



Formosan Entomologist

Journal Homepage: entsocjournal.yabee.com.tw

【Research report】

斜紋夜蛾雌蟲對性費洛蒙誘蟲盒誘捕率之影響【研究報告】

石正人、朱耀沂

*通訊作者E-mail :

Received: Accepted: 1988/04/12 Available online: 1988/09/01

Abstract

摘要

利用合成性費洛蒙 (Z,E)-9, 11TDDA : (Z,E)-9, 12TDDA = 10 : 1 誘捕斜紋夜蛾雄蟲時，誘蟲盒之誘捕率受到雌蟲競爭作用的影響而降低。當大型網室 (8×4×3m) 中分別釋放 5, 10, 20, 40, 60, 80 隻雄蟲時，其誘捕率各為 30, 25, 25, 22, 19, 27%。但加入等比率的雌蟲後，誘捕率會降低，且隨釋放雌雄蟲數之增加，誘捕率逐漸下降，但交尾率則上升。在小型網室 (3.6×2×2m) 中，誘蟲盒誘捕率隨著釋放蟲數之增加而降低的趨勢更為明顯，但交尾率則不受影響。在大型網室中改變雌雄蟲數 (♀ : ♂) 為 : 3 : 20, 5 : 20, 8 : 20, 10 : 20, 15 : 20, 20 : 20, 40 : 20，則隨釋放雌蟲數的增加，而誘蟲盒捕率隨之降低，但就雌蟲交尾率而言，則不受影響。在大型網室中，費洛蒙誘蟲盒的存在會降低網室內雌蟲的交尾率。比較大小型網室試驗結果可知競爭作用導致誘蟲盒誘捕率的降低，取決於雌蟲交尾率的改變及雄蟲的尋偶行為，在田間試驗中，此種競爭作用亦會降低誘蟲盒的誘捕率，在100隻雌蟲存在區，對誘蟲盒誘捕率的抑制率為 64%，而200隻雌蟲區則有77%的抑制效果。

Key words:

關鍵詞:

Full Text:  [PDF\(5.06 MB\)](#)

下載其它卷期全文 Browse all articles in archive: <http://entsocjournal.yabee.com.tw>

斜紋夜蛾雌蟲對性費洛蒙誘蟲盒誘捕率之影響

石 正 人 朱 耀 沂

國立臺灣大學植物病蟲害學系

(接受日期：民國77年4月12日)

摘 要

利用合成性費洛蒙 (Z, E)-9, 11 TDDA : (Z, E)-9, 12 TDDA = 10:1 誘捕斜紋夜蛾雄蟲時，誘蟲盒之誘捕率受到雌蟲競爭作用的影響而降低。當大型網室 (8×4×3 m) 中分別釋放 5, 10, 20, 40, 60, 80 隻雄蟲時，其誘捕率各為 30, 25, 25, 22, 19, 27%。但加入等比率的雌蟲後，誘捕率會降低，且隨釋放雌雄蟲數之增加，誘捕率逐漸下降，但交尾率則上升。在小型網室 (3.6×2×2 m) 中，誘蟲盒誘捕率隨着釋放蟲數之增加而降低的趨勢更為明顯，但交尾率則不受影響。在大型網室中改變雌雄蟲數 (♀:♂) 為：3:20, 5:20, 8:20, 10:20, 15:20, 20:20, 40:20，則隨釋放雌蟲數的增加，而誘蟲盒捕率隨之降低，但就雌蟲交尾率而言，則不受影響。在大型網室中，費洛蒙誘蟲盒的存在會降低網室內雌蟲的交尾率。比較大小型網室試驗結果可知競爭作用導致誘蟲盒誘捕率的降低，取決於雌蟲交尾率的改變及雄蟲的尋偶行為。在田間試驗中，此種競爭作用亦會降低誘蟲盒的誘捕率，在 100 隻雌蟲存在區，對誘蟲盒誘捕率的抑制率為 64%，而 200 隻雌蟲區則有 77% 的抑制效果。

緒 論

斜紋夜蛾性費洛蒙之開發利用已有多年的歷史 (Tamaki *et al.*, 1973)，然而在發生預測上，以費洛蒙誘捕盒之誘捕蟲數來測定田間害蟲之族羣密度，進而尋找採取防治措施的適當時期時，合成性費洛蒙誘蟲盒誘捕率，常受下列因子之影響：1. 氣候及環境因子 2. 誘蟲盒之構造及設置地點、高度 3. 性費洛蒙之成份及 4. 與田間雌蟲之競爭作用 (中村，1980)。

雌蟲之競爭作用，理論上性費洛蒙誘蟲盒可視為一種人造之雌蟲，而雄蟲在求偶行為中，可於誘蟲盒與田間雌蟲間作一選擇，因此產生誘蟲盒與田間雌蟲之間的競爭作用。此種競爭作用常導致誘集曲線與調查卵數曲線不能配合，甚且誘集曲線高峯期比產卵曲線高峯期還晚出現。因當害蟲族羣密度增高時，雌蟲數也增加，此時雄蟲可遇到雌蟲而與之交尾的機會加大，故可逃避誘蟲盒的誘集，使誘集數降低，然而田間可產卵雌蟲數却增加；至後期，已交尾雌蟲開始產卵而不再分泌費洛蒙時，雄蟲與雌蟲交尾機會減少，此時誘蟲盒的誘捕蟲數才會增加 (Nakamura, 1982)。此種田間雌蟲對性費洛蒙誘蟲盒之干擾作用，在歐洲玉米螟 (*Ostrinia nubilalis*) (Howell, 1983)、舞蛾 (*Lymantria dispar*) (Elkinton and Carde, 1984) 及橘捲葉蛾 (*Argyrotaenia citrana*) (Croft *et al.*, 1986) 等均有報導。宮原等 (1977) 預測斜紋夜蛾發生時，亦曾發現成蟲誘殺高峯期比產卵高峯期還晚幾天出現，這顯示當田間產卵雌蟲數多時誘蟲盒的誘捕雄蟲數並未隨之增加，此表示雌蟲競爭作用在斜紋夜蛾上亦可能發生。

