應用性費洛蒙於水稻二化螟蛾族群之發生偵測與預測

鄭　清　煥*

嘉義市　行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所

(接受日期：中華民國 89 年 8 月 2 日)

摘　要

鄭清煥　2000　應用性費洛蒙於水稻二化螟蛾族群之發生偵測與預測　植保會刊 42：201－212

水稻二化螟蟲（*Chilo suppressalis* (Walker)）為水稻重要害蟲之一，偵測其成蟲族群之發生動態及發生期與發生量，為決定防治適期以及需否防治之重要依據。根據 1991 至 1999 年使用性費洛蒙及誘蟲燈在田間誘殺二化螟蛾之結果顯示，兩種方式誘捕蟲數之消長趨勢頗為一致，惟性費洛蒙較誘蟲燈更能有效地偵測二化螟蛾之發生動態，尤其在族群密度較低之越冬世代及第一世代成蟲，誘捕蟲數平均較誘蟲燈分別高達 6.9 及 2.5 倍。按性費洛蒙在田間誘捕資料，二化螟在嘉義地區基本上一年發生五個世代，一、二期稻分別可遭受三及二個世代之幼蟲危害，世代重疊發生，在一期稻期間之發生密度極明顯高於二期稻。一、二期稻間之空田期及二期稻發育初期之高溫、驟雨為影響其族群在二期稻增長之重要因素。使用有效積溫法則估算各世代成蟲出現高峰期，並不能完全符各世代成蟲之實際出現期，但越冬世代及第一世代成蟲出現高峰期分別與其前一世代成蟲出現高峰期及 12 月至 2 月及 2 月至 4 月之日平均積溫具密切關係(r^2 值分別大於 0.93 及 0.97)；而兩世代成蟲發生量均與其上一世代之發生豐度之關係最為密切(r^2 值分別大於 0.68 與 0.85)，成蟲出現期之降雨量則對發生量具若干程度之負面作用。利用逐步迴歸分析已建立若干方程式可供越冬世代及第一世代二化螟蛾之發生期及發生量之預測。

(關鍵詞：二化螟、性費洛蒙、族群偵測、發生預測)

農試所 90.2.1 期刊

*通訊作者：E-mail: chcheng@caes.gov.tw

緒 言

二化螟蟲（*Chilo suppressalis* (Walker)）為亞洲地區水稻重要害蟲之一。在台灣，本蟲曾於 1961 至 1963 年在各水稻栽培區普遍發生，嚴重被害者稻穀產量損失達 30 至 50%[7, 18]，其後發生密度因受稻藁處理方式及耕作制度之改變以及殺蟲藥劑之使用而逐漸下降[8, 20, 23]。1980 年代後復因耕作制度之改變，未整地冬作之盛行，以及稻藁之堆積以利外銷或作為園藝作物畦面被覆，而使二化螟又在各水稻區普遍發生，並在若干地區造成高於經濟危害基準，枯心率 5%或白穗率 2%之危害[21, 22]。

二化螟蟲在台灣之發生生態已有若干報告可稽[7, 16, 17]，並發現於側黃莖出現盛期，亦即幼蟲 1 至 2 齡期實施防治效果最佳[6]。為正確把握各世代螟蛾發生盛期，以為指導農民適時防治之依據，建議於各世代幼蟲化蛹前到各水稻生產區採集幼蟲於室內常溫下飼育，計算其羽化 50%日[8]，此一方法雖然可行，但費時費力。二化螟蟲性費洛蒙合成後，發現對成蟲之誘引效果高於誘蟲燈 3 至 5 倍，被認為可利用於成蟲族群之偵測[1, 2, 13, 14, 29]。本研究僅就過去 9 年來在嘉義地區利用性費洛蒙於田間誘集二化螟，爰將調查所獲資料進行分析，探討使用性費洛蒙所誘集之成蟲是否可作為偵測二化螟蛾之發生期及發生量之應用。

