
認識身旁的小傢伙(16)—— 美洲蟑螂分泌警告物質之研究(I)

毛靖雯 姚乃筠 蔡任圃*

臺北市立中山女子高級中學

壹、前言

費洛蒙(pheromone, 又稱訊息素)為生物種內個體間的訊息物質, 具有多種功能, 例如: 性費洛蒙可吸引異性; 追蹤費洛蒙可引導其他個體的行進路徑; 聚集費洛蒙可吸引族群聚集; 警告費洛蒙可引發其他個體逃亡或攻擊。其中「警告費洛蒙(alarm pheromone)」常見於社會性昆蟲, 例如蜂(*Vespula squamosa*)(Landolt, *et al.*, 1999)、蟻(Regnier and Wilson, 1968), 而非社會性昆蟲的相關研究較少。蜚蠊目(Order Blattaria)中, 目前已發現一種原始的蟑螂——七星蟑螂(seven-spotted cockroach, *Therea petiveriana*)在受到干擾時會舉起翅膀, 同時其腹部第2、3節間的囊袋可分泌警告性物質(Brossut, 1983; Erienne, *et al.*, 2002), 具有驅離同種個體的效應。德國蟑螂(*Blattella germanica*)的唾腺中亦發現有警告費洛蒙(Faulde, *et al.*, 1990), Nakayama 等人(1987)及 Rollo 等人(1995)則發現美洲蟑螂(*Periplaneta americana*)腹部含有警告費洛蒙, 可將同種個體由遮蔽物下驅散, 且無論何種性別

或年齡皆有效果, 但 Capinera(2008)指出這些研究是由死的蟲體萃取出警告費洛蒙, 活的蟲體是否會分泌警告費洛蒙仍無定論。Takahashi and Kitamura (1972)雖嘗試探討活的美洲蟑螂在受刺激時, 所分泌之警告費洛蒙的作用, 但因實驗設計與量化方法過於主觀, 結論不足為信。我們觀察到當蟑螂受刺激時(例如被鑷子夾起), 常會由口流出唾液, 肛門亦排出軟便, 可能像德國蟑螂的唾液含有警告物質一般(Faulde, *et al.*, 1990)。

綜上所述, 我們想深入探究美洲蟑螂是否可由活體分泌警告費洛蒙? 警告費洛蒙對個體逃亡行為與觸角運動有何效應? 是否具種間效應? 性別、年齡等因子扮演什麼角色? 可否經由軟便或唾液散發? 觸角也是其受器嗎? 為了解決這些疑問, 我們設計了許多研究方法進行探究, 也得到許多研究成果, 不但讓我們一窺昆蟲世界裡訊息傳遞的奧秘, 也可作為中學生物實驗課的探討活動與補充教材。我們發現美洲蟑螂的警告費洛蒙亦有種間作用, 也就是具欣諾蒙(synomones, 又稱互利素)的性質, 而本文統稱為警告物質。

*為本文通訊作者

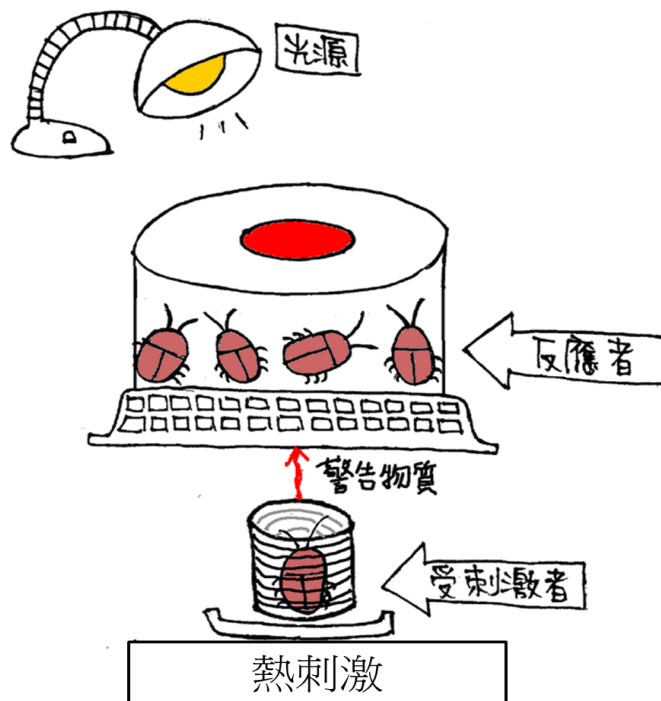
貳、實驗動物

美洲蟑螂(Americana cockroach, 學名：*Periplaneta americana*)為本校人工飼養繁殖，以色澤明亮，身體外表無破損之成蟲作為實驗動物，且實驗過的動物不再進行實驗。研究進行前先以二氧化碳麻醉以利操作蟲體，之後靜置一個小時，待其回復到正常才進行實驗。探討種間作用的實驗動物，取用黃斑黑蟋蟀(*Gryllus bimaculatus*)探討警告物質是否具種間效應。

