



Interspecific Aggressive Interaction between Two Invasive Ant Species, *Solenopsis geminata* and *Paratrechina longicornis* (Hymenoptera: Formicidae) 【Research report】

熱帶火蟻與長角黃山蟻兩入侵種蟻之種間侵略性互動【研究報告】

Yi-Hsiu Tsai 1, Wen-Jer Wu2, and Li-Chuan Lai1*

蔡宜修1、吳文哲2、賴麗娟1*

*通訊作者E-mail: lclai@pu.edu.tw

Received: 2015/08/09 Accepted: 2015/10/03 Available online: 2015/12/01

Abstract

Invasive ants usually excel at resource exploitation and faster food retrieval than other ant species in their non-native range. This study was designed to investigate ant species by using pitfall traps and bait traps in fields infested with *Solenopsis geminata* in Taichung. A total of 3,651 ants belonging to 9 different species were collected from pitfall traps. *Paratrechina longicornis* was found to be more common in the infested areas. The results from the bait traps showed that *P. longicornis* was faster in finding food, whereas *S. geminata* was considerably faster in recruiting and controlling a food source. We conducted a series of intra- and inter-specific behavioral assays in the laboratory to examine the aggressive behavior of *S. geminata* and *P. longicornis*. In interspecific individual interactions, workers of *S. geminata* were more likely to behave aggressively than were workers of *P. longicornis*. The results of the group assays show that *P. longicornis* had a statistically higher mortality than *S. geminata*. This study provides a preliminary

understanding of the interactions between *S. geminata* and *P. longicornis* inhabiting the same area. *S. geminata* was found to be more aggressive and effective in securing a food source. Although *P. longicornis* tended to be quicker than *S. geminata* in discovering baits, once *S. geminata* arrived at the scene and discovered the same baits *P. longicornis* retreated. These results can be used to provide a partial explanation for the level of aggression and their ability to compete for workers of these two invasive species. Baiting followed by conducting interspecific aggressive interaction experiments allowed us to understand the role invasive ants play in the ecosystem and how they influence other native ant species in Taiwan.

摘要

入侵種蟻在非原生地通常較其他蟻物種更能有效利用資源並快速取得食物。本研究利用掉落式陷阱和誘餌試驗調查臺中地區熱帶火蟻 (*Solenopsis geminata*) 發生地周遭其他蟻種類，結果在掉落式陷阱試驗中共採集到3,651隻蟻，分屬9種蟻，其中長角黃山蟻 (*Paratrechina longicornis*) 為該發生地中最常見的蟻物種。誘餌試驗中觀察到長角黃山蟻較快發現食物，但熱帶火蟻招募同伴與佔領誘餌的能力比長角黃山蟻快速。本研究於實驗室內進行一系列種內與種間的行為試驗，以檢視熱帶火蟻和長角黃山蟻之間的個體與群體侵略性反應。在種間個體試驗中發現熱帶火蟻較長角黃山蟻具攻擊性；種間群體互動試驗結果顯示，長角黃山蟻死亡率顯著高於熱帶火蟻。本研究初步瞭解棲息於同一地區內的熱帶火蟻與長角黃山蟻間之交互關係。熱帶火蟻攻擊力強、招募同伴以獲取食物資源的速度快；長角黃山蟻雖能快速發現食物，然一旦熱帶火蟻抵達並發現相同誘餌，長角黃山蟻隨即退避離去。本研究結果可說明此兩種入侵種蟻的侵略性程度與競爭能力，藉由誘餌試驗與物種間侵略性互動試驗，可瞭解入侵種蟻於臺灣生態系統中扮演的角色，以及它們對其他本土蟻的影響。

Key words: interspecific, aggressive interactions, invasive ants, *Solenopsis geminata*, *Paratrechina longicornis*

關鍵詞: 種間、侵略性互動、入侵種蟻、熱帶火蟻、長角黃山蟻

Full Text: [PDF\(1.67 MB\)](#)

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

熱帶火蟻與長角黃山蟻兩入侵種螞蟻之種間侵略性互動

蔡宜修¹、吳文哲²、賴麗娟^{1*}

¹ 靜宜大學生態人文系 43301 臺中市沙鹿區臺灣大道 7 段 200 號

² 國立臺灣大學昆蟲學系 10617 臺北市羅斯福路四段 113 巷 27 號

摘要

入侵種螞蟻在非原生地通常較其他螞蟻物種更能有效利用資源並快速取得食物。本研究利用掉落式陷阱和誘餌試驗調查臺中地區熱帶火蟻 (*Solenopsis geminata*) 發生地周遭其他螞蟻種類，結果在掉落式陷阱試驗中共採集到 3,651 隻螞蟻，分屬 9 種螞蟻，其中長角黃山蟻 (*Paratrechina longicornis*) 為該發生地中最常見的螞蟻物種。誘餌試驗中觀察到長角黃山蟻較快發現食物，但熱帶火蟻招募同伴與佔領誘餌的能力比長角黃山蟻快速。本研究於實驗室內進行一系列種內與種間的行為試驗，以檢視熱帶火蟻和長角黃山蟻之間的個體與群體侵略性反應。在種間個體試驗中發現熱帶火蟻較長角黃山蟻具攻擊性；種間群體互動試驗結果顯示，長角黃山蟻死亡率顯著高於熱帶火蟻。本研究初步瞭解棲息於同一地區內的熱帶火蟻與長角黃山蟻間之交互關係。熱帶火蟻攻擊力強、招募同伴以獲取食物資源的速度快；長角黃山蟻雖能快速發現食物，然一旦熱帶火蟻抵達並發現相同誘餌，長角黃山蟻隨即退避離去。本研究結果可說明此兩種入侵種螞蟻的侵略性程度與競爭能力，藉由誘餌試驗與物種間侵略性互動試驗，可瞭解入侵種螞蟻於臺灣生態系統中扮演的角色，以及它們對其他本土螞蟻的影響。

關鍵詞：種間、侵略性互動、入侵種螞蟻、熱帶火蟻、長角黃山蟻。

前言

在同一棲地內，螞蟻會因食物及空間等資源而發生侵略性互動 (aggressive interactions) (Andersen, 1995)。侵略性互動

是螞蟻對他巢個體表現出爭鬥的一種排他性行為 (exclusionary behavior)，此可防止他巢螞蟻掠奪食物資源 (Hamilton, 1972)。侵略性互動被視為螞蟻間的競爭行為，依競爭的對象分為種內互動 (intraspecific interactions)

*論文聯繫人

Corresponding email: lclai@pu.edu.tw

熱帶火蟻與長角黃山蟻 49

和種間互動 (interspecific interactions)，前者發生在同種不同巢間的互動，可藉由同一物種成員之間的競爭限制族群數量，以維持族群的穩定；後者指不同種之間的互動，會影響生態系中物種的分布與多樣性 (Wilson, 1971; Morrison, 2000)。

螞蟻能使用群體招募 (group recruitment) 或以氣味痕跡 (scent trails) 等招募方法 (recruitment methods) 以找到食物或新蟻巢 (Planqué *et al.*, 2010)。入侵種螞蟻多能快速發現食物、迅速招募大量工蟻和延長招募的時間，且容易適應受干擾的棲地環境，故能排擠並逐漸取代本地螞蟻，使本地螞蟻群聚的多樣性發生變化，嚴重破壞當地生態系統平衡 (Morrison, 2000)。以資源競爭 (resource competition) 為例，當入侵紅火蟻 (*Solenopsis invicta* Buren) 發現食物時，招募同巢螞蟻的速度比同在該地區的熱帶火蟻 (*Solenopsis geminata* Fabricius) 快速，且在雙方相遇發生打鬥時亦多佔優勢 (Morrison, 2000)。阿根廷蟻 (*Linepithema humile*) 在入侵地則因個體數量多，招募同伴速度又比原生螞蟻迅速，故能控制大部分的食物，使原生螞蟻處於劣勢，死亡數量增加、覓食成功率下降，最後遭阿根廷蟻取代 (Human and Gordon, 1996)。

熱帶火蟻入侵臺灣已三十餘年，族群分布於臺中以南及東部地區 (Lai *et al.*, 2009)。本研究於臺灣臺中熱帶火蟻發生地，以掉落式陷阱採集樣區內的螞蟻，並鑑定螞蟻種類，藉此瞭解熱帶火蟻發生地螞蟻種類與該棲地優勢螞蟻物種。隨後，在樣區內設置誘餌，觀察熱帶火蟻和該棲地優勢螞蟻之間的互動，以瞭解熱帶火蟻族群與該棲地優勢螞蟻間的交互關係。野外試驗調查結果發現，熱帶火蟻發生地的優勢螞蟻物種為長角黃山蟻 (*Paratrechina*

longicornis (Latreille))。長角黃山蟻原產於非洲或亞洲 (Trager, 1984)，因其不規則的路徑和快速移動的特性，又名狂蟻 (crazy ant)。由於人類商業活動，目前族群已廣泛擴散各地，是一種流浪螞蟻 (tramp ant)，在臺灣已成為常見外來物種。長角黃山蟻屬於雜食性螞蟻，會遠離蟻巢進行長距離覓食，因此不容易找到蟻巢 (Smith, 1965)。長角黃山蟻屬於多蟻后型，生殖能力強，能快速適應環境，會嚴重威脅並取代其他螞蟻和無脊椎動物，加上其可入侵人類居住環境，並具有傳播病原微生物能力，是一種難以控制的物種 (Wetterer, 2008)。熱帶火蟻亦屬於雜食性，雖然覓食工蟻找尋食物行動緩慢，一旦發現食物後，會透過費洛蒙信號 (Taber, 2000) 迅速招募更多的工蟻 (Carroll and Risch, 1983)，以共同協助的方式有效的保護找到的食物資源，防止其他工蟻進行掠奪 (Perfecto, 1994)。熱帶火蟻會取食土棲小型動物 (Porter and Savignano, 1990)，攻襲哺乳類、鳥類及爬蟲類等幼雛 (Allen *et al.*, 2004)，並取食作物的幼芽、果實與種子，常危及入侵地的生態結構並造成經濟損失。此外熱帶火蟻攻擊性強，其毒液有捕獲獵物、防禦和抗菌等作用，亦可使受害者疼痛甚至造成人類嚴重過敏反應 (Vinson, 1997)。