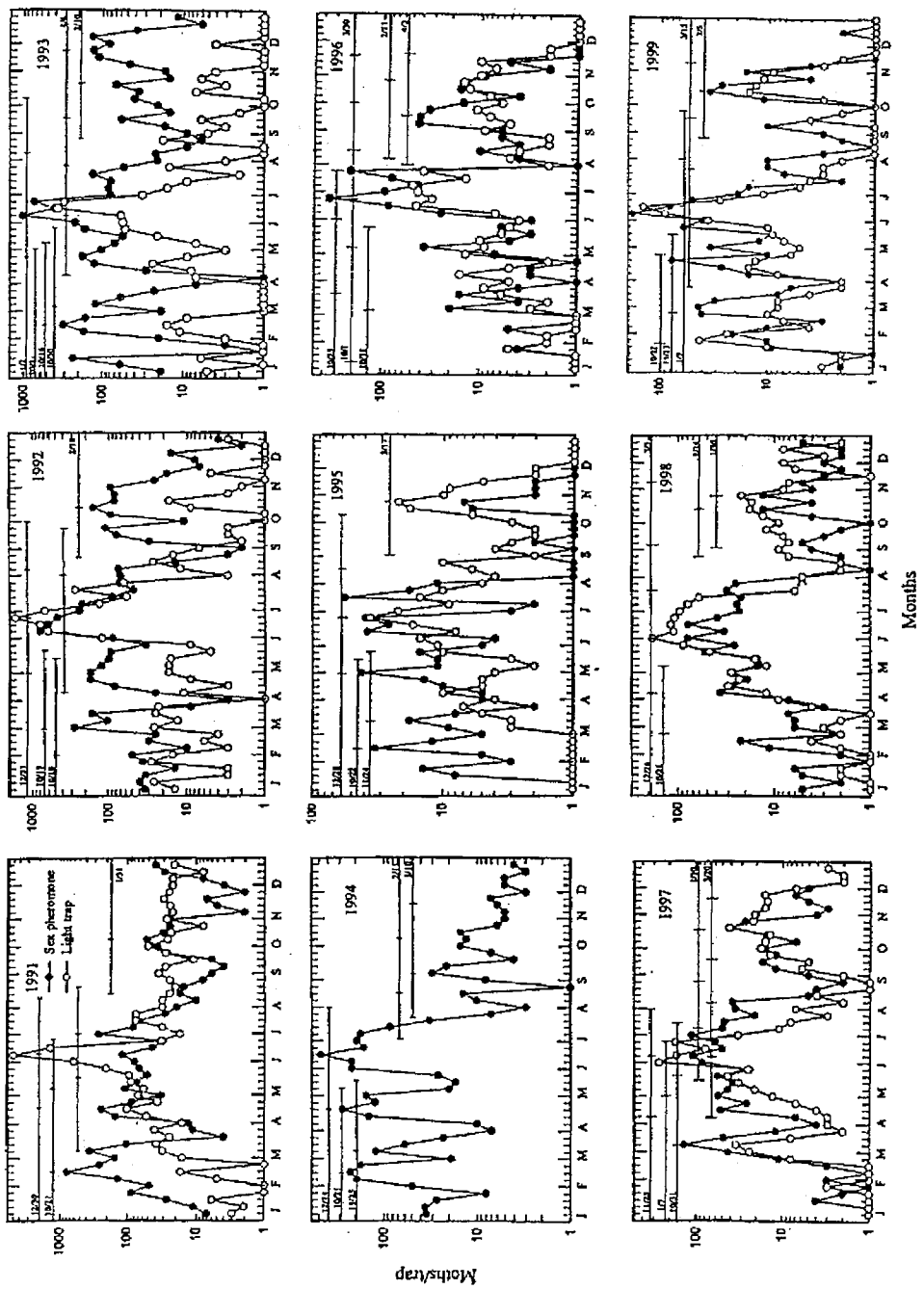
材料及方法

自 1991 年起，於設在嘉義縣溪口鄉之嘉義農業試驗分所農場（20 ha）之兩側設置吸式誘蟲燈（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）各一盞，柱高 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。兩誘蟲燈之距離達 150 m 以上，所誘得蟲數每日收集一次，烘乾後記錄。另於其附近（距誘蟲燈 500 m 以上）設置水稻害蟲觀察田（不施用殺蟲劑）2 處，每處面積 5 公畝，於各觀察田之田埂旁各設置二化螟性費洛蒙誘集盒一個（濕式，武田型），高度 50 cm[26]，每月更新性費洛蒙一次，每 2 至 3 日收集記錄蟲體一次。兩個誘蟲燈或性費洛蒙間，因受設置位置及天侯之影響，日誘補蟲數差異頗大，為便於統計，以其平均值作為計算基礎。此外，由於各世代二化螟蛾在田間出現呈重疊現象，各世代發生期之區分，除按誘集蟲數之消長情況，並按該蟲之發育臨界溫度 11~12 ℃及完成一世代之有效積溫 800±50 日度[25, 33]推算給予區隔。氣象資料由中央氣象局嘉義氣站提供。

結果與討論

一、性費洛蒙及誘蟲燈對二化螟蛾發生族群變動之偵測

在嘉義地區，第一期稻一般於元月下旬至 2 月上旬插秧，6 月上、中旬收獲；二期稻則於 7 月下旬至 8 月上旬插秧，11 月中、下旬收獲。在一期稻收獲時，因適逢雨季，稻稿大部於水稻收割之同時使用收獲機段切散佈於田間，並於二期稻種植前 15-20 天使用曳引機翻耕連同稻樁埋入土中；而二期稻收獲時，因逢乾季，稻稿或於晒乾後被燒毀或被捲成草卷，堆積於田間或供園藝作物畦面被覆或供外銷日本，而收獲後稻田，或整地或不整地種植冬作，或不整地或整地曝晒。種植冬作者大部分於 2 月中旬後插秧，而空田者則大部分於元月上、中旬整地，元月下旬插秧。在此一環境下，以性費洛蒙及誘蟲燈偵測二化螟成蟲族群周年發生消長示如圖一，一般而言，以上述兩種方式偵測二化螟成蟲之發生消長趨勢頗為一致，惟性費洛蒙



圖一、 1991 至 1999 性費洛蒙及吸式誘蟲燈誘捕二化螟蛾之效果、族群消長比較以及利用有效積溫（800 DD）由前世代推測另一世代族群高峰期之可行性（由圖面橫線上之+字表示）。

Fig. 1. Comparison of the efficiency and the trend of population fluctuation between the catches of *C. suppressalis* adults by using a sex pheromone and a suction light traps, and the possibility of using total effective temperature (800 DD) to conjecture the population peaks from its preceding generation (indicated by the + marks in the horizontal straight lines).