然而此種雌蟲競爭作用的原因為何，至今仍未有報告提出。本文主要就網室及野外試驗，從雌蟲交尾率及雄蟲的活動情形分別探討引起競爭作用的原因，並測定競爭作用對誘蟲盒誘捕率的影響程度，期能探知斜紋夜蛾雌蟲競爭作用對性費洛蒙誘蟲盒誘捕效率的影響，以供日後作本蟲發生預測時之參考資料。

材 料 與 方 法

一、網室試驗

利用小山及釜野 (1976) 之人工飼料飼育斜紋夜蛾幼蟲，幼蟲化蛹後依蛹體性孔區別雌雄，分別置於養蟲箱 ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, RH 60-80%, L:D=12:12) 中，並以 10% 糖水供成蟲取食，羽化後 2~3 天之成蟲取出供為試驗蟲源。所用網室，大型網室長、寬、高各為 8, 4 及 3 m，小型網室則為 3.6, 2 及 2 m。使用之誘蟲盒及合成性費洛蒙均為日本武田製藥公司提供之乾式性費洛蒙誘蟲盒及 Litlure。Litlure 成份為 Cis-9, trans-11-tetradecadienyl acetate (Compound A) 及 Cis-9, trans-12-tetradecadienyl acetate (Compound B), A:B=10:1。

1. 不同密度雄蟲對誘蟲盒誘捕率之影響：

取羽化 2~3 齡雄蟲各 5、10、20、40、60、80 隻，將雄蟲釋放於大型網室內，網室中央離地一公尺處設置性費洛蒙誘蟲盒一具。釋放時間為每日 17:00 即天黑前 40~100 min，至翌日早晨 9:00 調查誘蟲盒之誘捕蟲數，且捕捉停留於網室內之雄蟲，從此計算誘捕率。本試驗每處理四重覆。

2. 雌蟲之存在對誘蟲盒誘捕率之影響：

與 1. 法相同，在大型網室中進行。但在每次誘捕試驗中加入與雄蟲相同數目之雌蟲，即釋放雌、雄蟲數 (♀:♂) 各為 5:5, 10:10, 20:20, 40:40, 60:60, 80:80 隻成蟲。至翌日 9:00 調查誘蟲盒之誘捕率，並捕捉停於網室內之成蟲。誘捕試驗後之雌蟲携回試驗室，在解剖擴大鏡下解剖，調查其受精囊 (Spermatheca) 內精包之存在，從此計算雌蟲之交尾率。本試驗每處理四重覆。

3. 釋放空間對誘蟲盒誘捕率之影響：

本試驗在小型網室進行，其釋放雌蟲數及試驗方法與 2. 相同，每處理重覆四次，再以試驗結果與前述之 2. 相比較。

4. 不同性比對誘蟲盒誘捕率之影響：

在大型網室中釋放 20 隻雄蟲，同時各釋放 3、5、8、10、15、20、40 隻雌蟲，使其雌雄比為 3:20, 5:20, 8:20, 10:20, 15:20, 20:20, 40:20。其他方法與 2. 項試驗相同，本試驗每處理重覆四次。

5. 合成性費洛蒙之存在對雌蟲交尾率之影響：

在大型網室中，釋放性比及蟲數 (♀:♂) 各為 5:20, 10:20, 20:20, 40:20 之成蟲，但在網室中則分為有性費洛蒙及無性費洛蒙兩種處理，並與 B 相同方法，調查雌蟲交尾率。本試驗每處理四重覆。

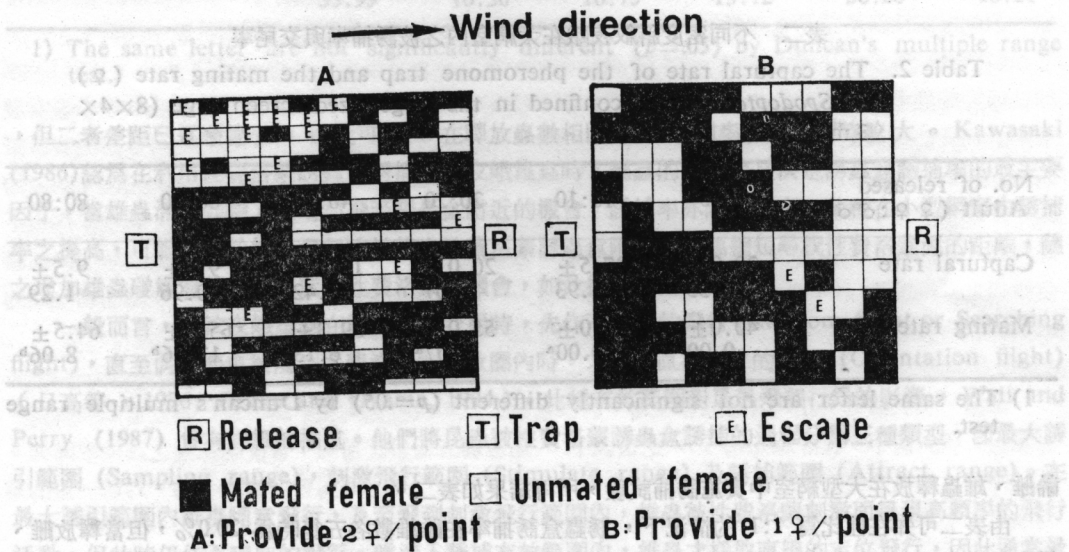
二、野外試驗

1. 綁線雌蟲之製作：以 CO_2 將雌蟲昏迷後放在包有二層紗布之冰塊上作雙重麻醉。在冰塊上以細麻線綁住雌蟲左翅上方，另一端留約 10 cm 長，作為將來黏貼於紙盒中之用。置於約 5°C 之冰箱中冷藏備用。

