

水稻瘤野螟族群發生動態與預測

鄭清煥* 吳昇晉

嘉義市 行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所

(接受日期：民國 88 年 6 月 15 日)

摘 要

鄭清煥、吳昇晉 1999 水稻瘤野螟族群發生動態與預測 植保會刊 41: 199 - 213

瘤野螟為亞洲水稻區重要害蟲之一，該蟲可在台灣越冬而成為翌年之蟲源，但因受低溫及寄主植物等不良環境之限制，越冬蟲量甚低。在誘蟲燈下成蟲一年可出現 8 個世代，族群高峰分別出現於 6 月上、中旬及 10 月中、下旬至 11 月上旬，兩期作瘤野螟之族群高峰密度相關相當密切 ($r^2 = 0.7616$, $p < 0.01$)。瘤野螟在一、二期稻均可繁衍三個世代，在成蟲侵入稻田繁殖之第一至第二世代幼蟲族群的成長率平均分別為 9.75 及 10.87 倍，顯示其族群均呈大幅增長；在第二至第三代之成長率，於一期稻由 0.20 至 0.26，顯示其密度均較第二代之密度為低；在二期稻之成長率由 2.04 至 0.005，其中凡水稻移植日期在 7 月下旬者其族群均呈現下降，而 8 月上旬種植者則呈上升。各世代幼蟲均以危害上位三葉片為主，被害葉高峰一般出現於幼蟲高峰後 14 天左右。幼蟲的主要危害期在一、二期稻均出現於抽穗至乳熟期，但其危害程度在一期稻據過去 12 年調查均低於經濟危害基準，而在二期稻則常可超越該危害基準。第二期稻瘤野螟之第一及第二世代成蟲在誘蟲燈之捕獲蟲數與二期稻之被害程度呈密切關係 (r^2 值分別為 0.729 及 0.883)，但直播田、晚植稻以及隔離避風稻田，通常較早植稻為重。二期稻生育初期之成蟲豐度為影響該期稻被害程度之關鍵因素，以該時期或該時期和主要危害期前一代誘蟲燈之捕獲成蟲數為變數，利用逐步迴歸分析建立預測方程式，其決定係數 r^2 值分別達 0.75 ($p = 0.003$) 及 0.98 ($p < 0.0001$)，似可用於中期及短期預測之應用。

(關鍵詞：水稻害蟲、瘤野螟、族群動態、發生預測)

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

緒 言

水稻瘤野螟 (*Cnaphalocrocis medinalis* Guené) 為亞洲地區水稻重要害蟲之一^(18, 19, 20, 21, 23)。在 1965 年以前本蟲在台灣及其他各水稻區均為偶發性害蟲^(2, 8, 18, 23)，但其後即在各地區頻頻嚴重發生，推測原因可能與水稻綠色革命，種植半矮性豐產水稻、密植及增施肥料具密切關係^(22, 23)。1978 年 Kisimoto 在東海觀測褐飛蝨與白背飛蝨長距離遷移情況的同時，在船上捕獲到少數瘤野螟成蟲，推測該蟲可於 6 至 7 月梅雨季節隨鋒面由華南地區長距離遷移侵入日本^(10, 19)。在中國大陸，於 1960 年代從事瘤野螟發生研究即發現在各廣大區域，蛾量突增與該地蟲源發生情況不相吻合現象，推測瘤野螟具遠距離遷飛的可能。其後經長時間大規模的調查研究，發現瘤野螟只能在一月平均氣溫 16°C 等溫線以南地區終年繁殖；16°C 至 4°C 等溫線地區間為越冬區，少量存活之越冬蟲可成為翌春初發世代之部分蟲源；在一月平均氣溫 4°C 等溫線以北之地區為不能越冬區⁽¹³⁾。另依據大陸各地成蟲交尾率，卵巢發育情況及捕蛾量同時突增之特徵，分析發現瘤野螟每年由 3 月至 8 月有 5 次向北遷飛的過程，而由 9 至 10 月有三次由北往南回遷之現象^(3, 12, 13, 23)。

台灣元月份平均氣溫在於 14 至 18°C 間，由以往文獻均認為瘤野螟可在本地越冬，惟越冬蟲因受低溫、寄主植物及天敵之影響，密度甚低，以致於在誘蟲燈常無法偵測到其越冬世代成蟲之出現期^(2, 11, 15, 16)。為此，瘤野螟在一期稻少有發生嚴重危害之記錄⁽¹⁷⁾。在二期稻，瘤野螟之發生量年度間變動甚大，有否受長距離遷入成蟲之影響，迄無詳細探究，惟其主要危害時期每年均出現於水稻孕穗末至乳熟期(10 月上旬至中旬)^(1, 15, 16)。為期避免本蟲之造成經濟危害，瞭解本蟲在田間發生與危

害動態，並早期預測其族群之可能發生程度，提供數據作判斷應否防治，已成為水稻害蟲綜合防治重要一環。

本研究以過去 12 年，在嘉義農業試驗分所及其溪口農場架設之吸式誘蟲燈周年捕獲之成蟲數及調查田所獲數據與嘉義地區之氣象資料進行分析，冀能發現影響瘤野螟在此一地區發生之關鍵因素，並據以建立該蟲之發生預測模式，供進一步測試及改進之依據。

材料及方法

於嘉義農業試驗分所農場 (1985-1987)，及其溪口鄉農場 (1990-1998)，各設置吸式誘蟲燈 (以 20 燭光環型日光燈為光源，6 cm 下連接吸入式風扇及蟲網，南亞牌) 一盞，柱高度 1.8 m，燈柱基部每月塗蟲膠一次，以防壁虎爬上捕食誘集蟲。蟲燈以定時器控制，於日落時分開啓，次晨日出關閉，而風扇則於收集蟲體時始予切除，以防蟲體之飛出。每日收集之蟲體經 60°C 烘乾後鏡檢區分。在誘蟲燈資料搜集之同時，於其附近另設水稻害蟲觀察田一至三處，面積各為 5 公畝，種植台農 67 號品種水稻。觀察田除不施用殺蟲劑外，其他管理方式按當地農民慣行方法實施。水稻害蟲發生情況每週定時調查一次。調查時將稻田區分四等分，於每等分中任取二行，每行以隔 2 叢調查一叢方式調查 20 叢之莖葉數以及在其上之害蟲數，被害枝、葉等。田間調查結果與誘蟲燈之數據相互比對分析。氣象資料由中央氣象局嘉義氣象站提供。

