

# 粉斑螟蛾 (*Cadra cautella* (Walker)) (鱗翅目：螟蛾科) 性費洛蒙誘餌誘引性之改進

王文龍<sup>1,2</sup>、洪巧珍<sup>1\*</sup>、王順成<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所生物藥劑組 41358 臺中縣霧峰鄉光明路 11 號

<sup>2</sup> 朝陽科技大學環境工程與管理系 41349 臺中縣霧峰鄉吉峰東路 168 號

## 摘要

據文獻報導粉斑螟蛾 (*Cadra cautella* (Walker)) 之性費洛蒙組成分有兩種 I：乙酸 (*Z,E*)-9,12-十四雙烯-1-基酯 ((*Z,E*)-9,12-tetradecadien-1-yl acetate, *Z9E12-14:Ac*)、II：乙酸 (*Z*)-9-十四烯-1-基酯 ((*Z*)-9-tetradecen-1-yl acetate, *Z9-14:Ac*)，其比例 I/II 介於 1.8/1 至 7.5/1 之間。本試驗以六角型轉盤及風洞檢測 I/II = 100/0、0/100、1.8/1、2/1、2.2/1、3.6/1、4.9/1、7.5/1、8/1、10/1、12/1 及 15/1 等 12 種不同比例配方，對粉斑螟蛾之誘蟲活性，結果顯示以 I/II = 12/1 對粉斑螟蛾具較佳之誘引效果。比較聚氯乙烯塑膠微管及白色橡皮帽等兩種不同載體配方對粉斑螟蛾之誘引性，以白色橡皮帽較佳，其誘蟲百分率為 61.9%，顯著高於聚氯乙烯塑膠微管 36.9%。性費洛蒙誘餌不同劑量配方對粉斑螟蛾之誘引性，於劑量 0.1、0.5、1、2 及 4 mg 之試驗中，以 4 mg 劑量處理誘蟲百分率顯著較高 (30.3%)；其次為 1 及 2 mg 劑量處理者，誘蟲百分率分別為 23.8 及 22.2%。於劑量 1、2、4、8 及 16 mg 之試驗時，顯示其間之誘蟲百分率無顯著差異，其誘蟲百分率介於 18.7~22.2%。性費洛蒙裝填於聚氯乙烯塑膠微管的持效性可達 4 週，白色橡皮帽的持效性可達 16 週。綜合以上結果，粉斑螟蛾之性費洛蒙誘餌以 I/II = 12/1，1 mg 裝填於白色橡皮帽較具誘引有效及經濟性。

**關鍵詞：**粉斑螟蛾、性費洛蒙、乙酸(*Z,E*)-9,12-十四雙烯-1-基酯、乙酸(*Z*)-9-十四烯-1-基酯。

\*論文聯繫人

Corresponding email: hcjane@tactri.gov.tw

粉斑螟蛾性費洛蒙誘餌之改進 129

## 前 言

粉斑螟蛾 (*Cadra cautella* (Walker)) 屬鱗翅目 (Lepidoptera)、螟蛾科 (Pyralidae)，廣泛分布於中國大陸、台灣、日本、美國等地，為害多種穀物和儲藏性產品，為世界性積穀害蟲 (Burgess, 1956; LeCato, 1976)。粉斑螟蛾除為害米穀、米糠、玉米、麵粉、薏仁等貯穀，亦可危害儲存之中草藥如當歸等 (Yao *et al.*, 2003; Kuo, 2005)。粉斑螟蛾通常產卵於穀物或藥材片屑間，孵化幼蟲在穀物或藥材片屑表面吐絲結繭並藏匿其中取食危害，幼蟲老熟後亦綴絲化蛹，致穀物或藥材變質及發臭，失去商品價值。防治粉斑螟蛾危害穀物及中藥材的措施有穀物輻射處理、控制袋裝穀物中空氣的含量與壓力以及針對貯穀倉庫以性費洛蒙誘殺害蟲或行交配干擾等方法 (Finkelman *et al.*, 2003, 2004; Ozyardimci *et al.*, 2006)。Mankin and Hagstrum (1995) 指出粉斑螟蛾費洛蒙使用在倉庫調查時，短距離是有效的。風洞檢測時，可以用微幫浦系統 (Piezoelectric system) 試驗觀察其費洛蒙氣團 (Pheromone plumes) 的結構與性費洛蒙釋放的比例會影響粉斑螟蛾飛行的方向和降落的位置 (Girling and Cardé, 2007)。經查粉斑螟蛾性費洛蒙成分由 Kuwahara *et al.* (1971) 和 Takahashi *et al.* (1971) 鑑定為乙酸(Z,E)-9,12-十四雙烯-1-基酯 ((Z,E)-9,12-tetradecadien-1-yl acetate, Z9E12-14:Ac)；Brady (1973) 再鑑定出另一種成分 乙酸(Z)-9-十四烯-1-基酯 ((Z)-9-tetradecen-1-yl acetate, Z9-14:Ac)，其混合比例為 Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 1/2；另學者也指出混合的比例為 1.8/1 到 7.5/1，惟真正的混合比例有效配方，爭議頗多 (Brady, 1973; Read and Beevor, 1976; Coffelt *et al.*, 1978; Barrer *et al.*, 1987)，值得進一步研發配方、劑量及劑型。本研究先進行不同日齡雌、雄蛾交尾觀察，作為日後生物檢定活性參考；然後配製多種粉斑螟蛾性費洛蒙配方，於室內利用六角型轉盤裝置及風洞來檢測各成分不同混合比例、載體、劑量和性費洛蒙誘餌持效性對粉斑螟蛾之生物活性，以期研發穩定有效的配方，提供農政單位參考使用。

*et al.*, 1987)，值得進一步研發配方、劑量及劑型。本研究先進行不同日齡雌、雄蛾交尾觀察，作為日後生物檢定活性參考；然後配製多種粉斑螟蛾性費洛蒙配方，於室內利用六角型轉盤裝置及風洞來檢測各成分不同混合比例、載體、劑量和性費洛蒙誘餌持效性對粉斑螟蛾之生物活性，以期研發穩定有效的配方，提供農政單位參考使用。

## 材料與方法

### 一、試驗蟲源

本試驗蟲源係採自台中市家居被粉斑螟蛾為害的薏仁，將其放入塑膠養蟲罐中，再置於走入式生長箱  $28 \pm 1^\circ\text{C}$ 、 $65 \pm 5\%$  RH、和 12L:12D 的光週期條件下繁殖。待成蟲羽化後，置於  $46.0 \times 34.0$  cm 充氣塑膠袋中，餵食 10% 蜜水，產下之新鮮粉斑螟蛾的卵，依 Wang *et al.* (2009) 以蘇氏人工飼料大量飼育粉斑螟蛾，做為研發粉斑螟蛾性費洛蒙誘餌生物活性檢定用的蟲源。

