中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 34(3) : 315~322 (1985)

甜菜夜蛾合成性費洛蒙之研究
I. Mitchell 配方效能檢定[1]

鄭 允 林端方 高靜華 陳先明[2] 王雪香[3] 李新傳[4]

摘要：利用 Mitchell 等在1983年所鑑定之甜菜夜蛾〔Beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner)〕合成性費洛蒙的兩種主要成份 (7)，(Z, E)-9, 12-TDDA及 (Z)-9-TDOL，所配製之性費洛蒙在本省田間也可誘得甜菜夜蛾雄性成蟲。雖然以5：1之配方也有相當的誘蟲力，但誘蟲效果仍以 Mitchell 等認定之 10：1 配方最好。在不同作物田中，花生、蕃茄和蘆筍田所誘得蟲數均高於大豆田。74年5月間以此合成性費洛蒙放置於73年曾遭甜菜夜蛾嚴重爲害的宜蘭青葱專業區進行誘集，所誘得蟲數已經超過中部地區花生田之誘蟲數；同時期在高雄縣岡山鎮的花生田所誘蟲數更高。配製甜菜夜蛾合成性費洛蒙時，添加抗氧化劑及油性介質均不影響誘蟲效果，且所配製出之性費洛蒙在田間可持效一個月以上。利用濕式陷阱與黏膠式乾性陷阱具相同誘蟲力，惟濕式陷阱的盆蓋與水盆間之空隙不得超過1公分，否則誘蟲效果顯著地降低。將甜菜夜蛾及斜紋夜盜蛾之合成性費洛蒙同置一陷阱時，對兩種蛾類的誘集力均不理想，兩種害蟲之合成性費洛蒙間有嚴重的相互干擾作用。

甜菜夜蛾爲雜食性昆蟲，爲害許多園藝作物如豌豆、大豆、花生、甜菜、十字花科蔬菜、茄科植物、玉米幼苗、棉花，甚至於果樹的幼苗。根據國外之報導，甜菜夜蛾喜好在莧科雜草上產卵，但因幼蟲有高度的遷移性，可以由雜草遷移至作物上而造成損害。該蟲的取食量若以大豆葉片爲標準，幼蟲期的取食量達52平方公分，約爲 *Trichoplusia ni* 之½，*Heliothis virescens* 之⅓或 *H. zea*之⅐ (3)。此害蟲之卵爲球形，直徑約0.5公厘，卵色淡青，上有縱紋。每一卵塊約有 30—100粒卵，上覆以雌蟲尾毛。每一雌蟲可產520—600粒卵，卵期3—4天。Aktins 報導幼蟲共五齡 (2)，亦有人認爲有六齡 (1)。初齡幼蟲體長1公厘，頭殼黑色，體色淡青；老熟幼蟲長25—35公厘，寬約4公厘，體型色澤如斜紋夜盜蟲，但較翠綠且變化大。幼蟲期14—21天（含1又½天前蛹期），可隨溫度而變動。蛹色淡褐，長15—20公厘，可分辨雌雄，其特徵如斜紋夜盜。化蛹喜在微濕之塊狀土壤，避開粉狀或過濕之土質，吐絲成繭，上附有土塊等雜物。化蛹處深度不超過土面下 2.5公分，易在被害田之土中採得 (5)。成蟲翅展25—30公厘，夜間羽化，當日雌蟲即可交尾，兩天後產卵，可持續產卵3—7天。由卵發育至成蟲共計需28.4天，而成蟲平均存活8天，合計36.4天。73年由本省南部豌豆田採得之甜菜夜蛾，經飼養試驗證明卵期3天，幼蟲期15天，蛹期7天，成蟲羽化後第3天開始產卵，共計由卵發育至成蟲需25天，較文獻所載稍快，可能因本省氣溫較高之故。

該蟲隨本省園藝作物面積之擴張而逐漸成爲經濟性較重要之害蟲。民國73至74年，本省各蔬菜專

1.臺灣省農業試驗所 研究報告第1234號。本研究承農發會補助，計畫編號74—農建—4.1—產植—157 (03)；及王名邦、魏品昭、蔡湯瓊、簡珠碧協助工作，僅此一併致謝。

