

昆蟲性費洛蒙/誘引劑之研發及應用

顏耀平^{1*} 黃振聲² 洪巧珍²

1 台中縣沙鹿鎮 靜宜大學應用化學系

2 台中縣霧峰鄉 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所組

摘 要

顏耀平*、黃振聲、洪巧珍 2004 昆蟲性費洛蒙/誘引劑之研發及應用 植物保護學會特刊 新6 (植物保護新策略研討會專刊) : 87-106

斜紋夜蛾、甜菜夜蛾、甘藷蟻象、柑桔潛葉蛾、荔枝細蛾、桃蚜、甘蔗櫛叩頭蟲、楊桃花姬捲葉蛾及瓜、果實蠅等為台灣多種作物的重要害蟲。為了要有效防治此等害蟲，並顧及農藥殘留、環境污染和害蟲抗藥性之增加等問題，乃利用昆蟲性費洛蒙或誘引劑之無毒特性，應用於蟲害綜合防治體系，以降低農藥的使用量並減少農藥之副作用，經數年之努力，已陸續研發出上述十種害蟲之性費洛蒙或誘引劑之新合成方法或成分分離鑑定。除了改良傳統複雜的方法外，並提高其產率，降低其成本。所合成之斜紋夜蛾、甜菜夜蛾和甘藷蟻象之性費洛蒙已被推廣應用於蔬菜、花卉、草莓和甘藷等作物；荔枝細蛾的性誘引劑也供作鑑定和偵測細蛾發生之工具；楊桃花姬捲葉蛾性費洛蒙可供偵測、大量誘殺及干擾劑之利用；桃蚜之警戒費洛蒙可增加殺蟲劑對桃蚜之藥效；甘蔗櫛叩頭蟲之性誘引劑亦可有效防治叩頭蟲。而瓜、果實蠅之新穎誘雌誘引物質之開發與應用刻正積極進行中。

(關鍵詞：性費洛蒙、誘引劑、台灣)

緒 言

由於殺蟲劑長期被大量使用來防治蟲害的發生，雖然保護了農作物，但也衍生了許多不良的副作用，諸如：抗藥性害蟲的增加、天敵及非標的生物之傷害，促使主要害蟲重覆發生及次要害蟲容易猖獗；而殺蟲劑多具長效性及生物蓄積性，更容易帶來生態平衡之破壞，環境污染及殘毒等問題。因此利用無毒性的昆蟲性費洛蒙或誘引劑來取代殺蟲劑，逐漸受到很大的重視。本研究室數十年來在農委會及防檢局的資助下，與農業藥物毒物試驗所密切合作，陸續研發出數種台

* 通訊作者。E-mail: ypyen@pu.edu.tw

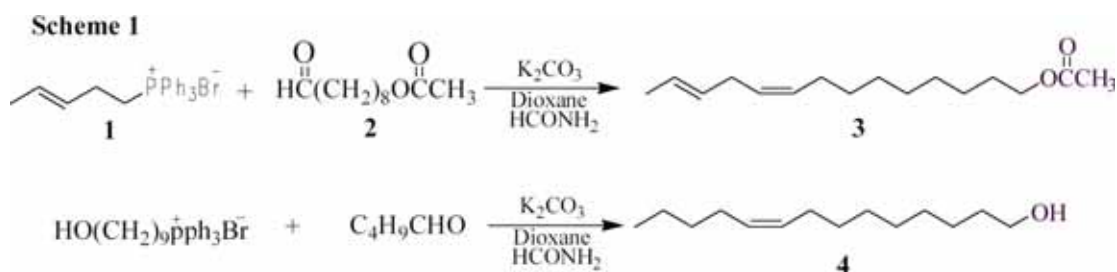
灣重要害蟲的性費洛蒙或誘引劑，如斜紋夜蛾、甜菜夜蛾、甘藷蟻象、柑桔潛葉蛾、荔枝細蛾、桃蚜、甘蔗櫛叩頭蟲、楊桃花姬捲葉蛾及瓜、果實蠅的性費洛蒙或誘引劑。其中甘藷蟻象、甜菜與斜紋夜蛾、及楊桃花姬捲葉蛾的性費洛蒙已被大量推廣應用。本文謹就十幾年來本研究室對昆蟲性費洛蒙/誘引劑之研發與應用之成果作一簡要報告，提供大家參考。

昆蟲性費洛蒙/誘引劑之研發及應用

一、甜菜夜蛾(*Spodoptera exigua* Hübner)性費洛蒙

甜菜夜蛾為台灣嚴重的農業害蟲，其危害蔬菜、雜糧、苗圃乃至特用作物，每年可發生十一代之多。1983年 Mitchell 等人⁽¹⁷⁾發現(Z,E)-9,12-tetradecadienyl acetate (簡稱(Z,E)-9,12-TDDA)，和(Z)-9-tetradecenol (簡稱(Z)-9-TDOL)，為甜菜夜蛾的性費洛蒙成分，二者以 10:1 混合為最佳之誘引效果，前者同時亦為斜紋夜蛾(*Spodoptera litura* (F.))的性費洛蒙成分之一。為了要利用此性費洛蒙來協助防治甜菜夜蛾，因此本研究室研發出一新的簡便合成方法，來合成上述兩種化合物。以(E)-3-pentenyltriphenylphosphonium bromide (1)和 9-acetoxy-1-nonal (2)在碳酸鉀、1,4-二氧陸園和甲醯胺之催化作用下，可得到高產率的(Z,E)-9,12-tetradecadienyl acetate (3)。此方法不只操作簡單、安全，可取代傳統複雜的合成方法，亦可用來合成另一成分(Z)-9-tetradecanol (4)(Scheme 1)⁽⁷⁾。

自行合成的性費洛蒙與外購品和處女蛾對甜菜夜蛾的誘蟲效果相比較如表一。在二個月的誘蟲期間，自製的性費洛蒙，其誘蟲數較單隻處女蛾高數十倍以上，與外購品比較其誘蟲效果也不遜色。因此，這種簡便安全的合成方法，值得供參考應用。



二、甘藷蟻象(*Cylas formicarius elegantulus* (Summers))性費洛蒙

蟻象是甘藷生育與儲藏期間最關鍵的害蟲，多潛藏於甘藷田土壤與葉蔓之間，嚙食莖葉或藷塊，造成藷塊變黑褐色、木質化、發臭不能食用。一般殺蟲劑很難對潛藏土中的蟻象發揮有效的防治。Heath 等人⁽¹²⁾曾鑑定蟻象性費洛蒙為(Z)-3-dodecen-1-ol(E)-2-butenolate (7)。由於食用甘藷的價值漸高，因此蟻象的防治也漸受重視，利用蟻象性費洛蒙來防治蟻象是一合乎生態安全的考量。本研究室乃根據文獻方法提出另一修飾改良的合成方法，以安全性高的 DMPU (1,3-dimethyl-3,4,5,6-tetrahydro-2(1H)-pyrimidinone)來代替有致癌性的 HMPT

表一、甜菜夜蛾合成性費洛蒙及處女蛾於蔥田之誘蟲效果

Table 1. Numbers of *Spodoptera exigua* males captured in traps baited with synthetic sex pheromone and virgin females in a scallion field at Ta-an

Treatment	No. of males captured on the indicated date ⁴⁾													Total avg. per trap
	Dec. 1986		Jan. 1987					Feb.						
	30	6	8	12	15	19	22	26	3	7	10	17	25	
A ¹⁾	193	187	77	106	39	102	48	42	104	44	61	201	161	341
B ²⁾	157	140	40	52	27	38	16	14	91	68	76	183	215	279
C ³⁾	-	-	0	8	1	0	3	0	1	1	1	-	-	-

¹⁾ A: 500 µg (Z,E)-9,12-TDDA + 50 µg (Z)-9-TDOL. Both components were synthesized.

²⁾ B: 500 µg (Z,E)-9,12-TDDA, purchased from Sigma Company + 50 µg (Z)-9-TDOL, synthesized.

³⁾ C: One-female-baited trap was used as control during Jan. 6 to Feb. 10, 1987.

⁴⁾ Values are total numbers collected in 4 traps.

