

認識身旁的小傢伙(25)－相處經驗 與性別因子對蟑螂社會互動之效應(下)

李姍姍¹ 陳姿宇¹ 蔡任圃^{2*}

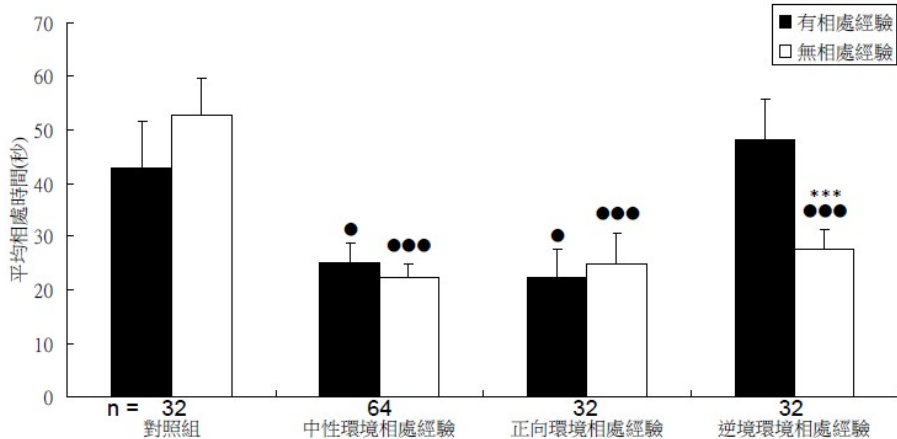
¹臺北市立中山女子高級中學

²臺北市立第一女子高級中學

六、雄蟲在各種相處經驗(相處 1 小時)，對社會互動的效應

若比較「與具相處經驗個體」和「與不具相處經驗個體」的相處時間，也就是比較圖五中的(D1 與 D2 的平均)與(d1、d2、d3 與 d4 的平均)。若個體間的相處為隨機事件，則(D1 與 D2 的平均)與(d1、d2、d3 與 d4 的平均)會一致。圖十一為雄蟲各種相處經驗(相處 1 小時)中，每個體與另一個體平均相處時間的比較。其中只有逆境

環境相處經驗，可使有相處經驗的個體聚集的平均時間長於無相處經驗個體，即共同經歷逆境的蟑螂，會在群體互動中與彼此更頻繁接觸，類似「患難見真情」的現象。若比較全無相處經驗與部分個體有相處經驗的社會互動表現，可發現群體中若部分個體具相處經驗，會使個體相處的平均時間下降，無論是有相處經驗的個體間或是無相處經驗的個體間。



圖十一：雄蟲各種相處經驗(相處 1 小時)中，每個體與另一個體平均相處時間的比較(平均 ± 標準誤，n = 取樣數)。

與有相處經驗組相比，***: $p < 0.005$ (單尾配對 t 檢定)。

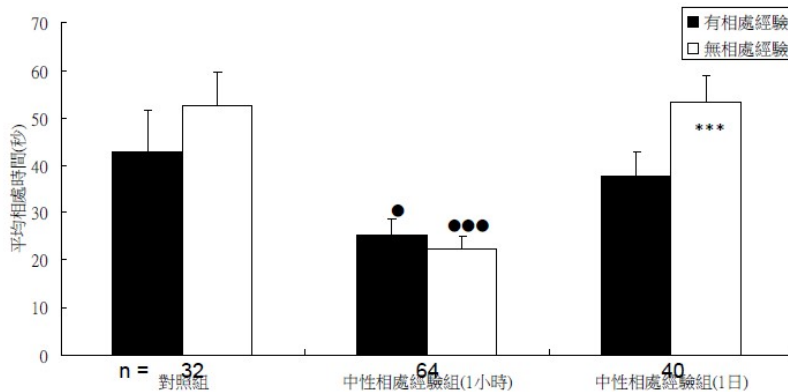
與對照組相比，•: $p < 0.05$ ；•••: $p < 0.005$ (單尾配對 t 檢定)。

