

不同溫度對以柞蠶（鱗翅目：天蠶蛾科）卵為替代寄主之平腹小蜂（膜翅目：旋小蜂科）寄生能力之影響

李世仰、鍾權承、吳怡慧 *

行政院農業委員會苗栗區農業改良場

摘 要

荔枝椿象 (*Tessaratoma papillosa*) 為臺灣嚴重危害無患子科的人侵害蟲，天敵昆蟲平腹小蜂 (*Anastatus japonicus*) 為荔枝椿象產卵期田間常見的本土性卵寄生蜂。本研究探討平腹小蜂以柞蠶 (*Antheraea pernyi*) 卵為替代寄主，在 15、20、25、30、35°C 等 5 個溫度下的壽命及寄生能力。結果顯示平腹小蜂在 15°C 時壽命最長，雌蜂 25°C 及 20°C 時可產下最多子代數以及子代雌蟲數，分別為 562.9 ± 42.0 、 523.6 ± 34.9 隻子代，其中子代雌蟲數為 204.2 ± 18.2 、 331.1 ± 23.9 隻，而在 15 及 35°C 環境下則不利其寄生。於雌蜂數最高的 20°C 環境下，產卵高峰為第 2~6 週，可持續寄生至第 6 週且子代雌蜂比率維持在 60% 以上。本研究結果提供以柞蠶卵為替代寄主時之最佳飼養溫度條件之參考，可供未來在不同溫度下量產調節及田間釋放作業之參考，使荔枝椿象生物防治更有成效。

關鍵詞：荔枝椿象、替代寄主、柞蠶卵、平腹小蜂、溫度

*論文聯繫人

e-mail: yhw@mdais.gov.tw

前 言

外來人侵害蟲荔枝椿象 (*Tessaratoma papillosa* (Drury))，在臺灣危害的植物有龍眼 (*Dimocarpus longan* Lour.)、荔枝 (*Litchi chinensis* Sonn.)、臺灣欒樹 (*Koelreuteria*

henryi Dümmer) 及無患子 (*Sapindus mukorossi* Gaertn.) 等 4 種無患子科植物 (Wu *et al.*, 2020)；荔枝椿象除了刺吸嫩芽枝梢造成龍眼荔枝落花落果使作物減產受損，被擾動時更會噴出具腐蝕性的防衛性臭液，若碰觸到皮膚眼睛可能會引起刺痛過敏甚至造成潰爛或失明（張及陳，2018），造成農民及民眾困擾。為進行荔枝椿象防治，行政院農業委員會與中央各部會及縣市政府等機關，共同推行全國荔枝椿象區域整合防治計畫，防治方法包括化學、物理及生物防治等 3 種方式，而其中的生物防治則為於荔枝椿象卵期釋放本土性天敵卵寄生蜂平腹小蜂（吳等，2021）。

平腹小蜂 (*Anastatus japonicus* Ashmead) 為膜翅目 (Hymenoptera)，旋小蜂科 (Eupelmidae) 的寄生蜂，其寄生特性為單元寄生 (monoparasitism)，在臺灣田間也有調查到多種的平腹小蜂 (Wu *et al.*, 2020)。荔枝椿象原分佈於印度、中國及泰國等東南亞國家 (Boopathi *et al.*, 2011; Li *et al.*, 2014; Pham, 2016)，而中國於 1960 年代即開始進行平腹小蜂寄生荔枝椿象卵等防治相關研究，研究顯示在田間釋放平腹小蜂能有效寄生荔枝椿象的卵，減少荔枝椿象的危害及作物的損失（蒲等，1962；黃等，1974；冼等，2008）。

荔枝椿象為一年一世代昆蟲，且無法於室內量產飼養，作為生產平腹小蜂之寄主；因此中國以鱗翅目的蓖麻蠶 (*Samia cynthia* (Drury)) 及柞蠶 (*Antheraea pernyi* (Guérin-Méneville)) 的卵做為平腹小蜂的替代寄主（黃等，1974；Li *et al.*, 2014）。柞蠶是中國本土種鱗翅目 (Lepidoptera) 天蠶蛾科 (Saturniidae) 的蛾類，因其本身蠶絲及蠶蛹皆具高經濟價值，中國東北地區原先就有專門的柞蠶量產繁殖作業場所，使柞蠶卵的取得十分便利，且因柞蠶卵的大小與荔枝椿象卵相近，羽化的平腹小蜂體形大小相似，雌蜂比例高，有利於生物防治之利用，目前中國主要是以柞蠶卵來作為替代寄主進行大量繁殖作業 (Li *et al.*, 2014)；但於臺灣並無飼養柞蠶，需以進口之方式才能取得冷凍柞蠶卵。臺灣目前已有利用蓖麻蠶卵作為替代寄主，進行平腹小蜂室內大量生產之相關技術（吳，2019），且在荔枝椿象產卵季節，於田間及廢棄農園釋放平腹小蜂進行防治工作，並獲得良好的防治成效（吳等，2019；吳等，2021）。在平腹小蜂其他替代寄主之研究，也曾以銀條斜線天蛾 (*Hippotion celerio* (Linnaeus)) 卵飼養平腹小蜂的相關試驗研究（李，2013）。

