



# Formosan Entomologist

Journal Homepage: [entsocjournal.yabee.com.tw](http://entsocjournal.yabee.com.tw)

## 【Research report】

### 嘉南地區褐飛蟲之族群動態及其共發生預測之研究【研究報告】

鄭清煥

\*通訊作者E-mail:

Received: Accepted: 1989/06/27 Available online: 1990/03/01

## Abstract

### 摘要

自1982至1988年於嘉義溪口地區設置早、中及晚植稻調查田觀察褐飛蟲在本區之族群變動，結果顯示褐飛蟲在一期稻侵入稻田蟲甚少，侵入期大部無法追蹤；在全期作中可完成三個世代，第一世代成蟲一般於4月下旬至5月上旬出現，其後約一個月完成一個世代；族群最高峰大部出現於水稻收穫前1-2週，每叢稻最高蟲數為10.2隻，平均為1.33隻。第一期稻褐飛蟲發生量與12月下半之高空捕蟲網褐飛蟲捕蟲數關係最為密切 ( $\gamma_2 = 0.984$ )，而12月至3月間日最低氣溫低於10°C日數，及4月下雨天數對其發生量亦具若干程度之影響。在第二期稻可遭受4個世代褐飛蟲之為害，通常於水稻移植後2至3週為成蟲侵入之主要時期，侵入量因年度及水稻栽植期而有很大差異，由每叢稻平均0.006至0.27隻雌成蟲。侵入稻田後褐飛蟲約每隔28天可完成一世代，其族群最高峰大部出現於10月中、下旬，或水稻收穫前3-4週間；最高峰期之族群密度年度間變異甚大，每叢稻平均由4.3至450.6隻，族群增加倍數由3.3至2,071倍。第二期作褐飛蟲發生量與7月至8月誘蟲燈，高空捕蟲網誘捕蟲數或移植後30日內最高雌成蟲及9月降雨量或降大雨 (10mm/hr以上)日數之關係最為密切，而8月份溫度超越[34°C日數對其族群之增長亦具若干程度之影響。若干迴歸程式已建立供作預測第一、二期作褐飛蟲發生量。由其決定係數值高達0.997顯示其實用價值。在第一、二期稻褐飛蟲族群之發生特性及其在水稻殘株上之族群變動於文中亦有詳細之介紹與討論。

### Key words:

#### 關鍵詞:

Full Text:  [PDF\( 1.46 MB\)](#)

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

## 嘉南地區褐飛蝨之族羣動態及其發生預測之研究

鄭 清 煥

臺灣省農業試驗所嘉義分所

(接受日期：1989年6月27日)

### 摘 要

自 1982 至 1988 年於嘉義溪口地區設置早、中及晚植稻調查田觀察褐飛蝨在本地區之族羣變動，結果顯示褐飛蝨在一期稻侵入稻田蟲數甚少，侵入期大部無法追蹤；在全期中可完成三個世代，第一世代成蟲一般於 4 月下旬至 5 月上旬出現，其後約一個月完成一個世代；族羣最高峰大部出現於水稻收穫前 1~2 週，每叢稻最高蟲數為 10.2 隻，平均為 1.33 隻。第一期稻褐飛蝨發生量與 12 月下半月之高空捕蟲網褐飛蝨捕蟲數關係最為密切 ( $r^2=0.984$ )，而 12 月至 3 月間日最低氣溫低於  $10^{\circ}\text{C}$  日數，及 4 月下旬天數對其發生量亦具若干程度之影響。在第二期稻可遭受 4 個世代褐飛蝨之為害，通常於水稻移植後 2 至 3 週為成蟲侵入之主要時期，侵入量因年度及水稻栽植期而有很大差異，由每叢稻平均 0.006 至 0.27 隻雌成蟲。侵入稻田後褐飛蝨約每隔 28 天可完成一世代，其族羣最高峰大部出現於 10 月中、下旬，或水稻收穫前 3~4 週間；最高峰期之族羣密度年度間變異甚大，每叢稻平均由 4.3 至 450.6 隻，族羣增加倍數由 3.3 至 2,071 倍。第二期作褐飛蝨發生量與 7 月至 8 月誘蟲燈，高空捕蟲網誘捕蟲數或移植後 30 日內最高雌成蟲及 9 月降雨量或降大雨 ( $10\text{ mm/hr}$  以上) 日數之關係最為密切，而 8 月份溫度超越  $34^{\circ}\text{C}$  日數對其族羣之增長亦具若干程度之影響。若干迴歸程式已建立供作預測第一、二期作褐飛蝨發生量。由其決定係數值高達 0.997 顯示其實用價值。在第一、二期稻褐飛蝨族羣之發生特性及其在水稻殘株上之族羣變動於文中亦有詳細之介紹與討論。

### 緒 論

褐飛蝨為本省水稻主要害蟲，有關本蟲之發生生態在過去雖已有多篇報告（何與劉，1969；邱，1970；周，1970；陶，1963；福田，1934），但多數報告只限於生活史以及該蟲季節性變動觀察，而缺乏長年資料分析，以窺視其年度間發生變動之實態。從最近研究已知本省屬褐飛蝨局部越冬區（農試年報，1980；Chu and Yang, 1984），除本地越冬蟲外，每年褐飛蝨尚可經長距離遷移由外地侵入繁衍危害（Liu, 1984；農試年報，1988），使褐飛蝨在本省發生變動因子之測定更形複雜，而難予釐定適用之預測模式供該蟲發生預測之應用。

有關褐飛蝨在溫帶及熱帶地區之族羣動態及兩者間之差異已有詳細研究（Kuno, 1977, 1979；Kuno and Dyck, 1984；Kuno and Hokyō, 1970；Kisimoto, 1981；Dyck, *et al.*, 1979；Otake, 1978）。在溫帶地區褐飛蝨無法越冬，而於每年 6~7 月間由外地經長距離遷移侵入稻田繁殖，立足後其族羣快速增殖，經三代其族羣密度達到最高峰，而使水稻發生「蝨蟻」。在此地區褐

飛蝨每年之發生量可由每年之遷入時期，遷入量以及水稻生育中、後期（8至10月）之氣溫來預測（Hirao, 1979, 1984; Fukamachi, 1984; Kisimoto, 1977, 1981）。在熱帶地區，褐飛蝨可終年繁衍滋生，且由於水稻之終年連續培植，長翅型成蟲比例顯著地較溫帶地區為高，褐飛蝨遷移頻繁，在田間水稻生育初期通常有很高之侵入蟲，但族群成長率低，族群高峰可出現於第一或第二世代，有時甚或秧苗期亦可產生蝨燒（Kisimoto, 1981; Mochida, *et al.*, 1977; Dyck *et al.*, 1979）。在此地區測定侵入蟲量對於預測該蟲之生量並無意義，而天敵為影響褐飛蝨族群之最重要因素（Cook and Perfect, 1984）。

本報告謹就 1982 至 1988 年在嘉義地區利用捕蟲器材及田間調查褐飛蝨在本地區之周年變動之資料以及其與氣象因子之關係進行分析，冀能發現影響其發生量之主要因子，藉以釐定預測模式提供本蟲發生預測參考。

## 材料與方法

### 一、褐飛蝨在第一、二期稻發生動態調查

本項調查在嘉義縣溪口鄉之第一、二期稻作設置調查田，每期作 2 至 3 處，每處調查田面積 5 公畝，種植褐飛蝨感蟲稻種臺農 67 號。為瞭解在不同栽植期水稻上褐飛蝨之發生情況，調查田中，除一處與當地大部農民栽植期相同者外（普植田），其他則較之稍早或稍晚種植。各植期稻除另有特別說明外，在一期作各相差 20 至 30 天，而二期作則各相差 10 至 15 天。水稻栽植後於各植期之調查稻田四周設置黃色水盤（ $26 \times 23 \times 5$  cm）8 個，水盤放置高度隨水稻生長而調整使其盤底與稻株之高度相同，水盤內放置 3 cm 高的水，並加入數滴之清潔劑作為浸潤劑，水盤上緣處留有直徑 1 cm 之小孔兩個，孔口以 32 網目紗網封住以防下雨時被誘集之蟲體溢出盤外。被誘集蟲種類及數量每星期一、三及五記錄一次，並清洗水盤更換溶液，直至水稻收穫為止。水盤所誘集蟲數之消長可供褐飛蝨之侵入稻田時期以及各世代成蟲出現時期之判斷。

稻田中褐飛蝨及其捕食性天敵之族群密度調查自水稻插秧後至收穫為止，每 7 天至調查田調查一次，調查時將稻田劃分為 4 小區，於每小區隨機取樣 40 叢稻以目測方法記數褐飛蝨長、短翅型雌、雄成蟲數，以及 1~3 齡及 4~5 齡期若蟲數，本項調查自 1982 年二期至 1988 年二期作為期 7 年。

### 二、褐飛蝨在水稻收穫後空田期之發生調查

為瞭解褐飛蝨於一、二期作水稻收穫後之空田期其族群在田間之消長情形，於上項試驗調查田在水稻收穫後仍繼續給予調查直至次一期作整田為止，若上述調查田於調查時因褐飛蝨發生嚴重而產生蝨燒，則本項調查於原調查田附近尋求其再生稻發育較佳之稻田取代。調查方法與上一試驗所述者相同。

### 三、誘蟲燈及高空捕蟲網捕獲褐飛蝨蟲數之周年消長

於本分所溪口農場設置高空捕蟲網（高度 10 m，網口直徑 1 m，可隨風向轉動，網深 1.2 m，網袋為雙套型以防蟲體之逃逸）一座（76 年改為兩座）及吸引式誘蟲燈（於 Johnson suction trap 上另加一具 30 燭光環形日光燈）一具，周年誘捕褐飛蝨，誘集之蟲體每日晨間收集一次並携回室內鏡檢區分雌、雄個體加以記錄，資以供分析捕蟲量與一、二期作褐飛蝨發生量之關係。

### 四、影響一、二期作褐飛蝨發生量之因子分析及預測程式之釐定

影響褐飛蝨發生量之因子分析係利用 1982 至 1988 年間調查累積所得之各項資料，第一步以各項可能影響第一、二期稻褐飛蝨之發生量的因素，如各種可能表示蟲源、溫度、雨量等之單項因素作

為自變數先與發生量(依變數)作簡單直線迴歸分析,其次再取其相關值較高之自變數兩項或三項與依變數逐步進行多項複迴歸分析(Multiple linear regression),再取其 $r^2$ 值較大者以各年度之自變數代入迴歸方程,所獲之估算值計算其與實測值之差異,在預測蟲數者取其各年度變異值與實測值之平均變異在10%以內之程式;而預測發生量級數者則擇其差異在0.5範圍內之程式供作進一步評估。

蟲源分別以水稻移植期誘蟲燈,高空捕蟲網之捕蟲數或以水稻移植後30日內之黃色水盤捕蟲數,或田間調查之最高雌成蟲數為自變數(表五,八)。而溫度對褐飛蝨發生量之影響,在一期作則分別以12月至3月之各月平均溫度,或三個月之有效累積溫度以及低於每日最低溫度 $10^{\circ}\text{C}$ 之日數作為自變數;至於二期作則分別以7月及8月之平均溫度,或日最高溫超過 $34^{\circ}\text{C}$ 日數,10月份之平均溫度作為自變數(表八);雨量之影響因子在一期作由於考慮在4~6月間降雨常受南方濕熱氣團北上所致,而此種氣團亦可能將褐飛蝨攜帶侵入本省,因之分別以該三月之分別及合計降雨量,降雨日數以及其降雨量每小時達2.5mm且其降雨時間連續6小時以上之日數等為自變數;在二期作降雨為負影響因子,在本研究以8~9月之降雨量,降雨日數以及日最大降雨量每小時達10mm以上之日數為自變數,分別與依變數作相關分析。