2.本所應用動物系研究員及助理。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。
3.桃園區改良場三重分場副研究員。臺灣省 臺北縣 三重市。
4.高雄區改良場副研究員。臺灣省 屏東縣 屏東市。

業區均有此害蟲大量發生及爲害之記錄，其中尤以豌豆和青葱專業區密度最高，且防治困難。由於甜菜夜蛾在豌豆之葉部爲害，若經常施藥，則豌豆採收時有殘毒問題之困擾；在青葱的問題更爲嚴重，因害蟲一旦咬破葱皮，即鑽入葱內爲害，一般施藥方法因受葱管之阻隘，無法殺死潛在葱內的幼蟲。

1972年 Brady 及 Ganyard 首先報導甜菜夜蛾性費洛蒙之主要成份爲 (Z, E)-9, 12-TDDA [4]，但此一誘劑無法在田間誘得成蟲，顯然還有其他次要成份。1981年 Tumlinson 報導另一成份爲 (Z)-9-TDOL [11]，二者之混合比爲 25ng (Z, E)-9, 12-TDDA 加 20ng (Z)-9-TDOL 時，誘效約與一隻處女蛾相當。Persoons 也在 1981 年報導甜菜夜蛾性費洛蒙的二種配方均可誘集到成蟲 [8]。1981年 Rogers 與 Underhill 以 0.1mg (Z, E)-9, 12-TDOL 及 0.01mg (Z, E)-9, 12-TDDA 混合，可誘得甜菜夜蛾 [9]。直到1983年 Mitchell 再度比較及檢討各種配方後，確認以10：1之 (Z, E)-9, 12-TDDA 及 (Z)-9-TDOL 爲最佳配方，其使用量爲0.1mg+0.01mg。此配方後來亦爲 Trumble 及 Baker (1984) 所採用 [10]，配方的正確性似乎較高。

基於甜菜夜蛾已在本省發生爲害，臺灣省農業試驗所極欲明瞭該蟲在本省各地園藝作物上發生的情形，試行以性費洛蒙建立害蟲之監視系統，並探討利用性費洛蒙與其他防治手段組成之綜合防治策略的可行性。本試驗即按 Mitchell 等研提之配方比例爲基礎，並在成品配方上加以調整，如添加抗氧化劑及油性介質，實際地探討利用此人工合成性費洛蒙之效能。

材料與方法

Ⅰ.誘餌之配製

以 Mitchell 之配方爲主，所需兩主成份 cis-9-tetradecenol〔(Z)-9-TDOL, (No. T0268)〕及 cis-9-trans-12-tetradecadienyl acetate〔(Z, E)-9, 12-TDDA, (No. T0893)〕均由 Sigma 公司購得。所添加之抗氧化劑 2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol (BHT)、immersion oil、ether 及 n-hexane 均購自 Merck 公司。玉米油則爲源順公司產品。所配製費洛蒙誘餌係注入內徑0.6公厘，長5公分的塑膠細管中備用，共計配製下列七種配方——

a. TDDA：TDOL＝10：1，不含任何添加物
b. TDDA：TDOL＝ 5：1，添加 BHT
c. TDDA：TDOL＝10：1，添加 BHT
d. TDDA：TDOL＝ 5：1，添加 BHT 及玉米油
e. TDDA：TDOL＝10：1，添加 BHT 及玉米油
f. TDDA：TDOL＝ 5：1，添加 BHT 及 immersion oil
g. TDDA：TDOL＝10：1，添加 BHT 及 immersion oil

以配製100條"e"爲例，先將 0.4gBHT 溶在0.3ml 之 ether 中，俟完全溶解後加入 100$\mu\ell$ (Z, E)-9, 12-TDDA 及 10$\mu\ell$(Z)-9-TDOL，再加入少許 ether 使體積成爲 0.5ml。最後加入 0.5ml 玉米油，使總體積爲 1ml。分裝時，每條塑膠管裝 10$\mu\ell$ 混合液，兩端封口即可。平均每條誘餌含有 1mg TDDA 及 0.1mg TDOL。

