



Formosan Entomologist

Journal Homepage: entsocjournal.yabee.com.tw

【Research report】

褐飛蝨及白背飛蝨由海外遷入嘉南地區偵測及其氣象條件【研究報告】

鄭清煥¹、盧瑞良²

*通訊作者E-mail:

Received: Accepted: 1990/07/25 Available online: 1990/09/01

Abstract

摘要

褐飛蝨及白背飛蝨為臺灣水稻之重要害蟲，兩種害蟲均可少量地在臺灣越冬，亦可於每年4至8月間自華南或北呂宋隨氣流遷入臺灣。本研究之目的在於探討如何偵測其遷入、遷入時期、數量以及初步分析導引其遷入之氣象條件。以1985至1989年在嘉義偵測所得資料分析結果顯示，褐飛蝨及白背飛蝨確實可於每年4至8月間自外地遷入嘉南地區，主要遷入期為6月下旬至7月下旬。每一遷入波由2至4日不等，每年遷入波次由6至15次。在遷入期間總捕蟲數變異頗大，最大差異由氣帶式捕蟲網 (air-borne net trap) 之20倍至吸式誘蟲燈 (suction light trap) 之73倍。偵測遷入波次以氣帶式捕蟲網較為明確，但卻無法偵測到較小型之遷入波；使用吸式誘蟲燈在較大遷入年對每一遷入波之判斷困難，但於較小遷入年卻可清晰地反應小型之遷入波，兩者併用可互補長短。分析導引褐飛蝨及白背飛蝨遷入之氣象條件，可類歸為鋒面型、低壓環流型 (包括颱風、熱帶性低壓、移動性低壓及低壓帶)、西南氣流型及副熱帶高壓型。在嘉南地區偵測到較顯著之遷入波的氣象條件為，在850毫巴等壓面圖主要為在華南地區存有西分向氣流，風速在9km/hr 以上，並延伸至嘉南地區；或呂宋北部存有南至東南氣流，並延伸至臺灣西海岸，溫度在17°C以上；在地面天氣條件為具有西或南分向氣流，最大風速在19km/hr 以上，溫度在22°C 以上，且有降雨之記錄。

Key words:

關鍵詞: 褐飛蝨、白背飛蝨、長距離遷移、氣象條件。

Full Text:  [PDF\(1.47 MB\)](#)

下載其它卷期全文 Browse all articles in archive: <http://entsocjournal.yabee.com.tw>

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

鄭 清 煥 盧 瑞 良

1. 臺灣省農業試驗所嘉義分所
2. 中央氣象局嘉義氣象站

(接受日期：1990年7月25日)

摘 要

褐飛蝨及白背飛蝨為臺灣水稻之重要害蟲，兩種害蟲均可少量地在臺灣越冬，亦可於每年4至8月間自華南或北呂宋隨氣流遷入臺灣。本研究之目的在於探討如何偵測其遷入、遷入時期、數量以及初步分析導引其遷入之氣象條件。以1985至1989年在嘉義偵測所得資料分析結果顯示，褐飛蝨及白背飛蝨確實可於每年4至8月間自外地遷入嘉南地區，主要遷入期為6月下旬至7月下旬。每一遷入波由2至4日不等，每年遷入波次由6至15次。在遷入期間總捕蟲數變異頗大，最大差異由氣帶式捕蟲網 (air-borne net trap) 之20倍至吸式誘蟲燈 (suction light trap) 之73倍。偵測遷入波次以氣帶式捕蟲網較為明確，但却無法偵測到較小型之遷入波；使用吸式誘蟲燈在較大遷入年對每一遷入波之判斷困難，但於較小遷入年却可清晰地反應小型之遷入波，兩者併用可互補長短。分析導引褐飛蝨及白背飛蝨遷入之氣象條件，可類歸為鋒面型、低壓環流型（包括颱風、熱帶性低壓、移動性低壓及低壓帶）、西南氣流型及副熱帶高壓型。在嘉南地區偵測到較顯著之遷入波的氣象條件為，在850毫巴等壓面圖主要為在華南地區存有西分向氣流，風速在9 km/hr 以上，並延伸至嘉南地區；或呂宋北部存有南至東南氣流，並延伸至臺灣西海岸，溫度在17°C 以上；在地面天氣條件為具有西或南分向氣流，最大風速在19 km/hr 以上，溫度在22°C 以上，且有降雨之記錄。

(關鍵詞：褐飛蝨、白背飛蝨、長距離遷移、氣象條件)

緒 論

褐飛蝨 (*Nilaparvata lugens* Stål) 及白背飛蝨 (*Sogatella furcifera* Harváth) 為臺灣的水稻重要害蟲。這兩種害蟲於越冬期間雖然族群密度甚低，但一般認為可在臺灣越冬繁衍。惟近年來在東南亞地區嚴重發生經由褐飛蝨媒介之水稻草狀矮化病、皺縮矮化病等之病害亦陸續在臺灣被發現 (Chen, 1984)，另一方面 Wang and Ku (1984)，測定褐飛蝨抗藥性發現褐飛蝨對藥劑之感受性因測定月份之不同而異，此現象顯示可能受褐飛蝨經長距離遷入之影響。

有關褐飛蝨與白背飛蝨大量長距離遷移之現象首於1967年7月於日本本州南方約500 km 之定點氣象觀測船上被發現 (朝比奈及鶴岡, 1968)，接著 Kisimoto (1971) 提出褐飛蝨遷移學說，並就褐飛蝨與白背飛蝨遷移日本之氣象條件以及侵入量與該等害蟲之發生程度之關係進行一連串研究

表一 褐飛蝨遷飛行爲之綜述

Table 1. Flight behaviors related to migration of brown planthopper

1. 主要遷出地區：

水稻黃熟至收穫期地區 (程等, 1979; Jeffrey, 1982)。

2. 蟲齡：

在 27.5°C 雌蟲爲羽化後 23 小時，雄蟲爲 21.5 小時；在 20°C 雌蟲爲羽化後 40 小時，其卵巢發育界於 1~2 級，未交尾；雄蟲爲羽化後 34 小時 (大久保, 1973; 程等 1979)。

3. 飛行臨界溫度及適飛濕度：

10°C 以下不飛行，16.5°C 有 50% 可飛行，適飛濕度爲 85% RH (大久保, 1973)。

4. 起飛時間：

(1) 室內：溫度 18°C 以上，光度 10 至 40 lux，濕度 50 至 80% RH。

若光度超過 100 lux 或小於 10 lux，風速超過 5.6 m/sec. 阻礙起飛 (Kisimoto, 1984)。

(2) 田間：夏 季：黎明及黃昏雙峰型，光度 1 至 200 lux。

秋 季：黎明及黃昏雙峰型，光度 50 至 1,000 lux，溫度約 20°C。

晚 秋：黃昏單峰型，光度 50 至 4,000 lux，溫度約 18°C (Kisimoto, 1984)。

菲 律 賓：黃昏：17:00 至 21:00 時；高峰爲 18:00 至 19:00 時。

黎明：04:00 至 08:00 時；高峰爲 04:00 至 05:00 時。

(Perfect & Cook, 1982)。

中國大陸：夏及秋季爲黃昏及黎明雙峰型 晚秋爲午後單峰型 (鄧, 1981)

(3) 起飛都在無風或風小的晴天或陰天，雨天不起飛，風速大 11 km/hr 起飛受阻 (大久保及岸本, 1971)。

5. 持續飛行時間：

(1) 室內懸吊飛行：

a. 在 16.5°C, 85% RH 情況下有意願飛行者大部在 10 小時左右，最高記錄爲 23 小時 (大久保, 1973)。

b. 室內飼養者最高記錄爲 4 至 4.5 小時。

田間採集者最高記錄爲 10.75 小時 (Baker, *et al.*, 1980)。

(2) 依據脂肪含量消耗估算：

飼養於感蟲稻種者 24 至 26 小時，飼育於抗蟲稻種者 14 至 16 小時 (Padgham, 1983)。

(3) 依據風場軌跡估算：

2 至小 30 時 (Rosenberg & Magor, 1983)。

6. 遷飛後體重消耗：

(1) 在飛行一小時後每續飛 1 小時約可消耗其原體重之 5%，最大續飛 512 分鐘之體重消耗 28% (Baker, *et al.*, 1980)。

(2) 續飛 23 小時約可消耗生體重之 29% (Ohkubo, 1981)。

7. 在空中飛行高度：

夏季爲 1,500 至 2,000 m，秋季爲 500 至 1,000 m (鄧, 1981)，4 月 300 至 2,000 m (Zhu, *et al.*, 1982)

8. 最大遷飛距離：

約 300 至 1,700 公里 (程等, 1979)，500 至 600 公里 (巫及胡, 1987)。

(Kisimoto, 1976; 1979; 1984; Kisimoto, *et al.*, 1987; 寒川等, 1988)。此外中國大陸亦於 1973 年開始對褐飛蝨之遷移進行研究, 證實了該項遷移理論, 並提出褐飛蝨在中國大陸之遷移途徑以及相關之氣象條件(程等, 1979; 江等, 1981; 全國褐稻虱科研協作組, 1979)。另一方面 Cook & Perfect (1984) 亦於熱帶地區之菲律賓觀察褐飛蝨之遷移情況, 而 Rosenberg & Magor (1983, 1986) 則利用風場軌跡分析褐飛蝨在東南亞之遷移。經由上述研究使褐飛蝨等在亞洲地區之遷移實況已逐漸瞭解。有關褐飛蝨之遷飛行爲綜合以往研究成果列如表一。

臺灣位於褐飛蝨及白背飛蝨北遷或南移之途中。朱 (1976) 首先提醒留意褐飛蝨是否可經長距離遷移侵入臺灣以及其對臺灣稻作之影響。爲瞭解該等害蟲在臺灣之遷移實況, 劉清和於 1978 年開始在臺東地區著手研究 (Liu, 1984; 劉 1988); 其後嘉義農業試驗分所於 1982 年 (農試年報, 1984) 以及臺中區和桃園區農業改良場於 1984 年分別於臺灣南、中及北部進行觀察 (劉等, 1989)。本報告謹就嘉義農業試驗分所在過去數年觀察褐飛蝨及白背飛蝨遷入嘉南地區之情況, 以及導引其遷入之氣象條件的分析結果提出報告, 以供同道參考。

材料與方法

爲偵測褐飛蝨及白背飛蝨之遷入情況, 於嘉義農業試驗分所溪口農場設置氣帶式捕蟲網 (Airborne net trap) 及吸式誘蟲燈 (Suction light trap, 爲 Johnson suction trap 上加一盞 30W 環型日光燈) 各一座 (1985 年以後改爲兩座)。氣帶式捕蟲網係仿 Kisimoto (1976) 所設計者, 網口直徑 1 m, 網深 1.5 m, 網底呈圓筒狀並留活瓣, 以防無風時被捕蟲之逃逸。網桿之高度爲 10 m, 蟲網架設於網桿之上, 以滑輪升降; 網口可隨風向轉動, 便於捕捉隨風飄移之昆蟲。捕獲蟲體每日 8 時收集一次, 並携回室內鏡檢記錄。吸式誘蟲燈則於每天日落半小時前自動開啓, 於次晨 8 時收集捕獲蟲時關閉。

除上述兩種捕蟲器具外, 黃色水盤亦同時用於兩種飛蝨遷入時期及遷入量之偵測 (Kisimoto, 1965; 1976)。在本研究使用市售黃色塑膠水盤 (20×26×10 cm), 水盤兩邊上緣各留直徑 1 cm 小洞一個, 並以 32 目尼龍網封住洞口以防下雨時蟲體之外溢。水盤內裝水 3~4 cm, 並滴入洗潔液數滴作爲浸潤劑。水盤放置於褐飛蝨動態研究之調查田, 面積 50 公畝, 與吸式誘蟲燈相距約爲 500 公尺, 每田沿田埂四周共放置 8 個, 放置高度隨稻株之發育而調整, 使其盤底與稻株頂端相接。水稻收割後, 黃色水盤置放於再生稻田繼續誘集, 誘得之蟲體每週一、三及五各記錄一次。盤中之水則每週更換一次。調查田之褐飛蝨及白背飛蝨族群變動每週調查一次, 每次於調查田四方位各隨機取樣 40 叢記錄其蟲數。

