

小菜蛾性誘劑之田間誘效試驗

II 性誘劑對小菜蛾之防治與發生預測¹

錢景泰 邱瑞珍²

摘要：為測定小菜蛾性誘劑在本省田間之誘雄實效，乃在臺中萬豐本所農場進行試驗。得知性誘劑 (Z11-16 : Ald+Z11-16 : Ac+Z11-16 : OH, 1 : 1 : 0.02) 劑量為 50 或 100 μ g，誘蟲盒間隔距離為 2.2 或 4m 時，對小菜蛾族羣均無抑制效果；使用劑量為 50 μ g，誘蟲盒間隔距離為 11m，其 1 週所誘得雄蛾數能反映其使用前 1 週，或預測誘集後 1 及 2 週甘藍上小菜蛾第三與四齡之幼蟲數，其 r 值分別為 0.855 (n=21)，0.662 (n=16) 及 0.578 (n=14)。又該劑對寄生小菜蛾幼蟲之小蘗蜂 *Apanteles plutellae* 無引誘力。

小菜蛾性誘劑 (Z11-16 : Ald+Z11-16 : Ac, 1 : 1) 在 1977 年已被證實可在田間誘蟲⁽⁹⁾，藤吉等氏 (1979) 證實 300cc 三角瓶內若有該劑 100 μ g 其對小菜蛾交尾之抑制力可達 100%⁽⁷⁾。腰原與山田兩氏 (1980) 推測該劑以 1 : 1 : 0.02 比例添加 Z11-16 : OH，劑量為 100 μ g 時，可適用於預測田間小菜蛾之發生⁽⁶⁾，Baker 等氏 (1982) 首先利用 Z11-16 : Ald+Z11-16 : Ac (7 : 3) 劑量 100 μ g 在田間進行小菜蛾族羣密度之預測試驗⁽⁸⁾。

本試驗旨在探明性誘劑 (Z11-16 : Ald+Z11-16 : Ac+ Z11-16 : OH, 1 : 1 : 0.02) 對小菜蛾之防治效果、發生預測及其對小菜蛾幼蟲寄生蜂，*Apanteles plutellae* 之影響等。

材料與方法

性誘劑對小菜蛾族羣之抑制效果

1. 誘劑之誘雄試驗：為確認性誘劑之誘雄效果，在本所 2 處試驗田分別使用網捕雄蛾及目測取樣法評估該誘劑之誘效，茲分述如下。

用網捕雄蛾數評估誘劑之誘效—民國 69 年 11 月 17 日至 70 年 1 月 20 日在面積 0.072ha 試驗田種植甘藍，每隔 7 天噴 25.3% 美文松 (mevinphos 500 倍) 1 次，以保護菜株之生長。噴 4 次後則任由小菜蛾發生為害。試驗田劃分 3 小區，每小區面積 240m²，分別放置有性誘劑之誘集桶⁽³⁾，各桶之間距為 4、7 及 10m 等處理，即每小區放置 15、6 及 2 支劑量均為 100 μ g 之誘劑，Z11-16 : Ald+Z11-16 : Ac+Z11-16 : OH (1 : 1 : 0.02)。69 年 12 月 17 日至 70 年 1 月 20 日之誘蟲期間，每天上午 9 時記錄誘集桶內之雄蛾數。掃網之口徑為 40cm，每小區掃 810 次，每週取樣 4 次，誘劑誘效評估時，試驗資料係採用各處理區隔日由誘劑所誘得與掃網所掃得之雄蛾數計算之。

用目測法評估誘劑之誘效—71 年 9 月 22 日至 12 月 22 日在面積 0.5ha 試驗田種植甘藍。9 月 29 日、10 月 6 日、14 日及 11 月 5 日各施用 25.3% 美文松 (500 倍) 與 50% 比加普 (pirimor 2,000 倍) 1 次，

1 臺灣省農業試驗所 研究報告第 1329 號。本試驗承行政院農委會補助 (72 農建-4.1 產 83 (3))；試驗期間蒙中央研究院動物所所長周延鑫博士提供性誘劑及寶貴意見，文成復蒙斧正，蘇淑芬小姐飼蟲，謹此誌謝。