預測模式之建立採用逐步迴歸分析 (stepwise multiple regression, 使用 Statview 軟體)。參與分析數據，氣象資料使用原數據，而有關蟲數之自變數及依變數均先經以 $\sqrt{x+1/2}$ 轉形，然後進行分析。為期兼顧早期預測及預測之準確性，在分析過程中分兩階段進行，首先僅將 8 月底前可能

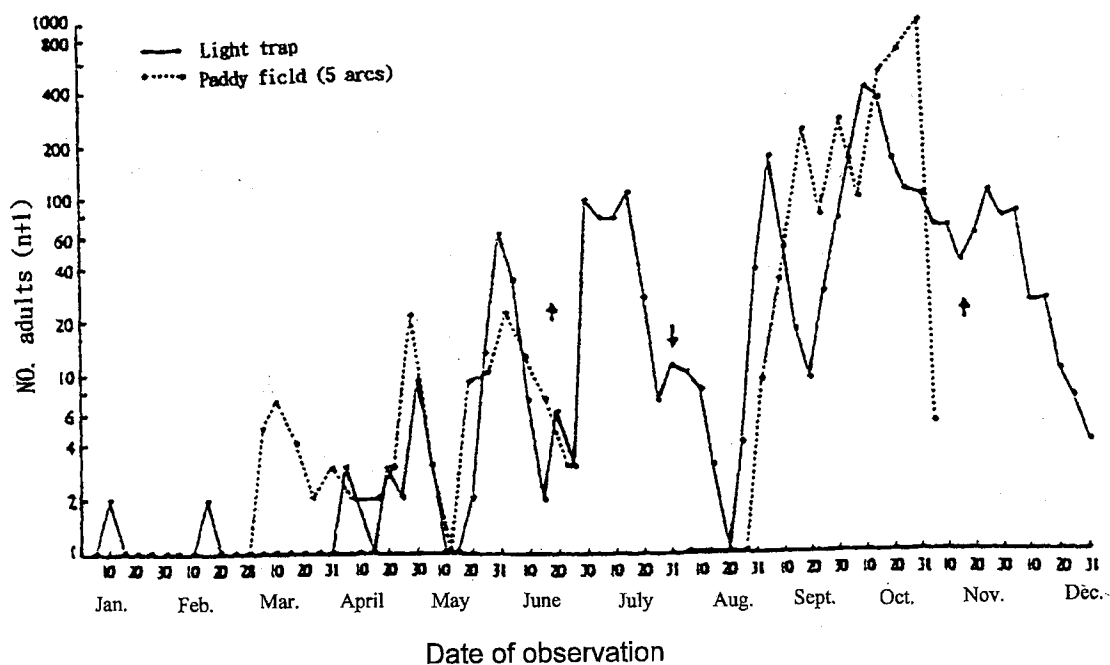
分兩階段進行，首先僅將 8 月底前可能影響主要危害世代之族群豐度（出現於 10 月中、下旬至 11 月上旬）的因子（自變數）參與分析，以期獲得早期之預測模式；其次再將 9 月底前之可能影響主要危害世代之族群豐度的因子一起參與分析，期能獲得預測能力較強之短期預測模式，作為校正或提高早期預測之缺失。

結果與討論

一、田間瘤野螟之族群消長與危害變動

在嘉義地區，瘤野螟在誘蟲燈下每年出現之族群高峰數變異頗大，在發生量較大的年份，由捕獲蟲數之高峰期出現數，可清楚地顯示本蟲一年可出現 8 個世代（圖一），但在發生少的年份，只能在 6 至 7 月

及 10 至 11 月間各捕獲到 2 至 3 隻成蟲，各世代之成蟲出現期無法辨別。一般而言，越冬世代成蟲出現於 2 月下旬至 3 月中旬，但此一世代因發生蟲量少，且其活動之夜間溫度有時較其飛翔之臨界低溫 13°C ⁽²⁵⁾ 為低，在大多數年份此一世代成蟲出現期未能誘捕到成蟲。第一世代成蟲發生盛期出現於 4 月中、下旬至 5 月上旬，此一世代誘蟲燈捕捉蟲數仍然很低，除少數年分可零星誘到數隻成蟲外，在大部分年份則未能誘捕到成蟲；第二世代成蟲盛期出現於 5 月下旬至 6 月上旬，為第一期稻瘤野螟成蟲出現之高峰期，此一世代成蟲在誘蟲燈捕獲最高蟲數在 12 年間差異甚大，最少為 1 隻，最多為 362 隻（表五）。第三及第四世代成蟲盛期分別出現 7 月上、中旬及 8 月中、下旬，由於受一期稻收割及整



圖一、瘤野螟蛾在誘蟲燈及稻田間之族群消長，1987。

Fig. 1. Population fluctuation of *C. medinalis* adults in a paddy field in relation to the catches of adults in light trap at Chiayi, 1987 (arrow ↓ indicate the date of planting, and ↑ indicate the date of harvest).