2. 標識雄蟲：麻醉方式與綁線雌蟲相同，但以 Pentel 公司出品之油漆筆 (Paint marker) 在雄蟲左翅背面近翅頂頂部標識備用。

3. 裝雌蟲用紙製牛奶盒：取一般市面使用 $7 \times 7 \times 7 \text{ cm}$ 之牛奶紙盒，洗淨後曬乾，並以油漆噴成綠色。在紙盒四周正中央處各開 $3 \times 2 \text{ cm}$ 之長方型開口，以利雄蟲之進出。

4. 誘捕率及交尾率之調查：本試驗在臺大農場甘諸田上實施。將綁線雌蟲翅上細麻線之一端以膠布黏於紙盒底部，並把雌蟲收容於紙盒中，掛於離地 1 m 高的竹竿上，每竹竿相距 2 m，竹竿作 10×10 方陣排列。在方陣外 10 m 之下風處釋放標識雄蟲 180 隻，另於方陣上風 10 m 處離地一公尺高設置性費洛蒙誘蟲盒一個（圖一）。懸掛綁線雌蟲及設置誘蟲盒時間為下午 3~5 點，而釋放標識雄蟲間時為下午 5:00 天黑前。至翌日早晨 8:00 起，回收綁線雌蟲，携回試驗室，調查交尾率並記錄誘蟲盒中標識雄蟲及非標識雄蟲之捕獲率。本試驗就每一牛奶盒中各黏貼一或二隻綁線雌蟲之兩種雌蟲密度下實施；又離該試驗區 50 公尺處，另設對照組，在不設置綁線雌蟲的條件下，釋放標識雄蟲而比較誘蟲盒之捕獲率。



圖一 田間不同雌蟲密度下斜紋夜蛾之交尾分佈情形。

Fig. 1. The mating distribution of the field trial of *Spodoptera litura* in different female density.

結果與討論

一、網室試驗

1. 不同密度雄蟲對誘蟲盒誘捕率之影響：

在網室內釋放不同密度雄蟲，測定其誘捕率，結果得知在不同釋放蟲羣密度下，性費洛蒙誘蟲盒誘捕率如表一所示。誘捕率在各密度處理間無顯著差異。此表示在只有雄蟲存在時，性費洛蒙誘蟲盒的誘捕效率甚為穩定，不隨著蟲口密度之增減而改變，皆在 20~30% 之間。然在同一密度試驗之間的處理機差甚大，此可能為每次試驗時之氣候因子所致。

通常在利用性費洛蒙誘蟲盒的誘捕試驗中，最感困擾者即為誘蟲盒誘捕率受氣候條件的影響變化太大，然而由本試驗可知，在網室內，若是在只有雄蟲存在的情況下，性費洛蒙誘蟲盒誘捕率雖然有時受天氣影響，但變化不大，因此以誘蟲盒中之誘集蟲數作為推算田間成蟲之密度，應具有相當的準確度。然而此種單雄情況在田間似乎並不存在，由野外所採集的卵塊或若齡幼蟲集羣飼養結果知，斜紋夜蛾田間族羣之性比約為 1:1。因此乃以性比為 1:1 的成蟲作下列試驗。

2. 雌蟲之存在對誘蟲盒誘捕率之影響：

為瞭解雌蟲之存在對誘蟲盒誘捕率的影響，遂以性比 (♀:♂) 為 1:1 的情形下，將羽化後 2~3

表一 在無雌蟲條件下斜紋夜蛾雄蟲對性費洛蒙誘蟲盒之被誘捕率

Table 1. The captural ratio to the pheromone trap of *Spodoptera litura* under the non-female condition confined in the large sized screen cage (8×4×3 m)

Number of males released	5	10	20	40	60	80
Captural rate (%)	30±25.8	25±5.8	25±16.8	22±9.5	19±10.8	27±14.5

表二 不同密度斜紋夜蛾在大網室內之被誘捕率與交尾率

Table 2. The captural rate of the pheromone trap and the mating rate (♀) of *Spodoptera litura* confined in the large sized screen cage (8×4×3 m)¹⁾

No. of released Adult (♀ ♀: ♂ ♂)	5:5	10:10	20:20	40:40	60:60	80:80
Captural rate	20.0±16.33	27.5±41.93	20.0±7.07	12.0±5.42	9.8±0.96	9.5±1.29
Mating rate	40.0±0.00 ^a	55.0±10.00 ^a	55.0±7.07 ^a	59.3±6.13 ^a	65.0±17.96 ^b	64.5±8.06 ^b

1) The same letter are not significantly different ($p=0.05$) by Duncan's multiple range test.

齡雌、雄蟲釋放在大型網室中實施誘捕試驗，所得結果如表二。

由表二可知在性比為 1:1 的情況下，誘蟲盒誘捕率在雌雄數各五隻時為 20.0%，但當釋放雌、雄蟲數增高至各 80 隻時，誘捕率降至 9.5%。即誘蟲盒之誘捕率隨著釋放蟲數的增加而下降。由於高密度情況下，雌蟲數也相對地增加，雄蟲易遇到雌蟲隨而提高交尾的機會，如此增加雌蟲對性費洛蒙誘蟲盒的競爭作用。小山 (1985) 認為大部份雄蟲一夜只交尾一次，而已交尾雄蟲當夜被誘蟲盒捕獲的比率甚低。由此更可推測在高密度情況下，雄蟲在被誘蟲盒捕獲之前較易找到雌蟲交尾，而交尾後之雄蟲即失去被誘蟲盒引誘的機會，因此降低誘蟲盒的誘捕率。和表一之只有雄蟲存在時比較誘蟲盒誘捕率的變化，發現當加入與雄蟲同數之雌蟲時，誘蟲盒的誘捕效率會降低，尤其在高密度的情況下為甚，無雌與有雌條件之間的差異就更為顯著。例如缺雌條件下，80 隻雄蟲之誘捕率為 27%，但在加入 80 隻雌蟲時，誘捕率降至 9.5%，即前者之誘捕率比後者高達 3 倍之多。為了探討此種誘捕率的降低，乃分析雌蟲的交尾率。發現雌蟲交尾率隨著蟲羣密度增加而增加，而各處理間交尾率有顯著性差異。雌雄蟲各 5 隻時的交尾率為 40.0%，以後至釋放蟲數各為 80 隻時增加為 64.5%，其間有直線性的增加趨勢。因此可知誘捕率與交尾率之間有顯著負相關關係。亦即雖是同樣 1:1 之性比下，增加釋放蟲數時雌蟲交尾率亦隨之增加，然而此種釋放蟲數增加，導致誘捕率下降，除可能由於交尾率增高外，亦可能因相對活動空間縮小所致，因此乃進行下項試驗。