有關褐飛蝨及白背飛蝨遷入波判斷, 由於兩種飛蝨均可在臺灣越冬 (楊, 1983), 且侵入蟲與本地越冬蟲在形態上亦無明顯之特徵可供分辨 (Kou and Chu, 1984; Claridge, 1978), 因此本研究沿用中國大陸及日本之研究, 以考慮褐飛蝨遷移之生物特性 (如表一), 誘捕蟲器之捕獲蟲數有「突增」之現象 (程等, 1979; 岸本等, 1982) 以及適於飛蝨遷移之氣象條件等因素作爲研判其遷入本地區之依據。有關之氣象資料分別由中央氣象局及嘉義氣象站提供。

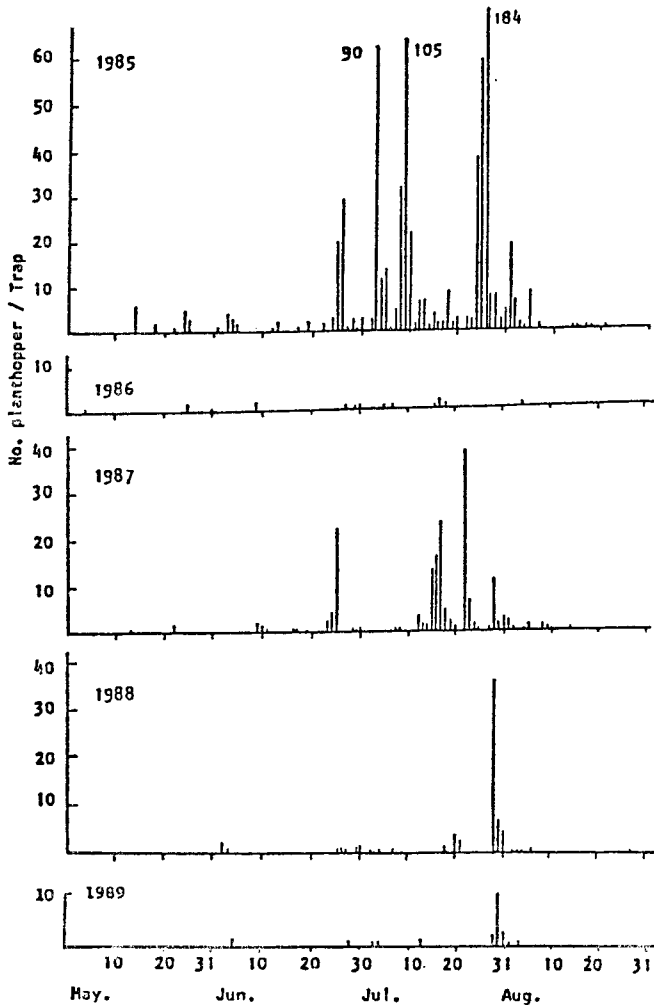
結果與討論

一、褐飛蝨及白背飛蝨遷入嘉南地區之偵測

長距離遷移性昆蟲之遷移模式, 基本上應具備三個主要過程, 廣大地區有適於遷移之昆蟲存在並有上昇氣流將遷移蟲攜帶至高空, 而高空之氣溫及濕度需適於遷移蟲之飛行, 且需有強大之風區可將

上昇之遷移蟲載運，最後被載運之遷移蟲需遇到下降氣流迫其下降地面完成遷飛路程 (Kisimoto, 1984)。就褐飛蝨而言，適合於遷移之長翅型成蟲主要出現於水稻黃熟期至收穫期。環視臺灣臨近地區褐飛蝨可能遷出時期，在呂宋島北部主要在 3 至 5 月 (Jeffrey, 1982)，在中國大陸之海南島地區為 4 月中旬至 5 月下旬，兩廣地區為 6 月上旬至下旬，嶺南區 (含湖南、江西、福建一帶) 為 7 月上旬至中旬，而嶺北區至沿江南部為 7 月下旬至 8 月上旬 (程等, 1979)。另一方面考慮臺灣地區適合於褐飛蝨遷入之氣象條件，即有強盛而潮濕之西南氣流，高空 1,500 至 2,000 公尺之溫度在 16.5°C 以上 (地面最低溫度於 24°C 以上)，則褐飛蝨較可能遷入臺灣地區應在 4 月至 8 月期間，因此本試驗偵測褐飛蝨等之侵入波主要亦側重於此一時期。

圖一顯示 1985 至 1989 年 5 至 8 月間氣帶式捕蟲網每日捕獲褐飛蝨蟲數之消長，各年度在此 4 個月間之捕獲蟲數雖有很大變異，但一般而言，在 4 月間只能偶而捕獲 1 至 2 隻成蟲，5 月間捕獲量亦屬少數，而明顯之捕獲絕大部份出現於 6 月 20 日以後至 7 月下旬，8 月份之捕獲蟲數又趨於零星。再由每日氣帶式捕蟲網捕獲褐飛蝨蟲數觀察，可清晰地發現有相當變異，最高捕蟲數為 184 隻，

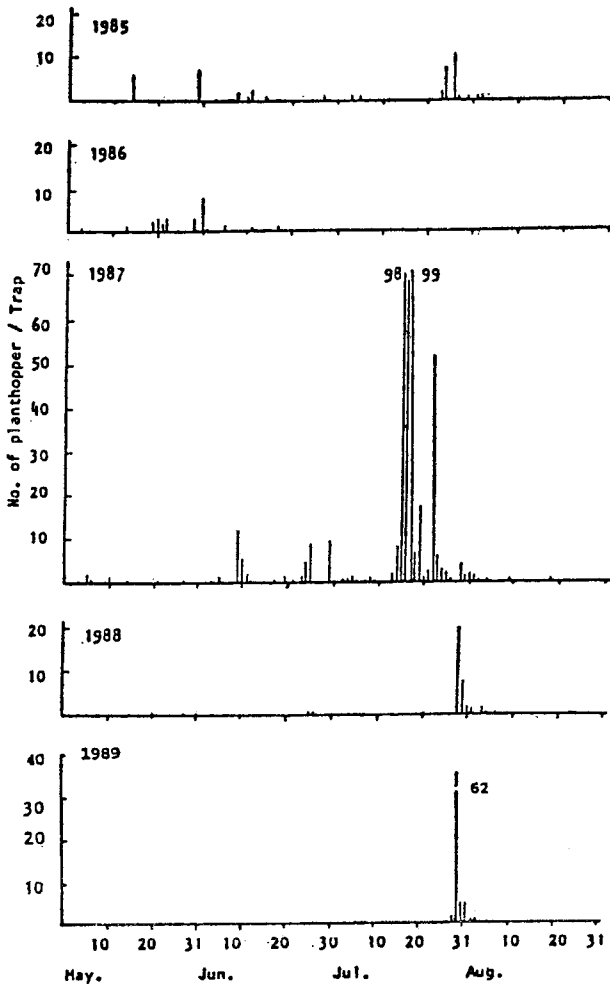


圖一 在遷入期以氣帶式捕蟲網每日捕獲褐飛蝨蟲數之消長。

Fig. 1. The number of brown planthopper captured by an air-brone net trap at Chiayi during immigration period.

最低為 0 隻。捕獲蟲數增多日期往往連續 2 至 4 天不等，形成波狀，但每波之相隔日數並不規則，且每年出現之波數及波幅相差甚大。如 1985 年由圖面上可清晰地分辨出 5 波次，1986 年則無明顯捕獲波出現，1987 年有 4 個明顯波次，而 1988 及 1989 年均到 7 月底始出現一明顯的捕獲波。至於每年 5 至 8 月間氣帶式捕蟲網之捕獲蟲數，相差亦甚大，由 1985 至 1989 年分別為 770、14、169、69 及 21 隻，最高與最少之比相差達 55 倍之多。

在嘉南地區一期作稻主要收穫期在 6 月下半月，褐飛蝨若蟲族羣一般於水稻收割後即迅速減少，而成蟲除於水稻收割後 1 至 2 週尚可發現極少數之短翅型雌蟲外，其外均為長翅型，且其族羣變動頗大，顯然並非由本地田間若蟲成長者（鄭，1990）。由於田間長翅型成蟲之族羣消長與誘捕蟲器捕獲波有密切關係（圖五），此外劉等（1989）在 1987 年於臺中、嘉義、馬公、臺東等地以氣帶式捕蟲網捕捉褐飛蝨結果顯示捕獲高峯有同時出現之現象，而於臺灣東北方之石恒島在 1987 年 6 月 22 至 25 日亦與臺灣各地偵測站同時測到遷入高峯（寒川等，1988），此種現象均與鄧等（1979）報告在褐飛蝨長距離遷移期於其遷入區的大範圍內之捕獲量有「同時突增」的現象相同；此外再考察每一捕獲高峯之出現的氣象條件亦與 Kisimoto (1979) 所報告適於褐飛蝨長距離遷移所需具備者相吻合。



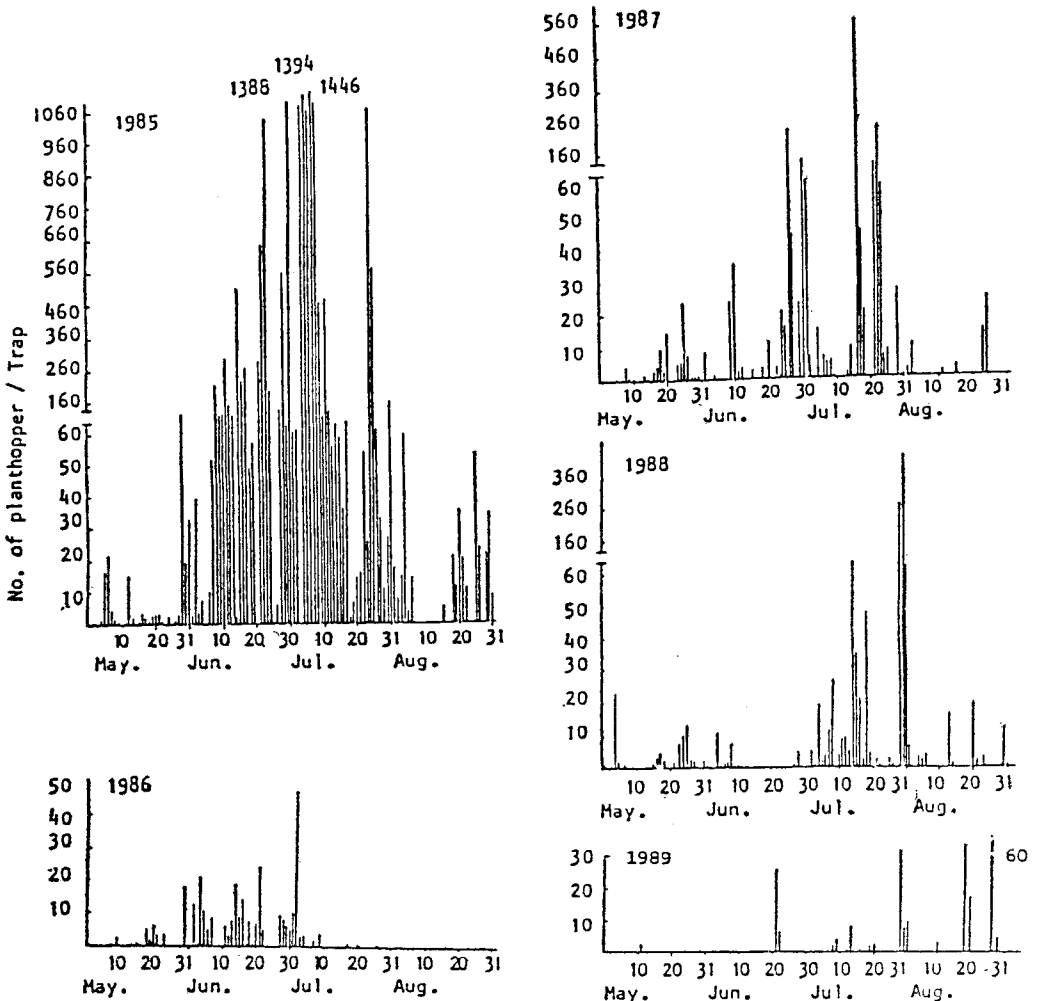
圖二 在遷入期以氣帶式捕蟲網每日捕獲白背飛蝨蟲數之消長。

Fig. 2. The number of white backed planthopper captured by an air-borne net trap at Chiayi during immigration period.