田之影響，族群密度驟降，其出現高峰期往往無法辨別，但在少數年度第三世代成蟲之捕獲數竟較第二世代為高（圖一）；第5世代成蟲盛期出現於9月中、下旬至10月上旬，其繁殖之後一世代幼蟲為二期稻之主要危害時期，誘集到之蟲數年度間變異很大，最高為812隻，低者為1隻。第6代成蟲盛期出現於10月中旬至11月上旬，為二期稻誘集蟲數之最高峰期（圖一），由於稻株已老化，此世代成蟲紛紛遷出稻田，於雜草上繁殖1至2世代，成蟲分別於11月下旬至元月上旬及2月下旬至3月中旬出現，但其密度均甚低，最高誘捕蟲數只有5隻，大部年度則無法偵測到其發生期。此一發生規律，與以往之報告頗為吻合^(8, 11, 15)。

由過去12年之誘蟲燈資料，比較第一、二期稻瘰野螟遷入後繁殖之第二世代成蟲發生高峰期在誘蟲燈之捕蟲數（表五），顯示第二期稻的第二世代與第一期稻之第二世代成蟲捕蟲數的平方根相關性頗高（ $r^2 = 0.7616$, $p < 0.01$ ），表示在第一期稻瘰野螟發生密度較高之年，在二期稻其發生密度亦可能較高。

在田間，瘰野螟成蟲無論在一期或二期稻於水稻茂密前均無法發現其蹤跡，但幼蟲危害葉片卻於水稻移植後30至40天（一期）或20至30天（二期）即可發現，尤以在二期稻更為明顯（表一），顯示成蟲於水稻幼株期即可遷入產卵繁殖。在幼株期由於葉片嫩狹，幼蟲常將2至3片葉綴成蟲苞，匿居其內啃食表皮危害，俟葉片寬度增大後始縱卷葉片為害。由圖一及表一，成蟲在水稻茂密後即連續在田間出現，表示世代重疊現象極為明顯，幼蟲各蟲齡於水稻各生育期均可發現。在一期稻，幼蟲高峰期出現於5月中、下旬，二期稻則出現於10月中、下旬，相當於水稻抽穗至乳熟期間。在水稻生育後期幼蟲之族群密度急遽下降，表示於該時期成蟲已少在老

化稻株上產卵。

比較1983至1987年第一、二期稻瘰野螟遷入稻田後繁殖之第一、二及三代幼蟲發生密度，並計算世代間之族群成長率（population growth rate），結果如表二。在一期稻之第二代幼蟲密度與第一代比較其族群成長率由3.89至26.3，平均為 9.75 ± 9.56 ，表示族群大幅增長，但變異幅度頗大；第三代與第二代比較，其族群成長率由0.20至0.26平均為 0.22 ± 0.03 ，表示其族群密度均較第二世代為小。在第二期稻，第二代（第六世代）幼蟲密度與第一代（第五世代）比較其族群成長率2.4至32.35，平均為 10.87 ± 12.14 亦顯示族群大幅增長，其變異幅度亦甚大；以第三代（第七世代）與第二代比較，則成長率由2.04至0.005，在1983及1984年水稻較晚種植，第三代幼蟲密度（第七世代）較第二代為高，但在其他年度水稻種植較早，幼蟲密度則均較前一世代為低，可能因早植稻葉片較早老化，較晚植者不為瘰野螟所喜好所致。此種現象與和田⁽⁶⁾及Wada and Kobayashi⁽²²⁾在日本觀察結果頗為一致，但其第一世代至第二代之成長率平均為11.22，較本觀察者為高；而第二世代至第三代幼蟲之族群成長率由0.004至18變動幅度亦頗大，主要係受成蟲遷入期及第二代幼蟲高峰出現期所影響，若遷入晚而導致第二世代成蟲期在9月中旬後出現，則因稻株老化，不適於瘰野螟繁衍。

在一、二期稻瘰野螟為害水稻葉片數，一般隨幼蟲之族群密度而增加，其高峰期通常出現於幼蟲密度高峰期後14天左右（表一）。第一、二期稻各世代瘰野螟為害葉片數年度間變異極大，在一期作瘰野螟在200叢稻為害葉片數在一、二及三代幼蟲期分別為0至59，5至144及0至227片；二期作分別為4至428，1至2696及1至2338片（表三）。在一期稻被害葉片

表一、稻田瘤野螟成、幼蟲及被害葉之發生消長

Table 1. Population changes of adults and larvae of *C. medinalis* and the injured leaves in a paddy field, 1987

Date of Obs.	No. adults / 5 ares ¹⁾	No. larvae / 200 hills	No. injured leaves / 200 hills	% injured leaves	% empty folded leaves
First rice crop ²⁾					
Feb. 27	1	0	0	0	0
Mar. 5	4	0	0	0	0
Mar. 10	6	0	3	0.019	100
Mar. 17	3	0	0	0	0
Mar. 23	0	0	0	0	0
Mar. 31	2	1	3	0.01	67
April 7	1	0	0	0	0
April 14	1	1	1	0.01	0
April 21	0	0	0	0	0
April 28	20	1	2	0.01	50
May 5	2	3	6	0.03	50
May 12	0	10	26	0.12	62
May 19	8	2	27	0.26	93
May 26	0	0	50	0.49	10
June 2	21	2	18	0.16	89
June 9	11	0	15	0.16	100
June 16	6	0	3	0.04	100

Second rice crop ²⁾					
Aug. 13	0	0	0	0	0
Aug. 20	0	1	2	0.02	50
Aug. 27	0	0	1	0.01	100
Sept. 3	8	2	3	0.02	33
Sept. 10	32	4	8	0.05	50
Sept. 17	230	10	30	0.15	67
Sept. 24	175	4	36	0.18	89
Oct. 1	261	40	139	0.80	71
Oct. 8	75	43	172	0.99	75
Oct. 15	480	19	353	2.51	95
Oct. 22	650	3	609	6.32	99
Oct. 30	960	3	268	3.05	99
Nov. 5	4	1	203	2.37	99

¹⁾ The number of adult was recorded using disturbing and counting method.

²⁾ The first and the second rice crop was transplanted on February 2 and August 2, respectively.

表二、第一、二期稻瘰野螟幼蟲族群成長率之變動

Table 2. Variation in larval population growth rate of *C. medinalis* in the first and the second cropping season

Year	Date of planting		Date of larval Peak of Gen. II		Population growth rate	
					Gen. I to Gen. II(r_2) ²⁾	Gen. II to Gen. III(r_3) ²⁾
First rice crop						
1984	Jan.	27	May	24	0.68	-0.68
1985	Jan.	29	May	30	1.42	-0.66
1986	Jan.	30	Jun.	5	0.59	-0.59
1987	Feb.	6	May	12	0.99	-0.70
Second rice crop						
1983	Aug.	4	Sept.	30	0.81	0.13
1984	Aug.	5	Oct.	5	0.83	0.31
1985	Aug.	1	Oct.	8	1.51	-0.68
1986	July	29	Oct.	24 ¹⁾	0.80	-2.31
1987	July	27	Oct.	8	0.38	-1.32

¹⁾ Date of the larval population peak in the second rice crop of 1986 appeared about two weeks late due to severe damage on paddy fields by typhoons Wayen and Abby on August 22 and September 18, respectively.