(hexamethylphosphoric triamide)，並加入路易士酸 (BF₃OEt₂) 以提高其產率。合成方法以 1-decyne 為起始物，在丁基鉀強鹼下，陸續逐一加入 ethylene oxide、DMPU 和 BF₃OEt₂ 反應後，即可生成高產率的中間產物 **5**。**5** 經氫化還原會生成 (Z)-3-dodecen-1-ol (**6**)，**6** 再與 (E)-crotonyl chloride 作用即可生成產物 **7** (Scheme 2)⁽⁶⁾。

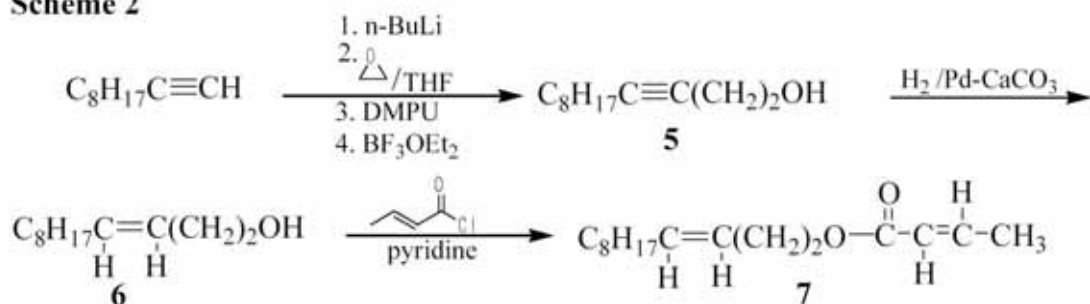
將 1 mg 的蟻象性費洛蒙合成品裝填於塑膠微管中並置於誘捕器內，室內以圓形轉盤檢定法檢測其誘捕活性，並與 20 隻處女蟲相比較，合成品之誘捕力約為後者的 10 倍之多，顯示出合成品具有相當應用潛力；另於田間試驗亦顯現優異誘引效果 (表二)。

三、柑桔潛葉蛾 (*Phyllocnistis citrella* Stainton) 性費洛蒙

柑桔潛葉蛾為柑桔的重要害蟲，Ando 等人⁽⁸⁾曾報導 (7Z,11Z)-hexadecadienal (**14**) 為其性費洛蒙成分，但未報導合成的方法。本研究室乃根據其化學結構式發展一新的合成策略，利用 (C₆ + C₃) + C₇ 的合成途徑來合成。以 1-hexyne 為起始物在強鹼下先與 oxetane 作用，生成 4-nonyl-1-ol (**8**)，**8** 經氫化還原成 (Z)-4-nonen-1-ol (**9**) 後，再與 TsCl 及 NaI 作用生成相對應的 1-iodo-4-nonen (**10**)。為了要引入另一個雙鍵部分 (C₇)，得先將 **10** 與 triphenyl phosphine 作用生成 Wittig 試劑 **11**，再與丁基鉀及 7-oxoheptyltetrahydropyranyl ether (**12**) 作用生成 (7Z,11Z)-hexadecadien-1-ol tetrahydropyranyl ether (**13**)，經去掉保護基再經 PCC 氧化即可生成產物 **14** (Scheme 3)⁽²⁰⁾。

曾將 1 mg 的 (7Z,11Z)-hexadecadienal 裝填於塑膠微管或橡皮帽中，並置於田間檢測對柑桔潛葉蛾誘蟲活性，可惜其誘引活性不佳。因此我們懷疑其性費洛蒙成分可能不只這種成分，亦可能台灣的柑桔潛葉蛾之蟲種與日本不同，此有待進一步探討。

Scheme 2



表二、不同劑型的甘藷蟻象性費洛蒙對雄蟲之誘捕效果 (田間結果)

Table 2. Response of *Cylas formicarius elegantulus* males to various formulations of synthetic sex pheromones in the field

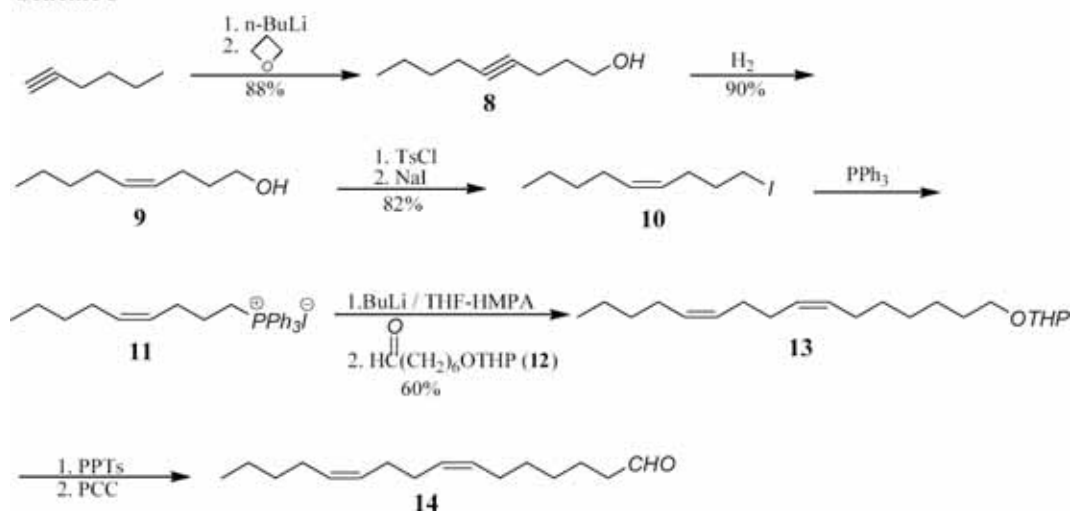
Test	Lure	Percent (%) of total males attracted ¹⁾
1	1 mg in rubber septa	33.5±5.2 ab ²⁾
	2 mg in rubber septa	27.8±6.5 b
	4 mg in rubber septa	38.6±8.6 a
	20 ♀♀	0.02±0.02 c
	Blank (sweetpotato)	0 c
Total males attracted ¹⁾		29,471.0±17,997.6
2	110 µg in microtube	34.7±3.5
	1000 µg in microtube	65.3±3.5 ³⁾
	Total males attracted ¹⁾	21,228.3±1601.5

¹⁾ Mean±S.D. derived from 4 and 3 trials for 1 and 2 tests, respectively.

²⁾ Data were arc sine-transformed to \sqrt{x} prior to analysis, and means followed by the same letter do not significantly differ at the 5% level by DMRT.

³⁾ Significant difference between means at the 5% level by *t*-test.

