

# 溫度對異角釉小蜂（膜翅目：釉小蜂科）族群增長與致死寄主能力之影響

錢景秦\* 張淑貞 行政院農業委員會農業試驗所應用動物組 臺灣臺中縣霧峰鄉中正路 189 號  
古琇芷 國立自然科學博物館動物學組 臺中市館前路 1 號

## 摘 要

於 10、15、20、25、30 及 35°C 下進行溫度對異角釉小蜂 (*Hemiptarsenus varicornis* (Girault)) 族群增長與致死寄主能力之影響。得知該蜂發育適溫帶為 15 至 35°C，其間卵至成蟲期之存活率與發育日數各為 90.9~96.3% 與 7.0~54.0 日，而 10°C 時蜂卵之孵化率為 0。卵至成蟲期之發育臨界低溫為 11.97°C。卵、幼蟲、前蛹、蛹及卵至成蟲期之發育有效積溫各為 16、46、9、81 及 152 日度。於 15~35°C 定溫下每日供應 40~50 隻非洲菊斑潛蠅第三齡幼蟲時，該蜂一生致死寄主總數與溫度呈二次迴歸關係，最大估測值為 25.4°C 時之 372 隻；但在 25°C 下繁殖之異角釉小蜂移至 30 與 35°C 時，該蜂一生致死寄主之實測值竟各高達 611 與 651 隻。雌蜂一生寄生致死寄主數與取食致死寄主數之比例與溫度呈二次迴歸關係，最大估測值為 24.9°C 時之 0.72:1。子代雌性比與溫度亦呈二次迴歸關係，最大估測值為 23.8°C 時之 0.71。在 25°C 時，雌蜂每日內在增殖率 ( $r$ ) 為 0.2337，淨增殖率 ( $R_0$ ) 為 121 隻雌蜂/雌蜂，平均世代時間 ( $\bar{T}$ ) 為 20.52 日。於 15~35°C 定溫、每日僅以未稀釋蜂蜜餵食、無寄主供應時，雌、雄蜂壽命均隨溫度之上升而縮短，兩者間呈直線迴歸關係，其最大估值各為 15°C 時之 38 與 36 日；但每日以未稀釋蜂蜜餵食、且有寄主供應時，雌、雄蜂壽命與溫度間則均呈二次迴歸關係，其最大估值各為 22.6°C 時之 19 日與 23.7°C 時之 13 日。

**關鍵詞：**異角釉小蜂、非洲菊斑潛蠅、溫度、族群增長、致死寄主能力

## 前 言

異角釉小蜂 (*Hemiptarsenus varicornis* (Girault)) 廣泛分布於東半球之熱帶與暖帶地區及美國、夏威夷、薩摩亞、臺灣、中國大陸

等地 (Kerrich, 1968; Minckenberg and van Lenteren, 1986; Boucek, 1988; Lin and Wang, 1992; Murphy and LaSalle, 1999; Zeng *et al.*, 1999)。寄主範圍包括雙翅目潛蠅科 5 種，即非洲菊斑潛蠅 (*Liriomyza trifolii*

\*論文聯繫人  
e-mail: chien@wufeng.tari.gov.tw

(Burgess)、番茄斑潛蠅 (*L. bryoniae* (Kaltenbach))、蔬菜斑潛蠅 (*L. sativae* (Blanchard))、紫苑斑潛蠅 (*L. pusilla* Meigen) 及菜豆蛇潛蠅 (*Ophiomyia phaseoli* (Tryon)) (Kerrich, 1968; Boucek, 1988; Del, 1989; Lee, 1990; Lin and Wang, 1992)。在臺灣中部非洲菊園內，該蜂為非洲菊斑潛蠅之本地種優勢寄生蜂 (Chien and Ku, 1998)。寄生方式屬幼蟲單員外寄生 (solitary ectoparasitism) (Lin and Wang, 1992; Chien and Ku, 2001a, b)。致死寄主方式有寄生與取食寄主兩種，兩者之比例與雌蜂密度無關，當雌蜂數與寄主數為 10~30 隻與 300 隻時，兩者之比例為 0.6~0.8:1 (Chien and Ku, 2002)。雌蜂產卵與取食寄主時，均偏好非洲菊斑潛蠅第三齡幼蟲 (Chien and Ku, 2001a)。於 25°C 下，雌蜂一生致死寄主數高達 497 隻，寄主幼蟲被產卵或取食後，各於 4 或 0 分鐘內即不再活動、取食 (Chien and Ku, 2001b)。然異角釉小蜂與溫度之相關資料有限，當該蜂寄生於菜豆 (*pole bean*, *Phaseolus vulgaris* L.) 上非洲菊斑潛蠅時，其一代發育期在 20、25、30 及 35°C 下各為 16.5、11.5、8.5 及 6.5 日 (Vercambre and Thiery, 1983)。為深入瞭解溫度對異角釉小蜂之發育、齡別生命表、致死寄主能力及壽命等之影響，乃進行本試驗，冀能提供該蜂繁殖技術與應用之參考。

## 材料與方法

### 一、寄主植物、寄主昆蟲及寄生蜂之飼育

本試驗所用之非洲菊斑潛蠅蟲源、寄主植物菜豆 (*Phaseolus vulgaris* var. *communis* Aeschers) 苗及寄主非洲菊斑潛蠅之繁殖方法，如 Chien and Ku (1996) 所述。異角釉

小蜂之蟲源與繁殖方法，則如 Chien and Ku (2001a, b) 所述。即以帶有第三齡非洲菊斑潛蠅幼蟲潛食之罐插菜豆苗，繁殖異角釉小蜂。

### 二、寄生蜂寄生致死寄主與取食致死寄主之區分

本試驗中區分寄主幼蟲被異角釉小蜂寄生或取食後之致死徵狀，係依 Chien and Ku (2001b) 所述，被寄生者呈深度麻痺狀、體黃色、體膚鬆弛、身體拉長、體飽滿、消化管內無暗綠色之內容物；被取食者死亡、體黃褐色、外形伸長、體扁且萎縮、消化管內仍殘有暗綠色之內容物、傷口處留有乾涸之體液。

### 三、溫度對釉小蜂發育之影響

利用在 25°C 下，雌蜂 2 小時與 24 小時內所產下之同齡蜂卵，進行六種不同溫度對異角釉小蜂發育之影響。首先參照 Chien and Ku (2001a) 之方法，以帶有第三齡寄主幼蟲潛食之罐插菜豆苗，供雌蜂產卵 2 小時或 24 小時，然後將此帶有 25~42 粒兩種同齡蜂卵之罐插菜豆苗，各放入 10、15、20、25、30 及 35°C 之定溫箱內。雌蜂產卵 2 小時之處理組，每日觀察溫度對該蜂各蟲期之存活率與發育日數之影響，並在近各蟲期或齡期蛻皮之際，每小時記錄該蜂之發育情形。雌蜂產卵 24 小時之處理組，則觀察在不同溫度處理下，其一代之發育日數與存活率。其中存活率試驗每處理觀察 25~35 粒卵，各做 3~5 重複，發育期試驗各觀察 17~42 隻不等。並依 Campbell *et al.* (1974) 之方法，估算該蜂之發育臨界低溫與發育有效積溫。