²⁾ Gen. I, Gen. II and Gen. III meant the larval population of the first, the second and the third generation in the first and the second cropping season, respectively. The population growth rate was calculated by $r_2 = \log \text{Gen. II (population)} - \log \text{Gen. I (population)}$, and $r_3 = \log \text{Gen. III (population)} - \log \text{Gen. II (population)}$.

數，除在 1984，1985 及 1994 年於第三世代發生期達高峰外，其他各年度均於第二世代發生期達到最高峰。在二期稻，一般而言在 7 月下旬以前移植者，其被害葉片高峰期出現於第二代（第六世代）發生期間，而在 8 月上旬種植者則大部發生於第三代（第七世代）發生期間。此一結果表示早植者在植株老化後瘰野螟可能遷往晚植稻，造成更大危害。

瘰野螟每隻幼蟲一般可危害葉片 3 至 6 片，因水稻發育期而略有差異，分蘖期平均為 4 片，抽穗期 3.3 片而黃糊期 4.9 片⁽¹⁵⁾，但無論任何生育期，其危害葉片均以上位葉三片為主（表四）。在分蘖期由於新

葉陸續長出，以第二葉被害所佔比例較高，待劍葉長出後則以最上位之劍葉被害之比例最高，早期被害葉片則隨下位葉片之枯萎而消失。當被害葉片快速增加時，由於大部分幼蟲都達 3 齡蟲以上，取食量暴增，轉葉頻繁，被害空苞葉率快速增加，在被害葉片達最高峰時，往往 90% 以上之被害葉均為空苞（表一）。

比較例年瘰野螟之為害葉片與被害葉率，發現被害葉率因受每叢水稻分蘖枝數及每枝水稻葉片數所左右，而分蘖枝數與葉片數受稻品種，田間管理方式以及病害蟲發生情況影響甚大。由過去調查之 13 塊田資料，顯示分蘖數與葉片數於分蘖末期

達到最高峰，其後逐漸下降（表四）。在瘤野螟主要危害期之抽穗期至乳熟期，每叢稻分蘗數，在一期作每叢稻由平均 16.1 至 27.8 枝，13 年總平均為 23.3 ± 4.5 枝，二

期稻每叢稻平均由 15.8 至 26.8 枝，13 年總平均為 20.3 ± 3.32 枝；每枝葉片在一期稻平均由 3.17 至 5.16 葉，總平均為 4.18 ± 0.51 葉，二期稻平均由 3.57 至 5.4 葉，總平均

表三、第一、二期稻各世代瘤野螟發生期被害水稻葉片數之變異

Table 3. Variation in progress of injured leaves caused by *C. medinalis* during different generations in the first and the second cropping season

Year	Date of Planting		Highest no. of leaves injured / 200 hills		
			1st Gen. ¹⁾	2nd Gen.	3rd Gen.
First rice crop					
1984	Jan.	27	2	55	63
1985	Jan.	29	1	75	227
1986	Jan.	30	6	22	16
1987	Feb.	1	2	54	3
1992	Jan.	31	0	5	0
1993	Jan.	30	59	144	58
1994	Jan.	31	10	23	35
1995	Jan.	22	4	24	6
1996	Jan.	31	3	9	0
1997	Jan.	27	1	7	1
1998	Jan.	26	15	79	48

Second rice crop					
1983	Aug.	4	62	2696	1280
1984	Aug.	5	17	548	957
1985	Aug.	1	28	2102	518
1986	July	29	428	514	1602
1987	July	27	36	609	203
1992	July	29	58	888	285
1992	Aug.	11	58	1200	1960
1992	Aug.	5	9	1154	1650
1993	July	16	5	1	1
1993	July	30	4	36	8
1994	Aug.	3	14	45	9
1995	July	31	16	425	230
1996	July	29	45	43	40
1997	Aug.	1	18	624	415
1998	Aug.	3	149	1643	2338

¹⁾ 1st Gen. 2nd Gen. and 3rd Gen. indicated the first, the second and the third generation of rice leafhopper in the first and the second cropping season after invasion.

表四、瘤野螟幼蟲危害葉片之分佈調查

Table 4. Distribution of injured leaves of *C. medinalis* at different stages of rice plants in the second cropping season, 1987

Date of observation	No. injured leaves / 200 hills	No. leaves x tillers/ hill	Distribution of injured leaves (% in leaf order of ¹⁾)			
			1st.	2nd.	3rd.	4th.
Aug. 20	2	3.6 × 11.4	0	50	50	0
Aug. 27	1	4.2 × 14.2	0	100	0	0
Sept. 3	3	3.9 × 16.3	0	66.7	33.3	0
Sept. 10	8	4.3 × 18.9	5.1	50.0	37.5	0
Sept. 17	30	5.5 × 18.7	26.7	46.7	23.3	3.3
Sept. 24	36	5.3 × 19.3	33.3	63.9	2.8	0
Oct. 1	139	5.0 × 17.3	31.5	31.5	25.3	3.7
Oct. 8	172	4.9 × 17.6	59.3	32.6	8.1	0
Oct. 15	353	4.0 × 17.6	64.9	26.9	7.4	0.8
Oct. 22	609	2.8 × 17.2	64.4	26.9	8.6	0
Oct. 30	268	2.6 × 16.9	69.0	26.1	4.9	0
Nov. 5	203	2.5 × 17.1	75.9	22.7	1.4	0

¹⁾ Only the fully developed leaves were counted from top to base of rice plants.