在低溫且二化螟密度較低時之誘集效果顯然地高於誘蟲燈，但其差異隨二化螟蛾發生密度之增加，因性費洛蒙受田間雌蛾之競爭而下降[28]。然而此種趨勢在年度間亦稍有變異（表一），如 1993 年各世代性費洛蒙誘集蟲數均高於誘蟲燈，但於 1991 年，在五個世代中即有三個世代誘蟲燈之誘集蟲數高於性費洛蒙。此種現象可能因兩種誘蟲器材設置位置不同，受臨近稻田螟蟲發生程度所影響。事實上，無論性費洛蒙或誘蟲燈之誘引範圍均相當有限（前者在日本之有效範圍 40 m 以內，誘殺範圍在越冬世代 100~400 m，第一世代為 50~100 m[11, 19, 27]；而後者之誘殺範圍約 100~150 m[24]，且易受臨近稻田螟蟲發生程度之影響，這種現象在本研究或國外報告均發現。在同一時期，誘蟲燈或性費洛蒙間之誘集蟲數之消長趨勢雖頗一致，但誘殺蟲數變異頗大[1, 2, 28]，因此在同一生態區需設置數個誘蟲器較能反應地區之蟲情。由以往文獻顯示，二化螟之發生危害程度除受氣候影響外，因稻品種、栽培制度、稻稿處理方式，施肥量以及防治用藥等之差異對地區之發生程度影響尤大[3, 5, 9, 10, 20, 23]，而導致在同一氣候生態區，有不同程度之發生危害。雖然如此，就整體而言，性費洛蒙因具很高之誘引活性，且活性長達 50 天以上[14]，管理方便又不受燈光或月光之影響，可獲得較穩定之數據，應可取代誘蟲燈作為二化蟲之發生偵測。

表一、各世代二化螟成蟲被性費洛蒙及誘蟲燈捕獲蟲數比例之變異

Table 1. Variation in ratio of pheromone trap and light trap catches of *C. suppressalis*_adult in different generations in Chiayi region

Gene-[2]		No. moths / Trap									
rations	Traps[3]	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Total[1]
overwin-	L	133	245	46	-	14	26	74	17	132	687
tered	P	1950	898	1211	1157	121	49	257	69	183	4738
gener.	P/L	14.7	3.7	26.3		8.6	1.9	3.5	4.1	1.4	6.9
1st.	L	542	79	72	-	45	62	140	169	56	1165
gener	P	741	795	554	763	109	59	298	190	178	2924
	P/L	1.4	10.1	77		2.4	1.0	2.1	1.1	3.2	2.5
2nd.	L	7090	4398	875	-	124	220	724	835	323	14589
gener.	P	671	2624	2745	1558	178	878	526	367	442	8431
	P/L	0.1	0.6	3.1		1.4	4.0	0.7	0.4	1.4	0.6
3rd.	L	334	64	46	-	28	44	33	42	9	600
gener.	P	165	186	331	86	12	152	121	69	42	1078
	P/L	0.5	2.9	7.2		0.4	3.5	3.7	1.6	4.7	1.8
4th.	L	263	35	19	-	79	59	177	103	49	784
gener.	P	200	556	555	74	14	45	119	41	91	1621
	P/L	0.8	15.9	29.2		0.2	0.8	0.7	0.4	1.9	2.1
Total	L	8362	4821	1058		290	411	1148	1166	569	17825
	P	3727	5059	5396	3638	434	1183	1321	736	936	18792
	P/L	0.4	1.1	5.1		1.5	2.9	1.2	0.6	1.6	1.1

[1] Excluding the catches of 1994.

[2] Overwinered generathion: Late December - March, 1st generation: April - May, 2nd generation: June - July, 3rd generation: late July - mid. September, 4th generation: late September - early December.

[3] P: catches of pheromone trap, L: catches of light trap.

二、嘉義地區二化螟之發生變動規律

從往昔文獻記錄，二化螟在嘉義、台南地區年發生六個世代，台中五個世代，台北可能為四個世代[7, 15, 16, 17]。由於在嘉義之報告係依據網室內連續種植水稻飼育之結果[16, 17]，但在田間則因有空田期，二化螟並難能順利繁衍，與網室內連續飼育結果可能有落差。依據田間誘蟲燈資料，因螟蛾連續出現，世代重疊，且每一世代可能出現一至三個誘集高峰（圖一），很難確切界定世代別。本研究依性費洛蒙誘集蟲數之高峰日並以完成一個世代有效積溫 800±50 日度[25, 33]往其前後推估各世代之起訖日期，結果如圖一及表二所示，越冬世代成蟲出現於 12 月中、下旬至 4 月上旬，其高峰一般出現於 2 月中旬至 3 月上旬，而 50%成蟲出現於 2 月第 3 半旬至 3 月第 3 半旬，隨歷年溫度而異。由 1991 至 1999 年資料顯示，由 12 月

表二、性費洛蒙誘集二化螟蛾各世代成蟲出現期,高峰期及族群 50%出現期之變異
Table 2. variations in the appearing period, peaked catches and 50% catches of pheromone trap in different generations adult of *C. suppressalis* in Chiayi reagion