### 二、粉斑螟蛾不同日齡雌、雄蛾配對 24 小時之交尾情形

在  $28 \pm 1^\circ\text{C}$ 、 $65 \pm 5\%$  RH 及 12L:12D 光週期條件下，將同日齡雌、雄蛾各 1 隻配對於  $28.5 \times 21.5$  cm 之充氣塑膠袋中，並以 5% 蜜水餵食，經 24 小時後置於冷凍庫中固定，再解剖雌蟲體內之受精囊，以精包之有無，判定交尾與否，比較不同日齡雌、雄蛾交尾情形。粉斑螟蛾雌、雄成蟲壽命平均 6~7 日，本試驗從 0~8 日齡，各日齡分別觀察 10~30 對，試驗之結果將做為決定性費洛蒙生物檢定所用之粉斑螟蛾雄蟲日齡之依據。

### 三、性費洛蒙成品來源與誘餌配製

供試性費洛蒙成分成品購自日本 Shin-Etsu 公司：乙酸(Z)-9-十四烯-1-基酯 ((Z)-9-tetradecen-1-yl acetate (Z9-14:Ac)，純度 94.38% 及 乙酸(Z,E)-9,12-十四雙烯-1-基酯 ((Z,E)-9,12-tetradecadien-1-yl acetate (Z9E12-14:Ac)，純度 90.7%。配製誘餌時，先將此二種性費洛蒙成分調配成欲供試之性費洛蒙，續將供測劑量裝填於白色橡皮帽(臺灣固達橡膠社，產品編號：血清栓 6#)和聚氯乙稀塑膠微管 (PVC microtube) 內備用。

### 四、六角型轉盤生物檢定法

六角型轉盤生物檢定法之設計，係參考花姬捲葉蛾 (*Cydia notanthes* Meyrick) 性費洛蒙檢定方法 (Hung *et al.*, 1999)，於溫度  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ 、 $70 \pm 5\%$  RH 及自然光照條件下之實驗室中進行。試驗時，將邊長 50 cm 及高 50 cm 之六角型木質網箱置於電動轉盤上，轉盤轉速設定為 0.67 rpm。試驗時，網箱內部以水噴濕後，放入 0~4 日齡粉斑螟蛾雄蟲 250~350 隻，在網箱每側中央位置開一直徑 9 cm 之孔洞上，插入內含有不同配方誘餌之布丁杯(上蓋直徑為 9.5 cm、下底直徑為 8.0 cm；今一股份有限公司出品)檢定器，布丁杯內面開 5 個約 1 cm 的方形孔洞，供受誘的雄蟲進入布丁杯內；另於布丁杯檢定器內放入長 15 cm、寬 5 cm 的黏膠板(振詠興業股份有限公司出品)以黏著誘入的雄蟲。由於粉斑螟蛾成蟲大多於傍晚和晚上羽化 (Takahashi *et al.*, 1968; Steele, 1970)，羽化後 3 小時，雌蛾開始分泌性費洛蒙，誘引雄蛾交尾 (Benson, 1973; Hagstrum and Davis, 1980)。因此，本試驗之生物檢定時程為下午 4:30 釋放雄蟲，隔夜後於翌日早上 8:30 記錄誘蟲數。本試驗各處理以空白做為對照組，

試驗所得誘蟲數換算為百分率，經  $\text{arc sin}\sqrt{x}$  轉值，進行變方分析及鄧肯氏測驗，比較各處理之差異顯著性 (Statsoft, 1995)。

### 五、風洞生物檢定法

試驗用風洞長、寬、高分別為 300、77、55 cm，風速調整在 0.17~0.20 m/s 範圍及光照度平均  $36.7 \pm 8.2$  lux，溫度及濕度分別為  $27.0 \pm 2.0^\circ\text{C}$  及  $70 \pm 5\%$  RH。風洞上方以報紙覆蓋使光線不直接由上方照射，避免雄蛾受向光性影響。Baker and Cardé (1979) 以風洞試驗分析鱗翅目雄蛾受性費洛蒙刺激所產生的行為反應，並將其分為 11 個步驟如下：30 s 內雄蛾若無反應以無反應視之、走路和振翅、起飛、朝內壁及後方飛行、固定點飛、短距離飛、大 "Z" 飛、小 "Z" 飛、接近平台、登陸平台後走路振翅及接觸誘餌。本試驗測試粉斑螟蛾在風洞中對性費洛蒙之反應行為時，於風洞前端(上風處)75 cm 處設立一高 15 cm，頂部邊長 10 × 10 cm 之不銹鋼平台，放上 10 × 10 cm 黏膠板，再將受測試性費洛蒙誘餌置於該平台的中央；另於距離誘餌放置處 150 cm 之下風處釋放 0~4 日齡雄蟲 250~350 隻，每次試驗約於下午 4:30 釋放雄蟲，經一個夜晚後，翌日早上 8:30 記錄誘蟲數。本試驗以空白黏膠板為對照組。試驗所得誘蟲數換算為百分率，經  $\text{arc sin}\sqrt{x}$  轉值，進行變方分析及鄧肯氏測驗，比較各處理之差異顯著性 (Statsoft, 1995)。

### 六、Z9E12-14:Ac 及 Z9-14:Ac 不同混合比例配方對粉斑螟蛾之誘引性試驗

將 Z9E12-14:Ac 及 Z9-14:Ac 以不同混合比例配製成供試誘劑，再以微量注射針以 0.1 mg 藥量注入白色橡皮帽中作為試驗用誘餌。本試驗進行三次轉盤試驗，比較不同配方

對粉斑螟蛾之誘蟲活性。第一次試驗：測試  $Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 100/0$ 、 $0/100$ 、 $1.8/1$ 、 $2/1$ 、 $2.2/1$  等配方對粉斑螟蛾之生物活性。第二次試驗：測試  $Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 1.8/1$ 、 $2/1$ 、 $3.6/1$ 、 $4.9/1$ 、 $7.5/1$  等配方對粉斑螟蛾之生物活性。第三次試驗：測試  $Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 7.5/1$ 、 $8/1$ 、 $10/1$ 、 $12/1$  及  $15/1$  等配方對粉斑螟蛾之生物活性。三次試驗均以空白為對照組，三次試驗之重複數分別為 16、15 及 15 次。另進一步以風洞測試三次六角型轉盤試驗中之最佳配方  $Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 2/1$ 、 $7.5/1$  及  $12/1$  等對粉斑螟蛾之誘蟲活性。風洞試驗以空白黏膠板為對照組，共 12 重複。

