

溫度對青翅蟻形隱翅蟲 (*Paederus fuscipes* Curtis) 發育與繁殖之影響

黃守宏¹ 鄭清煥² 陳柏宏^{3,*}

摘要

黃守宏、鄭清煥、陳柏宏。2020。溫度對青翅蟻形隱翅蟲 (*Paederus fuscipes* Curtis) 發育與繁殖之影響。台灣農業研究 69(3):218–226。

青翅蟻形隱翅蟲 (*Paederus fuscipes* Curtis) 屬捕食性昆蟲，為水稻害蟲重要天敵種類之一。本研究於 15、20、25 及 30°C 之 4 個定溫環境下進行，測得卵、幼蟲及蛹期於 30°C 下最短之發育時間，分別為 3.6、11.6 及 3.0 d；發育臨界溫度分別為 8.8、9.4 及 12.3°C；完成各發育期之有效積溫分別為 73.4、232.6 及 53.8 日度。以 25°C 下雌成蟲產卵量最多，一生平均可產 190.8 粒卵，平均每日產卵量以 25°C 及 30°C 最高，分別為 2.2 粒及 2.4 粒卵。幼蟲期及雄成蟲之總取食量皆以 25°C 下為最高，幼蟲期總取食為 37.6 隻 1 齡褐飛蝨若蟲，雄成蟲總取食為 202.2 隻 3 齡褐飛蝨若蟲；雌成蟲則以 25°C 及 20°C 下之總取食量最高，分別為 279.8 隻及 257.2 隻 3 齡褐飛蝨若蟲。依據本研究結果推論，環境溫度約於 25–30°C 的範圍下，較適合台灣地區青翅蟻形隱翅蟲族群之發育及繁殖。

關鍵詞：青翅蟻形隱翅蟲、溫度、發育、繁殖。

前言

青翅蟻形隱翅蟲 (rove beetle, *Paederus fuscipes* Curtis) 屬於鞘翅目 (Coleoptera) 隱翅蟲科 (Staphylinidae)，地理分布範圍廣，以熱帶及亞熱帶地區之溫暖潮濕環境為主要棲息場所 (Frank & Kanamitsu 1987; Bong *et al.* 2012)。由於該蟲具趨光性，而時常侵入人類居所，蟲體一旦遭受拍打、擠壓或破裂，其體液內屬於發孢物質 (vesicant properties) 的隱翅蟲素 (pederin) 會引發人體皮膚發炎、潰爛，於許多地區皆曾有隱翅蟲族群大規模發生，而威脅人類居家安全之紀錄 (Armstrong & Winfield 1969; Wang *et al.* 1969; Frank & Kanamitsu 1987; Borroni *et al.* 1991; Huang *et al.* 2009; Bong *et al.* 2013, 2015)。因此，該蟲於醫學上

被視為重要衛生害蟲之一 (Frank & Kanamitsu 1987)。

另一方面，青翅蟻形隱翅蟲由於會捕食水稻、小麥、玉米及棉花等作物上的多種害蟲，因此亦是重要的天敵昆蟲之一 (Chien *et al.* 1984; de Kraker *et al.* 2000; Devi *et al.* 2003; Chatzimanolis *et al.* 2004; Thorbek & Bilde 2004)。在多種水稻害蟲中，青翅蟻形隱翅蟲偏好以褐飛蝨 [*Nilaparvata lugens* (Stål)] 若蟲 (Padmavathi *et al.* 2008) 為食，故此蟲為抑制褐飛蝨田間族群的重要因子 (Chu & Hirashima 1981; Ooi & Shepard 1994; Padmavathi *et al.* 2008)。褐飛蝨為南亞及東南亞的水稻關鍵害蟲 (Cheng 1990; Dale 1994; Huang *et al.* 2010)。在台灣，褐飛蝨於水稻各期作內能繁殖 3–4 個世代，以往曾記錄於二期作導致 10–

投稿日期：2020 年 3 月 6 日；接受日期：2020 年 5 月 22 日。

* 通訊作者：chenph@dns.caes.gov.tw

¹ 農委會農業試驗所嘉義分所植物保護系副研究員。台灣 嘉義市。

² 農委會農業試驗所嘉義分所植物保護系前研究員兼系主任。台灣 嘉義市。

³ 農委會農業試驗所嘉義分所植物保護系助理研究員。台灣 嘉義市。

100% (平均約 30%) 的水稻產量損失 (Cheng 1976), 近年來台灣各地區亦時有較嚴重的蟲燒情形發生 (未發表資料)。

青翅蟻形隱翅蟲在台灣可週年生長與繁殖, 常棲息於水稻本田及周遭區域, 一般於水稻生育初期即可發現其蹤跡, 於水稻生育中、末期達到族群高峰 (Chu & Hirashima 1981)。然而, 台灣水稻不同期作的環境溫度差異頗大, 以嘉義地區為例 (1981–2010 年), 1–3 月 (一期作種植期間) 的月均溫度為 16.5–19.7°C (最低均溫為 12.5–15.9°C), 7–9 月 (二期作種植期間) 的月均溫為 27.0–28.6°C (最高均溫為 31.6–33.1°C) (交通部中央氣象局, https://www.cwb.gov.tw/V7/climate/monthlyMean/Taiwan_tx.htm)。因此, 在水稻栽培環境變動甚鉅的情況下, 青翅蟻形隱翅蟲於生態上的生存、發育及繁殖策略, 為天敵防治上相當重要的研究議題。