Ⅱ.田間試驗設計

Mitchell 等曾將甜菜夜蛾合成性費洛蒙浸入橡皮介質，置於田間之效果可以維持七星期，但未說明詳細之配方，如是否添加抗氧化劑等細節。爲確保吾人配方之有效，減少更換誘餌的次數，故仍比照斜紋夜盜蛾性誘劑之配方，添加抗氧化劑 BHT。爲明瞭各種配方之期效，不同作物田之誘集情形及不同型式陷阱的誘集效果等，分別進行下列試驗——

1.不同配方之期效檢定：測定所配製含抗氧化劑之性費洛蒙於田間狀態下，是否可持效三星期以上。試驗在農試所農場之大豆及花生田進行，所使用配方爲 a、b 和 c。

2.添加油性介質之影響：配製費洛蒙時，由於溶劑揮發迅速，常使添加之抗氧化劑再結晶，而使

分裝工作困難，故試行加入玉米油及 immersion oil 等油劑，以減緩混合液之揮發，並於田間測試其誘集效果，所用配方包括 d、e、f、g。

3.不同作物田之誘集情形觀察：本試驗除了在農試所農場的不同作物田進行以外，亦在專業栽培區測試誘集情形，測試地點爲宜蘭壯圍的青葱專業區及高雄縣岡山鎮的花生田，所用誘餌爲b、c、e。

4.不同型式陷阱誘集效果比較：前述各試驗多以乾式的黏膠式誘蟲盒測試，但爲顧及將來推廣至田間的使用成本，宜改爲簡便的濕式陷阱，故將此二種陷阱同置田間，比較其誘集效能。

5.甜菜夜蛾性費洛蒙與斜紋夜盜蛾性費洛蒙合用時之相互干擾測定：檢定是否可將甜菜夜蛾與斜紋夜盜蛾之性費洛蒙合併應用，以節省人工及設施。

結果與討論

1.不同比例之性費洛蒙配方與添加抗氧化劑之測定結果：(Z)-9-TDOL 爲醇類，在自然環境中可氧化成醛或酸，而 (Z, E)-9, 12-TDDA 爲酯類，此二主要成份之揮發速率不盡相同，置於田間一段時間後，可能會因混合液比例改變而失效，故所配製之誘劑須經過田間持久性測定，才可以看出是否具有應用價值。表一爲甜菜夜蛾合成性費洛蒙兩主要成份以不同比例混合及添加抗氧化劑與否之誘集結果。所得顯示：大豆田及花生田經過30天的誘集，無論添加抗氧化劑與否，均不影響誘集效能。由於 (Z)-9-TDOL 可能易於氧化，除試以 Mitchell 建議之10：1 配方外，再將 (Z)-9-TDOL

表一、甜菜夜蛾合成性費洛蒙田間期效測定

Table 1. Capture of *Spodoptera exigua* males over a 30-day period in sticky trap baited with blends of pheromone components.

放置日數**	每日平均誘蟲數（隻／陷阱）					
	大豆田			花生田		
	10：1*	10：1	5：1	10：1*	10：1	5：1
第1—5日	0.33	1.13	0.40	1.40	3.00	3.80
第6—10日	0.67	0.93	0.67	1.40	2.00	1.40
第11—15日	1.10	0.27	0.47	—	3.40	1.40
第16—20日	1.80	2.29	0.93	—	3.40	7.00
第21—25日	3.20	2.73	2.67	—	9.00	2.25
第26—30日	14.40	12.07	12.00	—	20.40	4.60

*配方爲 (Z, E)-9, 12-TDDA 加 (Z)-9-TDOL ，不含抗氧化劑 BHT；後二配方均含抗氧化劑 BHT。
**試驗期間爲5月4日至6月2日止。

之用量提高一倍，使之與 TDDA 之比例爲5：1。此5：1誘劑亦有良好誘集效果，偶而比10：1配方可誘得更多雄蛾，可能因 TDDA 與 TDOL 的比例在 10：1 雖好，但並非唯一最佳配方，Tumlinson 即曾以 TDDA：TDOL＝5：4 之比例，得到最佳誘集結果[11]。可能此二主要成份的比例在5：4至10：1的範圍內，均對甜菜夜蛾有相當的誘集力。此外，各陷阱鄰近環境因子及害蟲密度的影響，可能遠超過以上各配方誘集效能上的差異。在大豆田所誘蟲數普遍比在花生田爲低，可能導因於甜菜夜蛾成蟲對兩種不同作物有選擇性，但亦可能緣於二試驗田作物栽培管理方式之不同，影響到害蟲之生長與棲息，造成此蟲在田間密度上的差異，而表一中蟲數之逐漸增加則與自然密度增加有關。