#### 七、不同載體配方對粉斑螟蛾之誘引性試驗

將配方  $Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 12/1$ ，以 0.1 mg 分別注入聚氯乙烯塑膠微管及白色橡皮帽等兩種不同載體中，分別進行六角型轉盤試驗和風洞試驗，比較不同載體配方對粉斑螟蛾之誘引性。本試驗以空白為對照組，六角型轉盤試驗 8 重複，風洞試驗 9 重複。

#### 八、不同劑量配方對粉斑螟蛾之誘引性試驗

將配方  $Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 12/1$  之不同劑量 0.1、0.5、1、2、4、8 及 16 mg 配製於白色橡皮帽中，分別進行兩次六角型轉盤試驗，第一次試驗：0.1、0.5、1、2 及 4 mg 與第二次試驗：1、2、4、8 及 16 mg，比較誘餌不同劑量對粉斑螟蛾之誘蟲活性。本試驗以空白為對照組，二次六角型轉盤試驗分別為 16 和 17 重複。另選取二次六角型轉盤試驗中對粉斑螟蛾較佳劑量配方 1、2 及 4 mg 進行風洞試驗，檢測誘餌不同劑量對粉斑螟蛾之誘蟲活性。本試驗以空白黏膠板為對照組，14 重複。

#### 九、粉斑螟蛾性費洛蒙誘餌之持效期試驗

將配方為  $Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 12/1$ ，劑量為 1 mg，分別裝填於聚氯乙烯塑膠微管和白色橡皮帽中配製成性費洛蒙誘餌。不同週齡性費洛蒙之調控係將性費洛蒙誘餌置於黏膠式誘蟲盒中，懸掛於室外分別經過 2、4、6、8、10、12、14、16、18、20、22 及 24 週收回，以鋁箔紙包裹，再貯存於  $-19^{\circ}\text{C}$  冰櫃中備用。試驗時，以六角型轉盤檢定比較不同週齡性費洛蒙誘餌對粉斑螟蛾之誘引性，本試驗以 0~2 週齡性費洛蒙誘餌當對照組，分別進行三次試驗：(1) 測試以聚氯乙烯塑膠微管為載體者經 0、2、4、8、12 及 16 週對粉斑螟蛾之誘蟲活性，10 重複。(2) 以白色橡皮帽為載體者經 0、2、4、8、12 及 16 週對粉斑螟蛾之誘蟲活性，16 重複。(3) 以白色橡皮帽為載體者經 2、16、18、20、22 及 24 週對粉斑螟蛾之誘蟲活性，11 重複。以比較不同週齡誘餌對粉斑螟蛾之誘蟲活性。

## 結 果

#### 一、粉斑螟蛾不同日齡雌、雄蛾配對 24 小時之交尾情形

不同日齡雌、雄蛾配對 24 小時後之交尾率如圖一。初羽化之雌、雄蛾配對 24 小時後其交尾率為 58.6%、1 日齡為 63.3%，2 至 4 日齡時交尾率皆維持在 62.1~73.3%，5 日齡之交尾率降為 46.7%，6 日齡交尾率為 50%，7 與 8 日齡交尾率分別為 28 及 20%，由此結果顯示粉斑螟蛾雌、雄蛾交尾高峰期介於 0~4 日齡。

表一 以六角型轉盤檢定不同比例 Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac 誘餌對粉斑螟蛾之誘引力

Table 1. Catches of *Cadra cautella* moths in traps baited with different ratios of Z9E12-14:Ac and Z9-14:Ac loaded 0.1 mg on a white rubber septum using the turn table method

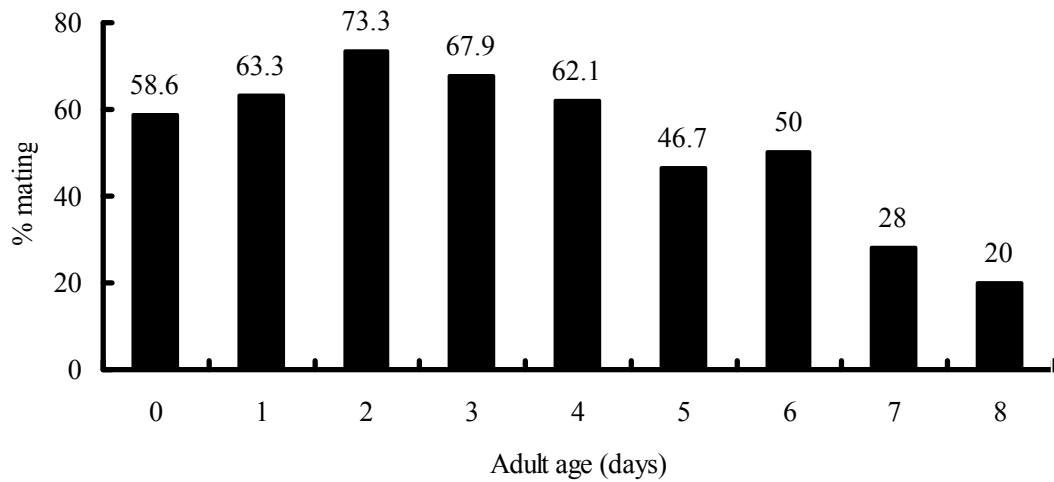
Pheromone components		Average moth catch	% of males caught
Z9E12-14:Ac	Z9-14:Ac		
Test 1			
100.0	0	24.6	14.2 ± 7.2b <sup>1)</sup>
0.0	100	5.3	3.0 ± 1.7c
1.8	1	65.4	32.8 ± 10.8a
2.0	1	65.4	37.6 ± 11.4a
2.2	1	22.6	11.8 ± 7.0b
Blank		0.8	0.7 ± 1.0d
Test 2			
1.8	1	23.9	13.7 ± 9.2b
2.0	1	25.7	13.8 ± 8.3b
3.6	1	20.7	13.8 ± 5.8b
4.9	1	34.2	17.1 ± 12.0b
7.5	1	60.8	40.5 ± 17.9a
Blank		0.4	0.3 ± 0.7c
Test 3			
7.5	1	19.3	9.8 ± 5.2d
8.0	1	26.3	14.6 ± 6.0c
10.0	1	29.1	15.9 ± 10.4c
12.0	1	64.8	36.5 ± 10.2a
15.0	1	40.8	22.7 ± 10.1b
Blank		0.7	0.4 ± 0.5e

<sup>1)</sup>Mean ± S.D. was derived from 16, 15 and 15 replications in tests 1, 2 and 3. Data were transformed to  $\arcsin\sqrt{x}$  prior to analysis. Means within each column followed by the same letter are not significantly different by DMRT ( $p < 0.05$ ).