Scheme 3

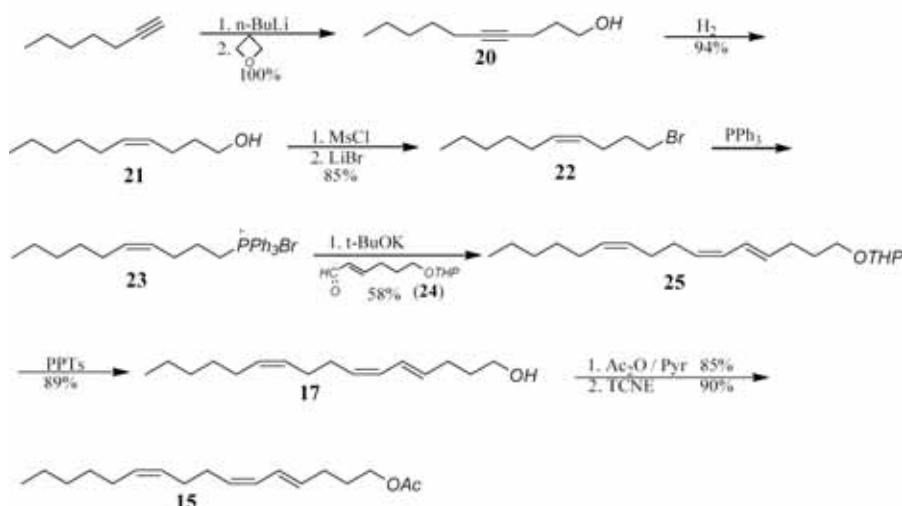


四、荔枝細蛾(*Conopomorpha sinensis* Bradley)之性誘引劑

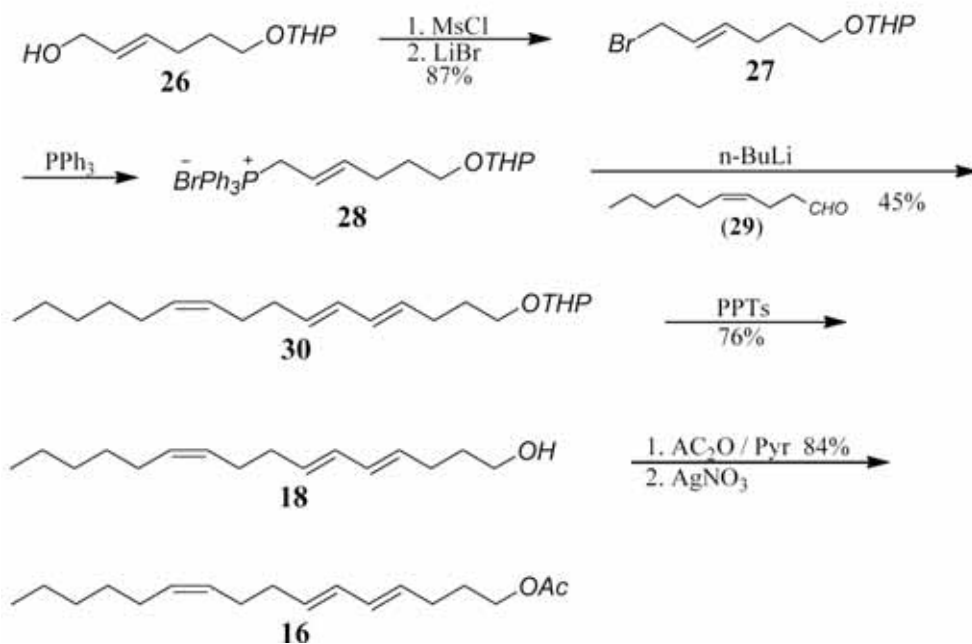
荔枝細蛾主要危害荔枝與龍眼的新梢及果實，造成嚴重落果及鮮果蒂部含蟲現象，故又名“荔枝蒂蛀蟲”。由於果農喜用長效性農藥來防治，易造成農藥殘留，影響荔枝外銷檢疫及食用者之安全。因此如能利用性誘引劑來發展荔枝細蛾的誘捕偵測系統，將有助於提高其防治效果。

Beevor 等人⁽¹⁰⁾ 曾自雌性可可細蛾 *C. cramerella* (Snellen) 分離鑑定出五種性費洛蒙成分：*(E,Z,Z)*-4,6,10-hexadecatrienyl acetate (**15**)、*(E,E,Z)*-4,6,10-hexadecatrienyl acetate (**16**)、*(E,Z,Z)*-4,6,10-hexadecatrien-1-ol (**17**)、*(E,E,Z)*-4,6,10-hexadecatrien-1-ol (**18**)、和 n-hexadecanol (**19**)。由於可可細蛾與荔枝細蛾係同屬近緣種類，因此嘗試合成上述五種成分，供進行荔枝細蛾之誘蟲試驗，期能找出荔枝細蛾之性誘引劑配方。又由於上述五種成分，尚未有詳細的合成步驟，因此乃研發出兩個新的簡便、高產率的合成方法，來分別合成*(E,Z,Z)*和*(E,E,Z)*之異構物。**15** 和 **17** 之合成策略乃利用(C₇ + C₃) + C₆的途徑，首先自 1-heptyne 與 oxetane 作用先合成十個碳的中間產物 4-decyn-1-ol (**20**)，再經氫化還原成*(Z)*-4-decen-1-ol (**21**)。**21** 與 MsCl 與 LiBr 作用生成相對應的溴化物 **22**。**22** 與 triphenyl phosphine 作用會生成 Wittig salt **23**。**23** 在強鹼下與 6-[(tetrahydropyranyl)oxy]-2-hexenal (**24**)反應會生成 **25**。**25** 經去掉保護基後，生成*(E,Z,Z)*-4,6,10-hexadecatrien-1-ol (**17**)，**17** 再與 acetic anhydride 作用則會生成*(E,Z,Z)*-4,6,10-hexadecatrienyl acetate (**15**) (Scheme 4)⁽²¹⁾。另外*(E,E,Z)*-4,6,10-hexadecatrienyl acetate (**16**)和*(E,E,Z)*-4,6,10-hexadecatrien-1-ol (**18**)的合成乃根據另一(C₆ + C₁₀)的途徑，由 6-[(tetrahydropyranyl)oxy]-2-hexen-1-ol (**26**)當起使物，藉與 MsCl 和 LiBr 作用，可先改變成相對應的溴化物 **27**，**27** 再與 triphenyl phosphine 作用生成 Wittig salt **28**。**28** 在強鹼下與*(Z)*-4-decenal (**29**)作用可生成 1-[(tetrahydropyranyl)oxy]-*(E,E,Z)*-4,6,10-hexadecatriene (**30**)。**30** 經除去保護基即可生成*(E,E,Z)*-4,6,10-hexadecatrien-1-ol (**18**)。**18** 與 acetate anhydride 作用，再經硝酸銀分離即可得到純的*(E,E,Z)*-4,6,10-hexadecatrienyl acetate (**16**) (Scheme 5)⁽²¹⁾。

Scheme 4



Scheme 5



利用上述五種成分調配成 2 mg 的荔枝細蛾誘蟲配方，其誘引力較 2 隻處女蛾強，且持效性可達 3 個月(表三及四)⁽²⁾。

表三、不同配方的荔枝細蛾性誘引劑對雄蛾之誘引力

Table 3. Attraction of different blend ratios of sex attractants to *Conopomorpha sinensis* males (trapping period: June 30 to Aug. 18, 1993)

Blend ratio ¹⁾	Percent (%) of total males trapped ²⁾
15 : 16 = 40 : 60	43.6 ± 30.4 b
17 : 18 = 40 : 60	0
19 = 100	0
15 : 16 : 17 : 18 : 19 = 40 : 60 : 4 : 6 : 10	56.2 ± 30.7 b
2 virgin females	0.2 ± 0.3 a
Blank	0
Total males trapped	75.7 ± 81.1

¹⁾ (*E,Z,Z*)-4,6,10-hexadecatrienyl acetate (**15**) (*E,E,Z*)-4,6,10-hexadecatrienyl acetate (**16**) (*E,Z,Z*)-4,6,10-hexadecatrien-1-ol (**17**) (*E,E,Z*)-4,6,10-hexadecatrien-1-ol (**18**) and n-hexadecanol (**19**).

²⁾ The mean ± S.D. was derived from 3 replicates. Data were arc sine-transformed to \sqrt{x} prior to analysis, and means followed by the same letter do not significantly differ at the 5% level by DMRT.

表四、不同劑量的荔枝細蛾性誘引劑對雄蛾之誘引力

Table 4. Attraction of different doses of sex attractant to *Conopomorpha sinensis* males (trapping period: July 26 to Sept. 1, 1993)

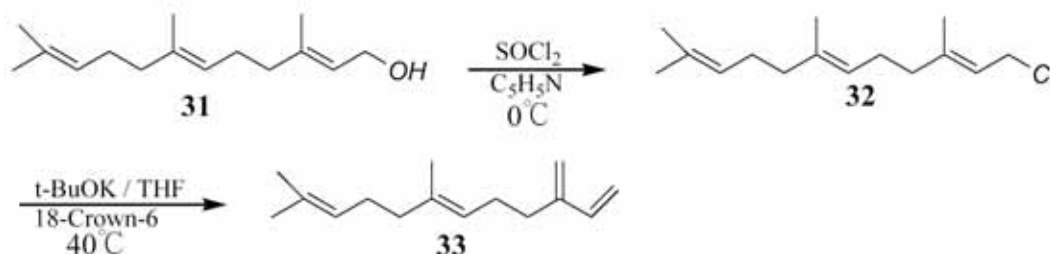
Dose	Percent (%) of total males trapped ¹⁾
1 mg	7.7 ± 9.3 ab
2 mg	34.5 ± 21.1 b
4 mg	24.8 ± 18.4 ab
8 mg	29.7 ± 32.3 b
Blank	3.4 ± 4.0 a
Total males trapped	14.0 ± 3.2

¹⁾ Refer to table 3 with the exception mean ± S.D. which was derived from 4 replicates.