目前熱帶火蟻與長角黃山蟻為臺灣常見的入侵種螞蟻，對於臺灣生態威脅的潛力不容小覷。本研究因此於實驗室內進行一系列熱帶火蟻和長角黃山蟻間的個體和群體競爭試驗，希冀透過熱帶火蟻與長角黃山蟻間的侵略性互動試驗，進一步瞭解臺灣熱帶火蟻與長角黃山蟻間之交互關係，以及此兩種入侵種螞蟻對臺灣生態系統可能造成的衝擊。

材料與方法

一、調查樣區

本研究選定臺中市清水區、梧棲區和南屯區（臺中市精密機械科技創新園區，簡稱「精密園區」）三處做為樣區，此三樣區皆為熱帶火蟻發生地。清水樣區位於清水三民路與臨港路交界處的草皮，靠近台中港，樣區內種植正榕 (*Ficus microcarpa* L. f.) 與水黃皮 (*Pongamia pinnata* L.)，水黃皮周圍常見熱帶火蟻蟻巢。梧棲樣區位於中棲路與中二路交界的港區公園內，園內種植木麻黃 (*Casuarina equisetifolia* L.) 與正榕。南屯區的樣區位於精科北路與精科一路交界的精密園區內小公園。

二、掉落式陷阱 (pitfall trap)

試驗分別於 2013 年 2 月和 5 月以掉落式陷阱調查熱帶火蟻發生地的螞蟻種類與優勢螞蟻物種。依據台灣中央氣象局 (<http://www.cwb.gov.tw/>) 的氣溫資料，清水 2 月平均溫為 17.1°C、梧棲為 17.1°C、精密園區為 19.4°C；清水 5 月平均溫為 25.9°C、梧棲為 25.9°C、精密園區為 26.4°C。當月每區每週各設置一次，持續進行 4 週。在長 20 m、寬 5 m 的樣區內設置 4 個取樣點，每個取樣點距離 1.5 m。在每個取樣點擺放一組掉落式陷阱，每一組掉落式陷阱由 4 個 50 ml 塑膠離心管（直徑 2 cm，長 15 cm）組成，排列成邊長為 20 cm 的正方形 (Stuble *et al.*, 2010)。掉落式陷阱設置方式是將塑膠離心管嵌入土中，讓管口與地表齊平，離心管內盛裝 25 ml 的 75% 酒精。在管口的上方設置 5 cm 高的塑膠遮蓋物，以防止落葉或雨水進入管中。陷阱放置時間從上午 10 點至隔日上午 10 點，再將放置 24 小時的離心管樣本帶回實驗室，計數螞蟻

數量，並進行螞蟻物種鑑定 (Lin and Wu, 2003)。

三、誘餌試驗 (bait trap)

為瞭解熱帶火蟻發生地內的熱帶火蟻和其它螞蟻在面對資源時的互動情形，分別在清水、梧棲、精密園區三樣區設置觀察點，並以誘餌試驗觀察螞蟻間的互動。每個樣區（長 20 m，寬 5 m）內，每 1.5 m 設置一個觀察點，共四個觀察點，編號分別為 B1、B2、B3 和 B4。試驗時間在下午 2 點到 5 點之間。誘餌以蜂蜜、消化餅和鮭魚等比例混合而成約 0.5 g，放在墊有白色紙的塑膠培養皿（直徑 10 cm，高 1.5 cm）內，固定誘餌體積（長 1.5 cm，寬 1.5 cm，高 0.2 cm）。放置誘餌後，每 15 分鐘觀察誘餌 1 分鐘，持續進行 2 小時，記錄誘餌上的每一種螞蟻的種類和數量 (Gibbons and Simberloff, 2005)。三個樣區的誘餌試驗均於 2013 年 5 月進行，每區每週各設置一次，持續進行 3 週。

記錄最先發現誘餌的螞蟻種類、最先招募的螞蟻種類和最後佔領誘餌的螞蟻種類。「最先發現」定義為第一個發現誘餌的螞蟻；「最先招募」定義為最先有 10 隻同種螞蟻個體同時出現在誘餌上；「最後佔領」定義為直到觀察期間結束，聚集在誘餌上數量最多的同種螞蟻個體 (Gibbons and Simberloff, 2005)。

四、侵略性互動試驗 (aggressive interaction test)

1. 個體試驗 (individual test)

從掉落式陷阱的調查與誘餌試驗結果得知，在熱帶火蟻發生地中，長角黃山蟻為優勢螞蟻（表一），故選擇長角黃山蟻作為與熱帶火蟻進行實驗室內種間侵略性互動的對象。在清水樣區中採集熱帶火蟻與長角黃山蟻各 3 巢，

表一 2013年2月和5月利用掉落式陷阱採集中清水、梧棲及精密園區等三個樣區內螞蟻種類及個體數量
Table 1. Ant species and the number of ants found at Qingshui, Wuqi and TCPMITP using pitfall traps in February and May 2013

| Ant species | Chinese name | Location | | | | | |
|---------------------------------|--------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|
| | | Qingshui | | Wuqi | | TCPMITP | |
| | | Feb | May | Feb | May | Feb | May |
| <i>Solenopsis geminata</i> | 熱帶火蟻 | 59 (41.8%) | 615 (49.6%) | 77 (39.9%) | 546 (48.0%) | 51 (37%) | 379 (46.7%) |
| <i>Monomorium chinense</i> | 中華單家蟻 | 37 (26.2%) | 290 (25.6%) | 59 (30.6%) | 268 (23.6%) | 33 (23.9%) | 147 (18.1%) |
| <i>Paratrechina longicornis</i> | 長角黃山蟻 | 42 (29.8%) | 317 (23.4%) | 50 (25.9%) | 292 (25.7%) | 29 (21.0%) | 154 (19.0%) |
| <i>Camponotus carin tipunus</i> | 矛巨山蟻 | 3 (2.2%) | 18 (1.4%) | - | - | - | - |
| <i>Tapinoma melanocephalum</i> | 黑頭慌琉璃蟻 | - | - | 5 (2.6%) | 17 (1.5%) | - | - |
| <i>Lepisiota</i> sp. | 鱗山蟻屬螞蟻 | - | - | 2 (1.0%) | 14 (1.2%) | - | - |
| <i>Pheidologeton affinis</i> | 相鄰擬大頭家蟻 | - | - | - | - | 16 (11.6%) | 30 (3.7%) |
| <i>Monomorium intrudens</i> | 入侵單家蟻 | - | - | - | - | 7 (5.1%) | 82 (10.1%) |
| <i>Crematogaster laborisa</i> | 勤勉舉尾蟻 | - | - | - | - | 2 (1.4%) | 19 (2.3%) |

TCPMITP: The Taichung City Precision Machinery Innovation Technology Park.

並且進行編號。熱帶火蟻（簡稱 T）編號分別為 T1、T2、T3；長角黃山蟻（簡稱 P）編號分別為 P1、P2、P3。此 6 巢螞蟻僅於個體試驗中使用。

螞蟻個體試驗分為種內侵略性互動和種間侵略性互動。種內互動包括試驗 I：熱帶火蟻入侵他巢熱帶火蟻；試驗 II：長角黃山蟻入侵他巢長角黃山蟻。種間互動包括試驗 III：熱帶火蟻入侵長角黃山蟻，以及試驗 IV：長角黃山蟻入侵熱帶火蟻。

個體試驗一開始，均記錄先攻擊的螞蟻物種，並將兩者之間的互動行為以得分量化：「忽視」評為「0 分」，即兩者無任何接觸；彼此以觸角相「觸碰」的行為評為「1 分」；一方「追逐或迴避」另一方的行為評為「2 分」；雙方用大顎緊緊「咬住」對方身體則評為「3 分」；有明顯的「針刺、拉、扯」的攻擊行為評為「4 分」；一方處於「麻痺或肢體殘缺」狀態評為「5 分」(Suarez *et al.*, 1998)。每 2 分鐘記錄一次，持續 20 分鐘，並在 24 小時後記錄螞蟻死亡率。