## 二、Z9E12-14:Ac 及 Z9-14:Ac 不同混合比例配方對粉斑螟蛾之誘引性

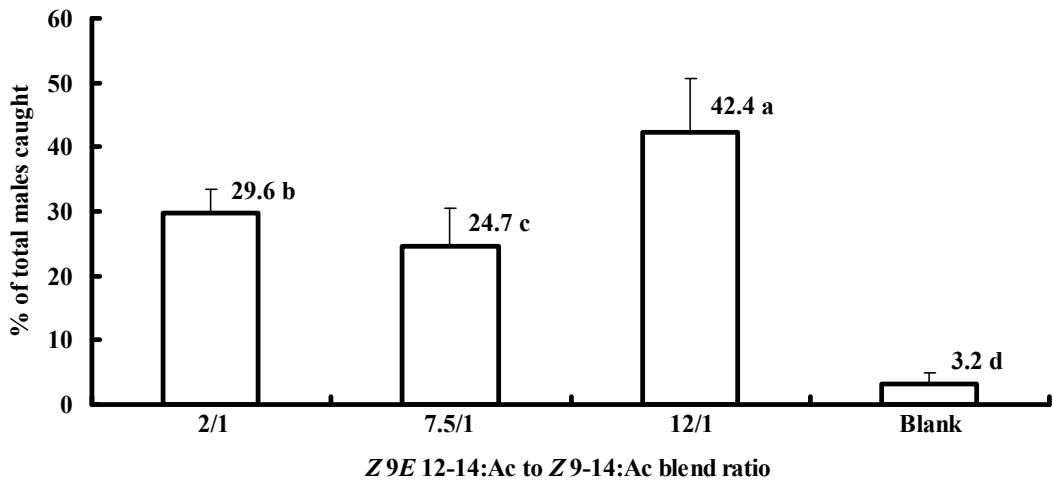
以六角型轉盤檢測 Z9E12-14:Ac 及 Z9-14:Ac 不同混合比例配方對粉斑螟蛾之誘引活性試驗結果如表一。第一次試驗結果顯示，粉斑螟蛾之主要性費洛蒙誘引成分為 Z9E12-14:Ac，其誘蟲總數 393 隻，誘蟲百分率為 14.2%。而只含 Z9-14:Ac 成分者誘蟲百分率為 3%。固定 Z9-14:Ac 含量而提高 Z9E12-14:Ac 的比例，測試兩者不同混合比例配方對粉斑螟蛾誘蟲活性；第一次試驗結果為 Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 1.8/1 及 2/1

之誘蟲百分率分別為 32.8 及 37.6%，顯著高於 Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 2.2/1 者 (11.8%) ( $F_{5, 60} = 49.31, p < 0.05$ ) (表一)。第二次試驗結果顯示 Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 1.8/1、2/1、3.6/1、4.9/1 及 7.5/1 處理者，以 Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 7.5/1 的誘蟲數顯著最多，誘蟲總數為 798 隻，其誘蟲百分率 40.5%；介於 Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 1.8/1 ~ 4.9/1 比例之各處理組，其誘蟲百分率介於 13.7~17.1%，無顯著性差異 ( $F_{5, 84} = 36.03, p < 0.05$ ) (表一)。第三次試驗結果顯示 Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 7.5/1、8/1、10/1、



圖一 粉斑螟蛾不同日齡雌、雄蛾配對 24 小時後之交尾率。

Fig. 1. Percent mating of *Cadra cautella* after pairing for 24 hr with different adult ages at  $28 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $70 \pm 5\%$  RH, and 12 hr photoperiod (ten to thirty pairs were observed).

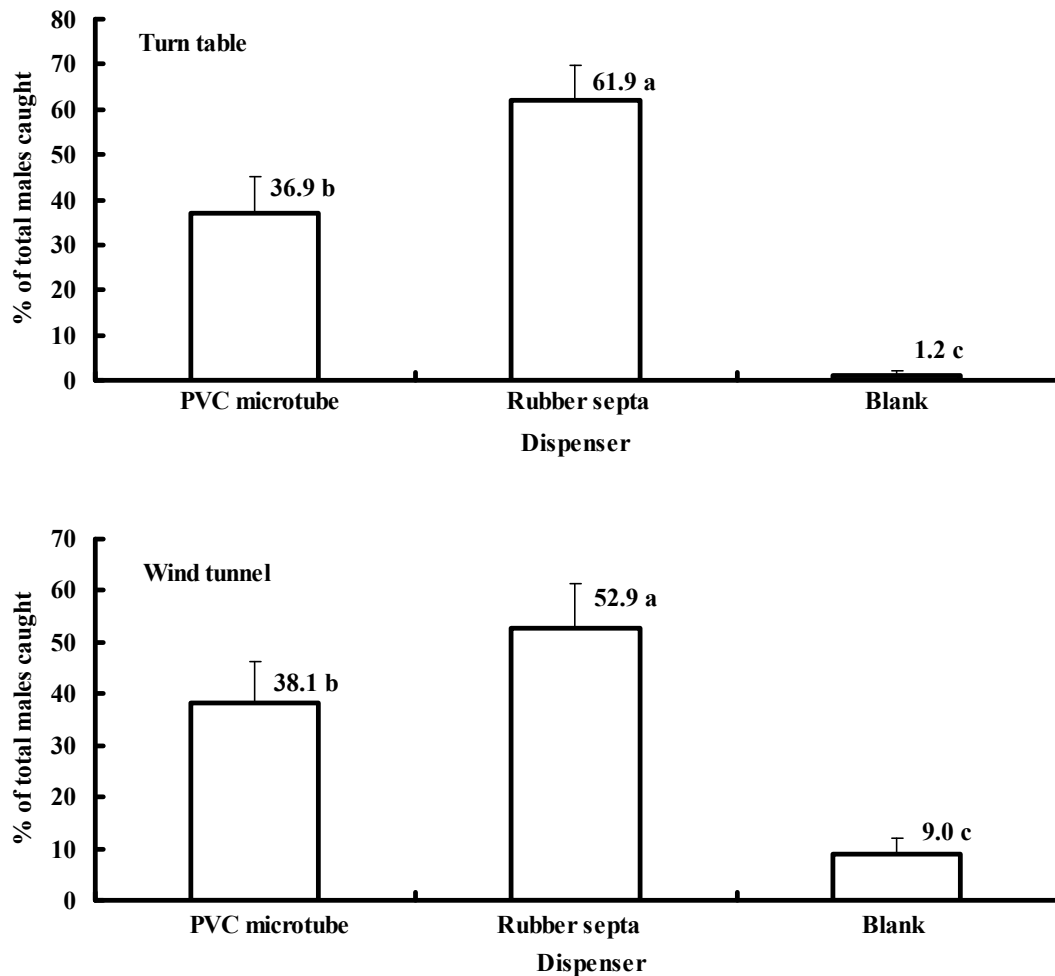


圖二 以風洞檢定 Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac 不同比例配方對粉斑螟蛾之誘引力。

Fig. 2. Catches of *Cadra cautella* moths on sticky boards baited with different ratios of Z9E12-14:Ac and Z9-14:Ac loaded 0.1 mg on a white rubber septum using the wind tunnel bioassay. The means with the same letter do not significantly differ in the chart by DMRT ( $p < 0.05$ ).