*為本文通訊作者

七、不同中性相處經驗的時間，對雄蟲社會互動的效應

若比較雄蟲間不同的中性環境相處時間(相處 1 小時與 1 日)，發現相處時間的長短，確實會影響蟑螂在群體互動中的表現。相處 1 小時的中性環境相處經驗組與對照組相比，未達統計上的顯著差異，而

1 日的中性環境相處經驗組與對照組相比，達統計上的顯著差異(圖十二)，其中長期相處的經驗，會使個體更少與有相處經驗的個體相處，類似「喜新厭舊」的現象。我們也發現，在長期相處(1 日)後，「部分個體具相處經驗，會使個體相處的平均時間下降」的現象消失。

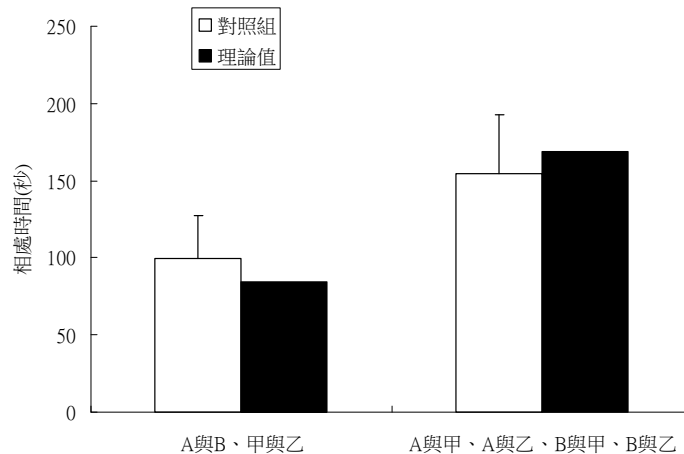


圖十二：雄蟲中性相處經驗中，相處 1 小時與相處 1 日，對每個體與另一個體平均相處時間的效應(平均 ± 標準誤，n = 取樣數)。與有相處經驗組相比，***: $p < 0.005$ (單尾配對 t 檢定)。與對照組相比，●: $p < 0.05$ ；●●●: $p < 0.005$ (單尾配對 t 檢定)。

八、不具相處經驗的雌蟲個體

無相處經驗的雌性成蟲(對照組)，其(D1 + D2)與(d1 + d2 + d3 + d4)實驗數據，

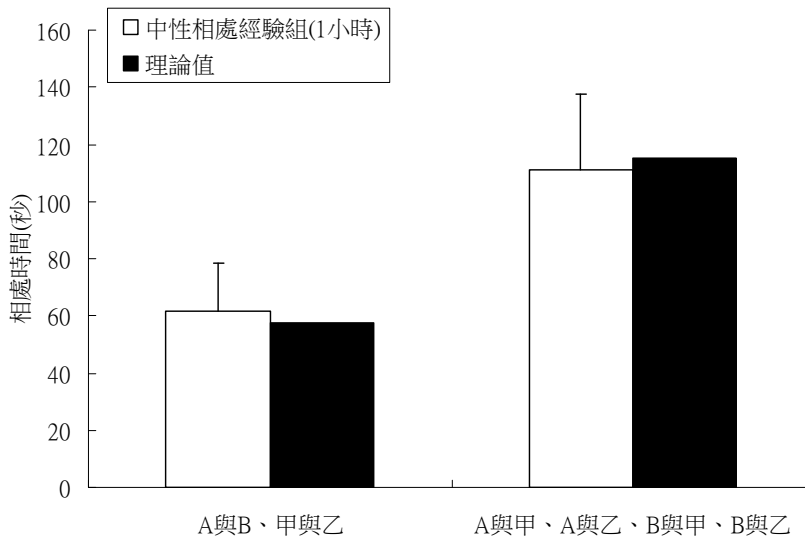
與理論值相比雖達統計上的顯著差異(圖十三)，但是數值接近。



圖十三：雌蟲對照組(相處 1 小時)中，兩種「兩個體相處總合時間」(第一種：A 與 B、甲與乙；第二種：其他組合)與理論值的比較(平均 ± 標準誤，取樣：A、B、甲、乙個體各 16 隻，共 64 隻)。與理論值相比，達統計上的顯著差異(卡方檢定， $p = 0.0487$)。

