昆蟲性費洛蒙的田間應用

鄭　　允

台灣省農業試驗所農藥研究室
台中縣霧峰鄉中正路189號

中文摘要

爲瞭解昆蟲性費洛蒙之田間應用技術與價值，分別於省農試所農場、台中南屯蔬菜專業區，以及宜蘭青葱專業區以斜紋夜盜蛾（*Spodoptera litura*）進行田間偵測技術之研究，結果發現以七個陷阱爲基本數，即具代表性，並從測定作物及氣候因子之影響，而得一估測密度之方程式$Y=-9.5-3.7X_1-0.9X_2+0.44X_3-1.5X_4+1.5X_5+0.6X_6+6.9X_7-2.6X_8$（$X_1$至$X_8$分別爲特作，水稻，溫度，果樹，玉米，濕度，其他雜作及蔬菜之面積比，Y 爲誘得蟲數）。大量誘殺就斜紋夜盜蛾而言，效果不顯著。干擾技術係以 Z.E-9,12- 十四碳烯酯進行，結果發現田間蟲數密度愈大時，效果愈佳。甜菜夜蛾（*Spodoptera exigua*）在宜蘭葱田之大量誘殺每公頃以30個陷阱進行，發現效果甚佳，可有效降低成蟲密度至1～5%以下，夏季發生危害時期可延後1.5－2 個月，密度也只有正常情形之25%左右。並於此設計新式誘蟲盒一種，尚適合用於*Spodopterous* spp.,不需添加水或農藥只需按時更換性費洛蒙即可有效誘殺成蛾，效率與水盆式相當。

緒　　言

自1940年以來，農業上的蟲害防治，多以合成化學農藥爲主，累積數十年使用的合成農藥，使整個生態環境以及人類都體驗了許多不良的後遺症。以致從1970年起各種減少農藥使用的蟲害防治科技，又逐漸受到重視，希望能取代或減少植物保護對化學農藥的依賴。在昆蟲學研究上誘蟲方法一向很受重視，食物、氣味、燈光，甚至音波都曾被研究過。而昆蟲性費洛蒙則是近來最具實體性的研究目標。早自1940年代美國農部就已開始利用「吉普賽舞蛾」雌性成蟲腹部的萃取物，做爲調查此一害蟲在野外分佈情形的工具[(1)]。而近年來昆蟲性費洛蒙的研究進展更可謂「一日千里」許多農業上重要害蟲的性費洛蒙成分都逐漸被鑑定甚至合成，而利用合成性費洛蒙在田間進行防蟲滅蟲的試驗也不斷在進行，但是昆蟲性費洛蒙多數均由雌蟲分泌，所誘到的均屬同種之雄蟲，並不能直接殺滅負責傳延後代之雌蟲而以性費洛蒙誘殺雄蟲者，不能使密度降低至某一水平以下，則田間防治很難澈底，小面積或零星之使用也無法防止由他處已受孕之雌蟲侵入本田爲害，因此性費洛蒙使用技術與往昔使用農藥直接殺蟲之方法完全不同，除了誘餌陷阱外，尚須地區性的整體合作，而澈底的農民教育工作更是必須的。因此，昆蟲費洛蒙應用技術研究工作的重點是發展功效良好的誘餌、陷阱、以及適當田間使用規範，而設計、規劃，含農民教育在內的整體性綜合防治，更要由農業推廣方面的行政人才予以配合，才能

達到性費洛蒙在應用上的最終目的。

昆蟲性費洛蒙在蟲害防治的應用上有下列四種用途[2]：

1.害蟲發生與密度之偵測。

2.大量誘殺害蟲以改變其田間性比而減少其繁殖率。

3.與誘集作物之配合。

4.干擾交尾以減少其繁殖率。

在本省目前昆蟲性費洛蒙的研究以及應用技術的測試已在農委會及國科會之贊助下大幅成長，自民國73年迄今，有相當的成果可提供各農業單位參考使用，現就有關資料做一整理。

而應用技術上因爲每種害蟲發生的生態與行爲均有不同，則無法將所有已製成的昆蟲性費洛蒙均做仔細說明僅以使用合成性費洛蒙最爲廣泛之斜紋夜盜蛾及甜菜夜蛾防治工作爲例做具體之說明。

本省目前可自行配製供應之昆蟲性費洛蒙之蟲種

(1)斜紋夜盜蛾　－實用階段
(2)甜菜夜蛾　－實用階段
(3)甘藍擬尺蠖　－實用階段
(4)大豆擬尺蠖　－實用階段
(5)蕃茄夜蛾　－實用階段
(6)二化螟　－實用階段
(7)紫螟（大螟）－實用階段
(8)楊桃果實柱蟲－改 進 中
(9)楊桃姬捲葉蛾－改 進 中
(10)小菜蛾　－實用階段
(11)蕪菁夜蛾　－實用階段
(12)球菜夜蛾　－改 進 中
(13)甘藷蟻象　－實用階段
(14) 二點螟　－實用階段
(15)茶姬捲葉蛾　－改 進 中

斜紋夜盜蛾性費洛蒙應用技術之評估

一、斜紋夜盜蛾田間偵測技術 (monitoring technique)

(1)最適陷阱數之測定。

此一試驗在省農試所農場進行，在全所80公頃農場內設置22個陷阱，作物有水稻、旱作、蔬菜、雜糧及未耕作之草地等。另以相距30公尺以上爲準，設立7陷阱，亦以不分作物種類，以通風佳，高於作物 50-100公分爲原則。

以上兩者均每日調查誘得蟲數，結果見（圖一a、b）二者間雖然所誘得蟲數不同，但其高峰及高低變化趨勢並無顯著之差異。故由此估計每80公頃，以7陷阱所誘得蟲數之平均，應足具代表力，並無需要增加設置陷阱7個以上至22個。

(2)密度偵測所能代表之地域範圍測定。

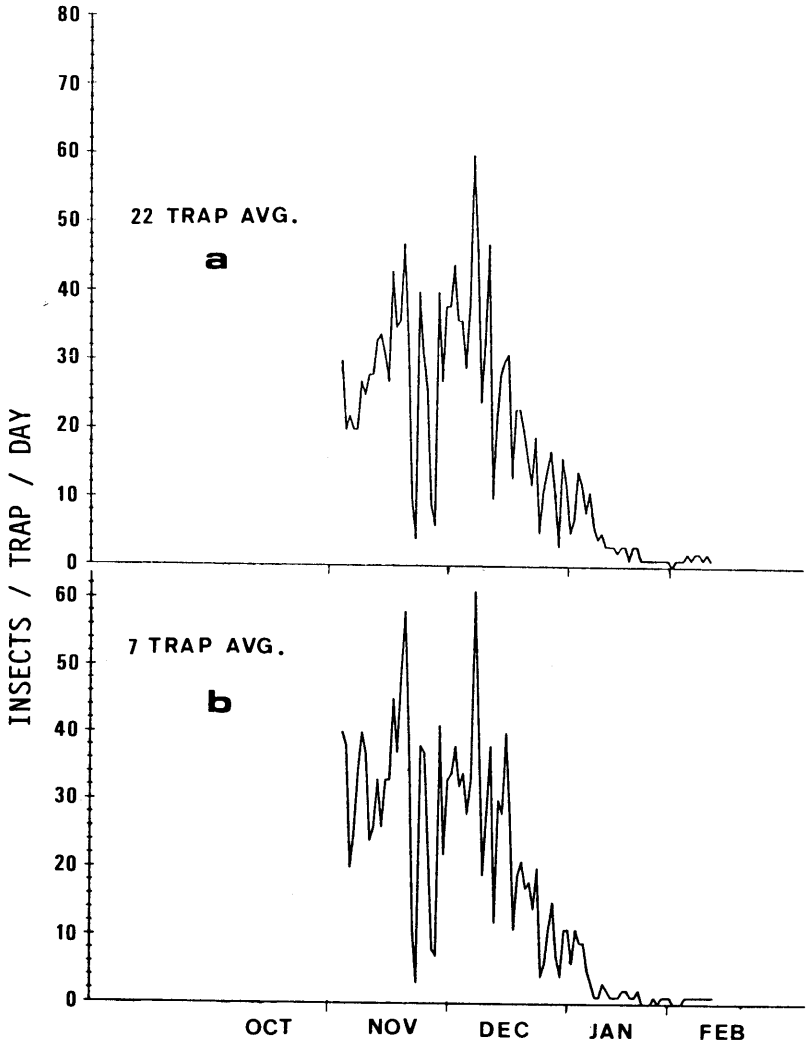
所偵測結果如圖二a、b圖二a 爲南屯蔬菜栽培區連續四個月之資料。圖二b 爲省農試所農場蔬菜栽培區同時期之資料。

由3月起至4月誘得蟲數密度有顯著降低，5月起實驗區斜紋夜盜蛾密度成直線上升，至6月初均下降，而6月中及末又呈上升，而7月均有同步之2個主要高峰出現，由此可看出雖然兩地相距約20公里，但斜紋夜盜蛾密度偵測上之結果均類似。以半徑爲 20公里計算則直徑爲40公里，若無顯著地形阻隔或障礙在特定地區可調查之數目可代表40公里方圓之蟲數（即10-40萬公頃）。