因此在目前雖缺乏直接證據證明，但按上述間接現象觀察，可推測此等捕獲高峯係由於褐飛蝨由海外經長距離遷入嘉南地區所致。

在嘉南地區第一期稻作白背飛蝨密度極低，但在 5 至 8 月間以氣帶式捕蟲網之每日捕獲蟲數觀察，如上述褐飛蝨情況，亦呈波狀高峯出現（圖二），但兩種飛蝨捕獲高峯之出現日期並不完全一致，且在各捕獲高峯，兩種飛蝨之捕獲蟲數比例差異亦頗大，此可能因遷出地不同所致。就 5 至 8 月全期捕蟲數而言，在 1985 年褐飛蝨之捕獲數為白背飛蝨之 16 倍，相反地於 1986 至 1989 年白背飛蝨之捕獲數較褐飛蝨為高，分別為褐飛蝨捕蟲數之 1.8、3.1、1.3 及 2.9 倍。然而比較兩種飛蝨之捕蟲數比例，則臺灣之白背飛蝨捕蟲數所佔的比例似較日本為低，按 Kisimoto (1976) 報告白背飛蝨之捕獲量往往高出褐飛蝨數倍至十數倍之多。此種差異係可能因兩種飛蝨之飛翔能力不同所致，有待探究。

以吸式誘蟲燈偵測褐飛蝨侵入波之結果如圖三，誘捕蟲數顯著地較氣帶式捕蟲網捕獲蟲數為高，兩者相差 8.4 至 26 倍。但由於褐飛蝨入侵後仍會再趨燈被誘捕，因此每侵入波之表現不若應用氣

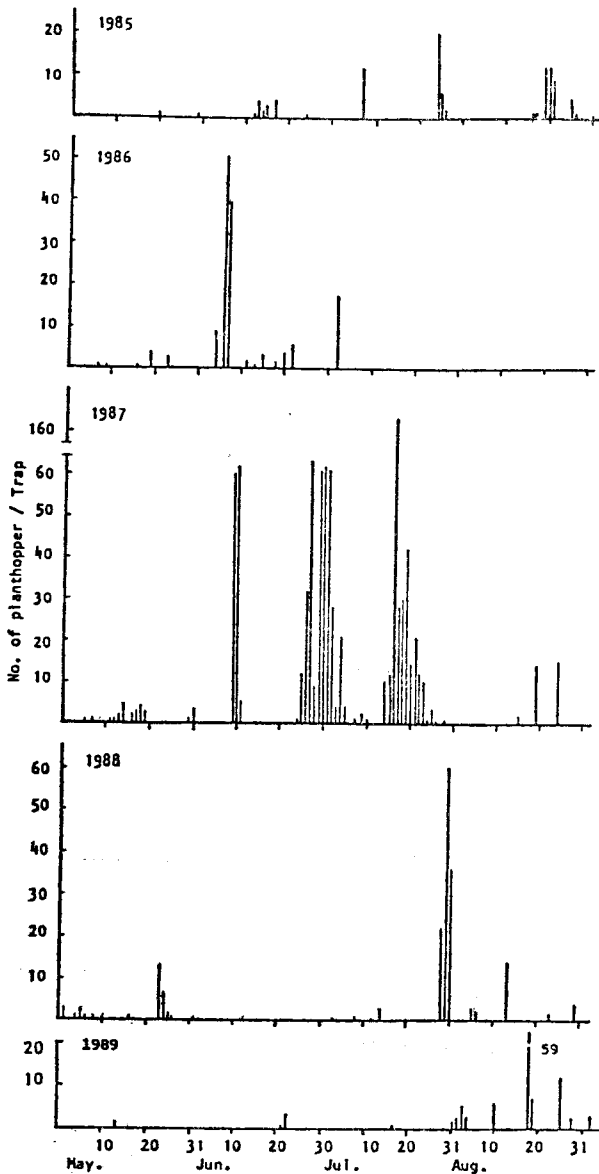


圖三 在遷入期以吸式誘蟲燈每日捕獲褐飛蝨蟲數之消長。

Fig. 3. The number of brown planthopper captured by a suction light trap at Chiayi during immigration period.

帶式捕蟲網所偵測者明顯，尤其在侵入蟲數多之 1985 年為最。另一方面由圖三每日捕蟲數推測褐飛蝨侵入波與使用氣帶式捕蟲網所偵測者比較，一般在氣帶式捕蟲網有捕獲高峯之日期，吸式誘蟲燈之捕獲量亦呈顯著增加，但有時兩者亦有相差 1 至 2 日情況出現；如 1987 年 6 月 25 日氣帶式捕蟲網即偵測到侵入峯，但吸式誘蟲燈則晚一天始測到；同樣情形亦發生於 7 月 15 日，此種現象可能係因侵入當天風速太大不適於褐飛蝨之趨燈有關 (Kisimoto, 1976)。

圖四為白背飛蝨在吸式誘蟲燈下之族群消長情形，各捕蟲波次之出現相當明顯，但與圖三氣帶式捕蟲網捕獲之波次比較，則其出現期與捕蟲數之比例並不完全一致，如於 1985 年由兩種捕蟲器之捕獲蟲數均可發現 5 個波次，但氣帶式捕蟲網捕獲者分別出現於 5 月 15 日、29 日、6 月 8 日至 14 日

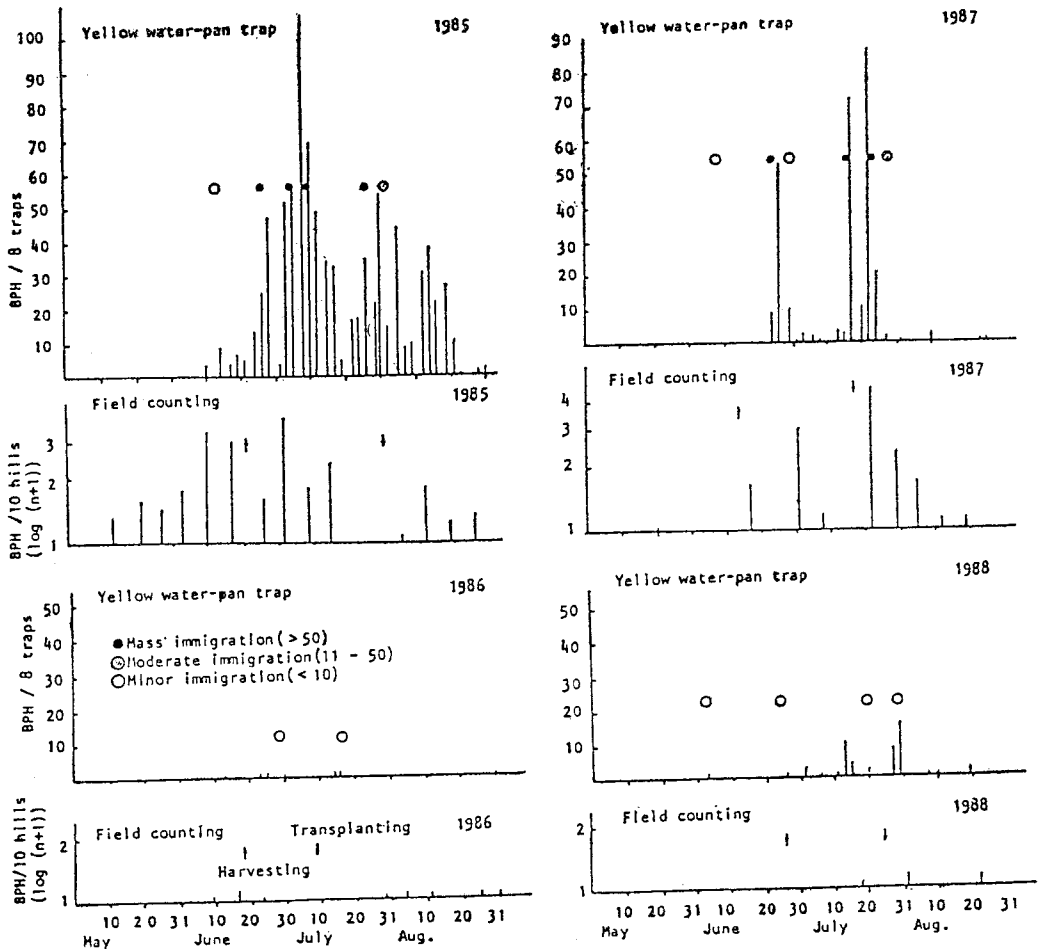


圖四 在遷入期以吸式誘蟲燈每日捕獲白背飛蝨蟲數之消長。

Fig. 4. The number of white backed planthopper captured by a suction light trap at Chiayi during immigration period.

、7月3日至5日及23日至29日；而吸式誘捕燈之捕獲者則分別出現於6月12至14日、7月7日、24至26日、8月19至21日及25至26日等，其中除6月中旬及7月下旬兩波次相同外，其他三波次之出現日期則有差異。同樣情形亦出現於其他年度。此現象與褐飛蝨相同，可能係因兩種捕蟲器之功能不同所致。另一方面比較在遷移期氣帶式捕蟲網及吸式誘蟲燈之總捕飛蝨蟲數，發現在觀測的五年中，白背飛蝨在吸式誘蟲燈之蟲數均顯著地較褐飛蝨少，由1985至1989年其在吸式誘蟲燈之捕獲蟲數分別為褐飛蝨蟲數之0.5、39.7、41.0、13.6及38.4%。此項結果與氣帶捕蟲網所獲結果大異其趣，其原因如何有待進一步探討。

五至八月間褐飛蝨長翅型成蟲在黃色水盤及田間族群消長及其與使用氣帶式捕蟲網偵測侵入波之關係如圖五。整體而言，於1985及1987年氣帶式捕蟲網偵測到波次較多及數量較大之侵入波，而1986、1988及1989年則偵測得波次較少且蟲數較低之侵入波，同樣情況亦可由黃色水盤之捕獲蟲



圖五 五至八月間以黃色水盤及氣帶式捕蟲網偵測褐飛蝨之遷移波與田間褐飛蝨長翅型成蟲發生消長之關係（圖中實心圓表大量遷入，斜線圓表示中等程度之遷入，虛心圓表示少量遷入）。

Fig. 5. Fluctuation of macropterous adult brown planthopper in the paddy field in relation to the immigration waves detected with the yellow water-pan trap and air-brone net trap from May to August. (Cicles in the figures indicate the immigration waves detected by the air-borne net trap)

數或田間長翅型成蟲之消長反應出。進一步比較每一侵入波，則黃色水盤在氣帶式捕蟲網偵測到侵入波之相關日期雖亦可顯示出捕獲之高峯，但却不若氣帶式捕蟲網所顯示者明顯。可能與黃色水盤誘集蟲數於本觀察期間每2至3天（每週一、三、五）記錄一次有關，亦可能因黃色水盤除可誘捕到長距離遷入蟲外，同時亦可能誘捕到短程活動的飛蝨類所致 (Perfect, *et al.*, 1985)。此外由本試驗亦發現於水稻黃熟期使用黃色水盤誘捕效率較差，而於水稻收穫後數日內雖無侵入波之出現亦可捕獲到為數較多之褐飛蝨。這些均為使用黃色水盤作用偵測遷入波之缺點，但將其當作測定田間飛蝨類之蟲源豐度以及偵測各世代成蟲出現期則不失為理想之工具。