### 四、定溫對釉小蜂致死寄主能力與子代雌性比之影響

在定溫下測試溫度對異角釉小蜂致死寄

主能力與子代雌性比之影響，其方法係利用材料與方法第三項中異角釉小蜂卵在 15、20、25、30 及 35°C 五種不同定溫下發育、正常羽化之第一日齡成蜂，各取 1 對引入 21 x 12 cm 之玻璃筒，然後再放入各原有五種不同溫度處理之定溫箱內。每日早上 7 點，各處理除以細毛筆將未稀釋蜂蜜塗於玻璃筒內壁外，尚供應 1 株內有 40~50 隻第三齡寄主幼蟲潛食之罐插菜豆苗，直至雌蜂死亡為止。試驗期間，每日將各處理所更換下內有被寄生寄主之菜豆苗移至 25°C 下飼育直至子代成蜂羽化外，亦依 Chien and Ku (2001a) 之方法，於接蜂後次晨，先利用透光法計數雌蜂對寄主幼蟲之致死總數（寄生致死數與取食致死數），6 日後，再分別記錄雌蜂對寄主幼蟲之寄生數（寄生蜂蛹數）與取食寄主數（致死寄主總數－寄生蜂蛹數）；待寄生蜂羽化後再記錄雌蜂與雄蜂數及雌性比（♀/(♀+♂)）。每處理各進行 5~12 重複。

#### 五、高溫對 25°C 下繁殖之釉小蜂致死寄主能力與子代雌性比之影響

將在 25°C 下繁殖之第一日齡成蜂分別移至 30 與 35°C 下，然後測試高溫對異角釉小蜂致死寄主能力與子代雌性比之影響，其間供試寄主與檢視試驗結果之方法與文中材料與方法第四項相同。每處理各進行 5~10 重複。

#### 六、釉小蜂之齡別生命表

利用材料與方法第三項與第四項試驗，各得之 24 小時內同齡蜂卵在不同溫度處理中之一代發育期與存活率資料，及雌蜂各日齡繁殖之子蜂數與雌性比等資料，代入 Birch (1948) 之公式，以估算該蜂在各不同定溫下之族群介量，如內在增殖率 (intrinsic rate of increase,  $r$ )，終極增殖率 (finite rate of

increase,  $\lambda$ )、淨增殖率 (net reproductive rate,  $R_0$ ) 及平均世代時間 (mean generation time,  $T$ ) 等。每處理各進行 5~12 重複。

#### 七、溫度與食物對成蜂壽命之影響

試驗分兩種方式進行，即在無寄主或有寄主供應下，測試在食物存在與否下溫度對成蜂壽命之影響。無寄主處理組之試驗方法，係先將於 25°C 下初羽化之 10 對成蜂引入 7 x 1.5 cm 之指形管，然後在無寄主供應下，每日以細毛筆塗畫於玻璃管內壁之方式，分別將未稀釋之蜂蜜、水餵食之，另設一不餵食任何食物之對照組。其中餵食蜂蜜之處理組，係將內有成蜂之指形管各放入 15、20、25、30 及 35°C 等不同溫度之定溫箱，而餵食水、或不餵食任何食物之對照組，則將內有成蜂之指形管放入 25°C 定溫箱，每日觀察成蜂之壽命，各做 5 重複。而有寄主供應處理組之試驗方法，則係利用材料與方法第四項試驗之結果，即成蜂在 15、20、25、30 及 35°C 等不同溫度下，每日供應寄主且餵食未稀釋之蜂蜜時，測試溫度對其壽命之影響。各進行 5~12 重複。

#### 八、統計分析

各項試驗資料除利用 SPSS (Statistical Products and Services Solutions) 軟體先進行變方分析，再以最小顯著差 (LSD) 法檢測，並採 5% 顯著水準比較處理間之差異性外，尚利用迴歸分析法顯示寄生蜂之各測試項目 ( $\hat{y}$ )，如各蟲期發育速率、雌蜂與雄蜂之壽命、雌蜂致死寄主總數、雌蜂寄生致死寄主總數、雌蜂取食致死寄主總數、雌蜂寄生致死寄主數與取食致死寄主數之比值及雌性比等與溫度 ( $x$ ) 之關係。當  $\hat{y} = b_0 + b_1x + b_2x^2$  時， $\hat{y}$  最大值之求法，係當  $x = -b_1/2b_2$  時代入前項公式即可 (Neter and Wasserman,

## 結 果

### 一、溫度對釉小蜂發育之影響

在 10~35°C 定溫下，10°C 時異角釉小蜂卵之孵化率為 0%；15~35°C 時卵發育至成蟲之存活率則高達 90.9~96.3% (表一)。卵、幼蟲、前蛹、蛹及卵至成蟲等蟲期之發育日數均隨溫度之升高而縮短 (表二)。異角釉小蜂各生長期之發育速率隨其發育適溫範圍內溫度之升高而增快，兩者間呈直線迴歸關係 (表三)。卵、幼蟲、前蛹、蛹及卵至成蟲等蟲期之發育臨界低溫各為 11.61、12.67、11.64、11.56 及 11.97°C；發育有效積溫各為 16、46、9、81 及 152 日度 (表三)。

### 二、溫度對釉小蜂致死寄主能力與其子代雌性

### 比之影響

試驗結果由圖一與表四得知，在 15~35°C 定溫、每日供應 40~50 隻寄主第三齡幼蟲時，異角釉小蜂一生致死寄主總數與溫度呈二次迴歸關係 ( $\hat{y} = -3.2425x^2 + 164.54x - 1715.7$ ,  $R^2 = 0.5141$ )，如在 15、20、25、30 及 35°C 時，該蜂一生致死寄主總數之實測值各為 39、154、497、160 及 40 隻，最大估測值為 25.4°C 時之 372 隻。其間該蜂寄生致死寄主數或取食致死寄主數與溫度均呈二次迴歸關係 (前者為  $\hat{y} = -1.5224x^2 + 75.749x - 792.03$ ,  $R^2 = 0.5791$ ；後者為  $\hat{y} = -2.0952x^2 + 104.27x - 1072$ ,  $R^2 = 0.6208$ )，如在 15、20、25、30 及 35°C 時，寄生致死寄主數之實測值各為 9、56、210、57 及 10 隻，最大估測值為 24.9°C 時之 150 隻；取食致死寄主數之實測值各為 30、99、287、103 及 30 隻，最大估測值為 24.9°C 時之 225 隻。雌蜂一生寄

表一 不同定溫下異角釉小蜂未成熟期之存活率

Table 1. Rate of survival of immature stages of *Hemiptarsenus varicornis* at various constant temperatures

Temp. (°C)	Percent survival ( $\bar{x} \pm SE$ ) <sup>d)</sup>				
	Egg	Larva	Prepupa	Pupa	Egg-adult
10	0	-	-	-	0
15	98.9 ± 1.1	100	100	91.9 ± 4.2	90.9 ± 5.0
20	97.3 ± 1.4	98.6 ± 1.4	100	100	95.9 ± 2.3
25	100	100	100	96.0 ± 0.5	96.0 ± 0.5
30	100	99.1 ± 0.9	100	97.1 ± 1.1	96.3 ± 2.3
35	95.9 ± 0.5	100	100	100	95.9 ± 0.5

<sup>d)</sup> With 25-35 eggs per treatment, three-five replicates.