溫度為應用生物防治的重要因子，影響昆蟲的發育及繁殖能力，且寄生蜂對

環境適應程度及寄生效能，更與溫度間具明顯的關聯性 (Jones *et al.*, 2003; Appiah *et al.*, 2013; Park *et al.*, 2016)。尤其要進行大量飼養天敵昆蟲必須要有適當的環境和條件 (Zahiri *et al.*, 2010; 吳及李, 2021)。不同的替代寄主會影響寄生蜂壽命及寄生能力等表現，本試驗探討以進口方式取得之冷凍柞蠶卵為替代寄主，寄生後所羽化的平腹小蜂於 15、20、25、30 及 35°C 等 5 個不同溫度下的壽命及寄生能力，以建立基礎資料，並供未來以柞蠶卵作為替代寄主進行大量繁殖應用之參考。

材料與方法

一、平腹小蜂蟲源及飼養

本試驗於行政院農業委員會苗栗區農業改良場生物防治分場進行，平腹小蜂飼養環境之光照週期為 12D : 12L，平均溫度及相對溼度分別為 $26 \pm 1^\circ\text{C}$ 、70~80% RH。實驗室室內飼養之蟲源為 2020 年於苗栗西湖採集龍眼葉片上荔枝椿象卵塊攜回後，於實驗室羽化之平腹小蜂成蟲，經鑑定確認為 *Anastatus japonicus* 後，飼養於 150 網目尼龍布的飼養箱 (24.5 × 24.5 × 63 cm) 中，並提供無稀釋蜂蜜作為食物源。於平腹小蜂羽化 5~7 日後，提供於實驗室以臥式冷藏冷凍櫃 (東元, RL2088W, 中國) 以 -20°C 保存柞蠶卵，後續作為替代寄主提供平腹小蜂繼代，重複相同步驟進行此寄生蜂之室內繼代飼育，將其子代寄生蜂供作試驗蟲源。

二、柞蠶卵及雌成蜂體形量測

柞蠶卵來源為經防檢疫程序，以 -18°C 之冷凍溫度下進口，並於解剖顯微鏡 (Leica, S8AP0, 德國)，以 Leica Application Suite (LAS) 軟體拍照，測量柞蠶卵粒及其羽化大小的平腹小蜂，各 30 個重複。

三、不同溫度對平腹小蜂壽命及寄生能力之影響

試驗溫度共 5 處理，每台恆溫生長箱 (Firstek, GC-560H, 臺灣) 溫度分別設定為 15、20、25、30 及 $35^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ ，並以溫溼度紀錄器 (HOBO, UX100-011, 美國) 記錄每台生長箱之溫溼度。每處理溫度取當日羽化之平腹小蜂各 20 對。每對平腹小蜂個別置於培養皿 (直徑 9 cm) 中，並於培養皿上塗抹蜂蜜，分別置入上述不同溫度恆溫生長箱內，並自小蜂置入生長箱當日開始，每日每盤供給 20 粒柞蠶卵供小蜂寄生 24 小時，每日更換卵片直至雌蜂死亡，將寄生完的卵片統一放置於室溫 ($25 \pm 2^\circ\text{C}$) 待其羽化，記錄小蜂死亡時間及子代羽化數量及雌雄比。

四、統計與分析

平腹小蜂在不同溫度下的平均壽命、寄生總數、雌蜂比率與雌蜂數以及每週平均子代數及每週雌蜂比率之差異，由 SAS Enterprise Guide 7.1 軟體進行變方分析 (analysis of variance, ANOVA)，再以最小顯著差異 (least significant difference, LSD) 測驗，在 5% 顯著水準下比較各溫度下壽命及寄生表現之差異分析。雌蜂比率 (%) = {羽化雌蜂數 / (羽化雌蜂數 + 羽化雄蜂數)} × 100(%)

結 果

一、柞蠶卵及其羽化之雌成蜂體形量測

柞蠶卵粒呈圓形，直徑平均為 3.04 ± 0.02 mm (n = 30)，子代雌蜂體長平均為 3.53 ± 0.02 mm (n = 30)。

二、不同溫度對平腹小蜂平均壽命之影響

以柞蠶卵為替代寄主所羽化之平腹小蜂，在不同溫度下雌蜂的平均壽命皆較雄蜂長，而壽命與溫度成反比，溫度越低，壽命越長。平腹小蜂雌蜂在 15°C 有最長的壽命，而在 35°C 時壽命最短，分別為 123.5 ± 10.4 和 40.4 ± 2.0 日；雄蜂同樣在 15°C 時壽命最長而在 35°C 時壽命最短，分別為 33.6 ± 4.8 和 9.2 ± 1.0 日，而在 30 及 35°C 壽命則沒有顯著差異（表一）。

表一、平腹小蜂於 5 個不同溫度下之平均壽命

Table 1. The mean longevity of *Anastatus japonicus* under five temperature treatments