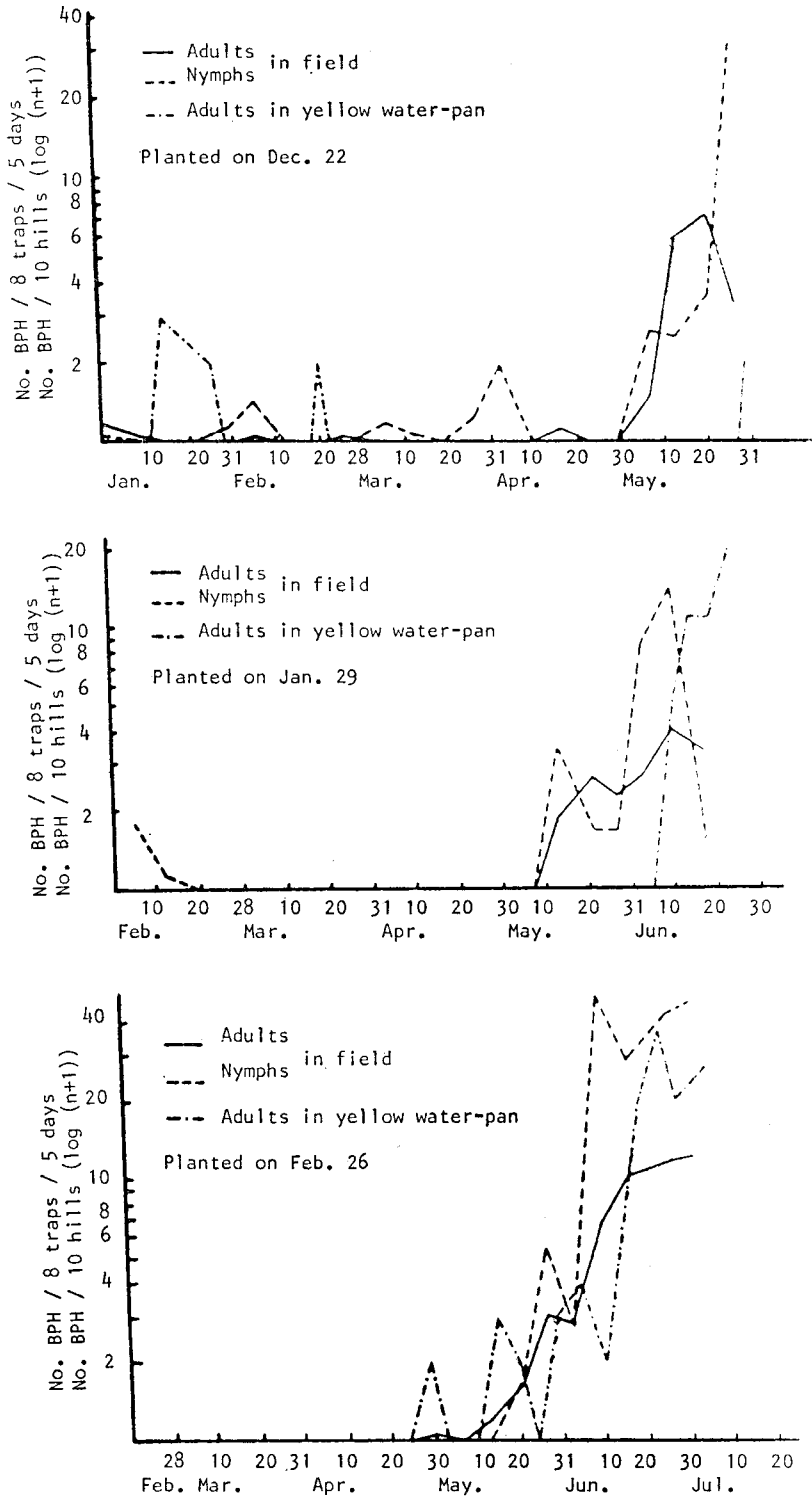
依變數方面,由於在不同種植期水稻褐飛蝨之發生狀況常有很大變異,本項分析在一、二期作均以普植稻(元月中、下旬及7月中、下旬)褐飛蝨之發生數為對象,在一期作以全期中發生最高蟲數為依變數,而二期稻之依變數分為兩種,其一( $Y_1$ )為褐飛蝨在其發生高峰期之10月下旬平均10叢稻的最高蟲數,另一依變數( $Y_2$ )則將全期作褐飛蝨之發生等級區分為五等級,1:最高密度在100隻/10叢以下,3:100~500隻/10叢,5:500~1,500隻/10叢,7:1,500~3,000隻/10叢及9:3,000隻/10叢以上,該期作發生最高密度落在某一級數範圍內,即以該級為該年之依變數,而不管其族群高峰之發生時期。

## 結果與討論

### 一、褐飛蝨在第一期稻及其再生稻之族群變動

在嘉南地區第一期稻作栽植期由12月下旬至2月中旬,而絕大部份於元月中、下旬栽植。由於在水稻生育初期氣溫較低(1983至1987年元月份平均氣溫由 $14.6$ 至 $16.1^{\circ}\text{C}$ ,2月份為 $14.9$ 至 $17.3^{\circ}\text{C}$ )除極少數早植稻,如1985年12月下旬種植者,於1至3月間可發現極少數之褐飛蝨成蟲及若蟲外,其他各年次調查均於4月上旬後始可發現褐飛蝨之蹤跡(圖一),在發生密度較少之年度如1986至1988年,則至5月下旬或6月間始可發現褐飛蝨,有的調查田甚或全期作中無論以掃捕或以目測方法取樣調查均未能發現褐飛蝨之存在。若按Kisimoto(1965,1981)報告,褐飛蝨之發育零點為 $10^{\circ}\text{C}$ ,而完成一代之有效積溫為500日度為計算依據,則褐飛蝨於12月下旬產的卵在嘉南地區需至3月中、下旬始可出現第一世代成蟲;而元月下旬產的卵則需待至4月中旬始可變為成蟲。在本調查期中,田間可發現成蟲者大部出現於4月下旬至5月上旬,推測其產卵時間應為3月上旬至中旬,此產卵成蟲在當時之氣溫下其產卵前期約為10至15天之間,因此其侵入田間應在2月下旬,約在第一期作插秧1個月後。在此期間在本地區之侵入蟲源可能有兩個途徑,其一為本地區於12月上旬早植稻或其他再生稻上繁殖之第一世代成蟲,或由本省中北部二期作再生稻所繁殖之第一世代成蟲南遷者。不管何者較重要,其侵入數量均甚少,其侵入期迄至目前大部仍無法追蹤(表一)。

第一期作普植稻田第一世代成蟲在4月下旬至5月上旬出現後,褐飛蝨族群開始緩慢上升,第二世代若蟲及成蟲盛期分別出現於5月中旬及下旬,而第三世代大分別出現於6月中旬及下旬(圖一)。全期作褐飛蝨各世代成蟲之長、短翅型比例因調查田變異甚大(表二),平均而言,短翅型雌成蟲在第一及二世代佔雌成蟲之二分之一強,但第三代則只達三分之一左右。族群高峰除少數外,大部



圖一 一九八五年一期稻褐飛蝨在早植、普植及晚植稻田之族群變動

Fig. 1. Population changes of brown planthopper on rice in the early, middle and late transplanted paddy fields, Chi-ko, Chiayi, 1st rice crop, 1985.

表一 第一及第二期稻各世代褐飛蝨成蟲及若蟲族群密度之變動，1983 至 1987 年  
 Table 1. Changes of population density of adults and nymphs each generation in the first and second rice crop at Chiya, 1983 to 1987

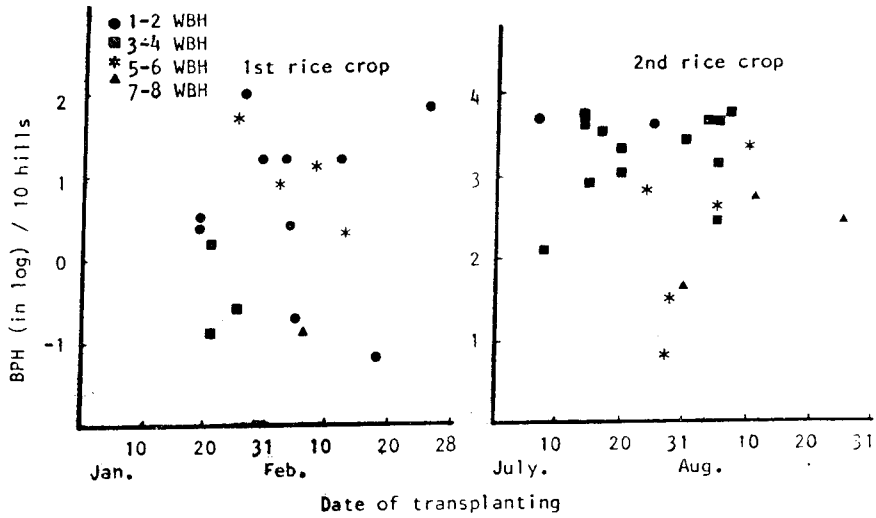
		Number of brown planthopper/10 hills				
		Immi- gration	1st Generatn	2nd Generatn	3rd Generatn	4th Generatn
1st rice crop						
Adults	Mean	0.015±0.05	0.09±0.18	1.24±1.65	2.01±2.92	—
	Range	0—0.19	0—0.51	0—5.13	0.06—8.44	—
Nymphs	Mean		0.59±1.34	3.65±8.97	13.27±27.4	—
	Range		0—5.13	0—35.69	0—102.82	—
2nd rice crop						
Adults	Mean	0.65±0.64	12.6±16.6	71.7±83.7	61.2±68.4	—
	Range	0.06—2.7	0.06—52.2	1.4—343.3	2.8—207.1	—
Nymphs	Mean		7.83±12.6	682.9±1279.9	1931.3±1696.4	69.4±119.9
	Range		0.06—40.4	1.7—3993.1	43.1—4506.7	0.63—398.8

表二 在第一及第二期稻各世代褐飛蝨雌成蟲中短翅型所佔百分比，1983 至 1987 年  
 Table 2. Percentage of brachypterous form in females of brown planthopper each generation in the first and second rice crop at Chiayi, 1983 to 1987

Crop season		Brachypterous female (%)		
		1st Generatn	2nd Generatn	3rd Generatn
1st rice crop	Mean	58.9±26.2	54.4±34.9	2.29±29.6
	Range	24.0—70.9	8.7—100	0—87.2
2nd rice crop	Mean	61.7±26.6	73.4±17.5	30.2±23.2
	Range	18.1—94.9	39.1—90.7	5.4—71.0

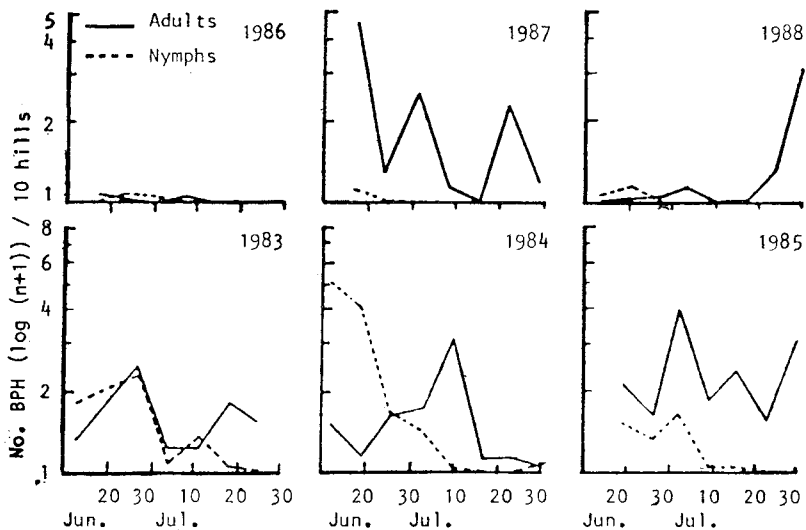
出現於水稻糊熟期至收穫期之第三世代若蟲期中（圖二）。綜觀 1983 至 1988 年間褐飛蝨在第一期作水稻之發生密度在年度間及調查田間雖均有很大差異，但其密度均甚低，7 年間調查最高若蟲族群密度亦只達每叢平均 10.2 隻，而平均為每叢 1.33 隻（表一）。一般而言較晚植之水稻由於褐飛蝨成蟲可由早植稻田繁殖褐飛蝨遷移侵入以及氣溫較高，其若蟲之發生密度有較早植稻田為高之趨勢（圖二）。

在一期稻收穫後褐飛蝨於殘株上之族群密度變動情況示如圖三，一般而言其若蟲族群密度均於水稻收穫後迅速降低，但成蟲除於水稻收割後 1 至 2 週調查尚可發現極少數之短翅型雌蟲外，其外均為長翅型，而其族群密度則呈不定型之起伏，顯然長翅型成蟲族群密度之變動並非受本田若蟲之影響，而與外地侵入之蟲數與時期有密切關係（鄭等未發表報告）。然而從長翅型成蟲密度之劇烈變動以及若蟲發生密度並未隨成蟲族群密度之增加而增長，表示該遷入之成蟲並未在再生稻繁殖，可能於短暫取食後即再往外遷移。褐飛蝨可隨氣流於 4 至 8 月間，尤其是 6 至 7 月由海外遷移侵入本省已於最近研究發現（Liu, 1984；劉；1988，劉等，1989；農試年報 1987）。此等侵入蟲由於在 4~6 月中旬