2. 本所應用動物系助理研究員及研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

共 4 次。每小區面積 100m²，放置誘蟲盒之間距為 2.2、3.6、5.6 及 11m 等 4 種處理。即各區內分別放置裝有誘劑之誘蟲盒 25、9、4 及 1 個。對照組放置無誘劑之誘蟲盒 1 個。各小區間隔 10m，間隔區不種作物。誘蟲盒設置高度距畦面 0.4m。誘劑為 Z11-16:Ald+Z11-16:Ac+Z11-16:OH (1:1:0.02)，劑量 50 μ g。添加 1,000 μ g 之 BHT 抗氧化劑。每 2 週更換誘蟲盒 1 次，每 4 週更換誘劑 1 次。逢機完全區集設計，3 重複。71 年 11 月 10 日至 12 月 22 日之誘蟲期間，每天上午 9 時記錄誘蟲盒內之雄蛾數。試驗資料用鄧肯氏多變域法分析，5% 顯著水準比較。

目測法調查田間發生之小菜蛾數，係於試驗期間每週在各小區 (100m²) 調查 40 株菜上之各期蟲數，直至甘藍採收為止。誘劑對小菜蛾族羣之抑制效果，資料用變方分析，依 F 值測定其顯著程度。

2. 誘劑對小菜蛾雌蛾交尾之抑制試驗：探討性誘劑 Z11-16:Ald+Z11-16:Ac+Z11-16:OH (1:1:0.02)，100 μ g 劑量，放置距離為 4、7 及 10m 時，對小菜蛾雌蛾之交尾是否有抑制作用。本試驗與前項「誘劑之誘雄試驗中之用網捕雄蛾評估誘劑之誘效試驗」同區且同時進行。隔日用口徑 40cm 掃網在各小區內掃捕小菜蛾 810 次。記錄掃得之兩性成蛾及交尾率。掃得雌蛾用 20% 酒精保存，在雙管立體顯微鏡下解剖，依據其交尾囊 (bursa copulatrix) 內精包 (spermatophore) 之形成，或受精囊管 (spermathecal ductus) 內有無半透明之精液作為其交尾與否之記錄⁽¹⁰⁾。

性誘劑對小菜蛾幼蟲密度之預測

本試驗與前項「誘劑之誘雄試驗」中之以「目測法評估誘劑之誘效試驗」同區且同時進行。亦即在 100m² 試驗田內分別放置 1、4、9 及 25 個誘蟲盒，探討不同處理對日後小菜蛾發生密度之相關。方法是每天記錄誘蟲盒所誘得之雄性小菜蛾數，每週每小區調查 40 株甘藍，記錄其上之小菜蛾各蟲期數。各處理每 7 天誘得之雄蛾數與誘集前 1-7 天，誘集後 0-6 天、7-13 天及 14-20 天之田間各菜株上之小菜蛾平均密度，用相關係數分析，1% 與 5% 顯著水準比較。試驗期間因小菜蛾蟲數發生過多，11 月 5 日曾施用美文松 1 次。為避免農藥殘效干擾性誘劑對田間小菜蛾發生密度之預測，本試驗在施藥後，依小菜蛾之發育期，將可能影響及兩者相關性之數據剔除，不予計算。

結 果

性誘劑對小菜蛾之防治效果：用掃網所掃得之小菜蛾雄蛾數及在試驗田菜株上調查得之小菜蛾蟲數評估性誘劑 (Z11-16:Ald+Z11-16:Ac+Z11-16:OH) 對雄蛾之誘效。得知性誘劑放置間距為 4、7 及 10m 時，其所誘得之雄蛾數分別占掃網雄蛾數之 39.3、17.7 及 6.7% (表 1)。若性誘劑放置間距為 2.2、3.6、5.6 及 11m 時，各處理區菜株上小菜蛾之卵、第一至四齡幼蟲及蛹之數量與無誘劑之對照組差異不顯著 (表 2)。

表 1. 性誘劑與掃網所得小菜蛾雄蛾數之比較

Table 1. Percentage of male DBM trapped by synthetic sex pheromone in comparison with the male swept.