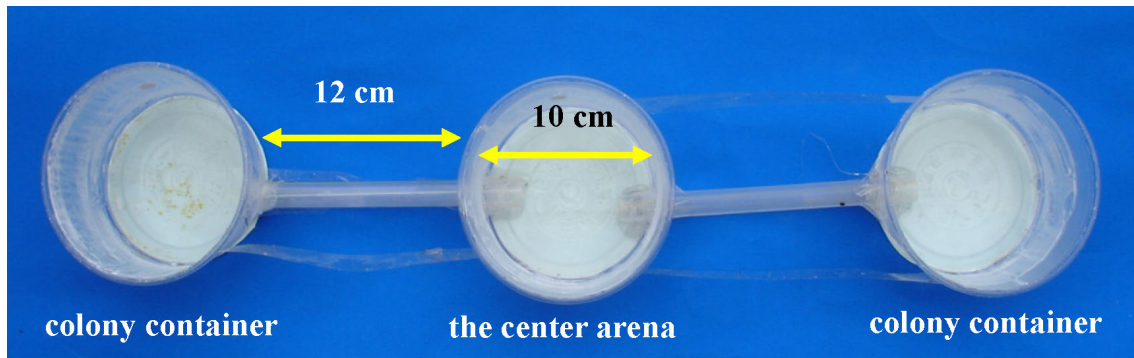
(1) 種內侵略性互動

(a) 試驗 I：熱帶火蟻入侵他巢熱帶火蟻

首先選定一隻體長範圍介於 3.8~5.5 mm（頭寬範圍介於 0.8~1 mm）的熱帶火蟻 T1 當作是居住者（resident），在其腹部點上黃色壓克力顏料作為辨識 (Lai *et al.* (2015) 已證實壓克力顏料並不會影響螞蟻行為)，並放置在塗有氟龍的圓形培養皿（直徑 30 mm）裡，靜置 30 分鐘使之適應，再放入一隻體型相當但不同巢的熱帶火蟻 T2 作為入侵者（intruder），進行個體的侵略性互動試驗（T2 introduced into T1）。反之，即 T1 做為入侵者，T2 做為居住者（T1 introduced into T2）。T1 與 T2 兩巢的組合試驗完成後，接著進行 T1 與 T3、T2 與 T3 的試驗組合。本試驗共 6 個組合，每一組合試驗重複 5 次，共計重複 30 次。每巢各使用 5 隻工蟻，每一隻用於競爭試驗的工蟻不重複使用，故每一巢將使用 20 隻工蟻。

(b) 試驗 II：長角黃山蟻入侵他巢長角黃山蟻

試驗所選擇的長角黃山蟻體長範圍介於 3.0~3.2 mm（頭寬範圍介於 0.5~0.6 mm），試



圖一 群體侵略性互動試驗之設置。塑膠杯容器（直徑 10 公分，深 6 公分）稱為活動區，中心區是由長 12 公分塑膠管連接到每個相鄰的容器。

Fig. 1. Design of the 'group aggressive interaction assay' setup. The plastic containers (10 cm in diameter and 6 cm in depth) are referred to as arenas. The center arena was connected to each adjacent container by a 12-cm length of tubing.

驗方法與試驗 I 相同。

(2) 種間侵略性互動

試驗方法同試驗 I，先由熱帶火蟻 (T1) 為入侵者，長角黃山蟻 (P1) 為居住者 (試驗 III: T1 introduced into P1) 進行個體侵略性互動；反之，T1 為居住者，P1 為入侵者 (試驗 IV: P1 introduced into T1)，再進行試驗。T1 與 P1 兩巢的組合試驗完成後，接著進行 T1 與 P2、T1 與 P3、T2 與 P1、T2 與 P2、T2 與 P3、T3 與 P1、T3 與 P2、T3 與 P3 的試驗組合。本試驗共 18 個組合 (T introduced into P 共 9 組; P introduced into T 共 9 組)，每一組合試驗重複 5 次，共計重複 90 次。每巢各使用 5 隻工蟻，每一隻用於競爭試驗的工蟻不重複使用，故每一巢將使用到 30 隻工蟻。

2. 群體試驗 (group test)

於梧棲樣區中採集熱帶火蟻與長角黃山蟻各 6 巢，並且進行編號。熱帶火蟻編號分別為 Ta、Tb、Tc、Td、Te、Tf；長角黃山蟻編號分別為 Pa、Pb、Pc、Pd、Pe、Pf。

群體試驗分為種內互動和種間互動，種內互動含試驗 I：熱帶火蟻與他巢熱帶火蟻、試

驗 II：長角黃山蟻與他巢長角黃山蟻。種間互動含試驗 III：熱帶火蟻與長角黃山蟻。試驗區域設計如下：3 個圓形塑膠杯（直徑 10 cm），以 2 根 12 cm 長，直徑 1 cm 的中空塑膠管連接，兩側塑膠杯分別放置不同巢蟻（分別為 A 區與 B 區），中間的塑膠杯稱為「中心區」（圖一）。記錄兩蟻巢蟻第一次接觸的時間，以及雙方在三區的互動行為，每 5 分鐘記錄一次，持續 2 小時。互動行為以得分量化：無戰鬥的工蟻記為「0 分」；戰鬥的工蟻少於「5 隻」記為「1 分」；戰鬥的工蟻介於「5~10 隻」記為「2 分」；戰鬥的工蟻多於「10 隻」記為「3 分」(Morrison, 2000)。分別記錄控制各個活動區域的蟻數量與種類，以及試驗後 2 小時、24 小時雙方死亡率。群體試驗進行 3 重複，每一隻用於侵略性互動試驗的工蟻不再重複使用。

(1) 種內侵略性互動

(a) 試驗 I：熱帶火蟻與他巢熱帶火蟻

首先 Ta 和 Tb 兩巢熱帶火蟻各 50 隻，工蟻體長範圍均介於 3.8~5.5 mm。進行試驗前，在 Ta 工蟻腹部點上黃色壓克力顏料，以

與 **Tb** 做區別。將 **Ta** 和 **Tb** 螞蟻分別靜置 30 分鐘後，將阻隔物拿開，開始進行試驗。試驗完成後，接著進行 **Tc** 與 **Td**、**Te** 與 **Tf** 的試驗組合。

(b) 試驗 II：長角黃山蟻與他巢長角黃山蟻

試驗所選擇的長角黃山蟻體長範圍介於 3.0~3.2 mm，群體互動試驗方法與試驗 I 相同。

(2) 種間侵略性互動

試驗 III：熱帶火蟻與長角黃山蟻，即 **Ta** 和 **Pa** 二巢螞蟻各 50 隻，試驗方法同上所述。**Ta** 與 **Pa** 的組合試驗完成後，接著進行 **Tb** 與 **Pb**、**Tc** 與 **Pc** 的試驗組合。

五、統計分析

1. 掉落式陷阱

比較 2 月和 5 月於三個樣區中採集各種螞蟻總數量的差異，以單因子變異分析法 (One-way ANOVA) 進行分析，再以 Dunnett's T3 檢定。

2. 個體侵略性互動試驗

個體的種內與種間侵略性互動試驗得分，以單因子變異分析法進行比較，再以 Dunnett's T3 檢定，顯著水準為 $\alpha = 0.05$ 。居住者和入侵者試驗後 24 小時死亡率以 Paired Samples *t* Test 進行分析比較。

種間侵略性互動試驗中，比較同為入侵者的熱帶火蟻 (試驗 III) 與長角黃山蟻 (試驗 IV) 的死亡率；以及同為居住者的長角黃山蟻 (試驗 III) 與熱帶火蟻 (試驗 IV) 的死亡率，以 Independent Samples *t* Test 進行分析。

3. 群體侵略性互動試驗

熱帶火蟻的種內群體侵略性互動試驗，分為熱帶火蟻 A 區-中心區-熱帶火蟻 B 區，長角黃山蟻的部份則分為長角黃山蟻 A 區-中心區-長角黃山蟻 B 區。種間群體侵略性互動試驗，

分為熱帶火蟻區-中心區-長角黃山蟻區，計算各區的互動得分，以單因子變異分析比較三個活動區域的得分差異，再進行 Homogeneity of Variances test 檢定，顯著水準為 $\alpha = 0.05$ 。

種內試驗後 2 小時和 24 小時，熱帶火蟻、長角黃山蟻的死亡率，以 Independent Samples *t* Test 進行比較；種間試驗後 2 小時和 24 小時，熱帶火蟻與長角黃山蟻兩者死亡率，以進行 Paired Samples *t* Test 進行分析比較。

結 果

一、熱帶火蟻發生地螞蟻種類與數量

本研究分別於 2 月和 5 月利用掉落式陷阱採集臺中清水、梧棲和精密園區等三個樣區內的螞蟻，共採集到 3,651 隻螞蟻，經鑑定為 3 亞科 9 種螞蟻，分別隸屬於家蟻亞科 (Myrmicinae) 的熱帶火蟻、中華單家蟻 (*Monomorium chinense* Santschi)、相鄰擬大頭家蟻 (*Pheidologeton affinis* (Jerdon))、入侵單家蟻 (*Monomorium intrudens* Fr. Smith)、山蟻亞科 (Formicinae) 的長角黃山蟻、矛巨山蟻 (*Camponotus carin tipunus* Forel)、鱗山蟻屬螞蟻 (*Lepisiota* sp.)、勤勉舉尾蟻 (*Crematogaster laboriosa* Smith, F.)，和琉璃蟻亞科 (Dolichoderinae) 的黑頭慌琉璃蟻 (*Tapinoma melanocephalum* (Fabricius))。調查發現，在三個樣區內所採集到的螞蟻數量以熱帶火蟻最多，其次是長角黃山蟻和中華單家蟻 (表一)。

比較清水、梧棲、精密園區三樣區中各種螞蟻的總數量具顯著差異 ($F = 1776.901$, $P < 0.05$)，故進行事後比較，從平均差異判斷優勢種螞蟻依序為熱帶火蟻、長角黃山蟻、中華單家蟻、入侵單家蟻、相鄰擬大頭家蟻、勤勉