田間褐飛蝨長翅型成蟲變動呈不規則狀起伏，於偵測到侵入波較多且侵入蟲數較高之年份，田間成蟲密度亦較高，反之則較低，兩者具密切關係（圖五）。在本觀察期間發現於第一期作收割後田間很少有褐飛蝨若蟲存在，長翅型成蟲之消長主要應受遷入蟲之影響所致。比較各年次之遷入波與田間成蟲族羣起伏之關係，雖可發現在明顯侵入波出現時，田間成蟲亦有隨之增高的現象，但小侵入波時則族羣受影響並不明顯。可能與褐飛蝨之分散及調查間隔太長有關。Kisimoto (1979) 報導於褐飛蝨遷移期間每3天調查田間褐飛蝨族羣一次，結果發現其族羣消長與設置於同田間之黃色水盤每日誘集蟲數具密切相關。

氣帶式捕蟲網、吸式誘蟲燈及黃色水盤在褐飛蝨遷入期（五至八月間）之誘捕蟲數之相關如表二。以每一侵入波捕蟲數為比較單位時，則氣帶式捕蟲網與吸式誘蟲燈之捕蟲數具密切相關，而黃色水盤之捕蟲數與上述兩種捕蟲器具之捕蟲數均相關不顯著。若以各月份或遷移期全部捕蟲數比較，則氣帶式捕蟲網之捕蟲數與吸式誘蟲燈或黃色水盤捕蟲數於6及7月具密切相關；但吸式誘蟲燈與黃色水

表二 在飛蝨遷入期間三種捕蟲器捕獲褐飛蝨蟲數之相關性

Table 2. Correlation among number of brown planthopper (BPH) captured by three kinds of traps during its immigration period

Correlation between	F value	r ²
1. Number of BPH caught in each immigration wave.		
Air-brone net trap vs. Light trap	8.9926*	0.4265
Air-borne net trap vs. Yellow water-pan trap	0.2599 ^{ns}	0.0212
Light trap vs. Yellow water pan trap	0.7241 ^{ns}	0.0569
2. Number of BPH caught during immigration period.		
A. During June		
Air-brone net trap vs. Light trap	7.7884*	0.7219
Air-borne net trap vs. Yellow water-pan trap	31.9338**	0.9141
Light trap vs. Yellow water pan trap	2.5382 ^{ns}	0.4583
B. During July		
Air-brone net trap vs. Light trap	109.4048**	0.9733
Air-borne net trap vs. Yellow water-pan trap	6.4367*	0.6821
Light trap vs. Yellow water pan trap	3.3481 ^{ns}	0.5274
C. During August		
Air-brone net trap vs. Light trap	0.0364 ^{ns}	0.0120
D. During June to August		
Air-brone net trap vs. Light trap	64.1408**	0.9553
Air-borne net trap vs. Yellow water-pan trap	9.5678*	0.7613
Light trap vs. Yellow water pan trap	2.0322 ^{ns}	0.4038

盤之捕蟲數相關並不顯著，於8月份因遷入波均屬少量，即使氣帶式捕蟲數與吸式誘蟲燈者亦無顯著相關。Kisimoto (1979) 認為以使用氣帶式捕蟲網為最直接偵測遷入波之方法，但其所偵測之密度只能代表一般較大面積之平均遷入趨勢；而黃色水盤之捕蟲數與田間蟲數相關最密切，因此認為聯合氣帶式捕蟲網及黃色水盤為最佳偵測遷入密度之方法。然而在臺灣褐飛蝨及白背飛蝨之遷入主要在於6月下旬月至7月下旬，於此期間在嘉南地區適值第一期水稻黃熟後期、收割、整田及第二期作插秧期，田間環境變化甚大，黃色水盤之捕蟲量因受環境之影響，不若在日本者（5月至6月中旬插秧，主要遷入期於6月中旬至7月中旬）穩定，因此在臺灣的環境下，於二期作早植之高屏地區或許可沿用Kisimoto (1979) 之建議，但其他地區則以並用氣帶式捕蟲網及吸式誘蟲燈之方法較佳。如前述氣帶式捕蟲網需有較強之氣流始能發生捕蟲作用，對於較小之遷入波無法偵測，而吸式誘蟲燈誘捕效率頗大，尤在無風狀態下，因此可偵測到小型之侵入波，除可彌補氣帶式捕蟲網之缺失，同時亦可用於偵測地區性飛蝨之豐度。

氣帶式捕蟲網、吸式誘蟲燈及黃色水盤在遷入期及全年褐飛蝨捕獲蟲之性比調查結果如表三。在前兩種捕蟲器，無論在遷移期或全年捕蟲的性比每年雖略有變動，在觀察期中6年之平均則雌蟲所佔比例均將近50%，然而黃色水盤於遷入期雌蟲約佔30%，但全年捕蟲數則雌蟲所佔比例可提高至42%左右，顯示在水稻生育後期雌蟲被誘捕之比例並不比雄蟲為低。此項結果與Kishimoto (1976) 報告褐飛蝨在誘蟲燈、氣帶式捕蟲網及黃色水盤之雌蟲分別各約佔總捕蟲數之43、46及10%比較，則本調查雌蟲在三種捕蟲器捕獲蟲數所佔比例均較高。

二、遷入嘉南地區之氣象條件分析

自1985至1989年每年5至8月間氣帶式捕蟲網及吸式誘蟲燈之捕獲褐飛蝨及白背飛蝨較顯著

表三 在田間三種捕蟲器捕獲之褐飛蝨的性比

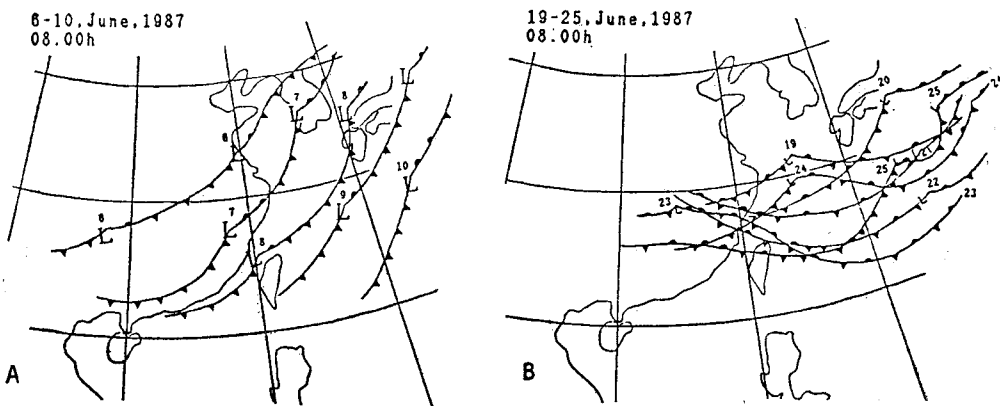
Table 3. Sex ratio of brown planthopper captured by three different traps in paddy field

Year	Female ratio (%) in		
	Yellow water-pan trap	Light trap	Air-borne net trap
	Captured during immigration period		
1984	17.7	59.0	41.1
1985	40.3	53.1	49.4
1986	50	54.2	45.5
1987	30	46.3	56.5
1988	25	35.6	46.6
1989	14.3	39.1	57.1
Average	29.6	47.9	49.4
	Captured in a whole year		
1984	41.4	50.2	47.2
1985	42.4	48.5	47.5
1986	41.4	48.1	50.7
1987	44.2	47.8	53.4
1988	42.4	40.9	49.9
Average	42.4	47.1	49.7

之波次日期，捕獲蟲數以及地面及 850 毫巴之氣象資料如表四。依據顯著捕獲時之氣象圖，可將其氣象型態區分為鋒面型、低壓環流型、西南氣流型、副熱帶高壓型等四種。茲將各氣象型導引褐飛蝨或（及）白背飛蝨長距離遷入嘉南地區之特性進一步分析如下：

(1)鋒面型 (Frontal type)：影響臺灣地區之鋒面主要包括冷鋒 (Cold front) 及滯留鋒 (Stationary front) 兩種型態，前者移動迅速，而後者滯留時間較長。鋒面移動方式則大體可分為兩種，其一，鋒面略呈東西走向，由臺灣北部往南移動，滯留鋒之移動大部屬於這種型式；另一，鋒面由東北往西南延伸，鋒面由大陸浙閩沿海往臺灣西海岸移動，大部冷鋒之移動方式屬於此類型。在本觀察期中偵測到的 68 次遷入波中，有 22 次是受鋒面型所影響，其中有 16 次遷入蟲數較多者（表四），其出現於 5 月者有 9 次，6 月者 8 次，7 及 8 月者分別為 2 及 3 次，可見鋒面型為 5 至 6 月間主要導引兩種飛蝨遷入的氣象因素之一。

冷鋒型主要出現於 5 月上、中旬，在此時期，雖有零星之褐飛蝨或白背飛蝨之捕獲，但却無明顯的遷入波出現，此可能受遷出地蟲源之影響所致。受冷鋒之導引而有較明顯之侵入者，以出現於 1987 年 6 月 6 日至 9 日之鋒面為例，就其移動與捕獲褐飛蝨及白背飛蝨蟲數之關係說明如下：在地面圖上，於 6 月 7 日 20 時鋒面已移至大陸東南沿海（圖六 A），於 6 月 8 日 14 至 17 時之間通過嘉義地區；地面風向由 7 日 7 時開始吹南至西南西風，持續至 8 日 15 時 30 分；嘉義地區自 7 日起降雨，尤以 8 日 9 時 40 分至 12 時 45 分雨量最大，達 38 mm。在 850 毫巴等壓面圖上，於 7 日 20 時低壓槽線 (Depression trough) 前吹西南至西風，風速 27 至 36 km/hr，其寬度超過 300 km，由東經 110° 向東北東伸展，該槽線於 8 日 15 至 20 時間通過嘉義地區，溫度由 18°C 降 15°C 至，風向轉為北北東至北風，風速亦下降至 9 km/hr 左右。在本次鋒面之影響，氣帶式捕蟲網及吸式誘蟲燈於 6 月 5 日至 8 日（受 4 至 7 日天氣影響）均未捕到飛蝨，但於 9 至 11 日氣帶式捕蟲網捕獲褐飛蝨 2、2 及 1 隻，白背飛蝨 15、5 及 2 隻；吸式誘蟲燈則分別捕獲褐飛蝨 36、24、3 隻、白背飛蝨 76、62 及 5 隻。按上述氣象分析推測本次遷入波之遷出地為珠江以北及福建沿海地區。該地區於地面圖上在 7 日 20 時處於鋒面後的低壓帶，利於飛蝨升空，而於 850 毫巴圖上該地區位於槽前，吹西至西南風；嘉義地區在鋒面到達前 3 至 6 小時降大雨，下衝的氣流把遷移之飛蝨帶回地面，此段時間可能為其主要降落期。



圖六 兩種鋒面系統移動路徑與嘉義地區飛蝨之捕獲高峰的關係（圖 A 捕獲高峰出現於 6 月 8 日及 9 日；圖 B 捕獲高峰出現於 6 月 22 日至 25 日）。

Fig. 6. Moving paths of two different frontal system in relation to the main catches of planthoppers at Chiayi. (Main catches of the planthoppers were recorded on 8 and 9, June in the chart A, and from 22 to 25, June in the chart B).

