門與農民間之橋樑，傳達之訊息必須為簡單、說服力強及可行性高，才能確保成功機率增加。

生物研究 (biological research) 並無法單獨進行，需與社會學等專家學者相互配合研究，確實瞭解農民問題所在，才能真正解決農民之問題。對研究推廣資訊需要簡化到讓農民易懂、容易接受及易於推行。而尋找合作農民對象時，最好選擇具代表性、領導性之核心農民，有利於溝通及推廣新技術及觀念至其他農戶。後續的追蹤及輔導，亦為支援此農業研究工作成功應用之主因之一。

農業科學家未來挑戰方向包含尋找創新方式以增加研究價值，試驗研究需具前瞻性，避免在研究推廣上僅局限於單一方向，研究推廣要相互結合，使農民更能接受新知識及技術，加上跨領域合作，如與社會學者合作，達到全面考量、完善推廣之目的。

二、研習心得：

近年來於亞洲地區水稻飛蝨類害蟲猖獗發生及造成嚴重之危害，其造成之原因包括水稻種植期混亂、過量施用肥料、使用藥劑防治不當、抗蟲品種之崩潰、雜交稻之大面積推廣及全球溫暖化之趨勢等，造成水稻飛蝨類害蟲發生量急劇增加，水稻大面積被吸食危害造成蝨燒，及其所媒介之病毒病害四處散播造成流行病之嚴重災情。許多國家為確保其國內糧食生產安全等因素，無不積極加強防治研究，以避免因糧食危機所引發社會、國家動盪等之相關問題。在台灣，我們除應先加強研究其可能於水稻上之直接發生及危害外，遷入蟲源之種類、遷入時間及族群量、害蟲抗藥性、生物小種等特性，亦需要長期偵（監）測其變化，作為擬定防治策略之基礎資訊。相關由媒介昆蟲所攜帶、並藉由適當氣流由海外遷入，並可能造成台灣水稻重大流行病毒病害災情之偵測及防治等措施，亦須加強注意及警惕。

根據台灣以往研究紀錄顯示，由水稻飛蝨所媒介之病毒病害計有由斑飛蝨所媒介之縞葉枯病；褐飛蝨所媒介之皺縮矮化病、萎凋矮化病毒及水稻草狀矮化病，而上述之病毒病害之發生僅為零星出現，並未有面積猖獗危害，惟台灣水稻飛蝨類害蟲蟲源，大部分為由海外長距離遷入，遷出地區主要以大陸華南地區為主，其次為北越及菲律賓呂宋島，此遷出地區害蟲之猖獗發生及媒介病毒病害之情況，為影響台灣害

蟲發生及其媒介病害侵入與爆發大面積為害，有密切關聯，為我們必須加強監測及防範。

國內相關政策及研究部門應及早研究及規劃因應對策，如儘速篩選防治媒介昆蟲之藥劑，降低被感染之機會及程度；另外於媒介昆蟲主要遷入之時期，大面積適時施藥防除遷入之害蟲，以迅速抑制疫情之發生及擴展；另外如水稻抗病、抗蟲品種等之長期性基礎研究工作亦刻不容緩，選育出具抗性且適於台灣栽培之優良水稻品種，期能因應鄰近國家地區遷移性害蟲及其所媒介病毒病害之入侵，避免及降低該等蟲害對我們糧食生產的威脅。

蟲害管理策略上包括透過國際合作，了解遷出地區蟲源發生情況，及早建立監測、預警制度，達到預警效果。另外尋求非農藥之防治方法，減少化學藥劑之使用，和緩抗藥性族群發生，加強生物防治，如捕食性及寄生性天敵之應用及生態工程法，達到生態平衡及環境保護之永續經營及利用。

肆、建議事項

- 一、近年來於亞洲地區水稻飛蝨類害蟲猖獗發生及造成嚴重之危害，相對的也會間接影響此類害蟲遷入之地區（如台灣）。是故建立長期偵（監）測遷入性害蟲變化之計畫，為最基礎且最重要之研究工作之一，亦為未來擬定經濟、有效防治策略之基礎資訊。
- 二、台灣水稻飛蝨類害蟲蟲源，大部分為由海外長距離遷入，遷出地區害蟲之猖獗發生及媒介病毒病害之情況，為影響台灣害蟲發生及其媒介病害侵入與爆發大面積為害有密切關聯，為我們必須加強監測及防範。針對病毒病害發生之預防措施，抗病及抗蟲育種為最佳防治策略。但水稻抗病及抗蟲育種為長期性基礎研究工作，無法直接引入國外之抗性水稻品種直接利用，此類基礎研究需要政府政策長期配合與支持，才能選育出具抗性且適於台灣栽培之優良水稻品種，期能因應鄰近國家地區遷移性害蟲及其所媒介病毒病害之入侵，避免及降低該等蟲害對我們糧食生產的威脅。
- 三、減少農藥使用量於作物病蟲害防治之技術，為未來台灣農業政策之方針，研發非農藥之防治方法、利用抗蟲品種、加強生物防治、減少藥劑施用、保護天敵及種植蜜源植物等之生態工程法，為未來蟲害管理研究方向之一，建議各試驗研究機構多加強此方面之研究與開發，以達到生態平衡、環境保護及農業永續經營利用之目的。
- 四、建議國內主管單位應建立並提供國際研究單位間之相互聯繫與合作管道，特別是長距離遷移性之有害生物種類，藉由彼此合作與資訊交換等方式，迅速掌握鄰近地區疫情之動向，以防患於未然。並鼓勵國內研究人員多出國並參予國際合作研究，瞭解世界發展現況，培養相關國際研究之人才。