(3)偵測用陷阱設定位置之選擇

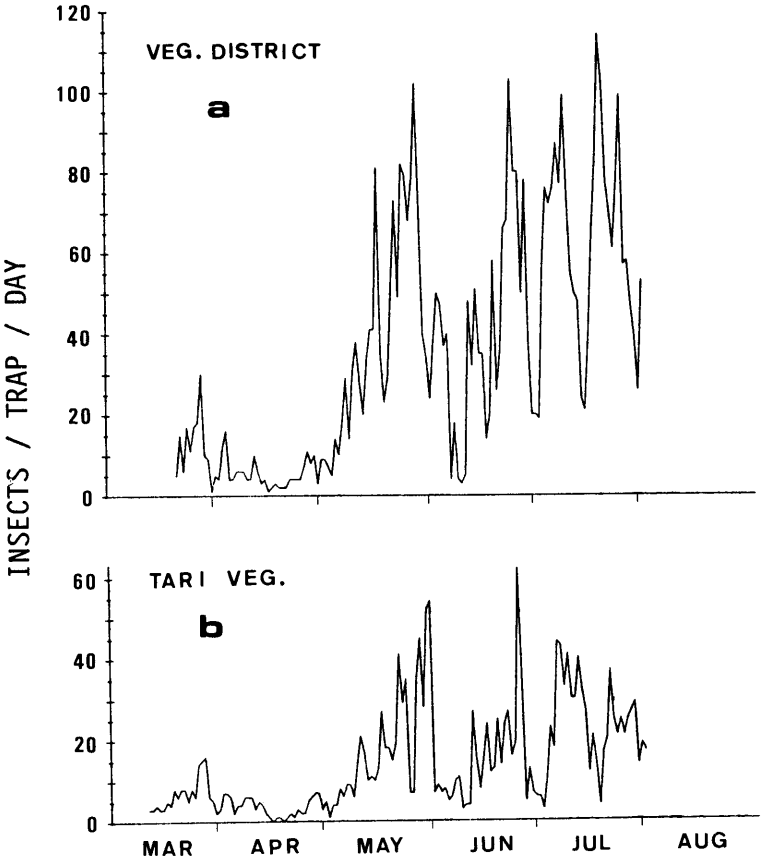
在省農試所農場依作物所設置之陷阱，分別爲(1)蔬菜區(2)水稻區(3)旱作區(4)未耕作之草地，見圖三a、b、c、d而 e則爲全部地區之總平均，由圖中可見各區域所誘得蟲數無論在密度或消長變化都不一致，因此在陷阱的設置上應就防治目標區之所有作物分布考慮避免於單一作物上，以免發生取樣上之偏差。

(4)氣候因子對誘集斜紋夜盜蛾之影響－斜紋夜盜蛾性費洛蒙之應用係由日本開創研究之先河，業已澄清誘集雄蟲所用之配方爲Z.E-9,11-TDDA及Z.E-9,12-TDDA兩種化合物之混合體 (4)；但用於干擾時之配方則僅爲Z.E-9,12-TDDA一種而已 (5)。無論大量誘殺或干擾試驗所得效果，據日本方面之研究結果，均不顯著。本省在此方面的工作，過去是由高雄區改良場在豆田中進行，發現誘蟲效果甚佳，但防治效果則不如誘蟲數之表現。



圖一　不同陷阱數誘蟲消長情形

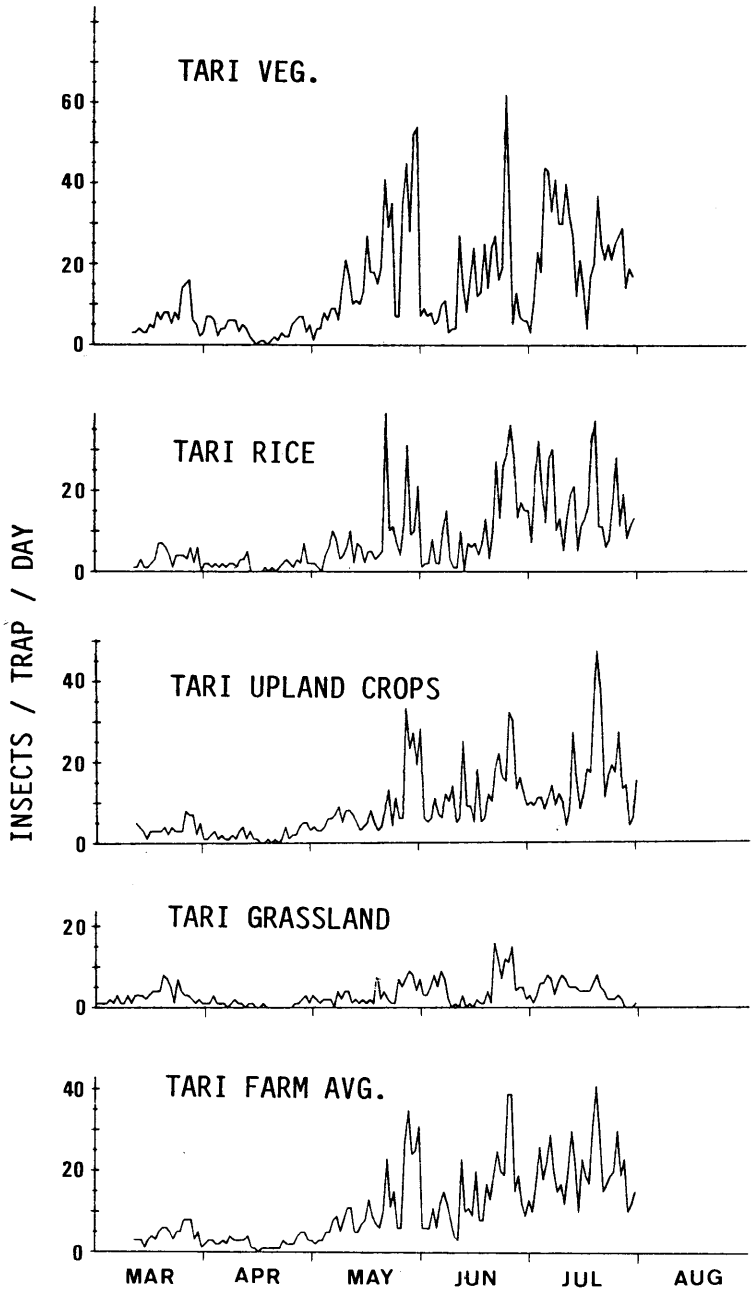
Fig.1. Change in trapped insect number with time under different density of traps



圖二 專業區及農場誘蟲數之消長情形

Fig.2. Change in trapped insect number with time at different locations

本所進行評估時，係由基本技術觀點開始，第一年的研究對象包括氣候因子，如溫度、濕度、風速、降雨對誘集力之影響及蟲害發生的主要時期及地點等項。結果顯示：性費洛蒙誘集本蟲之雄蛾，在1月至4月中旬(冬季)，氣溫爲主要控制因子，溫度降至15℃以下時，尤其在接近12℃或低於12℃時，明顯的抑制性費洛蒙陷阱誘集之效能。4月中旬以後氣溫上升，不易有驟冷的機會出現，溫度不再是主要控制因子，影響陷阱誘集效率最大的因子爲風速。且風速對於陷阱誘集之影響爲全面性，全年各時期無論高溫、低溫均受風速影響，其影響範圍如表一。



圖三　不同作物相下誘蟲數消長情形

Fig.3. Change in trapped insect number with time under different crop cover

表一 風速對合成性費洛蒙誘集斜紋夜盜雄蛾之影響(73年10月到74年8月之調查資料)

Table 1 Effect of wind velocity on the trapping efficiency of tobacco cutworm by sex pheromene (Oct, 1984 to Aug, 1985)

Wind velocity m/sec	0-1	1-4	4-7	7-10	>10
Trapped efficiency	Poor	Normal	Unstable	Declined	Seriously declined
Remark	Decline in trapped rate(based on the records of Apr/16 and 22, and May/ 10,11,28)	Highest trapped rate		Decreased in trapped rate but within 50% Based on the records of Jan./8, May/7, 19,26,29 and Jun/3,4,9,20,29	Greater than 50% decrease in trapped rate

一般而言，濕度對於誘集效率没有明顯影響，3月至 7月的資料顯示：僅有 2天相對濕度降至70%以下（係因溫度突然上升所致），對捕捉率無不良影響，反而有增高誘集率的趨勢，可能因春季夜間高溫適合昆蟲活動。降雨時雨量的大小及降雨的時間長短均影響誘集率。雨天可使陷阱捕捉率下降，最大幅度達50%，一般雨後第二天的捕捉率會上升，而對前一天捕蟲率之下降有補償作用。驟雨及連日陰雨對捕捉率之影響不同，連日陰雨可持續降低捕捉率且可對第二代害蟲發生的數量有不良影響，但目前尚無足夠資料確定其影響程度。

(5)雜作區及單作區誘蟲數比較及族群密度之估計方法探討：爲明瞭性費洛蒙在各單種作物區之相對誘集能力及族群密度估計法。各作物相下之誘集能力試驗於74年 3月至 7月在農試所或所外適當地點選定下列作物區：

作物區	地　點	陷 阱 數
多項作物	農 試 所	22
水　稻	霧　峰	3
果　樹	農 試 所	10
蔬　菜	南　屯	4
特　作	農 試 所	3

試驗進行期間，每日計數各陷阱的誘蟲數，並求出每日之平均誘蟲數後，以多項作物區之每日平均誘蟲數對單項作物之每日平均誘蟲數進行直線回歸分析，取其斜率配合回收率，作爲各種作物區族群密度估計之基礎。

由表二顯示，各單作區之誘蟲數，均顯著的較雜作區爲少，僅及後者之50%，因此在單作區之平均誘蟲率偏低，不適於做爲密度估計，必須先轉換爲雜作區之誘蟲數。表二顯示，各單作區之誘蟲數

與雜作區者有顯著的直線相關。而其直線式中之斜率均大於1，此一事實可提供爲在專業區中進行誘集工作時，進一步的估計實際的族群密度。其方法爲在單項作物中實際誘集力的蟲數，帶入相關的直線式中，求出 y 值，再除以回收率，即得到實際之估計雄蛾族群密度。

表二　單作區誘蟲數與雜作區誘蟲數之比較

Table 2　Trapped insect number under mono and multi-culture(crop)

Crops	Average No. of insect trapped
Rice	1.58
Vegetable (TARI farm)	1.69
Special crops	1.75
Vegetable (Nantun, large scale)	1.76
Upland crops	3.14

表三　各單作區誘蟲數與雜作區誘蟲數之相關及回歸分析結果

Table 3　Correlation of trapped insect number between mono and multi-cropping

Treatments	Correlation coefficient(r)	Linear
Rice vs. multi-cropping (TARI farm)	0.67	Y=0.24+1.83X Fig.4
Veg. vs. multi-cropping (TARI farm)	0.58	Y=-0.96+2.43X Fig.5
Special crops vs. multi-cropping (TARI farm)	0.76	Y=-0.94+2.33X Fig.6
Veg. vs. multi-cropping (Nantun farm)	0.62	Y=-2.00+2.93X Fig.7

