水稻白背飛蝨之族群變動及發生預測

鄭清煥*　黃守宏

嘉義市 行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所植物保護系

(接受日期：2004 年 11 月 22 日)

摘　要

鄭清煥*、黃守宏　2004　水稻白背飛蝨之族群變動及發生預測　植保會刊　46：315 – 332

本文係利用 1982 至 2002 年水稻害蟲偵察田及誘蟲器材調查資料，分析白背飛蝨在嘉義地區稻田之族群變動、影響族群發生豐度因子並藉以建立發生預測模式，結果顯示白背飛蝨近年來之發生族群密度有逐年增加之趨勢，可能受海外遷入蟲數增多所致。在暖冬年白背飛蝨在嘉義地區以少量成蟲於再生稻上越冬，越冬成蟲於 12 月下旬至 1 月上旬遷入一期早植稻繁殖一世代，於 3 月末至 4 月初擴散至中、晚植稻，族群高峰出現於 5 月下旬至 6 月上旬之第三世代若蟲期，發生豐度主要受 4 月下旬至 5 月上旬之遷入蟲量所影響。在第一期稻收割後之再生稻上，以由外地遷入之長翅型成蟲爲主，若蟲極少。在第二期稻，白背飛蝨之族群受水稻栽植期及海外成蟲之遷入期及遷入量所左右；早植稻通常有較高之遷入蟲。在早、中植稻上白背飛蝨之族群高峰可能出現於第五代及第六或第七世代若蟲期，隨害蟲之遷入期及遷入量而定，而在晚植稻則多出現於第六或第七世代若蟲期。族群豐度主要受 8 月遷入蟲量的影響，9 及 10 月的溫度對族群的豐度呈顯著的正相關，而 8 月高溫及 9 月、10 月的降雨量則對白背飛蝨的族群豐度具顯著的負面作用。在 10 月下旬或 11 月上旬後，第八世代之白背飛蝨族群密度急遽下降。二期稻收割後白背飛蝨以成蟲在再生稻上越冬，但除少數年度於 12 月至翌年 1 月尚可捕獲少量成蟲外，大部分年度幾無所獲。利用逐步回歸分析，已建立若干供預測第一、二期稻白背飛蝨發生豐度之模式，可供進一步測試其適用性。

（關鍵詞：白背飛蝨、族群變動、發生預測、水稻害蟲）

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

緒 言

白背飛蝨（*Sogatella furcifera* (Horvath)，Homoptera：Dephacidae）在台灣於1910年即被列爲水稻間歇性發生之重要害蟲[3, 13, 15]，曾有多年在局部地區造成危害[3, 6, 21]，在 1960 年代後由於褐飛蝨（*Nilaparvata lugens*）成爲主要水稻害蟲，經常可見白背飛蝨與褐飛蝨混合發生，但未有單獨成災之記錄[21]。然而由於白背飛蝨與褐飛蝨及瘤野螟均屬長距離遷移性害蟲[19, 20, 22, 23, 27, 29]，每年 4 至 8 月間可由華南地區遷入台灣[20]。1980 年代以來，由於中國及越南北部栽植雜交稻（hybrid rice）面積逐漸增大（至 1990 年約佔總栽培面積之 48%），且大部雜交稻對褐飛蝨具抗性，但對白背飛蝨呈感蟲性，加之高氮肥及密植栽培，使白背飛蝨之發生量較 1980 年代前大幅增加，並波及日本[5, 9, 11]。近年來台灣地區二期稻遭受白背飛蝨之危害漸趨嚴重，但有關白背飛蝨之生物學及在田間發生動態迄今尚無文獻可查。本文利用 1982 年以來，以誘捕蟲器材之週年捕獲蟲數以及田間調查資料，探討白背飛蝨在嘉義地區一、二期稻之發生動態並建立發生豐度之預測模式，以供釐定防治適期及防治應用之參考。

材料與方法

自 1982 年至 2002 年，於嘉義縣溪口鄉嘉義農業試驗分所農場（20 ha），設立氣帶式捕蟲網（air borne net trap）及吸式誘蟲燈（suction light trap）各兩具。氣帶式捕蟲網之柱高 10 m，網直徑 1 m，網長 1.5 m，呈錐形，網口雙套式以防被捕蟲之逃逸，網尾設置拉鍊以便收集被捕蟲體；兩具捕蟲網相距約 10 m，輕風（1.6~3.3 m/s）時，網口即可隨風向轉動，面對風向，捕捉隨風飄浮之昆蟲。吸式誘蟲燈以 20 燭光環型日光燈爲光源，燈下 6 cm 接吸入式電風扇及蟲網，蟲網爲雙套式以防捕獲蟲之逃逸；誘蟲燈之柱高爲 1.8 m，燈柱基部每隔 15~30 天塗蟲膠一次，以防壁虎之捕食誘集昆蟲；兩盞誘蟲燈相距約 80 m，各面對數十公頃之稻田。兩盞誘蟲燈各與路燈相距約 250 m。燈之開啓（日沒前 30~60 分鐘）及關閉（日出後 30~60 分）均由定時器控制，而風扇則於每晨 8 時左右收集誘捕蟲時始予關閉，以防蟲體之飛出。捕獲蟲體每日收集一次，經烘箱 60℃ 烘乾後，鏡檢分類記錄。在搜集誘捕蟲器資料的同時，另於附近設置水稻害蟲偵察田 1~3 處，面積各 5 公畝，種植台農 67 號或台梗 8 號，兩者對稻飛蝨類均呈感蟲稻種。害蟲偵察田除不施用殺蟲劑外，其他管理按農民慣行方法實施。水稻害蟲每週定時調查一次，調查時先將稻田區分爲四等分，於每等分中任取二行，每行以隔兩叢調查一叢方式，調查 40 叢稻上之害蟲數，四區共調查 160 叢。另外在每等分各以直徑 37 cm，柄長 1 m 之掃網掃捕 10 網。此外，爲方便偵測白背飛蝨成蟲在害蟲偵察田之活動情況，於每塊偵察田之四周田埂內 1m 處各設置黃色水盤（26×22×6cm）兩個，每田共 8 個，水盤之高度隨水稻之成長而調高，使盤面與植株高度齊平。水盤兩側各設有約 0.5cm 之排水孔 1 個，並用細紗網封住，以防降雨時蟲體之流失；水盤內置放清水約 3cm，並加入沙拉脫數滴，降低表面張力，使被誘集之害蟲，不致逃脫。誘集蟲每 2 至 3 天調查一次。水稻收穫後，黃色水盤則置放於再生稻田，以便偵察成蟲於再生稻田之密度。試驗期中之氣象資料由中央氣象局嘉義氣象站提供。所搜集之數據，於進行分析前均先經平方根轉換，再行分析。影響族群豐度因子之分析，採用簡單相關分析，而預測模式之建立則採用 SAS（Statistic analysis system）套裝軟體之逐步迴歸分析（stepwise regression

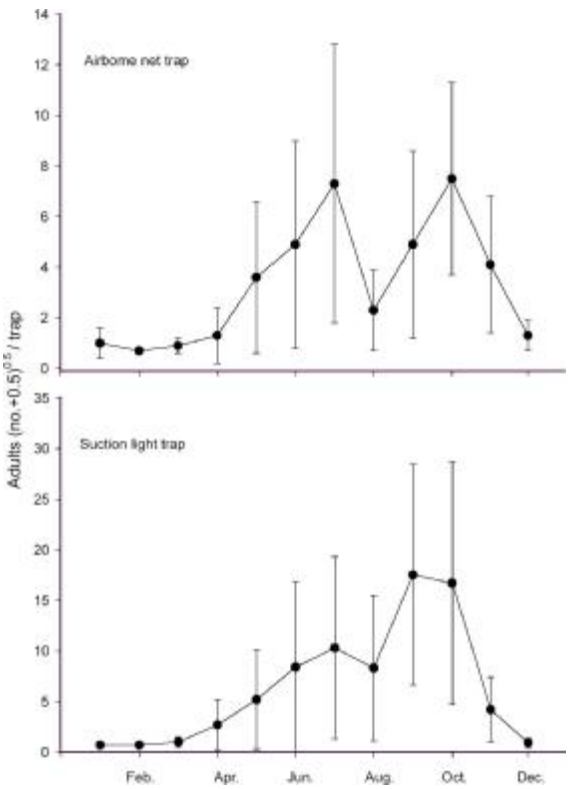
analysis）[26]，並以變數之多寡，迴歸模式之 F 值及決定係數 R^2 值之顯著性作爲選用模式之依據。