為 4.02 ± 0.4 葉。由於每叢稻之總葉片數變異頗大，而影響被害葉率之高低，以及瘤野螟為害葉率與產量損失之關係的計算。因此，在比較每塊田或每年田間水稻被害程度以被害葉數為比較依據較被害葉率更為可靠。

比較每年一、二期作觀察田水稻在抽穗至乳熟期（主要危害期）瘤野螟危害葉片數變異頗大，即使在同一年度之不同觀測田的被害葉數亦有很大差異（表五）。一般而言，晚植水稻之被害較早植者為重，而移植稻較直播稻為輕之趨勢，表示瘤野螟之為害具有趨嫩、綠及密之現象⁽⁵⁾。此外，比較 1986、1987 年及 1997、1998 年在嘉義農業試驗分所農場（四周為建築所包圍，為一隔離區，較避風）與溪口農場（大面積水稻區，風較大）兩地誘蟲燈之誘集蟲數及被害葉片數，則前者顯著地高於後者。此一現象顯示隔離避風地區水稻

受瘤野螟之危害較廣闊而風大之水稻為重。由於水稻因其種植地區，種植期以及管理方式之差異均可能影響被害程度，且各別稻田病害蟲防治措施不一，因此不管欲以主害期之前一世代成蟲或主害期當代之捕獲成蟲數精確地預測或估算各別稻田之被害程度頗為困難，但若以捕蛾數以預測或估算大區域之發生程度趨勢則較具可能。

瘤野螟在主要危害期之經濟危害基準，在台灣暫訂為每叢稻 3 至 5 片被害葉，被害葉率約為 3.5 至 6% 或三齡以上幼蟲 1 隻^(15, 16)。由調查田瘤野螟主害期之被害葉數（表五），可發現在一期稻 100 叢之平均被害葉，最高亦只達 144 葉，其他年度大都在 100 片以下，換言之其被害葉率均在 1% 以下，無防治價值；但在二期稻，被害葉數因年度、栽植期變異頗大，在 1985、1986、1987、1992、1997 及 1998 年，百

表五、瘤野螟在第一、二期稻主要危害期（抽穗至乳熟期）之危害葉片數與誘蟲燈在該期稻之第一、二世代捕獲成蟲數之關係。

Table 5. The injured leaves in the main infestation period (from heading to milky stage of rice) in relation to the catches of *C. medinalis* adults of the first and the second generation in the first and the second cropping season.

Year	Catches of adults		Highest no. of injured leaves/ 100 hills from heading to milky stage
	1st Gen.	2nd Gen.	
First rice crop			
1985	38*	329*	144(1/29)*
1986	7*	146*	11(1/30)*
1987	21*	116*	25(2/1)*
1991	3	2	5(1/25)
1992	3	11	3(1/16), 3(1/31), 4(2/7)
1993	3	12	23(1/11), 3(1/18), 72(1/30)*
1994	0	0	11(1/19), 12(1/31), 32(1/5)**, 19(1/19)**
1995	0	6	12(1/22), 5(1/13)** , 3(1/13)**
1996	0	3	5(1/19), 18(1/8)**
1997	1	9	4(1/27)
1998	52	362	35(1/19), 39(1/26)
Second rice crop			
1985	754*	1033*	1051(8/1)*
1986	266*	118,1158*	801(7/29)*
1987	69,673*	52,529*	255(7/27)*
1990	28	36	14(7/21), 16(8/3), 77(8/5)*
1991	13	84	33(7/25), 66(7/31), 92(8/5)
1992	44	163	444(7/29), 577(8/5), 600(8/11)*
1993	1	9	1(7/16), 18(7/30); 17(7/21)**
1994	1	10	23(8/3), 33(7/25)**
1995	2	29	203(7/31), 340(7/17)**
1996	13	28	22(7/29), 35(7/31)**
1997	62,177*	219,226*	312(8/1)
1998	327,812*	610,669*	732(7/31), 822(8/3)

¹⁾ The figures in the table were recorded from the observation fields at Chi-Cho, Chiayi, except those with mark * and ** which were recorded at the experimental farm of Chiayi Agric. Expt. Stn. and direct-seeding rice, respectively. The figure inside parenthesis indicated the date of transplanting of rice (month/date).

叢稻之被害葉均超過 300 片，而其他年度則大都在 300 片以下（表三、五），顯示其危害在有些年度可能超過經濟危害基準，必需加以防治。

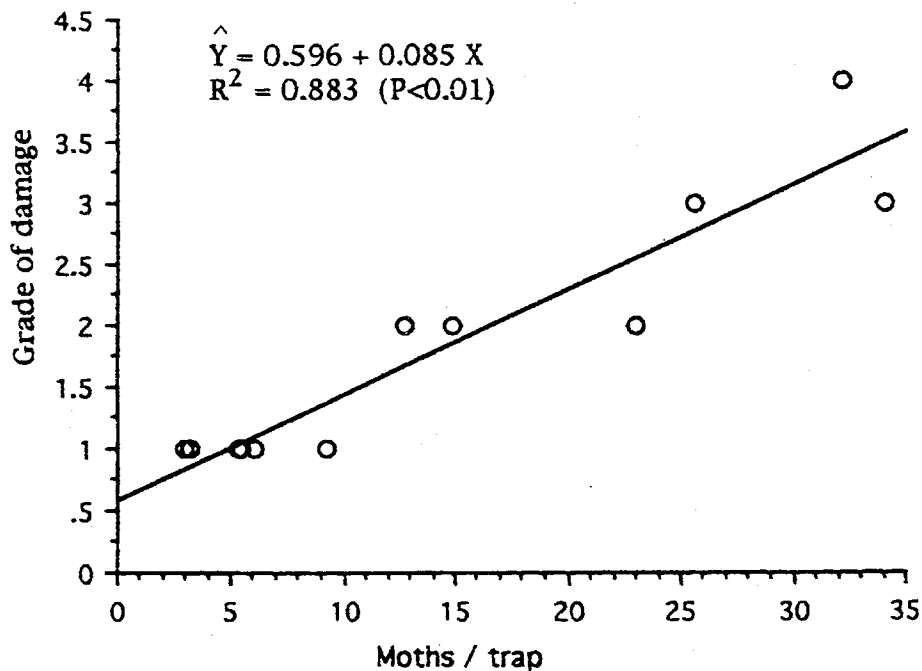
比較每年二期稻誘蟲燈在主要危害期世代（二期稻瘤野螟之第二世代），及前一世代之誘殺蟲數與被害葉片數之關係（表五），概略可發現被害葉數無論與二期稻之