2.添加油性介質之影響：以 (Z, E)-9, 12-TDDA 與 (Z)-9-TDOL 之 5：1及 10：1配方溶入玉米油及 immersion oil ，此四種配方在臺中縣烏日鄉的花生田內誘集甜菜夜蛾時，以添加玉米油的10：1配方效果最佳（表二）。進一步爲瞭解添加玉米油是否影響誘蟲效果，將僅加抗氧化劑

表二、添加不同油質對甜菜夜蛾合成性費洛蒙誘蟲效果之影響（臺中縣烏日鄉）。

Table 2. Capture of *Spodoptera exigua* males in sticky trap baited with blends of pheromone components containing different oil carrier.

放置日數*	每日平均誘蟲數（隻／陷阱）			
	5：1+BHT		10：1+BHT	
	玉米油	imm. oil.	玉米油	imm. oil.
第1—5日	2.6	4.0	17.8	3.8
第6—10日	4.6	6.4	21.8	8.0
第11—15日	8.2	9.0	8.2	5.6
第16—20日	32.8	16.0	27.2	8.6

*試驗期間爲5月12日至6月1日止。

的5：1與10：1誘劑及添加抗氧化劑與玉米油的5：1誘劑，交由桃園區及高雄區改良場，分置於73年曾經遭受甜菜夜蛾嚴重爲害的宜蘭青蔥專業區及高雄縣岡山鎮的花生田。結果發現添加玉米油不影響誘集甜菜夜蛾的效果（表三）。

表三、添加玉米油之性費洛蒙在宜蘭青蔥專業區及高雄縣花生田誘集甜菜夜蛾的情形。

Table 3. Capture of *Spodoptera exigua* males in welsh onion and peanut field in sticky trap baited with blends of pheromone components containing antioxidant and corn oil.

性費洛蒙配方	每日平均誘蟲數（隻）	
	宜蘭蔥田*	高雄花生田**
5：1+BHT	13.7	27.9
10：1+BHT	15.8	28.9
5：1+BHT+玉米油	19.3	28.9

*三個不同地點平均誘集數，共誘集2日。

**同一地點，相隔20公尺設一陷阱，每處理3重複，共誘集5日。

3.不同作物田誘集甜菜夜蛾的情形：表四爲在農試所農場的不同作物區誘集的結果。在蘆筍、蕃茄、花生及大豆田均可誘得甜菜夜蛾雄性成蟲，一般而言，大豆田之誘蟲數較低，而在蘆筍、花生和蕃茄田所誘蟲數較多。此外，由表三的結果亦可看出，在所外的花生田及青蔥田均可誘得相當數目之甜菜夜蛾，而其發生密度與作物的種類及作物之生長期有密切關聯，因此造成各地區誘蟲數之差異。

4.不同型式陷阱誘集效果之比較：由於乾式陷阱之黏膠在田間狀態下久置易失效，而降低捕蟲效能，故試以捕殺斜紋夜盜蛾所用之濕式陷阱進行誘殺。但發現原用之濕式陷阱開口太大，對甜菜夜蛾的誘殺效果甚差，必須將陷阱的開口縮小到1公分左右，並將肥皂水的液面提高，亦即減少陷阱內費洛蒙與水面的空間，誘蟲效果立刻提高，不遜於乾式陷阱（結果見表五）。因此，利用濕式陷阱誘殺

甜菜夜蛾乃屬可行，惟其設計上必須有別於斜紋夜盜蛾之陷阱。

表四、甜菜夜蛾合成性費洛蒙在不同作物田之誘蟲效果比較*

Table 4. Capture of *Spodoptera exigua* males in different crops baited with (Z, E)-9, 12-TDDA : (Z)-9-TDOL (5 : 1)

放置日數**	每日平均誘蟲數（隻／陷阱）			
	蘆筍	蕃茄	花生	大豆
第1—3日	2.33	2.67	3.33	1.00
第4—6日	1.67	1.00	2.33	1.67
第7—9日	1.33	1.33	2.00	2.33
第10—12日	6.00	3.00	6.00	3.00
第13—15日	3.00	4.00	6.00	3.33

*配方爲 (Z, E)-9, 12-TDDA : (Z)-9-TDOL=5 : 1添加抗氧化劑及玉米油。

**試驗期間爲 5月10日至24日止。

表五、甜菜夜蛾合成性費洛蒙置於乾式及濕式兩種陷阱中，誘蟲效果之比較。

Table 5. Capture efficacy of sticky trap and water trap baited with a blend of synthetic sex pheromone.