結　果

第一、二期水稻白背飛蝨之族群變動

1.氣帶式捕蟲網及誘蟲燈之族群變動

白背飛蝨爲長距離遷移性害蟲之一，從 1982 年至 2002 年利用氣帶式捕蟲網及誘蟲燈各兩具偵測白背飛蝨之周年變動，結果顯示各月份誘捕蟲數年度間變異頗大（圖一）。依據氣帶式捕蟲網捕獲蟲數觀察，1 至 3 月間分別只有 7、1 及 4 年可捕獲 1 至 3 隻成蟲外，其他年度均無所捕獲，平均捕蟲數依次爲 0.9 ±2.1、0.05 ±0.22 及 0.33 ±0.91 隻/網。在 1 月可捕獲到白背飛蝨之年度與前年 12 月及當年 1 月之平均溫度關係密切（r = 0.4164，p＜0.05），與前年 12 月氣帶式捕蟲網捕獲蟲數呈極顯著相關（r = 0.5266，p＜0.01）。在 4 月間有 9 年可捕獲到成蟲，最高蟲數爲 23 隻/網，平均捕蟲數爲 2.4 ±5.5 隻/網。5 至 7 月間每月捕獲蟲數逐漸增加，年度間變異更大，最高捕蟲數分別爲 97、130 及 308，最低均爲 0 隻，平均捕蟲數分別爲 20.9 ± 31.2、39.3 ±77.8 及 81.7 ±107.4 隻。在 8 月捕蟲數驟降，由 0 至 73 隻，平均爲 9.2 ± 17.3 隻/網；9 月至 10 月又逐漸增加，分別由 0 至 250 及 3 至 275 隻，平均依序爲 36.7 ±57.7 及 69.2 ±69.5 隻/網；11 月及 12 月捕蟲數又呈現明顯下降，分別可捕獲成蟲由 1 至 125 及 0 至 8 隻，平均依序爲 23.4 ±33.0 及 1.4 ±1.9 隻/網。在 12 月有 9 年無所捕獲。全年消長呈雙峰型，即在 5（佔 23.8%）、6（佔 23.8%）或 7 月（佔 52.4%）呈一高峰，另一高峰則出現於 9（佔 9.5%）、10（佔 26.2%）或 11 月（佔 14.2%），因年度而異；其中族群較低之年，其高峰大部分出現於 11 月。



圖一、嘉義地區氣帶式捕蟲網及吸式誘蟲燈每月平均捕獲白背飛蝨之變異。

Fig. 1. Variation in average monthly catches of white-backed planthopper by airborne net traps and suction light traps in Chiayi region, 1982-2002.

誘蟲燈捕獲之白背飛蝨雖較氣帶式捕蟲網爲多，其捕蟲數之周年消長與氣帶式捕蟲網之捕獲量趨勢相當一致，但年度間各月捕蟲數變異更大。但就捕獲高峰而言，在 1 至 7 月間（一期稻）之捕獲高峰，出現在 5 月及 6 月各佔 23.8%，7 月者佔 52.4%；在 8 至 12 月間（二期稻）誘蟲燈捕獲高峰期出現於 8、9、10 及 11 月分別佔 4.8、38.1、57.1 及 0%。與氣帶式捕蟲網之捕獲高峰期比較，無論在一、二期作均不完全一致，尤以在二期稻，在氣帶式捕蟲網之捕蟲數，有 3 年捕獲高峰出現於 11 月，但誘蟲燈之捕獲蟲數的高峰則均出

現於 11 月以前。相反地，在誘蟲燈之捕蟲數則有 1 年出現於 8 月，但在氣帶式捕蟲網之捕蟲數則未發現有出現於 8 月份者。此外，在同一年度，捕蟲高峰出現於同一月份者固有之，但出現於不同月份者亦復不少，尤以二期稻差異更大，此可能與兩種捕蟲器材之功能以及白背飛蝨在各水稻生育期長翅成蟲往外遷飛有關。另外在調查的 21 年間，誘蟲燈於 12 月至翌年的 3 月間，分別只有 5、0、1、及 5 年 曾捕獲 1 至 4 隻白背飛蝨，與氣帶式捕蟲網之 12、6、1 及 3 年曾捕到 1 至 9 隻成蟲之年數比較相對爲低，可能與誘蟲燈只能在夜間運作，溫度較低影響飛蝨之活動有關。

表一、第一期稻白背飛蝨在誘捕蟲器及田間之始見日及田間最高族群密度

Table 1. The first detection date of the white-backed planthoper in traps, monitoring fields and the highest population recorded in the first cropping season

Year	Average temp. of Jan. and Feb. (℃)	First detection date (month/day) [1]					The peak nymphal population [2]	
		Air-borne net trap	Suction light trap	Yellow water-pan trap	Sampling in monitoring fields		Date [1]	No. 10 hills (or 10 sweeps)
					Adult	Nymph		
1983	16.05	1/15	4/15	1/30 (2)	4/21 (4)	3/29 (2)	6/12 (4)	13.1
1984	15.30	4/25	5/5	2/25 (1)	5/8 (6)	5/29 (6)	6/12 (6)	0.19
1985	16.70	5/15	4/25	3/20 (6)	5/27(4)	nil	5/2 (4)	(2)
1986	14.75	4/25	3/31	2/15 (1)	3/13 (2)	4/15 (2)	5/15 (2)	0.48
1987	16.56	1/5	4/10	1/30 (3)	4/7 (4)	nil	4/7 (6)	(2)
1988	16.90	4/25	4/30	Nil	3/10 (2)	nil	4/7 (3)	(1)
1989	16.70	6/20	4/25	5/20 (1)	4/27 (3)	nil	nil	0
1990	17.40	6/20	5/15	5/15 (4)	5/16 (4)	nil	5/16 (4)	(1)
1991	16.99	5/5	4/30	6/20 (5)	nil	nil	nil	0
1992	15.75	5/20	4/25	1/25 (1)	3/26 (3)	4/30 (3)	5/12 (3)	0.44
1993	16.68	1/31	5/5	1/25 (1)	3/9 (3)	4/13 (3)	6/17 (3)	0.57
1994	17.47	5/5	7/5	2/10 (1)	4/6 (3)	nil	nil	0
1995	15.90	3/31	5/5	3/5 (1)	2/22 (1)	5/1 (2)	5/8 (2)	0.06
1996	16.11	1/5	3/20	1/20 (1)	4/3 (3)	6/12 (3)	6/12 (3)	0.06
1997	16.19	1/10	3/31	nil	4/25 (3)	5/9 (3)	5/9 (5)	0.13
1998	17.84	4/10	2/20	3/25 (1)	4/4 (1)	4/17 (1)	5/20 (3)	0.44
1999	17.54	4/10	3/20	3/20 (2)	3/26 (2)	4/16 (2)	5/19 (4)	1.38
2000	16.56	5/5	4/25	4/20 (3)	4/26 (2)	4/26 (2)	5/24 (3)	18.5
2001	17.82	4/10	4/10	5/10 (4)	5/2 (4)	4/18 (4)	5/18 (2)	1.8
2002	17.70	1/5	4/20	3/15 (4)	6/5 (3)	nil	6/5 (3)	(1)

[1] The number associated with each date indicates the date of transplanting such that (1): before January 20; (2): Jan. 21~25; (3): Jan. 26~31; (4): Feb. 1~5; (5): Feb. 6~10; (6): after February 10.

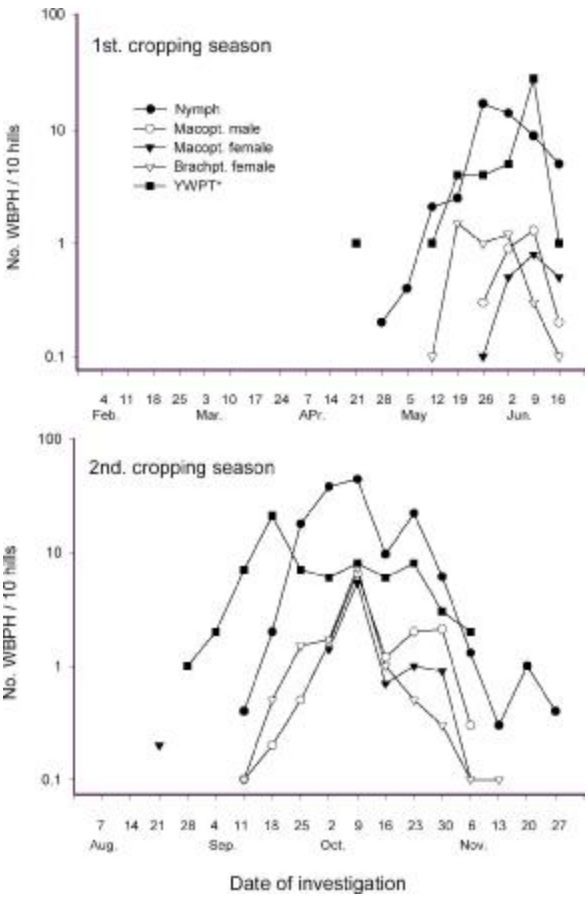
[2] Only 3rd to 5th instar nymphs are counted. The figures without parenthesis indicate the number of white-backed planthopper recorded by direct counting, while those inside parenthesis indicate the number of the insects caught by sweeping net, but nil was observed by direct counting.