表二 不同定溫下異角釉小蜂未成熟期之發育日數

Table 2. Duration days of immature stages of *Hemiptarsenus varicornis* at various constant temperatures

Temp. (°C)	Egg		Larva		Prepupa		Pupa		Egg-adult	
	n	$\bar{x} \pm SE$	n	$\bar{x} \pm SE$	n	$\bar{x} \pm SE$	n	$\bar{x} \pm SE$	n	$\bar{x} \pm SE$
15	33	4.6 ± 0.1	31	15.2 ± 0.3	31	2.5 ± 0.3	30	32.7 ± 0.6	30	54.0 ± 0.3
20	20	2.1 ± 0.0	20	6.9 ± 0.1	17	1.1 ± 0.2	17	10.5 ± 0.2	17	20.6 ± 0.2
25	42	1.1 ± 0.0	40	4.1 ± 0.1	37	0.7 ± 0.0	37	5.2 ± 0.1	37	11.1 ± 0.1
30	39	0.8 ± 0.0	39	2.4 ± 0.0	39	0.4 ± 0.1	39	4.1 ± 0.0	36	7.7 ± 0.1
35	21	0.7 ± 0.0	21	2.1 ± 0.0	20	0.4 ± 0.0	20	3.8 ± 0.1	20	7.0 ± 0.1

表三 異角釉小蜂未成熟期之發育臨界低溫與發育有效積溫

Table 3. Lower developmental thresholds (°C) and degree-day requirements (°C-days) for immature stages of *Hemiptarsenus varicornis*

Stage	Linear regression			Low developmental threshold <sup>1)</sup>	Degree-days <sup>1)</sup>
	a	b	R <sup>2</sup>	( $\bar{x} \pm SE$ )	( $\bar{x} \pm SE$ )
Egg	- 0.739	0.0638	0.9856	11.61 ± 0.52	16 ± 1
Larva	- 0.28	0.022	0.9727	12.67 ± 0.62	46 ± 4
Prepupa	- 1.347	0.1158	0.9439	11.64 ± 1.63	9 ± 1
Pupa	- 0.136	0.012	0.9544	11.56 ± 0.92	81 ± 10
Egg to Adult	- 0.074	0.0064	0.9734	11.97 ± 0.61	152 ± 13

<sup>1)</sup> Estimated according to Campbell *et al.* (1974).

生致死寄主數與取食致死寄主數之比例與溫度亦呈二次迴歸關係 ( $\hat{y} = - 0.004x^2 + 0.1989x - 1.7514$ ,  $R^2 = 0.4873$ ), 如在 15 與 35°C 或 20~30°C 時, 其實測比例各為 0.3:1 或 0.6~0.7:1, 最大估測值為 24.9°C 時之 0.72:1。子代雌性比與溫度呈二次迴歸關係 ( $\hat{y} = -0.0053x^2 + 0.2527x - 2.2995$ ,  $R^2 = 0.7937$ ), 如在 15、20~30 及 35°C 時, 該蜂實測之子代雌性比各為 0.44、0.62~0.64 及 0, 最大估測值為 23.8°C 時之 0.71。

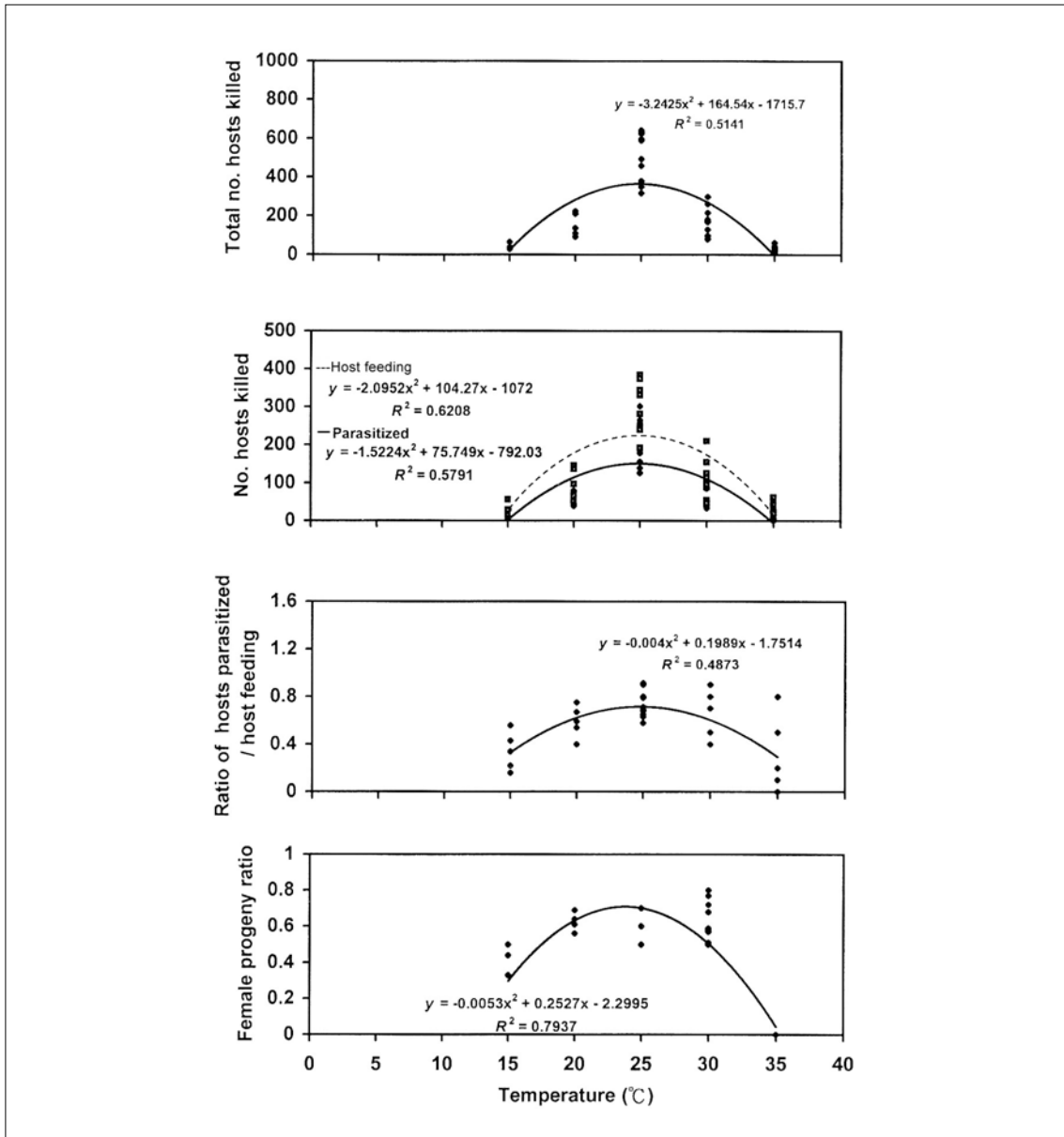
### 三、高溫對 25°C 下繁殖之釉小蜂致死寄主能力與子代雌性比之影響

異角釉小蜂在 25°C 下繁殖之第一日齡成蜂, 若移至 30 與 35°C 高溫下, 每日供應 40~50 隻寄主第三齡幼蟲時, 雌蜂壽命各為 21 與 20 日, 雄蜂壽命均為 12 日; 雌蜂一生致死寄主總數各為 611 與 651 隻, 其中寄生致死寄主數各為 234 與 245 隻, 取食致死寄主數各為 376 與 406 隻; 雌蜂一生寄生致死寄主數與取食致死寄主數之比例各為 0.6:1 與 0.7:1; 子代雌性比各為 0.58 與 0.63 (表四)。上述各項測試值在兩處理間雖無顯著差異, 但與上項試驗結果比較時, 顯示該兩處理與 35°C 定溫下雌蜂壽命、或 15、30 及 35°C 定溫下雄蜂壽命間有顯著差異, 與 15~35°C 定溫下雌蜂致死寄