一般而言, 生物在變動的環境中, 特別於溫度及相對濕度 (relative humidity; RH) 此兩非生物性因子作用之情況下, 對生物之發育、存活、族群豐度及生殖能力等, 皆會造成直接或間接性的影響, 而生物亦具有調整及適應環境之策略 (Wagner *et al.* 1984; Logan *et al.* 1985; Lysyk 1998; Wermelinger & Seifert 1999; Bale *et al.* 2002; Powell & Logan 2005; Tsai & Chi 2007; Eliopoulos *et al.* 2010; Huang *et al.* 2010; Régnière *et al.* 2012; Bong *et al.* 2013)。惟迄今, 僅有少數研究探討溫度對青翅蟻形隱翅蟲族群發育與消長之影響 (Bong *et al.* 2012, 2013)。本研究目的為探討青翅蟻形隱翅蟲在不同定溫下之發育及繁殖等生物學資訊, 試圖瞭解在台灣一、二期水稻栽培期間的環境溫度變化下, 隱翅蟲可能表現之生物特性的變化, 藉此作為未來於生物防治應用之參考。

材料與方法

供試蟲源

試驗用蟲為青翅蟻形隱翅蟲, 初始族群採集自行政院農業委員會農業試驗所之嘉義農業

試驗分所溪口農場水稻田 (嘉義縣溪口鄉), 飼養於塑膠養蟲箱 (30 cm × 30 cm × 30 cm), 養蟲箱則置於生長箱內, 生長箱溫度為 28°C ± 2°C, 相對濕度 70% ± 5%, 光照明 (L) 暗 (D) 週期為 12 h 明期及 12 h 暗期 (12 L : 12 D)。養蟲箱內放置約 3.2 g 棉花並添加約 22 mL 純水, 以提供蟲體水分來源及成蟲產卵場所, 食物來源為室外網籠累代飼養之褐飛蝨若蟲。青翅蟻形隱翅蟲先經室內飼育至少 1 世代後, 再進行下述不同定溫處理試驗。

溫度對青翅蟻形隱翅蟲未成熟蟲期發育及取食能力之影響

試驗於 4 個定溫 (15、20、25 及 30°C) 設定的定溫箱中進行, 明暗週期 12 L : 12 D。受測卵、幼蟲及成蟲分別飼養於培養皿 (直徑 9.0 cm, 高 1.5 cm) 內, 皿底鋪設 1 張濾紙 (直徑 9.0 cm), 另放置 1 塊濕棉花以保持濕度。

卵期調查方式如下: 將甫產下之蟲卵置於培養皿中, 每皿放置 6–8 粒蟲卵, 每一溫度處理 5 重複 (皿)。每日觀察並記錄孵化之卵數, 直至無卵粒孵化為止, 以此測得不同定溫處理下卵的平均孵化率及發育時間。

幼蟲期生活史及取食量之調查方式如下: 將單隻甫孵化的 1 齡隱翅蟲幼蟲置於培養皿中飼養, 每一溫度處理 20 重複 (皿)。皿內固定放入 10 隻 1 齡褐飛蝨若蟲活體作為食餌, 並每日更換褐飛蝨。每日觀察並記錄幼蟲各齡期發育所需時間及褐飛蝨數量, 直至幼蟲化蛹並羽化成蟲為止, 以此測得各齡期於不同定溫下平均發育速率 (developmental rate) 及取食量。

溫度對青翅蟻形隱翅蟲成蟲壽命及取食量之影響

試驗於 4 個定溫 (15、20、25 及 30°C) 設定的定溫箱中進行, 將甫羽化之雌、雄成蟲單隻飼養於培養皿中, 皿內每日放入 10 隻 3 齡褐飛蝨若蟲活體作為食餌, 且每日更換褐飛蝨, 每一定溫處理下雌、雄成蟲各 15–25 重複 (皿)。其餘各項環境及飼養條件, 皆同未成熟蟲期試驗段落所述。每日觀察並記錄雌、雄成蟲壽命及褐飛蝨取食量。由於雄成蟲於 15°C 及 20°C 下死亡率甚高, 故不列入紀錄與分析。

溫度對青翅蟻形隱翅蟲雌成蟲產卵量之影響

試驗於 4 個定溫 (15、20、25 及 30°C) 設定的定溫箱中進行，將單對甫羽化之雌、雄成蟲置於培養皿中飼養，每處理 (溫度) 20–25 重複 (皿)。皿內放入足量之 3 齡褐飛蝨若蟲活體作為食源，且每日定期補充。每日觀察並記錄雌成蟲產卵量。假若配對之雄成蟲死亡，則自飼養於相同溫度下的蟲源中選配一隻新的雄成蟲，確保雌成蟲成功受精以完成產卵調查試驗。由於雌成蟲於 15°C 下之產卵量極低，故不列入紀錄與分析。

統計分析

各蟲期發育臨界溫度 (developmental threshold; K) 及有效積溫 (effective accumulated temperature; T_0)，求自直線回歸方程式 $Y = a + bT$ (Campbell *et al.* 1974; Sokal & Rohlf 1995)。其中， Y 為發育速率，係定溫下發育所需天數之倒數 ($1/d$)， T 則為飼養之定溫，進一步地透過 2 參數所求直線回歸方程式的斜率 (b) 及截距 (a)，則可算出發育臨界溫度 ($K = 1/b$) 及有效積溫 ($T_0 = -a/b$)。