舉尾蟻、黑頭慌琉璃蟻、矛巨山蟻和鱗山蟻屬蟻蟻。

二、誘餌試驗

在清水樣區內放置的誘餌，可發現 4 種蟻蟻，其中以熱帶火蟻出現在誘餌上的平均數量最高，其次是中華單家蟻、長角黃山蟻和矛巨山蟻（圖二 A）。在梧棲樣區的誘餌可發現 3 種蟻蟻，在觀察初期（前 30 分鐘），中華單家蟻出現在誘餌上的平均數量較高，但是第 45 分鐘開始，熱帶火蟻的數量逐漸超過中華單家蟻，成為數量最多的族群，隨觀察時間愈長，中華單家蟻和長角黃山蟻的平均數量有逐漸減少的趨勢（圖二 B）。精密園區樣區內的誘餌上發現 3 種蟻蟻，試驗一開始熱帶火蟻在誘餌上的平均數量較多，但試驗 45 分鐘後，熱帶火蟻的平均數量有逐漸減少的趨勢，最後與中華單家蟻的數量相當（圖二 C）。圖三結果亦顯示三個樣區共 36 次誘餌試驗中最先發現誘餌的蟻蟻種類（圖三 A）、最先招募同伴的蟻蟻種類（圖三 B）以及最後佔領誘餌的蟻蟻種類（圖三 C）。

三、個體侵略性互動試驗

表二為熱帶火蟻和長角黃山蟻個體侵略性互動試驗行為之得分。種內互動試驗 I、II 中，熱帶火蟻行為得分顯著高於長角黃山蟻 ($F = 18.049, P < 0.05$)；種間試驗中，試驗 III（熱帶火蟻入侵長角黃山蟻）的行為得分和試驗 IV（長角黃山蟻入侵熱帶火蟻）的行為得分無顯著性差異 ($F = 3.303, P = 0.361$)。若以居住者皆為熱帶火蟻時，將試驗 I 與試驗 IV 進行比較，則兩者得分具顯著差異 ($F = 37.405, P < 0.05$)；若以居住者皆為長角黃山蟻時，將試驗 II 與試驗 III 進行比較，則兩者得分無顯著差異 ($F = 4.084, P = 0.35$)。

在熱帶火蟻和長角黃山蟻種內和種間個體侵略性互動試驗部分，表三呈現試驗中最先採取攻擊的蟻蟻數與 24 小時後蟻蟻死亡率。結果指出種內試驗中，做為入侵者的蟻蟻多數會進行攻擊；種間試驗則皆是熱帶火蟻先採取主動攻擊長角黃山蟻。

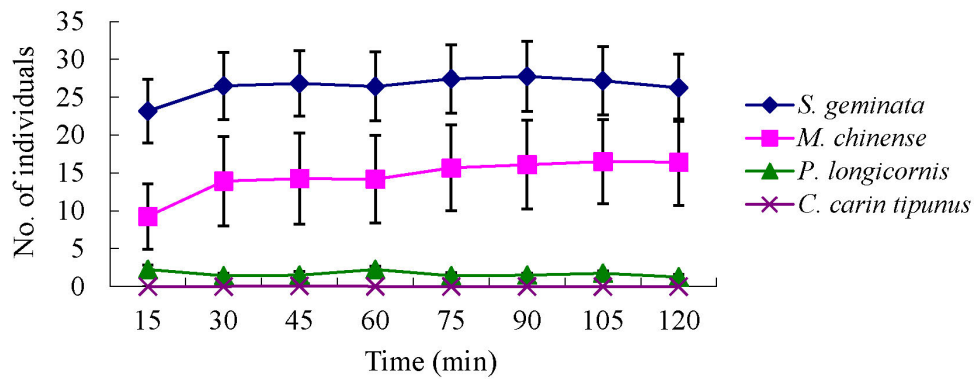
個體侵略性互動試驗後 24 小時死亡率，熱帶火蟻種內試驗 I 的居住者與入侵者兩者死亡率沒有顯著差異。長角黃山蟻種內試驗 II 居住者與入侵者兩者死亡率具有顯著差異。種間試驗部分，試驗 III 兩者死亡率具顯著差異，然而試驗 IV 兩者死亡率沒有顯著差異。比較同為入侵者的死亡率，試驗 III 的熱帶火蟻與試驗 IV 的長角黃山蟻兩者死亡率沒有顯著差異；比較同為居住者的死亡率，試驗 III 的長角黃山蟻為與試驗 IV 的熱帶火蟻兩者死亡率亦沒有顯著差異（表三）。

四、群體侵略性互動試驗

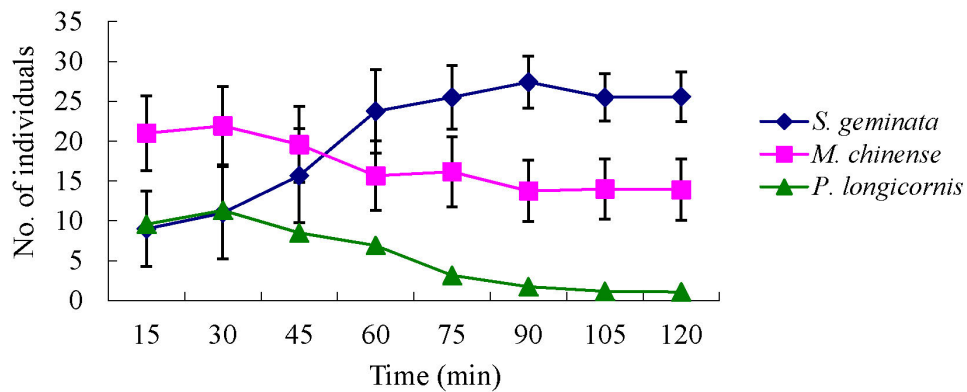
種內群體侵略性互動試驗中，熱帶火蟻兩方開始試驗後平均約 11.5 秒接觸，兩方相遇並觸角互相碰觸後，隨即展開一對一攻擊，互咬對方頭部、觸角或足部，但很少成功使用螫針螫刺對方。長角黃山蟻兩方開始試驗後平均約 8.33 秒接觸，雙方相遇並以觸角碰觸後，會採取一對一攻擊或二對一的戰鬥模式。圖四 A 顯示，試驗後 2 小時，兩物種的死亡率無顯著差異，然試驗後 24 小時，兩物種的死亡率具顯著性差異。

圖四 B 為熱帶火蟻與長角黃山蟻種間群體侵略性互動試驗結果，雙方開始試驗後平均約 10.33 秒接觸，熱帶火蟻會進入長角黃山蟻區後，初期發現長角黃山蟻會以三對一的模式攻擊熱帶火蟻個體，以此牽制熱帶火蟻的行動；而長角黃山蟻進入熱帶火蟻區後，會採取迴避方式以躲避熱帶火蟻攻擊。試驗後 2 小

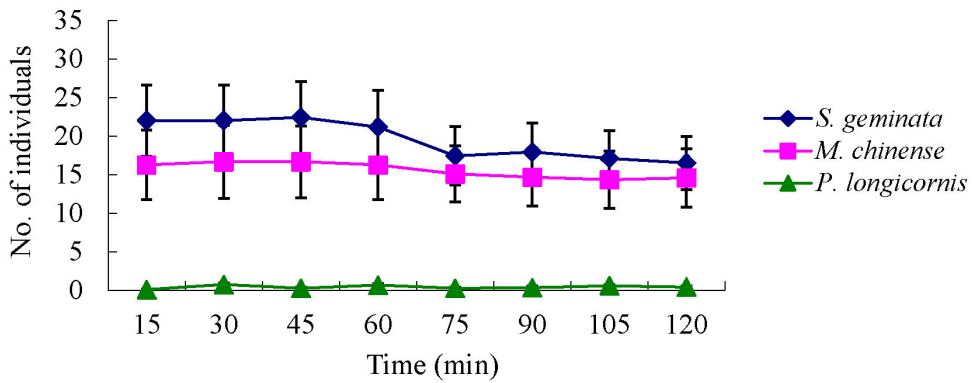
(A)



(B)

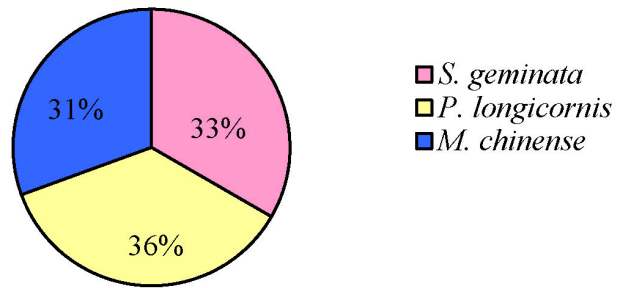


(C)

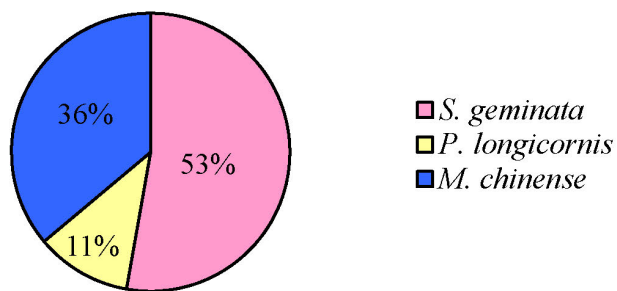


圖二 以誘餌觀察法調查熱帶火蟻發生地周遭螞蟻種類及個體數量。(A) 清水；(B) 梧棲；(C) 精密園區。
Fig. 2. Ant species and the number of ants in the baiting experiment. (A) Qingshui; (B) Wuqi; (C) Taichung Precision Machinery Science and Technology Innovation Park.