五、桃蚜(*Myzus persicae* Sulzer)警戒費洛蒙

桃蚜是台灣植物保護極感困擾的害蟲之一，因其取食多種作物的嫩莖新梢，並可傳播多種病毒病，影響作物生產甚鉅。蚜蟲受干擾時會分泌警戒費洛蒙，促使周圍其它蚜蟲從定著處逃散，甚至從棲息的葉片上掉下，此種警戒費洛蒙已被分離鑑定為 β -farnesene (EBF)^(9, 11)。為了要探討桃蚜對警戒費洛蒙反應之行爲，及加入少量的警戒費洛蒙於殺蟲劑中，是否會增強其防治效果，乃研究合成 β -farnesene。其合成步驟依文獻方法⁽¹⁶⁾，以(*E,E*)-farnesol (**31**)為起始物，與 thionyl chloride 作用生成相對應的氯化物 **32**，再經強鹼 t-BuOK 及 18-crown-6 當相轉移劑作用，即可合成 β -farnesene (**33**)(Scheme 6)⁽¹⁶⁾。

Scheme 6



以 1%的(*E*)- β -farnesene 與殺蟲劑的推薦濃度混合使用時，對桃蚜毒殺效果較單獨使用殺蟲劑為佳，其增效幅度最高可達 25.3-33.8%(表五及六)⁽¹⁾。另外警戒費洛蒙與殺蟲劑混用後對桃蚜的殺蟲效果與單獨提高殺蟲劑 2 倍濃度之藥效相當。此警戒費洛蒙與殺蟲劑混合使用後之所以能增強藥效，其原因可能是警戒費洛蒙會促使藏匿在縫隙而避開藥劑的蚜蟲，受干擾後爬出藏匿處，而增加接觸藥劑機會。

表五、馬拉松混合 EBF 對桃蚜成蟲之殺蟲效果

Table 5. Efficacy of malathion mixed with EBF for the control of *Myzus persicae* adults

Treatment			Percent (%) of mortality ¹⁾
50%	Malathion E.C.	1500x	
	+ 1%	EBF	69.3 ± 9.7 cd
	+ 0.1%	EBF	60.3 ± 9.6 bcd
	+ 0.01%	EBF	49.9 ± 16.4 b
50%	Malathion E.C.	1500x	55.3 ± 13.2 bc
50%	Malathion E.C.	750x	74.0 ± 11.5 d
CK	(water)		6.6 ± 5.1 a

¹⁾ The mean ± S.D. was derived from 5 replicates. Data were arc sine-transformed to \sqrt{x} prior to analysis, and means followed by the same letter do not significantly differ at the 5% level by DMRT.

表六、比加普混合 EBF 對桃蚜成蟲之殺蟲效果

Table 6. Efficacy of pirimicarb mixed with EBF for the control of *Myzus persicae* adults

Treatment			Percent (%) of mortality ¹⁾
50%	Pirimicarb E.C.	16000x	
	+ 1%	EBF	95.0 ± 3.9 d
	+ 0.1%	EBF	91.9 ± 6.2 cd
	+ 0.01%	EBF	83.0 ± 8.8 bc
50%	Pirimicarb E.C.	16000x	71.0 ± 3.6b
50%	Pirimicarb E.C.	8000x	88.8 ± 9.0 cd
CK	(water)		6.0 ± 5.2 a

¹⁾Footnotes are the same as in table 5.

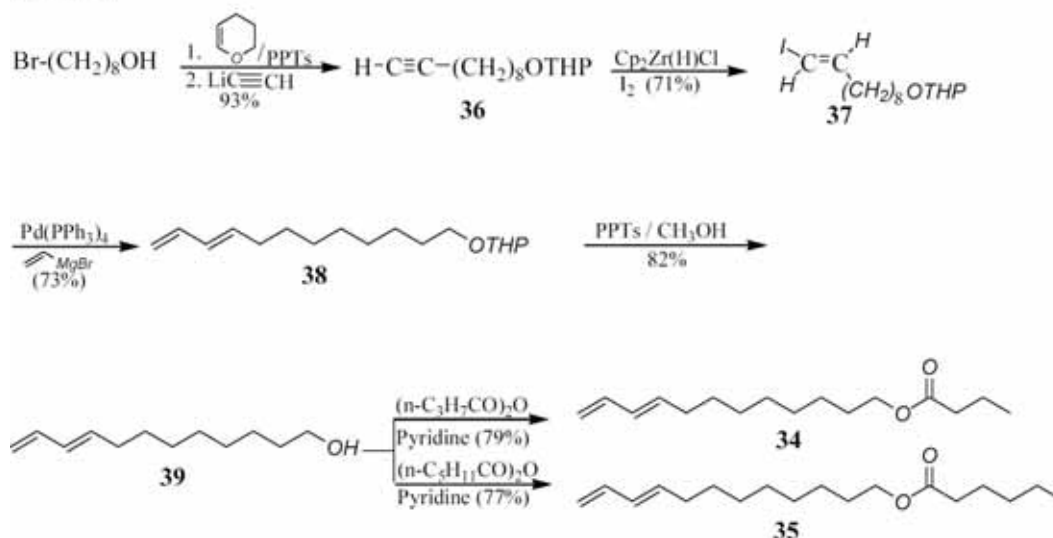
六、甘蔗櫛叩頭蟲 (*Melanotus tamsuyensis* Bates) 之性誘引劑

甘蔗櫛叩頭蟲俗稱金針蟲，危害蔗苗的芽及根帶，使其不能發芽；對生長莖則危害地下部，影響甘蔗生長，嚴重時即無法留宿根。Setokuchi⁽¹⁸⁾和 Tamaki⁽¹⁹⁾等人曾報導(*E*)-9.11-dodecadienyl butylate (**34**)和(*E*)-9.11-dodecadienyl hexanoate (**35**)為此蟲之性誘引劑成分。然而由於他們只報導田間誘引活性，並沒有合成方法，因此我們利用 hydrozirconation 方法及偶合方法來合成上述兩種成分。以 8-bromo-1-octanol 當起始物，先與 2,3-dihydropyran 作用，將-OH 保護起來，再與 lithium acetylide 作用生成 1-(2-tetrahydropyranloxy)-9-decyne (**36**)。36 與 zirconocene chloride hydride 和碘作用進行 hydrozirconation 會生成 (*E*)-10-iodo-1-(2-tetrahydropyranloxy)-9-decene (**37**)。37 再與 vinylmagnesium

bromide 在 $\text{Pd}(\text{PPh}_3)_4$ 催化下偶合成 (*E*)-1-(2-tetrahydropyranyloxy)-9,11-dodecadiene (**38**)。除去保護基會生成 (*E*)-9,11-dodecadien-1-ol (**39**)。最後 **39** 分別與 *n*-butyric anhydride or *n*-caproic anhydride 作用會分別生成產物 **34** 和 **35** (Scheme 7)⁽²²⁾。