各蟲期於不同定溫下之發育所需時間、取食量、成蟲壽命及雌成蟲產卵量數據，進行單因子變方分析 (one-way analysis of variance; one-way ANOVA)，若處理間存在顯著差異，則以最小顯著差異測驗法 (Fisher's least significant difference test; LSD test) 進行成對處理間比較。上述檢定之顯著水準設定為 0.05。試驗數據以 R version 3.4.3 分析。

結果

溫度對青翅蟻形隱翅蟲未成熟蟲期發育之影響

青翅蟻形隱翅蟲的卵、幼蟲及蛹於不同定溫下發育狀況與所需天數，如表 1 所示。卵孵化率於 15°C 下約為 75%，於其餘溫度下則介於 87–94% 之間。各未成熟蟲期發育所需時間，呈現隨設定溫度上升而縮短之趨勢，且不同溫度下發育天數之間皆具顯著差異。4 個定溫環境中，以 15°C 下的卵、幼蟲及蛹期發育所需時間最長，平均天數分別為 14.2、43.8 及 14.4 d，以 30°C 下之發育時間最短，分別為 3.6、11.6 及 3.0 d。

各未成熟蟲期於 4 個定溫下之發育臨界溫度及有效積溫，如表 2 所示。卵、幼蟲及蛹期發育臨界溫度分別為 8.8、9.4 及 12.3°C，有效積溫分別為 73.4、232.6 及 53.8 日度，卵發育至蛹之發育臨界溫度為 10.1°C，有效積溫為 357.1 日度。

溫度對青翅蟻形隱翅蟲成蟲壽命之影響

雌、雄成蟲於 4 個定溫環境下的壽命，隨溫度上升而縮短。但於 15°C 及 20°C 之低溫環境下，雌、雄成蟲死亡率皆增加，其中雄成蟲因不易存活而無法有效量測實際壽命，雌成蟲存活個體則顯示具有較長壽命。雌成蟲於 15°C 下的壽命最長，平均為 163.4 d，於 30°C 下的壽命最短，僅 58.3 d，不同溫度下之壽命間皆具顯著差異；雄成蟲於 25°C 下的壽命為 80.9 d，顯著較 30°C 下的壽命長 (表 3)。

表 1. 青翅蟻形隱翅蟲於不同定溫下的卵孵化率及未成熟期平均發育時間。

Table 1. Effect of temperature on development of immature stages of *Paederus fuscipes*.

| Temperature (°C) | Egg hatching rate (%) | Egg period (d) (mean ± SD) | Larval stage (d) (mean ± SD) | | | Pupal stage (d) (mean ± SD) |
|------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------|--------------|-----------------------------|
| | | | 1 st instar | 2 nd instar | Total | |
| 15 | 75.2 ± 7.9 | 14.2 ± 1.9 a ^z | 18.7 ± 2.1 | 25.2 ± 2.5 | 43.8 ± 2.9 a | 14.4 ± 1.7 a |
| 20 | 87.3 ± 4.2 | 5.8 ± 1.3 b | 8.3 ± 0.8 | 14.0 ± 1.3 | 22.3 ± 1.4 b | 9.1 ± 1.3 b |
| 25 | 94.1 ± 5.5 | 4.3 ± 0.6 c | 4.1 ± 0.4 | 10.3 ± 0.5 | 14.4 ± 0.7 c | 4.0 ± 0.3 c |
| 30 | 94.4 ± 4.5 | 3.6 ± 0.5 d | 3.2 ± 0.4 | 8.4 ± 0.8 | 11.6 ± 1.2 d | 3.0 ± 0.0 d |

^z Means within a column followed by the same letter do not statistically differ by the least significant difference (LSD) test at the 5% level.

表 2. 青翅蟻形隱翅蟲各未成熟蟲期之發育臨界低溫及有效積溫。

Table 2. Threshold temperature of development and the sums of effective accumulated temperature of *Paederus fuscipes* based on the regression equations of velocity of development against temperature.

| Stage | Simple linear regression model | R ² value | Lower threshold of development temperature (°C) | Sums of effective temperature (day-degree) |
|-------|--------------------------------|----------------------|---|--|
| Egg | y = 0.01363x - 0.11899 | 0.968 | 8.8 | 73.4 |
| Larva | y = 0.00427x - 0.04040 | 0.994 | 9.4 | 232.6 |
| Pupa | y = 0.01864x - 0.22863 | 0.963 | 12.3 | 53.8 |
| Total | y = 0.00280x - 0.02818 | 0.993 | 10.1 | 357.1 |

表 3. 青翅蟻形隱翅蟲成蟲於不同定溫下之平均壽命及繁殖力。

Table 3. Longevity and fecundity of adult *Paederus fuscipes* at various temperatures.

| Temperature (°C) | No. observed (male/female) | Longevity (d) (mean ± SD) | | No. eggs laid per female (mean ± SD) | |
|------------------|----------------------------|---------------------------|----------------|--------------------------------------|-------------|
| | | Male | Female | Total | Daily |
| 15 | -/25 | - | 163.4 ± 24.7 a | - | - |
| 20 | -/25 | - | 120.5 ± 47.7 b | 102.0 ± 47.0 c ^z | 0.9 ± 0.2 b |
| 25 | 15/20 | 80.9 ± 6.7 a | 80.9 ± 7.2 c | 190.8 ± 28.1 a | 2.4 ± 0.3 a |
| 30 | 15/20 | 53.1 ± 12.2 b | 58.3 ± 9.7 d | 127.7 ± 26.5 b | 2.2 ± 0.6 a |

^z Means within a column followed by the same letter do not statistically differ by the least significant difference (LSD) test at the 5% level.