比較各年度每月氣帶式捕蟲網與誘蟲燈之白背飛蝨之捕蟲數，一般而言後者較前者爲高，但在調查的 21 年間，氣帶式捕蟲網捕獲蟲數在 4 至 7 月分別有 1、4、5 及 8 年較誘蟲燈爲高，在 11 及 12 月則有 15 及 9 年較之爲高;但 8 至 10 月間則誘蟲燈之捕蟲數均極明顯地高於氣帶式捕蟲網。由於氣帶式捕蟲網較有利於偵測飛蝨之遷入波及遷入蟲量，而誘蟲燈則較有利於偵察地區內飛蝨之活動密度，上述兩種捕蟲器材捕獲蟲數之差異，可能與兩種捕蟲器材對稻飛蝨之遷入、遷出以及地區性稻飛蝨之偵測功能之差異有關[22, 25]。

2.田間白背飛蝨之族群變動

依據 1983 至 2002 年間在 56 塊水稻害蟲偵察田調查結果，顯示白背飛蝨在一期稻之族群密度甚低，除於 1983、1986、1993、1998、1999、2000 及 2001 年可於 3 月下旬或 4 月上、中旬開始在田間發現若蟲族群之持續發生外，其他年度則只能在 5 月中、下旬或 6 月上旬，於 160 叢稻上發現 1 至 2 隻若蟲，或全無若蟲之被發現。在 5 月中、下旬白背飛蝨最高族群出現時，除在 1983 及 2000 年每 10 叢稻之平均密度達 10 隻以上外，其他年度均在 0~1.38 隻間（表一）。

由一期稻誘捕蟲器及害蟲偵察田白背飛蝨之始見日記錄（表一），在氣帶式捕蟲網，有 6 個年度於 1 月份即可零星（1~3 隻） 捕到白背飛蝨；黃色水盤之最初捕蟲記錄只有 8 個年度中之 10 塊害蟲偵察田出現於 1~2 月間（每塊田 8 盤之合計蟲數由 1 至 15 隻）。該等可由黃色水盤偵測到白背飛蝨之遷入稻田的水稻移植日期，除 2 塊於 1 月 21 至 30 日移植者外，其他均在 1 月 20 日以前移植。而在嘉義地區一期稻之移植盛期（1 月 25 日至 2 月 5 日間）移植者，白背飛蝨之若蟲在部分年度出現於 3 月中、下旬至 4 月上、中旬，部份則出現於五月上、中旬。族群高峰一般出現於 5 月中、下旬之第三世代若蟲期，相當於中植稻之抽穗至乳熟期，在 6 月上旬水稻糊熟期後，白背飛蝨族群密度既急驟下降（表一、圖二）。



圖二、 2000 年白背飛蝨在嘉義地區第一、二期稻無防治稻田之族群變動。

Fig. 2. Population fluctuations of white-backed planthopper in an unsprayed paddy field in the first and second cropping seasons in Chiayi region, 2000. (Rice of the first and second cropping season are transplanted on January 31 and August 3, respectively. “YWPT” in the upper figure indicate the abbreviation of yellow water-pan trap).

第一期稻通常在 6 月中、下旬收割，於再生稻上，除於 1987、1993、2000 年等三

年可發現少數若蟲（每 10 叢 0.1 至 0.5 隻或 10 網掃 1~4 隻）外，其他年度只能發現長翅型成蟲，年度間密度變異頗大，每 10 叢密度由 0 至 12.38 隻或每 10 網掃由 0 至 200 隻。此期間，長翅型成蟲之密度除與再生稻之發育情況有關外，主要受遷入蟲量之影響；如 1987 年，於一期稻收割前後之 6 月中、下旬，每 10 網掃蟲數爲 0~3 隻，但因 6 月 29 日受鋒面影響而有明顯之遷入波，於 7 月 1 日調查時突然增爲每 10 網 200 隻，7 月 8 日及 15 日再調查時驟降爲 11 及 8 隻。這種突增現象亦反應於誘蟲燈及黃色水盤之捕蟲數，前者於 6 月 29 日至 7 月 1 日每誘蟲燈捕獲 108 隻，而後者在同時間突然於 5 月 27 日收割之再生稻田捕獲 371 隻，6 月 14 日收割之再生稻田捕獲 223 隻，而 6 月 22 日收割之再生稻田之 19 隻，充分顯示遷入蟲喜棲於發育較茂密之再生稻上。但在再生稻之成蟲於短暫取食後即遷往他處，並不繼續在再生稻上棲息及繁衍。

在第二期稻，通常於水稻種植後，即可由黃色水盤之偵測，發現白背飛蝨陸續遷入稻田，但在水稻移植後 30 天內，黃色水盤之誘集蟲數由 0 至 209 隻，隨各年度白背飛蝨之遷入時期、遷入波數以及水稻移植日期而有很大變異。在 7 月 25 至 31 日移植之水稻上，若在移植後 14 天內即有白背飛蝨遷入，其第一、二、三代（第五、六及七世代）成蟲分別於 8 月下旬至 9 月中旬，9 月下旬至 10 月上旬及 10 月下旬至 11 月上旬出現；在 8 月 5 日左右移植者，則各世代成蟲分別出現於 9 月中、下旬、10 月中、下旬及 11 月上、中旬，隨白背飛蝨遷入期而略有變異（圖二）。在二期稻白背飛蝨族群高峰可能出現於第一、二、三代（第五、六、七世代）若蟲期（或 8、9、10 月間）。在 1982 至 2002 年於 52 塊水稻害蟲偵察田中，除 3 塊偵察田查不到若蟲外，族群高峰發生於第一代（第五世代）者有 9 塊，二、三代（第六、七世代）者分別有 25 及 15 塊；在晚植稻上，其族群高峰一般出現於第二或第三代（第六、七世代），而在早、中植稻則變異很大，以出現於第二、三代（第六、七世代）之機率較高；但若遷入期較遲，如在 8 月中、下旬，則在不同日期移植水稻上之族群高峰出現日期頗爲一致，但在晚植上，其密度通常較高。若以日曆日期區分，則族群高峰出現於 9 月下半月及 10 月上半月出現之頻度較高（表二）。

表二、二期稻白背飛蝨若蟲族群高峰出現期與水稻移植期之關係

Table 2. The incidence of nymphal population peak of white-backed planthopper in relation to transplanting date of rice in the second cropping season at Chiayi region

Date of Transplanting[2)]	Incidence of population peak during [1)]							
	Generation			Before	Sept.	Sept.	Oct.	Oct.
	5th gen.	6th gen.	7th gen.	Sept. 1	2~15	16~30	1~15	16~30
Before July 24 (13)	4	7	2	4	1	5	2	1
July 25 - Aug. 5 (32)	5	16	11	2	6	9	11	4
Later than Aug. 5 (4)	0	2	2	0	0	1	3	0
Total incidence (49)	9	25	15	6	7	15	16	5

[1)] Data of fifty-two monitoring paddy fields from 1982 to 2002, among them, no nymphs were recorded in three fields in 1993.

[2)] The figure inside parenthesis indicates the number of paddy fields observed for each transplanting date.

表三、1982 至 2002 年二期稻嘉義地區白背飛蝨在無防治偵察田的族群增長

Table 3. Population growth of white-backed planthopper in the uncontrolled paddy fields in the second cropping season, 1982-2002, Chiayi region

Population factor	Stages of WBPH	No. WBPH / 10 hills			
		Immigration	5th gen.	6th gen.	7th gen.
Population	A	0.26±0.35	1.19±2.10	3.34±8.94	1.43±6.71
Density [1)]	N＋A		3.29±6.55	12.10±30.90	6.75±19.01
Range	A	0 ~ 1.8	0 ~ 10.0	0 ~ 39.9	0 ~ 40.2
	N＋A		0 ~ 35.9	0 ~124.6	0 ~ 105.9
Reproductive rate [3)]	A		4.57	2.81	0.42
Population growth rate [3)]	A			12.84	
% brachypt.			82.1±11.8	57.2±26.6	6.1±15.9
Female adult [4)]			(46.2±27.2)	(38.6±33.1)	(2.2±7.6)

[1)] A: Adults only, N＋A: Sum of adults and 3rd to fifth instar nymphs.
[2)] Based on 36 monitoring fields from 1982 to 2002.
[3)] Based on the density of adults.
[4)] Based on data of direct counting and sweeping method (in parenthesis), respectively.