將成分 **34** 和 **35** 調配成甘蔗櫛叩頭蟲性誘引劑，應用於甘蔗田中，其誘引效果相當良好。

Scheme 7

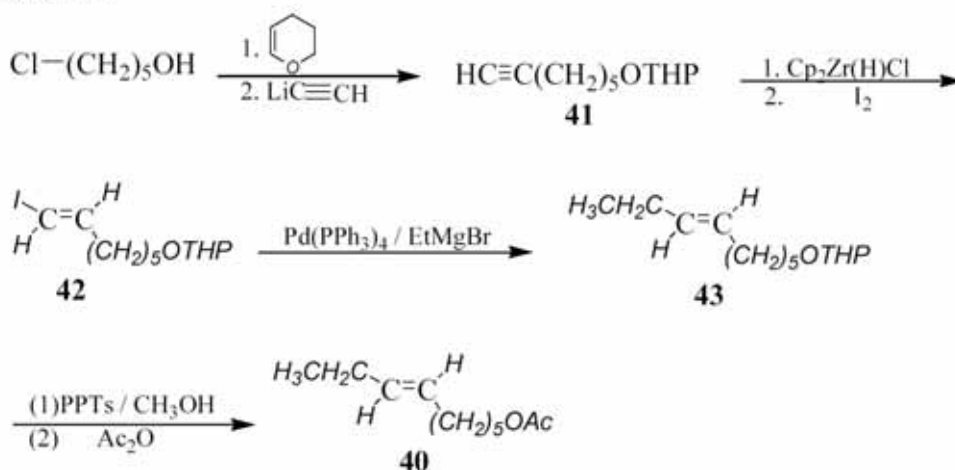


七、雌性瓜實蠅(*Bactrocera cucurbitae* (Coquillett))之性誘引劑

瓜實蠅是世界性分布的重要害蟲，危害各種瓜類，成蟲產卵於瓜果皮上，幼蟲蛀食果肉，使果實畸形腐爛不堪食用，影響各種瓜果的產量及品質甚鉅，且造成瓜果外銷檢疫之難題。Jacobson 等人⁽¹⁴⁾曾報導 (*E*)-6-nonenyl acetate (**40**) 為雌性瓜實蠅的誘引劑，Keiser 等人⁽¹⁵⁾也曾發現 (*E*)-6-nonenyl acetate 會促進雌蟲產卵。爲了要防治瓜實蠅的危害，因此我們發展合成 (*E*)-6-nonenyl acetate 來誘捕雌成蟲。利用類似於甘蔗櫛叩頭蟲性誘引劑的合成方法，以 5-chloro-1-pentanol 當起始物先合成 1-(2-tetrahydropyranyloxy)-6-heptyne (**41**)，再經 hydrozirconation 合成 (*E*)-7-iodo-1-(2-tetrahydropyranyloxy)-6-heptene (**42**)，**42** 再與 ethylmagnesium bromide 在 $\text{Pd}(\text{PPh}_3)_4$ 催化下偶合成 (*E*)-1-(2-tetrahydropyranyloxy)-6-none (**43**)。去掉保護基，再與 acetic anhydride 作用，即可生成 (*E*)-6-nonenyl acetate (**40**) (Scheme 8)⁽²³⁾。應用相同方法，我們也合成了其同系物 (*E*)-7-decenyl acetate 和 (*E*)-7-dodecenyl acetate。

可惜 (*E*)-6-nonenyl acetate 及其同系物對瓜實蠅之誘雌活性不顯著(如表七)⁽³⁾，我們懷疑，彼等所鑑定的性誘引劑成分是否正確，仍有待進一步探討。

Scheme 8



表七、網室內檢測 nonenyl acetate 同系物對瓜實蠅之誘引性

Table 7. Attractiveness of synthetic homologs of nonenyl acetate to female melon flies in a test in a net house

Attractant	Percent (%) of total females released ¹⁾
(E)-6-nonenyl acetate 300 μl	$2.2 \pm 1.5 \text{ a}^{2)}$
(E)-7-decenyl acetate 300 μl	$0.8 \pm 1.5 \text{ a}$
(E)-7-dodecenyl acetate 300 μl	$1.8 \pm 2.0 \text{ a}$
Blank	$1.0 \pm 1.0 \text{ a}$

¹⁾ One hundred 15-day-old mated female melon flies were released into the net house.

²⁾ The mean \pm S.D. was derived from 5 replicates. Data were arc sine- transformed to \sqrt{x} prior to analysis, and means followed by the same letter do not significantly different at 5% level by DMRT.

八、楊桃花姬捲葉蛾 (*Eucosma notanthes* Meyrick) 性費洛蒙成分之分離鑑定

楊桃花姬捲葉蛾是台灣危害楊桃的主要害蟲，一年有八代之多，雌蛾產卵於果實表面，幼蟲穿入內部，造成不堪食用或落果，農民習以噴藥或套袋來防治蟲害。早期在室內及田間發現(Z)-8-dodecenyl acetate 能誘引楊桃花姬捲葉蛾之雄蟲⁽⁴⁾，因此推測(Z)-8-dodecenyl acetate 可能為其性費洛蒙之主要成分，但真正的性費洛蒙成分，則未被探討過。因此我們乃將雌蟲的性費洛蒙腺體浸泡於 n-hexane 中，經萃取、濃縮步驟，再藉由 GC 及 GC/MS 來分析，同時也與已知化合物 (Z)-8-dodecenyl acetate 的 GC 滯留時間及質譜圖相比對鑑定。分析結果發現除了有上述之 (Z)-8-dodecenyl acetate 外，尚有另一個主要成分 (Z)-8-dodecenyl alcohol，而且兩者之比例約為 1/2.7 (如圖一)。但應用於田間之最佳配方，以 1:1 之比例其誘捕效果最好⁽¹³⁾。

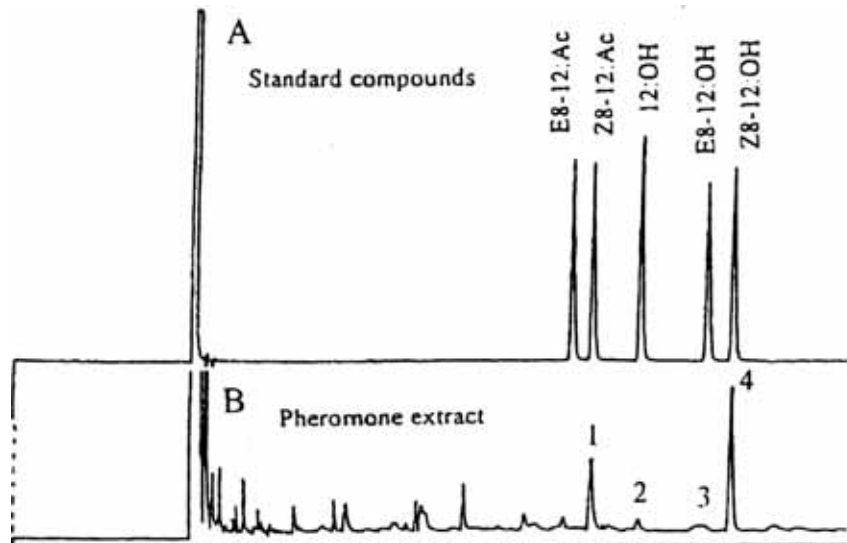


Fig. 1. Comparative GC chromatograms of pheromone extracts produced by females of *Eucosma notanthes* and authentic compounds.

九、東方果實蠅 (*Bactrocera dorsalis* (Hendel)) 之食物/產卵誘引物質

東方果實蠅是東南亞及太平洋地區重要的果樹害蟲，危害台灣的果樹如番石榴、楊桃、芒果、蓮霧、柑桔、枇杷、桃、梨、和李等最為嚴重，周年皆可見其為害。成蟲產卵於果皮內，幼蟲蛀食果肉，使果實畸形或腐爛，不堪食用，影響各種水果之產量及品質甚鉅，造成水果外銷檢疫之難題。果實蠅之防治往昔曾採用藥劑防治、釋放不孕性昆蟲、清園、套袋法、含毒甲基丁香油滅雄法、以及含毒蛋白質水解物或糖蜜等食物誘殺法。惟各種防治方法各有優缺點，且常會引發不良副作用，包括抗藥性與殘毒問題，套袋工資成本高昂。而甲基丁香油只能誘殺雄成蟲，對直接產卵危害果實的雌成蟲無直接誘殺的作用，常使果園在結果期間，果實蠅族群密度升高時，無法立即有效的降低果實被害率，因此如能發展出同時能誘殺雌成蟲和雄成蟲的誘引劑，將可有效地降低果實蠅田間族群密度，減少果實被害率。

自然環境中，果實蠅會受到各種果實所散發出來的氣味引誘前來取食、產卵，因此如能自其誘引果實中去萃取、分離並分析鑑定其所含的有效誘引成分，將可研發出果實蠅之誘引劑。文獻⁽³⁾報告番石榴果實對果實蠅的誘引力頗佳，因此乃以 SPME (Solid-phase microextraction) 方法自番石榴果實中萃取揮發性成分，再經 GC 以 HP-5 及 carbowax 20 M 二種層析管柱來分析，所得之滯留時間及面積如表八所示。進一步以 GC-MS 利用相同的層析管柱分析所得之資料亦如表八。

曾於網室內檢測表八中番石榴成分單成分對果實蠅之誘引活性，結果以 β -caryophyllene、ethyl butyrate、ethyl acetate、methyl acetate 及 ethyl propionate 對果實蠅雌、雄成蟲較具誘引力，其中以 ethyl acetate 和 β -caryophyllene 的誘引力較佳⁽⁵⁾。又將上述分析所得之 24 種番石榴果實揮發性成分調配成各種複成分

配方如表九，並檢測對果實蠅之誘引效果。表十結果顯示多種供試複成分配方中以 Yen-C、Yen-K、Yen-M 及 Yen-O 四種配方對果實蠅雌、雄成蟲較具有誘引力。表十一顯示 JGS1、JGS3 及 Yen-C 三種配方較具誘引力，而 JGS1 和 JGS7 配方之誘引力較 Yen-C、ethyl acetate 及其他配方高 2-3 倍以上。未來依據化學分析所得番石榴果實中揮發性成分及目前調配並檢測具誘引性複成分配方資料與結果，將可再調配改良複成分配方的誘引性。