3. 空間對誘蟲盒誘捕率的影響：

誘蟲盒的誘捕率可能會受到雄蟲相對活動空間之影響，即空間之縮小應可增加雄蟲在飛行時碰觸到誘蟲盒的機會。為證實此一點，另在小型網室 (3.6×2×2 m) 做與前項同樣的試驗。即將雌雄蟲自 5 至 80 對釋放在比前項大型網室試驗小四倍空間的小型網室中進行調查，所得結果如表三。

首先與大型網室的誘捕率 (表二) 比較，發現在小型網室之誘捕率無論是在何種密度下均大於大型網室者。在雌雄蟲各釋放 5 隻時，大型網室誘捕率為 20.0%，而在小型網室則為 55.0%，二者相差達 2.7 倍之多，而在雌雄蟲數各 80 隻時，則大型網室誘捕率為 9.5%，亦比小型網室的 11.3% 低

表三 不同密度斜紋夜蛾在小網室內之被誘捕率及交尾率

Table 3. The captural rate of the pheromone trap and the mating rate (♀) of *Spodoptera litura* confined in the small sized screen cage. (3.6×2×2 m)¹⁾

No. of released Adult (♀:♂)	5:5	10:10	20:20	40:40	60:60	80:80
Captural rate	55.0±30.00 ^a	48.3±22.93 ^a	36.5±16.09 ^{a,b}	27.8±18.80 ^{a,b}	13.5±5.80 ^b	11.3±2.22 ^b
Mating rate	66.5±33.99	66.5±16.30	60.5±16.75	67.5±13.72	47.8±26.20	63.5±10.21

1) The same letter are not significantly different ($p=.05$) by Duncan's multiple range test.

，但二者差距已逐漸縮小。由此可見，在釋放蟲數相同時，誘捕率在小空間時較大。Kawasaki (1986)認為在利用性費洛蒙誘蟲盒誘捕斜紋夜蛾雄蟲時，雄蟲的活動性是決定誘蟲盒誘捕率的最主要因子，當雄蟲活性強時，可增加飛至誘蟲盒附近的機會，誘捕率亦隨而增高。此種在小型網室中誘捕率之提高，可能是由於雄蟲飛行時始終在性費洛蒙誘蟲盒附近，大幅縮短尋找性費洛蒙源的距離，隨之增加雄蟲碰觸有效誘引濃度之性費洛蒙的機會，如此提高誘捕率。

一般而言，斜紋夜蛾雄蟲在尋找雌蟲交尾時，先作不定向的飛行 (Random flight or Searching flight)，直至偶然機會接觸到性費洛蒙的有效圈內時，才採取直接定位的飛行 (Orientation flight) (日高等，1976; Otake and Oyama, 1974)。此種有效範圍對昆蟲飛翔行為的影響，Wall and Perry (1987) 曾有詳細的描述。他們將昆蟲被性費洛蒙誘蟲盒誘捕的過程分為三種類型，即最大誘引範圍 (Sampling range)，刺激飛行範圍 (Stimulate range) 及誘捕範圍 (Attract range)。在最大誘引範圍內雄蟲隨意飛行，及至飛到刺激飛行範圍內，雄蟲被性費洛蒙刺激而呈現高頻率的飛行活動，但此時仍作不定向的飛行。當進入誘捕有效範圍內，雄蟲才採取直線的定位飛行，因此通常最大誘引範圍的距離大於刺激飛行範圍，更大於誘捕範圍。而只有雄蟲進入到誘捕有效範圍內，才可能被誘蟲盒誘捕到。

一般認為斜紋夜蛾開始採取定位飛翔之距離為離性費洛蒙 1~2 公尺處，因此甚至有人認為此距離為該蟲性費洛蒙真正之有效距離。(平野，1980; Hidaka, 1976; Kawasaki, 1981)。而小型網室之空間正使雄蟲釋放後馬上進入採取定位飛翔之費洛蒙圈 (Pheromone plume) 中，而大幅提高誘蟲盒的誘捕率。朱等 (1987) 利用鐵絲籠網測定斜紋夜蛾雄蟲在不同距離性費洛蒙源時的行為反應，發現在靠近性費洛蒙 0 至 1 m 時反應值最高，有 70 以上。而在距費洛蒙源 5 m 時，反應值已降為 50 左右。本試驗所用大型網室長度為 8 m，小型網室長度為 3.6 m，而試驗用誘蟲盒置於正中央。通常釋放成蟲於網室後，成蟲大部分飛行至周圍尼龍沙網上停留休息。因此，在網室內作誘捕試驗時，成蟲距誘蟲盒之距離，在大網室最大為 4 m，最小為 2 m，而小網室則最大為 1.8 m，最小為 1 m。從此可知，在大型網室中的誘捕率較小型網室者低，即由於雄蟲距離性費洛蒙誘蟲盒較遠的關係。

在小型網室雌、雄蟲同時存在時，比較釋放蟲數與誘捕率的關係發現，隨著釋放蟲數的增加而誘捕率下降，而其減少情形比大型網室試驗更為明顯。各處理間有顯著性差異，由此可看出在釋放蟲數多時，雌蟲的存在對誘蟲盒誘捕率的影響愈大。因為蟲數多時，雄蟲較易碰到雌蟲，而增加交尾機率。Roelofs *et al.*, (1970) 利用性費洛蒙誘集紅帶捲葉蛾 (*Argyrotaenia velutinana*) 時，認為雌蟲數與誘蟲盒誘引力之間的競爭關係可如下式表示：

$$r = \frac{T}{A+N}$$

r : 競爭比率 T : 所有雌蟲總數 N : 誘蟲盒數目 A : 誘蟲盒及相對誘引效率

而本項試驗誘蟲盒數目及誘蟲盒相對誘引效率可視為定值，若此則競爭比例與所有雌蟲總數成正比。而本試驗誘蟲盒誘捕率 (Y) 與雌蟲數 (X) 之關係為 $Y=65.21667-9.47857 X$, $R=0.9728$, $P=0.0001$, 斜率 -9.5 即為雌蟲對誘蟲盒誘引率之競爭比例。從此可知誘蟲盒誘捕率的降低與雌蟲數有極顯著的相關關係。