Temperature (°C)	Longevity (days)	
	Female	Male
15	Average 123.5 ± 10.4 a ^z (n = 26)	33.6 ± 4.8 a (n = 25)
	Range	33-178 1-69
20	Average 83.1 ± 5.5 b (n = 27)	25.2 ± 1.2 b (n = 27)
	Range	24-132 7-33
25	Average 80.4 ± 5.5 b (n = 28)	16.6 ± 1.2 c (n = 25)
	Range	4-125 1-27

30	Average	44.4 ± 2.5 c (n = 27)	8.3 ± 1.0 d (n = 28)
	Range	10-63	1-20
35	Average	40.4 ± 2.0 c (n = 22)	9.2 ± 1.0 d (n = 29)
	Range	5-49	1-18

^zMean ± standard error (n = sample number). Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

三、不同溫度對平腹小蜂子代數、雌蜂數和雌蜂比率之影響

比較不同溫度對平腹小蜂自羽化至死亡，所寄生成功的平均子代數，平腹小蜂在 25°C 時可產下最多子代，與 20°C 時無顯著差異，其產下子代總數分別為 562.9 ± 42.0 和 523.6 ± 34.9 隻。而 15 和 35°C 時產下最少的子代數，分別為 167.6 ± 22 和 188.5 ± 18.8 隻，兩者之間無顯著差異。因寄生蜂是以雌蜂能進行產卵寄生，比較子代的總雌蜂數時，於 20°C 時可產下最多的子代雌蜂，平均可產下 331.1 ± 23.9 隻，與其他四個溫度有顯著差異。而探討雌蜂比率，在 15、20 及 35°C 時有最高的子代雌蜂比率，分別為 69.8 ± 3.1、65.2 ± 2.9 及 60.1 ± 4.3%，三者之間無顯著差異（表二）。

表二、平腹小蜂於 5 個不同溫度之平均子代數、子代雌蜂數及雌蜂比率