溫度對青翅蟻形隱翅蟲雌成蟲產卵量之影響

關於雌成蟲於 4 個定溫環境下產卵量之變化，於 25°C 下平均總產卵量為 190.8 粒，顯著多於 20°C 與 30°C 下之產卵量。每日產卵量則以 25°C 及 30°C 下顯著較多，平均為 2.2–2.4 粒卵，而於 20°C 下的每日產卵量僅 0.9 粒卵 (表 3)。

溫度對青翅蟻形隱翅蟲取食量之影響

隱翅蟲幼、成蟲於 4 個定溫下取食褐飛蝨若蟲量，如表 4 所示。關於幼蟲期取食量，按所取食 1 齡褐飛蝨若蟲多寡，依序為 25°C (37.6 隻)、20°C (29.1 隻)、15°C (24.6 隻) 及 30°C (19.2 隻)，且各溫度取食量間皆具顯著差異。然而，不同定溫下的每日取食量間，則以 25°C 下的每日取食量最多 (2.6 隻)，15°C 下的取食量為 4 個定溫中最少 (0.5 隻)，呈現顯著差異。成蟲於 4 個定溫下的總取食量變化趨勢與幼蟲相似，雌、雄成蟲皆以 25°C 下的 3 齡褐飛蝨若蟲取食量最多，兩者分別為 279.8 隻與 202.2 隻。另雌成蟲以 30°C 下的取食量最少，為 169.4 隻。然而，雄成蟲於 30°C 的每日取食

量為 3.1 隻，較 25°C 之取食量為多；雌成蟲的每日取食量則以 25°C 下最多 (3.5 隻)，而後依序為 30°C (2.9 隻)、20°C (2.1 隻) 及 15°C (1.1 隻)。此外，不同蟲期間的取食量亦有所差異，幼蟲期以 2 齡幼蟲的取食量較多，約為 1 齡幼蟲取食量的 2–3 倍。

討論

本研究於 25°C 及 30°C 下測得卵至幼蟲期的發育時間為 15.2–18.7 d，與 Bong *et al.* (2012) 於 28°C 下之觀察結果 (17.4–18.7 d) 相似。在 4 個定溫的環境下，隱翅蟲未成熟蟲期發育時間隨溫度升高而減少，發育速率 (發育日數之倒數) 與溫度呈依變關係 (表 1)，而此現象亦存在於許多昆蟲中 (Logan *et al.* 1985; Atlihan & Chi 2008; Eliopoulos *et al.* 2010)。另一方面，隱翅蟲成蟲壽命與環境溫度的關係，亦呈現隨溫度升高而減少之趨勢，但雌、雄成蟲對於低溫度耐受程度卻有所差異，雄成蟲於 15°C 及 20°C 下存活率甚低，雌蟲部分卻得以存活且平均壽命達 120.5–163.4 d (表 3)。同屬的隱翅

表 4. 青翅蟻形隱翅蟲於不同定溫下之褐飛蝨若蟲取食量。

Table 4. Numbers of brown planthoppers consumed by *Paederus fuscipes* at various temperatures.

| Temperature (°C) | BPH 1 st star larvae consumed/larva | | | | BPH 3 rd instar larvae consumed/adult | | | |
|------------------|--|------------------------|---------------------------|--------------------------|--|-------------|----------------|-------------|
| | 1 st instar | 2 nd instar | Larval stage | | Male | | Female | |
| | | | Total | Daily | Total | Daily | Total | Daily |
| 15 | 8.3 ± 2.2 | 16.3 ± 3.9 | 24.6 ± 3.4 c ^z | 0.5 ± 0.0 d ^z | - | - | 180.1 ± 23.5 b | 1.1 ± 0.1 d |
| 20 | 8.9 ± 2.6 | 20.2 ± 6.0 | 29.1 ± 6.4 b | 1.3 ± 0.1 c | - | - | 257.2 ± 93.8 a | 2.1 ± 0.4 c |
| 25 | 10.4 ± 3.1 | 27.2 ± 5.9 | 37.6 ± 5.7 a | 2.6 ± 0.4 a | 202.2 ± 48.2 a | 2.5 ± 0.6 b | 279.8 ± 44.1 a | 3.5 ± 0.4 a |
| 30 | 4.7 ± 1.1 | 14.5 ± 2.2 | 19.2 ± 2.7 d | 1.7 ± 0.2 b | 166.7 ± 34.8 b | 3.1 ± 0.4 a | 169.4 ± 36.9 b | 2.9 ± 0.2 b |

^z Means within a column followed by the same letter do not statistically differ by the least significant difference (LSD) test at the 5% level.