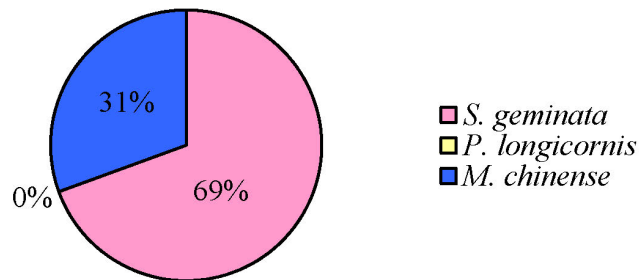
(A)



(B)



(C)



圖三 誘餌試驗中螞蟻種類間關係百分比。(A) 最先發現誘餌的螞蟻種類；(B) 最先招募同伴的螞蟻種類；(C) 最後佔領誘餌的螞蟻種類。

Fig. 3. Percentage of ant species to find and assemble at baits in the baiting experiment. (A) Percentage of ant species finding baits first; (B) Percentage of ant species assembled at the baits found; (C) Percentage of ant species in control of the baits.

表二 熱帶火蟻和長角黃山蟻個體侵略性互動試驗之得分

Table 2. Mean score of *Solenopsis geminata* and *Paratrechina longicornis* for individual aggressive interaction

| Test | Species | N | Score (Mean ± SE) |
|------|----------|----|--------------------------|
| I | T into T | 30 | 2.07 ± 0.13 ^a |
| II | P into P | 30 | 1.18 ± 0.17 ^b |
| III | T into P | 45 | 1.53 ± 0.09 ^b |
| IV | P into T | 45 | 1.35 ± 0.05 ^b |

T: *S. geminata*; P: *P. longicornis*; N: replicate number; I, II: intraspecific aggressive interaction; III, IV: interspecific aggressive interaction. Scores with a different small letter are significantly different (one-way ANOVA followed by Dunnett's T3 test, $F = 11.79$, $P < 0.05$).

表三 熱帶火蟻和長角黃山蟻種內和種間個體侵略性互動試驗中最先採取攻擊的螞蟻數與 24 小時死亡率

Table 3. The number of attacking first and mortality of *Solenopsis geminata* and *Paratrechina longicornis* in intraspecific and interspecific individual aggressive interactions after 24 hours

| Test | Species | N | Attacked first (Intruder vs. Resident) | Mortality after 24 hours (% ± SE) | |
|------|---------|----|--|--------------------------------------|---------------------------|
| | | | | Intruder | Resident |
| I | T vs T | 30 | 17: 9 | 10 ± 0.06 | 20 ± 0.07 |
| II | P vs P | 30 | 15: 6 | 20 ± 0.07 ^a | 43.33 ± 0.09 ^b |
| III | T vs P | 45 | 45: 0 | 64.44 ± 0.07 ^a | 84.44 ± 0.05 ^b |
| IV | P vs T | 45 | 0: 45 | 77.78 ± 0.06 | 66.67 ± 0.07 |

T: *S. geminata*; P: *P. longicornis*; N: replicate number; T vs P: intruder vs resident; I ($t = -1.795$, $P = 0.083$); II ($t = -2.536$, $P < 0.05$); III ($t = -2.659$, $P < 0.05$); IV ($t = 1.151$, $P = 0.256$) (Paired Samples t Test); mortalities with a different small letter are significantly different; intruder mortalities of III and IV ($F = 7.697$, $t = -1.395$, $P = 0.167$); resident mortalities of III and IV ($F = 16.697$, $t = 1.983$, $P = 0.051$) (Independent Samples t Test).

時，熱帶火蟻與長角黃山蟻兩物種死亡率具顯著性差異；24 小時後熱帶火蟻與長角黃山蟻兩物種死亡率亦具顯著性差異。

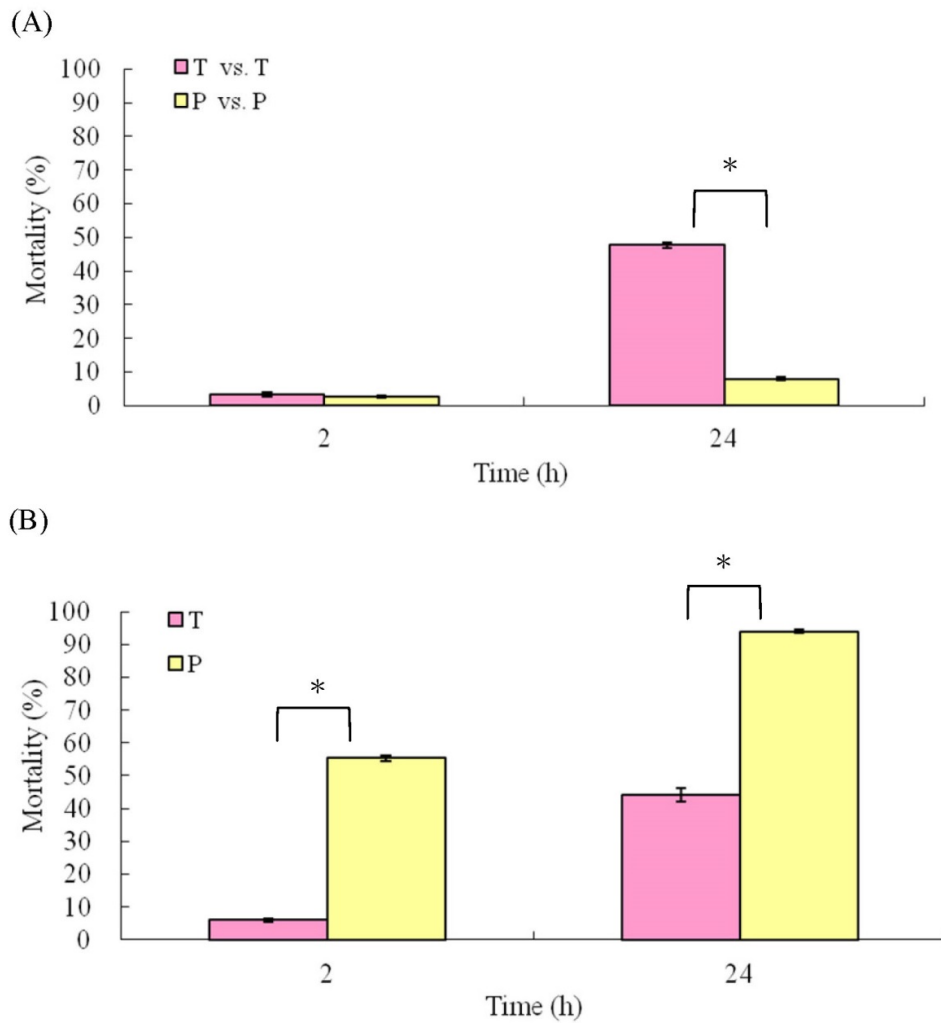
熱帶火蟻種內侵略性互動試驗分為熱帶火蟻 A 區-中心區-熱帶火蟻 B 區，試驗過程中記錄各區的戰鬥積分，以 Homogeneity of Variances test 檢定後為同質，比較三個活動區域的得分沒有顯著性差異 (圖五 A)。長角黃山蟻的部份則分為長角黃山蟻 A 區-中心區-長角黃山蟻 B 區，以 Homogeneity of Variances test 檢定後為同質，此三個活動區域的得分亦沒有顯著性差異 (圖五 B)。

種間侵略性互動試驗中分長角黃山蟻區-中心區-熱帶火蟻區，試驗過程中記錄各區的戰

鬥積分，長角黃山蟻區、中心區與熱帶火蟻區平均得分以 Homogeneity of Variances test 檢定後為同質，比較三個活動區域的得分具顯著性差異 (圖五 C)。

討 論

本研究分別於 2013 年 2 月和 5 月份利用掉落式陷阱在臺中清水、梧棲和精密園區等三個樣區內採集螞蟻，共採得 3 亞科 9 種螞蟻。在三個樣區中皆採集到熱帶火蟻、長角黃山蟻和中華單家蟻，經分析後可知，熱帶火蟻屬於優勢種螞蟻，其次為長角黃山蟻。調查過程發現，熱帶火蟻和長角黃山蟻常出現於相同棲