第一或第二世代誘得之成蟲數均成正相關。若將每百叢稻被害葉數按所定之經濟為害基準為依據，區分為下列四級：1：被害葉低於300片為輕級，2：被害葉301至500片為中級，3：被害葉501-1000片為重級及4：被害葉高於1000片為極重級，則葉片被害等級（ y ）與二期稻瘤野螟成蟲第一世代誘蟲數之平方根（ x_5 ）之關係可由 $\hat{y} = 0.932 + 0.094x_5$ 表示（ $r^2 = 0.729$ ， $p < 0.01$ ）；而葉片被害等級（ y ）與第二世代誘蟲數之平方根（ x_6 ）之關係則可由 $\hat{y} = 0.596 + 0.085x_6$ 表示（ $r^2 = 0.883$ ， $p < 0.001$ ）（圖二），顯示主要危害世代之葉片被害等級可由誘蟲燈誘捕之二期稻的第一至第二世代成蟲數給予估計，而取代大區域煩雜的被害等級（或被害葉率）調查。然而此一捕誘捕蟲數與葉片被害程度之相

關式並不適用於一期稻，由圖一及表五可見，在一期作雖然被害葉片數頗低，但如在1985、1986、1987及1998年都在誘蟲燈下捕獲到不成比例的高捕蟲數，是否表示瘤野螟有由外地遷入之現象，有待進一步探討。

二.二期稻瘤野螟族群發生豐度之預測

在嘉南地區，二期稻一般於七月中、下旬至八月上旬移植，七月下旬為移植盛期。為期能夠早期預測瘤野螟在二期稻可能之發生族群豐度，本研究以7月16日至8月31日（ x_1 ），7月25日至8月31日（ x_2 ）及8月1日至8月31日（ x_3 ）誘蟲燈之捕獲瘤野螟成蟲作為蟲源，與二期稻之第二世代（主危害世代）成蟲（ y_6 ）（於10月中旬至11月上旬出現）之相關，結果顯示，



圖二、二期稻瘤野螟在主要危害期（抽穗至乳熟期）之葉片被害等級與該期作誘蟲燈在第二世代成蟲捕獲蟲數之關係。

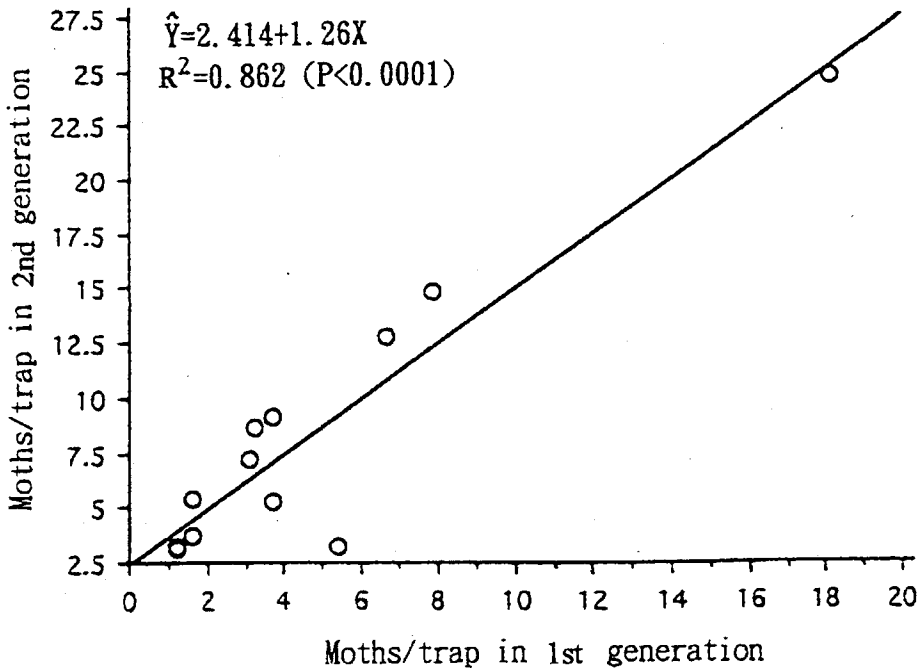
Fig. 2. Relationship between the grade of damage in main infestation period and catches of *C. medinalis* adults (in square root) of the second generation in the second cropping season.

其相關係數 (r) 均達 0.8 以上, 其中以 7 月 16 日至 8 月 31 日捕蛾數之關係最為密切, ($r = 0.87, p = 0.003$)。主為害世代成蟲捕獲蟲數 (y_6) 與前一代 (二期稻之第一世代) 成蟲之捕獲蟲數 (x_4) (通常出現於 9 月中、下旬至 10 月上旬) 之關係更為密切, 其關係可由 $y = 2.1414 + 1.26 x_4$ 表示 ($r^2 = 0.869, p < 0.0001$) (圖三), 顯示蟲源豐度為影響主要為害期之害蟲密度的重要因素 (表六)。進一步分析在二期作主要危害期前, 8 月, 9 月及 10 月之平均溫度, 相對濕度以及降雨日數對主要危害期瘤野螟之族群豐度之影響, 結果發現其相關性均甚低, 其中以 10 月之溫度、濕度及降雨天數之影響略較其他月份略高 ($r = 0.3$ 以上, $p = 0.23$), 顯示 10 月高溫、高濕有利於瘤野螟之族群發生豐度。