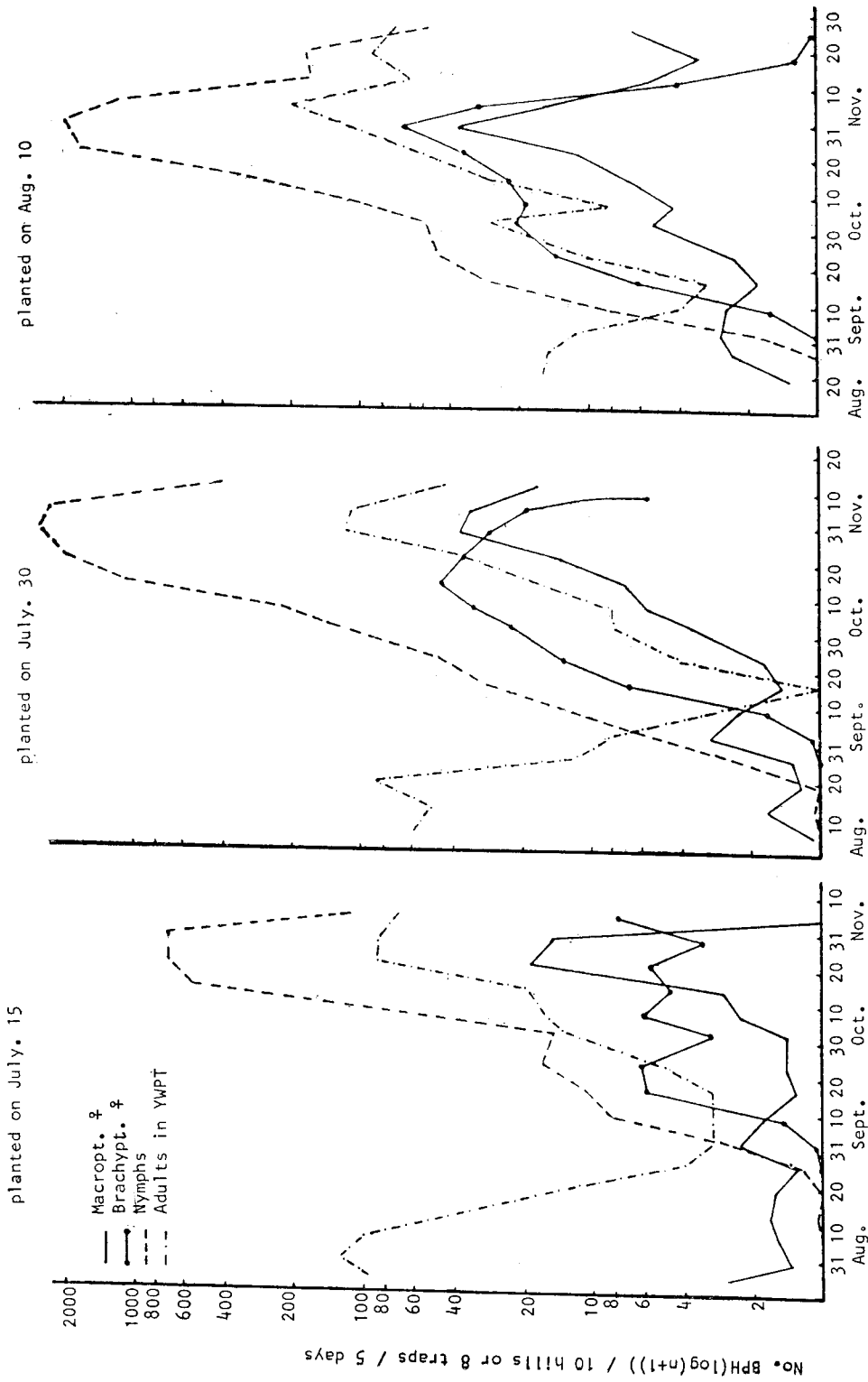
圖二 一九八二至一九八八年一、二期稻褐飛蝨族群高峰出現期與水稻種植期之關係 (WBH 表示收穫前週數)

Fig. 2. Appearance of the highest population peak of brown planthopper in the first and second rice crop season in relation to the date of rice transplanting, 1982 to 1988. (WBH means weeks before harvest of rice)



圖三 褐飛蝨在第一期作再生稻上之族群變動

Fig. 3. Population changes of brown planthopper on ratoon rice of the first rice crop at Chiayi, 1983-1988.



圖四 一九八五年二期稻棉飛蝨在早植(左)、普植(中)及晚植(右)稻田之族群變動  
 Fig. 4. Population changes of brown planthopper on rice in the early, middle and late transplanted paddy fields, Chi-ko, Chiayi, second rice crop, 1985 (YMTP means yellow water-pan trap).



之侵入量甚微，對一期作褐飛蝨之影響不明顯，而6月中旬後至7月間侵入者雖多，但因水稻已屆收穫，對一期稻已無影響，但對二期稻褐飛蝨之族羣可能具較大之影響。

## 二、褐飛蝨在二期稻及其再生稻之族羣消長

二期稻作在嘉南地區一般於7月中旬至8月上旬移植，而大部份則於7月下旬種植。在本期作間，由於高溫多濕適於褐飛蝨之發育繁殖，因此褐飛蝨常自稻田種植後侵入，經二至三世代之繁殖，而於第三至第四世代若蟲期達到族羣高峰，水稻亦常於此時遭受嚴重的為害（陶，1966）。然而在本期作中，褐飛蝨之族羣密度因年度，地點及水稻栽植期而有很大變異，其所形成之危害亦因之而有很大差異。

褐飛蝨在二期稻之族羣增長情況，通常係以長翅型成蟲於水稻移植後即陸續由外遷入稻田。此種侵入活動可應用黃色水盤誘集之成蟲數顯示（Kisimoto, 1968; Perfect, *et al.*, 1985），一般於水稻移植後2至3週達到高峰（圖四）；在早植稻黃色水盤所誘得之蟲數一般較普植稻為高，而以晚植稻所誘得之蟲數最低。由於以黃色水盤所誘得之蟲數可表示田間褐飛蝨之活動蟲數，因此可據以供預測該年之發生量，但因其在同年不同栽植期稻所誘得蟲數差異頗大，若以誘蟲數為預測之依據時，需在每年同栽植期稻上設置黃色水盤才不致有太大差異。

除黃色水盤之誘集蟲數外，水稻移植後30日內田間褐飛蝨族羣密度調查為獲取該年度褐飛蝨侵入量之最直接方法，但侵入高峰期因年度而略有差異，大部出現於移植後第2至3週，少數出現於第3至4週或第1至2週調查者。在1983至1988調查20地點，於水稻移植後4週內田間最高之雌成蟲數每10叢稻平均由0.06至2.7隻，平均為0.65隻（表一）。由水稻移植後30日內田間褐飛蝨雌成蟲密度可概略地預測該年度水稻生育中、後期之發生密度（表三），但因受立足後天候條件

表三 在第二期稻水稻生育初期遷入蟲數（對數）與其後各世代成蟲及若蟲數發生數（對數）之相關，1983至1987年

Table 3. Correlation between the number (in logarithm) of brown planthopper at initial and late generations of the insect in the second rice crop at Chiayi, 1983 to 1987

Correlation between the population of	Regression equation	Correla. coeff.
Initial immigrants ( $x$ ) vs 1st gn. nymphs ( $y$ )	$y=0.2133+3.0619x-2.2358x^2$	0.6376*
Initial immigrants ( $x$ ) vs 1st gn. adults ( $y$ )	$y=0.1162+4.0836x-3.8032x^2$	0.7523**
Initial immigrants ( $x$ ) vs 2nd gn. nymphs ( $y$ )		0.4898 <sup>ns</sup>
Initial immigrants ( $x$ ) vs 2nd gn. adults ( $y$ )	$y=1.1586+3.3262x-2.7691x^2$	0.6473*
Initial immigrants ( $x$ ) vs 3rd gn. nymphs		0.5001 <sup>ns</sup>
1st gn. adults ( $x$ ) vs 2nd gn. nymphs ( $y$ )	$y=1.1262+1.8464x-0.3388x^2$	0.7780**
1st gn. adults ( $x$ ) vs 2nd gn. adults ( $y$ )	$y=0.8527+1.6633x-0.4952x^2$	0.8517**
1st gn. adults ( $x$ ) vs 3rd gn. nymphs ( $y$ )		0.3679 <sup>ns</sup>
2nd gn. adults ( $x$ ) vs 3rd gn. nymphs ( $y$ )	$y=1.3088+2.2280x-0.5660x^2$	0.8821**

的影響，準確率不高。尤以晚植稻因在水稻發育中後期有早植稻褐飛蝨之遷入變動更大。

由褐飛蝨侵入本田後至 11 月上、中旬水稻收穫為止，一般可完成 3 個世代，第 4 世代若蟲期出現於水稻黃熟期，但其成蟲則出現於 12 月上、中旬（圖四）。以 7 月下旬移植稻為例，按有效積溫計算，各世代成蟲應分別出現於 8 月下旬，9 月下旬，10 月下旬及 12 月上旬，與實際調查相吻合。但實際上由於褐飛蝨之侵入期長達半個月左右，且因水稻種植期不一致，更加在水稻生育期中褐飛蝨常有短距離遷移之現象，因此世代間彼此重疊頗大，各世代高峰雖仍可辨認，但各蟲期並陳隨時可見。各世代高峰期及發生量因受氣候因子影響因年度而呈劇烈變動（表一）。

初期侵入本田之長翅型雌成蟲數（移植後 30 日內最高蟲數）自 1983 至 1987 年調查 18 地點之平均蟲數為每 10 叢 0.65 隻，而第一及第二世代雌成蟲數平均每 10 叢分別為 12.6 及 71.7 隻，第三世代成蟲數因部份調查田遭受第三世代若蟲為害嚴重而導致水稻枯死無法估算，且由於該世代成蟲大部出現於 10 月下旬至 11 月上旬，溫度下降，部份成蟲已開始往外遷移，因此調查所得之平均蟲數雖只達 61.2 隻，但實際值應遠較該數值為大。各世代族群之增長倍數按各調查田分別計算之平均值，由遷入雌蟲數至第一世代雌蟲數平均增加 17.4 倍；第一世代至第二世代增加 16.9 倍；而第二世代至第三世代只增加 3.6 倍。由侵入雌蟲數至最高雌蟲族群增加倍數因受部份調查田在第三世代若蟲期發生蟲燒稻田無法估算影響，平均數雖只達 461 倍，但其變異範圍甚大由 3.3 至 2,071 倍（表四）。就二期作褐飛蝨之成蟲與若蟲合計之族群高峰由 1982 至 1988 年 22 處調查田發生情形顯示，2 處（9%）出現於收割前 1 至 2 週，12 處（54.5%）出現於收割前 3 至 4 週，5 處（22.7%）出現於收割前 5 至 6

表四 在第二期稻無藥劑處理田褐飛蝨族群之成長倍數，1982 至 1987 年

Table 4. Population growth rate of brown planthopper in unsprayed paddy fields in the second rice crop, 1982-1987

Population factor	Generation			
	Initial <sup>1)</sup> (G <sub>0</sub> )	First (G <sub>1</sub> )	Second (G <sub>2</sub> )	Third (G <sub>3</sub> )
Female adults (No./10 hills) (Means of total surveyed fields, n=18)	0.65±0.64 (0.06-2.7)	12.6±16.6 (0.06-52.2)	71.7±83.7 (1.4-343.3)	61.2±68.4 (2.8-207.1) <sup>3)</sup>
Female adults (No./10 hills) (In paddy fields planted in July, n=10)	0.47±0.41 (0.06-1.13)	4.6±7.1 (0.06-23.4)	45.3±53.4 (1.4-167.7)	66.9±76.0 (9.5-207.1)
Female adults (No./10 hills) (In paddy fields planted in August, n=8)	0.88±0.87 (0.06-2.70)	22.7±19.8 (0.63-52.2)	140.9±105.4 (5.5-343.3)	51.9±61.3 (2.8-143.4)
Fold increase <sup>4)</sup>				
Based on initial popul.		17.4±18.0 (0.83-74.6)	162.0±176.6 (19.1-723.0)	461.0±669.9 (3.3-2,071) <sup>5)</sup>
Based on popul. of G <sub>1</sub>			16.9±23.8 (1.6-103.3)	69.5±85.7 (0.2-204.7)
Based on popul. of G <sub>2</sub>				3.6±3.9 (0.05-11.7)