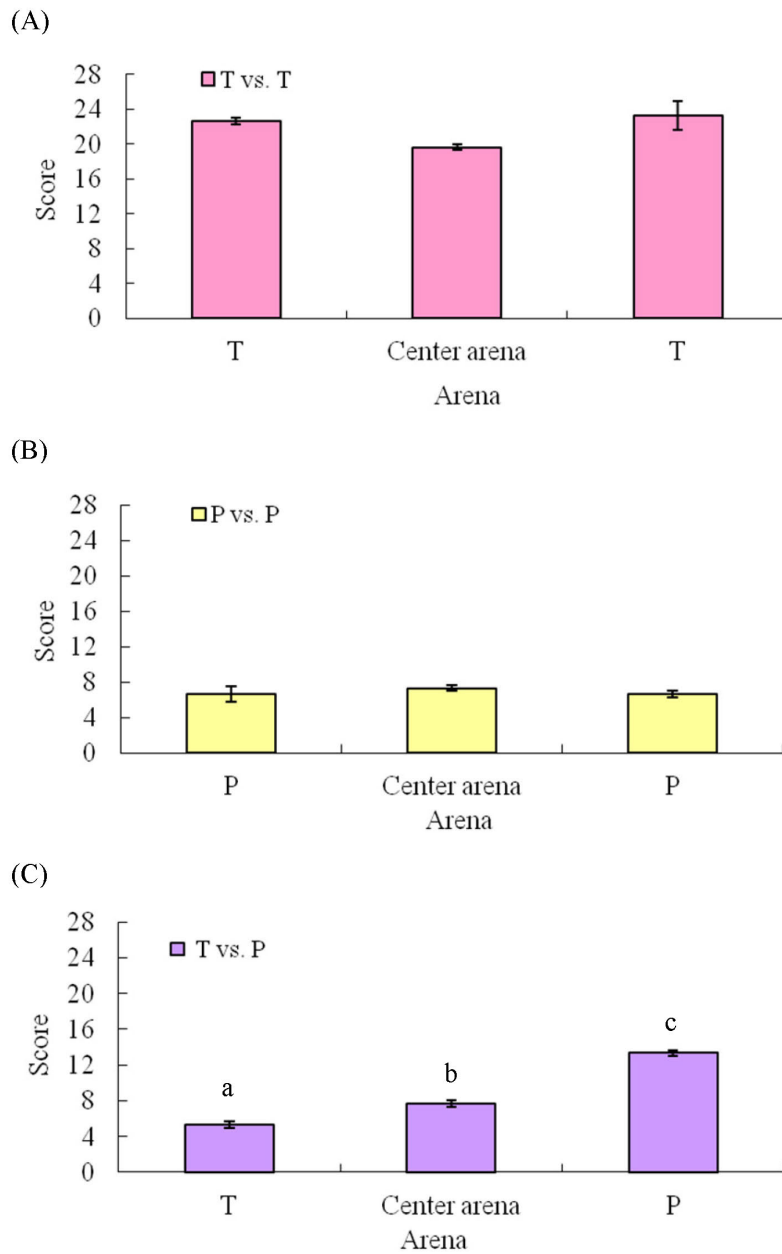


圖四 熱帶火蟻和長角黃山蟻群體侵略性互動後 2 小時和 24 小時之死亡率。(A) 種內互動試驗 (T vs. T: 熱帶火蟻與熱帶火蟻; P vs. P: 長角黃山蟻與長角黃山蟻) (Independent Samples *t* Test); (B) 種間互動試驗 (T: 熱帶火蟻; P: 長角黃山蟻) (Paired Samples *t* Test)。星號表示具顯著差異。

Fig. 4. The mortality of *Solenopsis geminata* and *Paratrechina longicornis* after 2 and 24 hours of aggressive interactions. (A) intraspecific interactions (T vs. T: *S. geminata* vs. *S. geminata*; P vs. P: *P. longicornis* vs. *P. longicornis*) (Independent Samples *t* Test); (B) interspecific interactions (T: *S. geminata*; P: *P. longicornis*) (Paired Samples *t* Test). Data with stars indicate a significant difference.

地。Wetterer and O'Hara (2002) 調查佛羅里達礁島群 (Florida Keys) 螞蟻相時，亦發現熱帶火蟻、長角黃山蟻和熱帶大頭家蟻 (*Pheidole megacephala* Fabricius) 是常見

螞蟻物種，其中以熱帶火蟻為該地區優勢種螞蟻。本研究比較 2 月與 5 月份採集到螞蟻種類與所佔的比例，發現熱帶火蟻有增加的趨勢，而中華單家蟻和長角黃山蟻則呈現減少的現



圖五 熱帶火蟻和長角黃山蟻種內和種間群體侵略性互動各區域平均得分。種內互動試驗：(A) T vs. T: 熱帶火蟻與熱帶火蟻；(B) P vs. P: 長角黃山蟻與長角黃山蟻。種間互動試驗：(C) T: 熱帶火蟻；P: 長角黃山蟻。圖中不同字母代表有顯著差異 ($F = 152.333, P < 0.05, ANOVA$)。

Fig. 5. Mean scores of *Solenopsis geminata* and *Paratrechina longicornis* in group aggressive interactions. Intraspecific interactions: (A) T vs. T: *S. geminata* vs. *S. geminata*; (B) P vs. P: *P. longicornis* vs. *P. longicornis*. Interspecific interactions: (C) T: *S. geminata*; P: *P. longicornis*. Different small letters above each bar indicate a significant difference ($F = 152.333, P < 0.05, ANOVA$).

象，推測可能與掉落式陷阱設置位置有關。陷阱設置位置可能碰巧在熱帶火蟻巢附近或其覓食路徑上，加上熱帶火蟻於此三樣區皆為優勢物種，故捕獲數量較多。

野外誘餌試驗可觀察不同種螞蟻在面對相同資源時的互動情形，試驗時的氣溫、誘餌的成分、試驗地區螞蟻物種的族群量、螞蟻發現食物與招募能力等，皆是螞蟻面對誘餌的影響因子。氣溫方面，試驗均定時觀察，當時氣溫介於 26~32°C 之間，發現有三種螞蟻（熱帶火蟻、長角黃山蟻、中華單家蟻）出現在誘餌上，氣溫可能是影響螞蟻覓食的活動的原因之一。Braulick *et al.* (1988) 指出熱帶火蟻在 38°C 高溫下能持續覓食活動，Gibbons and Simberloff (2005) 指出入侵紅火蟻與入侵黑火蟻 (*S. richteri* Forel) 的雜交種 (*S. invicta* × *richteri*) 在 37°C 高溫下亦能持續進行覓食，而 Tschinkel (1987) 指出 *Prenolepis imparis* (Say) 則喜歡涼爽的冬季氣候。因此試驗當時的溫度，可能會影響接近誘餌的螞蟻種類和數量。此外，誘餌的成分可能影響螞蟻對誘餌的喜好，Morrison (2000) 發現熱帶火蟻偏好取食高碳水化合物食物，取食的量高於入侵紅火蟻和雜交種 (*S. invicta* × *richteri*) 螞蟻。Hölldobler and Wilson (1990) 提到蛋白質、脂肪和碳水化合物是螞蟻食物中的必要成分，因此本試驗製作的誘餌是以蜂蜜、消化餅和鮭魚等比例混合而成。試驗中，在此種誘餌上觀察到熱帶火蟻、長角黃山蟻和中華單家蟻，可知此種誘餌可有效吸引這三種螞蟻。Sorensen *et al.* (1983) 指出在入侵紅火蟻群落 (colony) 出現幼蟲時，工蟻主要會收集蛋白質食物資源，Haack *et al.* (1995) 研究發現單家蟻屬 (*Monomorium*) 則會取食蛋白質和脂肪餵食幼蟲，因此 Gibbons and Simberloff (2005) 試驗中以維也納香腸 (脂

肪：蛋白質：碳水化合物 = 13 : 5 : 1) 作為誘餌，在誘餌上觀察到七種螞蟻，其中包括 *Solenopsis* 與其雜交種螞蟻 (*S. invicta* × *richteri*)。另一影響因素是螞蟻族群量，族群優勢與否將影響螞蟻面對資源時與其他螞蟻之互動。本試驗發現誘餌上的熱帶火蟻平均數量最高，當誘餌上出現大量熱帶火蟻時，出現在誘餌上的少數中華單家蟻或長角黃山蟻會選擇離開。Human and Gordon (1996) 研究指出阿根廷蟻在入侵地個體數量多，能有效率的佔領食物資源，因此造成原生螞蟻處於劣勢，阿根廷蟻族群數量的優勢有助於其在入侵地區取代原生物種。

在梧棲樣區觀察初期，中華單家蟻出現在誘餌上的平均數量較多，於觀察中發現誘餌距離中華單家蟻巢最近，距離熱帶火蟻巢較遠。因此熱帶火蟻發現誘餌的速度較中華單家蟻慢。當中華單家蟻先發現誘餌時，大批的中華單家蟻往返於誘餌和蟻巢之間，誘餌上的中華單家蟻數量極多，工蟻會將腹部尾端抬高，做出防禦的動作，隨著中華單家蟻的數量增加，較晚佔據誘餌一角的熱帶火蟻，開始轉身離開誘餌，工蟻數量漸減。Gibbons and Simberloff (2005) 於研究中發現單家蟻屬螞蟻發現誘餌並招募同伴的速度較雜交種螞蟻 (*S. invicta* × *richteri*) 快，而且單家蟻屬螞蟻會共同防禦雜交種螞蟻，因此迫使雜交種螞蟻個體撤離誘餌。但試驗中發現若是熱帶火蟻優先發現誘餌，便能迅速招募同伴，多數工蟻隨即覆蓋誘餌。較晚發現誘餌的中華單家蟻，會因為熱帶火蟻已佔領誘餌，而折返離開。此結果與 Vogt *et al.* (2003) 的研究相似，他們在誘餌試驗中發現，當誘餌上聚集大量入侵紅火蟻後，較晚招募的其他種類螞蟻會選擇離開誘餌。