為比較誘捕率和交尾率的關係，在小型網室試驗中，調查釋放雌蟲的交尾率，發現各處理間並無顯著差異，均維持在 60% 左右。而在大型網室試驗中，其交尾率則隨釋放蟲數的增加而逐漸上升，由此可見在成蟲活動空間大時，誘捕率之降低可能起因於交尾率的增高。但在小型網室中，則因可活動空間已大幅縮小，此時再增加雌雄蟲數，亦無法提高其交尾率。因此在小型網室中，誘捕率之增加是由於釋放蟲可活動空間縮小所致，而和交尾率無關。而此可活動空間縮小表示單位體積中雌蟲數增加，因此推測性費洛蒙誘蟲盒誘捕率之改變和雌蟲數的多寡有關。此點將在下面試驗中探討。

斜紋夜蛾雌蟲交尾能力甚強，在野外試驗中，一夜之平均交尾率曾高達 90% (小山, 1985)，亦即試驗的雌蟲中，大部分皆能分泌性費洛蒙，進而交尾。而朱等 (1987) 指出，在雄蟲族羣中參有發育早熟及晚熟的個體。由此可知在釋放之成蟲羣中，可感應性費洛蒙的雄蟲個體數比可分泌性費洛蒙且有交尾能力之雌蟲少，而此種可反應蟲數的差異，隨釋放蟲數的增加愈為顯著，如此提高了雌蟲的競爭作用，降低了誘蟲盒的誘捕率。而在釋放蟲數少時，雌、雄間可反應數差別不大，蟲競爭作用不易顯見，故誘捕率相對增加。此外，在高密度時，雌蟲數較多，分泌之天然性費洛蒙量較多，因而產生雄蟲之交尾攪亂 (Disruption) 亦為可能原因之一。綜合本項試驗所得結果可知，成蟲活動空間的大小會影響誘蟲盒誘捕率，當空間增大時誘捕率下降，反之則誘捕率增大。

4. 不同性比對誘蟲盒誘捕率的影響：

由第一項試驗知，在只有雄蟲存在時，誘蟲盒誘捕率相當穩定，並不隨釋放雄蟲數增加而改變。而在第二項試驗中，在雌雄比為 1:1 之情況下，隨著釋放蟲數之增加，會使誘蟲盒之誘捕率降低。因此推測，此種誘捕率的降低乃是與雄蟲共存的雌蟲數增加所產生。為更證實此一點，乃以一定的雄蟲數配以不同雌蟲數，在大型網室中測定其誘捕率，所得結果如表四。

表四 不同性比斜紋夜蛾在大網室之被誘捕率及交尾率

Table 4. The captural rate of the pheromone trap and mating rate (♀) of *Spodoptera litura* under the different sex ratio confined in the large sized screen cage. (8×4×3 m)¹⁾

No. of released Adult and sex ratio (♀:♂)	3:20	5:20	8:20	10:20	15:20	20:20	40:
Captural rate	54.3±10.69 ^a	36.0±13.64 ^{a,b}	22.5±13.33 ^{b,c,d}	17.0±7.79 ^{c,d}	28.8±18.80 ^{b,c}	16.3±13.15 ^{b,c}	8 8
Mating rate	45.5±15.84 ^b	73.8±9.46 ^a	47.5±13.77 ^b	60.0±14.14 ^{a,b}	53.8±23.85 ^{a,b}	55.0±8.21 ^{a,b}	47 6

1) The same letter are not significantly different ($p=0.05$) by Duncan's multiple range test.

就誘蟲盒之誘捕率言，除釋放蟲數為 15:20 (♀♀:♂♂) 外，其餘各處理組之誘捕率均隨雌蟲數的增加而減少，且各處理間有顯著差異。如雌雄比 3:20 時，其誘捕率高達 54.3%，然雌蟲數增加到與雄蟲同數 (20:20)，或甚至超過雄蟲之兩倍時 (20:40)，其誘捕率即降低為 16.3 及 8.8%。由此可證實雌蟲數的增加可引起誘捕率的降低。從表一中可知，當 20 隻雄蟲在無雌蟲存在時，誘蟲盒的誘捕率只有 25%。然在此項試驗中，添加少數雌蟲數 (♀♀:♂♂=3:20)，其誘捕率却增加到 54.3%。推究其原因為當少數雌蟲存在時，四處分散的雌蟲隨地分泌性費洛蒙，如此更易激發雄蟲的探索飛翔。在實際雌蟲數有限的情況下，雖其易與雄蟲交尾，但已激發交尾衝動的多數雄蟲，更易使

飛向性費洛蒙誘蟲盒。而在未有雌蟲存在時，設在網室中央的費洛蒙為唯一的激發源，雄蟲不易受到其刺激而起飛，開始探索反應。

就不同性比時的交尾率而言，發現各處理間雖有顯著性差異，但在供試之 3:20 至 40:20 (♀♀:♂♂)間，未有一定的增減趨勢，而在 45~74%之間上下波動。由此可知雖誘蟲盒誘捕率易受到附近雌性蟲數之影響，然性比的變化及隨而產生的誘捕率之降低，在本試驗之供試性比範圍內未影響交尾率。又在釋放蟲為 3:20 及 5:20 (♀♀:♂♂) 的四次重覆處理中，各發現有四隻及二隻雌蟲之受精囊內有兩個精包。而此等試驗中，其交尾率皆在 50%左右，仍有半數未交尾的雌蟲。為何雄蟲之交尾集中到某些雌蟲上，而使其一夜有兩次的交尾。仍待進一步之探討。