表八、番石榴果實中之揮發性成分以 SPME 法萃取並以 GC 及 GC-MS 兩種層析管柱分析所得圖譜之滯留時間與面積

Table 8. Retention time and area of volatile components of guava fruit isolated by the SPME method and analyzed by GC and GC-MS with HP-5 and Carbowax 20M columns

Peak no.	Component ¹⁾	HP-5 column			Carbowax 20M column		
		R _f (min)	Area (%)	R _f (min) ²⁾	R _f (min)	Area (%)	R _f (min) ²⁾
1	Ethanol	2.921	0.58	1.773	9.427	1.02 c ³⁾	3.634
2	Acetone	3.082	4.04	1.881	6.099	0.32	2.642
3	Methyl acetate	3.203	0.70	2.000	--	--	--
4	Butanal	3.848	1.45	2.316	--	--	--
5	Ethyl acetate	4.034	6.14	2.712	7.989	1.25	2.908
6	2-Ethylfuran	5.915	0.79	3.881	9.427	1.02 c ³⁾	3.150
7	Toluene	8.392	0.96	6.000	12.608	2.75 d ³⁾	4.901
8	Z-3-Hexenal	10.054	7.29 a ³⁾	7.292	18.199	5.31	7.422
9	Hexanal	10.139	32.97 a ³⁾	7.361	14.736	22.12 e ³⁾	5.121
10	Ethyl butyrate	10.218	6.18	7.732	12.311	1.80	4.224
11	E-2-Hexenal	13.394	1.81	10.409	23.001	2.48	10.693
12	Z-3-Hexen-1-ol	13.695	0.94	10.973	36.879	2.45	22.575
13	Hexanol	14.781	0.62	11.612	34.871	2.71	20.870
14	α-Pinene	19.078	0.48	15.674	12.608	2.75 d ³⁾	4.897
15	Benzaldehyde	21.456	0.18	17.602	45.236	0.17	31.182
16	β-Pinene	22.346	2.43	18.344	14.736	22.12 e ³⁾	5.823
17	Ethyl hexanoate	24.747	2.88	20.919	25.355	0.53	12.742
18	Z-3-Hexenyl acetate	25.388	12.19	21.510	31.630	19.14	17.600
19	Hexyl acetate	25.879	1.93	22.134	27.695	1.18	14.769
20	Limonene	26.654	0.97 b ³⁾	22.775	20.889	1.04	8.275
21	Cineol	26.854	0.44 b ³⁾	22.932	21.963	0.89	9.493
22	Ocimene	27.694	2.07	23.748	24.706	1.72	11.548
23	3-Phenylpropyl acetate	51.099	0.37	47.000	59.871	1.75	52.032
24	β-Caryophyllene	52.641	5.01	49.957	49.820	8.52	35.672

¹⁾ Components are arranged in the order of their retention times in the HP-5 column.

²⁾ R_f (min) is from GC-MS.

³⁾ a, b, c, d, and e indicate that the areas overlapped, and values followed by a and b were estimated.

結語及展望

利用性費洛蒙/誘引劑來防治害蟲是種高科技，而性費洛蒙/誘引劑（化學傳訊素），從基礎研究到實際利用，涵蓋的學門範圍相當廣泛，包括化學、生物學、生態學、行爲學、蟲害防治學等，需要研究的項目及開發的技術亦極為繁雜，須要多種學門的研究人員，長期持續地通力合作始能成功。希望將來臺灣性費洛蒙/誘引劑之研發與應用，在有志之士共同努力合作研究與推廣之下，能有更大的發展，而能使性費洛蒙及其類似物在台灣的植物檢疫與防疫及蟲害管理體系中，未來能扮演更重要的角色，提供更適切、成功的應用途徑，以促進殺蟲劑更合理的使用，並確保生態環境的品質。

表九之一、番石榴果實中揮發性成分配製成各種不同誘引劑配方之組成成分比例(mL)
Table 9-1. Chemical composition ratio of different attractants prepared from volatile components of guava fruit for the oriental fruit fly (ml)

No.	Component	Yen-A	Yen-B	Yen-C	Yen-D	Yen-E	Yen-F	Yen-G	Yen-H
1	Ethanol	--	--	6.36	5.31	5.31	5.31	3.18	3.18
5	Ethyl acetate	--	--	6.48	5.39	5.39	5.39	3.24	3.24
8	Hexanal	--	--	0.84	--	0.7	--	0.42	0.42
9	Ethyl butyrate	0.75	1	2.16	1.78	1.78	1.78	1.08	1.08
10	<i>E</i> -2-Hexenal	--	--	--	--	--	--	1.07	1.07
11	<i>Z</i> -3-Hexen-1-ol	--	--	0.24	--	0.2	--	0.12	0.12
12	Hexanol	--	--	--	--	--	--	0.1	0.1
15	Ethyl hexanoate	1	1	3.84	--	0.39	--	1.92	1.92
16	<i>Z</i> -3-Hexenyl acetate	--	--	0.12	--	0.1	--	0.06	0.06
17	Hexyl acetate	--	--	--	2.0	2.0	--	--	--
22	3-Phenylpropyl acetate	--	--	--	2.0	2.0	--	--	--
23	β -Caryophyllene	1	1	0.12	--	0.1	--	0.06	0.06
24	Ethyl octanoate	--	--	0.48	0.39	0.39	0.39	0.24	0.24
27	Myrcene	--	--	0.72	0.56	0.56	0.56	0.36	0.36
28	Methyl acetate	0.5	0.1	--	--	--	--	--	--
32	Acetoin	--	--	--	--	--	--	--	0.4
35	2-methyl propyl acetate	--	--	--	0.2	0.2	--	--	--
37	Benzaldehyde	--	--	--	0.2	0.2	--	--	--
38	β -Ionone	--	--	--	0.2	0.2	--	--	--

表九之二、番石榴果實中揮發性成分配製成各種不同誘引劑配方之組成成分比例(mL)

Table 9-2. Chemical composition ratio of different attractants prepared from volatile components of guava fruit for the oriental fruit fly (ml)

No.	Component	Yen-I	Yen-J	Yen-K	Yen-L	Yen-M	Yen-N	Yen-O	Yen-2000
1	Ethanol	3.18	3.18	6.36	0.19	--	--	--	--
5	Ethyl acetate	3.24	3.24	6.48	1.94	--	--	--	11.4
8	Hexanal	0.42	0.42	0.84	3.72	--	1.27	--	10.6
9	Ethyl butyrate	1.08	1.08	2.16	1.68	0.07	--	0.07	3.8
10	<i>E</i> -2-Hexenal	1.07	1.07	--	0.07	0.18	2.32	0.18	6.1
11	<i>Z</i> -3-Hexen-1-ol	0.12	0.12	0.24	--	2.42	2.21	2.42	3.8
12	Hexanol	0.1	0.1	--	--	0.67	0.78	0.67	3
13	α -Pinene	--	--	--	1.53	0.14	0.13	0.14	--
15	Ethyl hexanoate	1.92	1.92	3.84	0.24	--	--	--	16.7
16	<i>Z</i> -3-Hexenyl acetate	0.06	0.06	0.12	0.21	2.71	0.22	2.71	15.2
17	Hexyl acetate	--	--	--	--	0.17	--	0.17	--
18	Cinnamyl acetate	--	--	--	--	--	--	0.21	8.3
20	Cineol	--	--	--	0.57	3.83	3.8	3.83	9.1
22	3-Phenylpropyl acetate	--	--	--	--	--	1.625	--	2.3
23	β -Caryophyllene	0.06	0.06	0.12	--	0.37	3.59	0.37	3.8
24	Ethyl octanoate	0.24	0.24	0.48	--	--	--	--	3
25	Cinnamyl alcohol	--	--	--	--	--	--	0.27	1.5
26	α -Terpineol	--	--	--	--	--	--	1.33	1.5
27	Myrcene	0.36	0.36	0.72	0.158	--	0.15	--	--
32	Acetoin	0.4	0.4	0.8	--	--	--	--	--
33	Ethyl benzoate	0.5	--	--	--	--	--	--	--
34	2-methyl-1-propanol	--	0.14	--	--	--	--	--	--
35	2-methyl propyl acetate	--	0.08	--	--	--	--	--	--
36	Styrene	--	--	--	0.174	--	--	--	--
37	Benzaldehyde	--	--	--	--	0.735	0.13	0.735	--