為期能於瘤野螟主要危害期前預測其

可能之發生豐度及危害趨勢, 利用遷入蟲源 (水稻移植期誘蟲燈捕蟲數), 二期稻瘤野螟之第一世代成蟲期誘蟲燈之捕蟲數以及相關之氣象條件, 使用逐步迴歸方程式建立預測模式, 結果如表七, 以 7 月 25 日至 8 月 31 日 (x_2) 誘捕成蟲數預測主要危害世代之發生豐度, 其決定係數 (r^2) 達 0.75 ($p = 0.003$), 表示於 8 月下旬即可概略地預測可能發生情況。若以 7 月 16 日至 8 月 31 日捕獲蛾數 (x_1) 及 9 月捕獲蛾數 (x_4) 或以上述捕蛾數及 9 月之平溫氣溫 (x_6) 及降雨天數 (x_{12}) 預測主要危害世代之發生豐度, 其決定係數 r^2 可提升由 0.92 ($p < 0.0001$) 至 0.98 ($p < 0.0001$), 顯示可以作為改善於 8 月下旬概略預測之準確度。

有關瘤野螟之發生預測, 在日本研究認為瘤野螟之遷入期及遷入蟲量為影響該蟲主要危害期 (抽穗期) 之最重要因子。



圖三、二期稻瘤野螟在第二世代與第一世代成蟲發生期誘蟲燈捕獲蟲數之關係

Fig. 3. Relationship between the catches of *C. medinalis* adult of the second and the first generation in the second cropping season

表六、影響嘉義地區瘤野螟在二期稻發生族群豐度之因子分析，1987-1998

Table 6. Analysis of factors affecting the population abundance of *C. medinalis* on rice in the second cropping season at Chiayi¹⁾, 1987-1998

Independent Variable ²⁾	r	p value
X ₁ : Catches of adults in a suction light trap from mid-July to August	0.82	0.001
X ₂ : Catches of adults in a suction light trap from July 25 to August	0.87	0.003
X ₃ : Catches of adults in a suction light trap in August	0.83	0.009
X ₄ : Catches of adults in a suction light trap in September	0.93	<0.001
X ₅ : Averaged temperature of August	0.27	0.389
X ₆ : Averaged temperature of September	-0.11	0.738
X ₇ : Averaged temperature of October	0.32	0.312
X ₈ : Averaged relative humidity of August	0.13	0.699
X ₉ : Averaged relative humidity of September	0.22	0.493
X ₁₀ : Averaged relative humidity of October	0.34	0.287
X ₁₁ : Rainy days in August	0.26	0.413
X ₁₂ : Rainy days in September	0.25	0.436
X ₁₃ : Rainy days in October	0.37	0.238

¹⁾ Population abundance was expressed by a total catches of adults of the second generation (the main-infestation generation) by a suction light trap in the second cropping season.

²⁾ The variables concerning the number of insect were transformed by $\sqrt{x+1/2}$ fore analysis.

表七、嘉義地區瘤野螟在二期稻發生豐度之預測模式

Table 7. Equations for predicting population abundance of *C. medinalis* on rice in the second cropping season at Chiayi

Equation ¹⁾	r ²	p value
1. $\hat{Y} = 1.105 + 3.048x_2$	0.751	0.0003
2. $\hat{Y} = 115.685 + 3.135x_1 - 1.419x_7$	0.793	<0.001
3. $\hat{Y} = 2.414 + 1.260x_4$	0.862	<0.001
4. $\hat{Y} = 1.176 + 1.280x_2 + 0.875x_4$	0.914	<0.001
5. $\hat{Y} = 0.955 + 1.037x_1 + 0.943x_4$	0.924	<0.001
6. $\hat{Y} = 80.702 + 1.716x_2 + 0.751x_4 - 2.996x_6$	0.961	<0.001
7. $\hat{Y} = 61.012 + 1.155x_1 + 0.911x_4 - 2.257x_6$	0.953	<0.001
8. $\hat{Y} = 93.780 + 1.377x_1 + 0.928x_4 - 3.315x_6 - 0.484x_{12}$	0.983	<0.001

¹⁾ The variables in equations refer to table 6.

由於遷入蟲量直接影響第一世代之成熟幼蟲數 ($r = 0.77$)，而第一世代成熟幼蟲數與第二世代（主要危害期）之成熟幼蟲數

具極密切之相關 ($r=0.98$; $p<0.01$)，因此以第一世代之成熟幼蟲數以預測第二世代可能發生之幼蟲密度，其關係式為 $\log p_2 =$

$\log p_1 + \log r_2$ (p_1 為第一世代之成熟幼蟲數, r_2 為第一世代與第二世代之族群增長率, 平均值為 11.2) (22)。以同一方法, 宮下氏⁽⁹⁾亦建立日本香川縣之瘤野螟的發生與為害預測模式, 惟進一步發展第二世代成熟幼蟲數與水稻上位之葉被害率之關係為 $\hat{y} = 1 + 0.071x$ ($r^2 = 0.99$), 因此可據單位面積之幼蟲數以推測被害率。惟如前述, 瘤野螟之發生與危害受水稻種植期, 管理方式及區域之地理環境影響頗大, 由單一觀測田所獲之數據能否預測大面積之發生趨勢, 尚未見有進一步之研究報告。

在中國, 石氏等⁽¹⁾綜述影響瘤野螟發生程度之主要因素報告指出, 早期遷入的峰次多, 蛾量大, 當年嚴重發生的可能性大, 而發生期內雨日多, 發生就可能重。此外, 在中國各地區分別建立多種瘤野螟之發生預測模式, 經評估其準確性較高者, 或經綜合研判後應用於各地區預測⁽⁶⁾, 採用之模式包括複迴歸模式, 時間數列模式及專家評估法等^(1, 7)。

本研究以過去年所 12 收集之資料, 利用逐步迴歸方法建立預測模式, 其決定係數值頗高, 表示具有相當之實用性, 可供進一步驗證。由於發生族群豐度之預測主要依據遷入世代及遷入後繁殖之第一世代成蟲誘蟲燈捕獲蟲數, 此種數據之取得較之在國外以調查田間之幼蟲量獲得容易, 且誘蟲燈捕獲蟲數可能代表之區域發生蟲量亦較單獨調查田間所能代表之區域為大, 因此可能對廣大區域之族群發生豐度預測, 將較具可行性。然而以誘蟲燈之捕蛾數為依據亦有其缺失, 如誘捕蟲數可能受誘蟲燈設置地點臨近之燈光, 誘蟲燈誘得成蟲之遭受壁虎的捕食以及氣候因素如降雨、強風、低溫等因素之影響, 未能獲得真正之蟲情。但無論如何, 這些可能影響之因素相信可藉誘蟲燈設置之地點之選擇及管理與資料之累積以及預測能力之驗證而獲得逐步改善。