Overwintered generations	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Date of the highest Catch (Month/day)	2/11	3/2	2/17	2/18	2/15	3/8	3/10	2/16	3/5
Date of next higher catch (Month/day)	3/4	2/5	1/15	3/9	3/17	3/18	1/17	1/18	2/1
50% Catch (Month- half decade)	2- 4	3- 1	2- 4	2- 4	2- 4	3- 2	3- 2	2- 3	2- 1
Period / Appearing	12/9-3/22	12/7-4/3	11/28-4/2	12/4-3/31	12/3-3/31	12/2-4/5	12/7-4/4	12/6-3/27	11/28-4/2
1st generation									
Date of the highest catch (Month/day)	4/19	4/28	4/29	4/18	5/1	5/8	4/28	4/13	4/19
Date of next higher catch (Month/day)	5/16	-	-	5/6	5/26	-	5/19	5/20	5/3
50% catch (Month- half decade)	4- 5	4- 6	4- 6	4- 5	5- 1	5- 2	5- 2	4- 6	4- 4
Appearing period	3/23-5/24	4/4-5/29	4/3-5/21	4/1-5/27	4/1-6/2	4/6-6/7	4/5-5/30	3/28-5/22	4/3-5/21
2nd generation									
Date of the highest catch (Month/day)	6/14	6/12	6/9	6/17	6/26	6/28	6/9	6/5	6/10
Date of next higher catch (Month/day)	7/5	-	6/23	-	-	7/22	7/4	6/17	5/28
50%catch (Month- half decade)	7- 1	6- 4	6- 3	6- 4	6- 6	6- 6	6- 5	6- 4	6- 3
Appearing period	5/25-7/12	5/30-7/31	5/22-7/16	5/21-7/22	6/3-7/14	6/8-7/26	6/4-7/25	5/23-7/17	5/22-7/16
3rd generation									
Date of the highest catch (Month/day)	8/14	8/10	8/11	8/17	8/19	8/12	8/6	7/24	8/4
Date of next higher catch (Month/day)	7/29	9/21	9/15	9/9	-	9/13	9/19	9/11	9/10
50% catch (Month- half decade)	8- 4	9- 4	7- 6	9- 2	8- 2	9- 4	8- 2	7- 6	8- 2
Appearing period	7/27-9/13	8/1-10/2	7/17-9/11	7/23-9/16	7/15-9/22	7/27-10/4	7/26-9/26	7/18-9/18	7/23-9/24
4th generation									
Date of the highest catch (Month/day)	10/7	10/16	11/26	10/21	10/25	10/21	10/20	10/16	10/15
Date of next higher catch (Month/day)	11/22	11/6	10/21	-	-	-	-	10/30	11/5
50% catch (Month- half decade)	10-2	10- 4	11- 4	10- 4	10- 6	10- 5	10- 5	10- 5	10- 4
Appearing period	9/13-11/29	10/3-11/27	9/11-12/3	9/24-12/2	9/23-12/1	10/5-12/6	9/27-12/5	9/18-11/27	9/25-11/26
Accumulated temp. (Dec. to Feb.)	1567	1496	1568	1581	1570	1466	1498	1641	1643

至次年 2 月之積溫達 1550℃以上者，其族群高峰及族群 50%出現期通常於 2 月第 4 至第 6 半旬出現，而在該積溫以下者，則出現於 3 月第 1 至第 3 半旬（表二）。由於越冬世代之族群高峰常出現2-3 個峰且每一世代幼蟲之發育期頗不整齊，即使用日孵化之幼蟲，其發育期相差可達 15 天左右[16]，導致其後各世代成蟲之出現峰頗為零亂。第一世代成蟲出現於 3 月第 5、6 半旬至 6 月第 1、2 半旬；高峰期及 50%出現期大都出現於 4 月第 4 半旬至 5 月第 2 半旬；第二世代成蟲於 5 月第 5 半旬至 7 月第 6 半旬；高峰期常出現於 6 月第 1 半旬至 7 月第 1 半旬，而族群 50%出現於 6 月第 3 半旬至 7 月第 1 半旬。由於第二世代成蟲出現期中，適逢第一期稻收獲期，且在收獲時部分未羽化者在收獲過程中受傷害而死亡，族群之正常高峰期及其 50%出現期可能受到影響。

在一期稻收割後至二期稻種植，其間空田期約 40~45 天，第二世代部分早羽化成蟲可能遷往晚植稻或茭白等產卵繼續繁殖，而二期稻本田之蟲源可能為第二世代少數晚羽化成蟲（由二期稻為休閒田或轉作田羽化者）或由晚值稻移入之第三代成蟲，由於其族群密度很低，族群高峰期及族群 50%出現期變異甚大，由 7 月第 5 半旬至 9 月第 4 半旬。然而第四代成蟲之出現高峰期及族群 50%出現期，頗為整齊，由有效積溫推估，則其上一代（第三世代）成蟲產卵高峰應在 8 月第 5、6 半旬，約在二期稻移植後 20~35 日稻齡期。較早遷入之成蟲所繁殖之幼蟲，由於稻株尚小及受高溫之影響，存活率低，因此在某些年代，第三世代成蟲高峰期雖於 8 月中旬前出現，但因受不良環境之限制，致使其第四代之族群高峰並未隨第三代而提早出現。可見二期稻生育早期之高溫對第四代二化螟蛾之出現期具調節作用。第四代成蟲出現於 9 月第 3 半旬至 12 月第 1 半旬，高峰期及 50%族群出現於 10 月第 4、5 半旬，其所繁殖之下一代成蟲出現於翌年 1 至 3 月間，即所謂之越冬世代。綜觀上述發生型態，二化螟蟲在嘉義地區於網室內連續有水稻情況下雖可完成六個世代[16,17]，但在田間因受水稻耕作之影響，基本上只能遭受五個世代幼蟲的危害。

嘉義地區與台中地區，無論在氣溫(年平均溫度分別為 22.7 及 22.8)及水稻種植期均相當類似，比較兩地區二化螟蟲之發生型態，亦頗類似。與何與劉(1971)由台中區各地點採回室內飼育推算之發蛾盛期比較，則除第一世代在台中區為 5 月 3 日至 22 日，嘉義區為 4 月第 4 半旬至 5 月第 2 半旬，第 3 世代在台中地區為 7 月 29 日至 8 月 8 日與嘉義地區之 7 月第 6 半旬至 9 月第 4 半旬略有差異外，其他均頗為一致。在嘉義地區第一世代二化螟蛾發生盛期（50%捕蛾日）較台中地區為早出現，可能受少數臨近水上、白河及太保等早植稻（於 12 月中、下旬至元月上旬種植者）地區螟蛾之遷入有關，該地區與性費洛蒙誘蟲盒設置地點相距至少在 10 公里左右，但二化螟蛾之擴散飛行卻可達 10－32 公里[12]。較為難予確定的是第三世代成蟲，因發生密度低，發生盛期較難掌握。