表四 褐飛蝨及白背飛蝨遷入嘉南地區之波數及相關之氣象條件・1985-1989。
 Table 4. The meteorological factors associated with the immigration of brown planthopper and white backed planthopper detected at Chiayi, 1985-1989

Year	Immi-grat. wave	Date	Weather ¹⁾ type	No. insect captured			Surface weather conditions				850 mb weather conditions at Makong				
				BPH	WB-PH ²⁾	Net trap	Light trap	BPH	WBPH	Wind direction	Max. wind speed (km/hr)	Rain-fall (mm)	Temp. (°C)	Wind direction	Wind speed (km/hr)
1985	1	4-5, May	SW. A	1	0	0	40	0	WSW-W	19-26	0	21-32	SSW-SW	19-27	17-19
	2	14-15, May	SH (RSHC)	4	3	7	0	0	W-NW	18-19	0	23-33	SSW-SSE	19-27	18-21
	3	27-29, May	F	2	7	154	0	SSE-NW-SSW	19-25	160	23-30	SW-NNW	37-83	17-20	
	4	6-12, June	F	5	10	1,115	5	NW-WSW	21-28	52	23-32	NNW-SSW	9-56	18-20	
	5	16-19, June	DC (DZ)	8	1	381	4	NNW-N	18-30	10	23-33	NW-ES	9-28	17-19	
	6	20-25, June	DC (T)	69	1	2,205	1	NW-SSW	12-50	17	24-28	ES-SSW	28-83	19-24	
	7	26-28, June	F	5	1	912	0	SSW-SW	21-35	184	23-30	SSW-S	37-65	18-19	
	8	29 June-2 July	DC (DZ)	11	0	1,625	0	W-EEN-SSW	16-52	54	24-32	SE-S	28-56	18-20	
	9	3-4, July	SW. A	176	3	3,824	12	SSW	31-46	2	24-32	S-SW	28-74	17-19	
	10	7-9, July	SW. A	273	0	3,119	0	SSW	25-46	5	24-34	NE-S	19-83	18-22	
	11	23-25, July	SH (RSHC)	362	21	1,896	28	NW-W	23-28	0	23-35	SW-SSW	9-28	19-20	
	12	30-31, July	DC (T)	65	2	170	0	SW-W	28-34	13	25-34	SSW-W	28-37	18-21	
	13	18-20, Aug.	DC (DZ)	2	1	82	33	ESE-SW	23-28	88	23-33	NNW-S	19-37	18-21	
	14	22-25, Aug.	DC (T)	3	0	180	16	N-SSW	23-32	127	23-31	N-SSW	9-74	18-20	
	15	27-28, Aug.	DC (DZ)	0	0	54	0	SE-NW	21-36	124	22-32	SSE-W	9-28	17-19	

1) SW. A: Southwestern airflow type; F: Frontal type; DC: Depression circulation type; T: Typhoon; DZ: Depression zone; TD: Tropical depression; MD: Mobile depression; SH: Subtropical high type; RSHC: Rended subtropical high circulation.

2) BPH: Brown planthopper; WBPH: White backed planthopper.

表四 褐飛蟲及白背飛蟲遷入嘉南地區之波數及相關之氣象條件，1985-1989。(續)
Table 4. (Continued)

Year	Immigrat. wave	Date	Weather ¹⁾ type	No. insect captured			Surface weather conditions			850 mb weather conditions at Makong				
				Net trap	Light trap	Light trap	Max. wind speed (km/hr)	Rain-fall (mm)	Temp. (°C)	Wind direction	Wind speed (km/hr)	Temp. (°C)		
				BPH	WB-PH ²⁾	BPH	WBPH	Wind direction						
1986	1	19-21, May	F	0	10	15	3	SSW-S	25-31	96	19-32	SW-S	19-74	17-18
	2	28-30, May	F	1	11	20	0	NWW-S	17-24	25	23-34	WSW-SW	19-37	17-20
	3	1-2, June	DC (DZ)	0	11	4	0	SWW-W	16-23	0	24-33	NW-SW	9-19	17-20
	4	3-6, June	F	0	1	52	100	SW-WNW	19-34	107	23-32	SW-W	9-37	18-19
	5	13-15, June	SW. A	0	0	45	3	WSW-WNW	20-24	0	24-33	SW-W	9-28	18-21
	6	19-21, June	SW. A	0	0	39	10	NW-WSW	22-32	4	24-34	NW-S	9-28	19-21
	7	26-29, June	SW. A	3	0	32	0	S-SW	24-40	0	25-34	SW-SSW	9-56	17-21
	8	1-2, July	F	0	0	51	18	W-WSW	18-25	1	25-35	NW-SW	9-28	19-21
	9	21, Aug.	DC (T)	0	0	12	0	SSW	24	0	24-33	S	37-74	19-20
1987	1	17-18, May	F	0	0	26	6	NNE-ESE	19	86	21-26	SW-W	28-46	15-19
	2	24, May	SH	0	0	24	0	WSW	23	2	23-33	SW	28	18
	3	8-10, June	F	5	22	63	143	S-NNW	14-18	46	21-30	SW-SSE	9-37	15-18
	4	23-25, June	F	39	13	315	134	SW-SSW	14-26	54	26-32	SW-W	28-56	20-22
	5	28-29, June	F	2	10	244	221	NW-WNW	13-17	0	25-32	W-N	9-28	19-20
	6	2-3, July	SW. A	0	4	26	53	SW	32-27	0	25-34	SSW-S	28-46	20-21
	7	14-16, July	DC (T)	55	266	973	317	NE-SW	26-27	37	25-32	N-SSW	19-28	19-22
	8	21-22, July	DC (T)	46	60	345	32	S-SSW	23-33	107	25-32	NW-SW	19-28	19-21
	9	23-25, July	SW. A	2	7	26	13	SW-NW	26-30	54	24-34	SW-N	9-37	18-21
	10	27-28, July	DC (T)	13	6	42	6	WSW-SW	34-35	254	24-30	NW-SW	37-57	18-21
	11	31, July-1, Aug.	SW. A	5	3	14	0	SSE-SW	30-26	1	24-34	SW-SSW	28-56	19-21
	12	8, Aug.	F	4	1	29	0	WSW	25	0	26-33	SW	19	21
	13	18-19, Aug.	DC (T)	0	0	29	14	NW-WNW	19-20	0.5	25-34	NE-SE	9-19	20-22
	14	23-24, Aug.	SH	0	0	35	15	W-WSW	21-20	0	24-34	SSW-E	9-19	19-20

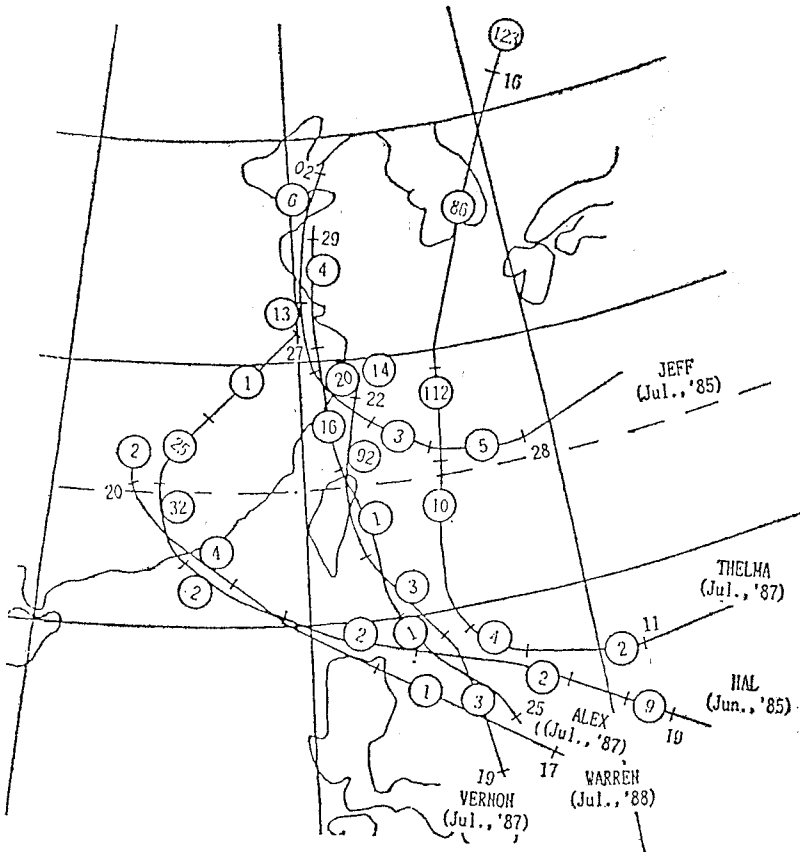
表四 褐飛蟲及白背飛蟲遷入嘉南地區之波數及相關之氣象條件，1985-1989。(續)

Table 4. (Continued)

Year	Immi- grat. wave	Date	Weather ¹⁾ type	No. insect captured			Surface weather conditions				850 mb weather condi- tions at Makong			
				Net trap BPH	WB- PH ²⁾	Light trap BPH	WBPH	Wind direction	Max. wind speed (km/ hr)	Rain- fall (mm)	Temp. (°C)	Wind direction	Wind speed (km/ hr)	Temp. (°C)
1988	1	3-4, May	SW. A	0	0	14	2	WSW-W	17-21	T	23-32	SSW-SW	37-46	19-20
	2	22-24, May	F	0	0	18	12	S-WNW	21-22	158	22-31	S-SW	29-65	18-20
	3	1-3, June	DC (T)	3	0	9	1	W-NW	17-34	51	18-31	N-NNE	19-65	18-20
	4	24-26, June	F	3	1	10	3	S-SSW	30-36	106	24-32	SSW-SW	46-56	20-21
	5	3-4, July	SH	0	0	20	0	W	21-23	2	26-35	S-SW	9-19	20-23
	6	7-8, July	DC (T.D)	1	0	33	0	W-NW	18-22	25	27-34	NNW-NE	19-28	21-23
	7	11-15, July	SW. A	0	0	158	2	WSW-N	19-40	130	24-34	S-SSW	9-46	19-20
	8	18-9, July	DC (T)	6	1	48	0	S-NNW	34-52	2	24-34	NNE-SSE	37-65	19-20
	9	27-28, July	F	44	77	586	107	S-SW	25	18	24-32	SW-W	19-28	18-21
	10	12-13, Aug.	F	0	0	18	14	S-SW	22	214	23-29	SSW-SW	28-46	18-20
1989	1	19-22, June	F	0	7	19	5	SW-NNW	20-22	23	22-31	SW-NW	19-37	17-19
	2	11-12, July	SH	1	0	12	0	W	19-29	29	24-35	S-SSW	19-37	18-20
	3	23-24, July	SW. A	1	1	14	0	SW-WSW	35	54	34-32	SSW-SW	37-56	19-20
	4	26-29, July	DC (DZ)	15	51	28	2	SW-N	18-27	149	25-31	SW-NE	19-65	18-22
	5	16-17, Aug.	DC (MD)	0	0	27	34	NNW-E	20-29	24	24-33	NNW-NW	19	18-20
	6	24-25, Aug.	DC (DZ)	0	0	42	8	NNW-NNE	20-21	10	25-34	NW	19-37	19-20

至於影響臺灣地區之滯留鋒主要出現於5月下旬至6月中、下旬，亦即臺灣梅雨期。由於屬於滯留鋒之鋒面略呈東西走向，於廣東、福建一帶廣範圍上空均吹西至西南或西北風，一般而言，其風速雖然不若冷鋒之強，但由該地區升空的飛蝨被運載至本省上空的機會要較冷鋒者為大。以76年6月23至25日之滯留鋒為例(圖六B)，該鋒面由19日至24日均在北緯27°至29°徘徊，嘉南地區在該期間都位於鋒前的暖區中，吹西至西南風，降雨。在850毫巴等壓圖上，槽前的西風帶寬達700至800公里，由東經100°向東伸展通過嘉義，風速由27至56 km/hr，溫度19至22°C。在此氣象型態下，本地區氣帶式捕蟲網於23、24及25日分別捕獲褐飛蝨2、4及35隻，白背飛蝨2、4及9隻；吸式誘蟲燈在22至26日之捕獲褐飛蝨分別為4、1、21、17及232隻，而白背飛蝨分別為0、0、1、12及32隻。本次遷入之蟲源推測可能為福建及江西中南部地區。

由上述兩個例子以及5年間之鋒面氣象型與飛蝨之捕蟲量分析，可發現當鋒面由東北直向西南延伸時(如圖六A)，待鋒面移至大陸沿海地區以後，嘉義始有明顯之飛蝨捕獲；而當其走向略呈東西



圖七 颱風移動路徑及中心位置與氣帶式捕蟲網捕獲飛蝨數之關係。(路徑上截線處表示颱風中心位置，截線旁之數字為日期，而圓圈內之數字為氣帶式捕蟲網捕獲之飛蝨蟲數)。

Fig. 7. Moving paths of typhoon in relation to the number of plant-hoppers captured by the traps. (The crosses on the moving paths of typhoon means the location of typhoon center, and the figures by the cross indicate the date, while the figure inside a circle between two crosses means the number of plant-hopper captured by an air-borne net trap)