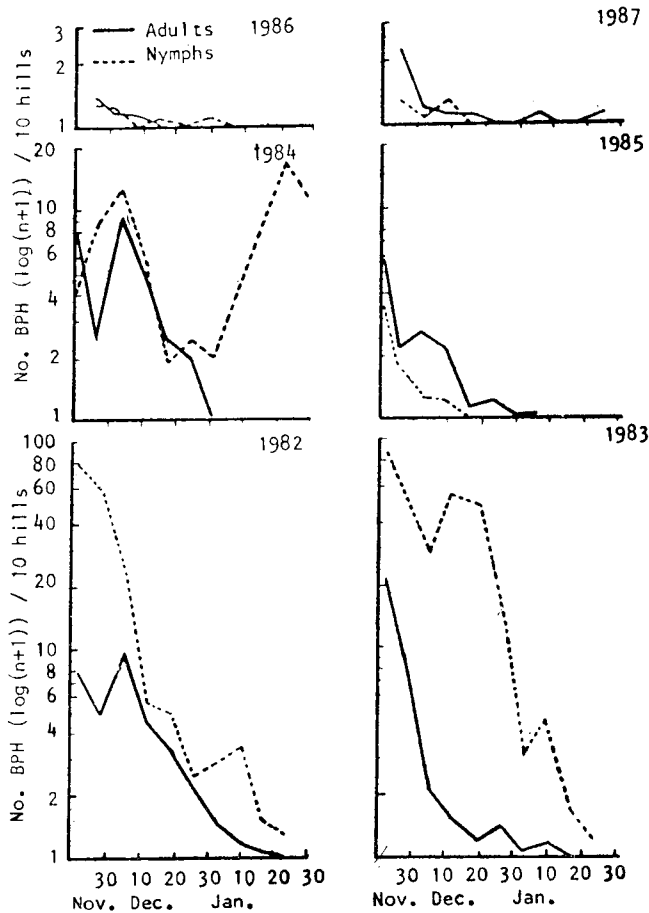
- 1) The highest number of female adults within 4 weeks after planting of rice.
- 2) Data were calculated from those paddy fields which were not infested severely by the hoppers.
- 3) The figures inside the parenthesis indicated the range of population density.
- 4) Calculated from total surveyed paddy fields.
- 5) The figures inside the parenthesis indicated the range of folds increase of the population of brown planthopper.

週，3處(13.6%)出現於收割前7至8週。水稻在8月5日前種植者褐飛蝨族羣高峰一般出現於收割前3至4週所佔比率最高；較晚植者則因受溫度下降之影響，其族羣高峰出現期較早(圖二)。

從上述在本地區各世代褐飛蝨之族羣變動情況可見本省褐飛蝨在二期作之成長模式較類似溫帶地區之日本，由少數之遷入蟲，穩健地逐代成長，於第三或第四世代若蟲期達到族羣之最高峰，而後崩潰(Kuno, 1979, Kisimoto, 1965)。但比較日本(Kisimoto, 1981)與本省褐飛蝨二期作之族羣特性，顯然本省之平均遷入蟲數及各世代之族羣密度及族羣增加倍數均較之日本者高；與熱帶地區如菲律賓之褐飛蝨族羣比較(Kuno and Dyck, 1984; Dyck, *et al.*, 1979)，則在本省之遷入蟲數較菲律賓者為低，但族羣增加倍數較之為高。

各世代短翅型雌成蟲之平均出現率示如表二，第一、二、三世代分別佔雌成蟲總數之 61.7, 73.4 及 30.2%，但各世代之變異均相當大，一般而言第一世代在早植稻田由於長翅型蟲往外遷飛，留於田間者短翅型蟲比率相對偏高，而晚植稻田反之。至於第三世代，則於發生密度較高之年份短翅型蟲比率較低，而早植稻田短翅型較晚植稻者為高。比較本省二期稻褐飛蝨之短翅型雌成蟲出現趨勢與日本之褐飛蝨的情況頗相似，但各世代之出現率似較之為低；但與菲律賓者比較則本省之短翅型比例又較之為高(Kuno, 1984, Kisimoto, 1981)。

二期稻收割後褐飛蝨於再生稻上之族羣變化示如圖五，其密度在調查期中年度間變異相當大，如



圖五 褐飛蝨在第二期作再生稻上之族羣變動

Fig. 5. Population changes of brown planthopper on ratoon rice of the second rice crop at Chiayi, 1982-1987.

1982, 1983 及 1984 年二期作褐飛蝨發生密度甚高]，其越冬族羣亦較二期作褐飛蝨發生密度較低之 1985, 1986 及 1987 年度越冬者為高。於再生稻上成蟲密度通常於 12 月下旬至元月上旬即急速下降，而若蟲密度除 1984 年外亦於元月下旬降至最低密度，此世代若蟲推算應為第二期作第五世代的若蟲。由於在嘉南地區一期作水稻於 12 月下旬至 2 月上旬插秧，該世代新羽化之成蟲可順利侵入一期作稻繼續繁殖。褐飛蝨屬於單食性害蟲，雖可在若干雜草上短暫生存，但却只能在水稻上繁殖（農試年報；1980, 1981；Kisimoto, 1981；楊，1983），且由於本蟲抗寒能力弱，沒有真正的休眠越冬特性（程等，1979；Chu and Yang, 1984），因此其越冬量似應受冬季的溫度以及寄主（再生稻）發育情況所左右。查嘉義地區於 12 月至 2 月間之溫度在 1983 至 1988 年之月平均溫度分別為 16.0~17.3, 14.6~17 及 14.9~17.3°C，而最低溫之月平均分別為 11.4~12.6, 9.8~13.6 及 11.6~14.4°C，極度低溫有時雖可達到 3.2°C，但於月平均最低溫之元月份的最低溫大都在 10~13°C 之間，在此溫度範圍內，按程等（1979）在大陸調查褐飛蝨之越冬帶的結果，則嘉南地區應與楊（1983）在北部地區調查之結果同屬於褐飛蝨少量越冬區。至於越冬寄主發育狀況及分佈量則受冬季雨量以及耕作習慣或制度所影響；查 1982 至 1988 年褐飛蝨越冬期（11 月至元月）之降雨天數與降雨量或溫度等均與越冬蟲量並無顯著關係。至於再生稻面積雖無資料可查，但由於近年來本地區裏作之面積增加，以及部份農民「燒田」及提早翻耕稻田之現象，均可使再生稻面積縮減，此或與近年褐飛蝨越冬量減少有關。

本地區過去由室內及網室內連續飼養褐飛蝨發現年可完成 10 至 11 世代（陶，1966；周與羅，1969），然而本研究在田間調查發現其實際發生代數只達 8~9 世代，包括第一期稻 3 個世代，一期作再生稻 1 個世代，二期稻 4 個世代，而第 8 世代成蟲出現於 11 月下旬至 12 月上旬者在二期作再生稻或可再完成一個世代。此項結果與利用有效積溫（4,577~4,759 日度）推算褐飛蝨之代數的結果相當吻合。

考察第一、二期作褐飛蝨之族羣成長型式，雖均由少數成蟲之侵入本田而後經二個世代之增殖而達族羣之高峰。但於一期稻因侵入蟲量未及第二期稻的十分之一，且第一世代發育歷時長達兩個月左右，長期曝露於天敵捕食，影響族羣之增長至大，此可能導致兩期作褐飛蝨族羣密度呈巨大差異之主要原因。由本研究 7 年資料分析，二期稻褐飛蝨發生量與一期稻褐飛蝨之發生密度相關之決定係數為  $r^2=0.7981$ ，而一期稻褐飛蝨之發生量與前一年二期稻褐飛蝨之發生密度之相關之決定係數為  $r^2=0.6876$ ，顯示一期稻褐飛蝨之發生量對二期稻褐飛蝨之發生密度之影響較二期稻者影響一期稻之褐飛蝨之發生量為大。至於本地區越冬者及由其他地區遷移侵入本地者對稻飛蝨族羣增長所扮演之角色若何，則有待進一步分析。

### 三、影響一、二期稻褐飛蝨發生量之因子分析及預測程式之釐定

以簡單直線迴歸分析各自變數（ $X$ ）與依變數（ $Y$ ）之相關的結果列如表五及表九。在一期稻就蟲源而言，由於在 12 月及元月，夜間溫度頗低，誘蟲燈對褐飛蝨之誘集蟲數甚少，無法表示田間之褐飛蝨密度，因此以使用高空捕蟲網捕蟲數及黃色水盤誘捕蟲數表示較方便。兩種表示蟲源之自變數中，以高空捕蟲網捕蟲數與一期稻褐飛蝨發生量（依變數）之相關較密切，尤以 12 月之下半月之捕蟲數（ $X_2$ ）與依變數的相關的決定係數最高（ $r^2=0.984$ ）（表五）。在影響族羣發生量之氣象因子中，無論溫度與雨量單獨與依變數之相關均不顯著，此種結果與過去認為冬季（12 月至 3 月）溫度較高之年份褐飛蝨發生較嚴重之報告（福田，1934，何與劉，1969；邱，1970）並不吻合，但溫度因子若以 12 月至 2 月或 3 月期中之日最低溫低於 10°C 日數（ $X_6$ ,  $X_9$ ）表示，則其相關值雖亦未達顯著基準，但却明顯地較有效積溫（ $X_7$ ）為自變數者為高，顯示低溫對褐飛蝨亦具若干程度之影響。在雨量方面，以降雨量，降雨天數及每小時降雨量達 2.5 mm 以上且連續 6 小時之天數等三種方式來表示，其中以 4~5 月之降雨天數（ $X_{13}$ ）作為自變數與褐飛蝨之發生量關係較為密切，但其相關係數仍未達顯著基準。由上述情況顯示在一期稻褐飛蝨之發生量與侵入蟲源之關係最為密切，而天候環境

表五 應用於分析影響嘉南地區一期稻褐飛蝨族羣發生量之自變數與依變數之說明及各自變數與依變數之相關

Table 5. Description of dependent and independent variable used for analysis of the factors affecting the population abundance of brown planthopper in the first rice crop in Chianan area and the relationship between each independent variable and dependent variable

Variable	Description	FV	R <sup>2</sup>
Dependent			
Y	The maximum number of BPH/10 hills in the first rice crop		
Independent			
X <sub>1</sub>	Total number of BPH trapped by an air borne net trap in December	31.44**	0.887
X <sub>2</sub>	Total number of BPH trapped by an air borne net trap in latter half month of December	253.05**	0.984
X <sub>3</sub>	Total number of BPH trapped by an air borne net trap from December to January	29.08**	0.879
X <sub>4</sub>	Total number of BPH trapped by an air borne net trap from latter half December to January	46.39**	0.921
X <sub>5</sub>	Total number of BPH trapped by an air borne net trap in January	15.31*	0.793
X <sub>6</sub>	Total number of BPH trapped in a yellow water pan trap in December	10.72*	0.708
X <sub>7</sub>	Sum of effective temperature of BPH from December to February	0.09 <sup>ns</sup>	0.022
X <sub>8</sub>	Days of the lowest day-temperature lower than 10°C from December to March	2.82 <sup>ns</sup>	0.413
X <sub>9</sub>	Days of the lowest day-temperature lower than 10°C from December to February	2.41 <sup>ns</sup>	0.376
X <sub>10</sub>	Total rainfall from April to Mid-June.	1.41 <sup>ns</sup>	0.261
X <sub>11</sub>	Days of rainfall over 2.5 mm per hour for more than 6 hours from April to May	1.41 <sup>ns</sup>	0.261
X <sub>12</sub>	Raining days in April	1.41 <sup>ns</sup>	0.263
X <sub>13</sub>	Raining days from April to May	2.06 <sup>ns</sup>	0.339

單獨與發生量相關雖不顯著，但仍有若干程度之影響。

進一步以複直線迴歸分析 2 至 3 項自變數與依變數之相關，結果列如表六。以 12 月下半月 (X<sub>2</sub>) 或 12 月下半月至元月間 (X<sub>4</sub>) 高空捕蟲網捕捉蟲數為蟲源，無論其與 12 月至 3 月 (X<sub>8</sub>) 或 2 月 (X<sub>9</sub>) 間之日最低溫低於 10°C 之日數或與 4 月 (X<sub>12</sub>) 或 4 至 5 月 (X<sub>13</sub>) 間下雨天數為自變數之二或三項組合，與依變數之相關的決定係數均較任何單自變數與依變數相關之決定係數為高，顯示氣象因子對褐飛蝨族之增長確具若干作用。進一步利用路徑係數分析上述三項自變因子對依變因子之貢獻值結果，顯示以 12 月下半月高空捕蟲網捕捉蟲數之貢獻值為 98.5%，12 月至 3 月日最低溫低於 10°C 日數之貢獻值為 -2.76%，而 4 至 5 月份之下雨天數之貢獻值為 0.06%，其他尚有不知原因者佔 4.18%，顯示越冬蟲量仍為決定第一期作褐飛蝨發生量之主要因子，氣象因子雖具若干影響，但其作用有限。