Distance of traps (m)	Percentage of ♂ trapped/♂ swept/day					
	After weeks treatment					\bar{X}^1
	1 wk	2 wk	3 wk	4 wk	5 wk	
4	18.4	19.1	30.2	78.2	50.7	39.3 a
7	9.1	7.4	4.9	47.6	19.7	17.7 a
10	4.7	2.7	6.7	13.9	5.3	6.7 a

1. Means followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

表2. 小茶蛾性誘劑之施用效果

Table 2. Effect on subsequent DBM population by using synthetic sex pheromone in cabbage field, Nov-Dec, 1982.

No. trap/100m ²	\bar{X} eggs/plant ¹	\bar{X} larvae/plant ¹				\bar{X} pupae/plant ¹
		1st	2nd	3rd	4th	
25	2.11	0.16	0.52	0.55	0.78	0.35
9	2.50	0.20	0.47	0.44	0.85	0.47
4	2.20	0.16	0.57	0.58	0.76	0.53
1	2.46	0.21	0.42	0.43	0.69	0.43
1(w/o pheromone)	1.17	0.18	0.51	0.49	0.81	0.41

1. Non significant in F-test at 0.05 level.

性誘劑對小茶蛾雌蛾交尾之影響：本項試驗因受試驗田面積之限制，無法同時設置小茶蛾交尾率調查之對照區，僅以性誘劑使用之前1個月（即69年11月14日至12月1日），及性誘劑停用後之第2週（70年1月28日至2月3日）之田間調查資料作為對照。性誘劑使用前每日用煤油燈誘集田間之雌蛾計算其平均交尾率(87.0±12.3%)或每週4次用掃網掃集田間雌蛾，調查其平均交尾率(96.0±7.6%)，以及性誘劑停止使用後用掃網掃得之雌蛾平均交尾率(77.9±13.7%)用以估計使用誘劑對雌蛾交尾之影響。由表3得知不論性誘劑(Z11-16:Ald+Z11-16:Ac+Z11-16:OH)之放置間距為4、7或10m，其對雌蛾之交尾抑制力均低於24%。

表3. 性誘劑對小茶蛾雌蛾交尾之抑制

Table 3. Mating suppression of female DBM by field application of synthetic sex pheromone.

Distance of traps (m)	Mating percentage	Mating suppression (%) ¹
4	78.5±6.8	18.2
7	66.9±11.7	23.4
10	75.2±2.8	21.7
CK ¹	96.0±7.6	

1. Data were transformed by using Abbott's formula and the check value 96.0±7.6 was obtained by average the female mating rate observed in the 4 weeks prior to the application of synthetic sex pheromone.

使用性誘劑對小茶蛾幼蟲之發生預測：分析誘劑各處理每7天誘得之雄蛾數與田間調查平均每株甘藍上之小茶蛾密度資料，顯示誘劑間距在2.2至11m時，即在100m²菜田內設置25、9、4及1個誘蟲盒，其所誘得之小茶蛾雄蛾數可反映誘集前1-7天與誘集後0-6天田間小茶蛾之第三與四齡幼蟲密

度 (Y)，各處理達顯著與極顯著水準 (表 4、5)，誘劑間距為 11m 時，前者之相關係數為 0.855， $Y = -0.2895 + 0.21x$ (表 4)，後者相關係數為 0.662， $Y = -0.2117 + 0.027x$ (表 5)。誘劑間距為 11m 時，資料亦顯示誘集得之雄蛾數 (x) 可預估誘劑使用後 7-13 天間小菜蛾第三與四齡幼蟲密度 (Y)， $r = 0.578$ ， $Y = 0.1445 + 0.029x$ (表 5)。但各處理之誘雄數與誘劑使用 14-20 天後田間所發生之小菜蛾卵數、幼蟲數及蛹數無相關性。

表 4. 性誘劑誘雄數與 1-7 天前田間平均每株小菜蛾 3、4 齡幼蟲數之相關

Table 4. Correlation coefficients between total males DBM trapped per 7-day period and the \bar{X} numbers of 3rd-4th larval DBM per plant prior to 1-7 days.

No. trap/100m ²	Correlation coefficients
25	0.757 **
9	0.728 **
4	0.754 **
1	0.855 **

**Significant difference, 1%.

表 5. 性誘劑誘雄數與使用誘劑後 6 至 20 天田間平均每株小菜蛾 3、4 齡幼蟲數之相關

Table 5. Correlation coefficients between the \bar{X} numbers of 3rd-4th larval DBM per plant and total males per 7-days period with 3rd-4th larval populations offset by 6 to 20 days.