由以上所述二化螟蛾在嘉義地區之發生型態，大致與以往使用誘蟲燈偵測所獲結果類似[7, 18]。在一期稻發生密度顯著高於二期稻，而一期稻收割後至二期稻種植前之空田期因其生境遭受破壞以及二期生育早期之高溫顯然為影響其在二期稻族群密度之重要因素[15]。分析第三、四世代成蟲誘集數與蟲源及氣象因素之關係，結果顯示第三、四代成蟲誘集蟲數（Y_3 及 Y_4）與第二世代成蟲誘集蟲數(x_1)之關係最為密切（r^2 值分別為 0.64 及 0.729），8 月間日降雨時數超過 8 或 10 時之日數(表示夜間成蟲活動時段仍有雨)，7 月至 8 月之強風(日平均風速 4 級，最大風速 6 級以上)日數對族群之增長雖有負面作用，但並不顯著($p>0.05$)。

三、越冬世代及第一世代二化螟蛾發生高峰期之偵測

二化螟蟲主要在一期稻造成經濟危害。越冬世代及第一世代螟蛾所繁殖之下一世代幼蟲之危害分別可導致枯心及白穗，螟蛾出現高峰期及出現量是為決定需否防治及防治時期之重要依據[6, 8]。

害蟲發生期之預測，在以往以使用有效積溫法則最為普遍[4, 30, 32]，本研究利用1991 至 1999 年性費洛蒙偵測二化螟蛾之發生規律（圖一），由各世代發生高峰出現期利用完成一世代有效積溫 800±50 日度，估算其前及後一世代螟蛾可能出現期，結果如圖一及表三所示，以完成一世代之有效積溫，由一個世代之成蟲高峰期推測下一世代高峰期，並不能完全符合實際之發生現象，可能受不同世代螟蟲在不同生長期水稻取食，因環境及營養差異具不同之發育速率或其他因素所致，有待探討。

由圖一可見越冬世代成蟲出現高峰都出現在 2 至 3 月間，而第一世代都出現在 4 至 5 月間，若將該兩世代成蟲出現期，分別以每半旬（5 天）為一單位，依次計數，則兩個月期間共可分為 12 個半旬（Y），與該世代二化螟未成熟期之日平均溫度積溫（X）進行迴歸分析，結果如圖二及圖三所示，越冬世代成蟲出現高峰期可由 $y=120.19-2.92x_{12}$（$r^2=0.9245$，$p<0.001$）（x_{12} 為 12 月至 2 月之日平均積溫之平方根）或 $y=121.84+0.25x_4-2.99x_{12}$（$r^2=0.9332$，$p<0.001$）（$x_4$ 為前一年第四代在 10 月成蟲出現高峰之半旬數）表示；而第一世代成蟲出現高峰期可由 $y= 72.31-1.57x_2$（x_2 為 2 至 4 月之日平均積溫的平方根）或 $y=64.20+0.98x_5-1.39\ x_2$（$r^2=0.9795$，$p<0.001$）（$x_5$ 為越冬世代成蟲出現高峰之半旬數）或 $y=47.61+0.71x_5-1.06x_1$（$r^2=0.9426$，$p<0.001$）（x_1 為 1-3 月之日平均積溫平方根）表示。由於兩關係式之決定係數 r^2 均達 0.92 以上（$p<0.001$），估測值與實際值最大差異為 1 級（相差 5 天），顯示或可應用於越冬世代及第一世代成蟲出現高峰期之預測。

四、越冬世代及第一世代二化螟蛾發生豐度之預測

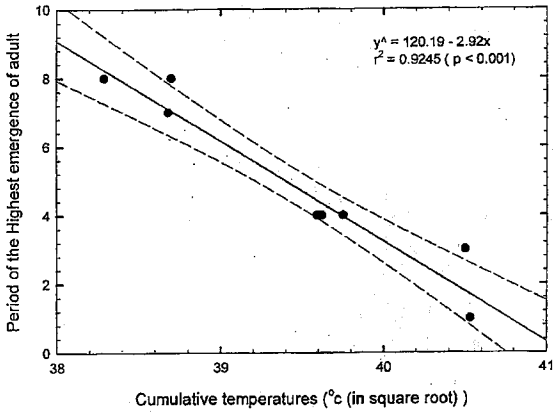
預測成蟲發生豐度，可提供訊息判斷需否實施防治之依據。利用 1991 至 1999 性費洛蒙誘蟲資料，分析可能影響越冬世代及第一世代二化螟蛾發生量之因素，並將各種可能影響因素為自變數，使用逐步

表三、二化螟各世代成蟲族群高峰期間的有效積溫之差異

Table 3. Variations in degree-days between two successive population peaks of *C. suppressalis* adult