誘集日期	甜菜夜蛾合成性費洛蒙	
	濕式陷阱	乾式陷阱
5月18日	12	8
5月19日	14	14
5月20日	8	10
5月21日	11	19
5月22日	12	7
平均誘蟲數(隻)	11.4	11.6

5.甜菜夜蛾合成性費洛蒙與斜紋夜盜蛾合成性費洛蒙之干擾作用：將甜菜夜蛾及斜紋夜盜蛾的性費洛蒙置於同一陷阱內有强烈的相互干擾作用，不但明顯地降低甜菜夜蛾誘集數，並且完全無法誘得斜紋夜盜蛾。在第五天後取出陷阱中之斜紋夜盜蛾性費洛蒙，僅留甜菜夜蛾誘劑，立即可誘得甜菜夜蛾；而在第七天取出甜菜夜蛾之性費洛蒙，獨留斜紋夜盜蛾誘劑之陷阱，則可誘到斜紋夜盜蛾（見表六）。由比判定，此二種蟲的性費洛蒙間有干擾作用，如何配製同時可誘得此二種蟲之配方，或是改良陷阱之設計，於同一陷阱內誘集兩種害蟲，均有待進一步探討。

綜合以上各項結果顯示：誘蟲數最多的配方可能爲添加抗氧化劑及玉米油的10：1配方。以 Mitchell 等鑑定之主成份比例 ，經添加抗氧化劑及玉米油，不但有利操作，且無礙於性費洛蒙之揮發及誘集效能。利用此研革後之配方置於簡便的濕式陷阱，可以作爲偵測及防治本省甜菜夜蛾之有效工具。

表六、甜菜夜蛾合成性費洛蒙與斜紋夜盜蛾合成性費洛蒙互相干擾效果測定（表中數字爲誘蟲數）

Table 6. The interference of synthetic beet armyworm sex pheromone and tobacco cutworm sex pheromone in sticky trap.

誘蟲日期	BAW phero.	Litlure + BAW phero.*			Litlure
		1	2	3	
5 月 8 日	3**	0	0	1	(34)***
5 月 9 日	1	0	0	2	(3)
5 月 10 日	1	0	0	0	(17)
5 月 11 日	2	0	0	0	(13)
5 月 12 日	1	2	0	2	(14)
		取出 Litlure	取出 Litlure		
5 月 13 日	2	4	3	0	(3)
5 月 14 日	0	6	6	0	(1)
				取出BAWphero.	
5 月 15 日	0	10	10	(3)	(7)
5 月 16 日	1	5	0	(2)	(0)
5 月 17 日	1	4	7	(0)	(14)
5 月 18 日	5	13	11	1,(1)	(5)
5 月 19 日	6	10	7	(1)	(5)
5 月 20 日	8	4	4	(1)	(3)
5 月 21 日	8	17	9	(7)	(5)

*Litlure 爲斜紋夜盜蛾誘劑，成份爲 (Z, E)-9, 11-TDDA：(Z, E)-9, 12-TDDA (10：1)；BAW pheromone 爲甜菜夜蛾誘劑，成份爲 (Z, E)-9, 12-TDDA：(Z)-9-TDOL (5：1)