Table 2. The mean number of progeny, female ratio and number of female progeny produced by *Anastatus japonicus* under five temperature treatments

Parameter	Temperature (°C)				
	15	20	25	30	35
Average numbers of progenies per female	167.6 ± 22.0 c ^z	523.6 ± 34.9 a	562.9 ± 42.0 a	308.7 ± 27.8 b	188.5 ± 18.8 c
Number of females	111.4 ± 14.6 c	331.1 ± 23.9 a	204.2 ± 18.2 b	161.9 ± 16.9 b	107.5 ± 13.5 c
Percentage of females (%)	69.8 ± 3.1 a	65.2 ± 2.9 ab	40.6 ± 4.1 c	58.2 ± 4.6 b	60.1 ± 4.3 ab

^zMean ± standard error (n = 20). For each parameter, means within each row followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test. The sample numbers collected were the same as in Table 1.

四、不同溫度對平腹小蜂每週子代數之影響

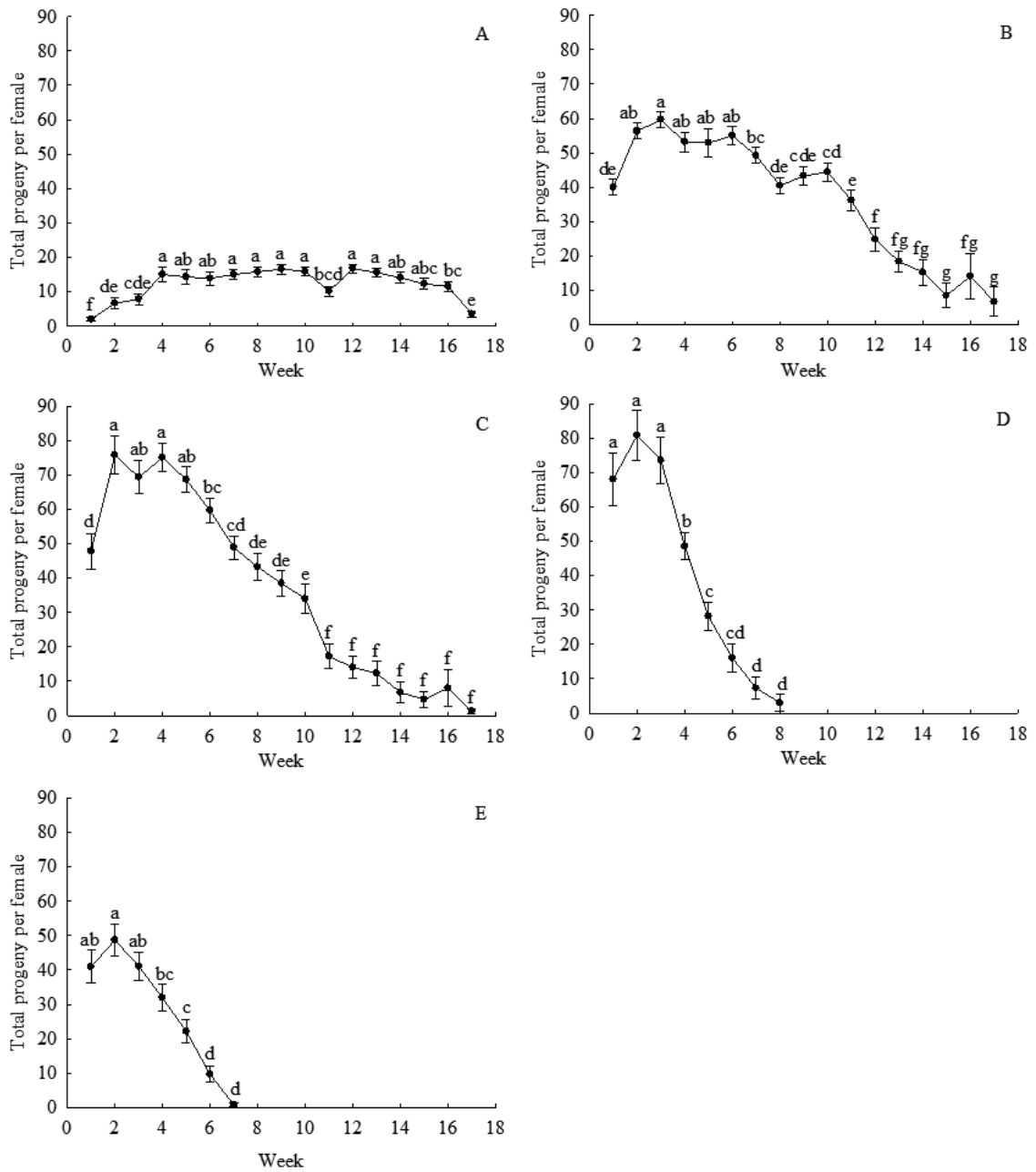
平腹小蜂在不同溫度下，每週平均產下子代數趨勢如圖一所示，除了 15°C，平腹小蜂在其他溫度處理下皆在第 2~3 週產下最高的子代數，並隨時間增加遞減，最高為 30°C 時在第 2 週產下 80.8 ± 7.3 隻子代，而 35、25、20 及 15°C 時則在第 2、2、3 及 12 週產下最多子代，分別為 48.7 ± 4.5 、 75.7 ± 5.6 、 59.6 ± 2.3 及 16.7 ± 1.2 隻。而大量繁殖時建議飼養環境控制在 20°C，因平腹小蜂在 20°C 時有最長的產卵高峰，在 2~6 週內每週平均可產下 52 隻以上之子代。