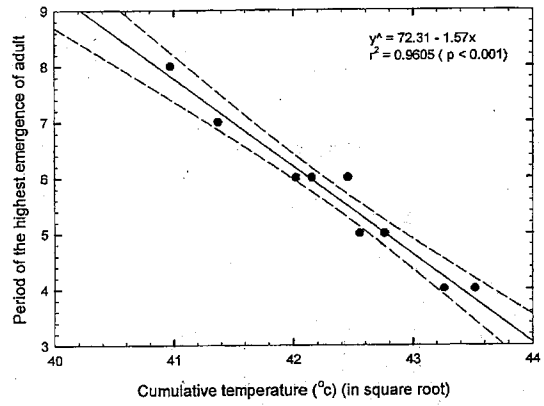
Intervals of popul-peaks	Degree-days[1)]									
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Average means±sd
4th to over wintered gener.	878	929	789	855	810	731	924	899	119	852.9 ± 65.6
overwintered to 1st. gener.	575	635	609	456	605	534	512	517	473.5	544.9 ± 64.9
1st to 2nd. gener.	799	772	564	886	814	743	598	741	686	733.7 ± 103.1
2nd to 3rd. gener.	997	959	1070	974	863	751	931	812	889	916.2 ± 98.3
3rd to 4th. gener.	814	904	1030	853	969	1053	1094	1321	1078	1012.9 ± 152.7

1) Form the highest population peak in a generation to the highest population peak in the next generation, based on the developmental threshold temperature 12℃.



圖二、十二月至二月之積溫（平方根）與越冬世代二化螟發蛾盛期之關係（含95%信賴界限）。

Fig.2. Relationship between the cumulative temperature (in square root) from December to February to the period (expressed as the number of half decade starting from February) of the highest emergence of *C. suppressalis* adult of overwintered generation (including 95% confidence limit).



圖三、 二月至四月之積溫（平方根）與第一世代二化螟發蛾盛期之關係（含95%信賴界限）。

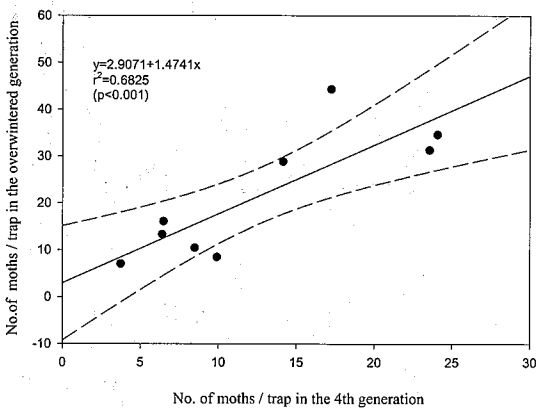
Fig.3. Relationship between the cumulative temperature (in square root) from February to April to the period (expressed as the number of half decade starting from April) of the highest emergence of *C. suppressalis* adult of the first generation (including 95% confidence limit).

迴歸分析（Statview 軟體）建立發生預測模式，結果發現兩個世代螟蛾之發生量均與其上一世代螟蛾之發生量(誘蟲數)最具密切關係，第四世代與越冬世代及越冬世代與第一世代誘蟲數關係之決定係數(r^2)分別達 0.68（$p<0.01$）及 0.85（$p<0.01$）(圖四、圖五)，而發蛾期之溫度、雨量或降雨天數之影響並不顯著（$p>0.05$）。進一步分別以越冬世代、第一世代之前一世代誘蟲量及發蛾期之雨量、溫度等為自變數，建立發生量之預測方程式，結果如表四，由第四世代誘蟲量（平方根）及 2 至 3 月雨量（平方根）或 12 月至 2 月日平均累積溫度預測越冬世代之發蛾量(平方根)，其決定係數(r^2)最高可達 0.72（$p<0.05$）；而由越冬世代誘蟲數（平方根）及 2 至 3 月雨量（平方根）預測第一世代發蛾量(平方根)，其決定係數(r^2)最高達 0.901（$p<0.01$），顯示應可應用於發生量之預測。

有關二化螟蟲之發生預測，陶（1966）綜合 1954 至 1965 年之調查數據，認為凡冬季低溫乾燥，可導致越冬世代成蟲出現稍晚且集中，危害較重；而第一世代螟蛾發生期，平溫乾燥，適合其產卵繁殖，必構成水稻後期之嚴重被害[16]。惜此種籠統式的預測，缺乏數據無法表示其可能發生程度。本研究結果，認為蟲源之豐度較氣象因素更為重要，而螟蛾出現期之雨量的確有若干程度可影響其發生之嚴重程度。

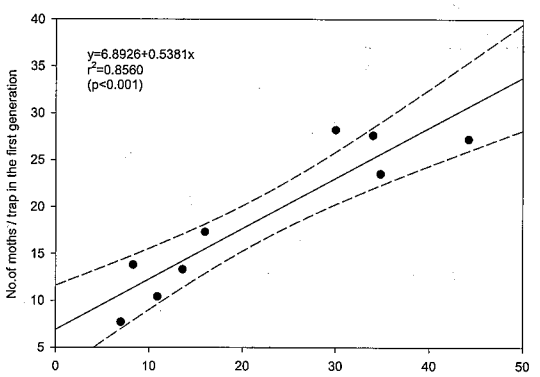
往昔在國外有關二化螟之預測主要依據誘蟲燈及田間調查，但因誘蟲燈之誘蛾率低（越冬世代不超過 5%，第一世代不超過 1%），且易受低溫、月光、路燈以及風速等之影響，無法反應田間蟲群實際密度，因此預測發生期較可行，但預測發生量則效果相當有限[24, 34]。然而自從二化螟性費洛蒙被合成後[31]，在日本即有許多研

究探究其被應用於二化螟族群偵測之可行性[1, 2, 14, 26, 29]。二化螟性費洛蒙有效誘集範圍雖然較廣，但世代間變異極大，且受地形風速及雌成蟲田間密度影響[1, 11, 19]，但 Kondo and Tanaka（1995）及小嶋等（1996）發現性費洛蒙誘集成蟲數與被害株率具密切關係[1, 29]，顯示可應用於判斷需否防治之依據。然而由於受地理環境及水稻栽培區之特性，性費洛蒙之誘殺範圍有異，在不同環境在單位面積需設置不同數量之誘蟲站，方能較精確地應用於發生預測。



圖四、性費洛蒙在第四代與越冬世代二化螟蛾發生期誘集蛾數之關係。

Fig. 4. Relationships between catches of *C. suppressalis* adult by the sex pheromone trap in the emergence periods of the fourth and the overwintered generations.