梧棲樣區的長角黃山蟻在發現誘餌後，會

招募同伴前來取食，然一旦熱帶火蟻發現誘餌後、迅速招募同伴並大量聚集後，長角黃山蟻隨即迅速離開誘餌。Human and Gordon (1996) 於研究中發現高族群數量和長時間覓食是熱帶火蟻的優勢。關於長角黃山蟻的迴避行為，Gibbons and Simberloff (2005) 發現當誘餌上已經出現一種以上的螞蟻時，較晚發現誘餌的螞蟻在抵達誘餌後會再轉身遠離，這種迴避機制應是避免衝突的方法之一。本試驗觀察到最先招募的長角黃山蟻，一旦誘餌上出現熱帶火蟻後，長角黃山蟻最後將因為熱帶火蟻數量增加而選擇迴避，推測熱帶火蟻能迅速招募同伴並以量取勝，長角黃山蟻則多選擇迴避以避免衝突。Pimentel (1955) 研究也指出長角黃山蟻活動時會避開熱帶火蟻和黑頭慌琉璃蟻。

Gibbons and Simberloff (2005) 發現當一種以上的螞蟻出現在同一誘餌上，不同種類的螞蟻個體在誘餌上會劃分空間，以避免與其他物種螞蟻產生衝突。本研究觀察到，當熱帶火蟻和中華單家蟻同時發現誘餌後並開始招募同伴，雙方在誘餌上會有明顯的領域劃分。本試驗亦發現熱帶火蟻、中華單家蟻和長角黃山蟻在誘餌上並不會採取任何攻擊行為。當螞蟻個體發現其他物種螞蟻大量出現在誘餌上，通常採取迴避策略，以避免產生衝突。Nonacs and Dill (1991) 發現當食物需求增加但死亡風險亦增加時，*Lasius pallitarsis* (Provancher) 和 *Myrmica incomplete* Provancher 會選擇遠離食物以降低因打鬥造成的死亡風險。

在三個試驗樣區中，會接近並取食誘餌的螞蟻種類有熱帶火蟻、長角黃山蟻和中華單家蟻。結果顯示長角黃山蟻在發現誘餌的速度快於熱帶火蟻和中華單家蟻；熱帶火蟻招募同伴與佔領誘餌的能力最快速且有效率，中華單家

蟻次之，而長角黃山蟻傾向避開其他螞蟻。長角黃山蟻雖能優先佔領誘餌，但最終大多被熱帶火蟻所取代，除了因熱帶火蟻能快速招募同伴，以量取勝外，推測亦與長角黃山蟻選擇迴避策略有關。招募能力是螞蟻取得資源的影響因素之一，Porter and Savignano (1990) 指出入侵紅火蟻發現食物並招募同伴的速度比在該領域的本地螞蟻快，Human and Gordon (1996) 也發現阿根廷蟻動員大量工蟻長時間搜尋食物資源，招募同伴的速度比本地螞蟻快，且能佔領大部分的誘餌。Gibbons and Simberloff (2005) 研究發現雜交種火蟻 (*S. invicta* × *richteri*) 比本地螞蟻 (單家蟻屬、大頭家蟻屬、毛山蟻屬) 佔領較多的誘餌。Baroni and Kanno (1974) 發現螞蟻族群之間佔領誘餌時並不會發生激烈的打鬥，當入侵紅火蟻大量抵達誘餌後，原先佔領的 *M. minimum* (Buckley) 會選擇離開，因此不會發生衝突。Gibbons (2002) 在觀察期間很少發現佔領誘餌的螞蟻物種變換，會發生改變主因是由雙方螞蟻數量相差懸殊所造成。

螞蟻種內個體侵略性互動試驗中，熱帶火蟻彼此會採取主動攻擊，侵略性互動得分高，不過攻擊過程中雙方很少使用螫針螫刺對方，因此死亡率低；長角黃山蟻彼此採取迴避行為，侵略性互動得分低，但當雙方互相攻擊時，彼此會用大顎緊緊咬住對方頭部、觸角或足部，並且腹部向前彎曲噴灑蟻酸，很容易造成對方麻痺、死亡，甚至肢體殘缺，故死亡率高。Obin and Vander Meer (1985) 在種內個體試驗中發現，入侵紅火蟻使用螫針將毒液注入對方體內會提高對方死亡率，尤其小型工蟻彼此間最常使用螫刺攻擊，導致小型工蟻有較高死亡率。

熱帶火蟻和長角黃山蟻種間個體侵略性互動試驗中，熱帶火蟻多採取主動攻擊，長角

黃山蟻則選擇迴避，甚至爬到試驗容器內緣的高處，以躲避熱帶火蟻的攻擊。試驗後，長角黃山蟻 24 小時死亡率高於熱帶火蟻，顯示長角黃山蟻在試驗中處於劣勢。本試驗所選取的熱帶火蟻體長範圍介於 3.8~5.5 mm，長角黃山蟻體長範圍介於 3.0~3.2 mm，因此熱帶火蟻在試驗中能成為優勢一方，可能與其體型、螫刺能力或化學防禦有關。試驗過程中，熱帶火蟻與長角黃山蟻互相夾咬對方身體後，熱帶火蟻會以螫針攻擊對方，而長角黃山蟻則以噴灑蟻酸回擊。試驗最終結果長角黃山蟻有高死亡率，推測應是熱帶火蟻以螫針直接將毒液注入長角黃山蟻體內促使其迅速死亡；而長角黃山蟻以蟻酸噴灑於熱帶火蟻體表上，故死亡率偏低。

Bhatkar (1988) 於熱帶火蟻和入侵紅火蟻種間群體侵略性互動試驗中發現，入侵紅火蟻會聯合攻擊一隻熱帶火蟻，並且用大顎切斷其頭部，因此熱帶火蟻死亡率是入侵紅火蟻的 5 倍。Morrison (2000) 也發現種間試驗中多半會有一方攻擊性強，當熱帶火蟻遭遇到入侵紅火蟻時會採取閃躲方式，而入侵紅火蟻會先採取主動攻擊，並依附在熱帶火蟻身體或肢體上，致使熱帶火蟻不能螫刺回擊，因此採取主動攻擊的入侵紅火蟻其死亡率較低。此外，攻擊對方時利用化學武器亦是一種策略，雖然熱帶火蟻大型工蟻比小型工蟻具有較多的毒液 (Brand *et al.* 1973; Lai *et al.*, 2009)，然而，若將入侵紅火蟻的毒液注射進熱帶火蟻表皮內，會促使熱帶火蟻迅速死亡 (Bhatkar, 1988)。Lai *et al.* (2015) 也發現在種間競爭試驗中，熱帶火蟻死亡率高於入侵紅火蟻兩社會型的死亡率，原因除了彼此在競爭中的行為反應外，也與螫刺本身的毒液、競爭能力有關。

種內群體侵略性互動試驗中，熱帶火蟻具備強烈巡邏領域性，會主動入侵對方領域，兩

方相遇隨即展開一對一攻擊模式，但很少使用螫針螫刺對方，因此 2 小時後雙方死亡率不高。經過 24 小時後，死亡率由 $3.33 \pm 0.49\%$ 提高至 $47.67 \pm 0.79\%$ ，推測遭螫刺注入毒液的火蟻，最後因毒液毒性之作用而造成死亡率增加。長角黃山蟻的部分，雙方初次相遇時並不會互相躲避，戰鬥時會採取一對一或二對一的模式，觀察 2 小時後，部分仍維持互咬的動作，不過也發現不同巢的長角黃山蟻會停留在塑膠杯杯身內緣高處。由於躲避的行為，故經過 24 小時後，雙方仍維持低死亡率。

種間群體侵略性互動試驗中，熱帶火蟻個體進入長角黃山蟻區後，初期長角黃山蟻會主動攻擊入侵的熱帶火蟻，偶以三對一的模式攻擊熱帶火蟻個體，如兩隻長角黃山蟻用大顎夾住熱帶火蟻左右兩側足部，另一隻長角黃山蟻則夾住熱帶火蟻觸角，以此牽制熱帶火蟻的行動，採取聯合攻擊的長角黃山蟻並不會讓熱帶火蟻有機會以螫針反擊，推測熱帶火蟻的死亡率與長角黃山蟻採取聯合攻擊策略有關。但當熱帶火蟻進入長角黃山蟻區的工蟻數量逐漸增加後，長角黃山蟻便開始以迴避方式躲避熱帶火蟻的追逐與攻擊。熱帶火蟻攻擊長角黃山蟻採取一對一方式，攻擊時會以螫針將毒液注入對方體內，並且用大顎切斷對方頭部、腹部和足部，火蟻毒液可能是導致長角黃山蟻高死亡率的原因；而長角黃山蟻除迴避外，打鬥時會緊咬住對方頭部、觸角或足部，再噴灑蟻酸。

長角黃山蟻死亡個體數分布區域以自身所處區域中最高，顯示兩種螫刺侵略性互動行為主要發生在長角黃山蟻區。因熱帶火蟻攻擊力強，當其發現長角黃山蟻蹤跡時，便大量湧入長角黃山蟻區中進行攻擊，因此此區的平均戰鬥得分最高。雖然長角黃山蟻大多死於自身所處區域，然熱帶火蟻之死亡個體也主要分布在長角黃山蟻區。Morrison (2000) 研究中有

相似結果，熱帶火蟻和入侵紅火蟻雙方相遇發生打鬥時，地點多發生在只做防禦抵抗的熱帶火蟻區域，因此死亡個體數在此區域出現最多。

熱帶火蟻與長角黃山蟻在臺灣皆屬入侵種螞蟻，本研究藉由野外誘餌試驗可知此兩種螞蟻雖於同一棲地內，但面對食物及棲位等資源時卻採取截然不同的策略。本研究調查區域皆為熱帶火蟻發生地，除了熱帶火蟻與長角黃山蟻為優勢螞蟻外，中華單家蟻亦為常見物種，然而野外誘餌試驗結果可知，中華單家蟻遭遇熱帶火蟻時，亦會選擇迴避。熱帶火蟻覓食速度快、攻擊性強，對於其他螞蟻物種著實是一大威脅。透過實驗室內物種間侵略性互動試驗，可初步瞭解此兩種入侵種螞蟻遭遇時採取的行為策略，以及彼此間之互動關係。結合野外觀察資料與實驗室內試驗結果，一窺兩種外來物種於臺灣生態系統中可能扮演的角色，以及其對本土螞蟻物種可能之衝擊與影響，希冀作為未來進一步研究的基礎。

誌 謝

本研究承科技部計畫編號 NSC 102-2621-M-126-001- 及 MOST 103-2621-M-002-017-經費補助，以及感謝國立彰化師範大學生物學系林宗岐副教授對研究內容提供寶貴建議。

引用文獻

- Allen CR, Epperson DM, Garmestani AS.** 2004. Red imported fire ant impacts on wildlife: a decade of research. *Am Midl Nat* 152: 88-103.
- Andersen AN.** 1995. Measuring more of

biodiversity: genus richness as a surrogate of species richness in Australian ant faunas. *Biol Conserv* 73: 39-43.