12/1 及 15/1 處理者，以 Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 7.5/1、8/1、10/1 及 15/1 等，其誘蟲百分率分別為 9.8、14.6、15.9 及 22.7%，四者具顯著性差異，且均比 Z9E12-14:

Ac/Z9-14:Ac = 12/1 者 (36.5%) 顯著為低 ( $F_{5,54} = 29.58, p < 0.05$ ) (表一)。綜合表一之結果顯示 Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 100/0、0/100、1.8/1、2/1、2.2/1、3.6/1、4.9/1、7.5/1、



圖三 以六角型轉盤及風洞檢定  $Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 12/1$  在不同載體之性費洛蒙誘餌對粉斑螟蛾之誘引力。  
 Fig. 3. Catches of *Cadra cautella* moths in traps baited with  $Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 12/1$  loaded 0.1 mg on different dispenser using the turn table method and wind tunnel bioassay. Mean  $\pm$  S.D. was derived from 8 and 9 replications of the turn table and wind tunnel, respectively. Data were transformed to  $\arcsin\sqrt{x}$  prior to analysis. The means with the same letter do not significantly differ in the chart by DMRT ( $p < 0.05$ ).

8/1、10/1、12/1 及 15/1 等 12 種不同比例配方中，以  $Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 12/1$ 、1.8/1、2/1、7.5/1 對粉斑螟蛾具較佳誘引效果。

以風洞檢定不同混合比例性費洛蒙對粉斑螟蛾誘引性之試驗結果如圖二。 $Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 12/1$  配方之誘蟲百分率為

42.4%，顯著最高， $Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 2/1$  配方之誘蟲百分率 29.6% 次之， $Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 7.5/1$  處理為 24.7% 最低，三者間具顯著差異 ( $F_{3, 44} = 157.39, p < 0.05$ )。

表二 以六角型轉盤檢定不同劑量 Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 12/1 性費洛蒙誘餌對粉斑螟蛾之誘引力  
 Table 2. Catches of *Cadra cautella* moths in traps baited with Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 12/1 loaded different dose on white rubber septa using the turn table method

Dose (mg)	Average moth catch	% of males caught
Test 1		
0.1	22.2	9.6 ± 5.1c <sup>1)</sup>
0.5	38.7	13.7 ± 9.9c
1	60.1	23.8 ± 7.7b
2	54.1	22.2 ± 7.9b
4	72.6	30.3 ± 9.0a
Blank	1.1	0.4 ± 0.5d
Test 2		
1	59.0	18.7 ± 10.0a
2	69.4	22.2 ± 7.9a
4	62.6	20.2 ± 7.2a
8	60.8	19.8 ± 8.4a
16	61.4	18.9 ± 7.3a
Blank	0.6	0.2 ± 0.3b

<sup>1)</sup>Mean ± S.D. was derived from 16 and 10 replications in test 1 and 2, respectively. Data were transformed to arc sin $\sqrt{x}$  prior to analysis. Means within each column followed by the same letter are not significantly different by DMRT ( $p < 0.05$ ).

### 三、不同載體配方對粉斑螟蛾之誘引性

兩種載體聚氯乙烯塑膠微管及白色橡皮帽處理對粉斑螟蛾誘引性檢測結果如圖三。六角型轉盤試驗和風洞試驗均顯示以白色橡皮帽者較佳，在六角型轉盤及風洞試驗其誘蟲總數分別為 985 及 1086 隻，誘蟲百分率分別為 61.9 及 52.9%，顯著高於聚氯乙烯塑膠微管處理之誘蟲總數 632 及 790 隻與誘蟲百分率 36.9 及 38.1% (六角型轉盤試驗  $F_{2, 21} = 227.38, p < 0.05$ 、風洞試驗  $F_{2, 24} = 104.0, p < 0.05$ )。

### 四、不同劑量配方對粉斑螟蛾之誘引性

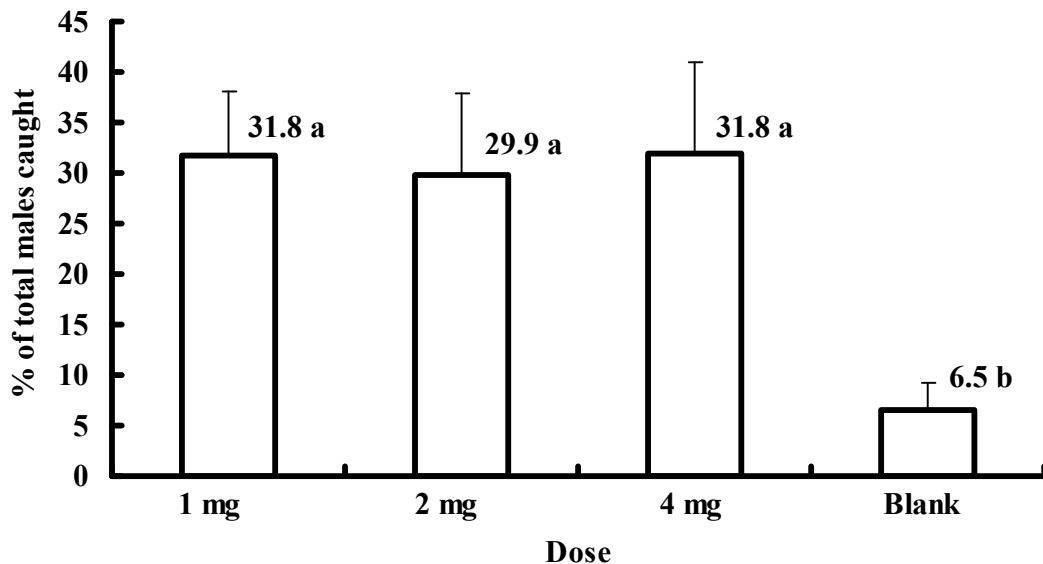
以六角型轉盤比較粉斑螟蛾性費洛蒙 Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 12/1 不同劑量配方對雄蛾誘引性試驗結果如表二。第一次試驗劑量 0.1、0.5、1、2 及 4 mg，結果顯示隨劑量增高，平均誘蟲數有增加之趨勢，以 4 mg