$r(0.01)=0.254$

譬如：水稻區中之平均誘蟲率爲20隻

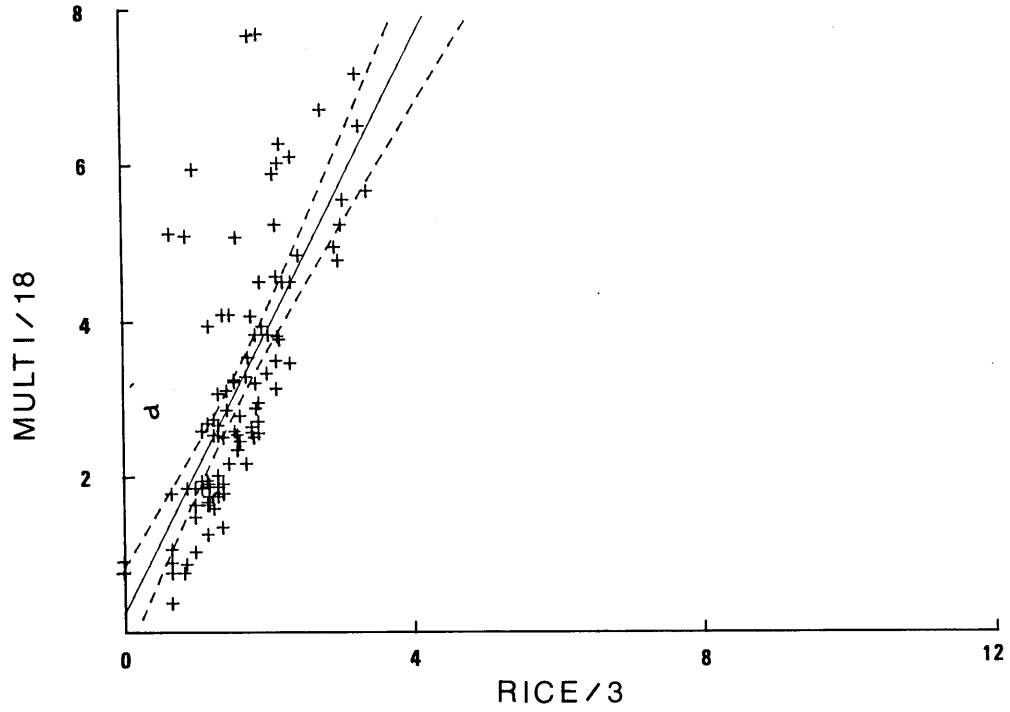
則　$Y=0.24+1.83X$

$X=20$

$Y=0.24+1.83\ (20)$

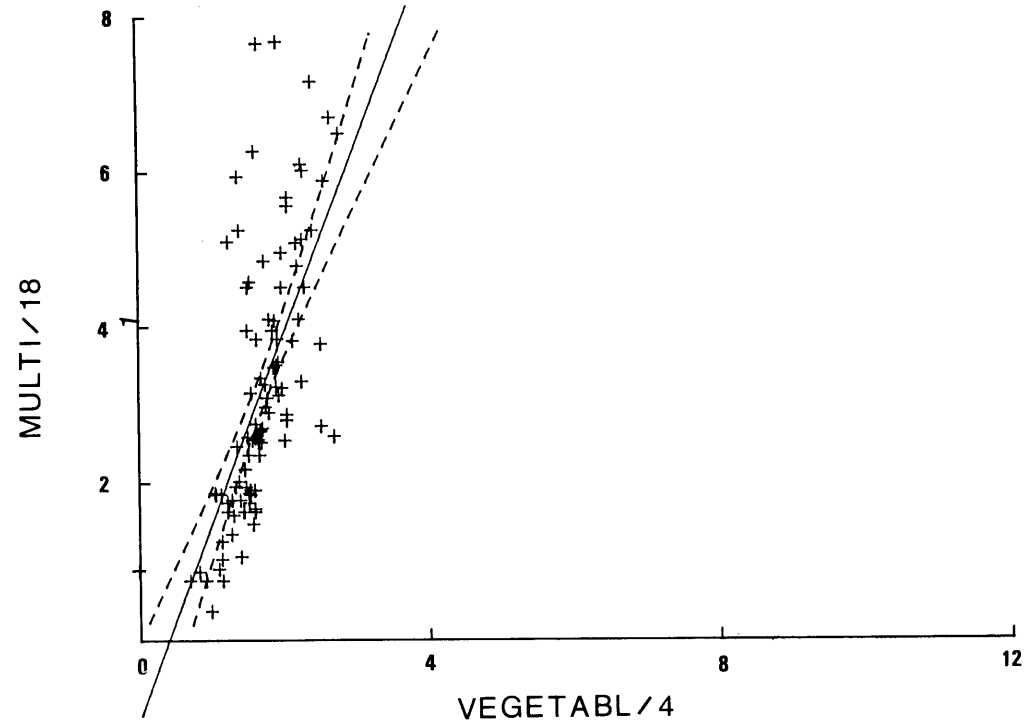
$=36.84$

$36.84\div 0.25$ (回收率) $=147.36$隻雄蛾（實際密度）



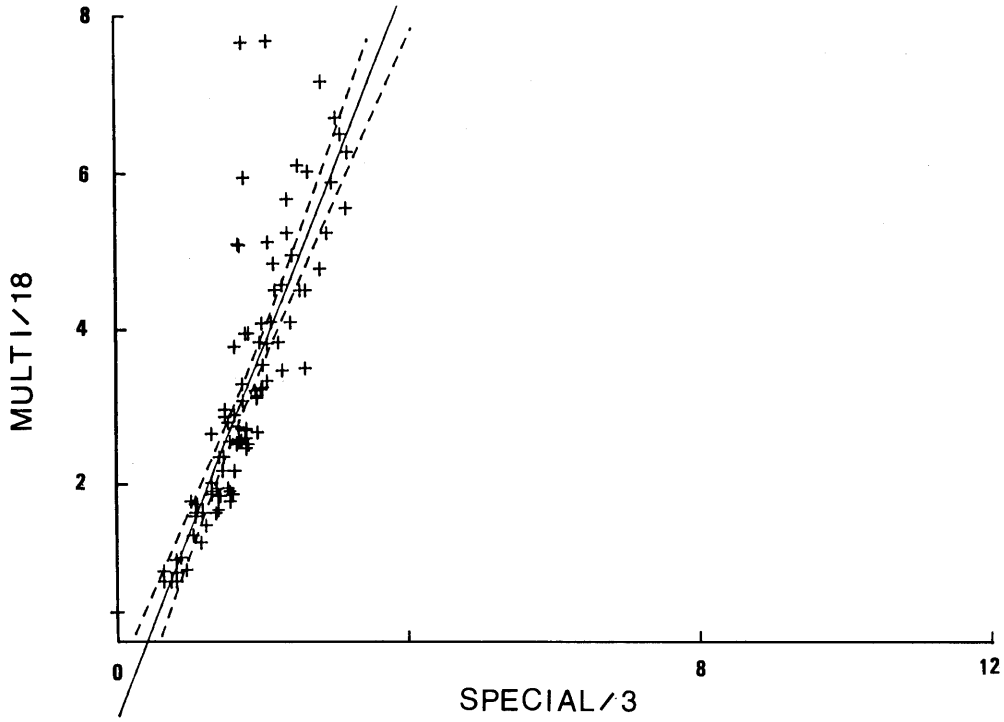
圖四　稻作對雜作誘蟲數之關係

Fig.4. Comparison of trapped insect number between mono (rice) & multi-cropping



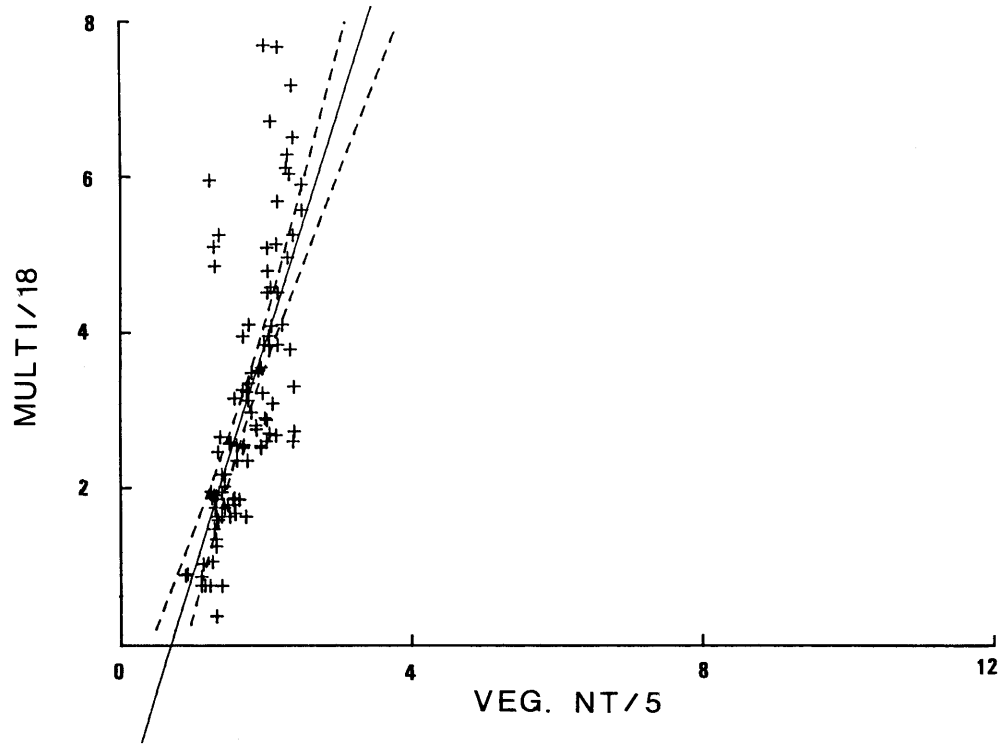
圖五　蔬菜對雜作誘蟲數之關係

Fig.5. Comparison of trapped insect number between mono (vegetable) & multi-cropping



圖六　特作對雜作誘蟲數之關係

Fig.6. Comparison of trapped insect number between mono (special crop) & multi-cropping



圖七　大面積蔬菜對雜作誘蟲數之關係

Fig.7. Comparison of trapped insect number between mono (large scale veg.) & multi-cropping (special crops)