另值得注意的是，在雌雄蟲為 40:20 條件下之交尾率為 47.8%，與其他不同性比時的交尾率沒有明顯的差異。此表示當雄蟲數減少到一半時，並不影響雌蟲的交尾率。若以性比 1:1 為準，假設田間起初各有 40 隻的雌雄蟲，且誘蟲盒誘捕率有 50%，則實施大量誘捕後將雌、雄蟲數改變為 40:20，此時仍不會降低雌蟲的交尾率。而由前項試驗中可知，誘蟲盒誘捕率一般皆在 20~30%之間，50%的誘捕率在斜紋夜蛾上甚難達到此一標準，況且誘捕後會使雌雄蟲數的比例減少，如此更增加競爭作用使誘蟲盒誘捕率遞減。此外本試驗之交尾率僅為一晚調查所得結果，若連續幾天後，其累積交尾率必隨之增高。因此在田間若欲以大量誘殺法防治斜紋夜蛾時，即使把誘蟲盒的誘捕率提高到 50%時，仍難得到預期的效果。

5. 合成性費洛蒙對雌蟲交尾率的影響：

在分析誘捕率與雌蟲交尾率的關係時，發現其間並無固定的相關關係，由於以上試驗均在網室內設置合成性費洛蒙誘蟲盒，而性費洛蒙之存在必定會影響其交尾率，因此乃測定沒有合成性費洛蒙誘蟲盒存在時之交尾率變化，其結果列於表五。

表五 合成性費洛蒙在不同性比之下對斜紋夜蛾雌蟲交尾率的影響

Table 5. The influence of the sex pheromone to the mating rate (♀) of *Spodoptera litura* under the different sex ratio confined in the large sized screen cage (8×4×3 m)¹⁾

No. of adult and Sex ratio (♀♀:♂♂)	Mating rate (%)	
	pheromone present ²⁾	pheromone absent
5:20	73.8±9.46 ^a	95.0±10.00 ^a
10:20	60.0±14.14 ^a	92.5±5.00 ^a
20:20	55.0±8.21 ^b	63.8±12.50 ^b
40:20	47.8±6.60 ^b	39.8±12.60 ^b

¹⁾ Means in the same column not followed by a common letter differ significantly ($p=0.05$) by Duncan's multiple range test.

²⁾ The data of pheromone present is cited from Table 4.

不論有無性費洛蒙誘蟲盒，明顯地雌蟲之交尾率均隨著供試雌蟲數的減少而增加，但其增加比例在無性費洛蒙之情況下更為顯著，即在 20 隻雄蟲存在下，雌蟲數自 40 隻減到 5 隻，此時交尾自 39.8% 增加到 95.0%，增加交尾率為 55.2%；而在設置性費洛蒙誘蟲盒的條件下，其交尾率自 47.8% 增加到 73.8%，增加交尾率為 26.0%。若以最接近正常狀態之性比為 1:1，且無性費洛蒙誘蟲盒存在的條件，則在 20:20 時，可知其交尾率為 63.8%，亦即尚有 36.2% 之未配對雌雄蟲。但當雌雄蟲數比為 20:5，此時雄蟲數遠超過雌蟲數的情況下，雌蟲之交尾率已接近 100%。此種事實，或可表示供試雌蟲並無早、晚熟的差別，皆有自動或被迫接受雄蟲交尾的準備。由此可推測，在試驗中雌蟲所表現的交尾率之變動概由雄蟲的行為反應所引起。

在設置性費洛蒙誘蟲盒之條件，供試網室中，除釋放的雌蟲所分泌之天然性費洛蒙外，還有誘蟲盒散發的合成性費洛蒙。在此種條件下網室內性費洛蒙濃度原本即很高，因此當雌蟲數由 5 隻增加到 40 隻時，其濃度增加比率不如無誘蟲盒存在時那麼明顯，因此其交尾率之增加趨勢也就不如無誘蟲盒存在時那般顯著。此外，從誘蟲盒散發出的合成性費洛蒙，加上釋放雌蟲分泌之天然性費洛蒙，此時性費洛蒙的濃度必然較高，而對釋放雄蟲或許產生某種程度之訊息擾亂作用 (Communication disruption)。然而在雌、雄蟲性比為 40:20 時，有誘蟲盒存在時的交尾率比無誘蟲盒存在時高，此時上述之訊息擾亂作用顯然無法解釋此一現象，或許在雌蟲數顯著比雄蟲數多時，其交尾動作的完成靠視覺或碰觸機會的增加，而和性費洛蒙的濃度無關。

由此項試驗可知，性費洛蒙誘蟲盒的存在，會擾亂網室內雌蟲的交尾率。因此在前三項試驗中，企圖以交尾率的變化來衡量誘蟲盒的誘捕率變化會產生某種程度的誤差。亦即在大型網室中，可看出誘蟲盒誘捕率的降低乃導因於交尾率的增高，但在小型網室中，則此種作用並不明顯。因此可判斷，在小型網室中誘捕率的降低與交尾率無關的結果，並不至於推翻大型網室所得的推論。

二、野外試驗

在 10×10 方格的 100 個牛奶盒中，每盒裝有一隻雌蟲，從上風處釋放標識雄蟲 180 隻時，僅誘捕到 13 隻，再捕率為 7.2%，而對照組可誘捕 36 隻標識蟲，再捕率為 20%，處理區之再捕率遠低於對照區。而誘捕到之非標識蟲 (即野生之雄蟲)，處理區為 23 隻，亦低於對照區之 36 隻。由此可知在野外條件下，雌蟲的存在亦會抑制誘蟲盒的誘捕率。若把雌蟲對誘蟲盒的抑制率設定為：

$$\frac{(\text{對照組誘捕蟲數}) - (\text{處理組誘捕蟲數})}{(\text{對照組誘捕蟲數})}$$

則綁線雌蟲的存在對標識蟲的誘捕抑制率為 64%，而對野生雄蟲亦有約 38% 抑制效果 (表六)。若將牛奶盒中的雌蟲數增加為每盒 2 隻時，則可誘捕到標識與非標識雄蟲在處理區各為 7 及 23 隻，而對照區為 31 及 74 隻。處理區對標識雄蟲及野生雄蟲的抑制率各為 77% 及 69%，均比每盒一隻時的 64% 及 38% 為高。此與網室試驗所得結果甚為吻合。