謝 辭

本研究承行政院農業委員會經費支持, 數據整理時承本分所助理研究員洪士程先生協助, 黃麗香小姐協助繕打文稿, 謹此致謝。

引用文獻

1. 石尙柏、李紹石、胡伯海。1997。重大病蟲害長期運動規律與分析—稻縱卷葉螟。13-16 頁, 農作物病蟲長期運動規律與預測(胡伯海與姜瑞中編), 中國農業出版社出版。北京, 193 頁。
2. 朱耀沂、何坤耀。1981。瘤野螟有關文獻之綜評。台灣大學植物病蟲害 8: 36-57。
3. 李青、李國柱。1981。我國稻縱卷葉螟遷飛規律研究進展。中國農業科學 5: 1-8。
4. 李紹石。1997。積分自回歸滑動平均預測法。39-42 頁, 農作物病蟲長期運動規律與預測(胡與姜編), 中國農業出版社出版, 北京。
5. 和田節。1977。コブノメイガの産卵および加害様相。九州病蟲害研報 23: 101-102。
6. 和田節。1987。コブノメイガの移動。植物防疫 41 (11): 559-562。
7. 胡伯海、姜瑞中。1997。農作物病蟲長期運動規律與預測。中國農業出版社出版, 北京, 193 頁。
8. 貢穀紳。1954。燈光誘集瘤野螟蛾之分析。農林學報 3: 77-96。
9. 宮下武則 1993 香川縣におけるコブノメイガによる水稻の被害と發生預察。今月の農業 37(6): 46-50。
10. 宮原義雄、和田節、小林正弘。1981。筑後におけるコブノメイガの早植稻への飛來。應動昆 25: 26-32。

11. 陳慶忠、王玉沙。1978。台灣中部稻縱葉蟲生活史及水稻品種抵抗性調查。台中區農改場彙報(新)2: 59-69。
12. 張孝羲、耿濟國、周威君。1981。我國稻縱卷葉螟 (*Cnaphalocrocis medinalis* Guenée) 遷飛規律的研究。南京農學院學報 3: 1-12。
13. 張孝羲、陸自強、耿濟國、李國柱、陳學禮、吳學文。1980。稻縱卷葉螟遷飛途徑的研究。昆蟲學報 23: 130-139。
14. 深町三郎。1980。コブノメイガ成蟲の生息場所と産卵。九州害蟲研究彙報 26: 93-126。
15. 鄭清煥。1987。嘉南地區瘤野螟之生態觀察。植保會刊 29: 135-146。
16. 顏福成。1981。水稻縱捲葉蟲之發生及防治適期研究。台南農改場彙報 15: 81-93。
17. 蕭榮福、范國洋、陳漢洋、謝忠能、李麗娟。1985。台灣水稻病蟲害發生預測(1966-1984)。台灣省政府農林廳編印 382頁。
18. Hira0, J. 1982. Ecology and chemical control of the rice leafroller. JPI. 41: 14-17.
19. Miyakara, Y. 1981. Occurrence of the rice leafroller in Japan. JARQ 15: 100-105.
20. Pathak, M. D. 1977. Insect pests of rice. IRRI. Los Banos, Philippines. 68 pp.
21. Velusamy, R. and Subramanian, T. R. 1974. Bionomics of the rice leafroller *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée (Pyrilidae : Lepidoptera). Indian J. Entomol. 36: 185-189.
22. Wada, T., and Kobayaski, M. 1991. Life history of rice leafroller, *Cnaphalocrocis medinalis* in Japan – Invasion, population explosion and dispersal. pp. 61-70, Migration and dispersal of agricultural insects, Nat. Inst. Agro-Environ. Sci., Tsukuba, Japan.
23. Zang, X. X. 1991. Migration of rice leafroller, *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée in China. pp. 51-60, Migration and dispersal of agricultural insects. Nat. Inst. Agro-Environ. Sci. Tsukuba, Japan.

ABSTRACT

Cheng, C. H. *, and Wu, S. C. 1999. Population dynamics and forecasting of rice leaffolder, *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée in Taiwan. Plant Prot. Bull. 41: 199 - 213. (Department of Plant Protection, Chiayi Agricultural Experiment Station, TARI, Chiayi, Taiwan, R.O.C.)

The rice leaffolder (*Cnaphalocrocis medinalis* Guenée) is one of important insect pests of rice in Asia. It can overwinter in Taiwan at very low population due to low temperature and poor host plant conditions. The number of adults caught in light trap appeared 8 population peaks annually. Two distinct maximal peaks appeared during milky to maturing stage of the first and the second rice cropping season, and the latter peak was closely correlated to the former one ($r^2 = 0.7616$, $p < 0.01$). During each cropping season, the leaffolder could complete 3 generations. The larval population growth rate from the first to the second generation was 9.75 and 10.87 in the first and the second crop, respectively, while from the second to the third generation, it ranged from 0.20 to 0.26 in the first crop and 2.04 to 0.005 in the second crop. The earlier transplanting rice usually had lower growth rate as compared with those later transplanting ones. The larvae always injuries on top 3 leaves regardless to the stage of rice, and the peak of injured leaves usually appeared about 14 days later than of the larval population peaks. However, the main infestation period occurred during the heading to milky stages of rice, and the severity of infestation during this period in the second cropping season each year was observed to be closely correlated with the number of adult caught in the first and second generation of the cropping season even though the direct seeding rice, and those later planting rice and rice growing in the places sheltering from wind received much severer infestation. Based on the infestation recorded in past 12 years, the damage of this insect in the first cropping season was successively lower than the levels of economic threshold, while that of in the second cropping season was often higher. The population abundance of adult in the initial stage of the crop season was the most important factor to affect the levels of damage in main infestation period. Several equations had been developed for predicting the population abundance as well as the levels of damage of the insect in this study.

(Key words: rice insect pest, rice leaffolder, population dynamics, forecast of population abundance.)

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