圖五、性費洛蒙在越冬世代與第一世代二化螟蛾發生期誘集蛾數之關係。

Fig. 5. Relationships between catches of *C. suppressalis* adult by the sex pheromone trap in the emergence periods of the overwintered and the first generations.

表四、嘉義地區水稻二化螟蛾越冬世代及第一世代發生豐度之預測模式

Table 4. Regression equations for predicting population abundance of *C. suppressalis* adult in the overwintered and first generations at Chiayi

Independent variable[1)]	Regression equations	r^2	p-value
	For the overwintered generation		
x_1	$y_5 = 2.0905 + 1.474x_1$	0.683	0.0061
x_1 x_4	$y_5 = 7.664 + 1.509x_1 - 0.466x_4$	0.725	0.0207
x_1 x_3	$y_5 = 58.311 + 1.546x_1 - 3.264x_3$	0.714	0.0234
	For the first generation		
x_{11}	$y_1 = 7.380 + 0.531x_{11}$	0.823	0.0007
$x_{11}x_4$	$y_1 = 2.807 + 0.552x_{11} + 0.370x_4$	0.901	0.0010

[1)] x_1: adult/trap in the 4th generation in square root
x_3: averaged temperature from last December to February
x_4: Total rainfall from February to March in square root
x_{11}: adult/trap in the overwintered generation in square root.

在台灣，本研究雖亦發現性費洛蒙對二化螟蛾之誘殺效果較誘蟲燈為佳，尤以在低溫時螟蛾較低之越冬世代及第一世代。該兩世代的發生期及發生量亦可應用性費洛蒙之誘蟲數給予預測。但由於螟蛾之發生量與田間水稻被害程度之關係因受到諸多因素影響，有待進一步建立；且由於二化螟蟲之發生受地域性之耕作制度影響頗大，單位面積應設置多少誘殺站始能較精確地預測應否需要防治，均待進一步搜集資料分析探究。

謝　辭

本研究承行政院農業委員會動植物檢疫防疫局 88 科技-1.3-檢-04(15)及 89 科技-6.2-檢-03(15)之經費補助，試驗期中承吳昇晉先生之協助，謹致謝忱。

引 用 文 獻

1. 小嶋昭雄、山代千加子、有坂通展。1996。ニカメイガの性フェロモントラップ誘殺數による要防除水準。應動昆 40：279－286。
2. 小嶋昭雄、山代千加子、有坂通展。1996。性フェロモントラップによるニカメガの發生量の予察。植物防疫 50：145－~151。
3. 方繼朝、杜正文、程遐年。1998。水稻螟害上升態勢與控害減災對策分析。昆蟲知識 35：193－197。
4. 田中福三郎、矢吹正。1978。性フェロモントラップによるナシヒメシンクイの發生時期の予察。應動昆 22：162－168。
5. 江村薰。1993。ニカメチェウの發生について。今月の農業 37：94~100。
6. 何火樹。1963。台中二化螟蟲之生態觀察及防治試驗。植保會刊 5：289－294。
7. 何火樹、劉達修。1970。台中地區水稻二化螟蟲之生態研究。台灣農業 6(1)：1－21。
8. 何火樹、劉達修。1971。水稻二化螟蟲發蛾盛期之推定 。台灣農業 7(4)：77－84。
9. 杉浦哲也。1984。ニカメガの多發と少發の要因。植物防疫 38：303~307。
10. 坪井昭正、田中福三郎、矢吹正。1981。ニカメイチェウの岡山縣における異常多發生をめぐる諸問題。植物防疫 35：527－531。
11. 近藤章。1996。ニカメイガの發生予察のためのフェロモソトラップの有效範圍と設置場所。植物防疫 50：136－140。
12. 孫建中、張建新、沈雪生。1993。三化螟、二化螟及大螟成蟲的飛翔能力。昆蟲學報 36：315－322。
13. 神田徹。1996。フェロモントラップによるニカメイガの發生期の予察。植物防疫 50：141－144。
14. 菅野紘男、阿部德文、水沢正夫、佐伯喜美、小池賢治、小林莊一、田付貞洋、白井健二。1985。ニカメイガの合成性フェロモンと予察 との誘引力および誘殺消長の比較。應動昆 29：137－139。
15. 張松壽。1973。水稻二化螟蟲。P.81~107，台灣水稻害蟲，台灣大學農學院植物病蟲系編。
16. 陶家驊。1966。台灣二化螟發生猖獗誘因之研究。植保會刊 8：407－436。
17. 陶家驊。1966。台灣三化螟及二化螟害蟲問題。科學農業 14：273－288。
18. 陶家驊。1966。水稻害蟲。285－302頁，台灣植物保護工作－昆蟲篇 1940－1965，劉廷尉先生六十歲紀念文集。
19. 農林水產省農蚕園藝局植物防疫課。1994。性フェロモントラップの利用によるニカメイガの發生予察。植物防疫 48：53－55。