白背飛蝨族群在二期稻之增長情況示如表三，遷入之長翅型成蟲年度間變異頗大，每 10 叢稻由 0 至 1.8，平均爲 0.26 ± 0.35；同年度不同日期種植水稻，在早植稻田遷入蟲數較晚植者爲高。如於 1987 年 7 月 7 日種植者，於移植後 30 日內之最高遷入蟲數爲 1.8/10 叢，7 月 20 日種植者爲 0.13/10 叢，而 8 月 1 日種植者爲 0.006/10 叢。此一現象亦反應於設置在各不同種植日期偵察田之黃色水盤，在 30 日內分別誘集 208、2 及 0 隻；但目測蟲數與黃色水盤誘集蟲數之相關並不顯著 r = 0.505（p = 0.1131），顯示成蟲遷入後若環境不適尙可能再遷出。遷入成蟲至第一代（第 5 世代）成蟲族群平均增長 4.57 倍，一代至二代（第六世代）增長 2.81 倍，二代至三代（第七世代），因成蟲外遷而呈現下降，增長率爲 0.42；自遷入成蟲密度至最高成蟲族群密度增長 12.84 倍。短翅型雌成蟲比例，以目側估算在第一、二、三代分別佔 82.1、57.2 及 6.1%；但以掃捕蟲數計算，則分別佔 46.2、38.6 及 2.2%。

此外，在 1980 年代，由於褐飛蝨在 10 月間（第二期稻之第三代）發生密度甚高，白背飛蝨在第二代成蟲出現（10 月上旬）後密度即急速下降，於 11 月間即很少能發現其成、若蟲存在。但在 1990 年後，由於褐飛蝨發生密度低，在 10 月下旬至 11 月上旬後，雖然白背飛蝨之族群密度下降，但仍可發現極少數之第四代（第八世代）若蟲，該世代之成蟲於 11 月下旬至 12 月上旬出現。嘉義地區二期稻通常在 10 月下旬（早植稻）至 12 月上旬（晚植稻）收割，其中以於 11 月中、下旬收割者（中植稻）佔絕大多數。於水稻收割後，除於 1982、1991、1992、及 2000 年於 12 月至翌年之 1 月間，仍可於放置在再生稻田之黃色水盤捕獲到 20 隻以上的白背飛蝨成蟲外，其他年度只能捕

獲 1~2 隻或完全無所捕獲。由於再生稻上均無若蟲發現。推測此等於再生稻上之成蟲可能成爲翌年第一期早植稻（12 月下旬至 1 月中旬之間種植者）之蟲源，顯示白背飛蝨可間歇性地以少量成蟲在嘉義地區越冬。

影響一、二期稻白背飛蝨族群發生豐度之因子

在第一期稻，由於白背飛蝨族群密度甚低，由可從 3 月下旬或 4 月間開始持續發現若蟲發生之年度觀察，其族群高峰大部出現於 5 月中、下旬。若分別以 5 月中、下旬白背飛蝨在偵察田及誘蟲燈之族群密度爲依變數，分析影響其豐度的因子，結果如表四。由表中可見於偵察田以目測方式（Y_1）與網掃方式（Y_2）調查其族群密度或 5 月間誘蟲燈誘蟲數（Y_3）之相關係數（r）均達極顯著之正相關 $P<0.01$；但以網掃方式調查（Y_2）與誘蟲燈調查（Y_3）之相關並不顯著（$r = 0.3121$，$p = 0.068$），可能與白背飛蝨若蟲多棲於稻株之中、下部而成蟲棲於稻株之葉片及穗部取食[14]，且善於遷移[4]有關。

分析各種可能影響一期稻白背飛蝨發生高峰期之族群豐度的因子，結果顯示 5 月間田間以目測調查之最高族群密度（Y_1）與 4 月 21 日至 5 月 10 日之氣帶式捕蟲網及誘蟲燈捕蟲數（X_5、X_6）呈顯著相關，但與 2 至 3 月之黃色水盤誘蟲數（X_1）、1 至 2 月之氣帶式捕蟲網之捕蟲數（X_7）及 4 月之誘蟲燈之捕蟲數（X_4）相關均不顯著（表四），顯示 5 月中、下旬之田間白背飛蝨的若蟲主要爲 4 月下旬至 5 月上旬由外地遷入之成蟲所繁殖之後代。在氣象因子方面，則與五月之降雨量（X_{11}）呈顯著負相關。若以掃捕方式調查數據（Y_2）爲依據，則其族群豐度與 2 至 3 月之黃色水盤捕蟲數（X_1）及 3 月之降雨量（X_9）呈極顯著正相關，4 月下旬至 5 月上旬誘蟲燈捕蟲數（X_6）對其族群亦具正面作用（$r = 0.3255$，$p=0.0564$）。以 5 月誘蟲燈之捕蟲數（Y_3）爲白背飛蝨發生豐度之依據時，則其族群與 4 月下旬至 5 月上旬之誘蟲燈（X_6）或氣帶式捕蟲網（X_5）之捕蟲數相關最爲密切，其次爲元月氣帶式捕蟲網之捕蟲數（X_2）及 12 月至 3 月之平均溫度（X_8），但與 3 月降雨天數（X_{12}）則呈負相關。

由上述分析，雖然顯示由不同方式表示白背飛蝨在一期稻之發生豐度之影響因子略有不同，但大體上，可見本地之越冬蟲量及外地遷入之蟲量，對一期稻之白背飛蝨之族群均具影響。由相關係數可見由外地遷入之蟲數（X_5、X_6）之影響較本地之越冬蟲（X_1、X_2、X_3）爲大（表四）。至於氣象因素方面，高溫、少降雨天有利於白背飛蝨之族群增長；而 3 至 5 月之降雨量雖與族群豐度相關不顯著，但此一時期之降雨大部受鋒面影響，應有利於長距離遷移性害蟲之遷入[20]。

在二期稻，由於白背飛蝨在不同種植期稻田之發生族群受白背飛蝨之遷入量及遷入期影響頗大，因此同年度不同植期之稻田發生族群密度亦有很大差異。影響二期稻白背飛蝨之族群豐度分析，由於不同種植期水稻之最高族群出現受白背飛蝨遷入期之影響，而可能出現於遷入後之第一、二及三世代（第五、六、七世代），因此除各別針對影響偵察稻田之各世代最高族群密度之因素外，並以其族群高峰出現頻率較高之月份爲對象，分析可能影響該月份田間族群發生密度及誘蟲燈捕蟲量之因素。結果如表五所示，二期稻白背飛蝨第一代（第五世代）族群最高密度（Y_1）與該偵察田黃色水盤在移植後 30 天內之捕獲蟲數（X_1）或 8 月之誘蟲燈捕獲蟲數（X_9）相關並不顯著（$r = 0.1760$，$r = 0.1963$），但與八月間氣帶式捕蟲網捕蟲數（X_5）相關達極顯著。雖然三種捕蟲器材

表四、第一期稻五月間白背飛蝨於偵察田發生密度及誘蟲燈捕蟲數之相關及影響其發生量之因子分析

Table 4. Correlation among the population of white-backed planthopper in the monitoring fields and the catches by light trap during May and analysis of the factors affecting to their abundance

Item	Correlation coefficient [1)]		
	Y_1	Y_2	Y_3
Y_1：peak population in late May by direct counting	-		
Y_2：the peak population in late May by net-sweeping	0.5301** [1)]		
Y_3：Total catches by light trap in May	0.5464**	0.3121^{ns}	
X_1：Total catches of WBPH by 8 yellow water pan traps from Feb. to March	0.0682^{ns}	0.4679**	-0.1437^{ns}
X_2：Total catches of WBPH by an air-borne net trap in January	-0.0317^{ns}	-0.1887^{ns}	0.5446**
X_3：Total catches of WBPH by an air-borne net trap in last Dec.	0.0132^{ns}	0.0692^{ns}	0.3263^{ns}
X_4：Total catches of WBPH by a light trap in April	0.1572^{ns}	0.2144^{ns}	0.3438*
X_5：Total catches of WBPH by an air borne net trap from April 21 to May 10	0.3495*	0.2314^{ns}	0.8267**
X_6：Total catches of WBPH by a light trap from April 21 to May 10	0.3623*	0.3255^{ns}	0.8671**
X_7：Total catches of WBPH by an air-borne net trap from Jan. 1 to Feb. 28	-0.0590^{ns}	-0.0126^{ns}	0.1847^{ns}
X_8：Averaged temperature from Dec. to March	0.0945^{ns}	0.2510^{ns}	0.5142**
X_9：Total rainfall in March	-0.1114^{ns}	0.4335**	-0.1792^{ns}
X_{11}：Total rainfall in May	-0.3909*	-0.0869^{ns}	0.0089^{ns}
X_{12}：Rainy days in March	-0.2954^{ns}	0.0556^{ns}	-0.3951**
X_{13}：Rainy days in April	0.1016^{ns}	0.1658^{ns}	-0.0431^{ns}
X_{14}：Rainy days in May	-0.1114^{ns}	0.0155^{ns}	-0.0050^{ns}

[1)] All figures are transformed by $(x+0.5)^{0.5}$ before analysis.
[2)] The symbols **, * indicate significant at the 0.01 and 0.05 level, respectively.