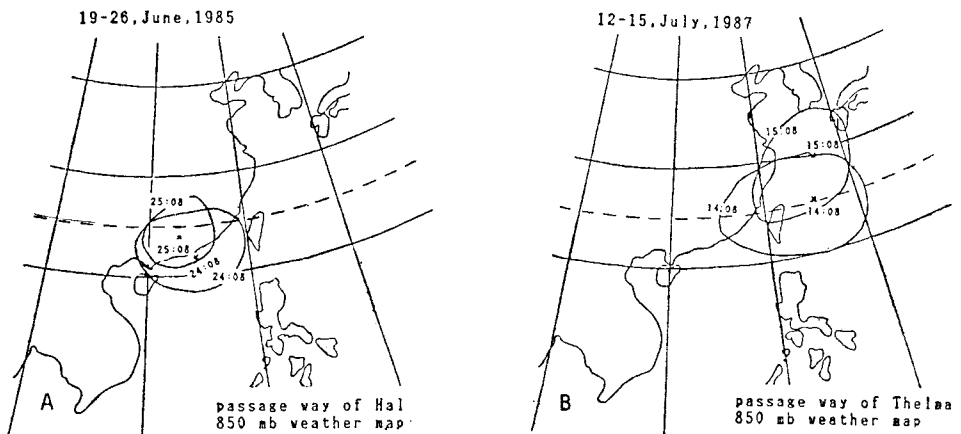
向時，則在鋒面移入北緯 27 至 28° 以南，本地區即有零星捕獲，比較顯著之掃獲則在當鋒面達北緯 26° 以南至其通過嘉義地區之前的一段時間內，待槽線通過本地區，風向轉東至東北風，捕獲蟲數即呈驟降。

(2)低壓環流型 (Depression circulation)：本項氣象型包括熱帶氣旋 (颱風 Typhoon, T)，熱帶性低壓 (Tropical depression, TD) 及移動性低壓 (Mobile depression, MD) 及低壓帶 (Depression zone) 等之環流，當此種環流涵蓋臺灣西岸及華南則可能導引由華南升空之飛蝨之遷入。為方便說明，茲將各種低壓環流與褐飛蝨及白背飛蝨遷入嘉南地區之關係分述如下：

1.熱帶氣旋型 (颱風型)：由 1985 年至 1989 年 5 月至 8 月間在臺灣附近出現之颱風共計 19 次，在嘉南地區有明顯之褐飛蝨及白背飛蝨捕獲者有 10 次，其中只有 6 次捕蟲數較豐，其路徑與捕蟲數如圖七。在颱風氣象型中，出現於 5 月者有 1 次，未有捕獲；在 6 月份出現者只有 74 年的海爾 (Hal) 颱風有較豐之捕獲；在 7 月中出現 8 次，其中如 74 年之傑夫 (Jeff) 颱風，76 年之賽洛瑪 (Thelma)、費南 (Vernan)、亞力士 (Alex) 等颱風以及 77 年之華倫 (Warren) 颱風等 5 次捕獲較豐，其他 3 次則無明顯捕獲；8 月中出現之颱風在觀察期中共出現 7 次，但在各次之捕獲蟲數均屬少數 (表四)。

由颱風的移動路徑與捕獲蟲數之關係 (圖八) 可發現，凡颱風路徑由呂宋島東方海面沿本省東方海面北上者，當其中心在北緯 25° 至 30°，東經 120° 至 125° 範圍內，當環流涵蓋臺灣西部及華中、華南沿海地區，風向由北轉西北再轉西至西南時，而馬公上空 850 毫巴等壓面圖上，風向自西北轉至西或西南風時，嘉義區即開始有顯著的捕獲 (圖八 B)。此時經嘉義的氣流線源自華南，待其轉成西南風後即成爲西南氣流型。

另一型颱風的移動路徑係由呂宋島東方海面經巴士海峽或呂宋島北端再往廣東北部或福建中南部登陸 (如 1985 之海爾 (Hal) 颱風，1988 年之華倫 (Warren) 颱風)，當其中心移至北緯 20° 至 25°，東經 122° 至 115° 間，颱風環流涵蓋臺灣西南部沿海後風向逐次由北北東轉爲東南時開始可捕獲零星侵入之飛蝨，當風向再轉南南東至西南之階段，在嘉義有較高之捕獲 (圖八 A)。若颱風



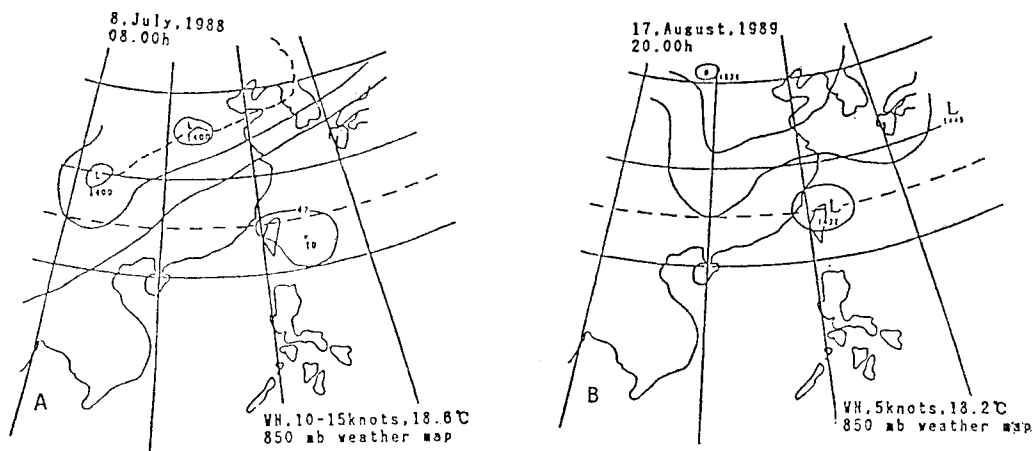
圖八 嘉義地區出現飛蝨捕獲高峰時之颱風中心位置及其外圍環流 (圖A爲西向颱風，捕獲高峰出現於 6 月 24 日及 25 日，圖B爲北向颱風，捕獲高峰出現於 7 月 14 至 16 日)。

Fig. 8. The center and the outmost circulation of the westwards (A) and northwards typhoon (B) as the main catches of planthoppers appeared at Chiayi. (Main catches were recorded on 24 and 25, June in the chart A and on 14, 15 and 16, July in the chart B).

路徑偏南，由香港或雷州半島方向移動，則本地區只有少量捕獲或無所捕獲，隨颱風環流涵蓋範圍而定。

在觀察的颱風氣象型中，有褐飛蝨或白背飛蝨遷入者，在地面天氣，嘉義地區均有西南風向出現，最大風速至少在 12 km/hr 以上且均有降雨；在馬公上空 850 毫巴等壓面，溫度至少在 18°C 以上，且均在開始出現有西向分量的強盛的氣流（至少 10 km/hr 以上）時，嘉義地區始有捕獲高峯出現。

2.熱帶性低壓型：形成於熱帶地區海面之小氣流，有的待其增強後可形成颱風。當此氣旋移經臺灣附近時，其環流導引飛蝨遷入嘉義地區者有若颱風情形。在本觀察期間此種氣象型只有在 1988 年 7 月 7 至 8 日出現一次。在 850 毫巴等壓面上，熱帶低壓中心位於臺灣東部海面（圖九 A），當其環流涵蓋臺灣中北部及華南沿海地區，華南地區吹西南至南南西風，馬公上空之風向由 7 日 20 時之東北風，8 日 8 時轉為北北西風，風速由 18 km/hr，增強至 28 km/hr；嘉義地區地面吹西北至西風，溫度 26.5 至 33.9°C，降雨。在此次遷入波氣帶式捕蟲網只捕獲到褐飛蝨 1 隻，而吸式誘蟲燈則捕獲到褐飛蝨 33 隻。



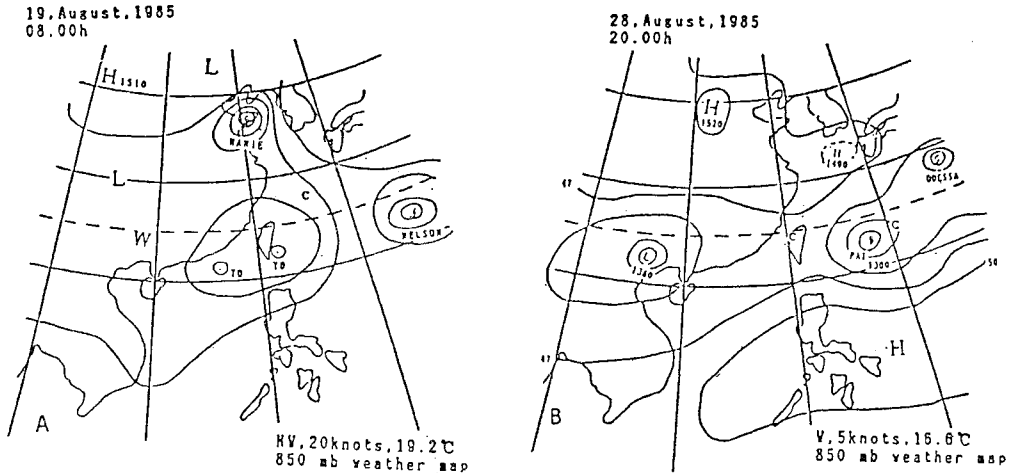
圖九 嘉義地區有飛蝨遷入波時在 850 毫巴等壓面圖上熱帶性低壓(A)及移動性低壓(B)之氣象形態。

Fig. 9. The weather conditions of a tropical depression (A) and a mobile depression (B) on 850 mb chart as the immigration waves of planthoppers were detected at Chiayi.

3.移動性低壓（氣旋）型：在東海及臺灣海域附近常有新生移動性低壓存在，當其環流涵蓋臺灣與華南時，亦可如熱帶低壓導引飛蝨之遷入，但由於移動性低壓與熱帶性低壓環流涵蓋範圍較小，由其環流引入之蟲量亦較颱風環流者為少。在本觀察期中，屬於移動性低壓引入之氣象型態只有 1989 年 8 月 16 至 17 日出現一次。在 850 毫巴等壓面上低壓中心位於宜蘭附近海面，其環流涵蓋臺灣中南部以北地區及福建沿海（圖九 B），福建中北部上空吹東北至北風，時速 27 km/hr；馬公上空吹北北西至西北風，風速 19 km/hr；嘉義地區地面吹東風後轉北北西風，最大風速 20 至 29 km/hr，降雨。在本次遷移波，氣帶式捕蟲網無捕獲，誘蟲燈捕獲褐飛蝨 27 隻，白背飛蝨 34 隻。此種捕獲量在 8 月下旬是屬於顯著之侵入波。

4.低壓帶型：此種氣象型係由兩個或兩個以上之小型氣旋形成一個較大範圍之環流。在本觀察期中，此種氣象型態共出現 7 次，其中 6 及 7 月各出現 2 次，8 月出現 3 次。藉低壓帶氣象型導引兩種飛蝨遷移入嘉南地區大體可區分兩種型式，如圖十所示，在臺灣附近同時存在兩個或兩個以上之小型氣

旋而形成一個較大的環流，當此環流涵蓋臺灣及華南沿海地區或北呂宋，即有機會導引該地區之飛蟲遷入嘉南地區。如圖十A的情況，由二個小型氣旋所形成之環流涵蓋及臺灣及福建沿海，馬公上空850毫巴等壓面圖上自8月18日20時吹西北風，風速27~37 km/h，至20日8時轉南風；嘉義地區地面自8月18日吹東南東風，20日轉西風最大風速自22.7至26.3 km/hr，18至20日均有降雨記錄。本次遷入於氣帶式捕蟲網捕獲褐飛蟲2隻、白背飛蟲1隻，而於吸式誘蟲燈捕獲褐飛蟲82隻，白背飛蟲33隻，主要遷入期為8月19日。



圖十 嘉義地區有飛蟲遷入波時在850毫巴等壓線圖上兩種低壓帶之氣象形態。

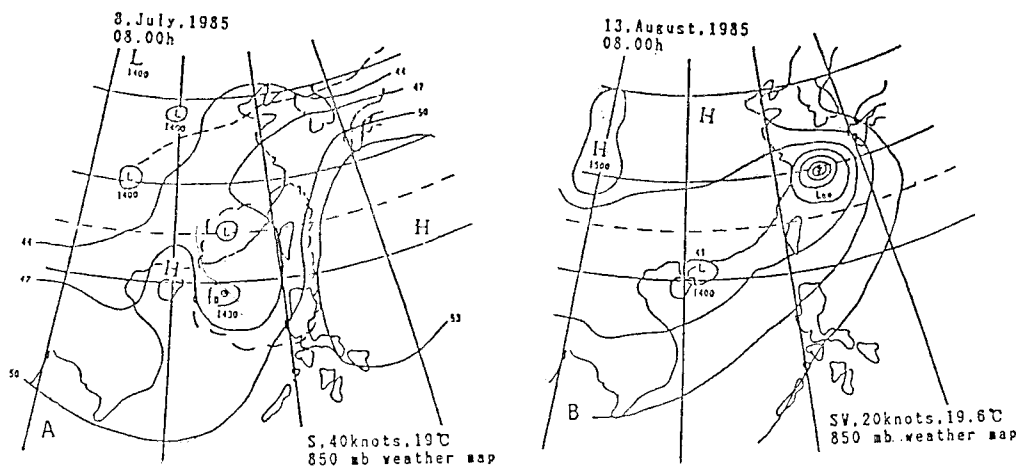
Fig. 10. The weather conditions of two types of depression zone on 850 mb chart as the immigration waves of planthoppers were detected at Chiayi.