No. trap/100m ²	Correlation coefficients offset by sample days of:		
	6	13	20
25	0.682 **	0.309	-0.559
9	0.531 *	0.098	-0.166
4	0.586 *	0.443	-0.243
1	0.662 **	0.578*	-0.206
Sample size	16	14	11

*Significant difference, 5%; **significant difference, 1%.

討 論

性誘劑對小菜蛾之防治

小菜蛾之成蟲一生交尾多次，雌蛾經 1 次交尾後即可終生連續產下受精卵。日本山田偉雄推測田間雄蛾之一生交尾次數約在 9 次以上⁽⁵⁾。因而性誘劑之誘雄效果若非十分理想，則不足以抑制其次代小菜蛾之繁殖。本試驗前期結果，顯示性誘劑與雄蛾釋放點距離為 0.5m 時，釋放雄蛾之回收率僅

33%⁽³⁾。本期結果，性誘劑放置間距在 2.2m (25個誘蟲盒/100m²) 與 3.6m (9個誘蟲盒/100m²) 時亦不能將後代小菜蛾密度抑低；又性誘劑間距為 4m (15個誘蟲盒/240m²) 時，其誘效約僅為掃網掃得田間雄蛾數之 39.3%，其對雌蛾交尾之抑制力亦不過 18.2%。因此筆者等認為在田間用 1-4m 之間距放置小菜蛾性誘劑，在人力、誘劑費用或效果方面均不理想。

性誘劑對小菜蛾族羣之預測

71年10月18日至12月14日間，由田間取樣調查小菜蛾密度與性誘劑誘得之雄蛾數相比較，得知小菜蛾在甘藍栽培期發生 2 世代。平均溫度為 24.1°C 時，其完成 1 世代約需 21 天，19.2°C 時約需 42 天 (圖 1)，其發育日數與室內飼育各齡之發育日數頗為吻合⁽²⁾。故筆者等與 Baker 等氏都認為可利用小菜蛾發育全期之有效積溫 (degree-days) 或性誘劑作為預測該蛾發生盛期之指標，以便加強其田間幼蟲發生之調查。

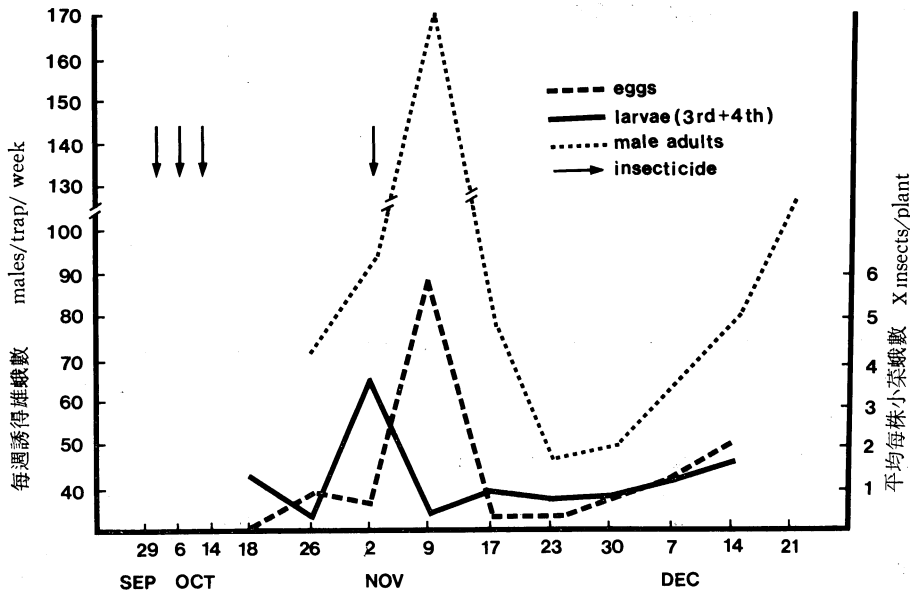


圖 1. 田間使用性誘集器後小菜蛾之發生消長

Fig. 1. Field population trends of DBM after sex pheromone applied in 1982.