九、具中性環境相處經驗(相處 1 小時)的雌蟲個體
若 A 與 B 個體，與甲與乙個體具有一

小時的相處經驗，其(D1 + D2)與(d1 + d2 + d3 + d4)的雌蟲實驗數據，與理論值相比未達統計上的顯著差異(圖十四)。

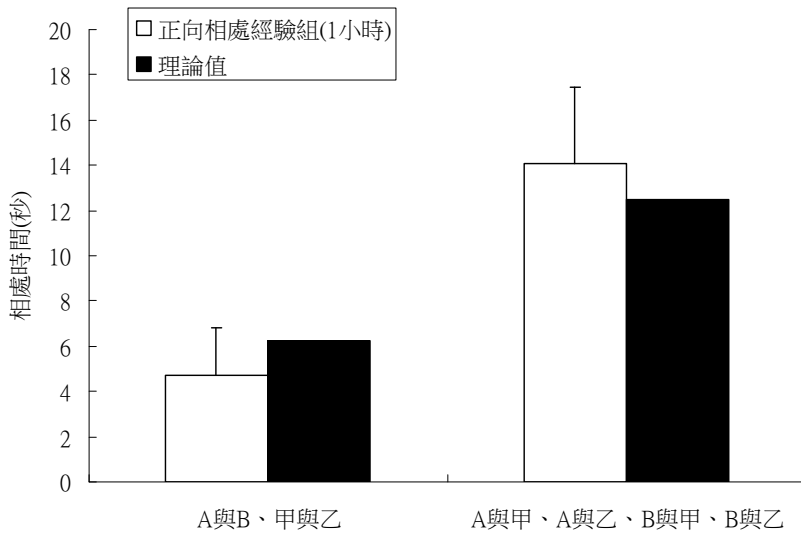


圖十四：具中性環境相處經驗的雌性個體(相處 1 小時)中，兩種「兩個體相處總合時間」(第一種：A 與 B、甲與乙；第二種：其他組合)與理論值的比較(平均 ± 標準誤，取樣數：A、B、甲、乙個體各 16 隻，共進行 16 組實驗，共 64 隻)。與理論值相比，未達統計上的顯著差異(卡方檢定， $p = 0.504$)。

十、具正向環境相處經驗(相處 1 小時)的雌蟲個體

若 A 與 B 個體，與甲與乙個體具有一小時的正向環境相處經驗，其(D1 + D2)與(d1 + d2 + d3 + d4)雌性實驗數據，與理

論值相比未達統計上的顯著差異(圖十五)。

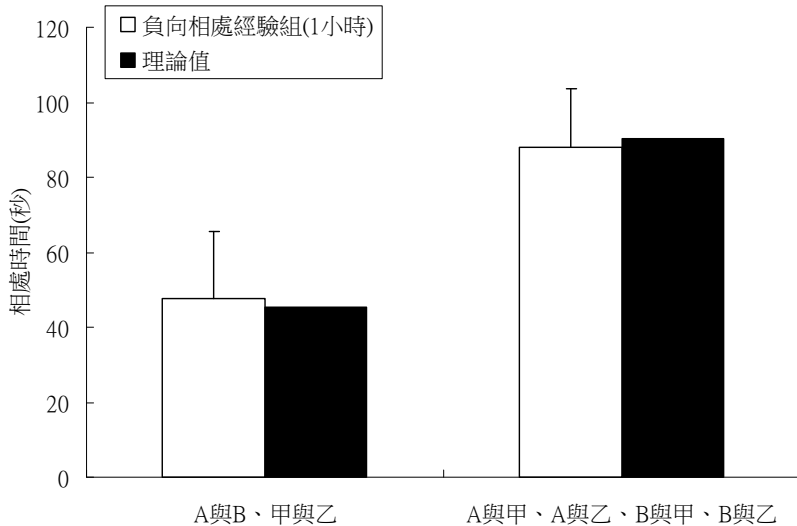


圖十五：雌蟲正向相處經驗組(相處 1 小時)中，兩種「兩個體相處總合時間」(第一種：A 與 B、甲與乙；第二種：其他組合)與理論值的比較(平均 ± 標準誤，取樣數：A、B、甲、乙個體各 8 隻，共 32 隻)。與理論值相比，未達統計上的顯著差異(卡方檢定， $p = 0.445$)。