主總數、或取食致死寄主數間有顯著差異, 與 15、20、30 及 35°C 定溫下雌蜂寄生致死寄主數間有顯著差異, 及與 15 或 35°C 定溫下雌蜂一生寄生致死寄主數與取食致死寄主數之比例、或子代雌性比間均有顯著差異 (表四)。

### 四、溫度對釉小蜂日寄生型式與日取食型式之影響

由圖二所示異角釉小蜂日寄生型式中, 得知在不同溫度下該蜂羽化當日或次日即可產卵, 顯示該蜂無明顯的產卵前期; 但該蜂之產卵後期卻與溫度有關, 如在 15 與 20~35°C 定溫下, 供試雌蜂在死亡前 9 與 3~5 日即無產卵能力, 而 25°C 下發育之第一日齡成蜂, 分別移至 30 與 35°C 下, 雌蜂之產卵後期僅 1~2 日。另異角釉小蜂日寄生型式亦依溫度而異。如在 15、20、25 及 30°C 定溫時第一日齡雌蜂之寄生寄主數雖僅各 0.2、1.4、3.5 及 0.1 隻, 但至第二日齡或第三日齡後即明顯增加, 其中 25°C 處理者之寄生高峰期可維持 18 日, 期間內每日寄生寄主數為 7.9~14.2 隻; 而 15、20 及 30°C 處理者之寄生高峰期不僅各縮短為 7、9 及 5 日, 同時期間內每日寄生寄主數亦各減少為 0.6~1.8、3.8~5.8 及 5.9~9.1 隻。至於 25°C 下發育之第一日齡成蜂, 分別移至 30 與 35°C 下, 其第一日齡之寄生寄主數各為



圖一 溫度與異角釉小蜂致死寄主數及其子代雌性比之關係。

Fig. 1. Relationship between temperature and number of hosts killed by *Hemiptarsenus varicornis* and its female progeny ratio.

2.3 與 10.8 隻，除前者與 25°C 定溫時近似外，兩者均較 15~35°C 定溫時為多；另兩者各自第四與第二日齡後各維持長達 21 與 16 日之寄生高峰期，期間內每日寄生寄主數各為 7.6~

18.3 與 8.5~24.8 隻，亦較 15~35°C 定溫時為多。

由圖二所示異角釉小蜂日取食寄主型式中，得知在 15 或 20~35°C 定溫下該蜂自羽化

表四 不同溫度下異角釉小蜂之壽命、致死寄主能力及子代雌性比<sup>1,2)</sup>

Table 4. Longevity, host-killing capability, and female progeny ratio of *Hemiptarsenus varicornis* at various temperatures<sup>1,2)</sup>

Temp. (°C)	n	Longevity (d)		No. hosts killed/♀			Female progeny ratio (♀/(♀ + ♂))	
		Female	Male	Parasitized (A)	Host-feeding (B)	Total		
15	5	15 ± 2c	9 ± 1b	9 ± 1bc	30 ± 7de	39 ± 7de	0.3 ± 0.1b	0.44 ± 0.03b
20	5	17 ± 3bc	11 ± 1ab	56 ± 10bc	99 ± 18cd	154 ± 27cd	0.6 ± 0.1a	0.64 ± 0.02a
25	11	22 ± 2a	14 ± 1a	210 ± 19a	287 ± 21b	497 ± 38b	0.7 ± 0.0a	0.62 ± 0.02a
30	12	13 ± 1c	9 ± 1b	57 ± 7b	103 ± 14c	160 ± 19c	0.6 ± 0.1a	0.64 ± 0.04a
35	12	8 ± 1d	7 ± 1c	10 ± 3c	30 ± 4e	40 ± 7e	0.3 ± 0.1b	0.00 ± 0.00c
25-30 <sup>3)</sup>	10	21 ± 2ab	12 ± 1a	235 ± 26a	376 ± 36a	611 ± 58a	0.6 ± 0.1a	0.58 ± 0.04a
25-35 <sup>3)</sup>	5	20 ± 1abc	13 ± 1a	245 ± 39a	406 ± 16a	651 ± 35a	0.7 ± 0.1a	0.63 ± 0.01a

<sup>1)</sup> One pair of adults was provided with 40-50 third-instar larvae of *Liriomyza trifolii* daily and reared at a given temperature with photoperiod of 14:10 (L:D) and 65-85% RH.

<sup>2)</sup> Means ( $\bar{x} \pm SE$ ) in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD.

<sup>3)</sup> Reared and emerged at 25°C, then transferred to 30 or 35°C for the parasitism and feeding tests.