劑量處理之誘蟲百分率顯著最高 (30.3%)；0.1 與 0.5 mg 以及 1 與 2 mg 劑量處理間的誘蟲百分率分別為 23.8 及 22.2%，無顯著差異 ( $F_{5, 90} = 62.93, p < 0.05$ ) (表二)。第二次試驗劑量 1、2、4、8 及 16 mg，結果顯示各處理平均誘蟲數介於 59.0~69.4 隻，未隨劑量的增加而增加；誘蟲百分率介於 18.7~22.2%，各處理間無顯著差異 ( $F_{5, 96} = 59.08, p < 0.05$ ) (表二)。以風洞檢測業經六角型轉盤試驗所得較佳結果之劑量 1、2 及 4 mg 三種劑量對粉斑螟蛾之誘蟲活性，經統計分析三種劑量配方之誘蟲百分率介於 29.9~31.8%，無顯著性差異，但均與對照組有顯著差異 ( $F_{3, 52} = 61.61, p < 0.05$ ) (圖四)。

### 五、粉斑螟蛾性費洛蒙誘餌之持效期

以六角型轉盤檢測不同週齡誘餌對粉斑螟蛾之誘蟲活性，試驗結果如表三。第一次試





圖四 以風洞檢定不同劑量 Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 12/1 之性費洛蒙誘餌對粉斑螟蛾之誘引力。

Fig. 4. Catches of *Cadra cautella* moths on sticky boards baited with Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 12/1 loaded with different dose on white rubber septa using the wind tunnel bioassay. The means with the same letter do not significantly differ in the chart by DMRT ( $p < 0.05$ ).

驗誘餌以聚氯乙烯塑膠微管為載體，經 0、2、4、8、12 及 16 週齡的平均誘蟲數分別為 71.5、62.8、79.5、46.9、28.5 及 27.3 隻，0、2 及 4 週處理之誘蟲百分率為 20.2~24.1%，優於 8、12 及 16 週齡者 (9.1~15.2%) ( $F_{5,54} = 12.63, p < 0.05$ )。由以上結果顯示性費洛蒙裝填於聚氯乙烯塑膠微管的持效期約可達 4 週 (表三)。第二次試驗誘餌以白色橡皮帽為載體，在 2、4、8、12 及 16 週齡處理中，平均誘蟲數有隨週齡增加而降低之趨勢；2 和 4 週齡處理之誘蟲百分率最高 (23.7 及 21.1%)，其次為 8 及 12 週齡處理，分別為 13.2 及 13.9%，16 週齡處理最低，為 11.9%。本試驗中 0 週齡誘餌誘蟲率較低，此應是費洛蒙揮發還未達穩定之故，約需要經過二週後，才表現強力的誘引活性 ( $F_{5,90} = 13.00, p < 0.05$ ) (表三)。第三次試驗結果顯示誘餌以白色橡皮帽為載體者經置於室外

2、16、18、20、22 及 24 週後，以 2 週齡處理者誘蟲百分率最高 (31.2%)；其次為 16 週齡處理者的誘蟲百分率為 19.8%，18、20、22 及 24 週者之誘蟲百分率介於 9.5~13.7%，無顯著差異。綜合表三之結果，推測性費洛蒙裝填於白色橡皮帽的持效性應可長達 16 週。

## 討 論

粉斑螟蛾雌、雄蟲通常於中午至黃昏羽化，於黃昏至天黑後 2 小時交尾，於下半夜 (24:00-6:30) 產卵，48% 的雌蛾一生交尾 1 次 (Steele, 1970)。本試驗由不同日齡雌、雄蛾配對，顯示雌蟲自 0~8 日齡皆有交尾發生，雌蟲一生約 6~7 日中皆能發情、分泌性費洛蒙，以 0~4 日齡交尾率較高，因此，將來進行生物檢定活性時，宜取 0~4 日齡蛾來

表三 以六角型轉盤檢定 1 mg Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 12/1 裝填於不同載體之不同週齡性費洛蒙誘餌對粉斑螟蛾之誘引力

Table 3. Catches of *Cadra cautella* moths in traps baited with lures of different ages containing Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 12/1, 1 mg on different dispensers using the turn table method

Lure age (week)	Carrier	Average moth catch	% of males caught
PVC microtube			
0		71.5	22.5 ± 6.4a <sup>1)</sup>
2		62.8	20.2 ± 7.1a
4		79.5	24.1 ± 11.0a
8		46.9	15.2 ± 3.5b
12		28.5	8.9 ± 3.5c
16		27.3	9.1 ± 3.8c
White rubber septa			
0		57.4	16.2 ± 3.1b
2		80.9	23.7 ± 8.9a
4		72.3	21.1 ± 3.4a
8		48.5	13.2 ± 5.2bc
12		49.8	13.9 ± 2.9bc
16		40.6	11.9 ± 5.8c
White rubber septa			
2		124.2	31.2 ± 11.7a
16		80.7	19.8 ± 6.3b
18		58.3	13.7 ± 5.9c
20		57.2	13.6 ± 4.5c
22		50.5	12.1 ± 3.9c
24		38.8	9.5 ± 4.2c

<sup>1)</sup>Mean ± SD was derived from 10, 16 and 11 replications in a PVC microtube, and a white rubber septum, respectively. Data were transformed to arc sin $\sqrt{x}$  prior to analysis. Means within each column followed by the same letter are not significantly different by DMRT ( $p < 0.05$ ).

進行性費洛蒙相關試驗。7 日齡以後交尾發生機率低，此是否由於雌、雄蛾活力降低或雄蛾無法嗅到性費洛蒙所導致，值得深入探討。

本試驗顯示不同比例的 Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac 粉斑螟蛾的性費洛蒙配方，具有不同的誘蟲效果。Chow *et al.* (1975, 1977) 和 Quartey and Coaker (1993) 曾於穀倉進行誘蟲試驗，結果以合成費洛蒙 Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac 比例為 2/1 誘蟲力較佳。Brady (1973) 以性費洛蒙腺體萃取法及氣體吸附法收集及分析發情中處女雌蛾分泌的性費洛蒙氣體，發現 Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac 在兩種不

同萃取性費洛蒙的方法之比例分別為 1.8/1 和 2.2/1。Read and Beevor (1976) 以性費洛蒙腺體萃取法收集粉斑螟蛾性費洛蒙，再以氣相層析儀 (Gas Chromatography, GC) 和觸角電位圖譜 (Electroantennogram, EAG) 分析出 Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac 的比例為 2/1。Barrer *et al.* (1987) 以氣體吸附法收集粉斑螟蛾性費洛蒙，再以氣相層析質譜儀 (Gas Chromatography-Mass Spectrophotometer, GC-MS) 分析，其比例為 7.5/1。本試驗表一和圖二結果顯示，以 Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 12/1 對粉斑螟蛾誘蟲效果較佳。昆蟲性費洛