十一、具逆境環境相處經驗(相處 1 小時)的雌蟲個體

若 A 與 B 個體，與甲與乙個體具有一小時的逆境環境相處經驗，其(D1 +

D2)與(d1 + d2 + d3 + d4)雌蟲實驗數據，與理論值相未達統計上的顯著差異(圖十六)。



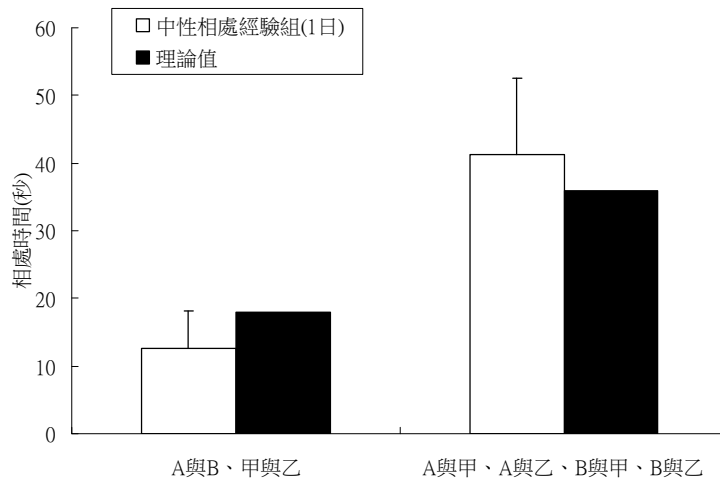
圖十六：具逆境環境相處經驗的雌性個體(相處 1 小時)中，兩種「兩個體相處總合時間」(第一種：A 與 B、甲與乙；第二種：其他組合)與理論值的比較(平均 ± 標準誤，取樣數：A、B、甲、乙個體各 8 隻，共進行 8 組實驗，共 32 隻)。

與理論值相比，未達統計上的顯著差異(卡方檢定， $p = 0.651$)。

十二、具長期中性環境相處經驗(相處 1 日)的雌蟲個體

若 A 與 B 個體，與甲與乙個體具有 1 日的

中性相處經驗，其(D1 + D2)與(d1 + d2 + d3 + d4)雌蟲實驗數據，與理論值相未達統計上的顯著差異(圖十七)。



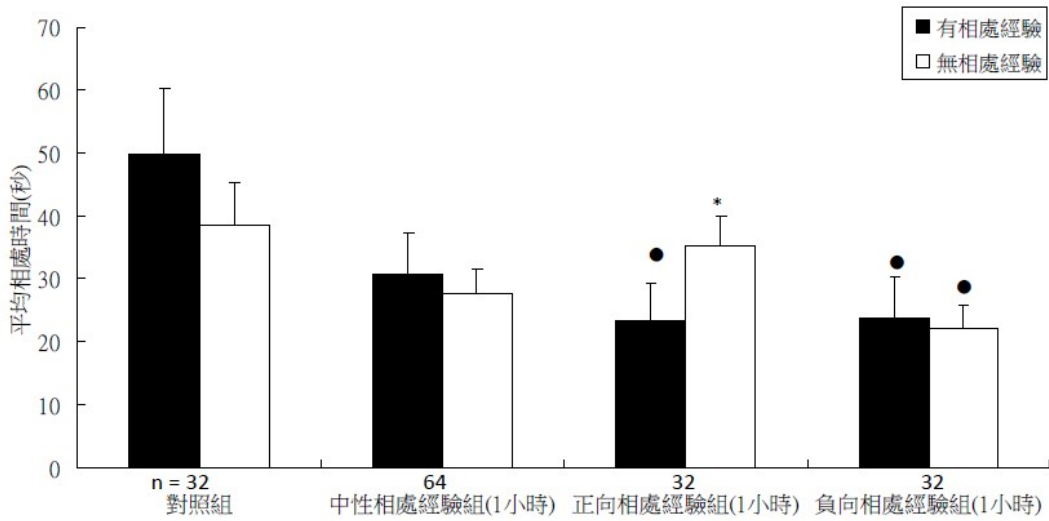
圖十七：具長期中性環境相處經驗(相處 1 日)的雌蟲個體中，兩種「兩個體相處總合時間」(第一種：A 與 B、甲與乙；第二種：其他組合)與理論值的比較(平均 ± 標準誤，取樣數：A、B、甲、乙個體各 8 隻，共進行 8 組實驗，共 32 隻)。