均可應用於偵察遷入蟲之豐度，但氣帶式捕蟲網較能偵察到明顯之遷入波及蟲數，而其他兩種誘蟲器則同時反應遷入後之活動狀況[20, 22, 25]。由此顯示第一代白背飛蝨之發生密度受長距離遷移之遷入蟲數之影響最爲密切，與 8 月之溫度、降雨量及降雨天數等相關不顯著。

第二代（第六世代）族群最高密度（Y_2）與 8 月間氣帶式捕蟲網（X_5）、誘蟲燈（X_9）及稻田移植後 30 日內黃色水盤捕蟲數（X_1）相關均未達顯著標準，但與第一代若蟲密度（Y_1）呈顯著正相關，而與 8 月平均溫度（X_{10}）呈顯著負相關（表五）。第三代（第七世代）族群高峰期族群密度（Y_3）與 8 月或 9 月誘蟲燈之捕獲蟲數（X_9、Y_6）、第二代若蟲數（Y_2）、9 月田間最高族群密度（Y_4）及 10 月平均溫度（X_{12}）均呈極顯著至顯著之正相

關，而與 9 月之降雨量（X_{14}）呈顯著的負相關。

由於各世代若蟲出現高峰期，年度間頗有變異而不易掌握，且於中植稻田，白背飛蝨族群高峰絕大部分出現於第二或第三代若蟲期，相當於 9 月或 10 月間（於水稻分蘗盛期後至幼穗分化期及孕穗期至乳熟期間）（表二）。爲方便農民田間管理及瞭解害蟲發生趨勢，本研究亦分別分析影響白背飛蝨在 9 月及 10 月間在偵察田之族群豐度及誘蟲燈之捕獲豐度，結果顯示在 9 月間於偵察田的族族群豐度（Y_4）與 8 月間誘蟲燈捕獲蟲（X_9）之相關最密切，而與 9 月分之降雨量（X_{14}）呈顯著的負相關；10 月間白背飛蝨在偵察田之族群豐度（Y_5），分別與 8 月、9 月誘蟲燈之捕蟲數（X_9及 Y_6）及 10 月之平均溫度（X_{12}）分別呈極顯著及顯著的正相關，但與 9 月的降雨量（X_{14}）呈顯著的負相關（表五）。

9 月之誘蟲燈捕蟲量（Y_6）與 8 月之誘蟲燈捕蟲數（X_9）、平均溫度（X_{10}）及 7 月 26 日至 8 月 20 日（成蟲遷入期）降驟雨天數（X_{16}）均呈極顯著正相關，與 9 月平均溫度（X_{11}）呈顯著正相關，但與 8 月降雨量（X_{13}）呈顯著負相關。10 月誘蟲燈捕獲蟲數（Y_7）則與 8 月、9 月誘蟲燈之捕獲蟲數（X_9及 Y_6），8 月、10 月之平均溫度（X_{10}及 X_{12}）、7 月 26 至 8 月 20 日（成蟲遷入期）（X_{16}）及 9 月 21 至 10 月 20 日（第二、三世代發生期）（X_{18}）之降驟雨天數均呈極顯著正相關。爲何 9 月 21 日至 10 月 20 日之降驟雨天數對 10 月之誘蟲燈捕蟲數有正面影響？在理論上很難解釋，是否與白背飛蝨之南遷有關有待進一步探討[28]。

分析偵察田之白背飛蝨發生族群與誘捕器材之關係，如表五所示，在第二期稻偵測田，白背飛蝨第一代（第五世代）之族群密度（Y_1）只與氣帶式捕蟲網在 8 月的捕蟲數（X_5）具極顯著的正相關（r = 0.54745**）外，與水稻移植後 30 日內黃色水盤之捕蟲數（X_1）或誘蟲燈在八月之捕蟲數（X_9）相關均不顯著。由於誘蟲燈及氣帶式捕蟲網在 8 月之捕蟲數相關極顯著，顯示在水稻生育初期白背飛蝨遷入後，可能因棲息環境不適，而再遷離。

第二代（第六世代）族群高峰（Y_2）一般出現於 9 月上、中旬，其密度除與第一代蟲數（Y_1）相關顯著外，與 9 月之誘蟲燈誘捕蟲數（Y_6）並未達顯著標準，顯示第一代成蟲出現（8 月下旬至 9 月上旬）後，長翅型成蟲活動頻繁，遷移至臨近較適合之稻田，但尚少作長距離遷出之現象。此一推測可由 9 月間氣帶式捕蟲網捕蟲數較低，而黃色水盤及誘蟲燈之捕蟲數較高，且第二代（Y_2）與第三代（Y_3）之族群密度，或在 10 月間之田間之族群密度（Y_5）與 9 月之誘蟲燈捕蟲蟲數（Y_6）均達顯著相關可印證（圖一、二及表五）。

第三代族群高峰密度（Y_3）（大多出現於 10 月上、中旬），除與第二代若蟲密度（Y_2）呈顯著相關外，並與 8 月、9 月及 10 月誘蟲燈蟲數（X_9、Y_6、Y_7）及 9 月、10 月田間之族群密度（Y_4、Y_5）均呈極顯著之正相關，顯示白背飛蝨之短程遷移在第二代（或 9 月中旬）以後即不若水稻生育早期明顯。

由於白背飛蝨在水稻生育早期在稻田間遷移性頗大，在單獨偵察田上，其族群受栽植期之影響，呈不穩定之變化，因此除蟲源外，很難發現氣象因子對其影響程度。但若以大環境白背飛蝨之發生豐度衡量，如誘蟲燈之誘蟲數爲發生豐度之指標，則可較清楚地發現 8 月、9 月之溫度（X_{10}、X_{11}）與 9 月誘蟲燈捕蟲數（Y_6）具密切正相關，而 8 月及 9 月降雨量（X_{13}、 X_{14}）對 9 月誘蟲燈捕蟲數的影響雖不顯著，但均呈負面。由此觀之，顯示 8、9 月之高溫少雨有利於白背飛蝨之繁衍（表五）。

表五、嘉義地區二期稻偵察田白背飛蝨族群發生豐度與誘蟲器材捕蟲數之相關及可能影響其發生豐度之因子分析 [1)]

Table 5. Correlation coefficient between the peak population of white-backed planthopper in the monitoring fields and traps and the factors which might affect its abundance in the second cropping season

Independent factors	Peak population in monitoring fields in					Catches in light trap	
	5th gen. (Y_1)	6th gen. (Y_2)	7th gen. (Y_3)	Sept. (Y_4)	Oct. (Y_5)	Sep. (Y_6)	Oct. (Y_7)
Y_1: Peak population by direct counting in 1st gen.	-	0.4849*	-0.0976 ns	-0.0235 ns	0.0830 ns	0.1397 ns	-0.0457 ns
Y_2: Peak population by direct counting in 2nd gen.	0.4849*	-	0.3991*	0.3623 ns	0.3812 ns	0.3307 ns	0.3759 ns
Y_3: Peak population by direct counting in 3rd gen.	-0.0976ns	0.3991*	-	0.8740**	0.9528**	0.5316**	0.4942**
Y_4: Peak population by direct counting in Sept.	-0.0235ns	0.3623 ns	0.8740**	-	0.7577**	0.5065**	0.3837*
Y_5: Peak population by direct counting in Oct.	-0.0830ns	0.3812 ns	0.9528**	0.7577**	-	0.4832*	0.5290**
Y_6: Catches by a light trap in Sept.	-	0.3307 ns	0.5316**	0.5065**	0.4832*	-	0.8101**
Y_7: Catches by a light trap in Oct.	-0.0457ns	0.3759 ns	0.4942**	0.3837*	0.5290**	0.8101**	-
X_1: Catches by YWPT within 30 days after transplanting[3)]	0.1760 ns	0.2830 ns	0.2700 ns	0.3528 ns	0.2520 ns	0.1609 ns	0.1986 ns
X_5: Catches by an air-borne net trap in Aug.	0.5475**	0.2733 ns	0.2207 ns	0.3174 ns	0.2206 ns	0.1678 ns	0.1721 ns
X_9: Catches by a light trap in Aug.	0.1962 ns	0.2567 ns	0.6003**	0.5525**	0.5472**	0.6405**	0.6093**
X_{10}: Averaged temperature in Aug.	-0.0652 ns	-0.4803*	0.3319 ns	0.2622 ns	0.3366 ns	0.7977**	0.8173**
X_{11}: Averaged temperature in Sept.	-	0.2582 ns	0.3115 ns	0.3595 ns	0.3505 ns	0.4001*	0.2860 ns
X_{12}: Averaged temperature in Oct.	-	-	0.3881*	-	0.4857*	-	0.4828**
X_{13}: Total rainfall in Aug.	-02051 ns	0.0639 ns	-0.0147 ns	-0.0165 ns	-0.0388 ns	-0.3801*	-0.1691 ns
X_{14}: Total rainfall in Sept.	-	-	-0.4325*	-0.4679*	-0.4033*	-0.1588 ns	-0.2882 ns
X_{16}: Days of rainfall over 40 mm/hr from July 26 to Aug. 20	-0.1037 ns	0.2960 ns	0.3593*	0.3268 ns	0.3496 ns	0.7479**	0.7204**
X_{18}: Days of rainfall over 40mm/hr from Sept. 21 to Oct. 20	-	-	0.2075 ns	-	0.2274 ns	0.6296**	0.6276**

[1)] Based on data from 50 monitoring fields during 1984 to 2002. All data recorded were transformed by $(x+0.5)^{0.5}$ before analysis.