Baker 等氏 (1979-1980) 於美國 15 處甘藍田利用小菜蛾性誘劑預測該劑使用後隨即發生之小菜蛾幼蟲密度，發現 40% 之菜園顯示其雄蛾誘集數與經過 11-21 天後田間幼蟲數相關， $r = 0.651-0.918$ 。而其餘 60% 無顯著相關性存在之菜園，乃受農藥施用之影響⁽⁸⁾。本試驗之初步結果顯示在 100m² 菜園內使用 1 個誘蟲盒，連續 7 天之誘雄數即能反映誘集前 1-7 天，或預測誘集後 0-6 及 7-13 天平均每株甘藍上小菜蛾第三與四齡幼蟲數， r 值分別為 0.855、0.662 及 0.578。而農藥對其相關性之干擾，在資料分析時已予剔除。

Baker 等氏認為利用性誘劑作為施藥與否之標示，尚需進一步研究。同時各甘藍田因種植日期、小菜蛾蟲口密度及施藥之時機與次數等之不同，所誘得之雄蛾與田間發生之幼蟲密度變動很大，因此每處菜田均須單獨進行預測試驗⁽⁷⁾。此點就本省菜田之面積小而零散以及種植管理方式之複雜，似難加以利用。

小菜蛾性誘劑之專一性

性費洛蒙對昆蟲具有種內 (intraspecific) 或種間 (interspecific) 之影響⁽¹⁾。本試驗期間誘蟲盒內雖曾誘到稻縱捲葉蛾 (*Cnaphalocrocis medinalis*)、斜紋夜盜蛾 (*Spodoptera litura*)、

菜白蝶 (*Artogeia rapae crucivora*) 及一些其它鱗翅目害蟲等。但就數量而言，本種性誘劑誘得之昆蟲仍以小菜蛾為主，其它種類概屬零星而已。為調查性誘劑對小菜蛾幼蟲寄生小繭蜂 *Apanteles plutellae* 之影響，在性誘劑不同間距處理區及無誘劑對照區內之調查，發現各處理間平均每株甘藍上之小繭蜂繭數均無顯著差異 (表 6)，顯示小菜蛾性誘劑對 *Apanteles* 蜂並無誘力。

表6. 性誘劑對小菜蛾幼蟲寄生蜂 *Apanteles plutellae* 之影響

Table 6. Effect of synthetic sex pheromone of DBM on its larval parasitoid, *Apanteles plutellae*.

No. trap/100m ²	Distance of traps (m)	Mean no. <i>Apanteles</i> cocoons/plant	F _{0.05}
25	2.2	0.21	NS
9	3.6	0.34	NS
4	5.6	0.29	NS
1	11.0	0.30	NS
1 (w/o pheromone)	11.0	0.28	NS

Experiments were conducted from Nov to Dec, 1982.

性誘劑在綜合防治方面之使用

甘藍在生長初期，植株幼小不能忍受害蟲之為害，如不用藥防治，則將因受蟲害而致發育受阻，無法達成生產目標。本省小菜蛾之防治基準為花椰菜定植後 31至45 天，每株上之三至四齡幼蟲為 1 隻，定植 45 天後則為 10 隻⁽⁴⁾。本試驗結果顯示在甘藍生長初期連續施用 25.3% 美文松 (500 倍) 3 次，或在其生長中期再施用 1 次，可使小菜蛾之三至四齡幼蟲密度分別降低為 1.42-0.41 隻/株與 0.56-0.69 隻/株，直到次代小菜蛾發生時，菜株上之小菜蛾密度才升高至 3.72 與 2.26 隻/株 (圖 1)。因此筆者等認為 9 月底甘藍移植後之 3 至 4 週必須妥為保護，可依農藥殘效之長短施用之，嗣後則利用性誘劑進行雄蛾發生調查或依小菜蛾幼蟲期發育所需積效溫度估算，若在當代成蛾發生盛期再及時施藥 1 次，並注意甘藍收穫後之清園工作，或可達到經濟防治之效果。