表九之三、番石榴果實中揮發性成分製成各種不同誘引劑配方之組成成分比例(mL)
 Table 9-3. Chemical composition ratio of different attractants prepared from volatile components of guava fruit for the oriental fruit fly (ml)¹⁾

No.	Component	JGS2	JGS6	JGS8	JGS9	JGS10	JGS11	JGS12
1	Ethanol	6.6	--	--	1	--	--	--
2	Acetone	1.3	--	0.1	--	1	--	--
3	Dichloromethane	--	--	0.2	--	1	--	--
4	Acetic acid	--	--	--	1	--	--	--
5	Ethyl acetate	13.1	--	0.1	1	--	2	0.2
6	Toluene	6.6	1	0.2	--	--	--	--
7	Z-3-Hexenal	--	--	3.9	--	--	--	1.6
8	Hexanal	10.8	--	3.9	--	1	0.4	7.2
9	Ethyl butyrate	7.1	--	--	1	--	0.1	0.3
10	E-2-Hexenal	15.6	1	62.6	--	--	1.5	2.7
11	Z-3-Hexen-1-ol	--	--	1.6	--	--	1.5	2.1
12	Hexanol	--	--	0.5	--	--	0.3	1.2
13	α -Pinene	--	--	4.6	--	--	0.03	0.3
14	β -pinene	--	--	5.6	--	--	--	--
15	Ethyl hexanoate	--	--	--	--	--	0.1	0.1
16	Z-3-Hexenyl acetate	2	--	--	--	1	0.1	2.5
17	Hexyl acetate	--	--	--	--	--	--	0.1
18	Cinnamyl acetate	3.2	--	--	--	1	--	--
19	Limonene	--	--	1.3	--	--	0.2	0.24
20	Cineol	8.1	1	5.6	--	--	0.5	0.6
21	Ocimene	--	--	--	--	--	1.7	0.6
22	3-Phenylpropyl acetate	7	1	--	--	--	0.2	0.1
23	β -Caryophyllene	18.6	--	0.2	1	--	11.3	0.6
27	Myrcene	--	--	9.7	--	--	--	--
28	Methyl acetate	--	--	--	--	--	0.1	--

¹⁾ The chemical composition ratios of JGS1, 3, 4, 5, and 7 are blank for intellectual property rights protection.

表十、網室內以轉盤法檢測番石榴組成分之複成分配方對果實蠅雌雄成蟲之誘引力¹⁾
 Table 10. Attraction of attractants derived from guava fruit components to oriental fruit fly tested by the rotating rotated wheel method in a net house¹⁾

Trial no.	Attractant	Percent (%) of total flies attracted	
		♀ ♀	♂ ♂
I	Yen-A	8.2± 4.8 a ²⁾	4.4± 2.2 a
	Yen-B	7.2± 3.0 a	11.0± 2.6 b
	Yen-C	13.2± 7.8 a	10.6± 6.7 ab
	Blank	6.4± 2.1 a	7.4± 3.9 ab
II	Yen-C	22.3± 12.5 c	10.2± 11.4 b
	Yen-D	2.7± 2.9 ab	0.8± 1.0 a
	Yen-E	4.2± 3.0 b	1.8± 1.4 a
	Blank	0.4± 1.0 a	0.4± 0.9 a
III	Yen-C	15.5± 7.0 c	5.6± 2.2 b
	Yen-F	6.0± 6.9 b	4.6± 3.8 b
	Blank	0.2± 0.4 a	1.8± 2.0 a
IV	Yen-C	13.7± 8.2 b ¹⁾	6.3± 4.8 b
	Yen-G	10.9± 8.7 b	4.5± 2.3 b
	Yen-H	14.0± 10.7 b	5.2± 3.9 b
	Blank	0.2± 0.6 a	0.8± 1.7 a
V	Yen-C	14.8± 12.8 c	6.1± 5.9 c
	Yen-I	6.2± 3.7 b	2.0± 2.0 ab
	Yen-J	6.4± 5.0 b	2.9± 3.7 b
	Blank	0.4± 0.7 a	0.2± 0.5 a
VI	Yen-C	21.3± 12.6 b	15.7± 11.0 b
	Yen-K	25.0± 15.2 b	15.7± 7.0 b
	Blank	0.3± 0.5 a	1.2± 2.8 a
VII	Yen-C	7.4± 5.1 b	6.6± 4.5 b
	Yen-L	8.3± 3.8 b	5.8± 2.5 b
	Yen-M	13.8± 7.2 b	4.7± 3.1 b
	Yen-N	7.3± 5.6 b	4.8± 2.5 b
	Blank	0.4± 0.7 a	1.0± 0.8 a
VIII	Yen-C	12.0± 6.2 b	13.5± 11.1 c
	Yen-M	15.2± 5.9 b	5.9± 2.3 b
	Yen-O	14.6± 5.2 b	5.0± 2.7 b
	Blank	0.6± 1.0 a	0.8± 0.9 a

¹⁾ Two hundred 15-day-old paired melon flies were released into the net house (4×4×1.7 m), and results were observed 48 h after the release.

²⁾ The mean ± S.D. was derived from 8~10 trials. Data were arc sine-transformed \sqrt{x} prior to analysis, and means followed by the same letter do not significantly differ at the 5% level by DMRT.

表十一、網室內以轉盤法檢測番石榴組成分之複成分配方對果實蠅雌雄成蟲之誘引力¹⁾
 Table 11. Attraction of attractants derived from guava fruit components to the oriental fruit fly tested by the rotating wheel method in a net house¹⁾

Trial no.	Attractant	Percent(%) of total flies attracted	
		♀♀	♂♂
I	JGS1	3.6 ± 6.1 a ²⁾	2.2 ± 2.6 ab
	JGS2	0.8 ± 1.4 bc	0.2 ± 0.4 c
	Ethyl acetate	7.1 ± 9.2 a	4.7 ± 4.3 a
	Yen-C	3.8 ± 4.7 ab	2.1 ± 3.2 b
	Blank	0.1 ± 0.2 c	0.1 ± 0.2 c
II	JGS1	6.3 ± 4.4 a	4.3 ± 3.8 a
	JGS2	2.6 ± 2.5 ab	0.5 ± 0.5 ab
	JGS3	6.3 ± 4.7 a	4.3 ± 4.4 a
	Yen-C	3.9 ± 6.1 ab	3.4 ± 7.2 ab
	Ethyl acetate	5.9 ± 10.4 a	3.9 ± 6.6 ab
	Blank	0.1 ± 0.2 bc	0.1 ± 0.2 bc
III	JGS4	17.7 ± 7.4 a	10.1 ± 4.5 a
	Yen-C	4.2 ± 3.1 b	6.1 ± 4.2 a
	Ethyl acetate	6.3 ± 3.0 b	6.6 ± 3.0 a
	Blank	0.4 ± 0.2 c	0.4 ± 0.5 b
IV	JGS5	9.5 ± 3.4 ab	10.0 ± 0.6 a
	JGS6	0.4 ± 0.3 c	0.3 ± 0.5 b
	JGS1	12.1 ± 5.5 a	11.6 ± 0.5 a
	Yen-C	7.4 ± 7.0 b	7.4 ± 5.2 a
	Ethyl acetate	7.3 ± 5.1 b	9.5 ± 8.1 a
	Blank	0.4 ± 0.5 c	1.3 ± 1.8 b
V	JGS7	9.1 ± 9.1 a	5.8 ± 5.6 a
	JGS1	7.1 ± 4.8 a	4.1 ± 2.6 a
	Yen-C	4.7 ± 2.5 ab	2.8 ± 1.4 a
	Ethyl acetate	3.1 ± 2.9 b	3.5 ± 4.2 a
	Blank	0.2 ± 0.3 c	0 ± 0
VI	JGS8	2.1 ± 1.2 b	1.3 ± 0.8 b
	JGS1	18.8 ± 9.9 a	10.0 ± 2.7 a
	Yen-C	3.4 ± 2.9 b	2.9 ± 2.4 b
	Ethyl acetate	2.0 ± 2.3 bc	1.6 ± 2.7 b
	Blank	0.2 ± 0.3 c	0.3 ± 0.5 c
VII	JGS9	6.7 ± 3.2 b	13.2 ± 7.2 a
	JGS10	0.3 ± 0.5 cd	0.9 ± 0.7 c
	JGS1	12.7 ± 7.7 a	9.9 ± 3.9 ab
	Yen-C	7.4 ± 5.7 b	6.4 ± 3.9 b

	Ethyl acetate	1.4 ± 0.9 c	1.6 ± 1.9 c
	Blank	0.1 ± 0.2 d	0.3 ± 0.5 c
VIII	JGS11	8.0 ± 4.9 ab	5.4 ± 3.3 b
	JGS12	5.7 ± 3.2 ab	4.4 ± 4.8 bc
	JGS7	12.5 ± 6.7 a	11.3 ± 5.0 a
	Yen-C	3.9 ± 4.1 b	2.9 ± 3.4 bc
	Ethyl acetate	3.8 ± 3.0 b	5.8 ± 4.6 ab
	Blank	0.3 ± 0.3 c	0.8 ± 0.5 c

¹⁾ Two hundred 15-day-old pairs of melon flies were released into the net house (4×4×1.7 m), and results were observed 48 h after the release.