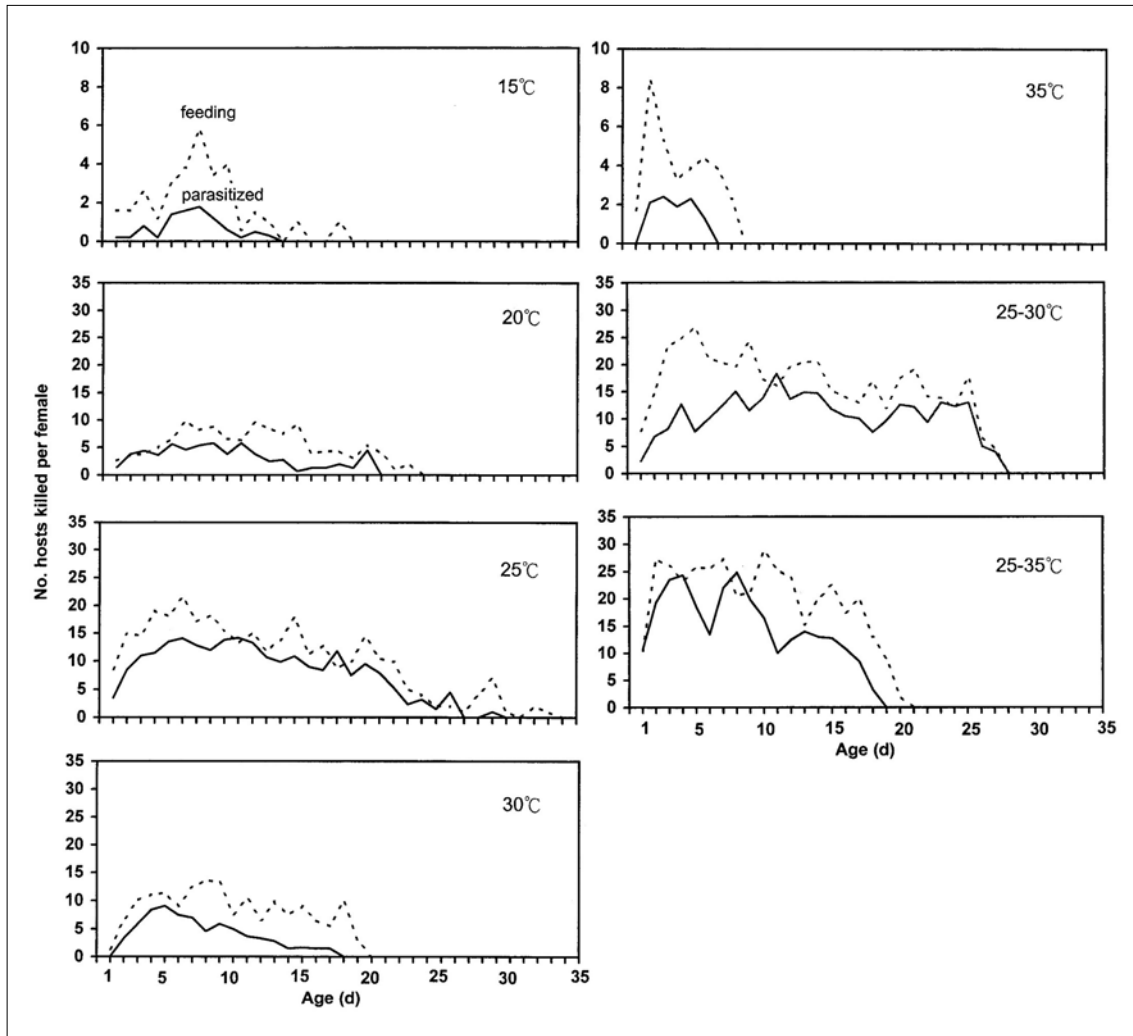
至死亡前 4 或 1~2 日，不但每日均有取食寄主之行為，且其取食寄主數大於寄生寄主數。至於雌蜂日取食寄主型式依溫度而異。如在 15、20、25、30 及 35°C 時，第一或第二日齡雌蜂之取食寄主數雖僅各 1.6、2.6、8.5、1.3 及 1.7 隻，但至第二或第三日齡後即明顯增加，其中 20、25 及 30°C 處理者可各維持 19、20 及 17 日之取食高峰期，期間每日各取食寄主 3.0~9.8、8.8~18.2 及 5.5~13.6 隻，而 15 與 35°C 者之取食高峰期不僅各縮短為 7 與 6 日，同時期間內每日各取食寄主數亦減少為 2.6~5.8 與 3.3~8.4 隻。至於 25°C 下發育之第一日齡成蜂，分別移至 30 與 35°C 下，其第一日齡之取食寄主數各為 7.8 與 10.5 隻，除前者與 25°C 定溫時近似外，兩者均較 15~35°C 定溫時為多；兩者自第二日齡後不僅各維持長達 24 與 17 日之取食高峰期，同時期間內每日取食寄主數各為 12.0~26.9 與 13.0~28.8 隻，亦較 15~35°C 定溫時為多。

#### 五、溫度對釉小蜂齡別生命表之影響

異角釉小蜂族群之增長，在 15~30°C 定溫時係隨溫度之上升而增加，如其每日內在增殖率在 15、20、25 及 30°C 時，各為 0.0212、0.1287、0.2337 及 0.2733 (表五)，顯示 30°C 為該蜂族群增長最快之溫度。但由該蜂淨增殖值觀之，在 15、20、25、30 及 35°C 時，各為 4、34、121、30 及 0 隻雌蜂/雌蜂 (表五)，顯示 25°C 為該蜂族群增長最適之溫度，而 35°C 時將導致該蜂族群崩潰無存。該蜂之齡別終極增殖率、齡別淨增殖率及齡別存活率等雖與溫度有關，但就彼等之曲線型式而言，前兩者之型式在 20~30°C 各處理間均相似，而與在 15°C 處理間不一；至於齡別存活率之曲線型式，15~30°C 各處理間均相似 (圖三)。

#### 六、溫度與食物對成蜂壽命之影響

異角釉小蜂在 15~35°C 定溫、無寄主供應、而僅以未稀釋蜂蜜餵食時，雌、雄蜂壽命均隨溫度之上升而縮短，呈直線迴歸關係 (雌者為  $\hat{y} = -1.9983x + 68.183$ ,  $R^2 = 0.8807$ ; 雄者為  $\hat{y} = -1.9168x + 64.707$ ,  $R^2 = 0.866$ )



圖二 不同溫度下異角釉小蜂之日寄生與日取食寄主型式。

Fig. 2. Daily parasitization and host feeding patterns of *Hemiptarsenus varicornis* at various temperatures (25-30°C and 25-35°C is wasps reared at 25°C during the immature stage and then transferred to 30 or 35°C for the parasitism and feeding tests).

(圖四)，其中壽命最長者為 15°C 時，雌、雄蜂壽命之實測值各為 44.7 與 42.3 日，估測值各為 38.2 與 36.0 日；壽命最長者為 35°C 時，雌、雄蜂壽命之實測值雖各為 1.6 與 1.5 日，但在 34°C 時雌、雄蜂壽命之估測值卻均為 0 日。在 15~35°C 定溫、每日供應 40~50 隻寄主第三齡幼蟲與未稀釋蜂蜜時，異角釉小蜂

雌、雄蜂壽命與溫度間均呈二次迴歸關係 (雌蜂壽命為  $\hat{y} = -0.0801x^2 + 3.6201x - 21.57$ ,  $R^2 = 0.5002$ ；雄蜂壽命為  $\hat{y} = -0.0498x^2 + 2.3561x - 15.162$ ,  $R^2 = 0.4901$ ) (圖四)。如在 15、20、25、30 及 35°C 定溫時，雌蜂壽命之實測值各為 15、17、22、13 及 8 日 (表四)，最大估測值為 22.6°C 時之 19.3 日；雄蜂壽命



表五 不同定溫下異角釉小蜂之族群介量

Table 5. Population parameters of *Hemiptarsenus varicornis* at various constant temperatures

Temp. (°C)	$r^{1)}$	$\lambda^{1)}$	$Ro^{1)}$	$T^{1)}$
15	0.0212	1.0214	4	59.45
20	0.1287	1.1374	34	27.49
25	0.2337	1.2633	121	20.52
30	0.2733	1.3142	30	12.47
35	-	-	0	-

<sup>1)</sup>  $r$ , intrinsic rate of increase ( $d^{-1}$ );  $\lambda$ , finite rate of increase ( $d^{-1}$ );  $Ro$ , net reproduction rate (female wasps /♀);  $T$ , mean generation time (d).