20. 鄭清煥。1986。台灣稻作害蟲與防治。199－218 頁，四十年來台灣地區稻作生產改進專輯，黃正華先生農學獎學金基金會出版。
21. 劉達修。1977。二化螟蟲對水稻之危害觀察。科學發展月刊 5：185－188。
22. 劉達修。1990。台中地區水稻螟蟲類發生與為害調查。台中區農業改良場研習彙報 29：39－47。
23. 劉達修、王文哲、王玉沙。1991。台中地區二化螟蟲多發生地區猖獗因子之研究。中華昆蟲 11：300－309。
24. Ishikura, H. 1964. Assessment of the field population of the rice stem borer moth by light trap. P.169-179, The major insect pests of the rice plant, IRRI, Los-Banos, Philippines.
25. Kiritani, K., and Iwao, S. 1964. The biology and life cycle of *Chilo suppressalis* (Walker) and *Tryporyza* (*Schoenobius*) *incertulas* (Walker) in temperate-climate. P. 45-101, The major insect pests of the rice plant. IRRI, Los-Banos, Philippines.
26. Kondo, A., and Tanaka, F. 1991. Pheromone trap catches of the rice stem borer moth, *Chilo suppressalis* (Walker) (Lepidoptera : Pyralidae) and related trap variables in the field. Appl. Entomol. Zool. 26: 167-172.
27. Kondo, A., and Tanaka, F. 1994. Action range of the sex pheromone of the rice stem borer moth, *Chilo suppressalis* (Walker) (Lepidoptera : Pyralidae). Appl. Entomol. Zoo1. 29: 55-62.
28. Kondo, A., and Tanaka, F. 1994. Effect of wild virgin females on pheromone trap effeciency in two annual generations of rice stem borer moth, *Chilo suppressalis* (Walker) (Lepidoptera : Pyralidae). Appl. Entomol. Zool. 29: 279-281.
29. Kondo, A., and Tanaka, F. 1995. An estimation of the control threshold of the rice stem borer, *Chilo suppressalis* (Walker) (Lepidoptera : Pyralidae) based on the pheromone trap catches. Appl. Entomol. Zool. 30: 103-110.
30. Rice, R. E., Weakley, C. V., and Jones, R. A. 1984. Using degree-days to determine optimum spray timing for the oriental fruit moth (Lepidoptera : Tortricidae). J. Econ.. Entomol. 77: 698-700.
31. Tatsuki, S., Kurihara, M., Usui, K., Ohguchi, Y., Uchiumi, K., Fukami, J., Arai, K., Yabuki, S., and Tanaka, F. 1983. Sex pheromone of the rice stem borer, *Chilo suppressalis* (Walker) (Lepidoptera : Pyralidae); the third component, E-P-hexadecenal. Appl. Entomol. Zool. 18: 443- 446
32. Tolley, M., and Robinson, W. H. 1986. Seasonal abundance and degree-days predication of sod webworm (Lepidoptera : Pyralidae) adult emergence in Virginia. J. Econ. Entomol. 79: 400-404.
33. Tsumuki, H. *et.al.* 1994. Effect of temperature on the development and voltinism of the rice stem borer, *Chilo suppressalis* (Lepidoptera : Pyralidae) in Taiwan. Eur. J. Entomol., 91: 477-479.
34. Yosjhimeki, M. 1964. A summary of the forecasting program of rice stem borer control in Japan. P.181-193, The major insect pests of the rice plant. IRRI, Los-Banos. Philippines.

ABSTRACT

Cheng, C. H.* 2000. Monitoring and forecasting of rice stem borer, *Chilo suppressalic* (Walker) based on the sex pheromone trap catches. Plant Prot. Bull. 42: 201 - 212. (Department of Plant Protection, Chiayi Agricultural Experiment Station, TARI, Chiayi, Taiwan, R.O.C.)

The rice stem borer (*Chilo suppressalis* (Walker)) has gradually resumed its importance in rice insect pests in Taiwan since the years of 1980. Occasionally, it could cause severe damage on rice sporadicically. Monitoring of its population dynamics and forecasting of the time and amount of adult emergence become importance in determination of control needed. Based on the data collected with the sex pheromone traps and the suction light traps in paddy fields from 1991 to 1999 at Chiayi , it showed that the pheromone trap was more efficient than the suction light trap in monitoring of the population of rice stem borer though the fluctuating trend of adult catches with both methods were quite coincident. The catches with the pheromone trap were 6.9 and 2.5 times greater than that of suction light trap while the adult population were low in the overwintered and the first generation, respectively. But such differences became negligible or adverse as adult population was high in the second generation. The stem borer basically occurred five generations a year with three generations in the first cropping season and two generations in the second cropping season. The adult population in the first cropping season was markedly higher than the seconds'. Disruption of the habitat between the cropping seasons and high temperature and heavy rainfall in the early growing stage of rice in the second cropping season were the factors to limit the population in the second cropping season. The total effective temperature was not reliable to determine the emergence peak of adults for all generations, but it could be predicted with the period of the emergence peak of the preceding generation and the accumulative averaged daily temperature from December to February and from February to April for the overwintered and the first generation, respectively. One the other hand, the adult population abundance of the overwintered and the first generation were highly correlated with its preceding generation. Several predicting equations had been developed for forecasting the time and amount of adult emergence in this study for further inspect of their applicability and reliability.

(Key words:rice stem borer, sex pheromone, population monitoring, forecasting of adult emergence.)

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