Howell (1974) 在蘋果蠹蛾 (*Laspeyresia pomonella*) 的性費洛蒙誘捕試驗中，發現若在蘋果園內只釋放雄蟲時，誘捕率可達 30~50%，若混合釋放雌雄蟲時，其誘捕率只有 9~16% 之間，他認為此乃導因於雌蟲的競爭作用。Croft *et al.* (1986) 在野外測試橘捲葉蛾 (*Argyrotaenia citrana*) 處女蛾對性費洛蒙誘蟲盒誘捕率的影響，得知當田間處女蛾數目增加時，合成性費洛蒙誘蟲盒的誘捕數亦會隨之降低。

表六 斜紋夜蛾在田間不同雌蟲密度對標識雄蟲之再捕率

Table 6. Field trial of the recaptural rate of marked males *Spodoptera litura* by the pheromone trap under the different female density^{1,2)}

♀ density 100 case in 10×10 m	Number of caught male				% of mated females in field a.
	No. ♀ ♀ set in field a.		No. ♀ ♀ set in field b.		
	Marked	Unmarked	Marked	Unmarked	
2 ♀ ♀ /case	7(77%)	23(69%)	31	74	59
1 ♀ /case	13(64%)	23(38%)	36	37	56

¹⁾ Marked 180 males released.

²⁾ Parenthesis indicates the reductive rate:

$$\frac{\text{No. of caught } \sigma\sigma \text{ in field b} - \text{No. of caught } \sigma\sigma \text{ in field a}}{\text{No. of caught } \sigma\sigma \text{ in field b}}$$

分析綁線雌蟲的交尾率，發現在每牛奶盒 1 隻及 2 隻雌時，雌蟲交尾率分別為 56 及 59%，二者間並無差別。分析每紙盒中有二隻雌蟲時的交尾狀況，得知除其中有 19 隻雌蟲於試驗期間脫逃外，每盒中交尾蟲數 0 隻、1 隻及 2 隻的紙盒數各為 28、37 及 35 個，可知，三者之間差異不大。而在每紙盒為一隻雌蟲時，除 2 隻脫逃外，其餘每盒交尾 0 隻及 1 隻的各為 45 及 55 隻。比較每盒 2 隻及 1 隻雌蟲時，未交尾盒數各為 28 及 45 個，可知在相同空間下，雌蟲數增加時，可提高交尾率。Dunkelblum *et al.* (1987) 測定斜紋夜蛾之近緣種 (*Spodoptera littoralis*) 雌蟲的性行為反應時發現，雌蟲在黑暗後採取招喚行為 (Calling) 分泌費洛蒙，並進行交尾，而交尾後之雌蟲費洛蒙量急速降低；而高濃度的費洛蒙並不能阻止雌蟲產生招喚行為。本試驗中，每牛奶盒內放置 2 隻雌蟲時交尾盒數較多，此可能為雌蟲數多時，其分泌費洛蒙濃度較高，易於引誘雌蟲前來交尾。

就綁線雌蟲交尾分佈情形看，配置在田間雌蟲經一夜後其交尾分佈情形如圖一所示。由圖中可知在釋放標識雌蟲地點的交尾雌蟲數並不多，反而在誘蟲盒附近的交尾雌蟲較多。平野 (1980) 認為斜紋夜蛾成蟲在離費洛蒙誘蟲盒遠處時，是採取不定向飛行，及至飛到誘蟲盒附近 60 公分處才開始產生直線飛行，尋找交尾對象。其中一部分飛入誘蟲盒中，另一部分則找不到雌蟲交尾，而從誘蟲盒上方逃離。

由此可知在本試驗中，標識釋放的雄蟲受人工合成性費洛蒙的刺激，從釋放點作任意飛行，而忽視了釋放點附近的雌蟲，當其飛近誘蟲盒附近，感受到較多濃度的性費洛蒙成份，才開始展開求偶飛行，積極尋找交尾對象，因此在釋放點附近的雌蟲交尾率較少，而在誘蟲盒附近的雌蟲交尾率較多。若以誘蟲盒誘捕雄蟲作為發生預測時，捕蟲盒附近雌蟲的交尾率較高，如此是否會導致為害的增加仍待進一步之探討。

結 論

由本試驗所得結果可知，斜紋夜蛾雌蟲的競爭作用不論是在網室內或田間均存在，而此種競爭作用隨著蟲口密度的增加呈等比例增加。在大型網室中只有雄蟲時，誘捕率甚為固定，而加入等數雌蟲後誘捕率則降低，且隨釋放蟲數之增加而下降，但交尾率則增高。因此誘捕率之降低乃由於交尾之增高所致。在小型網室中誘捕率隨釋放蟲數增加而下降的趨勢更為明顯，但交尾率則變化不大。從此可知誘捕率的降低決定於成蟲活動空間的大小及雌蟲交尾率的多寡二種因子。此種雌蟲競爭作用，在野外試驗中亦得到相同的結果。在利用誘蟲盒誘集蟲數作發生預測時，若單以誘集蟲數作判斷依據，常會導致錯誤的結果。因為在初發生時期由於族羣密度較低而競爭作用較小，此時誘蟲盒誘捕效率較高，可誘捕到多數雄蟲，但至發生盛期，則因族羣密度增高，此時雌蟲競爭作用變大，因此反而使誘蟲數下降。此種問題，在將來作發生預測時，必須加以考慮。中村及玉木 (1983) 認為避免誘蟲盒誘捕率之變化，在作發生預測時，最好是以發生初期為起點，然後配合有效積溫的計算，以作為下一世代蟲羣發生期的預測標準。此種有效積溫和誘集曲線之配合使用於臺灣斜紋夜蛾發生預測工作，目前仍在進行中。