蟲 (*Paederus alfieri* Koch) 也具類似的溫度依變關係，Tawfik & Abouzeid (1977) 指出該種隱翅蟲之未成熟蟲期發育速率及成蟲壽命，與環境溫度呈現負相關。然而，環境溫度過高 (> 35°C) 對隱翅蟲亦具負面影響，可能導致幼、成蟲死亡率升高，且生殖力下降 (Bong *et al.* 2013)。

經由 4 個溫度下青翅蟻形隱翅蟲的發育時間，所得之卵、幼蟲及蛹期發育臨界溫度分別為 8.8、9.4 及 12.3°C，有效積溫分別為 73.4、232.6 及 53.8 日度 (表 2)。然而，Bong *et al.* (2013) 於馬來西亞所採集同種隱翅蟲之觀察結果與本研究略有差異，卵、幼蟲及蛹的發育臨界低溫分別為 10.7、9.6 及 10.3°C；有效積溫分別為 83.3、194.6 (1、2 齡蟲分別為 75.5 日度與 119.1 日度) 及 54.1 日度。由於不同地區昆蟲族群，受環境因子 (例如，越冬與否、日照長度不同)、食物種類及人為因子 (藥劑施用) 等影響，其族群遺傳組成皆會有所改變 (Baldwin & Dingle 1986; Arnett & Gotelli 1999; Schmidt *et al.* 2005; Bong *et al.* 2012, 2014)，故本研究與 Bong *et al.* (2013) 分別自亞熱帶與熱帶地區採集之隱翅蟲個體，於生長發育的表現亦可能存在差異。

青翅蟻形隱翅蟲卵於 15°C 下仍保有 75% 之高孵化率，且卵與幼蟲的發育臨界低溫約為 10°C (表 2)，顯示隱翅蟲對於低溫具一定程度的耐受性，於溫度較低之冬季仍可存活及發育。因台灣平地於冬季 (12 月至翌年 2 月) 之月平均溫度多為 15°C 以上 (交通部中央氣

象局公開資料)，高於隱翅蟲未成熟蟲期的發育臨界低溫，顯示此蟲於台灣終年應可發育與繁殖，此亦與前人調查結果相吻合 (Chu & Hirashima 1981)。另透過該蟲卵發育至成蟲所需有效積溫 (357.1 日度)，按中央氣象局於 1981–2010 年調查之台灣各地月平均溫度，估計此蟲在台北、台中、嘉義及高雄 4 個地區，1 年分別可完成 13.2、13.5、13.3 及 15.4 個世代。

關於溫度對於青翅蟻形隱翅蟲成蟲壽命及繁殖力之影響，4 個溫度中，雌、雄蟲於 30°C 下壽命最短 (分別為 58.3 d 及 53.1 d)，雌成蟲於 15°C 下壽命為最長 (163.4 d)，雄蟲於 15 及 20°C 下則呈高死亡率；產卵量上，於 25°C 下的雌成蟲總產卵量及每日產卵量為最多，於 15°C 下則無產卵。相似地，Bong *et al.* (2013) 的報告指出，熱帶地區之同種隱翅蟲個體，於 35°C 或 15°C 的環境下，雌、雄成蟲壽命皆相當短 (3.0–6.0 d)，死亡率亦相當高，於 23.5°C 及 28°C 下，平均壽命則為 51.3–64.7 d；產卵量上，以灰色庭蟻 [Lobster cockroach, *Nauphoeta cinerea* (Olivier)] 飼育之雌成蟲，於 23.5°C 及 28°C 分別可產下 77.8 粒及 127.3 粒卵，每日產卵量則分別為 1.5 粒及 2.4 粒，另於 15°C 及 35°C 下不產卵。此外，相較於本試驗結果，於雌成蟲產卵量上略有差異，此應與所提供之食物營養有關 (Joern & Behmer 1997; Bong *et al.* 2014)。另一方面，本研究結果顯示，當雌成蟲壽命因環境溫度上升而縮短，每日產卵量呈現增加之趨勢。根據 Polak & Starmer (1998)

於果蠅 (*Drosophila nigrospiracula* Patterson and Wheeler) 之研究，在壽命較短的情況下，果蠅雌成蟲會藉由提高生殖能力，以維持子代數量。事實上，此方式亦為多種昆蟲族群成功適應於不同環境棲所之策略 (Gadgil & Bossert 1970; Logan *et al.* 1985; Lysyk 1988; Wermelinger & Seifert 1999; Tsai & Chi 2007; Atilihan & Chi 2008; Eliopoulos *et al.* 2010; Hou & Weng 2010; Bong *et al.* 2012)。

捕食性昆蟲或蟻類之取食能力，通常隨著環境溫度上升而增加，但若超過一定之上限溫度則又會降低 (Pakyari & Enkegaard 2012; Fonseca *et al.* 2015; Helgadóttir *et al.* 2017)。本研究結果顯示，關於隱翅蟲幼、成蟲之取食能力，以成蟲的總取食量及每日取食量較高，於幼蟲期，又以 2 齡幼蟲取食量較 1 齡幼蟲高。於 4 個定溫中，幼蟲及雌成蟲又以 25°C 下的取食能力最高，幼蟲每日取食量為 2.6 隻 1 齡飛蝨若蟲，雌成蟲每日取食量為 3.5 隻 3 齡飛蝨若蟲。雄成蟲則以 30°C 下的每日取食量最高 (3.1 隻 3 齡飛蝨若蟲)，另以 25°C 下的總取食量最高 (202.2 隻 3 齡飛蝨若蟲)。此外，於 15°C 的低溫下，幼蟲及雌成蟲的取食能力皆相對較差。由此可知，於台灣所採集之青翅蟻形隱翅蟲，應以環境溫度約為 25°C 之取食能力較強，但若溫度上升至 30°C 以上，幼蟲及雌成蟲的取食量則會下降。