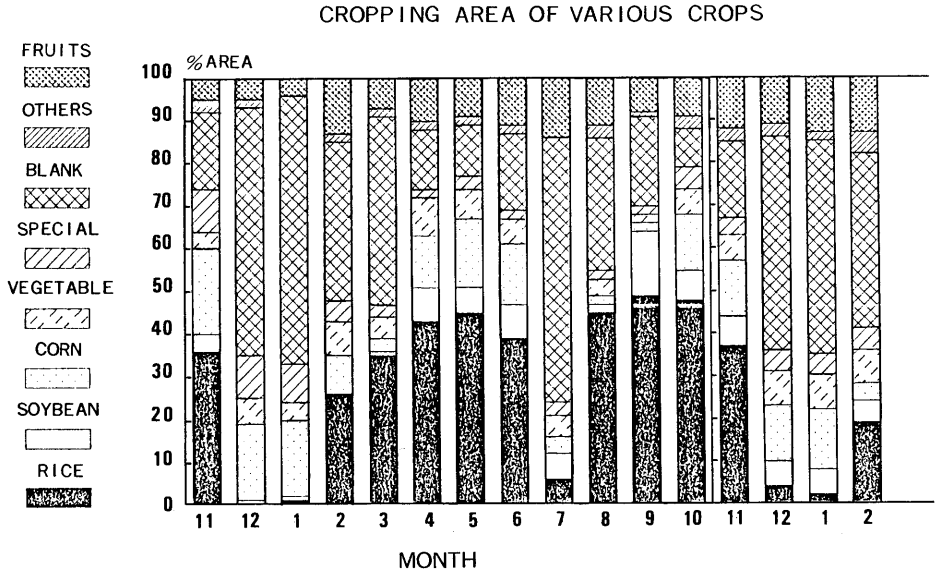
(6)以作物相環境及氣象因子作爲害蟲密度估測模式之可能性:

以每公頃3個陷阱爲原則，將斜紋夜盜蛾性費洛蒙陷阱平均的放置在農試所田裡，並且每天做一次陷阱蟲數的調查，然後每個月做一次平均，由資料顯示，16個月中出現了三個斜紋夜盜蛾的高峰期，爲更進一步的了解斜紋夜盜蛾發生高峰原因及其影響因子，我們做了下列環境因子的調查。環境因子包括作物相及氣象因子等二大類。其中作物相由於農試所田間所有作物的面積爲42.5944公頃，而大致可分爲水稻、大豆、玉米、特作、果樹、蔬菜、其他及空地等 8種作物區，這些作物依季節變化，其種類、面積亦有甚大的變化。因此以月爲單位，每一個月做一次田間作物相所佔百分率的調查，連續記錄16個月。至於氣象因子則選定溫度、濕度及風速三項與費洛蒙誘集有關者做月平均值的記錄。

因此本試驗所用之環境因子與調查所得的月平均誘蟲數，總共有12個因子如下：

	因子(面積)	變數名稱
1	稻 作	RICE
2	大 豆	SOYBEAN
3	玉 米	CORN
4	蔬 菜	VEGETABLE
5	特 作	SPECIAL
6	空 地	BLANK
7	其 他	OTHERS
8	果 樹	FRUIT TREE
9	蟲 數	NO. OF INSECT
10	溫 度	TEMPERATURE
11	風 速	WIND SPEED
12	濕 度	HUMIDITY

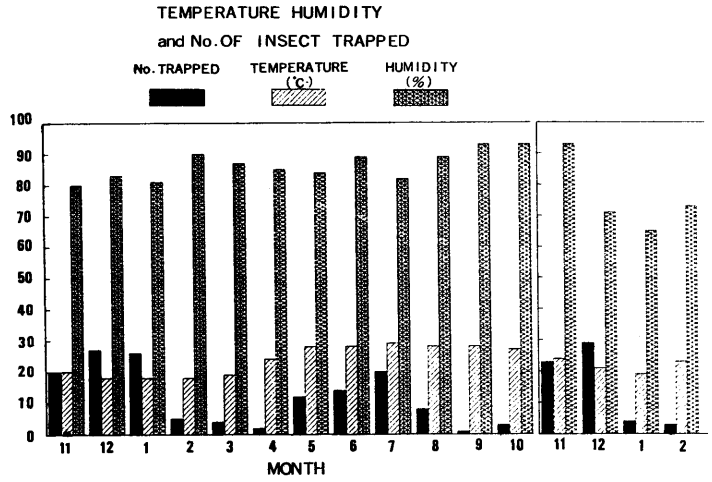
將每月所調查的斜紋夜盜蛾誘蟲數對作物相、溫度、風速、濕度等資料進行多變數回歸分析（Multiple Variate Regression）R 及 F 值進行逐步因子選汰（Stepwise Multiple Regression），以期亦在田間誘到的蟲數和環境因子及氣象因子之間的關係。



圖八　台灣省農業試驗所農場各作物面積之因時變化（%）

Fig.8. Change of cultivated area of different crops in the farm of TARI

圖八顯示本所農場七種作物及空地所佔面積（%）之消長情形。其中水稻與空地呈現明顯的互爲消長之現象，此兩項作物在各月份中所佔之總面積比率亦頗高，一般而言，其種植面積超過10%之時期爲11-1，4-6，10-1月。其餘作物，大體而言，其面積之消長隨水稻之耕作面積的大小而增減。



圖九　溫度、濕度對陷阱誘蟲數消長之情形

Fig.9. Effect of temperature and humidity on the number of insect trapped

就16個月的溫、濕度之變化看來，其隨季節之消長與誘蟲數，並無明顯之相關(圖九)。理論上溫、濕度直接影響棲群之增減及作物相之季節性改變，而作物相之組成，則影響棲群之消長。所以後者具有較大之影響力，此點可由誘蟲數之增減與水稻耕作面積之消長比較得知，由此可明顯看出來，當水稻面積增加時(2月-6月及8月-11月)，誘蟲數明顯的減少，此一狀況或許因爲水稻面積之增加，空地之減少或其他作物(如玉米或蔬菜)面積之相對減少而造成表五列出各作物面積因子與氣象因子對誘蟲數之相關係數。

由表四可見單相因子與誘蟲數之相關係數，僅水稻、玉米、特作三因子有顯著之相關($r>0.497$)，其中水稻一項爲負相關。

表四　誘蟲數與單相因子之相關

Table 4. Correlation between no. male moths per trap v.s. single factors.

Factors	r
Rice	-0.55
Soybean	-0.31
Corn	0.49
Vegetables	-0.05
Medicine crops	0.45
Blank	0.42
Others	-0.25
Fruit tree	-0.32
Temperature	-0.23
Wind speed	0.30
Humidity	-0.19
	r(0.05)=0.497

當以誘蟲數對全部11個因子做多變數回歸時可以得到：$Y=166.3-2.4X_1-0.9X_2-0.2X_3-3.9X_4-4.6X_5-1.5X_6+5.8X_7-2.9X_8+0.5X_9+2.3X_{10}+0.7X_{11}$ 其中Y等於誘蟲數，X_1等於稻米，X_2等於大豆，X_3等於玉米，X_4等於蔬菜，X_5等於特作，X_6等於空地，X_7等於其他，X_8等於果樹，X_9等於溫度，X_{10}等於風速，X_{11}等於濕度。上式之$R^2=0.87$，也就是說，上式中之11個因子可以有87%的解釋能力，然而變方分析顯示，回歸直線並不顯著($F=2.42$)，因此必須去掉干擾作用之若干因子，以得到顯著之F值，及最大的R。

表五顯示逐步添加因子之後，得到$F=5.01$和85%之解釋能力(R^2)之結果，由此方法所得之回歸式爲：$Y=-9.5-3.7X_1-0.9X_2+0.44X_3-1.5X_4+1.5X_5+0.6X_6+6.9X_7-2.6X_8$

表五　逐步添加因子之R^2與F值

Table 5. The R^2 and F values by gradually increasing the effective parameters(factors)

Factors added	F	R^2
Special crop(X_1)	7.00	0.33
Rice(X_2)	4.30	0.39
Temperature(X_3)	4.02	0.50
Fruit tree(X_4)	4.56	0.62
Corn(X_5)	4.06	0.66
Humidity(X_6)	3.59	0.70
Other crops(X_7)	4.41	0.79
Vegetable(X_8)	5.01	0.85

此式具有較少之因子，但仍具有85%之解釋能力，且F值爲極顯著($P<0.01$)。由上式所包含之因子中看來，水稻、蔬菜兩項因子之加入，似乎較具生物學上的意義，但是所有因子之覆合效果具有較大的影響力。

圖十爲以11因子之回歸模式進行七個月之預測（1986年3月至9月）可以看出七個月中，錯失一個月之估測，可能係依賴水稻之耕作面積比重太大之原因而仍有必要修正，尤其以臨界因子之干擾，如天敵密度，氣象中之雨量等必須進一步納入此一估測模式。

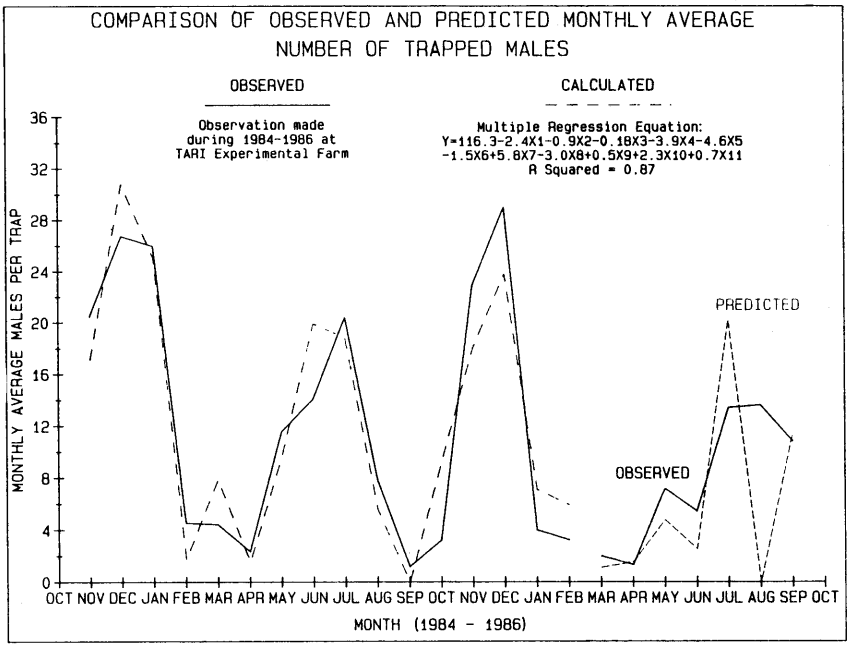
二、大量誘殺技術可行性之探討

於台中南屯蔬菜專業區，連續二個月間在825公頃範圍內之蔬菜田每公頃置60個陷阱，360公頃範圍內每公頃設置40個陷阱，330公頃範圍內每公頃設置20個陷阱，此外尚有336公頃之範圍不設陷阱作爲對照(表六)，於最後三星期再以陷阱調查各處理區及對照區之蟲數，其結果顯示(表六)三次調查所得蟲數皆無明顯差異。