五、不同溫度對平腹小蜂每週子代雌蜂比率之影響

平腹小蜂在不同溫度下每週子代雌蜂比趨勢如圖二所示，平腹小蜂在所有溫度處理下，每週的雌蟲比率皆會隨時間增加而下降，除 15°C 外的其他 4 個溫度處理在第一週的子代有最高的雌蜂比率，其中最高為 20°C 在第 1 週時雌蜂比率為 $89.4 \pm 0.7\%$ ；35、30 及 25°C 則依序為 83.2 ± 2.2 、 86.2 ± 3.4 及 $89.4 \pm 0.3\%$ ，而 15°C 時則在第 2 週有最高為 $87.6 \pm 2.0\%$ 。考量寄生性天敵以雌蜂具有寄生繁殖之能力，進行大量繁殖時以 20°C 為最佳，至第 6 週時每週雌蜂比率保持在 60% 以上，可獲得較高雌蜂比之子代。

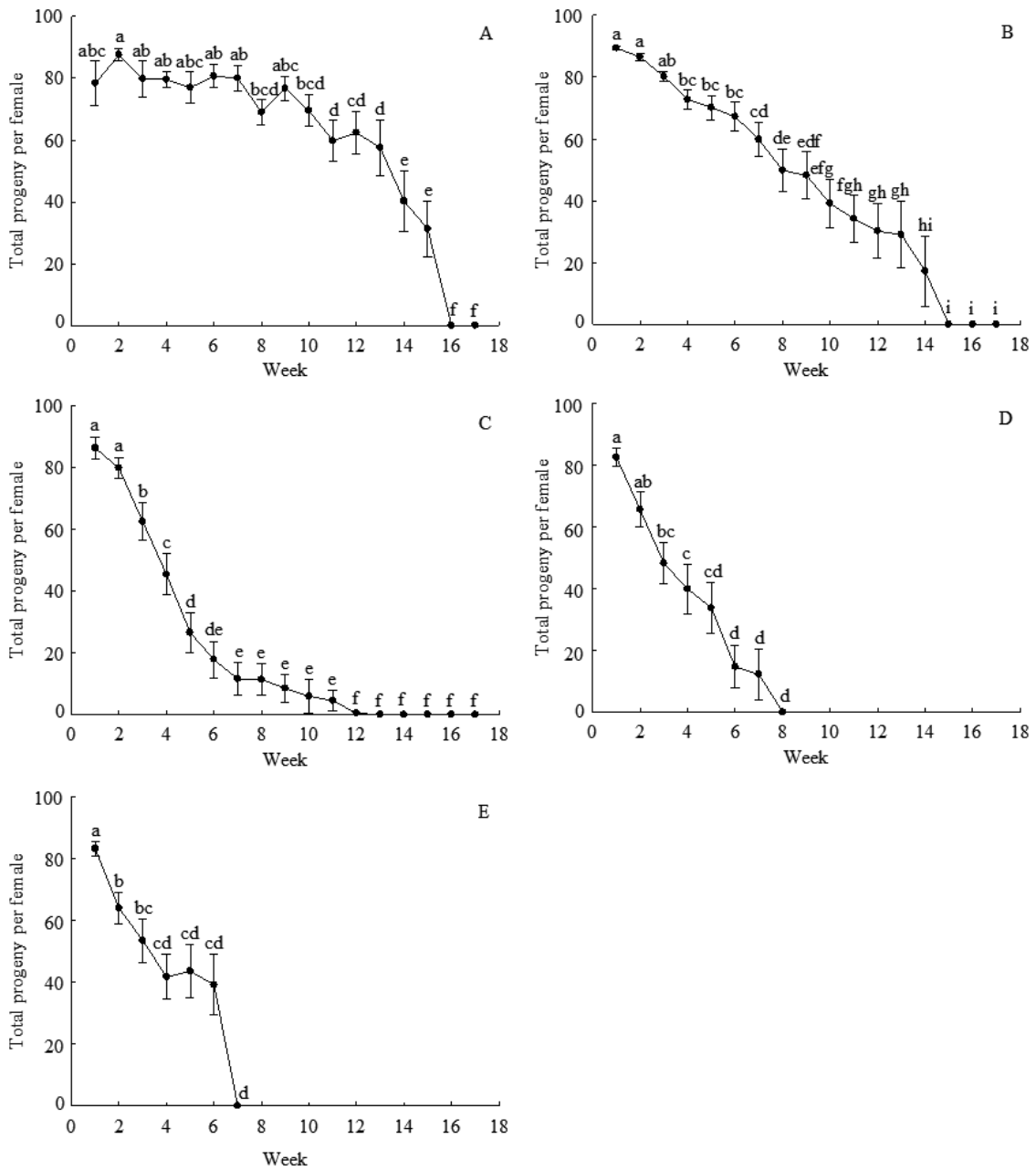
討 論

寄生蜂室內的大量繁殖與田間釋放之應用，受溫度的因子影響最大，國外也有許多關於溫度影響寄生蜂表現之研究 (Baffoe *et al.*, 2012; Park *et al.*, 2016; Stahl, *et al.*, 2019)。Cascone *et al.* (2015) 研究用來防治番茄螟蛾 (*Tuta absoluta* (Meyrick)) 的赤眼卵寄生蜂 (*Trichogramma achaeae* Nagaraja & Nagarkatti) 在低溫環境下雌雄蜂的壽命皆較高溫環境長，且雌蟲壽命長於雄蟲。此結果與本研究相同，於低溫 15°C 下平腹小蜂 (*Ana. japonicus*) 的雌蜂的壽命最長，比在 30 和 35°C 環境下的平均壽命有多 3 倍。而平腹小蜂的體形大小同樣會影響壽命長短，自銀條斜線天蛾 (*H. celerio*) 卵所羽化的平腹小蜂雌蜂體長 1.97 mm，自蓖麻蠶 (*S. cynthia*) 卵羽化者為 2.6 mm (李，2013；潘等，2017)，柞蠶 (*Ant. pernyi*) 為 3.53 mm；於同樣 25°C 的環境下，自替代寄主銀條斜線天蛾卵及蓖麻蠶卵羽化的平腹小蜂 (*Ana. japonicus*) 雌蜂壽命分別有 27.5 及 44.4 天 (李，2013；吳怡慧等，未發表)，而本研究自柞蠶卵羽化的平腹小蜂雌蜂壽命有 80.4 天，體形大的平腹小蜂壽命比較長。



圖一、平腹小蜂在 5 個不同溫度下每週平均子代數 (A) 15°C (B) 20°C (C) 25°C (D) 30°C (E) 35°C

Fig. 1. Weekly reproduction of *Anastatus japonicus* at five temperature treatments. (A) 15°C (B) 20°C (C) 25°C (D) 30°C (E) 35°C. Error bar is the standard error of mean. Means with the same letter for each week are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test



圖二、平腹小蜂在不同溫度下每週雌蜂比率 (A) 15°C (B) 20°C (C) 25°C (D) 30°C (E) 35°C

Fig. 2. Female ratio (%) of *Anastatus japonicus* at five temperature treatments. (A) 15°C (B) 20°C (C) 25°C (D) 30°C (E) 35°C. Error bar is the standard error of mean. Means with the same letter for each week are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test