之實測值各為 9、11、14、9 及 7 日 (表四)，最大估測值為 23.7°C 時之 12.6 日。另在 25°C 定溫、不餵食或僅餵食水時，雌蜂壽命為 2.0~3.0 日，雄蜂壽命為 1.8~2.5 日。

## 討論與結論

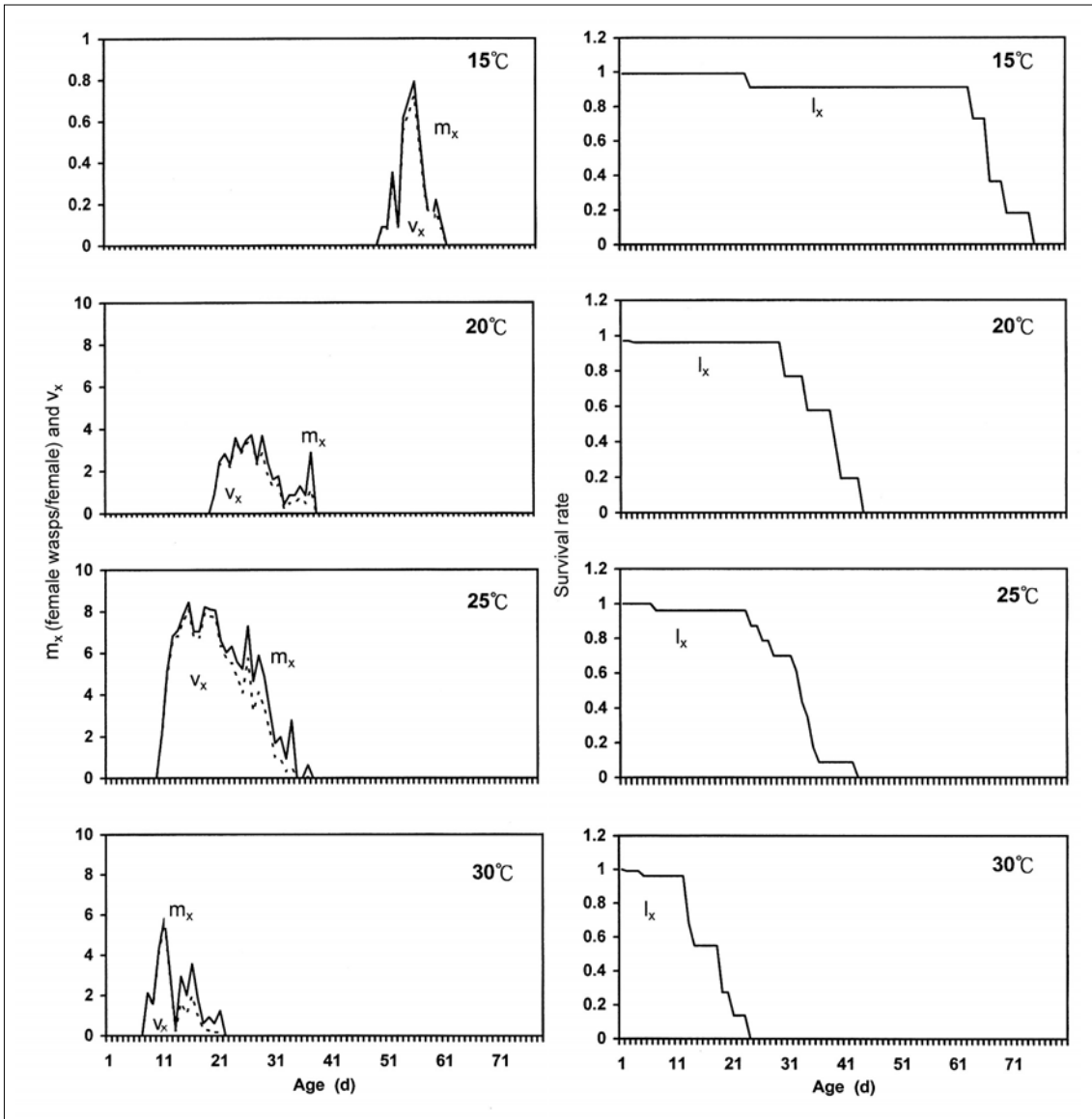
### 一、溫度對異角釉小蜂發生之影響

Campbell *et al.* (1974) 曾就蚜蟲與其寄生蜂兩者之發育臨界低溫加以比較，認為寄生蜂為適應生存，其發育臨界低溫較寄主高，但這種現象亦影響寄生蜂與寄主之同律性。Chien and Ku (1996) 報導非洲菊斑潛蠅卵至成蟲期之發育臨界低溫與發育有效積溫各為 8.7°C 與 294 日度，該蠅發育之適溫帶為 20~35°C。而本試驗結果得知，異角釉小蜂卵至成蟲期之發育臨界低溫與發育有效積溫各為 11.97°C 與 152 日度，發育適溫帶為 15~35°C。相較之下異角釉小蜂卵至成蟲期之發育臨界低溫雖較寄主高 3.27°C，但其發育有效積溫卻僅為寄主之 51.7%，同時其發育適溫帶亦較寄主為寬。另參照中央氣象局 1897~1997 年間發布臺北、新竹及臺中地區 12 至 2 月冬季之月平均最低溫為 11.7~14.3°C，臺南與高雄 6 至 8 月夏季之月平均最高溫各為 32.0~32.6°C 與 31.3~37.6°C，因而顯見非洲菊斑潛蠅與異角釉小蜂不但均可在臺

灣地區終年發生，且兩者間之同律性亦不受當地溫度之影響。

### 二、溫度對異角釉小蜂致死寄主能力之影響

本試驗比較異角釉小蜂在 15、20、25、30 及 35°C 五種不同定溫下發育、生殖，或先在 25°C 發育、再移至 30 與 35°C 高溫下生殖，兩者對致死寄主能力之差異。結果得知在定溫情況下，21~30°C 為異角釉小蜂致死非洲菊斑潛蠅之適溫範圍，當每日供應 40~50 隻寄主第三齡幼蟲時，該蜂致死寄主總數之估測值為 303~372 隻，其間 25.4°C 為其最適溫度，致死寄主能力高達 372 隻；而 15 與 35°C 則不利該蜂對寄主之致死能力，不論估測或實測之致死寄主數均各銳減為 22~71 或 39~40 隻。但在非定溫情況下，將 25°C 定溫下發育之成蜂，分別移至 30 與 35°C，該蜂一生致死寄主總數之實測值竟高達 611 與 651 隻。顯示固定之 15°C 低溫或 35°C 高溫均不適異角釉小蜂對寄主之致死力，但若在 25°C 下繁殖之異角釉小蜂移至 30 或 35°C 時，該蜂不但可發揮其寄生寄主之高致死力，甚至因溫度之升高而顯著增加其取食致死寄主之潛能。其間之差異或可推論 30 與 35°C 高溫對異角釉小蜂致死寄主能力之影響，並非在雌蜂其寄生或取食寄主之行為，但是否影響該蜂未成熟期卵巢之發育，尚待進一步試