另一類型如圖十B，即臺灣處於華南及太平洋上之氣旋間，即位於兩個低壓間之高壓處，有顯著之下降氣流。就以圖十B之氣象型態，在850毫巴等壓線圖上，福建南部沿海吹北北東風，風速9 km/hr，馬公於8月27日8時吹南南東風，20時轉吹北北西風，28日8時吹西風，20時又轉吹東北風，顯然係受此兩氣旋環流進退之影響。飛蟲主降時間推測在27日20時左右至28日20時前，馬公上空有西分向氣流這段期間。在嘉義地區在27及28日吹東南東至西北風，兩日均有降雨記錄。本次遷入於氣帶式捕蟲網無捕獲，吸式誘蟲燈捕獲褐飛蟲54隻。

(3)西南氣流型 (Southwestern airflow, SW. A)：臺灣處於太平洋副高壓環流及由華南或中南半島之低壓中心引自孟加拉灣經中南半島來的暖濕氣流之會流處，或偏在太平洋副高壓環流裏，或偏在經中南半島來的低壓環流中。臺灣西海岸吹強盛之南南西風，若有下降氣流即可將隨西南氣流而來之褐飛蟲或白背飛蟲迫降。如1985年7月8日之氣象圖所示(圖十一A)，在地面圖及850毫巴圖上，臺灣位於太平洋副高壓的西北至西北端，而大陸東南地區存在一個低壓中心，東沙海面另存一熱帶低壓，臺灣地區受高壓及低壓環流(一個通過菲律賓，另一個通過中南半島)滙流的影響，在馬公上空850毫巴等壓面上的風向為南至西南風，風速18至74 km/hr，福建沿海吹西南風，風速9至46 km/hr；嘉南地區地面上則吹南南西風，最大風速25至46 km/hr，降雨。此次遷入蟲源在7至8日可能來自福建，而9日待高壓再向西推進，則蟲源來自北呂宋之可能性較大。

除太平洋副高壓與華南之低壓可構成西南氣流型之氣象外，由北上颱風亦可引起強盛之西南氣流。在本文，若颱風環流可影響及臺灣者類歸為颱風型，若颱風由琉球北方海面北上，而其環流未影響及臺灣者，由所導引之西南氣流則類歸為西南氣流型(圖十一B)。

在本觀察期中，類歸為西南氣流型共出現12次，其中以7月份出現7次最高，6及5月份分別

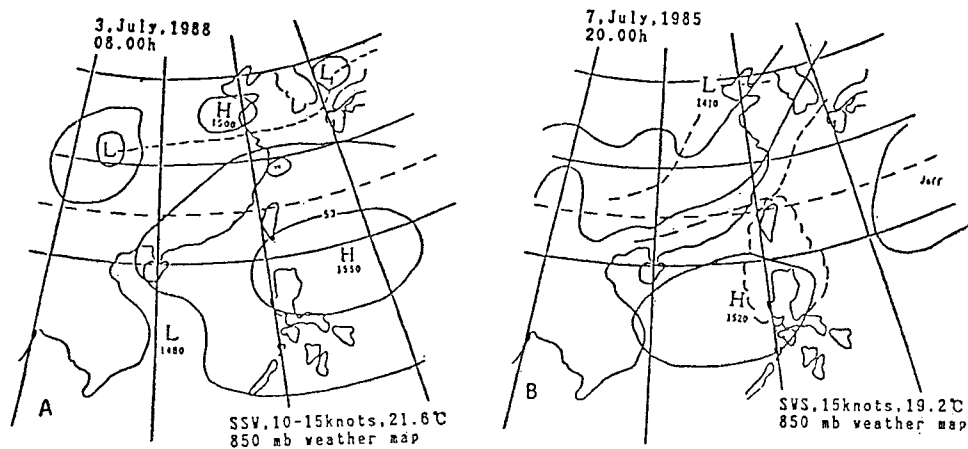


圖十一 嘉義地區有遷入波時在 850 毫巴等壓線圖上引起臺灣西海岸吹西南風之兩種天氣形態。

Fig. 11. Two types of weather conditions on 850 mb chart for inducing the southwestern air stream in the west coast of Taiwan as the immigration of planthopper were detected at Chiayi.

出現 3 及 2 次。在 12 次西南氣流型中嘉義地區有降雨紀錄者有 8 次，無雨者 4 次。在降雨情況下，遷飛之飛蝨可藉下降氣流迫降地面，但於無雨情況下，飛蝨如何被迫降則有待進一步探討。

(4)副熱帶高壓型 (Subtropical high, SH)：一般處於熱帶海洋氣團影響之天氣情況下出現副高壓氣象型，其主要特徵為晴天，高溫潮濕，對流性強，有雷陣雨等。在 850 毫巴等壓面圖上，太平洋副高壓前緣常超越臺灣西海岸而向華南伸展 (圖十二 A)，華南上空吹南至西南風，而馬公上空吹南南東，南南西至西南風，風速由 9 至 28 km/hr，較上述各種氣象型為弱；在地面上，嘉義地區吹西北，西或西西南風，最大風速由 18 至 29 km/hr。在 4 次屬於副高壓型中，3 次在嘉義地區有降雨紀錄，另外 1 次無雨。屬於本氣象型導入之飛蝨由於風速較弱，氣帶式捕蟲網常無捕獲，而吸式



圖十二 嘉義地區有遷入波時在 850 毫巴等壓線圖上之兩種副熱帶高壓之氣象形態。

Fig. 12. Two types of weather conditions of subtropic high on 850 mb chart as the immigration waves of planthoppers detected at Chiayi.

誘蟲燈捕獲褐飛蝨與白背飛蝨合計亦不超過 50 隻。

分裂副高壓環流為另一型反氣旋導引褐飛蝨及白背飛蝨遷入之氣象型。當分裂副高壓出現於臺灣四周，只要其環流可涵蓋華南或呂宋島，則有機會導引褐飛蝨等遷入臺灣。如 1985 年 7 月 23 至 25 日，於 850 毫巴等壓面圖上，在呂宋島至海南島間為一分裂性太平洋副高壓所控制，而閩粵上空形成一低壓槽經臺灣北部海面往日本海之對馬海峽延伸，由於槽前之西南氣流與分裂副高壓環流滙合之影響，廣東及福建沿海吹西南風，風速達 37 至 56 km/hr (圖十二 B)；嘉南地區地面吹西至西北風，無雨，但由圖十二 B 顯然可見在臺灣地區為雲雨區，有下降氣流。在此氣象型態下，嘉南地區無論在氣帶式捕蟲網或吸式誘蟲燈下均有豐富之飛蝨捕獲。

綜合上述四種氣象型，嘉義地區每年 5 至 8 月間有較顯著之褐飛蝨與白背飛蝨捕獲的氣象條件可歸納如下：即在 850 毫巴等壓面圖上，華南沿海地區存有西南、西或西北氣流，風速 9 km/hr 以上，並延伸至嘉南地區，或在呂宋島北部具南至東南之運載氣流，並延伸至臺灣西海岸，且其溫度均在 17°C 以上；而在嘉義之地面圖上氣象要素包括(1)降雨：在 54 次較顯著的捕獲波中有 43 次具降雨記錄，另 11 次無降雨記錄者大部屬於西南氣流型及副高壓型者，則可能因有下沉氣流而使飛蝨類降陸。(2)溫度：地面最低氣溫大部在 22°C 以上，最高為 35°C；(3)風向：捕獲波主要為具西或南分向氣流的情況下出現，最大風速為 19 km/hr 以上。

有關褐飛蝨長距離遷移之氣象條件在中國大陸及日本已有較明確之研究成果。江等 (1981) 指出在中國大陸褐飛蝨在春夏北遷的過程中，遷入地常在鋒面或副熱帶高壓兩類不同的天氣系統控制下；遷出地在 850 毫巴等壓面圖上，都處於槽前或副高脊區西部的西南氣流中，在地面圖，遷出地都處於暖區熱對流旺盛，褐飛蝨受上升暖空氣的挾帶進入高空，隨西南氣流之運載向北飛行，途中遇到槽線 (Trough)、切變線 (Shear line)、脊線 (Ridge)、鋒面冷區或降雨等具備降落條件時即隨氣流被帶回地面。

對於鋒面氣象型導引飛蝨類之遷入，江等 (1981) 更進一步指出在梅雨期間，當遷入地處於「槽前鋒後」的天氣形勢下，由於高空具有從蟲源方向來的水平運載氣流，以及近地面有下沉氣流存在，可迫使褐飛蝨降落；此外當遷入地處於鋒面西南暖區和高壓西側槽前的西南氣流中，若有褐飛蝨遷入一般都伴隨降雨過程；當遷入地上空處於槽線或切變線前，鋒面南北往復通過該地區時因地面氣流不穩，升降運動劇烈，亦可出現遷入峯。

在日本 Kisimoto (1976) 分析地區天氣地面圖與褐飛蝨之遷入之關係，表示遷入九州北部地區主要係在梅雨期受源自北緯 25° 至 35° 由中國大陸而向東延伸至九州北方 600 公里之低壓面或連續之低壓面所導引。其後 Seino, *et al.* (1987) 發現褐飛蝨由中國大陸遷入日本係靠位於梅雨鋒前 200 到 300 公里之低層噴射氣流 (Low-level jet stream) 運載，而梅雨鋒所引入之雨區則出現於低層噴射氣流北方 300 公里內，亦即鋒面的中心位置。依據此項發現而歸納出褐飛蝨遷入九州北部之三項條件：即低層噴射氣流主軸位於九州北部，而其流跡線 (Trajectory) 則可由九州北部延伸至中國大陸東南部或臺灣之水稻栽培區，且沿流跡線之風速在 10 m/s (20 knots 或 37 km/hr) 以上。此項假說亦於近年之遷入實況獲得證明 (寒川等, 1988)。

臺灣地處亞熱帶，且與華南與呂宋島之廣大水稻栽培區相距僅在 200 至 600 公里範圍以內，以 10 knots (\approx 19 km/hr) 之風速計算，於 10 至 24 小時左右即可到達臺灣上空，因此只要一個小型氣旋或反氣旋，其環流即可將華南或北呂宋島之飛蝨類運載到臺灣。Rosenberg and Magor (1986) 以地面 10m 及 1.5 km 之氣流流跡線來追蹤褐飛蝨之長距離遷移亦顯示在 30 小時範圍內，褐飛蝨等可能由北呂宋或華南隨氣流遷入臺灣地區。