表六　大量誘殺效果之比較

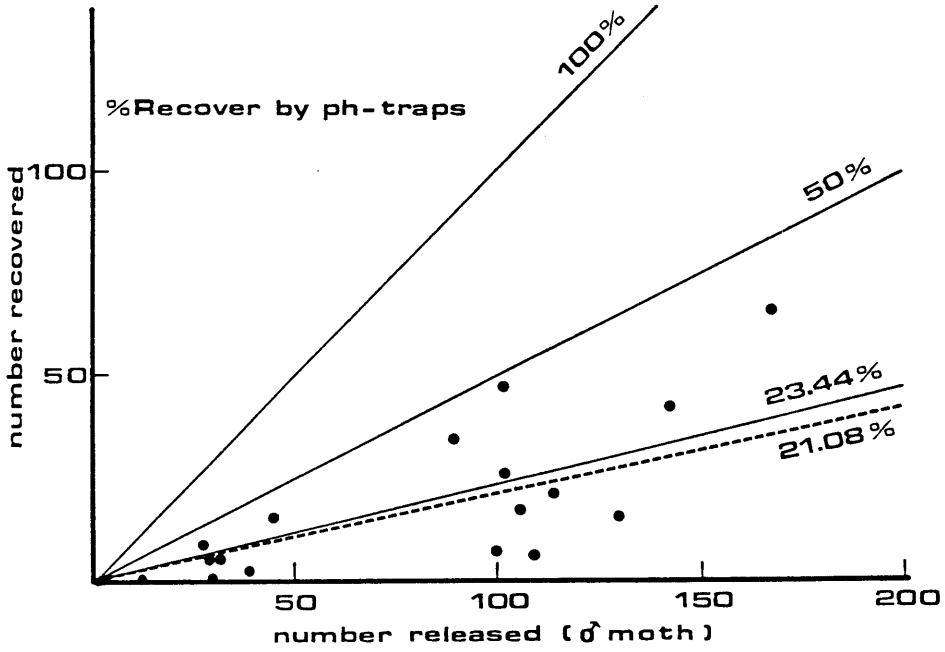
Table 6　TCW mass trapping

Treatment	No. of insect trapped			Average
	Nov.22	Nov.29	Dec.6	
60 traps/ha (825ha)	119	184	124	142.3
40 traps/ha (360ha)	107	130	126	121.0
20 traps/ha (330ha)	95	121	129	115.0
0 traps/ha (336ha)	251	132	122	168.3



圖十 預估誘蟲數與實際誘蟲數之比較

Fig.10. Comparison of observed and predicted monthly average number of trapped males



圖十一 平均回收率測定

Fig.11. Average recovery rate

圖十一爲人工釋放野生雄蛾測試性費洛蒙對斜紋夜盜蛾之回收，平均僅得21.0～23.5%之回收率。

由上述兩項田間試驗資料顯示利用性費洛蒙陷阱大量誘殺雄蟲以降低田間族群密度的應用構想，在斜紋夜盜蛾上是很難行得通的，其可能原因有二：（一）回收率過低（二）本害蟲之成蟲飛翔力甚強，因此區域性之大量誘殺，僅能維持極短時間之低族群密度，而後很快的再被高族群密度的害蟲再入侵進來進行爲害，除非擴大誘殺面積，使「再侵入」問題降低其比重。

三、干擾技術成效之評估

干擾試驗之田間設計，處理有四組，甚中I-5爲斜紋夜盜性費洛蒙陷阱距干擾源5m之處理，I-7爲陷阱距干擾源7m之處理，ck-5和ck-7分別爲I-5乃I-7之對照處理，不放置任何干擾源。每一處理爲2.5公頃。各處理均爲三重覆。I-5及I-7處理各設 5陷阱。試驗期間爲74年9月至75年1月，進行中每日計數各陷阱中之誘捕蟲數，每處理各得118筆平均數資料。該筆資料利用回歸分析法,找出最適合之模式。模式分別爲，$Y=A+BX$, $Y=A+BX+CX^2$, $Y=AX^B$ 及 $Y=A^{BX}$ 等四種，並求出其斜率變化，作爲估計干擾率之依據。

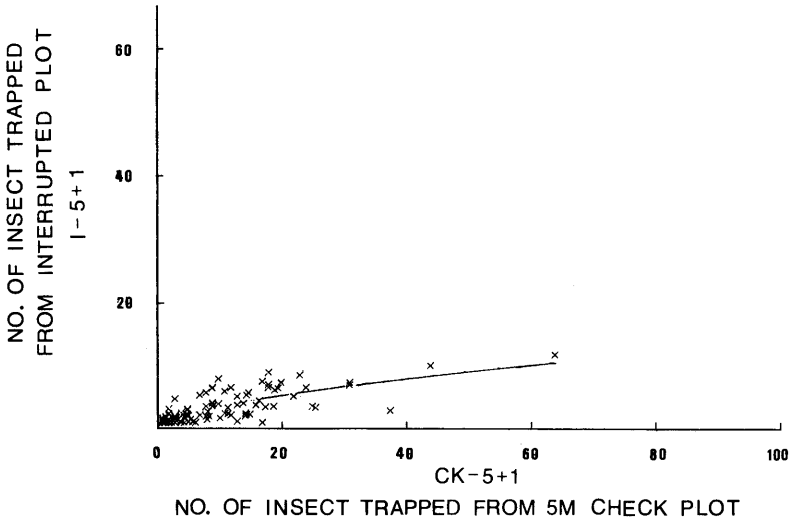
表七　5m及7m干擾及對照平均誘蟲數

Table 7　Average no. of insect trapped under 5m and 7m mating disruption and check

Treatments (Mating disruption distance)	Ave. no. of insect trapped
Mating disruption (5m)	2.01 [a]
Mating disruption (7m)	2.76 [a]
Check (5m)	8.07 [b]
Check (7m)	12.96 [c]

表七顯示5m及7m之干擾處理其平均誘蟲數，無顯著差異，但均較其相對之對照處理顯著爲少。將對照田之每日誘蟲數與干擾田之誘蟲數，做相關回歸分析時，發現 $Y=AX^B$ 模式最能符合，其方程式爲：

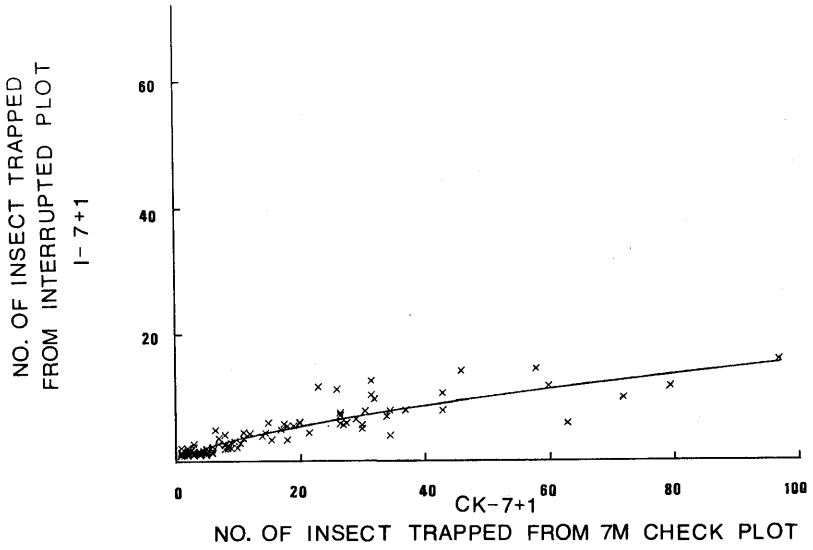
(1)5m者： $Y=0.92X^{0.58}$ ； $Slope=0.53/X^{0.42}$ （圖十二）



圖十二　5米對照田與5米干擾田誘蟲數之關係

Fig.12.　Relation of trapped insect number between 5m check and 5m mating disruption plot

(2)7m者： $Y=0.81X^{0.64}$ ； $Slope=0.52/X^{0.36}$ （圖十三）



圖十三 7米對照田與7米干擾田誘蟲數之關係

Fig.13. Relation of trapped insect number between 7m check and 7m mating disruption plot

此二式之斜率均小於 1，且田間蟲數密度愈大時，其斜率愈小。理論上當斜率小於 1時，表現具有干擾作用，因此，可以推論，當田間蟲數密度愈大時，其平均干擾率愈佳。5m或7m區處理之干擾率沒有顯著差別，見表八之估算。

表八 5m及7m處理區干擾率

Table 8 The mating disruption rate of insect in 5 and 7m treatments

Distance	X Value	Slope	Disrupt. rate	Succ.no	Right or Wrong
5m	1	0.53	47%	0.53	?
	5	0.27	73%	1.35	
	10	0.20	80%	2.00	
	100	0.08	92%	8.00	
	1000	0.03	97%	30.00	
7m	1	0.52	48%	0.52	?
	5	0.29	71%	1.45	
	10	0.23	77%	2.30	
	100	0.10	90%	10.00	
	1000	0.04	96%	40.00	

依上式斜率式看來，顯示5m的干擾最低也有 47%，7m 的干擾最低也有48%，而當田間蟲數密度愈大時，干擾效果愈大，最大時斜率趨近於 0，即表示干擾效果將近100%。

甜菜夜蛾之性費洛蒙應用技術—大量誘殺

一、緣起

本省青葱之生產多與水田輪作或交錯，近年來已逐漸改爲專業化栽培，並進行有組織之共同運銷。部份主要生產區則組成專業區，成立生產班精研栽培技術，無論在青葱的品質、產量或產期調節上，都有大幅進步，從而改善了葱農的收益及生活。以宜蘭縣爲例，每年青葱生產總面積超過1000 公頃，其中屬於經常性栽培的也有400公頃左右，所生產之青葱長期供應以台北市爲主的北部市場。桃園縣亦爲北部一主要產地，青葱在此二縣的農業生產上，成爲水稻轉作時，對農民極有吸引力的高經濟價值園藝作物。