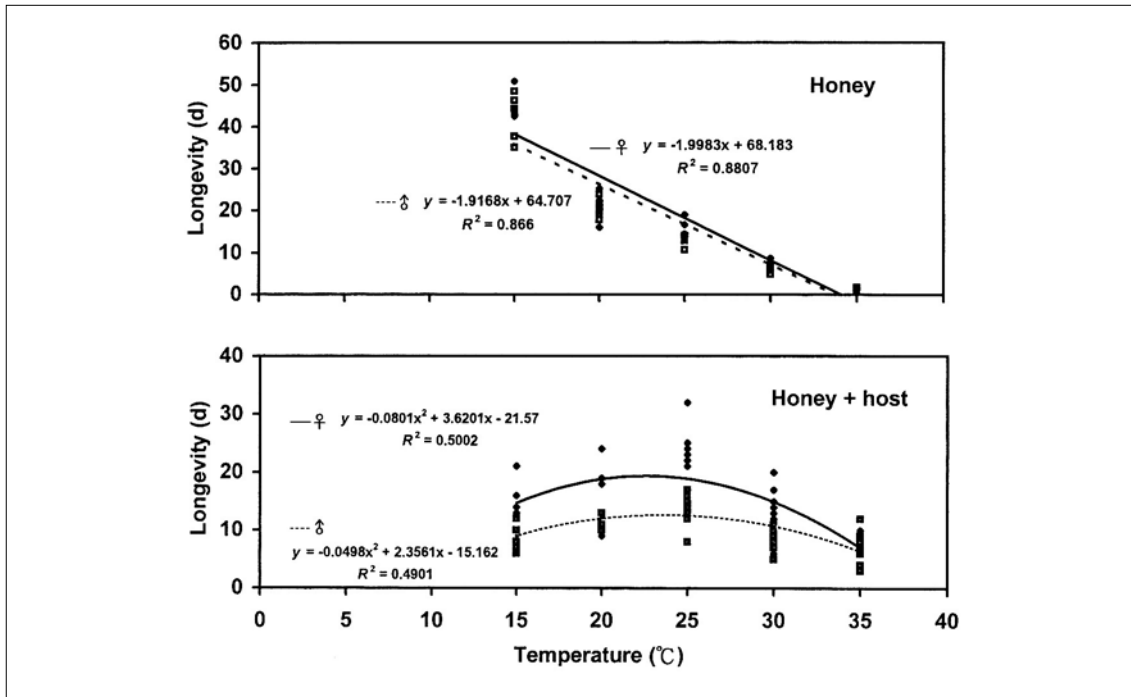
圖三 不同定溫下異角釉小蜂之繁殖率 ( $m_x$ )、淨增值 ( $v_x = l_x m_x$ ) 及齡別存活率 ( $l_x$ )。

Fig. 3. Age-specific fecundity rate ( $m_x$ ), distribution of net maternity value ( $v_x = l_x m_x$ ), and survival rate ( $l_x$ ) of *Hemiptarsenus varicornis* at various constant temperatures.

驗。不過此項特質對於異角釉小蜂在溫、網室高溫下，以生物藥劑釋放方式防治非洲菊斑潛蠅時仍有利用之處。至於晝夜變溫對異角釉小蜂活動、生殖及致死寄主能力之影響，仍待觀察。

### 三、溫度對異角釉小蜂族群增長與抑制寄主族群能力之影響

一般生物防治時寄生蜂之內在增殖率常被要求需較寄主高或相當。可是當寄生蜂之內在增殖率雖較寄主低，但其另具取食寄主或殘



圖四 供應蜂蜜或蜂蜜加寄主幼蟲時異角釉小蜂壽命與溫度之關係。

Fig. 4. Relationship between temperature and longevity of *Hemiptarsenus varicornis* provided with either honey or honey plus larvae of *Liriomyza trifolii*.

害寄主 (host mutilation) 之能力時，仍可視為好的生物防治因子 (Huffaker *et al.*, 1977)。Chien and Ku (1996) 報導非洲菊斑潛蠅族群之增長在 12~35°C 時係隨溫度之上升而增加，其雌蠅每日內在增殖率在 12、15、20、25、30 及 35°C 時，各為 -0.0088、-0.0004、0.1562、0.2183、0.2529 及 0.3053。本試驗結果得知，異角釉小蜂族群之增長在 15~30°C 時係隨溫度之上升而增加，其雌蜂每日內在增殖率在 15、20、25 及 30°C 時，各為 0.0212、0.1287、0.2337 及 0.2733，與寄主雌蠅之每日內在增殖率相較，其值除 20°C 時略小於寄主外，在其餘溫度下均較寄主為高。另外就異角釉小蜂抑制寄主潛能方面，由於該蜂致死寄主方式有寄生與取食寄主兩項，其中其取食寄主能力更甚於寄生寄

主能力，如雌蜂一生寄生致死寄主數與取食致死寄主數之實測比例，在 15~30°C 時為 0.3~0.7:1。因而不論自害蟲與寄生蜂間之族群增長或寄生蜂抑制寄主能力，均顯示異角釉小蜂在 15~30°C 時對寄主族群確有強勢之抑制力，為非洲菊斑潛蠅之有效寄生蜂；僅在 34~35°C 時，由於其子代雌性比之估測值為 0.16~0.05，此現象不但利異角釉小蜂族群之增長，甚至當該蜂面臨近 35°C 持續高溫時，將造成其族群之崩解，進而減弱或瓦解該蜂對寄主族群之抑制力。

#### 四、溫度與食物對成蜂壽命之影響

寄生性膜翅目成蜂之食物可分寄主性食物 (host food) 與非寄主性食物 (non-host food) 兩大類，前者主要係寄主體液，為寄生

蜂卵形成時所必需之營養；而後者則多屬醱類食物，為寄生蜂活動、維生所必需之養分 (Chien and Ku, 1994)。本試驗結果得知，異角釉小蜂壽命除受溫度影響外，亦受其寄主體液與蜂蜜之影響。在 25°C 定溫、不餵食或餵水時，雌、雄蜂壽命甚短，均僅 2~3 日；若每日僅以未稀釋蜂蜜餵食或同時供應未稀釋蜂蜜與寄主，在 15~20°C 時兩者雌蜂壽命各達 28.2~38.2 與 14.7~18.8 日，雄蜂壽命各達 26.4~36.0 與 9.0~12.0 日，而在 30~33°C 時兩者雌蜂壽命各達 2.2~8.2 或 10.7~15.0 日，雄蜂壽命各達 1.5~7.2 或 8.4~10.7 日。顯示異角釉小蜂在 15~20°C 低溫時，確可因未稀釋蜂蜜之供食與無產卵活動之消耗，使得雌、雄蜂壽命較有寄主存在時各延長 1.5~2.6 與 2.2~4.0 倍，但在 30~33°C 高溫時，異角釉小蜂卻可由取食寄主體液獲得之營養，使得雌、雄蜂壽命較無寄主存在時各延長 1.8~4.9 與 1.5~5.6 倍。因此建議當異角釉小蜂成蜂貯存、繁殖及田間應用時，均可考慮以純蜂蜜供食，除可直接延長成蜂壽命外，間接亦促進其族群增長與致死寄主能力之增強。

##### 五、異角釉小蜂大量繁殖時之條件

進行害蟲生物防治時，為提供適時適量之寄生蜂，因而寄生蜂之大量繁殖與貯存技術即成為害蟲生物防治中必備之條件。有關異角釉小蜂之接蜂方法、寄主植物、對寄主齡期偏好性、生活史、接蜂空間及寄生蜂與寄主之適當繁殖比例等已有報導 (Chien and Ku, 2001a, b, 2002)。今由本試驗結果得知，30°C 雖為異角釉小蜂族群增長之最快溫度，但 25°C 卻為該蜂繁殖之最適溫度。至於異角釉小蜂貯存技術之開發，本試驗初步結果僅知雌蜂在 15°C 下餵食純蜂蜜，其壽命可顯著延長達