蒙成分比例的差異，可能係費洛蒙在萃取的方法、時間不同導致的差異，或由於地理分布不同品系所導致的。日本、菲律賓及印度水稻瘤野螟 (*Cnaphalocrocis medinalis* (Guenee)) 性費洛蒙組成份不同，日本者為 Z11-18:Ald/Z13-18:Ald/Z11-18:OH/Z13-18:OH = 11/100/24/36，菲律賓者為 Z11-16:Ac/Z13-18:Ac = 98/2，印度者為 Z11-16:Ac/Z13-18:Ac = 1/10 (Kawazu *et al.*, 2000)。Coffelt *et al.* (1978) 在暗期 (scotophase) 和亮期 (photophase) 以浸漬性費洛蒙腺體方法萃取其性費洛蒙，經分析兩成分 Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac 的比例為 3.6/1 和 4.9/1。Coffelt and Vick (1987) 比較粉斑螟蛾性費洛蒙不同萃取方法：性費洛蒙表面腺體淋洗、腹末萃取和玻璃瓶淋洗等三種方法，經分析其性費洛蒙組成分別為 Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 88.2/11.8、83.9/16.1 和 83.3/16.7。另 Allison and Cardé (2006) 指出粉斑螟蛾性費洛蒙的遺傳變異性，剛開始在暗期性費洛蒙的量最高而在亮期則變為最小，不同萃取時間也有差異，且不同性費洛蒙的比例和濃度具有遺傳性。本試驗結果顯示以 Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 12/1 為最佳誘蟲配方，至於處女雌蟲分泌的性費洛蒙組成實際的比例，則有待進一步釐清。

比較聚氯乙烯塑膠微管及白色橡皮帽等兩種不同載體配方對粉斑螟蛾之誘引性，以白色橡皮帽為載體者顯示具較佳的誘引效果。以六角型轉盤和風洞檢測不同劑量的性費洛蒙誘餌對粉斑螟蛾雄成蟲之誘引性試驗結果，均以 1 mg 之劑量顯著較佳。Hodges *et al.* (1984) 使用性費洛蒙 1 mg 劑量來監測粉斑螟蛾，Ahmad (1987) 使用的劑量為 2 mg。本試驗結果顯示在粉斑螟蛾性費洛蒙之應用上，以劑量 1 mg 之配方最為經濟且具有高度

之誘引力。以六角型轉盤生物檢測不同週齡誘餌對粉斑螟蛾之誘蟲活性，結果顯示粉斑螟蛾性費洛蒙裝填於聚氯乙烯塑膠微管的持效性可達 4 週，白色橡皮帽的持效性可達 16 週；實際應用時，可依需求選擇較快釋放但短持效的聚氯乙烯塑膠微管劑型，或較緩釋放但長持效的白色橡皮帽劑型。綜合上述試驗結果顯示粉斑螟蛾之性費洛蒙誘餌以 Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac = 12/1，1 mg 裝填於白色橡皮帽者具誘引有效及經濟性。未來有關粉斑螟蛾性費洛蒙的誘蟲器型式及應用等技術，可進一步研究，以提升性費洛蒙利用之有效性、方便性及經濟性。

## 誌 謝

本研究承本所公務計畫 97 農科-14.2.1-藥-P3 輔助經費。試驗期間承吳昭儀小姐、林信宏、洪舜仁先生協助蟲源飼育與試驗，文成後黃振聲博士及顏耀平教授提供修正意見，完稿後又蒙二位審查者提供意見及斧正，謹此一併誌謝。

## 引用文獻

- Ahmad, T. R. 1987. Effect of pheromone trap design and placement on capture of almond moth, *Cadra cautella*. (Lepidoptera: Pyralidae). J. Econ. Entomol. 80: 897-900.
- Allison, J. D., and R. T. Cardé. 2006. Heritable variation in the sex pheromone of the almond moth, *Cadra cautella*. J. Chem. Ecol. 32: 621-641.
- Baker, T. C., and R. T. Cardé. 1979. Analysis of pheromone-mediated

- behaviors in male *Grapholita molesta*, the oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Environ. Entomol.* 8: 956-968.
- Barrer, P. M., M. J. Lacey, and A. Shini.** 1987. Variation in relative quantities of airborne sex pheromone components from individual females *Ephestia cautella* (Lepidoptera: Pyralidae). *J. Chem. Ecol.* 13: 639-653.
- Benson, J. F.** 1973. The biology of Lepidoptera infesting stored products, with special reference to population dynamics. *Biol. Rev.* 48: 1-26.
- Brady, U. E.** 1973. Isolation, identification and stimulatory activity of a second component of the sex pheromone system (complex) of the female almond moth, *Cadra cautella* (Walker). *Life Sci.* 13: 227-235.
- Burges, H. D.** 1956. Some effects of the British climate and constant temperature on the life-cycle of *Ephestia cautella* (Walker). *Bull. Entomol. Res.* 46: 813-835.
- Chow, Y. S., L. C. Yang, and M. Y. Lee.** 1975. Field evaluation of the synthetic sex pheromones of the almond moth and the Indian meal moth. *Plant Prot. Bull.* 17: 418-423. (in Chinese)
- Coffelt, J. A., and K. W. Vick.** 1987. Sex pheromone of *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae): influence of mating on pheromone titer and release rate. *J. Stored Prod. Res.* 23: 119-123.
- Chow, Y. S., Y. H. Cheng, C. L. Hsu, and C. Y. Hsieh.** 1977. Attraction experiment of lepidopterus insect pest in ricebarn. *Plant Prot. Bull.* 19: 189-195. (in Chinese)
- Coffelt, J. A., L. L. Sower, and K. W. Vick.** 1978. Quantitative analysis of identified compounds in pheromone gland rinses of *Plodia interpunctella* and *Ephestia cautella* at different times of the day. *Environ. Entomol.* 7: 502-505.
- Finkelman, S., S. Navarro, M. Rindner, R. Dias, and A. Azrieli.** 2003. Effect of low pressures on the survival of cocoa pests at 18°C. *J. Stored Prod. Res.* 39: 423-431.
- Finkelman, S., S. Navarro, M. Rindner, R. Dias, and A. Azrieli.** 2004. Effect of low pressures on the survival of cocoa pests at 30°C. *J. Stored Prod. Res.* 40: 499-506.
- Girling, R. D., and R. T. Cardé.** 2007. Analysis and manipulation of odor plumes from a piezo-electric release system and measurements of upwind flight of male almond moths, *Cadra cautella*, to pheromone plumes. *J. Chem. Ecol.* 33: 1927-1945.
- Hagstrum, D. W., and L. R. Davis, Jr.** 1980. Mate-seeking behavior of *Ephestia cautella*. *Environ. Entomol.* 9: 589-592.
- Hodges, R. J., F. P. Benton, D. R. Hall, and R. dos Santos Serodio.** 1984. Control of *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Phycitidae) by synthetic