就影響褐飛蝨與白背飛蝨遷入臺灣地區而言，由過去 5 年之偵測分析，雖大體上可將導引遷入之氣象分為鋒面型，低壓環流型，西南氣流型以及副熱帶高壓環流型等，但因氣象之變化莫測，時而單純，時而錯綜複雜，遷入波可由一項或數項因素綜合促成。因此欲斷言何者為主要導引褐飛蝨等遷入臺灣，誠屬難言，端視蟲源，運載氣流之方向，範圍及強度，以及下降氣流之有無而定。一般以 6 月

下旬至7月下旬的一段時間內，可能導引遷入之蟲數較多，任何一種氣象在此期間以外引入之遷入蟲量均屬有限，此可能與華南栽廣大水稻栽培區在此一階段成熟收穫，飛蝨類大量遷出有關。此一遷移期與褐飛蝨及白背飛蝨在中國大陸之第二波（巫及胡，1987）或第三波（程等，1979）北遷或日本之遷入期（Kisimoto, 1976）是一致的。

導引褐飛蝨及白背飛蝨的遷移及其過程之氣象條件中，有關鋒面型及副熱帶高壓型在日本及中國大陸已有較深入之研究分析（Kisimoto, 1976; 1984; Seino, *et al.*, 1987; 江等, 1981），但不明之點仍多（寒川, 1988）。就臺灣而言，因地處亞熱帶之海島型氣候地區，東西部受中央山脈阻隔且可導引飛蝨類遷入之氣象型態較大陸及日本複雜，欲暢明其整個遷入過程，仍有待進一步探討。另外，因部份褐飛蝨及白背飛蝨等可在臺灣越冬，在遷入蟲與本地蟲不易明確區分的情形下，如何更進一步判斷兩者各自對水稻危害之重要性亦為有待研究之課題。

誌 謝

本文係行政院國家科學研究委員會專題研究 NSC 76-0409-B055b-01, NSC 77-0409-055b-04 NSC 78-0409-B055b-03 及研究成果之一部份，研究期中承臺灣大學植物病蟲害系朱耀沂教授之鼓勵與建議，嘉義氣象站之提供有關氣象資料以及嘉義農業試驗所陳舜蕃先生、何淑貞、及楊秀芳小姐協助調查，整理資料，誌此一併致謝。

參 考 文 獻

- 大久保宣雄 1973 宙吊り飛翔法によるウンカ類飛しょうの實驗的研究 第一報 トビイロウンカの特徴及びそれらに與える物理的環境條件の影響 應動昆 17(1): 10-18。
- 太久保宣雄、岸本良一 1971 トビイロウンカ第4—5回成蟲期の飛しょう行動の日週期性 應動昆 15: 8-16。
- 朱耀沂 1976 飛蝨類之長距離移動及其對本省稻作影響之探討 pp. 14-25, 主要稻作與糧食害蟲, 稻作與糧食害蟲研討會專輯 臺灣植物保護中心 臺中。
- 全國褐稻虱科研協作組 1979 我國褐稻虱遷飛規律研究的進展 昆蟲學報 22(1): 52-59。
- 江廣恆、淡涵秋、沈婉貞、程遐年及陳若箴 1981 褐飛虱遠距離向北遷飛的氣象條件 昆蟲學報 24(3): 251-261。
- 巫國端、胡華 1987 稻飛虱 農業出版社出版 北京。
- 岸本良一、平尾重太郎、平原洋司、田中章 1982 沖繩、奄美、九州および東シナ海におけるトビイロウンカ、セシロウンカの飛來の同時性 應動昆 26(2): 112-118。
- 程遐年、陳若箴、習學、楊聯民、朱子龍、吳進才、錢仁貴、楊金生 1979 稻褐飛虱遷飛規則的研究 昆蟲學報 22(1): 1-19。
- 朝比奈正二郎、鶴岡保明 1968 南方定點觀測船に飛來した昆蟲 第二報 昆蟲 36(2): 190-202。
- 寒川一成、渡邊朋也、鶴町昌市 1988 トビイロウンカの飛來源と海外飛來要因に関する考察 九病蟲研會報 34: 79-82。
- 楊平世 1983 褐飛蝨 (*Nilaparvata lugens* (Stål)) 在臺灣冬季之生態研究 國立臺灣大學植物病蟲害學研究所博士論文 pp. 171 1984。
- 農試年報 1984 民國七十二年臺灣省農業試驗所年報 pp. 137-141 臺中 臺灣。
- 鄭清煥 1990 嘉南地區褐飛蝨之族羣動態及其發生預測之研究 中華昆蟲 10(1): 1-26。

- 劉清和 1988 臺灣地區褐飛虱猖獗要因之分析 中華昆蟲 8(2): 119-130。
- 劉清和、鄭清煥、陳慶忠、王雪香、朱耀沂 1989 1987 年飛虱類由海外遷移入臺灣之概況 中華昆蟲 9(1): 1-12。
- 鄧望喜 1981 褐飛虱及白背飛虱空中遷飛規律的研究 植物保護學報 8(2): 73-80。
- Baker, P. S. and J. R. Cooter. 1980. The flight capabilities of laboratory and tropical field populations of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) (Hemiptera: Delphacidae). Bull. Ent. Es 70: 589-600.
- Chen, C. C. 1984. Rice virus diseases transmitted by brown planthopper in Taiwan with special reference to rice wilted stunt. Chinese J. Ent. 4(2): 83-92.
- Chen, R. C. and X. N. Cheng. 1980. The take-off behaviour of brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stål) and its synchronous relations to the biological rhythm and environmental factors. J. Nanjing Agric. College 2: 1-8.
- Claridge M. F. 1978. Biotaxonomic studies on leafhopper pests of rice ODM Res. Scheme R. 3283, Cardiff, Wales U. K. pp. 39.
- Cook, A. G. and T. J. Perfect. 1984. Immigration rates and population development of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* in the tropics. Bull. Soc. Ent. Suisse 57(4): 413-414.
- Hirao, J. 1984. Recent trends in the occurrence and forecasting procedures in the brown planthopper. Chinese J. Ent. 4(2): 65-76.
- Jeffrey, M. H. 1982. A possible correlation between light trap catches of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) and the stage of development of the rice. Miscel. Rep., 57, Centre for Overseas Pest Res., London.
- Kisimoto, R. 1984. Meteorological conditions inducing long-distance migration of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål. Chinese J. Ent. 4(2): 39-48.
- Kisimoto, R. 1979. Brown planthopper migration, pp. 113-124. In Brown planthopper: Threat to rice production in Asia, IRRI, Los Banos, Philippines.
- Kisimoto, R. 1976. Synoptic weather conditions inducing long-distance immigration of planthoppers, *Sogatella furcifera* Horváth and *Nilaparvata lugens* Stål. Ecol. Ent. 1: 95-109.
- Kisimoto, R. 1971. Long-distance migration of planthopper, *Sogatella furcifera* and *Nilaparvata lugens*. Symp. Rice Isects. Trop Agri. Res. Ser. Trac. 5: 201-216.
- Kisimoto, R. 1968. Yellow pan water trap for sampling the small brown planthopper, *Laodelphax striatellus* (Fallén), a vector of the rice strip virus. Appl. Ent. Zool. 3, 37-48.
- Kou, R. and Y. I. Chu. 1984. Study on the geographical variations of the brown planthopper in Taiwan. Chinese J. Ent. 4(2): 55-64.
- Liu, C. H. 1984. Study on the long-distance migration of the brown planthopper in Taiwan. Chinese J. Ent. 4(2): 49-54.
- Ohkubo, N. 1981. Behavioural and ecological studies on the migratory flight of rice planthoppers, 141 pp.
- Padgham, D. E. 1983. The influence of the host plant on the development of the adult brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) (Hemiptera: Delphacidae) and its significance in migration. Bull. Ent. Res. 73: 117-128.

- Perfect, T. J. and A. G. Cook. 1982. Diurnal periodicity of flight in some Delphacidae and Cicadellidae associated with rice. *Ecol. Ent.* 7: 317-326.
- Perfect, T. J., A. G. Cook and D. E. Padgham. 1985. Interpretation of the flight activity of *Nilaparvata lugens* Stål and *Sogatella furcifera* (Harváth) (Hemiptera: Delphacidae) based on comparative trap catches and field marking with rubidium. *Bull. Ent. Res.* 75: 93-106.
- Rosenberg, L. J. and J. I. Magor. 1987. Predicting windborne displacements of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* from synoptic weather data. I. Long-displacements in the north-east monsoon. I. *Animal Ecol.* 56: 39-51.
- Rosenberg, L. J. and J. I. Magor. 1986. Modelling the effects of changing windfields on migratory flights of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål. pp. 345-356, *In Plant Virus Epidemics: Monitoring, Modelling and Predicting Outbreaks.* Academic press. Australia.
- Rosenberg, L. J. and J. I. Magor. 1983. Flight duration of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae) *Ecol. Ent.*, 8: 341-350.
- Seino, H., Y. Shiotsuki, S. Oya and Y. Hirai. 1987. Prediction of long distance migration of rice planthoppers to northern Kyushu considering low-level jet stream. *J. Agr. Met.* 43(3): 203-208.
- Wang, S. C. and T. Y. Ku. 1984. Development of insecticide resistance of brown planthoppers in central Taiwan. *Chinese J. Ent.* 4(2): 131-138.
- Zhu, S. X., C. Z. Wu, J. Y. Du, X. G. Huang, Y. H. Shuai and F. I. Hong. 1982. A summary report of the studies on the migration of the brown planthopper. *Guangzhou Agri. Sci.* 4: 22-24. (In Chinese)

**DETECTION OF THE TRANS-OCEANIC IMMIGRATION OF
RICE PLANTHOPPERS, *NILAPARVATA LUGENS* STÅL
AND *SOGATELLA FURCIFERA* HORVÁTH TO THE
SOUTHWESTERN TAIWAN AND THEIR RELATIVE
WEATHER-CONDITIONS**

Ching-Huan Cheng¹ and Jui-Lian Lu²

1. Chiayi Agricultural Experiment Station, TARI

2. Central Weather Bureau, Chiayi Weather Station

The brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stål) and white backed planthopper (*Sogatella furcifera* Harváth) are important pest insects of rice in Taiwan. It has been known that part of the planthopper are able to overwinter in the island, while the other individuals can immigrate from oversea every year. Present study is aimed at detecting the fact of the immigration of the planthoppers into southwestern Taiwan. Analysis of the data collected with the air-borne net trap, suction light trap, yellow water-pan trap and field survey from 1985 to 1989 revealed that the immigration of planthoppers occurred from April to August with particular distinctness in the period from mid-June to the end of July. In general, each immigration wave lasted for 2 to 4 days, but the frequency of immigration varied greatly among years depending on the meteorological conditions. Thus, the total number of the planthoppers caught by the trap differed remarkably. The maximum catches were 25 and 73 times of the minimum for the air-borne net trap and suction light trap, respectively. The air-borne net trap was more effective to distinguish the waves in the year of mass immigration, while the suction light trap was more reliable in detection of minor immigration. Therefore, the combined use of the air-borne net trap and suction light trap was the most adequate for estimating the time, waves and density of immigrations. Analysis of meteorological factors and the immigration of planthopper to southwestern Taiwan showed that the associated weather conditions might be divided into frontal type, depression circulation type (including tropical storm, tropical depression, mobile depression and depression zone), southwestern airflow type and subtropical-high circulation type. In addition, it was also recognized that distinct immigration was often associated with the following meteorological characteristics: 1) On the 850 mb weather chart: the southwestern to northwestern airflows with an averaged speed more than 9 km/hr was prevalent in southern China and Taiwan, or a southern to southeastern airflows extended from northern Luzon to the west coast of Taiwan, when temperature was over 17°C; 2) On the surface weather charts in Chiayi: rainy, and the southeastern to northwest winds at a maximum speed more than 19 km/hr blew for several hours, and temperature was over 22°C.

(Key words: Brown planthopper, White backed planthopper, Trans-oceanic immigration, Weather conditions)