38 日，至於該蜂最適之貯存蟲期、溫度、期限及該蜂在貯存時是否具有控制卵巢發育之機制等，仍待探討。

## 誌 謝

本研究承行政院農業委員會 82 科技-1.3-糧-23(7) 計畫補助部分經費，試驗期間承李佳靜小姐協助飼蟲，謹此一併致謝。

## 引用文獻

- Birch, L. C.** 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *J. Anim. Ecol.* 17: 15-26.
- Boucek, Z.** 1988. Australasian Chalcidoidea (Hymenoptera). C.A.B. International, London. 832 pp.
- 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.
- Chien, C. C., Y. I. Chu, and S. C. Ku.** 1994. Influence of food on longevity, egg production and population increase of the eulophid wasp, *Tamarixia radiate*. *Plant Prot. Bull.* 36: 97-105 (in Chinese with English summary).
- Chien, C. C., and S. C. Ku.** 1996. Morphology, life history and reproductive ability of *Liriomyza trifolii*. *J. Agric. Res. China* 45: 69-88 (in Chinese with English summary).
- Chien, C. C., and S. C. Ku.** 1998. The occurrence of *Liriomyza trifolii* and

- its parasitoids on fields of *Gerbera jamesonii*. Chinese J. Entomol. 18: 187-197 (in Chinese with English summary).
- Chien, C. C., and S. C. Ku.** 2001a. Instar preference of five species of parasitoids of *Liriomyza trifolii* (Hymenoptera: Eulophidae, Braconidae). Formosan Entomol. 21: 89-97 (in Chinese with English summary).
- Chien, C. C., and S. C. Ku.** 2001b. Appearance and life history of *Hemiptarsenus varicornis* (Hymenoptera: Eulophidae). Formosan Entomol. 21: 247-255 (in Chinese with English summary).
- Chien, C. C., and S. C. Ku.** 2002. Intraspecific competition of two species of parasitoids (Hymenoptera: Eulophidae) of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). Formosan Entomol. 22: 279-290 (in Chinese with English summary).
- Del, B. G.** 1989. Natural enemies of *Liriomyza trifolii* (Burgess), *Chromatomyia horticola* (Goureau) and *Chromatomyia syngenesiae* Hardy (Diptera: Agromyzidae) in Tuscany. Redia 72: 529-544.
- Huffaker, C. B., R. F. Luck, and P. S. Messenger.** 1977. The ecological basis of biological control. pp. 560-586. Proceedings of the 15<sup>th</sup> International Congress of Entomology. Washington. 1976.
- Kerrich, G. J.** 1968. Systematic studies on Eulophid parasites (Hymenoptera: Chalcidoidea), mostly of coffee leafminers in Africa. Bull. Entomol. Res. 59: 195-228.
- Lee, H. S.** 1990. Differences in injury of *Liriomyza bryoniae* (Kalt) on crops and the influence of host plants to the parasitoids. Chinese J. Entomol. 10: 409-418 (in Chinese with English summary).
- Lin, F. C., and C. L. Wang.** 1992. The occurrence of parasitoids of *Liriomyza trifolii* (Burgess) in Taiwan. Chinese J. Entomol. 12: 247-257 (in Chinese with English summary).
- Minkenberg, O. P. J. M., and J. C. van Lenteren.** 1986. The leafminers *Liriomyza bryoniae* and *L. trifolii* (Diptera: Agromyzidae), their parasites and host plants: a review. Agric. Univ. Wageningen Papers 86-2. 50 pp.
- Murphy, S. T., and J. LaSalle.** 1999. Balancing biological control strategies in the IPM of New World invasive *Liriomyza* leafminers in field vegetable crops. Biocontrol News Info. 20: 91-104.
- Neter, J., and W. Wasserman.** 1974. Applied linear statistical models. Vol. I. Regression: 291-292. Richard, D. Irwin, London.
- Vercambre, B., and A. Thiery.** 1983. Donneés bio-écologiques sur *Liriomyza trifolii* Burgess (Dipt., Agromyzidae) et de son principal parasite

*Hemiptarsenus semialbiclava* Girault  
(Hym., Eulophidae). 9th Africa Hort.  
Symp., Les Seychelles.

**Zeng, L., W. Zhang, and J. Wu.** 1999.  
Preliminary studies on the parasitoids of *Lirionmyza sativae* Blanchard

(Diptera: Agromyzidae) in Guangdong. Nat. Enemies Insects 21(3): 113-116.

收件日期：2004年1月16日

接受日期：2004年3月20日

# Influence of Temperature on Both Population Increase and Host-killing Capability of *Hemiptarsenus varicornis* (Hymenoptera: Eulophidae)

Ching-Chin Chien\* and Shu-Chen Chang Department of Applied Zoology, Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Wufeng, Taichung 413, Taiwan

Shiu-Chih Ku Department of Zoology, National Museum of Natural Science, Taichung 404, Taiwan

## ABSTRACT

The influence of temperature on both population increase and host-killing capability of *Hemiptarsenus varicornis* (Girault) was studied at 10, 15, 20, 25, 30, and 35°C. *H. varicornis* completed their development between 15 and 35°C. In this temperature range, its survival rate and development period from egg to adult was 90.9-96.3% and 7.0-54.0 days, respectively. But its hatch rate was 0% at 10°C. A lower developmental threshold was estimated to be 11.97°C for development from egg to adult. *H. varicornis* required 16, 46, 9, 81, and 152°C-days, respectively, to complete the egg, larval, prepupal, pupal, and egg to adult stages. When 40-50 third-instar larvae of *Liriomyza trifolii* (Burgess) were provided daily for a pair of *H. varicornis* between 15-35°C at 5°C intervals, the relationship between temperature and the total number of hosts killed formed a quadratic regression. Accordingly, the maximum number of hosts killed was estimated to be 372 at 25.4°C; However, when wasps reared at 25°C during the immature stages were then transferred to 30 or 35°C after emergence, the parasitism and feeding tests showed total numbers of hosts killed of 611 and 651 larvae, respectively. The relationship between temperature and the ratio of number of lifetime host parasitized over lifetime host feeding fitted to a quadratic regression, as was the relationship between temperature and the female progeny ratio. The estimated maximum values of the former ratio and the latter one were 0.72:1 at 24.9°C and 0.71 at 23.8°C, respectively. At 25°C, the intrinsic rate of increase ( $r$ ), net reproductive rate ( $R_0$ ), and mean generation time ( $T$ ) were 0.2337/day, 121 female wasps/female, and 20.52 days, respectively. When adults were fed daily with pure honey only between 15 and 35°C, the relationship between temperature and longevity of females or males showed a linear regression and the estimated maximum longevity of females and males was 38 and 36 days at 15°C, respectively. For those fed pure honey and provided with hosts, the relationship between temperature and longevity of females or males formed a quadratic regression, and the estimated maximum longevity of females and males was 19 days at 22.6°C and 13 days at 23.7°C, respectively.

**Key words:** *Hemiptarsenus varicornis*, *Liriomyza trifolii*, temperature, population increase, host-killing capability