表六 預測嘉南地區第一期稻褐飛蝨族群發生量之複迴歸程式

Table 6. Multiple linear regression equations for predicting the population abundance of brown planthopper in the first rice crop in Chianan area

Code number	Independent <sup>1)</sup>	Equations	FV	R <sup>2</sup>
1	X <sub>2</sub>	Y = -0.67 + 0.24 X <sub>2</sub>	253.5**	0.894
2	X <sub>4</sub>	Y = -0.056 + 0.125 X <sub>4</sub>	46.39**	0.921
3	X <sub>2</sub> X <sub>8</sub>	Y = 1.1 + 0.24 X <sub>2</sub> - 0.07 X <sub>8</sub>	106.87**	0.986
4	X <sub>2</sub> X <sub>9</sub>	Y = 0.91 + 0.24 X <sub>2</sub> - 0.07 X <sub>9</sub>	103.97**	0.986
5	X <sub>2</sub> X <sub>12</sub>	Y = -1.88 + 0.24 X <sub>2</sub> + 0.15 X <sub>12</sub>	108.63**	0.986
6	X <sub>2</sub> X <sub>13</sub>	Y = 1.74 + 0.25 X <sub>2</sub> - 0.13 X <sub>13</sub>	107.01**	0.986
7	X <sub>2</sub> X <sub>8</sub> X <sub>12</sub>	Y = -0.41 + 0.23 X <sub>2</sub> + 0.05 X <sub>8</sub> + 0.11 X <sub>12</sub>	50.25*	0.987
8	X <sub>2</sub> X <sub>8</sub> X <sub>13</sub>	Y = 2.94 + 0.24 X <sub>2</sub> + 0.06 X <sub>8</sub> - 0.11 X <sub>13</sub>	52.35*	0.987
9	X <sub>2</sub> X <sub>9</sub> X <sub>12</sub>	Y = -0.74 + 0.24 X <sub>2</sub> - 0.04 X <sub>9</sub> + 0.12 X <sub>12</sub>	49.46*	0.987
10	X <sub>2</sub> X <sub>9</sub> X <sub>13</sub>	Y = -2.91 + 0.25 X <sub>2</sub> - 0.06 X <sub>9</sub> - 0.12 X <sub>13</sub>	51.42*	0.987

1) Explanation of each independent variable refer to Table 5.

表七 各年度實測褐飛蝨族群與表六複迴歸程式之估算值之差異

Table 7. Fitness of estimated population of brown planthopper as calculated with the equations listed in Table 6

Code number of equation	Independent <sup>2)</sup> variable	Estimated population (BPH/10 hills)					
		1983	1984	1985	1986	1987	1988
Actual popul.		39.7	15.6	25.6	0.6	0.5	0.1
1	X <sub>2</sub>	40.9 (3.0) <sup>1)</sup>	15.9 (1.9)	21.4 (16.4)	1.5 (150)	1.7 (240)	-0.4 (500)
2	X <sub>4</sub>	41.4 (4.3)	19.4 (24.4)	16.4 (35.9)	2.4 (300)	1.9 (280)	0.6 (500)
3	X <sub>2</sub> X <sub>8</sub>	42.3 (6.5)	16.2 (3.8)	22.3 (12.9)	0.5 (16.7)	1.8 (260)	0.6 (500)
4	X <sub>2</sub> X <sub>8</sub>	42.1 (6.0)	16.1 (3.2)	22.2 (13.3)	0.7 (16.7)	1.8 (260)	0.6 (500)
5	X <sub>2</sub> X <sub>12</sub>	41.4 (4.3)	17.8 (14.1)	22.2 (13.3)	0.7 (16.7)	1.3 (160)	0.2 (100)
6	X <sub>2</sub> X <sub>13</sub>	41.2 (3.8)	14.8 (5.1)	22.3 (12.9)	1.4 (133.3)	2.4 (380)	-0.6 (700)
7	X <sub>2</sub> X <sub>8</sub> X <sub>12</sub>	40.5 (2.0)	16.4 (5.1)	21.6 (15.6)	0 (100.0)	1.2 (140)	0.6 (500)
8	X <sub>2</sub> X <sub>8</sub> X <sub>13</sub>	41.0 (3.3)	14.7 (5.8)	22.2 (13.3)	0.6 (0)	2.4 (380)	0.4 (300)
9	X <sub>2</sub> X <sub>9</sub> X <sub>12</sub>	42.0 (5.8)	17.2 (10.3)	22.4 (12.5)	0.5 (16.7)	1.4 (180)	0.6 (500)
10	X <sub>2</sub> X <sub>9</sub> X <sub>13</sub>	42.4 (6.8)	15.2 (2.6)	22.9 (10.5)	0.8 (33.3)	2.4 (380)	0.3 (200)

1) The figures inside parenthesis indicate the difference in percentage of estimated number of insect from actual recorded population.

2) Refere to Table 5.

利用調查期間各年度所獲之自變數代入表六之迴歸方程，其結果列如表七，由表中之估算值與實際觀察值之差異顯示由表六各迴歸方程估算褐飛蝨發生密度較高之年度如 1983 至 1985 年，與實際觀測值相當接近，但在發生較低之年度，如 1986 至 1988 年每 10 叢平均蟲數尚不及一隻的情況下，估算值與觀察值雖然亦頗接近，但其差異以百分率計算則嫌太大。但以實際應用層面權衡，則表六所列之程式仍具應用價值。

在分析二期作影響褐飛蝨發生量方面，就蟲源而言，以使用誘蟲燈或高空捕蟲網於 7 月 ( $X_1, X_5$ )

表八 應用於分析影響嘉南地區二期稻褐飛蝨族羣發生量之自變數與依變數之說明  
Table 8. Description of dependent and independent variables used for analysis of the factors affecting the population abundance of brown planthopper in the second rice crop in Chianan area

Variable	Description
<b>Dependent</b>	
$y_1$	Maximum number of BPH/10 hills during latter half October.
$y_2$ <sup>1)</sup>	Grade of population abundance of BPH/10 hills during the highest population density in the crop season.
<b>Independent</b>	
$X_1$	Total number of BPH trapped by a suction light trap in July.
$X_2$	Total number of BPH trapped by a suction light trap in August.
$X_3$	Total number of BPH trapped by a suction light trap from mid-July to August.
$X_4$	Total number of BPH trapped by a suction light trap from July to August.
$X_5$	Total number of BPH trapped by an air borne net trap in July.
$X_6$	Total number of BPH trapped by an air borne net trap in August.
$X_7$	Total number of BPH trapped by an air borne net trap from mid-July to August.
$X_8$	Total number of BPH trapped by an air borne net trap from July to August.
$X_9$	The highest number of female adults/10 hills within 30 days after transplanting.
$X_{10}$	Total number of BPH trapped in a yellow water-pan trap within 30 days after transplanting.
$X_{11}$	Days of the highest day-temperature over 34°C from mid-July to August.
$X_{12}$	Days of the highest day-temperature over 34°C in August.
$X_{13}$	Days of the maximum rainfall per hour over 10 mm in August.
$X_{14}$	Days of the maximum rainfall per hour over 10mm from August to September.
$X_{15}$	Days of the maximum rainfall per hour over 10 mm in September.
$X_{16}$	Total rainfall in August.
$X_{17}$	Total rainfall from August to September.
$X_{18}$	Total rainfall in September.

1) The grade of population were divided into 5 scales: 1: lower than 100/10 hills, 3: from 100 to 500/10 hills, a: from 500 to 1500/10 hills, 7: from 1500 to 3000/10 hills, 9: higher than 3000/10 hills.

或7至8月 ( $X_4, X_8$ ) 捕捉之褐飛蝨蟲數, 或水稻移植後 30 日內調查之最高雌蟲數 ( $X_9$ ) 與依變數  $Y_1$  或  $Y_2$  均具顯著相關, 其中以水稻移植後 30 日內最高雌蟲數與依變數之相關性最高, 但其決定係數  $r^2$  最高只達 0.752, 顯示尚有 25% 左右之未知因素存在。水稻移植後 30 日內黃色水盤捕獲蟲數 ( $X_{10}$ ) 與後期褐飛蝨之發生量似無相關性存在 (表九)。Kisimoto (1979) 報告指出在褐飛蝨遷移時期 3 天內以黃色水盤誘集蟲數與田間 100 叢稻上之雌蟲數具很高之相關性; 使用高空捕蟲網只能表示較大面積之平均的飛蝨遷移趨勢, 而使用燈光誘集因只在較寧靜夜晚始有作用, 因此其捕捉蟲數與高空捕蟲網之捕捉蟲數並不相關。Kisimoto (1979) 建議在整體考慮, 以並同使用黃色水盤及高空捕蟲網來測定遷入蟲之密度為最佳, 高空捕蟲網捕獲量超過 10 隻或黃色水盤捕獲量超過 50 隻, 則通常可於水稻抽穗後形成「蝨燒」。然而在本省觀察結果於四種表示侵入蟲源中, 以使用黃色水盤在水稻移植後 30 日內之捕獲蟲數與水稻生育中後期之褐飛蝨發生量相關性最低, 此可能因在日本於褐飛蝨遷移侵入時 (6 至 7 月) 水稻大部已完成插植 (5 月下旬至 6 月下旬), 但在本地區二期普植稻於褐飛蝨之主要遷入期 (6 至 7 月) 之末期 (7 月下旬) 始行插植, 致使黃色水盤之捕獲蟲數在本地無法有效地應用於褐飛蝨預測的原因之一。其次, 在本地區之晚植稻於 8 月上旬插植, 部份棲於普植稻田之褐飛蝨可再遷移晚植稻田, 影響其繁殖族羣, 此亦可能為影響在早期以黃色水盤捕捉蟲數預測後期發生數之另一因素。

表九 分析自變數 (影響因子) 及不同自變數組合對二期作褐飛蝨發生量 (依變數) 之相關所獲之決定係數值

Table 9. Coefficients of determination ( $R^2$ ) obtained in analysis of the correlation of some independent variable to the population abundance of brown planthopper in the second rice crop in Chianan area

Independent variable <sup>1)</sup>	Correlation with BPH/10 hills in latter half Oct.		Correlation with scale of popul. in 2nd crop <sup>2)</sup>	
	F Value	$R^2$	F Value	$R^2$
$X_1$	6.794*	0.576*	5.301	0.515
$X_2$	1.667	0.250	2.709	0.351
$X_3$	2.216	0.307	2.618	0.344
$X_4$	10.498*	0.677*	8.676*	0.634*
$X_5$	6.771*	0.575*	7.084*	0.586*
$X_6$	2.192	0.350	1.691	0.253
$X_7$	0.168	0.032	0.437	0.080
$X_8$	6.836*	0.578*	6.978*	0.583*
$X_9$	15.140**	0.752*	12.632*	0.716**
$X_{10}$	1.281	0.204	1.235	0.198
$X_{11}$	0.788	0.136	0.838	0.144
$X_{12}$	3.322	0.399	3.078	0.381
$X_{13}$	0.223	0.043	0.264	0.050
$X_{14}$	1.411	0.220	1.599	0.242
$X_{15}$	20.504**	0.804**	28.929**	0.853**
$X_{16}$	1.814	0.266	2.392	0.324
$X_{17}$	1.143	0.186	1.616	0.244
$X_{18}$	14.130**	0.739*	20.729**	0.806**

1) Explanation of each variable refer to Table 8.