**所誘得甜菜夜蛾數

***（ ）內數字爲誘得斜紋夜盜蛾數

參考文獻

1. Annecke, D. P. and V. C. Moran. 1982. Insects and mites of cultivated plants in south Africa. South Africa: Butterworth & CO Ltd.
2. Atkins, E. L., Jr. 1960. The beet armyworm, *Spodoptera exigua*, an economic pest of citrus in California. J. Econ. Entomol. 53：616-619.
3. Boldt, P. E., K. D. Biever and C. M. Ignoffo. 1975. Lepidopteran pests of soybeans: Consumption of soybean foliage and pods and development time. Ibid. 63：480-482.
4. Brady, U. E. and M. C. Ganyard, Jr. 1972. Identification of a sex pheromone of the female beet armyworm, *Spodoptera exigua*. Ann. Entomol. Soc. Am. 65：893-899.
5. Fye, R. E. 1978. Pupation preferences of bollworms, tobacco budworms and beet armyworms and impact on mortality resulting from cultivation of irrigated cotton. J. Econ. Entomol. 71：570-572.
6. Mitchell, E. R. and R. E. Doolittle. 1976. Sex pheromones of *Spodoptera exigua*, *S. eridania* and

S. frugiperda: Bioassay for field activity. Ibid. 69 : 324-326.

7. Mitchell, E. R., H. Sugie and J. H. Tumlinson. 1983. *Spodoptera exigua*: Capture of feral males in traps baited with blends of pheromone components. J. Chem. Ecol. 9 : 95-104.
8. Persoons, C. J., C. van der Kraan, W. J. Nooijen, F. J. Ritter, S. Voerman and T. C. Baker. 1981. Sex pheromone of the beet armyworm, *Spodoptera exigua*: isolation, identification and preliminary field evaluation. Entomol. Exp. Appl. 30 : 98-99.
9. Rogers, C. E. and E. W. Underhill. 1981. A sex attractant for monitoring beet armyworm popula tions. The SW Entomol. 6 : 211-214.
10. Trumble, J. T. and T. C. Baker. 1984. Flight phenology and pheromone trapping of *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in southern coastal California. Environ. Entomol. 13 : 1278-1282.
11. Tumlinson, J. H., E. R. Mitchell and P. E. Sonnet. 1981. Sex Pheromone components of the beet armyworm *Spodoptera exigua*. J. Environ. Sci. Health. A16(2) : 189-200.

Studies on the Synthetic Sex Pheromone of Beet Armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner). I. Evaluation of Mitchell's Formula in Taiwan[1].

Edward Y. Cheng, Doun-feng Lin, Ching-hua Kao, Shien-ming Chen[2], Shay-shang Wang[3] and Hsing-chung Lee[4].

Summary

By mixing (Z, E)-9, 12-TDDA and (Z)-9-TDOL, two major sex pheromone components of beet armyworm (BAW, *Spodoptera exigua* (Hübner)), at the ratio determined by Mitchell et al. (1983), we were able to catch the male BAW adults in Taiwan. The synthetic BAW sex pheromone is able to catch BAW in the fields of soybean, peanut, tomato and asparagus, and significant number of BAW was also caught in the welsh onion field in I-lan county, where has been infested by BAW since 1980. The synthetic BAW sex pheromone was formulated in antioxidant and oil carrier and dispensed in micro-nylon tube for field application. The addition of antioxidant and oil carrier did not reduce the efficacy of synthetic BAW sex pheromone. The formulation and dispense system we used was able to maintain the effectiveness of BAW sex pheromone for more than one month. The water trap baited with the pheromone caught as many BAW as the sticker trap except the width of entrance should not exceed 1 cm in order to maintain the high catch efficacy. The BAW sex pheromone interfered seriously with the sex pheromone of tobacco cutworm (TCW), *Spodoptera litura*. No TCW and only few BAW could be caught when sex pheromones of both species were placed in the same trap. Once, one of these two pheromones was taken out from the trap, as the interference factor was gone, the remained pheromone started to catch the insects it was originally designed for.

---

1. Contribution No.1234 from Taiwan Agricultural Research Institute. This study was supported by Council for Agricultural Planning and Development. Thanks due to Mr. Ming-bon Wang, Mr. Pien-jaun Wey, Ms Essen Tsai and Ms Chun-be Jean in assisting this work.

2. Senior entomologist and assistants respectively, Department of Applied Zoology, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan 431, ROC.

3. Entomologist, Taoyuan District Agricultural Improvement Station, Sanchung, Taiwan 241, ROC.

4. Entomologist, Kaohsiung District Agricultural Improvement Station, Pingtung, Taiwan 900, ROC.