²⁾ The mean ± S.D. was derived from 8~10 trials. Data were arc sine -transformed to \sqrt{x} prior to analysis, and means followed by the same letter do not significantly differ at the 5% level by DMRT.

引用文獻

- 黃振聲、洪巧珍、張萃嫻、顏耀平、陳秋男。1996。桃蚜警戒費洛蒙之生物活性及其利用。植保會刊 38：111-118。
- 黃振聲、洪巧珍、顏耀平、陳秋男。1996。荔枝細蛾之性誘引劑及誘蟲器。植保會刊 38：129-136。
- 黃振聲、顏耀平。1998。瓜果實蠅性費洛蒙與誘引劑及溫度對克蠅與甲基丁香油誘引力影響之研究。台灣果實蠅防治研討會專刊，第 147-172 頁。劉玉章、陳昭鈞 編。國立中興大學昆虫系編印。台中。
- 黃振聲、洪巧珍、羅致速、洪銘德。1987。楊桃花姬捲葉蛾及粗腳姬捲葉蛾之性誘引劑。植保會刊 29：321-323。
- 黃振聲、顏耀平、張明謙、劉佳瑩。2002。番石榴果實揮發性成分之萃取分析鑑定及其對東方果實蠅之誘引性。植保會刊 44：279-302。
- 顏耀平、黃振聲。1990。甘藷蟻象性費洛蒙之合成改進及活性。植保會刊 32：239-241。
- 顏耀平、黃振聲、洪巧珍、陳浩祺、賴貞秀。1988。甜菜夜蛾性費洛蒙之合成及其誘蟲效果。植保會刊 30：303-308。
- Ando, T., Taguchi, K. Y., Uchiyama, M., Ujire, T., and Kuroko, H. 1985. (7Z, 11Z)-7,11-Hexadecadienal: Sex attractant of the citrus leafminer moth, *Phyllocnistis citrella* Stainton. Agric. Biol. Chem. 49: 3633-3635.
- Bowers, W. S., Nault, L. R., Webb, R. E., and Dutky, S. R. 1972. Aphid alarm pheromone: isolation, identification, synthesis. Science. 177: 1121-1122.
- Beevor, P. S., Cork, A. D., Hall, R. B., F., Nesbitt, R., Day, K., and Mumford, J. D. 1986. Components of female sex pheromone of cocoa pod borer moth, *Conopomorpha Cramerella*. J. Chem. Ecol. 12: 1-23.
- Edward, L. J., Siddall, J. B., Dunham, P., Uden, P., and Kislow, C. J. 1973. Trans-β-farnesene, alarm pheromone of the green peach aphid *Myzus persicae*

- (Sulzer). *Nature* 241: 126-127.
12. Heath, R. R., Coffelt, J. A., Sonnet, P. E., Proshold, F. I., Dueben, B., and Tumlinson, J. H. 1986. Identification of sex pheromone produced by female sweetpotato weevil. *Cylas formicarius elegantulus* (Summers). *J. Chem. Ecol.* 12: 1489-1503.
 13. Hung, C. C., Hwang, J. S., Hung, M. D., Yen, Y. P., and Hou, R. F. 2001. Isolation, identification and field tests of the sex pheromone of the carambola fruit borer, *Eucosma notanthes*. *J. Chem. Ecol.* 27: 1855-1866.
 14. Jacobson, M., Keiser, I., Chamber, D. L., Miyashita, D. H., and Harding, C. 1971. Synthetic nonenyl acetate as attractants for female melon flies. *J. Med. Chem.* 14: 236-240.
 15. Keiser, I., Kobayashi, R. M., Miyashita, D. H., Jacobson, M., Harris, E. J., and Chambers, D. L. 1973. Trans-6-nonen-1-ol acetate: An ovipositional attractant and stimulant of the melon fly. *J. Econ. Entomol.* 66: 1355-1356.
 16. Kang, S. K., Chung, G. Y., and Lee, D. H. 1987. *Bull Korean Chem. Soc.* 8: 351. .
 17. Mitchell, E. R., Sugie, H., and J. Tumlinson, H. 1983. *Spodoptera exigua*: capture of females in traps baited with blends of pheromone components. *J. Chem. Ecol.* 9: 95-104.
 18. Setokuchi, O., Suenaga, T., and Motoda, N. 1990. *Bulletin of the Kagoshima-Ken Nogyo Shikenjo Kenkyu Hokoku.* 18: 11.
 19. Tamaki, Y., Sugie, H., Nagamine, M., and Kaneshiro, M. 1990. *CA*, 113: 36429n.
 20. Yen, Y. P., and Chang, C. Y. 1991. Synthesis of the sex attractant (7Z, 11Z)-Hexadecadienal of the citrus leafminer moth, *Phyllocnistis citrella* Stainton. *J. Chin. Chem. Soc.* 38: 293-295.
 21. Yen, Y. P., Lin, S. G. and Suen, M. F. 1992. Synthesis of the sex pheromone of cocoa pod borer moth, *Conopomorpha cramerella*. *Synth. Commun.* 22: 1567-1581.
 22. Yen, Y. P., and Chen, P. H. 1998. simple and stereoselective synthesis of attractant of the sugarcane wireworm, *Melanotus tamsuyensis*. *Synth. Commun.* 28: 4561-4569.
 23. Yen, Y. P., and Chen, P. H. 1999. New and simple syntheses of the attractants of the female melon fly, *Dacus cucurbitae*. *J. Chin. Chem. Soc.* 46: 87-90.

ABSTRACT

Yen, Y. P.^{1*}, Hwang, J. S.², and Hung, C. C.² 2004. Development and application of some novel sex pheromones and attractants in Taiwan. Plant Prot. Bull. Spec. Publ. New 6 (Proceedings of the Symposium of Innovative Strategy on Plant Protection - Agricultural Productivity, Product Safety and Environmental Protection): 87-106. (¹Department of Applied Chemistry, Providence University, Shalu, Taichung, Taiwan 433, ROC; ²Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan, Wufeng, Taichung, Taiwan 413, ROC)

The beet armyworm, tobacco cutworm, sweet potato weevil, citrus leaf miner moth, litchi fruit borer, green peach aphid, sugarcane wireworm, carambola fruit borer, oriental fruit fly and melon fly are serious insect pests in Taiwan. In order to improve the control of these serious insect pests prevent the side effects occurring such as contamination of the environment from pesticide residues, and increase the insecticide resistance of the insects, nontoxic sex pheromones and attractants were developed and applied compatibly with other biological control methods instead of solely using toxic pesticides. Our laboratory has been involved in the isolation, identification, and synthesis of the sex pheromones and attractants for several years. Improved new synthesis methods and results of the isolation and identification of the above- mentioned 10 serious pests have subsequently. Yields of synthesized pheromones can be efficiently increased, and the costs for producing those pheromones can also be drastically reduced by the novel, simple and convenient methods we developed. The synthesized sex pheromones for the beet armyworm, the tobacco cutworm, the sweet potato weevil and the sugarcane wireworm have proven to be powerful attractants for each respective species, and were widely applied in the fields to control them. Synthesis of the sex pheromone of the litchi fruit borer was complicated, but it can be used not only for species identification but also for monitored for early-warning monitoring, quarantine work timing of control measures, etc. Large-scale application of the sex pheromone of the carambola fruit borer was used in different ways for monitoring, mass trapping, and mating disruption. The unique property of the aphid alarm pheromone can be used to enhance the effectiveness of insecticides against the aphid. Currently, interesting food or oviposition attractants for the oriental fruit fly and melon fly are being extensively studied.

(Key words: sex pheromone, attractant, Taiwan)

*Corresponding author. E-mail: ypyen@pu.edu.tw