表九 (續)

Table 9. (Continued)

Independent variable <sup>1)</sup>	Correlation with BPH/10 hills in latter half Oct.		Correlation with scale of popul. in 2nd crop <sup>2)</sup>	
	F Value	R <sup>2</sup>	F Value	R <sup>2</sup>
X <sub>4</sub> , X <sub>12</sub>	5.090	0.718	4.154	0.675
X <sub>4</sub> , X <sub>13</sub>	23.740**	0.922	15.969*	0.889
X <sub>4</sub> , X <sub>14</sub>	23.426*	0.921	18.202**	0.901
X <sub>4</sub> , X <sub>15</sub>	19.046**	0.905	17.822*	0.899
X <sub>4</sub> , X <sub>16</sub>	15.876*	0.888	17.725*	0.899
X <sub>4</sub> , X <sub>17</sub>	16.274*	0.891	19.380**	0.907
X <sub>4</sub> , X <sub>18</sub>	13.624*	0.872	17.222*	0.896
X <sub>8</sub> , X <sub>12</sub>	3.570	0.641	3.502	0.637
X <sub>8</sub> , X <sub>13</sub>	13.230*	0.869	17.206*	0.896
X <sub>8</sub> , X <sub>14</sub>	14.558*	0.879	20.417**	0.911
X <sub>8</sub> , X <sub>15</sub>	12.599*	0.863	18.681**	0.903
X <sub>8</sub> , X <sub>16</sub>	8.818*	0.815	13.92*	0.875
X <sub>8</sub> , X <sub>17</sub>	9.296*	0.823	14.931*	0.882
X <sub>8</sub> , X <sub>18</sub>	9.260*	0.822	14.010*	0.875
X <sub>9</sub> , X <sub>11</sub>	9.829*	0.912	8.134	0.803
X <sub>9</sub> , X <sub>12</sub>	7.682*	0.793	6.121	0.756
X <sub>9</sub> , X <sub>13</sub>	6.120	0.754	5.160	0.721
X <sub>9</sub> , X <sub>14</sub>	6.373	0.761	5.522	0.734
X <sub>9</sub> , X <sub>15</sub>	10.621*	0.842	12.788*	0.865
X <sub>9</sub> , X <sub>16</sub>	1.509	0.430	7.017*	0.778
X <sub>9</sub> , X <sub>17</sub>	9.099*	0.820	2.235	0.528
X <sub>9</sub> , X <sub>18</sub>	5.963	0.749	32.546**	0.942
X <sub>10</sub> , X <sub>11</sub>	0.562	0.219	0.557	0.218
X <sub>10</sub> , X <sub>12</sub>	1.458	0.428	1.354	0.404
X <sub>10</sub> , X <sub>13</sub>	3.026	0.602	0.201	0.091
X <sub>10</sub> , X <sub>14</sub>	6.328	0.760	7.445*	0.788
X <sub>10</sub> , X <sub>15</sub>	13.490*	0.871	21.015**	0.913
X <sub>10</sub> , X <sub>16</sub>	4.385	0.687	2.768	0.581
X <sub>10</sub> , X <sub>17</sub>	2.773	0.581	7.915*	0.799
X <sub>10</sub> , X <sub>18</sub>	7.157*	0.782	10.598*	0.841
X <sub>4</sub> , X <sub>11</sub> , X <sub>13</sub>	30.411**	0.968	17.368*	0.946
X <sub>4</sub> , X <sub>11</sub> , X <sub>14</sub>	39.610**	0.975	31.522**	0.969
X <sub>4</sub> , X <sub>11</sub> , X <sub>15</sub>	19.716*	0.952	344.582**	0.997
X <sub>1</sub> , X <sub>11</sub> , X <sub>16</sub>	13.421*	0.931	22.630*	0.957
X <sub>4</sub> , X <sub>11</sub> , X <sub>17</sub>	11.373*	0.919	17.995*	0.947
X <sub>4</sub> , X <sub>11</sub> , X <sub>18</sub>	7.084	0.876	9.323*	0.903

表九 (續)  
Table 9. (Continued)

Independent variable <sup>1)</sup>	Correlation with BPH/10 hills in latter half Oct.		Correlation with scale of popul. in 2nd crop <sup>2)</sup>	
	F Value	R <sup>2</sup>	F Value	R <sup>2</sup>
X <sub>4</sub> , X <sub>12</sub> , X <sub>13</sub>	350.812**	0.997	27.275*	0.965
X <sub>4</sub> , X <sub>12</sub> , X <sub>14</sub>	375.405**	0.997	46.994**	0.979
X <sub>4</sub> , X <sub>12</sub> , X <sub>15</sub>	20.955*	0.955	43.713**	0.978
X <sub>4</sub> , X <sub>12</sub> , X <sub>16</sub>	29.571**	0.967	59.400**	0.983
X <sub>4</sub> , X <sub>12</sub> , X <sub>17</sub>	20.268*	0.953	35.139**	0.972
X <sub>4</sub> , X <sub>12</sub> , X <sub>18</sub>	8.901	0.899	11.696*	0.921
X <sub>8</sub> , X <sub>11</sub> , X <sub>13</sub>	8.687	0.897	13.077*	0.929
X <sub>8</sub> , X <sub>11</sub> , X <sub>14</sub>	11.434*	0.920	22.815*	0.958
X <sub>8</sub> , X <sub>11</sub> , X <sub>15</sub>	16.249*	0.942	282.758**	0.996
X <sub>8</sub> , X <sub>11</sub> , X <sub>16</sub>	5.574	0.848	10.990*	0.917
X <sub>8</sub> , X <sub>11</sub> , X <sub>17</sub>	5.485	0.846	10.279*	0.911
X <sub>8</sub> , X <sub>11</sub> , X <sub>18</sub>	4.753	0.826	7.356	0.880
X <sub>8</sub> , X <sub>12</sub> , X <sub>13</sub>	26.529*	0.964	49.645**	0.980
X <sub>8</sub> , X <sub>12</sub> , X <sub>14</sub>	36.418**	0.973	178.170**	0.994
X <sub>8</sub> , X <sub>12</sub> , X <sub>15</sub>	18.701*	0.949	48.172**	0.980
X <sub>8</sub> , X <sub>12</sub> , X <sub>16</sub>	11.572*	0.920	19.131*	0.950
X <sub>8</sub> , X <sub>12</sub> , X <sub>17</sub>	9.948*	0.908	23.212*	0.959
X <sub>8</sub> , X <sub>12</sub> , X <sub>18</sub>	6.356	0.864	9.799*	0.907
X <sub>9</sub> , X <sub>11</sub> , X <sub>13</sub>	5.976	0.856	5.182	0.838
X <sub>9</sub> , X <sub>11</sub> , X <sub>14</sub>	7.137	0.877	6.690	0.870
X <sub>9</sub> , X <sub>11</sub> , X <sub>15</sub>	29.778**	0.968	13.080*	0.929
X <sub>9</sub> , X <sub>11</sub> , X <sub>16</sub>	9.653*	0.906	12.090*	0.924
X <sub>9</sub> , X <sub>11</sub> , X <sub>17</sub>	12.406*	0.925	16.859*	0.944
X <sub>9</sub> , X <sub>11</sub> , X <sub>18</sub>	21.975*	0.956	43.452**	0.978
X <sub>9</sub> , X <sub>12</sub> , X <sub>13</sub>	4.506	0.818	3.736	0.789
X <sub>9</sub> , X <sub>12</sub> , X <sub>14</sub>	5.401	0.844	4.734	0.826
X <sub>9</sub> , X <sub>12</sub> , X <sub>15</sub>	17.128*	0.945	65.730**	0.985
X <sub>9</sub> , X <sub>12</sub> , X <sub>16</sub>	7.060	0.876	7.683	0.885
X <sub>9</sub> , X <sub>12</sub> , X <sub>17</sub>	9.148	0.901	11.060*	0.917
X <sub>9</sub> , X <sub>12</sub> , X <sub>18</sub>	16.894*	0.944	25.752*	0.963

在褐飛蝨侵入本田立足後，影響其族羣增長之氣象因素中，以9月份之降大雨(超過10 mm/hr)之日數(X<sub>15</sub>)或降雨量(X<sub>18</sub>)為最大，兩者與10月下旬褐飛蝨之最高族羣密度相關之決定係數分別為 $r^2=0.804$ 及 $r^2=0.739$ ；與二期作褐飛蝨發生密度等級相關之 $r^2$ 則分別為0.853及0.806；其次在水稻插植後之發育初期尚值本省盛夏時期，高溫可能為影響成蟲壽命及產卵量(Bae and Pathak, 1970)，本研究曾試以平均溫度及日最高溫超過34°C之日數與依變數Y<sub>1</sub>及Y<sub>2</sub>進行分析，但相關不顯著。然而由表九，可見8月份之高溫(X<sub>12</sub>)對褐飛蝨之族羣仍有若干程度之影響。

除上述兩因素外，其他諸如颱風，10月份低溫以及天敵等亦為影響族群增殖之因素，但因颱風影響因素複雜，天敵則因年度變異不大，而10月份低溫只影響若蟲之發育速度以及11月第4代之若蟲密度，對早期預測並無意義，在本研究暫予不考慮。

進一步以複直線迴歸分析兩因子至三因子連合對依變數  $Y_1$  及  $Y_2$  之相關，結果列如表九。由表九之  $r^2$  值可見兩個自變數因子與依變數  $Y_1$  或  $Y_2$  之相關較單自變數因子為高，其中在與  $Y_1$  之相關決定係數以7月至8月間吸引式誘蟲燈捕捉蟲數及8月或8至9月之降大雨日與 ( $X_4, X_{13}; X_4, X_{14}$ ) 之組合為最高；而與  $Y_2$  相關決定係數仍以各種表示蟲源之自變數與9月或8與9月之降大雨日數或降雨量之自變數因子 ( $X_9, X_{18}; X_{10}, X_{15}; X_8, X_{14}; X_4, X_{17}; X_4, X_{14}$ ) 之組合為較高。由三個自變數因子與依變數  $Y_1$  或  $Y_2$  之複直線迴歸分析之決定係數  $r^2$  值，可發現以7至8月吸引式誘蟲燈捕獲蟲數，8月之日最高溫超越  $34^\circ\text{C}$  日數及8月或8至9月之下降大雨日數之自變數的組合 ( $X_4, X_{12}, X_{14}$ ) 與  $Y_1$  相關之決定係數最高；以7至8月份高空捕蟲網捕蟲數為蟲源的組合中，其與  $Y_1$  相關之決定係數，與吸引式誘蟲燈7至8月捕蟲數之組合類似，以與8月之日最高溫超越  $34^\circ\text{C}$  日數，及8月或8至9月份每小時平均降雨量超過  $10\text{ mm}$  之日數為自變數組合者 ( $X_8, X_{12}, X_{14}$ ) 為最佳；然而以插植後30日內最高族群密度作為蟲源之組合與依變數  $Y_1$  相關之決定係數則以與7月下半月至8月份之日最高溫超過  $34^\circ\text{C}$  日數，及9月份降雨量或平均每小時降雨量超過  $10\text{ mm}$  日數為自變數之組合者 ( $X_9, X_{11}, X_{15}$ ) 較佳。

三變數因子對依變數  $Y_2$  相關之決定係數  $r^2$  值，無論在以7至8月吸引式誘蟲燈或高空捕蟲網之捕蟲數為蟲源之組合，均以與7月下半月至8月之日最高溫超越  $34^\circ\text{C}$  日數及9月份平均每小時降雨量超過  $10\text{ mm}$  為自變數之組合與  $Y_2$  相關者 ( $X_4, X_{11}, X_{15}; X_8, X_{11}, X_{15}$ ) 為最密切；但以水稻插植後30日內最高族群密度作為蟲源之組合中，則與8月份之日溫超過  $34^\circ\text{C}$  及9月份平均每小時降雨量超過  $10\text{ mm}$  之組合 ( $X_9, X_{12}, X_{15}$ ) 與  $Y_2$  相關之決定係數為最高。

進一步將各自變數組合與依變數  $Y_1$  或  $Y_2$  相關之  $r^2$  值較高之複迴歸方程列如表十，再按歷年度自變數資料代入複迴歸方程所得之褐飛蝨族群估算值列如表十一，由該表可見在預測10月下半月之族群密度，以第3、4程式較佳，頗具實用價值；第5、6程式在褐飛蝨發生密度較高時適合性尚佳，但在發生密度較低時，其與實測值變異較大，但其實際變異蟲數每叢由10餘隻至20餘隻，尚有參考價值；以水稻插植後30日內最高蟲數為蟲源的組合中，以第7程式最佳，但發生密度較低之年份，估算值與實測值變異頗大，其實用性較差。

在預測發生密度等級方面，第9、15及17號程式之估算值與實測值差異均在0.3範圍內，頗具實用價值，而第11及20號程式之估算值與實測值之差異均在0.5範圍之內，亦具參考價值。而第8、10、12、13、14、16、18、19及21號程式在7年之估算值中有1至2年與實測值差異達0.6以上，預測差異較大。在上述程式中以與9月每小時最大降雨量超過  $10\text{ mm}$  以上日數之組合的迴歸程式所估算者與實測值較接近，而與8月份之每小時最大降雨日數或8月份之降雨量之組合的迴歸方式所估算者較差，但站在早期預測立場，則後者亦甚具參考價值。