以往栽培青葱常發生的病蟲害有薊馬、潛蠅、紫斑病及銹病等，其防治方法早有研究，均詳載於省農林廳編撰之植物保護手册內，農民亦能遵循所推薦之防治方法，因此並無嚴重的病蟲害或用藥問題發生。近 5年來，隨著葱園之擴大及栽培的密集，使得園藝作物重要害蟲之一，甜菜夜蛾 *exigua* ，大量侵入葱園爲害，嚴重威脅青葱之生產，受害嚴重的葱園收成常不及正規生產量之1～3成，而且還需仰賴大量使用殺蟲劑來保護。

甜菜夜蛾初發生時，農民仍循過去治蟲的常法，選用多種殺蟲劑防除，但因甜菜夜蛾的卵塊產於葱管上，幼蟲孵化後即咬破葱管表皮潛入內部蛀食，使噴於青葱外表的殺蟲劑無法發揮防治效果。此外，甜菜夜蛾對殺蟲劑容易發生抗藥性，在大量用藥四、五年後的今日，逐漸成葱園中無法防治之害蟲。經查，目前葱農有混合近十種藥劑同時噴灑者；有每日施藥者；有違規使用殘毒問題嚴重之系統性殺蟲劑者；更有針對夜蛾於夜間潛出之特性，而行夜間噴藥者。凡此種種，已使甜菜夜蛾爲害青葱的事件由單純的蟲害防治問題，衍生爲影響栽培技術，提高防治成本及造成上市青葱可能含有高量農藥殘毒等其他問題。

民國74年農林廳召開的「蔬菜農藥殘毒檢驗問題」研討會中，甜菜夜蛾造成農民在青葱上用藥不當的事實經提出討論，並提請有關的研究單位儘速擬定解決方法後，省農試所決定仿製國外已鑑定成功的甜菜夜蛾性費洛蒙，試行在本省葱園實施大量滅雄工作，由減少害蟲後代的密度著手，逐代降低爲害，以期能減少農民盲目用藥，而此一工作係在農委會之農建重點計畫「性費洛蒙應用於果蔬害蟲綜合防治研究」項下辦理。

二、甜菜夜蛾性費洛蒙誘劑之製作與效能測試結果

甜菜夜蛾性費洛蒙主成份有二，分別爲Z. E-9, 12-TDDA 及 Z-9-TDOL, 係由美國佛羅里達州大學之Dr.Mitchell 等所鑑定[3]，並在田間試驗證實合成之誘劑確實有效。省農試所之工作人員即依其所鑑定之主成份，添加油性介質及抗氧化劑等，組成調合於田間長期使用之誘劑成品，於74年5～6月份分別在宜蘭、台中、高雄等地進行實用性測試[6]。該製品經證實無論在何地或何種寄主作物上（如花生、花卉、蘆荀等），均有良好之誘集甜菜夜蛾效果。至此即行提供桃園區農業改良場蘭陽分場（現改隸花蓮區農業改良場），進行田間防治試驗。表九即甜菜夜蛾性費洛蒙誘劑在不同地區、不同寄主作物上之誘效比較。

表九 甜菜夜蛾性費洛蒙誘劑在宜蘭、台中及高雄誘蟲效果之比較

Table 9 The trapping efficiency of the beet armyworm sex pheromone at different location

Location	Host plants	Ave. no. of insect trapped per day*
Ilan	Green onion	15.8
Taichung	Peanut	18.8
Kaoshiung	Peanut	28.9

*The ave. no. of insect trapped in 5 days from the three traps with a distance of 20m at a location.

所研製誘劑之誘集效能亦較甜菜夜蛾雌蛾更具威力，經在田間測試比較之結果如表十。

表十 甜菜夜蛾合成性費洛蒙誘劑與處女蛾誘雄效果之比較

Table 10 A comparison of the trapping efficiency of synthetic sex pheremone bait of the beet armyworm and the virgin female insect

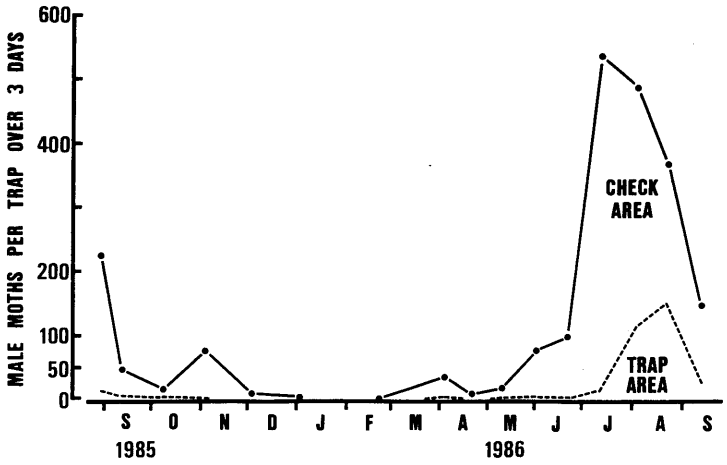
Treat-ments	No. of male insect trapped			Ave. biological equivalence of virgin female
	No. of bait or virgin female /trap			
	1	3	7	
Synthetic bait	37.00	16.00	43.00	
Female insect	15.00	9.00	14.00	
Biological equivalence	2.47	1.78	3.07	2.44

誘劑之有效期亦經省農試所測試，超過一個月以上；台南區農業改良場所測試超過130天，故推測現用配方於田間誘集效果至少可保持45～60天誘殺效果。由於使用甜菜夜蛾性費洛蒙誘殺盒之密度較斜紋夜盜蛾爲高，故需設法降低誘盒之成本，經以五金行可購得之簡易材料組合，以上蓋（鋁質鍋蓋）下盆（塑膠盆）之水式陷阱，每組成本約新台幣25元，僅爲斜紋夜盜蛾誘蟲盒，每個新台幣100元之1/4。加以鐵線固定後吊掛於田間，捕蟲效果甚佳，業經大量採用。平均每公頃葱園需設之陷阱數經測定爲30個，即每分地3個陷阱，可誘殺90%以上的雄蛾（表十一）。

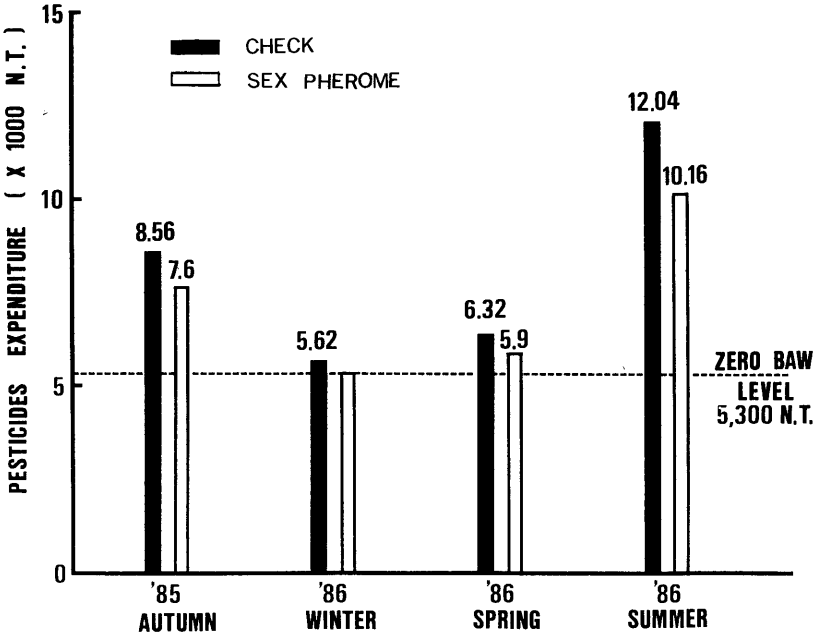
表十一 不同陷阱密度時，誘殺甜菜夜蛾雄蛾數及防治率

Table 11 The trapped insect no. and the controlled rate of beet armyworm and the different density of trap

Density of trap	Crops	Date investigated			Average control rate
		9/5	9/18	10/9	
3/0.1ha	Green onion	11.3(95.0)	3.3(92.9)	0.7(95.8)	94.5%
6/0.1ha	Green onion	21.3(90.5)	2.7(94.2)	3.3(80.5)	88.4%
9/0.1ha	Green onion	1.3(99.4)	0.3(99.3)	0.3(98.2)	98.9%
0/0.1ha	Green onion	225.5	46.7	17.0	0.0%
0/0.1ha	Rice	166.3	9.0	1.3	——

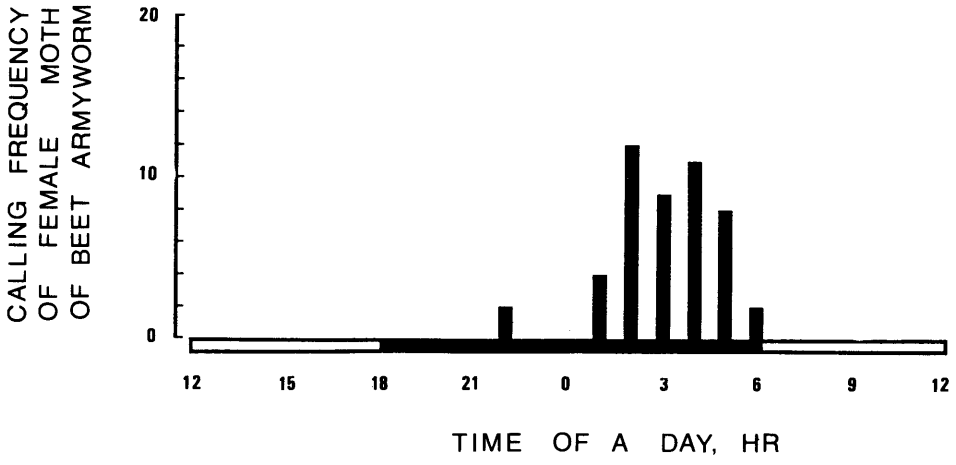


圖十四、宜蘭葱田甜菜夜蛾密度之消長
Fig.14. Change in the density of the moth of beet armyworm in the green onion farm in Ilan