[2)] The symbols ** and * are the same as Table 4.

[3)] YWPT: yellow water-pan trap.

第一、二期稻白背飛蝨發生豐度之預測

利用上述分析影響第一、二期稻白背飛蝨族群豐度因子爲變數，使用逐步迴歸分析法，初步建立白背飛蝨之發生預測模式，如表六。由於偵察田之白背飛蝨發生族群密度在第一期稻甚低，而在第二期稻則隨種植期變異頗大，因此在第一期稻僅以預測在 5 月中、下旬在田間可能之發生豐度以及 5 月間可能在誘蟲燈捕獲蟲爲發生豐度指標。而在第二期稻，則除預測在白背飛蝨遷入後第一、二、三代之可能發生蟲數外，並爲方便實際應用，分別以月份爲單位預測其可能在田間之發生密度及誘蟲燈之誘捕蟲數爲發生豐度指標。由於所建立之模式之 R^2 值由 0.41 至 0.91，其 F 值均達統計上之極顯著標準（$P \leqq 0.01$），顯示初步建立之預測模式可供進一步測試應用。

討　論

白背飛蝨分佈於東南亞、南亞、南太平洋諸島、澳洲北部、東亞以及東北亞等地區[24]。由於其卵及若蟲的發育臨界低溫分別爲 10.25 至 10.63℃及 10.37 至 12.07℃，完成一世代有效積溫爲 352 至 393.9

表六、第一、二期稻白背飛蝨發生豐度之預測方程式

Table 7. Regression equations for forecasting the population abundance of white-backed planthopper in the first and second cropping season at Chiayi, Taiwan [1)]

Regression equations	R^2 value	P value
For the first cropping season		
Based on WBPH population by counting method in late May		
$Y_1 = 10.46 + 0.35X_1 - 0.12X_4 - 0.15X_{11} - 1.89X_{18} + 0.21X_5$	0.5978	0.0001
Based on WBPH population by sweeping method in late May		
$Y_2 = -3.70 + 1.50X_1 + 0.26X_9 - 0.17X_{11} + 0.98X_{13} + 0.88X_6$	0.6113	0.0001
Based on total catches of WBPH by light trap in May		
$Y_3 = 8.44 + 1.05X_7 - 3.29X_{14} + 0.72X_5 + 1.71X_6$	0.9105	0.0001
For the second cropping season		
Based on WBPH population each generation in monitoring fields		
$Y_1 = 0.94 + 0.16X_5 - 0.43X_{19}$	0.4090	0.0018
$Y_2 = -1.21 + 0.13X_{10} + 0.05X_{13} - 0.02X_{23} + 1.03Y_1$	0.5569	0.0009
$Y_3 = -2.49 + 0.28X_9 + 1.93X_{22}$	0.4382	0.0001
Based on WBPH population in monitoring fields in Sept. and Oct.		
$Y_4 = 0.03 + 0.09X_9 - 0.19X_{14} + 1.92X_{22}$	0.5652	0.0023
$Y_5 = -196.49 + 0.23X_9 + 23.74X_{11} + 13.77X_{12} + 2.98X_{22}$	0.6203	0.0002
$Y_5 = -52.49 + 10.59X_{12} + 1.18Y_4$	0.6714	0.0001
Based on the catches of WBPH by light trap in Sept. and Oct.		
$Y_6 = 315.54 + 1.03X_9 + 5.04X_{10} - 67.12X_{12}$	0.8663	0.0001
$Y_7 = -14.31 + 0.68X_9 + 3.56X_{10} + 0.55X_{23}$	0.8950	0.0001
$Y_7 = 2.67 + 0.71Y_6$	0.7575	0.0001

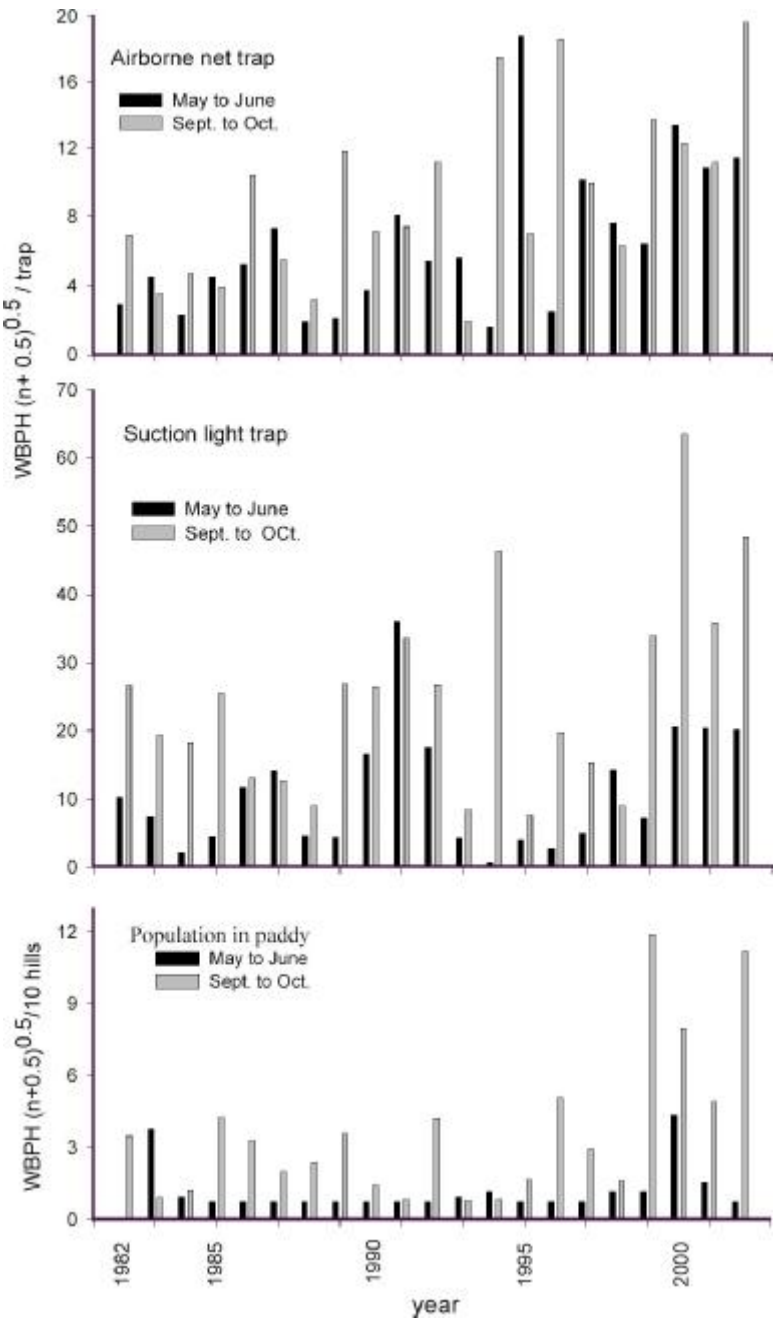
[1)] Variables same as in Table 4 and 5 except following variable for the second cropping season. X_{19}: Days of mean wind speed higher than 5m/s from July 26 to Aug. 20, X_{22}: Days of rainfall over 30mm/h from July 26 to Aug. 20, X_{23}: Rainy days from Aug. 1 to Sept. 10.