- sex pheromones in the laboratory and store. *J. Stored Prod. Res.* 20: 191-197.
- Hung, C. C., J. S. Hwang, and R. F. Hou.** 1999. Comparison of bioassay methods for attractiveness of sex pheromone components to carambola fruit borer, *Eucosma notanthes* Meyrick. *Plant Prot. Bull.* 41: 165-177. (in Chinese)
- Kawazu, K., J. Hasegawa, H. Honda, Y. Ishikawa, S. Wakamura, H. Sugie, H. Kamiwada, T. Kamimuro, Y. Yoshiyasu, and S. Tatsuki.** 2000. Geographical variation in female sex pheromones of the rice leaffolder moth, *Cnaphalocrocis medinalis*: identification of pheromone components in Japan. *Entomol. Exp. Appl.* 96: 103-109.
- Kuo, B. J.** 2005. The investigation and control of pest of cultivated and storage Chinese medical herb. *Yearbook of Chinese Medicine and Pharmacy* 23: 219-256. (in Chinese)
- Kuwahara, Y., C. Kitamura, F. Takahashi, H. Here, S. Ishii, and H. Fukami.** 1971. Sex pheromone of the almond moth and the Indian meal moth: *cis*-9, *trans*-12-tetradecadienyl acetate. *Science* 171: 801-802.
- LeCato, G. L.** 1976. Yield, development, and weight of *Cadra cautella* (Walker) and *Plodia interpunctella* (Hübner) on twenty-one diets derived from natural products. *J. Stored Prod. Res.* 12: 43-47.
- Mankin, R. W., and D. W. Hagstrum.** 1995. Three-dimensional orientation of male *Cadra cautella* (Lepidoptera: Pyralidae) flying to calling females in a windless environment. *Environ. Entomol.* 24: 1616-1626.
- Ozyardimci, B., N. Cetinkaya, E. Denli, E. Ic, and M. Alabay.** 2006. Inhibition of egg and larval development of Indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Hübner) and almond moth, *Ephestia cautella* (Walker) by gamma radiation in decorticated hazelnuts. *J. Stored Prod. Res.* 42: 183-196.
- Quarthey, G. K., and T. H. Coaker.** 1993. Role of sex pheromone components in the orientation behaviour of *Ephestia cautella*. *Entomol. Exp. Appl.* 66: 237-245.
- Read, J. S., and P. S. Beevor.** 1976. Analytical studies on the sex pheromone complex of *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Phycitidae). *J. Stored Prod. Res.* 12: 55-57.
- Statsoft.** 1995. *Statistica for Windows* (vol. I): General Conventions and Statistics I, 2nd ed. Statsoft, Tulsa, OK.
- Steele, R. W.** 1970. Copulation and oviposition behavior of *Ephestia cautella* (Walker). *J. Stored Prod. Res.* 6: 229-245.
- Takahashi, F., C. Kitamura, Y. Kuwahara, and H. Fukami.** 1968. Studies on sex pheromones of pyralidse. II. mass rearing of virgin females of almond moth, *Cadra cautella* Walker (Phycitinae). *Botyu-Kagaku* 33: 163-168.
- Takahashi, F., C. Kitamura, Y. Kuwahara,**

- and H. Fukami. 1971. The comparative pheromone activity of acetates of unsaturated alcohol to males of the almond moth. *Botyu-Kagaku* 36: 24-36.
- Wang, W. L., C. C. Hung, S. S. Kao, and S. C. Wang.** 2009. Development and fecundity of the almond moth, *Cadra cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae), reared on different diets. *Formosan Entomol.* 29: 251-262. (in Chinese)
- Yao, M. C., K. C. Lo, and Y. N. Wan.** 2003. Effects of the milling process and grocery environments on the occurrence of stored-product insects. *Plant Prot. Bull.* 45: 110-116. (in Chinese)

收件日期：2010年3月8日

接受日期：2010年5月19日

# Improving the Attraction of the Sex Pheromone Lure of the Almond Moth, *Cadra cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae)

Wen-Lung Wang<sup>1,2</sup>, Chau-Chin Hung<sup>1\*</sup>, and Shun-Cheng Wang<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Division of Bio-pesticide, Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, Council of Agriculture, Wufeng Township, Taichung County 41358, Taiwan

<sup>2</sup> Department of Environmental Engineering and Management, 168 Jifong E. Rd., Wufeng Township, Taichung County 41349, Taiwan

## ABSTRACT

According to the reports, the sex pheromone components of the almond moth, *Cadra cautella* (Walker) were I: (*Z,E*)-9,12-tetradecadien-1-yl acetate (*Z9E12-14:Ac*) and II: (*Z*)-9-tetradecen-1-yl acetate (*Z9-14:Ac*). The proportions of I/II ranged between 1.8/1 to 7.5/1. In order to improve the attractiveness of the sex pheromone lure of the almond moth, the following 12 formulas: I/II = 100/0, 0/100, 1.8/1, 2/1, 2.2/1, 3.6/1, 4.9/1, 7.5/1, 8/1, 10/1, 12/1 and 15/1, were compared with turn table and with wind tunnel bioassays. The results showed that the attraction of the formulation of *Z9E12-14:Ac/Z9-14:Ac* = 12/1 on a white rubber septum was more attractive to the almond moth than the same formulation in a PVC microtube. The percentage of the total moth catch with the white rubber septum (61.9%), was significantly higher than that of the PVC microtube (36.9%). The attraction of the sex pheromone lures to the almond moth at different dosages was measured in percentage of total number of males trapped. For the low dosage tests, the lure dosage of 4 mg trapped the most male moths (30.3%), which was significantly higher than the lure dosage of 1 mg (23.8%) and 2 mg (22.2%). There was no difference in attraction to the almond moth in the lure dosages of 1, 2, 4, 8, and 16 mg. In the high dosage tests the percentages of the total number of males trapped ranged from 18.7-22.2%. The attraction of the lure in the PVC microtube lasted up to 4 weeks in the field, while the rubber septa lures lasted up to, 16 weeks. It was concluded that the most economical and most attractive formulation of the sex pheromone lure for the almond moth was the 1 mg dosage, I/II = 12/1 ratio, on a rubber septum.

**Key words:** almond moth, *Cadra cautella*, sex pheromone, (*Z,E*)-9,12-tetradecadien-1-yl acetate (*Z9E12-14:Ac*), (*Z*)-9-tetradecen-1-yl acetate (*Z9-14:Ac*)

\* Corresponding email: hccjane@tactri.gov.tw