每種寄生蜂適合量產的溫度會所差異，Cascone *et al.* (2015) 在 15°C 時 *T. achaeae* 可以產下較多的子代以及有較高的雌蜂比。Bari *et al.* (2015) 研究溫度對寄生蜂 (*Trichogramma zehri* Polaszek) 的影響，其在 26°C 時能夠產下最多的子代，顯示溫度會影響寄生蜂的壽命以及寄生能力。應用在防治入侵害蟲斑衣蠟蟬 (*Lycorma delicatula* (White)) 的平腹小蜂 (*Anastatus orientalis* Yang & Choi)，於 20 及 25°C 時寄生子代數最高，15 及 30°C 環境下寄生能力明顯下降 (Seo *et al.*, 2019)。黃等 (1974) 表示平腹小蜂 (*Anastatus* sp.) 於 25~30°C 為最佳寄生環境，而本研究中自柞蠶卵所羽化的平腹小蜂於 25°C 環境下的子代數量最多，以蓖麻蠶卵為替代寄主時在 25°C 環境下一生產下的子代數最多相同，雖與 20、30°C 沒有顯著差異 (吳怡慧等，未發表)，表示 *Ana. japonicus* 不論是寄生在柞蠶卵或蓖麻蠶卵，於 25°C 能產下最多子代的溫度。

寄主也是影響寄生蜂生理表現的重要因素，從不同寄主中羽化的寄生性天敵，其壽命、寄生能力以及產下子代的雌雄比皆有可能受影響 (Cordeiro and Bueno, 2021)。Adom *et al.* (2020) 測試以三種不同蛾類作為 *Trichogrammatoidea eldanae* Viggiani 之寄主，比較其寄生率、發育時間、羽化率與雌雄比，結果顯示不同寄主羽化之寄生蜂在寄生能力上有所差別。於溫度 25°C 環境下自銀條斜線天蛾 (*H. celerio*) 卵所羽化的平腹小蜂 (*Ana. japonicus*) 一生可產下 142.7 隻子代 (李，2013)，蓖麻蠶 (*S. cynthia*) 卵羽化的平腹小蜂 (*Ana. japonicus*) 可產下 226.5 隻子代 (吳怡慧等，未發表)，而本試驗為體形較大的柞蠶卵，所羽化的小蜂可產下 562.9 隻子代，較前 2 種替代寄主，能產下更多的子代。Sagarra *et al.* (2001) 也同樣表示體形較大的寄生蜂，比體形小的同種寄生蜂卵子更多、壽命更長、能產下更多的子代。

Liu *et al.* (2017) 研究不同寄主卵的大小對寄生之影響，結果顯示寄主卵的大小影響了寄生蜂後代的體形和性別比例，較大的寄主卵可增加寄生蜂產雌的比例，其他研究結果亦顯示寄生蜂會根據寄生環境來控制後代的性別 (King, 1987; Werren, 1987)。以荔枝椿象 (*T. papillosa*) 卵供平腹小蜂 (*Anastatus* sp.) 寄生，其雌蜂比為 90% (盧等，1981)，在本試驗柞蠶卵雖於 25°C 有最多子代，但於雌蜂數是以 20°C 環境下最多，雌蜂比率為 65.9%。而從每週雌蜂比的趨勢中，任何的溫度環境條件下，隨著平腹小蜂的年齡上升，雌蜂比率皆會逐漸下降。此現象可能是源於精子消

耗或精子活力降低所造成 (Santolamazza-Carbone *et al.*, 2007; Broadley *et al.*, 2021)。Liu *et al.* (2020) 於另一種平腹小蜂 (*Anastatus disparis* (Ruschka)) 試驗結果，也是於產卵後期雄蜂數量會增加。在生物防治的應用上，生產過多的雄蜂會造成不需要的成本支出 (Ode and Heinz, 2002)，而增加雌蜂數量於室內量產和田間釋放是更有效益的 (Hoffmann *et al.*, 2001; Favaro *et al.*, 2018)。

本研究建立從替代寄主柞蠶卵羽化的平腹小蜂 (*Ana. japonicus*) 於不同溫度下的寄生表現，雌蜂壽命比雄蜂長，在 20 及 25°C 環境下的子代總數最多，但以 20°C 的雌蜂總數最多，而雌蜂比率會隨著寄生的週數增加而遞減，因此建議以柞蠶進行量產自第 2 週開始，持續量產繁殖至第 6 週，期間可保持每隻雌蜂每週產下 50 隻以上之子代，並維持 60% 以上之子代雌蜂比。本試驗提供以柞蠶卵為替代寄主，量產平腹小蜂最佳溫度條件，以作為未來生物防治之參考。

誌 謝

本試驗承蒙行政院農業委員會動植物防疫檢疫局「全國荔枝椿象區域整合防治計畫」110 管理 -3.2- 植防 -2(1) 計畫經費補助，苗栗區農業改良場呂秀英場長協助統計分析及范桂英小姐協助進行試驗工作，在此一併致謝。

引用文獻

- 吳怡慧、李世仰。2021。不同溫度對二種平腹小蜂寄生能力之影響。苗栗區農業改良場研究彙報 10：47-59。
- 吳怡慧、潘宣任、吳登楨、詹甘伊、盧美君。2019。平腹小蜂應用於荔枝椿象防治之效益及未來願景。2019 有益昆蟲在友善農耕之應用研討會論專輯：25-31。
- 吳怡慧、鍾權承、李世仰、曾喜育、楊景程。2021。平腹小蜂防治荔枝椿象田間成效。苗栗區農業改良場特刊 4：41-49。
- 吳登楨。2019。臺灣有益昆蟲蠶蜂應用之回顧與展望。2019 有益昆蟲在友善農耕之應用研討會專輯：1-10。
- 李淑玉。2013。平腹小蜂 (*Anastatus japonicus*) 之生物學特性研究。國立屏東科技大學植物醫學系碩士論文。