掃網與燈光誘集均不適於小菜蛾雌蛾之調查

使用掃網在田間進行地毯式之採集或用煤油燈誘蛾以探測田間小菜蛾成蛾之密度，發現甘藍田植株生長粗硬，而成蛾多棲息於其基部，使用掃網並不理想，因此所掃得之蛾數實不足以估計田間之實際發生量，尤其雄蛾之活動性較強，故掃得或誘得者多屬雄性，因此在掃得或誘得之成蛾中其性比差異極大。如採集田間之小菜蛾蛹而在室內羽化者，其雌雄性比為 1:1，而田間掃網得者則為 1:5.4，燈光誘集者為 1:5.9。如此用掃網或燈光誘集進行田間取樣調查小菜蛾雌蛾之交尾率，甚為不易。若欲採得足夠數量之雌蛾供解剖材料以估計其交尾率，所用方法亦有待改進。

參考文獻

1. 周延鑫 · 1982 · 小菜蛾之性費洛蒙及其利用研究。行政院科技顧問組植物保護研究聯繫協調小組報告：123。行政院農發會印。
2. 徐世傑、王振容 · 1971 · 光週期和溫度對小菜蛾發育及對小繭蜂寄生關係之影響。臺大植物病蟲害學刊 1: 3-36。
3. 錢景秦、邱瑞珍 · 1986 · 小菜蛾性誘劑之田間誘效試驗。1. 性費洛蒙添加物之誘雄效果與性誘劑誘雄距離之探測。中華農業研究 35(4): 521-529。

4. 蘇文瀛、陳秋男・1984・臺灣冬作花椰菜上小菜蛾之經濟防治。植保會刊 26: 41-53。
5. 山田偉雄・1979・コナガ成蟲の交尾習性。應動昆 23: 43-45。
6. 腰原達雄、山田偉雄・1980・コナガの合成性フェロモンおよびその関連化合物の誘引活性。應動昆 24: 6-12。
7. 藤吉臨、宮下和喜、川崎建次郎・1979・合成性フェロモンによるコナガの交尾阻害。應動昆 23: 235-239。
8. Baker P. B., A. M. Shelton, and J. T. Andaloro. 1982. Monitoring of diamondback moth (*Lepidoptera*: Yponomeutidae) in cabbage with pheromones. *J. Econ. Entomol.* 75: 1025-1028.
9. Tamaki Y., K. Kawasaki, H. Yamada, T. Koshihara, N. Osaki, T. Ando, S. Ypshida and H. Kakinohana. 1977. (Z)-11-hexadecenal and (Z)-11-hexadecenyl acetate: sex pheromone components of the diamondback moth (*Lepidoptera*: Plutellidae). *Appl. Ent. Zool.* 12: 208-210.
10. Yang L. C. and Y. S. Chow. 1978. Spermatophore formation and the morphology of the reproductive system of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (*Lepidoptera*: Plutellidae). *Bull. Inst. Zool., Academia Sinica* 17: 109-115.

Field trapping of the diamondback moth, *Plutella xylostella* by using synthetic sex pheromone

II. The effective control and population monitoring of sex pheromone of diamondback moth¹

Ching-chin Chien and Shui-chen Chiu²

Summary

Studies were conducted in cabbage field of the Taiwan Agricultural Research Institute at Wufeng, Taichung during 1980-1982, to determine the potential synthetic sex pheromone trapping for controlling and monitoring diamondback moth (DBM), *Plutella xylostella*.

The results showed that the sex pheromone lure (Z11-16: Ald+Z11-16: Ac+Z11-16: OH, 1:1:0.02) with 50 or 100ug per trap set up a distance as dense as 2.2m (25 traps/100m²) or 4m (15 traps/240m²) apart, were not able to control the subsequent populations of DBM occurred in the field. However, the total number of male moths caught weekly by the traps (50ug/trap) set at 11m apart (1 trap/100m²) showed the correlation with the subsequent populations of the 3rd- and 4th-instar larvae of DBM occurring 2-week later.

The sex pheromone lure did not attract the braconid, *Apanteles plutellae*, a larval parasitoid of DBM.

¹ Contribution No. 1329 from Taiwan Agricultural Research Institute.

² Assistant Entomologist and Senior Entomologist of TARI., Wufeng, Taichung, Taiwan 41301, ROC.