與理論值相比，未達統計上的顯著差異(卡方檢定， $p = 0.126$)。

十三、雌蟲在各種相處經驗(相處 1 小時)，對社會互動的效應

圖十八為雌蟲各種相處經驗(相處 1 小時)中，每個體與另一個體平均相處時間的比較。其中正向與逆境環境相處經驗，可使有相處經驗的個體聚集的平均時間短於無相處經驗個體，即共同經歷正向與逆

境的蟑螂，會在群體減少互動。若比較全無相處經驗與部分個體有相處經驗的社會互動表現，可發現群體中若部分個體具正向與逆境的相處經驗，會使個體相處的平均時間下降。

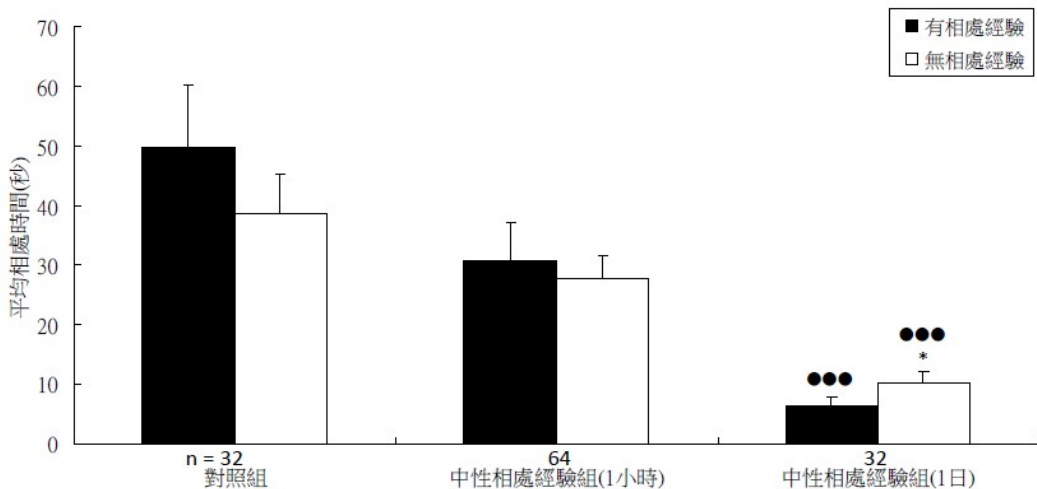


圖十八：雌蟲各種相處經驗組(相處 1 小時)中，每個體與另一個體平均相處時間的比較(平均 ± 標準誤，n = 取樣數)。
 與有相處經驗組相比，*：p < 0.05(單尾配對 t 檢定)。
 與對照組相比，●：p < 0.05 (單尾配對 t 檢定)。

十四、不同中性相處經驗的時間，對雌蟲社會互動的效應

若比較雄蟲間不同的中性環境相處時間(相處 1 小時與 1 日)，發現相處時間的長短，確實會影響蟑螂在群體互動中的表現。相處 1 小時的中性環境相處經驗組與

對照組相比，未達統計上的顯著差異，而 1 日的中性環境相處經驗組與對照組相比，達統計上的顯著差異(圖十九)，其中長期相處的經驗，會使個體更少與有相處經驗的個體相處，類似「喜新厭舊」的現象，與雄蟲的趨勢一致。



圖十九：雌蟲中性相處經驗中，相處 1 小時與相處 1 日，對每個體與另一個體平均相處時間的效應(平均 \pm 標準誤， $n =$ 取樣數)。
與有相處經驗組相比，*： $p < 0.05$ (單尾配對 t 檢定)。
與對照組相比，●●●： $p < 0.005$ (單尾配對 t 檢定)。