誌 謝

本試驗承蒙國家科學發展委員會研究計劃 (NSC 76-0414-P002-01) 經費補助，得以完成，特此誌謝。

參 考 文 獻

小山光男 1985 性フェロモン利用によるハスモンヨトウの防除に関する基礎的研究 四國農試報 45: 1-92。

- 小山光男、釜野靜也 1976 ハスモンヨトウの大量飼養法 植物防疫 30: 470-474。
- 日高敏隆、山下恵子、佐藤芳文、田川 純、宮川桃子、小山光男、杉野多萬司 1976 性フェロモン源に対するハスモンヨトウ (*Spodoptera litura*) 雄の野外での行動 20回應動昆大會演講京都。
- 中村和雄 1980 性フェロモントラップによる害蟲の發生予察 植物防疫 34: 223-228。
- 平野千里 1980 フェロモントラップによるハスモンヨトウの誘殺捕獲効率について 應動昆 24: 217-220。
- 朱耀沂、石劍明、石正人 1987 斜紋夜蛾雄蛾對性費洛蒙之行爲反應 植保會刊 29: 185-192。
- 宮原義雄、島津光明、和田 節 1977 ハスモンヨトウの處女雌トラップによる發生消長調査 應動昆 21: 59-65。
- Croft, B. A., A. L. Knight, J. L. Flexner and R. W. Miller. 1986. Competition between caged virgin female *Argyrotaenia citrana* (Lepidoptera: Tortriciidae) and pheromone traps for capture of released males in a semi-enclosed courtyard. Environ. Entomol. 15: 232-239.
- Dunkelblum, E., M. Kehat, M. Harel and D. Gordon. 1987. Sexual behaviour and pheromone titre of the *Spodoptera littoralis* female moth. Entomol. Exp. Appl. 44: 241-247.
- Elkinton, J. S. and R. T. Carde. 1984. Effect of wild and laboratory-reared female gypsy moth, *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantridae), on the capture of males in pheromone-baited traps. Environ. Entomol. 13: 1377-1385.
- Hidaka, T. 1976. Function of Lepidopteran sex pheromone in the natural habit. Proc. Symp. on Insect Pheromones and their Applications. Nagaoka and Tokyo, Dec. 8-11. pp. 61-64.
- Howell, J. F. 1974. Competitive effect of field populations of codling moth on sex attractant trap efficiency. Environ. Entomol. 3: 803-807.
- Kawasaki, K. 1981. A functional difference of the individual compounds of *Spodoptera litura* (F.) sex pheromone in the attraction of flying male moths. Appl. Ent. Zool. 16: 63-70.
- Kawasaki. 1986. Activity rhythms and behavior of adult *Spodoptera litura* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae) at night: Factors determining male attraction time by female. Appl. Ent. Zool. 21: 493-499.
- Nakamura, K. 1982. Competition between females and pheromone traps: Time lag between female mating activity and male trap capture. Appl. Ent. Zool. 17: 292-300.
- Otake, A. and M. Oyama. 1974. Flight activity of marked *Spodoptera litura* male moths (Lepidoptera: Noctuidae) in the presense of a virgin female trap. Kontyû 42: 325-332.
- Roelofs, W. L., E. M. Glass, J. Tette and A. Comeau. 1970. Sex pheromone trapping for red-banded leaf roller control: theoretical and actual. J. Econ. Entomol. 63: 1162-1167.
- Tamaki, Y., H. Noguchi and T. Yushima. 1973. Sex pheromone of *Spodoptera litura* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae): Isolation, Identification and Synthesis. Appl. Ent. Zool. 8: 200-203.
- Wall, C. and J. N. Perry. 1987. Range of action of moth sex-attractant sources. Entomol. Exp. Appl. 44: 5-14.

THE INFLUENCE OF THE FEMALE COMPETITION ON THE ACTIVENESS OF THE SEX PHEROMONE TRAP OF *SPODOPTERA LITURA*

C. J. Shih and Y. I. Chu

*Department of Plant Pathology and Entomology,
National Taiwan University, Taipei, Taiwan, R. O. C.*

This study was conducted for the purpose to evaluate the effect of female competition on sex pheromone attractiveness of *Spodoptera litura*. The experiment was carried out with 2-3 days old virgin males and females. When 5, 10, 20, 40, 60 and 80 males was released in a large screen cage (8×4×3 m), the capture ratio of the sex pheromone trap was 30, 25, 25, 22, 19 and 27% respectively. However, with the sex ratio of 1:1, the capture ratio was reduced. Accordingly, under the sex ratio of 1:1, the capture ratio was decreased and the mating ratio was increased with the increasing of the number of the released adults. The decrease of the capture ratio was considered to be occurred by the zoom up of the mating ratio. Similar tests were also conducted in a small screen cage (3.6×2×2 m). The results between the large and small screen cages showed that the small screen cages had a higher capture ability. It is suggested that the narrow space increased the opportunity of the confined males to contact the pheromone plume and then increased the capture ratio. Various sex ratio of 3:20, 5:20, 8:20, 10:20, 15:20, 20:20 and 40:20 (♀♀:♂♂), were conducted in large screen cage for the capture ratio. Accordingly, the capture ratio was decreased with the increase of the released females in the screen cage. The existence of the pheromone trap in the screen cage will decrease the mating ratio of females. In the cage provided with pheromone trap the mating ratio was increased than none. Field tests were also conducted with 100 or 200 tethered females, which set in 10×10 grid in 20×20 m quadrat. While in the test of 200 females, 2 individuals were set in one point, then 180 marked males were released from the upper wind. In the 100 ♀♀ provided field, pheromone trap capture 13 marked males and 23 non-marked males. While the control trap captured 31 and 74 marked and non-marked males. The reductive ratio of the trap estimate 64%. The same figure in the 200 females provided were 7 and 23 marked and non-marked males, and 31 and 74 in the control test, the reductive ratio was 77%. In addition to, the most mated tethered females were almost concentrated near the pheromone trap.