綜觀本試驗結果，青翅蟻形隱翅蟲於 25°C 及 30°C 的卵孵化率較高、發育較快、產卵量較高且取食飛蝨若蟲之能力亦較強，故相對溫暖之環境較適合此蟲生長發育及繁殖，國外相關研究報告亦呈相似之結論 (Manley 1977; Bong *et al.* 2012, 2013)。若以台灣各地區之月均溫為基準 (中央氣象局公開資料)，台灣北部 (台北) 以 5–9 月，中部 (台中與嘉義) 以 5–10 月，南部 (高雄) 以 4–10 月為最適合此蟲發育及繁殖之時期。然而，由於台灣之兩個水稻期作溫度變化相當大，溫差可達 18–20°C (Cheng 1998)，青翅蟻形隱翅蟲在此劇烈變動之環境下，族群生存與發展勢必受到一定程度的衝擊，個體須在生態上有所調適以延續族群，如本研究顯示青翅蟻形隱翅蟲於低溫環境下的壽

命較長，約為高溫環境下之 2.8 倍，此或許即係隱翅蟲渡過低溫環境的生存策略之一。此外，隨棲息地的環境變化，獵物的族群密度亦將隨之波動，而隱翅蟲個體及族群如何因應此變化，則有待進一步研究。

誌謝

本研究承蒙研究室同仁楊雪鳳、蕭繡琴、賴錦雲及黃瓊惠小姐等，辛勞的協助試驗調查等工作，在此一併致謝。

引用文獻

- Armstrong, R. K. and J. L. Winfield. 1969. *Paederus fuscipes* dermatitis; an epidemic on Okinawa. *Amer. J. Trop. Med. Hyg.* 18:147–150.
- Arnett, A. E. and N. J. Gotelli. 1999. Geographic variation in life-history traits of the ant lion, *Myrmeleon immaculatus*: Evolutionary implications of Bergmann's rule. *Evolution* 53:1180–1188. doi:10.1111/j.1558-5646.1999.tb04531.x
- Atilihan, R. and H. Chi. 2008. Temperature-dependent development and demography of *Scymnus subvillosus* (Coleoptera: Coccinellidae) reared on *Hyalopterus pruni* (Homoptera: Aphididae). *J. Econ. Entomol.* 101:325–333. doi:10.1093/jee/101.2.325
- Baldwin, J. D. and H. Dingle. 1986. Geographic variation in the effects of temperature on life-history traits in the large milkweed bug *Oncopeltus fasciatus*. *Oecologia* 69:64–71. doi:10.1007/BF00399039
- Bale, J. S., G. J. Masters, I. D. Hodkinson, C. Awmack, T. M. Bezemer, V. K. Brown, J. Butterfield, A. Buse, J. C. Coulson, J. Farrar, J. E. G. Good, R. Harrington, S. Hartley, T. H. Jones, R. L. Lindroth, M. C. Press, I. Symmioudis, A. D. Watt, and J. B. Whittaker. 2002. Herbivory in global climate change research: Direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Glob. Change Biol.* 8:1–16. doi:10.1046/j.1365-2486.2002.00451.x
- Bong, L. J., K. B. Neoh, Z. Jaal, and C. Y. Lee. 2012. Life table of *Paederus fuscipes* (Coleoptera: Staphylinidae). *J. Med. Entomol.* 49:451–460. doi:10.1603/ME11163
- Bong, L. J., K. B. Neoh, Z. Jaal, and C. Y. Lee. 2013. Influence of temperature on survival and water relations of *Paederus fuscipes* (Coleoptera: Staphylinidae). *J. Med. Entomol.* 50:1003–1013. doi:10.1603/ME13058