肆、討論

本研究建立蟑螂社會互動中，個體相處程度的量化模式，用來探討不同性質的相處經驗對蟑螂社會互動的效應。我們發現蟑螂具有辨識其他個體的能力，也發現部分類型的相處經驗，可增加或減少對曾相處個體的相處偏好。例如：無論是雄蟲還是雌蟲成蟲，若曾有長期中性環境相處經驗，皆會減少與該個體聚集的程度；而雄蟲成蟲對於曾有短期逆境環境相處經驗，皆會增加與該個體聚集的程度。用比較口語的說法，就是不論性別蟑螂成蟲皆有「喜新厭舊」的現象，而只有雄性成蟲會出現「共患難」的現象，雌蟲則無。

前人已發現德國蟑螂的若蟲與成蟲，皆可透過觸角偵測其他個體表皮的碳氫化合物(cuticular hydrocarbons)，以作親屬識別(kin recognition)，可區分是否屬於兄弟姐妹。在社會互動行為上，偏好與兄弟姐妹產生聚集現象；但交配時，則會避免與親屬個體雜交(Lihoreau and Rivault, 2009)。我們的研究則發現美洲蟑螂可透過之前的相處經驗，影響聚集行為的偏好，也證明了美洲蟑螂具有識別「曾相處對象」的能力。

在一個社會群體中，正確識別其他個體的能力對於維持動物的各種社會交往十

分重要，包含在交配過程、建立社會階級，避免近親交配，以及對後代、巢友或鄰居的辨認。我們由雄蟲各種相處經驗組與對照組相比，發現雄蟲經過中性相處經驗組(相處 1 日)以及負向相處經驗組(相處 1 小時)後，其在群體互動中之表現，與對照組相比有明顯不同，證明蟑螂確實具個體辨識能力。社交信息在德國蟑螂或美洲蟑螂等群聚型蟑螂中，也參與了覓食決策：蟑螂在決定覓食方向的決策中，相對於只有食物或只有同種個體，更偏好具有正在進食個體的氣味(Lihoreau and Rivault, 2011)。甚至科學家以沾有蟑螂費洛蒙的機器人與蟑螂共同組成聚集的族群，機器人與蟑螂的互動可產生共享棲地的集體決策，例如：機器人偏好較光亮而非較暗的遮蔽物，蟑螂會跟著機器人一同放棄聚集於較暗的遮蔽物下，此研究開啟了智能自主裝置(機器人)應用於控制群體動物的自動組織行為模式的可能性(Halloy, et al., 2007)。Martín 等人(2018)也證明美洲蟑螂(*Periplaneta americana*)在獨處時會偏好濕度較高的環境，但在群體的社會互動下，卻會出現相反的偏好。代表昆蟲的社會互動，確實對個體的行為產生複雜的交互作用。

本研究發現蟑螂個體的相處時間長短，會影響蟑螂在群體互動中之表現。我們也發現相處過 1 日的蟑螂，其聚集時間

比未曾相處過之個體更少，推論相處過 1 天的蟑螂間反而會排斥與彼此相處(喜新厭舊)，推測其可能原因如下：

- 一、減少在社會互動中病原體的侵入：在其生命週期中，每隻動物都會遇到大量的其它動物，以及病毒、原生動物與細菌等病原體，為了限制病原體感染的機會，可透過減少接觸到其他個體，限制病原體轉移至其他聚集的成員。換句話說，蟑螂出現喜新厭舊的行為，是出於增加族群對抗病原體或寄生蟲的防禦作用，此透過社會互動行為達到預防、對抗疾病的現象，稱為社會性免疫 (Social immunity)(Meunier, 2015；Meyel, *et al.*, 2018)。
- 二、增加選擇交配伴侶機會：不斷地更換聚集的同伴，可使蟑螂個體增加交配對象的選擇，以增加子代的遺傳多樣性。
- 三、增加對不熟悉環境的適應：昆蟲通常使用社交線索來更新他們對環境的瞭解(Leadbeater and Chittka, 2007)，故若聚集的對象可不斷轉變，則可增加對未知環境的線索資訊。

我們也發現，雄蟲成蟲若具逆境環境相處經驗，其聚集的程度會增加，也就是更願意與曾一同經歷逆境的個體進行社會互動，類似「患難見真情」、「共甘苦」的現象，而這個現象，在雌蟲並沒有發現。我們推測其可能原因有：