以路徑分析法分析表十各組合自變數對依變數之貢獻值，結果列如表十二，對預測10月下旬發生量 ( $Y_1$ ) 而言，以7至8月吸引式誘蟲燈 ( $X_4$ ) 或高空捕蟲網之捕獲蟲 ( $X_8$ ) 為蟲源的組合，蟲源對發生量的貢獻值由46至66.8%，為三個自變數貢獻值最大者；高溫 ( $X_{11}, X_{12}$ ) 與大雨日數 ( $X_{13}\sim X_{15}$ ) 的貢獻值分別由21.2至23.6%及11.6至27.4%。對於以移植後30日內最高蟲數 ( $X_9$ ) 為蟲源的組合，則蟲源對發生量之貢獻值只達20%左右，而以雨量 ( $X_{15}$ ) 之貢獻值為最高，達61.8%。另對預測二期作褐飛蝨發生等級而言，則蟲源對發生等級之貢獻值隨降雨因素之自變數而有很大變異，若以9月份降大雨 (大於  $10\text{ mm/hr}$ ) 日數為自變數 ( $X_{15}$ )，則由於其貢獻值高達82%以上，則蟲源之貢獻值反而成為很小；反之以8月份之降大雨日數為自變數 ( $X_{13}$ )，因其貢獻值只達13%左右，則蟲源之貢獻值高達60%以上；而以8至9月之降大雨為自變數 ( $X_{14}$ ) 時，其貢獻值介於25至30%之間，蟲源之貢獻值則介於46至56%之間。至於高溫 (高於  $34^\circ\text{C}$ ) 日數之

表十 預測嘉南地區第二期稻褐飛蝨族羣發生量之複迴歸程式  
 Table 10. Multiple linear regression equations for predicting the population abundance of brown planthopper in the second rice crop in Chianan area

Code number	Independent variable <sup>1)</sup>	Equations	R <sup>2</sup>
For predicting the population density in the latter half of Oct.			
1	X <sub>4</sub> X <sub>11</sub> X <sub>13</sub>	Y <sub>1</sub> =2,740.15+0.277 X <sub>4</sub> -80.2 X <sub>11</sub> -302.97 X <sub>13</sub>	0.968
2	X <sub>4</sub> X <sub>11</sub> X <sub>14</sub>	Y <sub>1</sub> =3,236.99+0.22 X <sub>4</sub> -87.88 X <sub>11</sub> -241.22 X <sub>14</sub>	0.975
3	X <sub>4</sub> X <sub>12</sub> X <sub>13</sub>	Y <sub>1</sub> =2,895.69+0.24 X <sub>4</sub> -134.86 X <sub>12</sub> -292.66 X <sub>13</sub>	0.997
4	X <sub>4</sub> X <sub>12</sub> X <sub>14</sub>	Y <sub>1</sub> =3,288.01+0.19 X <sub>4</sub> -135.96 X <sub>12</sub> -228.13 X <sub>14</sub>	0.997
5	X <sub>8</sub> X <sub>12</sub> X <sub>13</sub>	Y <sub>1</sub> =2,997.96+5.47 X <sub>8</sub> -149.85 X <sub>12</sub> -321.18 X <sub>13</sub>	0.964
6	X <sub>8</sub> X <sub>12</sub> X <sub>14</sub>	Y <sub>1</sub> =3,431.82+4.24 X <sub>8</sub> -149.03 X <sub>12</sub> -248.38 X <sub>14</sub>	0.973
7	X <sub>9</sub> X <sub>11</sub> X <sub>15</sub>	Y <sub>1</sub> =4,862.59+15.21 X <sub>9</sub> -102.65 X <sub>11</sub> -1,075.72 X <sub>15</sub>	0.968
For predicting the population scale in the 2nd rice crop			
8	X <sub>4</sub> X <sub>11</sub> X <sub>14</sub>	Y <sub>2</sub> =8.187+0.0003 X <sub>4</sub> -0.159 X <sub>11</sub> -0.409 X <sub>14</sub>	0.969
9	X <sub>4</sub> X <sub>11</sub> X <sub>15</sub>	Y <sub>2</sub> =10.849+0.00002 X <sub>4</sub> -0.196 X <sub>11</sub> -1.827 X <sub>15</sub>	0.997
10	X <sub>4</sub> X <sub>12</sub> X <sub>13</sub>	Y <sub>2</sub> =7.391+0.0004 X <sub>4</sub> -0.218 X <sub>12</sub> -0.478 X <sub>13</sub>	0.965
11	X <sub>4</sub> X <sub>12</sub> X <sub>14</sub>	Y <sub>2</sub> =8.107+0.0023 X <sub>4</sub> -0.221 X <sub>12</sub> -0.328 X <sub>14</sub>	0.979
12	X <sub>4</sub> X <sub>12</sub> X <sub>15</sub>	Y <sub>2</sub> =9.97+0.00003 X <sub>4</sub> -0.222 X <sub>12</sub> -1.587 X <sub>15</sub>	0.978
13	X <sub>4</sub> X <sub>12</sub> X <sub>16</sub>	Y <sub>2</sub> =8.27+0.00027 X <sub>4</sub> -0.231 X <sub>12</sub> -0.00819 X <sub>16</sub>	0.983
14	X <sub>4</sub> X <sub>12</sub> X <sub>17</sub>	Y <sub>2</sub> =8.395+0.0002 X <sub>4</sub> -0.202 X <sub>12</sub> -0.006 X <sub>17</sub>	0.972
15	X <sub>8</sub> X <sub>11</sub> X <sub>15</sub>	Y <sub>2</sub> =10.998+0.0003 X <sub>8</sub> -0.199 X <sub>11</sub> -1.862 X <sub>15</sub>	0.996
16	X <sub>8</sub> X <sub>12</sub> X <sub>13</sub>	Y <sub>2</sub> =7.392+0.009 X <sub>8</sub> -0.227 X <sub>12</sub> -0.532 X <sub>13</sub>	0.980
17	X <sub>8</sub> X <sub>12</sub> X <sub>14</sub>	Y <sub>2</sub> =8.128+0.007 X <sub>8</sub> -0.226 X <sub>12</sub> -0.413 X <sub>14</sub>	0.994
18	X <sub>8</sub> X <sub>12</sub> X <sub>15</sub>	Y <sub>2</sub> =9.806+0.001 X <sub>8</sub> -0.215 X <sub>12</sub> -1.568 X <sub>15</sub>	0.980
19	X <sub>9</sub> X <sub>11</sub> X <sub>18</sub>	Y <sub>2</sub> =7.742+3.573 X <sub>9</sub> -0.105 X <sub>11</sub> -0.018 X <sub>18</sub>	0.978
20	X <sub>9</sub> X <sub>12</sub> X <sub>15</sub>	Y <sub>2</sub> =11.778-1.592 X <sub>9</sub> -0.279 X <sub>12</sub> -2.003 X <sub>15</sub>	0.985
21	X <sub>9</sub> X <sub>12</sub> X <sub>18</sub>	Y <sub>2</sub> =7.904+2.9 X <sub>9</sub> -0.109 X <sub>12</sub> -0.019 X <sub>18</sub>	0.963

1) Explanation of each independent variable refer to Table 8.

貢獻值以 8 月之高溫為自變數者為 21 至 23%，而以 7 月下半月至 8 月者則只達 11 至 12%。綜合上述情況，雖然各自變數對依變數之貢獻值隨自變數之組合而不同，但可見蟲源及降大雨日數為影響二期作褐飛蝨發生量之兩大關鍵影響因子，而高溫亦可影響其族羣之發生量至相當程度。

Dyck *et al.* (1979) 曾綜述有關氣候因子對褐飛蝨發生之影響，文中只提及溫度低於 15~8°C 或高於 30°C 以上如 33 或 35°C 對褐飛蝨存活有不利影響，但未論及對族羣增長之影響程度。何與劉 (1969) 報告飼養褐飛蝨於 5~8°C 經 1 至 4 日全部死亡，但若白天置於 20 至 25°C，夜間置於 8°C，則其死亡率只有 19.2%；至於高溫對褐飛蝨存活率之影響，Bae and Pathak (1970) 報告置褐飛蝨於 29°C 恒溫下成蟲壽命可達 10.2 天，但在 29~33°C 之變溫下則降至 5.3 天。從上述前人研究可瞭解高溫與低溫對褐飛蝨之存活均是不利影響，但因觀察所獲資料有限，不足以解釋在自然情況下之影響實況，有待進一步深入觀察。

至於大雨或降雨量對褐飛蝨發生量之影響按 Dyck *et al.* (1979) 之綜述尚無定論，若干報告認

表十一 各年度實測褐飛蝨族羣與表十複迴歸程式之估算值之差異  
 Table 11. Fitness of estimated population of brown planthopper as calculated with the equations listed in Table 10

Code number of equation	Independent variable <sup>2)</sup>	Estimated population (BPH/10 hills)						
		1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
For predicting the population density in the latter half of Oct.								
Actual popul. (BPH/10 hills)		4,428	4,062	3,586	2,598	481	1,053	420
1	$X_4 X_{11} X_{13}$	4,408 (0.5) <sup>1)</sup>	3,655 (9.8)	3,628 (1.2)	2,987 (15.0)	817 (69.9)	1,096 (4.1)	48 (88.6)
2	$X_4 X_{11} X_{14}$	4,269 (3.6)	3,703 (8.8)	3,676 (2.5)	2,896 (11.5)	670 (39.3)	1,205 (14.4)	56 (86.6)
3	$X_4 X_{12} X_{13}$	4,359 (1.6)	3,906 (3.8)	3,674 (2.5)	2,647 (1.9)	559 (16.2)	967 (8.2)	366 (12.9)
4	$X_4 X_{12} X_{14}$	4,232 (4.4)	4,018 (1.1)	3,683 (2.7)	2,616 (0.7)	443 (7.9)	1,085 (3.0)	375 (10.7)
5	$X_8 X_{12} X_{13}$	4,229 (4.5)	3,535 (12.9)	4,002 (11.6)	2,885 (11.1)	424 (11.9)	1,275 (21.1)	280 (33.3)
6	$X_8 X_{12} X_{14}$	4,140 (6.5)	3,753 (7.6)	3,963 (10.5)	2,788 (7.3)	332 (31.0)	1,339 (27.2)	304 (27.6)
7	$X_9 X_{11} X_{15}$	3,590 (18.9)	3,750 (7.7)	3,694 (3.0)	2,511 (3.4)	302 (37.2)	1,685 (60.0)	254 (39.5)
For predicting the population scale in the 2nd rice crop								
Actual scale of population		9.0	9.0	9.0	7.0	3.0	5.0	3.0
8	$X_4 X_{11} X_{14}$	9.1	8.0	8.5	6.6	3.7	4.5	2.7
9	$X_4 X_{11} X_{15}$	8.9	8.9	8.9	7.1	2.8	5.3	3.0
10	$X_4 X_{12} X_{13}$	9.9	9.1	8.7	7.1	3.6	4.3	3.3
11	$X_4 X_{12} X_{14}$	9.5	9.1	8.7	6.8	3.4	4.5	3.2
12	$X_4 X_{12} X_{15}$	8.7	9.7	8.6	6.8	2.8	5.1	3.4
13	$X_4 X_{12} X_{16}$	9.1	7.0	8.3	6.9	2.3	4.9	2.7
14	$X_4 X_{12} X_{17}$	9.3	8.3	8.2	6.7	2.7	5.5	3.0
15	$X_8 X_{11} X_{15}$	8.9	9.0	9.0	7.1	2.8	5.3	3.0
16	$X_8 X_{12} X_{13}$	9.4	8.3	9.0	7.2	3.4	4.7	2.9
17	$X_8 X_{12} X_{14}$	9.3	8.7	9.0	7.1	3.2	4.8	2.9
18	$X_8 X_{12} X_{15}$	8.7	9.6	8.5	6.9	2.7	5.1	3.4
19	$X_9 X_{11} X_{13}$	9.2	9.1	8.7	6.4	2.5	5.3	3.5
20	$X_9 X_{12} X_{15}$	8.9	9.3	8.8	6.7	2.6	5.5	3.3
21	$X_9 X_{12} X_{18}$	9.2	9.3	8.5	6.2	2.6	5.5	3.5

1) The figures inside parenthesis indicate the difference in percentage of estimated number of insect from actual recorded population.

2) Explanation of each independent variable refer to Table 8.