- Bong, L. J., K. B. Neoh, C. Y. Lee, and Z. Jaal. 2014. Effect of diet quality on survival and reproduction of adult *Paederus fuscipes* (Coleoptera: Staphylinidae). *J. Med. Entomol.* 51:752–759. doi:10.1603/ME13145
- Bong, L. J., K. B. Neoh, Z. Jaal, and C. Y. Lee. 2015. *Paederus* outbreaks in human settings: A review of current knowledge. *J. Med. Entomol.* 52:517–526. doi:10.1093/jme/tjv041
- Borroni, G., V. Brazzelli, R. Rosso, and M. Pavan. 1991. *Paederus fuscipes* dermatitis: A histopathological study. *Amer. J. Dermatopathol.* 13:467–474. doi:10.1097/00000372-199110000-00007
- Campbell, A., B. D. Frazer, N. Gilbert, A. P. Gutierrez, and M. Mackauer. 1974. Temperature requirements of some aphids and their parasites. *J. Appl. Ecol.* 11:431–438. doi:10.2307/2402197
- Chatzimanolis, S., J. S. Ashe, and R. S. Hanley. 2004. Diurnal/nocturnal activity of rove beetles (Coleoptera: Staphylinidae) on Barro Colorado Island, Panama assayed by flight intercept trap. *Coleopt. Bull.* 58:569–577. doi:10.1649/689.1
- Cheng, C. H. 1976. Assessment of rice losses caused by the brown planthopper and the rice green leafhopper. *Plant Prot. Bull.* 18:147–160. (in Chinese with English abstract)
- Cheng, C. H. 1990. Studies on population dynamics and forecasting of population abundance of brown planthopper, *Nilaparvata lugens* in Chia-nan area. *Chinese J. Entomol.* 10:1–25. (in Chinese with English abstract)
- Cheng, C. H. 1998. Impact of global climate change on crop insect pests in relation to pest control strategies in Taiwan. p.73–85. *in: Effects of Climate Change on Crop Production* (Lin, C. Y. and C. M. Yang, eds.) Taiwan Agric. Res. Inst. Pub. No. 71. Taichung, Taiwan. 212 pp. (in Chinese with English abstract)
- Chien, C. C., L. Y. Chou, and S. C. Chiu. 1984. Biology and natural enemies of *Hedylepta indicata* in Taiwan. *J. Agric. Res. China* 33:181–189. (in Chinese with English abstract) doi:10.29951/JARC.198406.0010
- Chu, Y. I. and Y. Hirashima. 1981. Survey of Taiwanese literature on the natural enemies of rice leafhoppers and planthoppers. *Esakia* 16:33–37.
- Dale, D. 1994. Insect pest of rice plant- Their biology and ecology. p.363–485. *in: Biology and Management of Rice Insects.* (Heinrichs, E. A., ed.) Wiley Eastern. New Delhi, India. 794 pp.
- de Kraker, J., A. van Huis, J. C. van Lenteren, K. L. Heong, and R. Rabbinge. 2000. Identity and relative importance of egg predators of rice leafhoppers (Lepidoptera: Pyralidae). *Biol. Control* 19:215–222. doi:10.1006/bcon.2000.0871
- Devi, P. K., D. N. Yadav, and A. Jha. 2003. Biology of *Paederus fuscipes* Curtis (Coleoptera: Staphylinidae). *Pest Manag. Econ. Zool.* 10:137–143.
- Eliopoulos, P. A., D. C. Kontodimas, and G. J. Stathas. 2010. Temperature-dependent development of *Chilocorus bipustulatus* (Coleoptera: Coccinellidae). *Environ. Entomol.* 39:1352–1358. doi:10.1603/EN09364
- Fonseca, A. R., C. F. Carvalho, I. Cruz, B. Souza, and C. C. Ecole. 2015. Development and predatory capacity of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) larvae at different temperatures. *Rev. Colomb. Entomol.* 41:5–11.
- Frank, J. H. and K. Kanamitsu. 1987. *Paederus*, sensu lato (Coleoptera: Staphylinidae): Natural history and medical importance. *J. Med. Entomol.* 24:155–191. doi:10.1093/jmedent/24.2.155
- Gadgil, M. and W. H. Bossert. 1970. Life historical consequences of natural selection. *Amer. Nat.* 104:1–24.
- Helgadóttir, F., S. Toft, and L. Sigsgaard. 2017. Negative effects of low developmental temperatures on aphid predation by *Orius majusculus* (Heteroptera: Anthocoridae). *Biol. Control* 114:59–64. doi:10.1016/j.biocontrol.2017.08.002
- Hou, Y. M. and Z. Q. Weng. 2010. Temperature-dependent development and life table parameters of *Octodonta nipae* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environ. Entomol.* 39:1676–1684. doi:10.1603/EN10015
- Huang, C. Z., Y. Q. Liu, J. Yang, J. Tian, L. Y. Yang, J. Zhang, Y. Q. Li, J. W. Li, C. S. Wang, Y. T. Tu, and J. Tao. 2009. An outbreak of 268 cases of *Paederus* dermatitis in a toy-building factory in central China. *Intl. J. Dermatol.* 48:128–131. doi:10.1111/j.1365-4632.2009.03876.x
- Huang, S. H., C. H. Cheng, and W. J. Wu. 2010. Possible impacts of climate change on rice insect pests and management tactics in Taiwan. *Crop Environ. Bioinform.* 7:269–279 (in Chinese with English abstract). doi:10.30061/CEB.201012.0006
- Joern, A. and S. T. Behmer. 1997. Importance of dietary nitrogen and carbohydrates to survival, growth, and reproduction in adults of the grasshopper *Ageneotettix deorum* (Orthoptera: Acrididae). *Oecologia* 112:201–208. doi:10.1007/s004420050301
- Logan, P. A., R. A. Casagrande, H. H. Faubert, and F. A. Drummond. 1985. Temperature-dependent development and feeding of immature Colorado potato beetles, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environ. Entomol.* 14:275–283.