- 一、增加生存競爭優勢：越來越多的證據

表明，昆蟲利用其同種個體提供的線索來收集社會信息，以避免被捕食的風險，與協助選擇交配伴侶或評估食物質量(Lihoreau, *et al.*, 2010)。一同經歷逆境的個體，較有機會表現逆境的相關線索或對逆境的敏感度，若與這些個體一同聚集，可能可收集更多重要的環境資訊，當逆境發生時，這些個體也可能較易產生反應，而提供了重要的警告訊息。

- 二、雄蟲的體重較輕，身上的營養物質較少，當逆境發生時，所造成的傷害較大。故雄蟲對於逆境的線索，需比雌蟲更為敏感，故雄蟲的「共甘苦」現象較為明顯。

伍、參考資料

- D'Ettorre, P. and Heinze, J. 2005. Individual recognition in ant queens. *Curr. Biol.* 15(23): 2170-4.
- Halloy, J., Sempo, G., Caprari, G., Rivault, C., Asadpour, M., Tâche, F., Saïd, I., Durier, V., Canonge, S., Amé, J. M., Detrain, C., Correll, N., Martinoli, A., Mondada, F., Siegwart, R. and Deneubourg, J. L. 2007. Social integration of robots into groups of cockroaches to control self-organized choices. *Science.* 318(5853): 1155-8.
- Jeanson, R. and Deneubourg, J. L. 2006. Path selection in cockroaches. *J. Exp. Biol.* 209(Pt 23): 4768-75.
- Leadbeater, E. and Chittka, L. 2007. Social Learning in Insects - From Miniature Brains to Consensus Building. *Curr. Biol.* 17: R703-R713.
- Legendre, F., Pellens, R. and Grandcolas, P. J. 2008. A Comparison of Behavioral Interactions in Solitary and Presocial Zetoborinae Cockroaches (Blattaria, Blaberidae). *Insect. Behav.* 21: 351-

- 365.
- Lihoreau, M. and Rivault, C. 2009. Kin recognition via cuticular hydrocarbons shapes cockroach social life. *Behav. Ecol.* 20(1): 46–53.
- Lihoreau, M. and Rivault, C. 2011. Local Enhancement Promotes Cockroach Feeding Aggregations. *PLoS One.* 6(7): e22048.
- Lihoreau, M., Brepson, L. and Rivault, C. 2009. The weight of the clan: even in insects, social isolation can induce a behavioural syndrome. *Behav. Process.* 82(1): 81-4.
- Lihoreau, M., Deneubourg, J., and Rivault, C. 2010. Collective foraging decision in a gregarious insect. *Behavi. Ecol. Sociobiol.* 64: 1577-1587.
- Martín, M. C., Nicolis, S. C., Planas-Sitjà, I., de Biseau, J-C. and Deneubourg, J-L. 2018. Isolated individuals and groups show opposite preferences toward humidity. *bioRxiv*: 398651.
- Meunier, J. 2015. Social immunity and the evolution of group living in insects. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 370(1669): 20140102.
- Meyel, S. V., Körner, M. and Meunier, J. 2018. Social immunity: why we should study its nature, evolution and functions across all social systems. *Curr. Opin. Insect Sci.* 28: 1-27.
- Moore, A. J., Ciccone, W. J. and Breed, M. D. 1988. The influence of social experience on the behavior of male cockroaches (*Nauphoeta cinerea*). *J. Insect Behav.* 1(2): 8-10.
- Teo, A. R., Markwardt, S. and Hinton, L. 2019. Using Skype to Beat the Blues: Longitudinal Data from a National Representative Sample. *Am. J. Geriatr. Psychiatry.* 27(3): 254-262.
- Thom, M. D. and Hurst, J. L. 2004. Individual recognition by scent. *Ann. Zool. Fenn.* 41(6): 765-787.
- 胡琬穠，民 98。吃虧就是佔便宜？—美洲蜚蠊社會互動行為與資源分配關係的探討。第 43 屆臺北市中小學科展

高中組生物科，優等、研究精神獎作品。

【完】