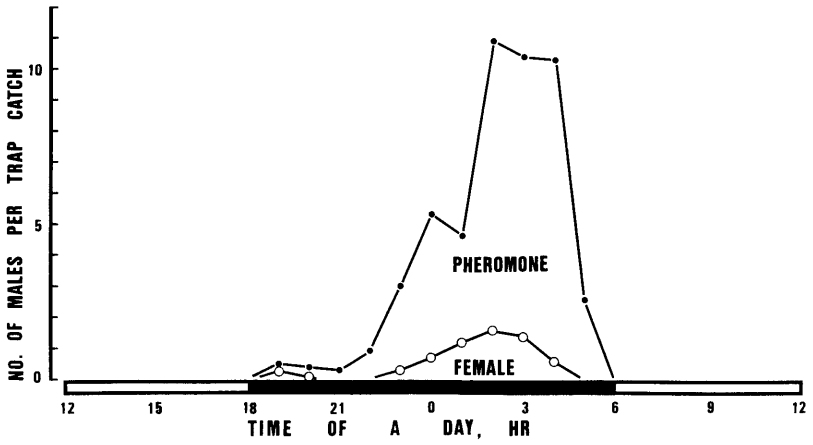
圖十五、宜蘭葱田全年防治成本
Fig.15. Pest control cost for green onion in Ilan Hsien

於宜蘭葱田以推荐陷阱數（30個／公頃），連續一年誘殺雄蛾，其全年密度消長情況如圖十四，並於同時調查其防治成本，在發生密度最高的夏季，每公頃可減少15.6%的防治費用（圖十五）參考圖十四及圖十五，即可得知於冬季甜菜夜蛾密度不造成威脅時，農友仍需使用農藥以防治其他病蟲害，尤以殺菌劑爲主。



圖十六 甜菜夜蛾釋放性費洛蒙時刻觀察值

Fig.16. The time difference in release of sex pheromone by the female moth of beet armyworm



圖十七 田間處女蛾與合成性費洛蒙誘集雄蛾因時變化之比較

Fig.17. A comparison in no. of male moth trapped by synthetic sex pheromone and virgin female at different time in a day

爲了解甜菜夜蛾雌蛾釋放性費洛蒙的時間，於室內連續觀察得知由夜間零時起至 6 時釋出性費洛蒙而以 2～5 時爲最高峰（圖十六），再以處女蛾及合成性費洛蒙各10組，同時分別置於田間比較測得結果如圖十七，即知雄蛾之尋偶活動高峰與雌蛾之釋放性費洛蒙時刻相同。合成性費洛蒙並未能在入夜後即開始提早誘得雄蛾，合成性費洛蒙陷阱之每小時誘蟲變化（消長）仍與處女蛾陷阱相同。故雄蛾之尋偶亦有時間上之週期性。

三、防治示範計畫及行政配合措施

田間測試經過：

誘劑的配方經初試確定之後，即由蘭陽分陽於74年 6月至 7月間，率先在宜蘭受害最嚴重的壯圍專業區測試，初步證實誘殺效果極佳，惟該項測試的過程中，遭遇到兩項困擾，一爲附近其他葱園內甜菜夜蛾的再侵入，另一則是未參加測試田區的農友對該誘劑極感興趣，於夜間私下「借走」，使試驗發生「逐日缺株」之現象。爲此，特在該專業區擴大性費洛蒙誘劑的供應量，增加參試農友人數及

田區至40公頃；工作期間並派員至專業區內指導農民使用性費洛蒙的技術及要領。是項大規模誘蟲的效果十分良好，引起附近農會的興趣，而在員山、三星兩鄉各測試 5公頃，宜蘭市農會測試20公頃，合計共70公頃。

74年 9月 5日於農建重點計畫「性費洛蒙應用於果蔬害蟲綜合防治研究」研討會中,決定請宜蘭縣政府逕向農林廳提出申請，辦理以性費洛蒙誘劑在葱園防治甜菜夜蛾示範工作。經農林廳同意專案補助新台幣拾壹萬元,選定宜蘭市水稻青葱混作區辦理防治示範（南橋里10公頃、建業里10公頃、七張里10公頃、凱旋里 5公頃、南津里 5公頃）。

由於性費洛蒙防治蟲害工作偏重於早期之預防，爲減少75年夏季預估的蟲害發生密度，復於74年再由省林廳提出防治計畫，擴大工作面。經農委會核定爲75 -農建-2.4-糧-171，「利用性費洛蒙誘殺防治青葱甜菜夜蛾示範」計畫，工作內容除原有的40公頃示範田外，另增加520公頃（表十二）。

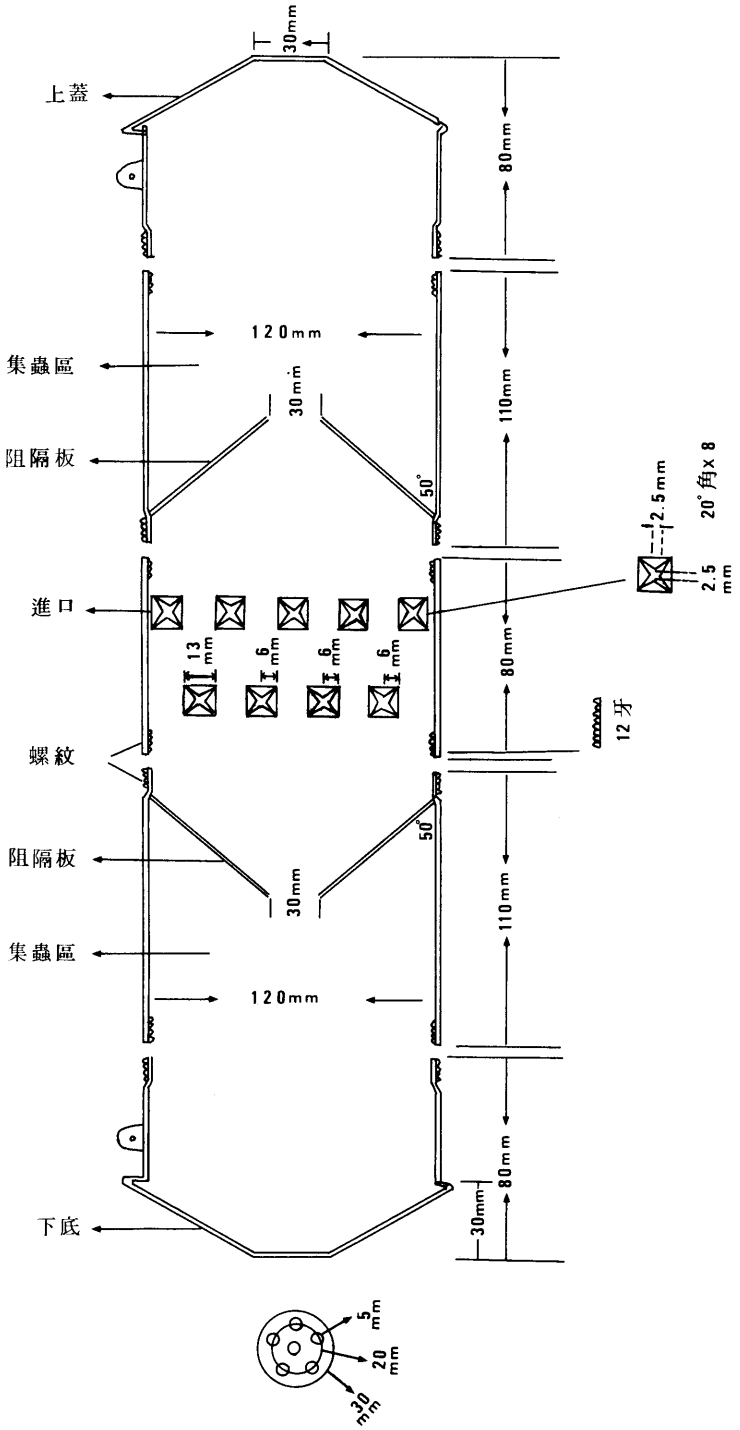
表十二　75年防治甜菜夜蛾性費洛蒙誘劑供應情形

Table 12　The supply of synthetic sex pheromone for the control of beet armyworm in 1986

Hsien	Township	Acreage (ha.)
Taoyuan	Taoyuan	20
Taoyuan	Dayuan	60
Ilan	Ilan	90
Ilan	Chiaushi	20
Ilan	Chuangwei	100
Ilan	Suau	60
Ilan	Yuansan	70
Ilan	Woochei	40
Ilan	Sanshing	60
Total		520

75年工作實施後，陸續又有地方農會要求參與及增加，計56公頃，分別爲桃園縣蘆竹鄉10公頃，台中縣大安鄉農會46公頃，總計施行面積爲616公頃。

爲配合以上防治示範工作，經由省農試所製作以幻燈片爲主之說明教材，內容包括（1）甜菜夜蛾爲害情形簡介，（2）性費洛費誘蟲原理，（3）陷阱之製作及（4）田間設置技術等項。實施時，每45天全面更換誘劑一次，所用以裝塡費洛蒙之尼龍管以顏色標定：便於農民及推廣人員識別不同誘劑（甜菜夜蛾爲藍色，斜紋夜盜蛾爲紅色）。



圖十八　制式誘蟲盒之設計圖解

Fig.18.　The diagram of a recommended insect trap

四、檢討與改進

74年度的工作中，發現下列各項優缺點。

優點：

1.經調查，長期使用性費洛蒙誘殺青葱甜菜夜蛾可大幅降低害蟲爲害度。

2.縣政府主管人員、鄉鎮（市）農會主辦及各級幹部，均能熱心推展此項新技術，並爭取擴大辦理面積，以達共同防治之成效。

3.多數農民熱心參與，反應熱烈，使此項試驗推展容易。

4.農民對藥劑之使用與選擇上，逐漸聽從推廣人員之說明使用，有助於用藥安全。

5.水稻區內散佈之葱田有良好的隔離因子，減少再侵入的問題，故較專業區易表現成效。

缺點：

1.專業區內測試未臻完備：於壯圍專業區試驗時，發現該河床地地形雖然平坦，但部份地區崎嶇不平，乏人管理且雜草叢生，爲全面誘殺之死角。此外，全區仍有少數農民未依費洛蒙使用要領設置；或未按時清理陷阱、更新肥皂水，降低誘殺效果；甚至有未按時更換新費洛蒙誘劑者。宜發揮團隊精神，以達到全面防除之效果