參、建立警告物質對蟑螂行為作用的觀察模式

一、記錄活體分泌之警告物質對其他個體的驅散效應

實驗裝置如圖一，以鐵紗網蓋住小培養皿，內含一隻雄蟲(受刺激而釋放警告物質者)，下方平鋪鋁箔紙，以紙筒罩住小培養皿，大培養皿(直徑 18.7 公分)覆蓋於塑膠網上，內裝四隻雄蟲(對警告物質反應者)，大培養皿上覆蓋圓型之紅色玻璃紙(直徑 6 公分)，此裝置上方以檯燈由上而下照明，誘使蟑螂個體停棲於紅色玻璃紙下，此時打開電磁爐加熱(持續 5 秒)，利用「熱」刺激小培養皿內的警告物質釋放者分泌警告物質，同時觀察、紀錄大培養皿內之反應者的移動情形，藉此證明此物質是否具有誘發驅離的作用。每次實驗後，皆以冷水冷卻實驗器材才再進行下一個實驗。



圖一 觀察「警告物質對蟑螂行為的效應」之裝置圖。

以錄影機由上向下垂直拍攝警告物質釋放者受熱刺激前、中各 5 秒、及刺激結束後 30 秒內，反應者的行為影片。影片以 Tracker-4.71 軟體(屬自由軟體，下載網址：www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker)分析各反應者於不同時間時的頭部、尾部座標，並以警告物質釋放者的頭部座標為原點，計算 4 隻反應者的運動路徑與離心速度(正值為離心方向，負值為向心方向)(單位為體長/秒)，以及反應潛伏期(latency，由開始熱刺激至反應者開始移動之時間差，單位為秒)。

為了排除反應者可能受到熱氣或煙霧等因子的影響，我們也記錄、分析在小培養皿中無警告物質釋放者時，反應者在

熱刺激前、中、後的行為反應，作為本實驗之對照組。結果發現在無警告物質釋放者的情形下，加熱過程對反應者的移動速度與離心速度沒有影響，代表加熱器(電磁爐)產生的磁場變化或其他因子(熱、煙等)並不會引發蟑螂的運動、逃亡。

我們也利用溫度快速感應記錄器測量了實驗過程中小培養皿內的溫度變化，以瞭解實驗過程中，警告物質釋放者接受熱刺激的程度(圖三)。

在警告物質釋放者與反應者皆為雄蟲的情形下，測量、計算接受刺激前、後，反應者的運動座標變化，可發現反應者具有明顯的驅離反應(圖二)。

第 1 秒(刺激前)



第 3 秒(刺激前)



第 5 秒(開始刺激)



第 7 秒(刺激期間)



圖二 反應者在接收警告訊息後，產生驅離行為(警告物質釋放者與反應者皆為雄蟲)。

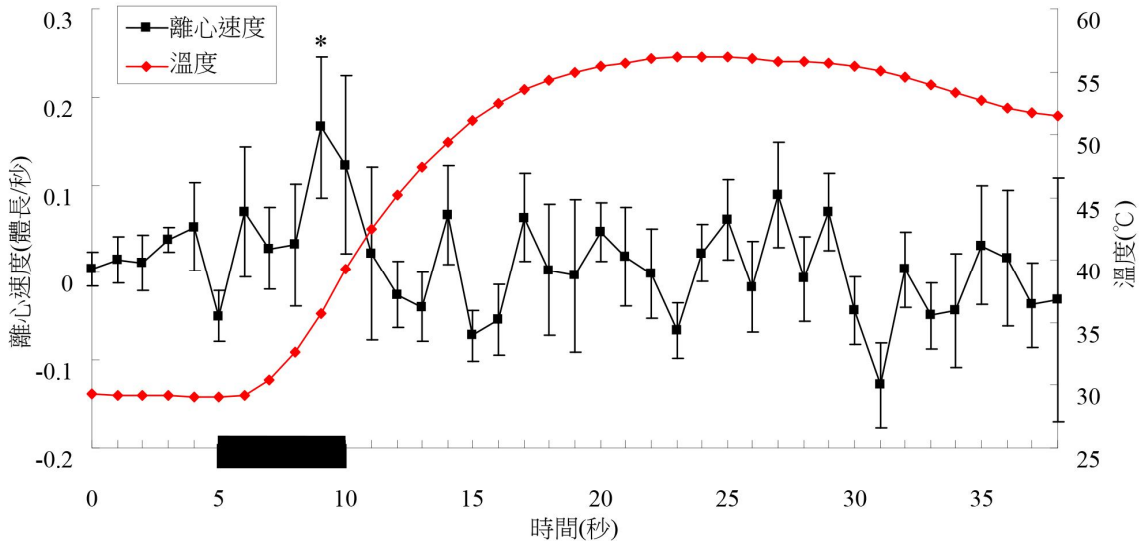
第 9 秒(刺激期間)



第 12 秒(刺激結束後)



圖二(續) 反應者在接收警告訊息後，產生驅離行為(警告物質釋放者與反應者皆為雄蟲)。



圖三 加熱刺激過程之溫度變化與雄性個體分泌警告物質對其他雄性個體離心速度的影響 (n = 20)。X 軸之粗線為熱刺激期間。

*：與第 0 秒時之離心速度相比達統計差異(單尾配對 t 檢定, $p < 0.05$)。

相對於刺激前的低活動力，刺激後行動較為明顯，瞬時離心速度在刺激的 5 秒期間波動達到最大，離心速度在接收熱刺激期間有增加的情形(圖五)，代表受刺激個體所發出的警告物質確實可引發其他個體的驅離行為，且其反應潛伏期為 3.71 ± 0.61 秒(平均 \pm 標準誤, $n = 20$)，故後續之數據分析，將比較刺激開始 1-3 秒與 4-6 秒期間的行為表現。