伍、誌謝

本次赴菲律賓參加研討會之部分費用承蒙行政院農業委員會協助支應，使得此行能更加順利完成，並獲得相當多的資訊與交流機會，特此誌謝。

陸、附錄



圖一、褐飛蟲之長翅型成蟲



圖二、褐飛蟲之短翅型成蟲



圖三、白背飛蟲之長翅型成蟲



圖四、白背飛蟲之短翅型成蟲



圖五、斑飛蟲之長翅型成蟲



圖六、斑飛蟲之短翅型成蟲



圖七、水稻飛蝨嚴重危害造成蝨燒



圖八、感染水稻皺縮矮化病之病徵



圖九、感染水稻草狀矮化病之病徵



圖十、感染水稻黃化症候群之病徵



圖十一、水稻秧苗期受到南方型水稻黑條矮化病感染之病徵



圖十二、水稻感染南方型水稻黑條矮化病之莖節病徵



圖十三、水稻感染南方型水稻黑條矮化病之
莖節病徵



圖十四、水稻感染縞葉枯病之病徵



圖十五、水稻大面積感染縞葉枯病之情況



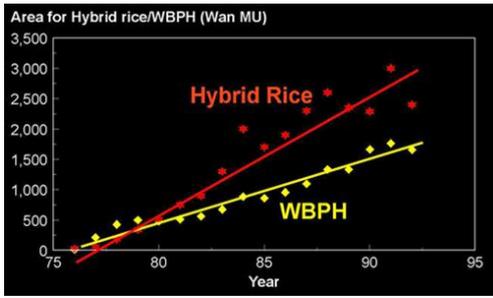
圖十六、水稻生長過度旺盛，稻叢基部遮蔽
性增加之情況



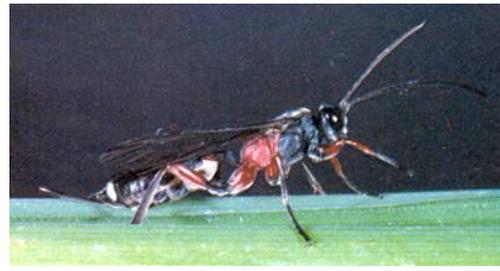
圖十七、褐飛蝨於稻叢基部大量繁殖之情形



圖十八、水稻抗蟲性篩選之情況



圖十九、雜交稻種面積與白背飛蝨發生量間之關係



圖二十、水稻害蟲之寄生性天敵



圖二十一、水稻害蟲之捕食性天敵



圖二十二、水稻抗蟲性之秧苗檢定法



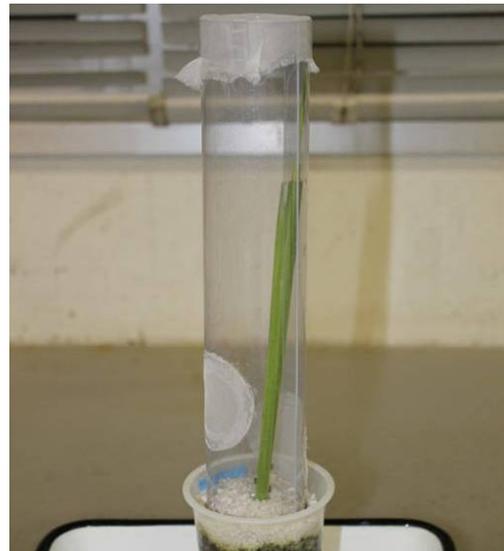
圖二十三、水稻抗蟲性之成株檢定法



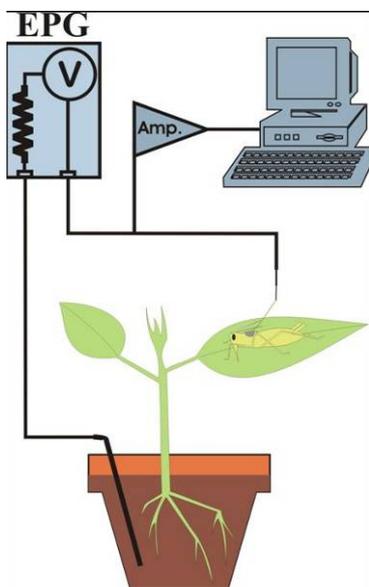
圖二十四、水稻抗蟲性之濾紙檢定法



圖二十五、水稻抗蟲性之石蠟膜檢定法



圖二十六、水稻抗蟲性之田中氏檢定法



圖二十七、利用電子是穿透圖表進行作物抗蟲性分析



圖二十八、野生稻之植株型態



圖二十九、各種野生稻之種子



圖三十、利用誘蟲燈進行害蟲族群發生之偵測及調查



圖三十一、瘤野螟之幼蟲



圖三十二、瘤野螟幼蟲捲葉危害狀



圖三十三、水稻田埂草生栽培以提供天敵庇護之場所



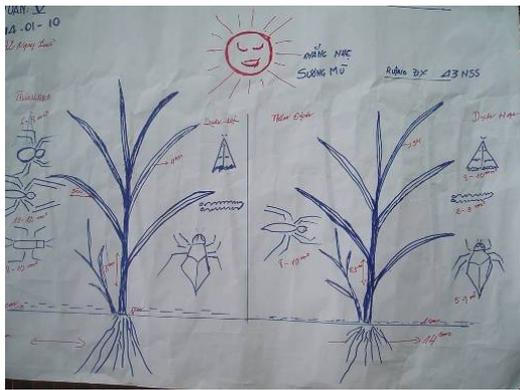
圖三十四、水稻田埂種植開花植物以提供天敵食物來源



圖三十五、水稻田間害蟲發生調查



圖三十六、水稻田間調查結果之討論



圖三十七、水稻田間調查結果之繪圖整理



圖三十八、藉由生產者之共同參與，以選育出更符合生產者需求之水稻品種