2.防治區受外來害蟲侵入問題：亦以專業區的問題較嚴重，主要係由落花生（亦爲甜菜夜蛾偏好之寄主作物）栽培區侵入。

3.使用技術不良：如陷阱放置太低、開口太大、放置位置未予合理之安排等，均時有發現。

4.性費洛蒙誘殺青葱甜菜夜蛾係新的防治方法，部份農民對於防治法及功效未充分瞭解，致使防治觀念錯誤。部份人認爲在青葱已受害蟲爲害時，才放置陷阱誘殺。此外，因性費洛蒙誘殺功能佳，農民唯恐成蛾都飛到自己的葱田爲害，對飛來者僅爲雄蟲之說法心存疑慮，而不願參與防治。因此，日後農民教育必須再加強。

昆蟲性費洛蒙誘蟲盒之設計實例

本省自以昆蟲性費洛蒙製劑爲綜合防治害蟲之一環以來，各項性費洛蒙配方已見臻完善，但田間實際捕殺害蟲時，仍需依賴設計良好之誘蟲盒行之。紙式黏膠誘蟲爲國外常見之商品，唯紙質不耐本省氣候，黏膠又常因蟲翅之鱗粉覆蓋而失效，故僅能供短期試驗之用，實際田間防治之誘蟲盒均以水式爲主。水式誘蟲盒材質便宜，裝配簡單，更換性費洛蒙及清除蟲體均甚爲方便，惟須經常添加肥皂水，在取水較爲困難的雜糧作物地區以及陷阱設置密度較高之葱田，此等換水及添加肥皂粉等工作，常因農民工作忙碌而有疏忽，因而減低其捕殺效果。此外，水式誘蟲盒與蓋的間隙在某些昆蟲甚爲重要，如甜菜夜蛾之誘蟲盒開口不可超過 2公分以上，否則捕蟲效果會降低。農民未依規定設置，也會降低效果，爲改良上述各項缺點，三年前已由各試驗場所進行乾式誘蟲盒之設計，希望能有不需更換或添加肥皂水等之簡便誘蟲盒，以減少農民操作之困擾。

高雄農改場曾就保特瓶改爲斜紋夜盜蛾乾式誘蟲盒設計上頗有成就，已在各地區實施之中。但此等利用既有之材質，經簡單之勞作式手工改裝製成之誘蟲盒，其規格難以劃一，且會因氣候之影響變形，而改變進口之大小，影響捕蟲效果；此外因甜菜夜蛾乾式陷阱與斜紋夜盜蛾乾式陷阱之設計稍有不同而無法兼用。在利用甜菜夜蛾性費洛蒙防治而加入雜糧工作行列以後，性費洛蒙防治工作對乾式陷阱之需求日漸急迫。

爲求性費洛蒙防治工作更爲澈底完善起見，省農試所乃於夜間實地觀察各種夜蛾飛進陷阱之行爲，而就保特瓶誘蟲盒原型設計加以改良，今已製成原始型樣品試用並於田間觀察達10週。所得之結果顯示：改良式乾式誘蟲盒效果較水式誘蟲盒提升一倍，其結果就斜紋夜盜蛾而言（見表十三），試驗係

三重覆連續觀察10週（試驗期間：76年 7月8日～9月15日，試驗地點：田尾地區），在三重複之水式誘蟲盒內共誘得1,207隻蟲，而同地區乾式陷阱所誘蟲數爲2,878隻，捕蟲效率提高了133%。同樣現象亦見於甜菜夜蛾之改良式乾式誘蟲盒，經改良之乾式誘蟲盒共計捕殺 1,064隻，而水式誘蟲盒僅捕殺420隻，捕蟲效果提高 154%（詳細資料請見表十四）。

連續10週之表現均以改良式乾式誘蟲盒優於水式誘蟲盒，並無交互跳動之現象，因此以改良式乾式誘蟲盒實行性費洛蒙防治工作將可提高現行工作之成效。希望能就現用之「原始型」誘蟲盒製成塑膠射出成型之成品，並就其進口部分改爲可更換式，因害蟲之種類及需要而作調整。該乾式誘蟲盒之設計簡圖請參考圖十八，此誘蟲盒分爲上、下蓋，上、下筒身及進口器共計 5部分，以螺旋固定。進口器形狀有大小二種，分別適用於斜紋夜盜蛾及甜菜夜蛾。誘蟲盒採用之材質以pp爲主，再添加適量抗紫外線及耐熱劑，使能耐紫外線及高溫（100～150℃左右），至少需保固一年，而耐用年限在良好之使用狀況下應爲1～3年左右。進口器之部分必須因害蟲之種類而作顏色上之區別，筒身再加噴保護漆一層以加長田間的使用壽命，筒之內部附有漏斗型阻蟲器，以防止誘得之成蟲逃逸之用。初步詢價估計，製造一個誘蟲盒市價約需100～200元左右，若以使用 3年計算，每年每個誘蟲盒成本費約爲30～40元左右，僅較目前保特瓶之售價高出10元，若能詢得廠商製造合用之樣品，將可大幅改善目前性費洛蒙防治工作之瓶頸缺失，並且可因省工、方便而大幅推動此一非農藥之防治技術，逐步減少農藥對農作物、人體及環境之污染。

表十三 斜紋夜盜蛾（每週捕蟲數）

Table 13. Tobacco cutworm-weekly catch

Trap type	Repeat	7/15	7/22	7/29	8/5	8/11	8/18	8/25	8/31	9/8	9/15	Total	Aveage
Dry	#1	137	238	158	53	45	55	102	125	29	44		
	#2	96	110	62	48	101	136	38	100	60	110		
	#3	73	203	266	116	66	120	39	41	45	62		
Total		306	551	486	217	212	311	179	266	134	216	2878	287.8
average		102	183.7	162	72.3	70.7	103.7	59.7	88.7	44.7	72	959.5	96.0
Efficiency													238.8%
Wet	#1	12	15	7	7	10	25	14	24	3	11		
	#2	131	225	31	34	21	28	86	101	31	72		
	#3	44	31	3	13	23	42	40	52	34	37		
Total		187	271	41	54	54	95	140	177	68	120	1207	120.7
average		62.3	90.3	13.7	18	18	31.7	46.7	59	22.7	40	402.4	40.2
Efficiency													100%

Conclusion = + 138.8%

表十四 甜菜夜蛾（每週捕蟲數）

Table 14 Beet armyworm-weekly catch

Trap type	Repeat	7/15	7/22	7/29	8/5	8/11	8/13	8/25	8/31	9/8	9/15	Total	Average
Dry	#1	52	53	195	35	6	114	62	89	19	16		
	#2	6	5	26	6	6	21	15	56	25	5		
	#3	11	75	67	8	6	35	1	18	5	21		
Total		69	138	288	49	18	170	78	163	49	42	1064	106.4
Average		23	46	96	16.3	6	56.7	26	54.3	16.3	14	354.6	35.5
Efficiency													253.6%
Wet	#1	0	6	17	2	2	25	13	22	6	3		
	#2	3	29	24	8	7	40	35	17	25	12		
	#3	2	10	9	5	4	20	10	21	10	28		
Total		10	45	50	15	13	85	58	60	41	43	420	42.0
Average		3.3	15	16.7	5	4.3	28.3	19.3	20	13.7	14.3	139.9	14.0
Efficiency													100%

Conclusion = + 153.6%

誌　　謝

本研究承蒙行政院農業委員會之「害蟲生物防治技術發及改進研究」支持辦理，報告則承蒙蘇文瀛、蔡湯瓊、林端方等協助分析整理，謹此一併致謝。

參考文獻

1.Holbrook,R.F., M. Beroza. and E.P. Burgess. 1960. Gypsy moth (*Porthetria dispar* L.) detection with the natural female sex lure. J. Econ. Entomgl 53 : 751-756

2.Kydonieus, A.F. and M. Beroza. 1982. Pheromone and their use. In. "Insect Suppression with Controlled Release Pheromone Systems "Vol I Chapter I ed. by Kydonieus and M. Beroza. p 3-12. CRC Press, Inc. Florida, U.S.A.

3.Mitchell, E.R. H. Sugie and J.H. Tumlinson. 1983. *Spodoptera exigua*: Capture of feral male in traps baited with blends of pheromone components. J. Chem. Ecol. 9 : 95-104.

4.Tamaki, Y, H. Noguchi and T. Yushima. 1973. Sex pheromone of *Spodotera litura* (F.) (*Lepidoptera noctuidae*) Isolation, Identification, and Synthesis (short communication) Appl. Ent. Zool. 8 (3) : 200-203.

5.Yushima. T., Y. Tamaki, S. Kamano and M. Oyama. 1975. Suppression of mating of the armyworm moth, *Spodoptera litura* (F.), by a component of its sex pheromone. Appl. Ent. Ecol. 10: 237-239.

6.鄭允　林端方　高靜華　陳先明　王雪香　李新傳. 1985. 甜菜夜蛾合成性費洛蒙之研究　I. Mitchell 配方效能檢定　中華農業研究 34:315-322。

A Study of Sex Pheromone for the Control of Insect Pests in the Field

Yun Cheng
Taiwan Agricultural Research Institute

Summary

The effects of insect sex pheromones were tested in field condition for developing a proper application technique for field use. The investigation were carried out in the farm of Taiwan Agricultural Research Institute, Nantun vegetable district in a suburban area of Taichung city and Ilan county. The results of the monitoring tests for *Spodoptera litura* suggested that an average of 7 traps in a monitored area is enough to provide reliable information. Both the crops and the climate factors were important for estimating the density of *Spodoptera litura*, and the established equation was $Y=-9.5-3.7X_1-0.9X_2+0.44X_3-1.5X_4+1.5X_5+0.6X_6+6.9X_7-2.6X_8$ (Y, the insect number and X_1 to X_8 were special crop, rice, temperature, fruit tree, corn, humidity, other crops and vegetable area ratio respectively). The tests of mating disruption of *Spodoptera litura* by Z.E-9,12-TDDA indicated that the effect increased with the insect density. The mass trapping was not effective for *Spodoptera litura* while was effective for *Spodoptera exigua* by applying 30 traps per ha. The male moths density was lowered to 1-5% of the normal density. The summer outbreak of *Spodoptera exigua* was delayed from $1\frac{1}{2}$~2 months and the highest density can only reach 25% of the untreated area. A new type of trap, free from water or insecticide, for *Spodopterous spp.* was developed with the same efficacy as that of common water-tray trap for field use.