- doi:10.1093/ee/14.3.275
- Lysyk, T. J. 1998. Relationships between temperature and life history parameters of *Trichomalopsis sarcophagae* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Environ. Entomol.* 27:488–498. doi:10.1093/ee/27.2.488
- Manley, G. V. 1977. *Paederus fuscipes* (Col.: Staphylinidae): A predator of rice fields in West Malaysia. *Entomophaga* 22:47–59. doi:10.1007/BF02372990
- Ooi, P. A. C. and B. M. Shepard. 1994. Predators and parasitoids of rice insect pests. p.585–612. *in: Biology and Management of Rice Insects.* (Heinrichs, E. A., ed.) Wiley Eastern. New Delhi, India. 774 pp.
- Padmavathi, C. H., G. Katti, A. P. Padmakumari, and I. C. Pasalu. 2008. Prevalence, prey preference and predatory potential of *Paederus fuscipes* Curtis and *Ophionea* sp. in rice. *J. Biol. Control* 22:191–193. doi:10.18311/jbc/2008/3820
- Pakyari, H. and A. Enkegaard. 2012. Effect of different temperatures on consumption of two spotted mite, *Tetranychus urticae*, eggs by the predatory thrips, *Scolothrips longicornis*. *J. Insect Sci.* 12:1–10. doi:10.1673/031.012.9801
- Polak, M. and W. T. Starmer. 1998. Parasite-induced risk of mortality elevates reproductive effort in male *Drosophila*. *Proc. Biol. Sci.* 265:2197–2201. doi:10.1098/rspb.1998.0559
- Powell, J. A. and J. A. Logan. 2005. Insect seasonality: Circle map analysis of temperature-driven life cycles. *Theor. Popul. Biol.* 67:161–179. doi:10.1016/j.tpb.2004.10.001
- Régnière, J., J. Powell, B. Bentz, and V. Nealis. 2012. Effects of temperature on development, survival and reproduction of insects: Experimental design, data analysis and modeling. *J. Insect Physiol.* 58:634–647.
- Schmidt, P. S., L. Matzkin, M. Ippolito, and W. F. Eanes. 2005. Geographic variation in diapause incidence, life history traits, and climatic adaptation in *Drosophila melanogaster*. *Evolution* 59:1721–1732. doi:10.1111/j.0014-3820.2005.tb01821.x
- Sokal, R. R. and F. J. Rohlf. 1995. *Biometry: The Principles and Practices of Statistics in Biological Research.* 3rd ed. W. H. Freeman and Company. New York, NY. 887 pp.
- Tawfik, M. F. S. and N. A. Abouzeid. 1977. Biology of the rove-beetle *Paederus alfieri* (Coleoptera: Staphylinidae). *Pedobiologia* 17:51–59.
- Thorbek, P. and T. Bilde. 2004. Reduced numbers of generalist arthropod predators after crop management. *J. Appl. Ecol.* 41:526–538. doi:10.1111/j.0021-8901.2004.00913.x
- Tsai, T. J. and H. Chi. 2007. Temperature-dependent demography of *Supella longipalpa* (Blattodea: Blattellidae). *J. Med. Entomol.* 44:772–778. doi:10.1093/jmedent/44.5.772
- Wagner, T. L., H. I. Wu, P. J. H. Sharpe, R. M. Schoolfield, and R. N. Coulson. 1984. Modeling insect development rates: A literature review and application of a biophysical model. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 77:208–225. doi:10.1093/aesa/77.2.208
- Wang, Y. C., P. C. Fan, and J. C. Liu. 1969. Seasonal bullous dermatitis caused by rove beetle (*Paederus fuscipes* Curtis, 1826) in Taiwan. *Chinese J. Microbiol.* 2:131–138.
- Wermelinger, B. and M. Seifert. 1999. Temperature-dependent reproduction of the spruce bark beetle *Ips typographus*, and analysis of the potential population growth. *Ecol. Entomol.* 24:103–110. doi:10.1046/j.1365-2311.1999.00175.x

Effects of Temperature on Development and Reproduction of the Rove Beetle, *Paederus fuscipes* Curtis, Feeding on *Nilaparvata lugens* (Stål)

Shou-Horng Huang¹, Ching-Huan Cheng², and Po-Hung Chen^{3,*}

Abstract

Huang, S. H., C. H. Cheng, and P. H. Chen. 2020. Effects of temperature on development and reproduction of the rove beetle, *Paederus fuscipes* Curtis, feeding on *Nilaparvata lugens* (Stål). J. Taiwan Agric. Res. 69(3):218–226.

The rove beetle, *Paederus fuscipes* Curtis, can predate many species of insects, and is an important natural enemy against insect pests in paddy field. This study was conducted to evaluate the life history parameters of the rove beetle by incubating at 15, 20, 25 and 30°C. The results showed that the shortest developmental periods of egg, larval and pupal stages at 30°C were 3.6, 11.6 and 3.0 d, respectively, whereas the threshold temperatures of development were 8.8, 9.4 and 12.3°C. The sums of effective accumulated temperature were 73.4, 232.6 and 53.8 day-degree, respectively. The fecundity was highest (190.8 eggs/female) at 25°C, whereas the average of egg-laid was highest (2.2–2.4 eggs/female) at 25°C and 30°C. The consumed numbers of brown planthopper nymphs were highest at 25°C for larvae and adult males. There were 37.6 of 1st instar nymphs and 202.2 of 3rd instar nymphs respectively. However, for the female, the highest consumed numbers were 257.2 and 279.8 of 3rd instar nymphs at 20°C and 25°C. The highest daily consumed numbers for larvae and adult females were 2.6 and 3.5 at 25°C, respectively. Therefore, our results suggest that the optimal temperature is around 25–30°C for the development and reproduction of *P. fuscipes* local populations.

Key words: *Paederus fuscipes* Curtis, Temperature, Development, Reproduction.

Received: March 6, 2020; Accepted: May 22, 2020.

* Corresponding author, e-mail: chenph@dns.caes.gov.tw

¹ Associate Research Fellow, Department of Plant Protection, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.

² Past Research Fellow and Head, Department of Plant Protection, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.

³ Assistant Research Fellow, Department of Plant Protection, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.