- Baroni UC, Kannowski PB.** 1974. Patterns in the red imported fire ant settlement of a Louisiana pasture: Some demographic patterns, interspecific competition, and food sharing. *Environ Entomol* 3: 755-760.

- Bhatkar AP.** 1988. Confrontation behavior between *Solenopsis invicta* and *S. geminata*, and competitiveness of certain Florida ant species against *S. invicta*. pp 445-464. In: Trager JC (ed). *Advances in Myrmecology*. Brill EJ, New York.

- Brand JM, Blum MS, Barlin MR.** 1973. Fire ant venoms: intraspecific and interspecific variation among castes and individuals. *Toxicon* 11: 325-331.

- Braulick LS, Cokendolpher JC, Morrison WP.** 1988. Effect of acute exposure to relative humidity and temperature on four species of fire ants (*Solenopsis*: Formicidae: Hymenoptera). *Texas J Sci* 40: 331-340.

- Carroll CR, Risch SJ.** 1983. Tropical cropping systems: ant ecology. *Environ Manage* 7: 51-57.

- Gibbons LV.** 2002. Assessment of competition between hybrid imported fire ants, *S. invicta* × *S. richteri*, and native ants in southeastern Tennessee [master thesis]. Knoxville (TN): University of Tennessee. 80 pp.

- Gibbons L, Simberloff D.** 2005. Interaction of hybrid imported fire ants (*Solenopsis invicta* × *S. richteri*) with native ants at baits in southeastern Tennessee. *Southeast Nat* 4: 303-320.
- Haack KD, Vinson SB, Olson JK.** 1995. Food distribution and storage in colonies of *Monomorium pharaonis* (L.) (Hymenoptera: Formicidae). *J Entomol Sci* 30: 70-81.
- Hamilton WD.** 1972. Altruism and related phenomena mainly in the social insects. *Annu Rev Ecol Syst* 3: 193-232.
- Hölldobler B, Wilson EO.** 1990. *The Ants*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press. 746 pp.
- Human KG, Gordon DM.** 1996. Exploitation and interference competition between invasive Argentine ant, *Linepithema humile*, and native ant species. *Oecologia* 105: 405-412.
- Lai LC, Hua KH, Wu WJ.** 2015. Intraspecific and interspecific aggressive interactions between two species of fire ants, *Solenopsis geminata* and *S. invicta* (Hymenoptera: Formicidae), in Taiwan. *J Asia-Pac Entomol* 18: 93-98.
- Lai LC, Hua KH, Yang CC, Huang RN, Wu WJ.** 2009. Secretion profiles of venom alkaloids in *Solenopsis geminata* (Hymenoptera: Formicidae) in Taiwan. *Environ Entomol* 38: 879-884.
- Lin CC, Wu WJ.** 2003. The ant fauna of Taiwan (Hymenoptera: Formicidae), with the keys to subfamilies and genera. *Annu Nat Taiwan Mus* 46: 5-69. (in Chinese)
- Morrison LW.** 2000. Mechanisms of interspecific competition among an invasive and two native fire ants. *Oikos* 90: 238-252.
- Nonacs P, Dill LM.** 1991. Mortality risk versus food quality trade-offs in ants: Patch use over time. *Ecol Entomol* 16: 73-80.
- Obin MS, Vander Meer RK.** 1985. Gaster flagging by fire ants (*Solenopsis* spp.): functional significance of venom dispersal behavior. *J Chem Ecol* 11: 1757-1768.
- Perfecto I.** 1994. Foraging behavior as a determinant of asymmetric competitive interaction between two ant species in a tropical agroecosystem. *Oecologia* 98: 184-192.
- Pimentel D.** 1955. Relationships of ants to fly control in Puerto Rico. *J Econ Entomol* 48: 28-30.
- Planqué R, van den Berg JB, Franks NR.** 2010. Recruitment strategies and colony size in ants. *PLoS ONE* 5: e11664. doi:10.1371/journal.pone.0011664.
- Porter SD, Savignano DA.** 1990. Invasion of polygyne fire ants decimates native ants and disrupts arthropod community. *Ecology* 71: 2095-2106.
- Smith MR.** 1965. Household-infesting ants of the eastern United States: their recognition, biology, and economic importance. *USDA Technical Bulletin*

No. 1326. 105 pp.

- Sorensen AA, Busch TM, Vinson SB.** 1983. Behavior of worker subcastes in the fire ant, *Solenopsis invicta*, in response to proteinaceous food. *Physiol Entomol* 8: 83-92.
- Stuble KL, Kirkman LK, Carroll CR.** 2010. Are red imported fire ants facilitators of native seed dispersal? *Biol Invasions* 12: 1661-1669.
- Suarez AV, Bolger DT, Case TJ.** 1998. The effects of fragmentation and invasion on the native ant community in coastal southern California. *Ecology* 79: 2041-2056.
- Taber SW.** 2000. *Fire Ants*. College Station, Texas: Texas A&M University Press. 308 pp.
- Trager JC.** 1984. A revision of the genus *Paratrechina* (Hymenoptera: Formicidae) of the continental United States. *Sociobiology* 9: 51-162.
- Tschinkel WR.** 1987. Seasonal life history and nest architecture of a winter-active ant, *Prenolepis imparis*. *Insect Soc* 34: 143-164.
- Vinson SB.** 1997. Invasion of the red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae): spread, biology, and impact. *Am Entomol* 43: 23-39.
- Vogt JT, Smith WA, Grantham RA, Wright RE.** 2003. Effects of temperature and season on foraging activity of red imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae) in Oklahoma. *Environ Entomol* 32: 447-451.
- Wetterer JK.** 2008. Worldwide spread of the longhorn crazy ant, *Paratrechina longicornis* (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecol News* 11: 137-149.
- Wetterer JK, O'Hara BC.** 2002. Ants (Hymenoptera: Formicidae) of the Dry Tortugas, the outermost Florida Keys. *Fla Entomol* 85: 303-307.
- Wilson EO.** 1971. *The Insect Societies*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press. 562 pp.

收件日期：2015年8月9日

接受日期：2015年10月3日

Interspecific Aggressive Interaction between Two Invasive Ant Species, *Solenopsis geminata* and *Paratrechina longicornis* (Hymenoptera: Formicidae)

Yi-Hsiu Tsai¹, Wen-Jer Wu², and Li-Chuan Lai^{1*}

¹ Department of Ecological Humanities, Providence University, Taichung, Taiwan

² Department of Entomology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan

ABSTRACT

Invasive ants usually excel at resource exploitation and faster food retrieval than other ant species in their non-native range. This study was designed to investigate ant species by using pitfall traps and bait traps in fields infested with *Solenopsis geminata* in Taichung. A total of 3,651 ants belonging to 9 different species were collected from pitfall traps. *Paratrechina longicornis* was found to be more common in the infested areas. The results from the bait traps showed that *P. longicornis* was faster in finding food, whereas *S. geminata* was considerably faster in recruiting and controlling a food source. We conducted a series of intra- and inter-specific behavioral assays in the laboratory to examine the aggressive behavior of *S. geminata* and *P. longicornis*. In interspecific individual interactions, workers of *S. geminata* were more likely to behave aggressively than were workers of *P. longicornis*. The results of the group assays show that *P. longicornis* had a statistically higher mortality than *S. geminata*. This study provides a preliminary understanding of the interactions between *S. geminata* and *P. longicornis* inhabiting the same area. *S. geminata* was found to be more aggressive and effective in securing a food source. Although *P. longicornis* tended to be quicker than *S. geminata* in discovering baits, once *S. geminata* arrived at the scene and discovered the same baits *P. longicornis* retreated. These results can be used to provide a partial explanation for the level of aggression and their ability to compete for workers of these two invasive species. Baiting followed by conducting interspecific aggressive interaction experiments allowed us to understand the role invasive ants play in the ecosystem and how they influence other native ant species in Taiwan.

Key words: interspecific, aggressive interactions, invasive ants, *Solenopsis geminata*, *Paratrechina longicornis*

* Corresponding email: lclai@pu.edu.tw