日度，隨不同報告而略有差異[10]，是一種抗寒性較差的昆蟲。在生物特性上，白背飛蝨是一種較不耐擁擠的害蟲，各世代長翅型成蟲出現比例偏高，並有一定比例向外遷飛，及成蟲喜好在水稻分蘖期至孕穗期之稻枝上產卵的習性[4,7,10]。按白背飛蝨在中國大陸分布調查顯示，牠只能在海南島五指山以南和雲南省的最南端地區（北緯 23° 以南，1 月平均溫度在 14 ℃ 以上，早（一期）稻於 11、12 月播種，4 至 5 月收穫）可終年繁殖，於 3 月中、下旬間既有成蟲大量遷出；在北緯 23 至 26° 之間地區爲白背飛蝨少量越冬區，早稻於 2 至 3 月播種，6 至 7 月收穫，白背飛蝨蟲源主要由中南半島隨西南氣流於 4 至 5 月遷入者，長翅型成蟲於 5 月下旬至 7 月上旬遷出；在北緯 26° 以北地區，白背飛蝨之蟲源均來自華南地區，於 5 月下旬至 6 月中旬遷入者[4, 8]。在 1980 年代以後，由於中國大陸及越南紅河三角州廣植對褐飛蝨具有抵抗性但對白背飛蝨不具抵抗性之雜交稻，以及密植與增施氮肥等措施，導致白背飛蝨在中國大陸各地之發生密度及危害面積顯著增加[9, 11]。

在 1965 至 1980 年間白背飛蝨在嘉義地區發生極爲輕微，其後發生危害面積及危害程度明顯增加[21]。但自 1981 年以後，無論在氣帶式捕蟲網及誘蟲燈之捕蟲數以及在田間之發生族群密度均有逐漸增加之趨勢，尤其在 1999 年以後更爲明顯（圖三），顯示台灣地區白背飛蝨之發生情況亦受華南遷出地發生密度的影響。

越南紅河三角州水稻區，被一般認爲是東亞及東北亞水稻區褐飛蝨及白背飛蝨之蟲源區，1 月平均氣溫約爲 16℃ 與嘉義地區之 16.3℃ 類似[27,30]，兩地點之差異主要在於紅河三角州之一期稻（冬春作）於 11 月下旬至 12 月播種（露天秧床），次年 1 至 2 月移植，5 至 6 月收穫，提供白背飛蝨及褐飛蝨良好的越冬場所[3]，其第一世代成蟲於 3 月中、下旬出現後，既有長翅型成蟲往外遷移，遷出高峰出現於 4 月中、下旬至 5 月中、下旬，被認爲是華南水稻區白背飛蝨及褐飛蝨等之主要蟲源區[4, 8, 10, 27, 30]。而嘉義地區則於 12 月下旬至 1 月上、中旬播種（育苗箱），1 月中、下旬至 2 月上、中旬移植，6 月上、中旬收穫；11 至 12 月間處於曬田期，少有可供稻飛蝨取食及繁殖之再生稻，經 1 月間之稻田灌水、整田，田間白背飛蝨殘存蟲數更爲稀少。由此推測，台灣中南部的氣溫應可讓白背飛蝨在該地區周年繁殖，但因耕作制度的關係，無法提供良好繁殖環境，致使殘存蟲數劇降，而主要蟲源又在第一期水稻孕穗期後始遷入，此可能爲在華中以南地區白背飛蝨均在早稻嚴重發生[8]，而嘉義地區第一期稻發生並不嚴重的主要原因（表一）。

相對於白背飛蝨在第一期稻之低密度族群，但在誘蟲燈及氣帶式捕蟲網之捕蟲數則自 3 月下旬開始逐漸增加，而於第一期稻收穫後至第二期稻整田至插秧期間（6 月中、下旬至 7 月下旬）達到捕蟲高峰（圖一）。由於捕獲蟲數與田間白背飛蝨發生密度不成比例，且捕蟲數呈現不規則的突增現象，顯示在兩種捕蟲器材所捕獲之白背飛蝨主要由海外遷入；而各月捕蟲量之增加趨勢與白背飛蝨自紅河三角州（3 月中、下旬至 5 月上旬遷出）、華南（5 月下旬至 7 月下旬遷出）、華中（7 月下旬至 8 月中旬遷出）由南往北之遷出量從少而多相當一致[8]。由於白背飛蝨及褐飛蝨之北遷是靠高空（850~700 hpa）之西南氣流的運載，遇到下沉氣流（如下雨）而降落[4, 17, 22, 23, 27]。台灣因位於中國大陸的東南方，其西南及南方均爲海洋，無蟲源存在，只有偏西氣流及適當的低壓環流始可導引華南或華中地區之遷出蟲遷入。因此在嘉義地區於白背飛蝨主要遷入期之平均捕蟲數，尚不及大陸浙江及日本九州地區之誘捕蟲數的十分之一[12, 18]，顯示台灣並非位於稻飛蝨北遷之主要途徑



圖三、 1982 至 2002 年嘉義地區在一、二期稻白背飛蝨族群高峰期 5 至 6 月及 9 至 10 月間田間最高密度與氣帶式捕蟲網及吸式誘蟲燈之捕蟲數比較。

Fig. 3. Comparison of white-backed planthopper abundance estimated by three methods during the peak population period in the first (May to June) and second (September to October) cropping season in Chiayi region from 1982 to 2002.

上[8, 10, 17]，但若有適當氣流，亦可導引華中及華南等地區之遷出蟲遷入。

嘉義地區之第二期稻絕大部分於 7 月下旬至 8 月上旬移植，此時已在白背飛蝨主要遷入期之末。有利於導引其遷入之氣象條件爲颱風或低壓環流以及西南氣流等，與 5、6 月之受鋒面、低壓環流等略有差異[20]。白背飛蝨在田間之族群發生密度及其族群高峰出現時期受飛蝨之遷入期、遷入量以及水稻的移植日期影響很大；由於白背飛蝨之耐擁擠性較差，且遷入之成蟲極少在移植後 6 至 11 日齡之秧苗及移植後兩個月以上之稻枝上定棲及產卵，而最喜歡在移植後 30 至 40 日齡水稻上產卵繁殖[5, 7]。此可能致使在遷入較早且遷入量較多（水稻移植後第 2 至第 3 週，黃色水盤捕獲蟲數高於 30 隻）時，白背飛蝨之族群高峰在早植稻上多出現於遷入後之第一代（第五世代），而在中、晚植稻上則出現於第二或第三代（第六或第七世代）若蟲期；但在遷入較遲或遷入量較少時，則無論是在早、中、晚稻上大多出現於第二或第三代（第六或第七世代）（表二）。在族群高峰出現後，由於成蟲大量外遷，而導致次一世代族群密度之劇降。同樣情形亦出現於中國大陸及日本；在浙江地區，於早（一期）稻及晚（二期）稻上，白背飛蝨危害並不嚴重，但在中植稻（一季稻，6 月中、下旬移植）被害則極爲嚴重[12]。在該期稻移植後 1 至 2 週間由華南遷入定棲之成蟲爲其後族群形成之主要蟲源，若定棲蟲達每叢稻 3 隻以上，則其族群高峰出現於第一世代（一代型），每叢稻在 1 隻以下，則族群高峰出現於第二世代（二代型），迄今尚無三代型出現[12]。在日本廣島地區，白背飛蝨在一般栽植水稻（6 月中、下旬移植）上可發生三個世代，於 1972 年以前其族群高峰大多出現於第二世代，但在 1982 年以後因遷入量大增，其族群高峰多出現於第一世代[1, 2, 5]。

影響第二期稻之白背飛蝨的族群豐度除遷入蟲之數量及遷入期外，在氣象因素方面，與遷入期之降雨量，9，10 月之溫度呈密切之正相關，而與 9 月之降雨量成顯著的負相關（表五），顯示再遷入定棲後，高溫少雨對其族群之發展具正面作用。此一結果與中國及日本之報告認爲遷入量與遷入期之降雨量及降雨日數呈顯著相關；遷入定棲後高溫多照有利其繁衍類似[2, 10, 16]。

嘉義地區之年平均氣溫爲 22.97℃，以此推估白背飛蝨在本地區一年應可繁殖 11 世代，但在田間調查，在第一、二期稻分別發生 3 及 3 至 4 個世代，在第一、二期稻間（6 至 7 月）若有適當的寄主植物應可再繁殖一個世代。但按過去 22 年調查顯示，白背飛蝨在第一期稻發生密度甚低，不致影響稻穀產量；但在第二期稻，白背飛蝨往往在水稻生育初期既行遷入，雖然其遷入量遠低於華中及日本南部[12, 18]，但因水稻生長期有利於其繁衍，發生密度遠高於第一期稻。然而因其族群發展模式受飛蝨之遷入期、遷入量及水稻的移植日期而影響，增加預測田間可能發密度之困難。本研究雖已建立若干發生預測模式供進一步測試，但因預測田間族群之豐度的預測模式，受白背飛蝨之善於遷移的影響，其 R^2 值明顯地較預測誘蟲燈之可能捕蟲豐度爲低（表六），顯示以誘蟲燈之捕蟲數爲指標較能反映區域性白背飛蝨族群之豐度。惟目前白背飛蝨之要防治基準暫定爲每叢稻平均 5~10 隻，若以誘蟲燈捕蟲數爲發生豐度指標，則誘蟲數與不同栽植期稻田之發生蟲數的關係如何，有待進一步分析。若以月份發生豐度爲指標，則較易作爲防治適期之訂定。在中國大陸以水稻移植後 2 至 3 週之遷入定棲蟲數爲預測發生程度的指標[10]，值得供進一步發展在不同栽植日期稻田之白背飛蝨發生預測模式的參考。