- 洗繼東、梁廣文、陳駒堅、黃小鵠。2008。平腹小蜂對荔枝椿象自然種群的控制作用。華南農業大學學報 29 (4) : 47-50。
- 張萃嫻、陳文華。2018。友善耕作體系之害蟲防治策略—以應用平腹小蜂防治荔枝椿象為例。有機及友善環境耕作研討會論文輯：125-139。
- 黃明度、麥秀慧、吳偉南、蒲蟄龍。1974。荔枝椿象卵寄生蜂—平腹小蜂 *Anastatus sp.* 的生物學及其應用的研究。昆蟲學報 17(4) : 362-375。
- 蒲蟄龍、麥秀慧、黃明度。1962。利用平腹小蜂防治荔枝椿象試驗初報。植物保護學報 1(3) : 303-305。
- 潘宣任、莊益源、吳登楨、盧美君、吳怡慧。2017。蓖麻蠶卵繼代平腹小蜂於荔枝椿象卵寄生之評估。苗栗區農業改良場研究彙報 5 : 69-78。
- 盧愛平、崔炳玉、楊麗梅。1981。營養和寄生性膜翅目的性分化 I. 寄主卵和平腹小蜂 *Anastatus sp.* 性比關係。昆蟲天敵 3 : 1-5。
- Adom, M., B. Datinon, A. K. Tounou, J. M. B. Toffa-Mehinto, E. A. Dannon, C. Agboton, and M. Tamò. 2020. Suitability of three Lepidopteran host species for mass-rearing the egg parasitoid *Trichogrammatoidea eldanae* Viggiani (Hymenoptera: Trichogrammatidae) for biological control of cereal stemborers. Int. J. Trop. Insect Sci. 41(1): 295-302.
- Appiah, E. F., S. Ekesi, D. Salifu, K. Afreh-Nuamah, D. Obeng-Ofori, F. Khamis, and S. A. Mohamed. 2013. Effect of temperature on immature development and longevity of two introduced opine parasitoids on *Bactrocera invadens*. J. Appl. Entomol. 137(8): 571-579.
- Baffoe, K. O., P. Dalin, G. Nordlander, and J. A. Stenberg. 2012. Importance of temperature for the performance and biocontrol efficiency of the parasitoid *Perilitus brevicollis* (Hymenoptera: Braconidae) on *Salix*. Biocontrol. 57(5): 611-618.
- Boopathi, T., K. A. Pathak, Y. Ramakrishna, and A. K. Verma. 2011. Effect of weather factors on the population dynamics of litchi stink bug, *Tessaritoma papillosa* (Drury). Pest Manag. Horticul. Ecosys. 17: 69-74.
- Bari, M. N., M. Jahan, and K. S. Islam. 2015. Effects of temperature on the life table

- parameters of *Trichogramma zahiri* (Hymenoptera: Trichogrammatidae), an egg parasitoid of *Dicladispa armigera* (Chrysomelidae: Coleoptera). *Environ. Entomol.* 44(2): 368-78.
- Broadley, H. J., J. R. Gould, L. T. Sullivan, X. Y. Wang, K. A. Hoelmer, M. L. Hickin, and J. S. Elkinton. 2021. Life history and rearing of *Anastatus orientalis* (Hymenoptera: Eupelmidae), an egg parasitoid of the spotted lanternfly (Hemiptera: Fulgoridae). *Environ. Entomol.* 50(1): 28-35.
- Cascone, P., S. Carpenito, S. Slotsbo, L. Iodice, J. G. Sørensen, M. Holmstrup, and E. Guerrieri. 2015. Improving the efficiency of *Trichogramma achaeae* to control *Tuta absoluta*. *Biocontrol.* 60: 761-771.
- Cordeiro, J. P. F. and A. F. Bueno. 2021. *Trissolcus teretis* (Johnson, 1987) (Hymenoptera: Scelionidae) parasitism on *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) and *Diceraeus melacanthus* Dallas, 1851 (Hemiptera: Pentatomidae) eggs at different temperatures. *Rev. Bras. Entomol.* 65 (1): e20200073.
- Favaro, R., J. Roved, V. Girolami, I. Martinez-Sañudo, and L. Mazzon. 2018. Host instar influence on offspring sex ratio and female preference of *Neodryinus typhlocybae* (Ashmead) (Hymenoptera, Dryinidae) parasitoid of *Metcalfa pruinosa* (Say) (Homoptera, Flatidae). *Biol. Control.* 125: 113-120.
- Hoffmann, M. P., P. R. Ode, D. L. Walker, J. Gardner, S. V. Nouhuys, and A. M. Shelton. 2001. Performance of *Trichogramma ostriniae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) reared on factitious hosts, including the target host, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae). *Biol. Control* 21(1): 1-10.
- Jones, D.B., K. L. Giles, R. C. Berberet, T. A. Royer, N. C. Elliott, and M. E. Payton. 2003. Functional responses of an introduced parasitoid and an indigenous parasitoid on greenbug at four temperatures. *Environ. Entomol.* 32(3): 435-432.
- King B.H. 1987. Offspring sex ratios in parasitoid wasps. *Q. Rev. Biol.* 62(4): 367-396.
- Li, D. S., C. Y. Liao, B. X. Zhang, and Z. W. Song. 2014. Biological control of insect pests in litchi orchards in China. *Biol. Control.* 68: 23-36.
- Liu, P. C., J. Men, B. Zhao, and J. R. Wei. 2017. Fitness-related offspring sex allocation of *Anastatus disparis*, a gypsy moth egg parasitoid, on different-sized host species. *Entomol. Exp. Appl.* 163(3): 281-286.