表十二 利用路徑分析各自變數（影響因子）對依變數（族羣密度）之貢獻百分率  
 Table 12. Percentage of contribution of various independent factors to the dependent variable by using path analysis

Combination of independent factor <sup>1)</sup>	% of contribution of each independent factor to the dependent variable			
	Source of insect	Temperature	Rainfall	Unknow
To the dependent variable ( $Y_1$ )				
$X_4 X_{12} X_{13}$	66.82	21.16	11.6	0.42
$X_4 X_{12} X_{14}$	53.26	21.37	25.13	0.24
$X_8 X_{12} X_{13}$	59.93	23.58	12.79	3.70
$X_8 X_{12} X_{14}$	46.49	23.46	27.38	2.67
$X_9 X_{11} X_{15}$	20.99	12.69	61.84	4.48
To the dependent variable ( $Y_2$ )				
$X_4 X_{11} X_{14}$	56.46	11.09	29.37	3.08
$X_4 X_{11} X_{15}$	3.79	13.71	82.21	0.29
$X_4 X_{12} X_{13}$	62.75	20.86	12.86	3.53
$X_4 X_{12} X_{16}$	44.09	22.14	32.13	1.64
$X_4 X_{12} X_{14}$	49.29	21.17	27.46	2.08
$X_8 X_{11} X_{15}$	1.90	13.95	83.81	0.34
$X_8 X_{12} X_{13}$	75.78	1.70	14.32	8.20
$X_8 X_{12} X_{14}$	48.11	21.59	29.75	0.55
$X_9 X_{12} X_{15}$	-18.37	26.73	90.15	1.49
$X_9 X_{11} X_{18}$	41.16	7.37	49.22	2.25
$X_9 X_{12} X_{18}$	33.41	10.51	52.75	3.73

1) Explanation of each independent and dependent variable refer to Table 8.

爲其發生嚴重性與降雨量呈正相關，但部份報告則持相反意見或認爲無特殊關係。本研究在分析發生量與下雨之關係時發現此種關係只在以特殊時期（影響族羣之關鍵時期）之降雨量或降大雨日數始具顯著關係，若以全期之降雨量或降雨日數來考察，則其關係不顯著；此可能爲降雨對其發生量尚無定論之主要原因。然而本研究在無資料可供參考情況下，以每小時最大降雨量超過 10 mm 爲劃分降大雨界限，但事實上在何種降雨量的情況下始對褐飛蝨族羣之成長始有顯著影響則有待進一步研究。

有關褐飛蝨之發生量預測迄至目前爲止除在日本以侵入量預測水稻生育中、後期之爲害程度及施藥時期外 (Kisimoto, 1977, 1979; Hirao, 1979, 1984; Kuno, 1979; Fukamachi, 1984) 在其他地區尚未有實際可供應用之程式建立。在日本影響褐飛蝨發生量最主要因素爲遷移侵入蟲量，與本研究所得結果相同，然而在褐飛蝨於田間立足後，在日本以 8 月下旬後之溫度爲最重要之影響族羣因素 (Hirao, 1984; Fukamachi, 1984)，而本研究結果則顯示 8~9 月降雨量尤其降大雨日數及 8 月高溫對族羣之影響較 10 月下旬之低溫之影響爲重要，此可能爲溫帶地區與亞熱帶地區影響褐飛蝨族羣最大之差異。

由過去褐飛蝨發生情形已知非但年度間變異大，在同年間地區性變異亦頗大，如 1988 年在嘉南地區發生輕微，但在濁水溪畔之溪州地區則嚴重發生。在同年度同一地區，因栽植期或管理方式不同，或因品種差異亦可能造成田間不同程度的爲害 (鄭，未發表資料)，因此欲建立適合各地區之預測程式可能甚爲困難。由本研究結果已知影響褐飛蝨族羣發生之關鍵因子，且由於各地區蟲源之豐度 (

受環境及氣流之影響) 及水稻生育初期之雨量, 溫度等均有差異, 因此各地區之預測程式, 可能需由各地區自行建立方能實際有效地應用於當地之預測。

## 誌 謝

本報告為行政院國家科學委員會 NSC 75-0409-B-055b-07, NSC 76-0409-B-055b-01-J 及 NSC 77-0409-B-055b-04 專題研究之部份結果, 承國科會之經費補助, 國立臺灣大學植物病蟲害學系朱耀沂教授及農委會陳科長秋男之鼓勵暨本分所陳遜蕃先生之協助得能完成, 謹誌謝忱。

## 參 考 文 獻

- 何火樹、劉達修 1969 臺中區褐飛蝨之生態觀察 植保會刊 11(1): 33-42。
- 邱明德 1970 水稻褐飛蝨之生態研究 臺灣農業 6(1): 143-152。
- 周文德 1970 褐飛蝨生態考察及藥劑防治初步試驗 臺灣農業 5(3): 128-141。
- 周文德、羅文良、余健敏 1969 褐飛蝨生態考察及藥劑防治試驗 臺灣省省農業試驗所年報 p. 109-120。
- 福田計 1934 トビイロウンカに關する調査研究 臺灣總督府中央研究所農業部彙報第 99 號 1~19。
- 陶家驊 1966 水稻蟲害 p. 285-302 臺灣植物保護工作: 昆蟲篇 (1940-1965) 335 pp。
- 陶家驊 1963 稻飛蝨與浮塵子生態考察及其藥劑防治試驗初步報告 植保學會刊 5(2): 90-98。
- 陶家驊 1966 稻飛蝨生態考察及其藥劑防治試驗 臺灣省農試所年報 (1965): 86-90。
- 程週年、陳若箎、刁 學、楊聯民、朱 子、吳進才、錢仁貴、楊金生 1979 稻褐飛蝨遷飛規律的研究 昆蟲學報 22(1): 1-19。
- 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。
- 農試年報 1980 臺灣省農業試驗所民國 68 年年報 p. 103-105。
- 農試年報 1981 臺灣省農業試驗所民國 69 年年報 p. 96-97。
- 農試年報 1988 臺灣省農業試驗所民國 76 年年報 p. 129-130。
- 劉清和 1988 臺灣地區褐飛蝨猖獗要因之分析 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年飛蝨類由海外遷入臺灣地區之概況 中華昆蟲 9(1): 1-12。
- Bae, S. H. and M. D. Pathak. 1970. Life history of *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae) and susceptibility of rice varieties to its attacks. Ann. Entomol. Soc. Amer. 63: 149-55.
- Cook, A. G. and T. J. Perfect. 1984. Immigration rates and population development of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* in the tropics. Bull. Soc. Entomol. Suisse 57(4): 413-414.
- Chu, Y. I. and P. S. Yang. 1984. Ecology of the brown planthopper (*Nilaparvata lugens*) during the winter season in Taiwan. Chinese J. Entomol. 4(2): 13-22.
- Dyck, V. A., B. C. Misra, S. Alam, C. N. Chen, C. Y. Hsieh and R. S. Rejisu. 1979. Ecology of the brown planthopper in the tropics. In Brown planthopper: Threat to rice production in Asia, p. 61-100, IRRI, Los Banos, Laguna, Philip-

- pines, 369 pp.
- Fukamachi, S. 1984. Surveillance and chemical control of the brown planthopper. Chinese J. Entomol. 4(2): 139-148.
- Hirao, J. 1979. Forecasting brown planthopper outbreak in Japan. In Brown planthopper: Threat to rice production in Asia, p. 101-112, IRRI, Los Banos, Laguna, Philippines, 369 pp.
- Hirao, J. 1984. Recent trend in the occurrence and forecasting procedures in the brown planthopper. Chinese J. Entomol. 4(2): 65-76.
- Kisimoto, R. 1981. Development, behavior, population dynamics and control of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål. Rev. Plant Protec. Res. 14: 26-58.
- Kisimoto, R. 1979. Brown planthopper migration. In Brown planthopper: Threat to rice production in Asia, p. 113-124, IRRI, Los Banos, Laguna, Philippines, 369 pp.
- Kisimoto, R. 1977. Bionomic, forecasting of outbreaks and injury caused by the rice brown planthopper. In The Rice Brown Planthopper, p. 24-41, FFTC, Taipei, Taiwan, ROC, 258 pp.
- Kisimoto, R. 1971. Long-distance migration of planthoppers, *Sogatella furcifera* and *Nilaparvata lugens*. Proc. Sypos. Rice Insect, Trop. Agric. Res. Centre, Tokyo, 201-216.
- Kisimoto, R. 1968. Yellow pan water trap for sampling the smaller brown planthopper, *Laodelphax striatellus* (Fallén) a vector of the rice strip virus. Appl. Ent. Zool. 3: 37-48.
- Kisimoto, R. 1965. Studies on the polymorphism and its role playing in the population growth of brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål. Bull. Shikoku Agr. Expt. Stn. 13: 1-106.
- Kuno, E. 1979. Ecology of the brown planthopper in temperate regions. In Brown planthopper: Threat to rice production in Asia, p. 45-60, IRRI, Los Banos, Laguna, Philippines, 369 pp.
- Kuno, E. and V. A. Duck. 1984. Dynamics of Philippine and Japanese populations of the brown planthopper: Comparison of basic characteristics. Chinese J. Entomol. 4(2): 1-12.
- Kuno, E. and N. Hokyo. 1970. Comparative analysis of the population dynamics of leafhoppers, *Nephotettix cincticeps* Uhler and *Nilaparvata lugens* Stål with special reference to natural regulation of their numbers. Res. Popu. Ecol. 12: 154-184.
- Kuno, T. 1979. Studies on the utilizing method of electronic computer in the forecasting work on disease and insect pest outbreak. 5. Forecasting white-back planthopper (*Sogatella furcifera* Horvath) and brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stål) outbreak by multiple regression analysis. (in Japanese with English summary), Bull. Hiroshima Agri. Expt. Stn. 41: 1-36.
- Liu, C. H. 1984. Study on the long-distance migration of the brown planthopper in Taiwan. Chinese J. Entomol. 4(2): 39-48.



- Mochida, O. and T. Okada. 1979. Taxonomy and biology of *Nilaparvata lugens* (Hom., Delphacidae). In Brown planthopper: Threat to rice production in Asia, p. 21-43, IRRI, Los Banos, Laguna, Philippines, 369 pp.
- Mochida, D., T. Suryana and A. Wahyu. 1977. Recent outbreaks of the brown planthopper in southeast Asia (with special reference to Indonesia). In The rice brown planthopper, p. 170-191, FFTC, Taipei, Taiwan, ROC, 258 pp.
- Otake, A. 1978. Population characteristics of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae), with special reference to difference in Japan and the tropics. J. Appl. Eco. 15: 385-394.
- Perfect, T. J., Cook, A. G., Padghan, D. E. and Crisostomo, J. M. 1985. Interpretation of the flight activity of *Nilaparvata lugens* (Stål) and *Sogatella fucifera* (Horvath) (Hemiptera: Delphacidae) based on comparative trap catches and field marking with rubidium. Bull. Entom. Res. 75: 93-106.

## STUDIES ON POPULATION DYNAMICS AND FORECASTING OF POPULATION ABUNDANCE OF BROWN PLANTHOPPER, *NILAPARVATA LUGENS* IN CHIA-NAN AREA

Ching-Huan Cheng

*Chiayi Agricultural Experiment Station, TARI*

The population changes of brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae) in paddy fields were investigated for the first and second rice crops in Chianan area from 1982 to 1988. The results revealed that the immigration of brown planthopper in the initial stage of the first rice crop in most cases could not be traced due to low immigrant. The first generation adults used to appear during the end of April to the beginning of May, and the hopper took about one month to complete one generation up to the time of harvest of the crop in the end of June. The highest population peak in this crop season ranged from 0.60 to 10.2 with an average of 1.33 per hill, which appeared mostly during 1-2 weeks before harvest of the crop. Analysis of the factors affecting to abundance of the hopper in the first rice crop indicated that the density of over-winter population was the most important ( $r^2=0.984$ ). Besides, the number of days with the lowest day-temperature below 10°C during December to March, and the number of rainy day in April were also the factors affecting the population abundance to a certain extend. On the contrary, the population of the hopper in the second rice crop was high. The immigrant invaded into paddy fields soon after rice planting, and the peak of immigration appeared mostly during 2 to 3 weeks after rice planting. Initial population was varied from year with a range from 0.006 to 0.27 female adults per hill. The population increased from 46.6 to 2071 folds through 2 to 3 generation's multiplication to reach its highest population peak in the range of 0.6 to 450.6 per hill. The population abundance of the hopper in this crop season was highly correlated with the density of immigrant and the rainfall in September. High temperature over 34°C in August was also an important factor in reducing the population abundance in this crop season. Several regression equations had been established for predicting the population abundance of the hopper both in the first and second rice crop in this area. The coefficient of determination of the regressions were higher than 0.986, indicating that they were likely to be used practically. The population characteristics of the hopper in each crop season and on ratoon rice in this area are also discussed in the paper.