在以往，白背飛蝨在台灣的發生密度一向少有超越暫定之要防治基準，因此亦

未訂定其防治適期。由本調查所顯示之白背飛蝨的族群增長模式，於第一期稻如有需要防治時，可與斑飛蝨（*Laodelphax striatellus*）及其他稻葉蟬類害蟲於 5 月初在水稻孕穗末期兼同防治；在第二期稻之中植稻上，由於白背飛蝨族群高峰期大部分出現於第二或第三代（第六或第七世代）若蟲期，相當於 9 月上、中旬及 9 月下旬至 10 月上旬，或水稻分蘗盛期末至幼穗分化期及孕穗期至抽穗期間。以目前推荐於水稻孕穗末期施葯，可防治褐飛蝨及其他飛蝨與葉蟬類害蟲於抽穗後之危害，勢必無法防治第五、六世代若蟲的危害。對於該兩世代若蟲之危害，在必要時，建議可併同其他於水稻生育早期危害之害蟲，使用育苗箱葯劑處理方式，防治遷入成蟲及第五代若蟲，以降低其後可能造成之危害。

謝　辭

本研究期中，承陳舜蓄、吳昇晉、陳弘毅及闕士凱等先生之協助害蟲族群調查，倍極辛苦，賴素玉小姐協助資料分析及文稿繕打，併此致衷心感謝，文成後復承兩位未具名審查委員建議修改飾潤，謹致謝忱。

引用文獻

1. 久野英二。1968。水田における稻ウンカ、ヨコバイ類個體群の動態に關する研究。九州農試彙報 14：27-29。
2. 平尾重太郎。1972。本田におけるセジロウンカおびトビイロウンカの發生動態と防除適期。中國農業試驗場報告(E) 7：19-48。
3. 朱耀沂、鄭清煥。1996。台灣光復前水稻害蟲研究之沿革。植保會刊 38：79-98。
4. 全國白背飛蝨科研協辦組。1981。白背飛蝨遷飛規律的初步研究。中國農業科學 5：25-30。
5. 那波邦彥。1991。近年におけるセジロウンカの多發傾向と增殖パタ一ン。植物防疫 45：41-45。
6. 林珪瑞。1958。從稻飛蝨習性及發生情形談稻蝨之驅除。植物病蟲通訊 5：89-91。
7. 胡進生。1987。白背飛蝨產卵與水稻生育期關係的觀察初報。昆蟲知識 24(5)：257-261。
8. 胡國文、謝明霞、汪毓才。1998。對我國白背飛蝨的區劃意見。昆蟲學報 31(1)：42-48。
9. 胡國文、唐健、湯金儀。1992。中國におけるセジロウンカの發生現狀。植物防疫 46：219-222。
10. 黃次偉。1987。白背飛蝨。pp.101-148，稻飛蝨（巫與胡編）。農業出版社出版，北京。199 頁。
11. 寒川一成。1992。イネウンカ發生生態にかかわる最近の問題。植物防疫 46：183-186。
12. 寒川一成。2003。中國梗稻とセジイロウンカ。國際農林水產業研究センター研究コート B33101，91pp。
13. 堀健、素木得一。1910。台灣の害蟲に關する調查。台灣總督府農業試驗場特別報告 1：228 頁。
14. 野田博明。1987。イネウカ類の吸汁害: トビイロウンカとセジイロウンカの違い。植物防疫 41：249-254。
15. 新渡戶稻雄。1912。台灣に於ける水稻の害蟲。台灣農事報 6(64)：12-15；6(67)：26-32；6(68)：24-30。
16. 常樂武男、嘉藤省吾、若松俊弘。1974。セジロウンカ初期飛來狀況および增殖期氣象と被害期發生量との關係。北陸病害蟲研究會報 22：34-38。

17. 程遐年、陳若篪、習學、楊聯民、朱子龍、吳進才、錢仁貴、楊金生。1979。稻褐飛蝨遷飛規律研究。昆蟲學報 22：1-21。
18. 渡邊朋也、寒川一成、鈴木芳人。1994。九州北部における長距離移動性イネウンカ類の予察燈誘殺數の年次間變動の解析。應動昆 38：7-15。
19. 劉清和、鄭清煥、陳慶忠、王雪香、朱耀沂。1989、1987 年飛蝨類由海外遷入台灣地區之概況。中華昆蟲 10：301-324。
20. 鄭清煥、盧瑞良。1990。褐飛蝨及白背飛蝨由海外遷入嘉南地區之偵測及其氣象條件。中華昆蟲 10：301-324。
21. 蕭榮福、范國洋、陳漢洋、謝忠能、李麗娟。1985。台灣省水稻病蟲害發生預測（1966-1984）。台灣省農林廳編印。382pp.
22. Cheng, S. N., Chen, J. C., Si, H., Yan, L. M., Chu, L. T., Wu, C. T., Chien, J. K., and Yan, C. S. 1979. Studies on migration of brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stal.. Acta Entomol. Sin. 22: 1-21.
23. Kisimoto, R. 1976. Synoptic weather conditions inducing long-distance immigration of planthoppers, *Sogatella frucifera* Harvath and *Nilaparvata lugens* Stal.. Ecol. Entomol. 1: 95-105.
24. Mochida, O., Perfect, T. J., Dyck, V. A., and Majar, M. M. 1982. The white -backed planthopper, *Sogatella furcifera* (Horvath) (Homoptera：Delphacidae), its pest status and ecology in Asia. A paper presented in IRRC at IRRI, Los Banos, Philippines.
25. Perfect, T. J., Cook, A. G., and Padgham, D. E. 1985. Interpretation of the flight activity of *Nilaparvata lugens* (Stal) and *Sogatella furcifera* (Horvath) (Hemiptera: Delphacidae) based on comparative trap catches and field marking with rubidium. Bull. Entomol. Res. 79: 93-106.
26. SAS user's Guide Statistics 1988. NC: SAS Institute Inc.
27. Sogawa, K. 1997. The monsoon-dependent migrations of rice planthopers in east Asia, pp. 217-230. *In*: Migration and management of insect pests of rice in monsoon Asia. CNRRI, Hangzhou, China. 254pp.
28. Wada, T., Seino, H., Ogawa, Y., and Nakasuga, T. 1987. Evidence of autumn overseas migration in rice planthopers, *Nilaparvata lugens* and *Sogatella furcifera*: analysis of light trap catches and associated weather patterns. Ecol. Entomol. 12: 321-330.
29. Zhang, X. X. 1991. Migration of rice leaffolder, *Cnaphalocrocis medinalis* Guenee in China, pp. 41-50, *In*: Migration and dispersal of Agricultural insects. Nat. Inst. Agro-Environ. Sci. Tsukuba, Japan. 284pp.
30. Xuyen, T. T. 1997. Ecological featured and integrated management of brown planthopper on rice in the red river delta. pp. 126-149, Migration and management of insect pests of rice in monsoon Asia, CNRRI, Hangzhou, P. R. China. 254pp.

ABSTRACT

Cheng, C. H.*, and Huang, S. H. 2004 Population fluctuations and forecasting of the white-backed planthopper, *Sogatella furcifera* on rice in Chiayi region, Taiwan. Plant Prot. Bull. 46: 315-332. (Chiayi Agricultural Experiment Station, TARI, Chiayi, Taiwan 600, ROC)

The white-backed planthopper (abbr. WBPH) (*Sogatella furcifera* (Horvath), Homoptera: Delphacidae) is an important insect pest of rice in Taiwan occasionally. Present study was conducted to investigate its population fluctuations, to determine the factors affecting abundance, and to develop the models for forecasting its population abundance based on the data collected from the monitored fields and traps from 1982 to 2002 in Chiayi region. According to the catches of adult by traps and the population monitoring in paddy fields, the population of WBPH in recent years tended to increase distinctively, especially in the second cropping season. It was observed that the WBPH could overwinter on ratooning rice in Taiwan with a very low population of macropterous adult which could supposedly migrate to the early-planted rice of the first cropping season from late December to the beginning of January. The adults of the first generation from the early- planted rice appeared from late March to early April and most of them migrate to the later planted rice. The population peak in the first cropping season mostly appeared during the nymphal stage of the third generation from late May to early June. However, the population abundance in the third generation was positively correlated with the total catches of air-borne net trap from late April to early May, but not with the overwintered population, indicating the influence of immigrant population affecting its peak population was greater than that of locally overwintered population. On ratooning rice of the first cropping season, very rare nymph could be observable, except macropterous adults. In the second cropping season, the WBPH went through 3 to 4 generations. The populations of the insect in paddy fields were greatly affected by the date and population of immigrants as well as the planting time of rice. The early-planted rice usually received higher population of the immigrants, and the population peak mostly appeared in the fifth generation, while in the common (middle) or later-planted rice, the population peak appeared in the nymphal stage of the sixth or seventh generation, but mostly in the seventh generation in the later planted rice. Population abundance was positively correlated with the total catches by light trap in August, and the temperature in September and October, but it was negatively correlated with the average temperature in August and rainfall in September and October. The population declined sharply in the eighth generation from late October to early November, and macropterous adults could rarely be observed on ratooning rice from December to early January in a few years. Several models for forecasting its population abundance both in the first and second cropping season were developed for further tests of their validity.

(Key words: white backed planthopper, *Sogatella furcifera* (Horvath), population fluctuations, population forecasting, rice insect pest)

*Corresponding author. E-mail: chcheng@dns.caes.gov.tw