- Liu, P. C., H. X. Wei, D. D. Cao, and J. R. Wei. 2020. Relationships amongst sex ratio of progeny in *Anastatus disparis* (Hymenoptera: Eupelmidae), sperm depletion and decreased fecundity. *Appl. Entomol. Zool.* 55: 25-30.
- Ode, P. J. and K. M. Heinz. 2002. Host-size-dependent sex ratio theory and improving mass-reared parasitoid sex ratios. *Biol. Control.* 24(1): 31-41.
- Pham, M. Q. 2016. Estimation of a longan stink bug, *Tessarotoma papillosa* in Son La Province, Vietnam. *J. Vietnam. Environ.* 8(2): 129-134.
- Park, C. G., B. Y. Seo, and B. R. Choi. 2016. The temperature-dependent development of the parasitoid fly, *Exorista japonica* (Townsend) (Diptera: Tachinidae). *Korean J. Appl. Entomol.* 55: 445-452.
- Sagarra, L. A., C. Vincent, and R. K. Stewart. 2001. Body size as an indicator of parasitoid quality in male and female *Anagyrus kamali* (Hymenoptera: Encyrtidae). *Bull. Entomol. Res.* 91: 363-367.
- Santolamazza-Carbone S., M. P. Nieto, and A. C. Rivera. 2007. Maternal size and age affect offspring sex ratio in the solitary egg parasitoid *Anaphes nitens*. *Entomol. Exp. Appl.* 125(1): 23-32.
- Seo, M., J. H. Kim, B. Y. Seo, C. Park, B. R. Choi, H. K. Kim, C. W. Ji, and J. R. Cho. 2019. Effect of temperature on reproduction and parasitism of the egg parasitoid, *Anastatus orientalis* (Hymenoptera: Eupelmidae). *J. Asia Pac. Entomol.* 22(4): 1013-1081.
- Stahl, J. M., D. Babendreier, and T. Haye. 2019. Life history of *Anastatus bifasciatus*, a potential biological control agent of the brown marmorated stink bug in Europe. *Biol. Control.* 129: 178-186.
- Werren, J. H. 1987. Labile sex ratios in wasps and bees. *BioScience* 37: 498-506.
- Wu, Y. H., M. T. Kamiyama, C. C. Chung, H. Y. Tzeng, C. H. Hsieh, and C. C. S. Yang. 2020. Population monitoring, egg parasitoids, and genetic structure of the invasive litchi stink bug, *Tessarotoma papillosa* in Taiwan. *Insects.* 11(10): 690.
- Zahiri, B., Y. Fathipour, M. Khanjani, S. Moharramipour, and M. P. Zalucki. 2010. Preimaginal development response to constant temperatures in *Hypera postica* (Coleoptera: Curculionidae): picking the best model. *Environ. Entomol.* 39(1): 177-189.

Effects of temperature on parasitism of egg parasitoid wasps, *Anastatus japonicus* (Hymenoptera: Eupelmidae), using *Antheraea pernyi* (Lepidoptera: Saturniidae) eggs as alternative host

Shih-Yang Lee, Chuan-Cheng Chung, Yi-Hui Wu*

Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan

ABSTRACT

The litchi stink bug *Tessaratoma papillosa* is an invasive insect pest that destroys Sapindaceae plants in recent years. In Taiwan, *Anastatus japonicus* is common native egg parasitoid of the litchi stink bug. In this study, we investigated the adult longevity, number of progeny, female ratio, and number of progeny per week at five different temperatures using *Antheraea pernyi* eggs as alternative host. The results showed that the highest total numbers of progenies were 562.9 ± 42.0 and 523.6 ± 34.9 at 25°C and 20°C , respectively, with 204.2 ± 18.2 and 331.1 ± 23.9 female progenies, while the extreme temperatures of 15 and 35°C were not favorable for parasitism. The peak production at 20°C was between the 2nd and 6th week, in which the parasitism can continue until the 6th week and the percentage of female ratio remains above 60%. The results of this study provide a reference for the optimal temperature conditions for mass rearing of *Ana. japonicus* using *Ana. pernyi* as an alternative host, and can also be a reference for field release at different temperatures to obtain a better biological control of the litchi stink bug.

Keywords: litchi stink bug, alternative host, *Antheraea pernyi*, *Anastatus japonicus*, temperature

*Corresponding author email: yhw@mdais.gov.tw