

寄主與溫度對臺潛蠅繭蜂 (*Opius caricivora*) (膜翅目：小繭蜂科) 族群增長與寄生能力之影響¹

錢景秦^{2,3} 張淑貞²

摘 要

錢景秦、張淑貞。2012。寄主與溫度對臺潛蠅繭蜂 (*Opius caricivora*) (膜翅目：小繭蜂科) 族群增長與寄生能力之影響。台灣農業研究 61:172-185。

以二種寄主南美斑潛蠅 [*Liriomyza huidobrensis* (Blanchard)]、蔬菜斑潛蠅 (*Liriomyza sativae* Blanchard) 及 6 個溫度 10、15、20、25、30 及 35°C 進行其對臺潛蠅繭蜂 (*Opius caricivora* Fischer) 族群增長與寄生能力之研究。得知該蜂發育溫度受寄主種類之影響，寄主為南美斑潛蠅時，適溫帶為 10-25°C，其間該蜂卵至蛹期之存活率為 62.6-91.2%，發育日數為 15.5-82.6 日。寄主為蔬菜斑潛蠅時適溫帶為 10-30°C，其間該蜂卵至蛹期之存活率為 52.5-89.0%，發育日數為 11.4-81.0 日。在這二種寄主上，該蜂卵至蛹期之發育臨界低溫各為 7.03°C 與 7.61°C。當寄主為南美斑潛蠅時，該蜂卵、幼蟲、前蛹、蛹及卵至蛹期之發育有效積溫各為 40、88、36、125 及 286 日度；若寄主為蔬菜斑潛蠅時，則各為 36、83、31、112 及 263 日度。該蜂一生寄生南美斑潛蠅總數於 10、15、20 及 25°C 定溫下各為 10、156、146 及 259 隻，寄生蔬菜斑潛蠅總數於 10、15、20、25 及 30°C 定溫下各為 18、171、257、277 及 216 隻。在 25°C 下當寄主各為南美斑潛蠅與蔬菜斑潛蠅時，雌蜂每日內在增殖率 (r_m) 各為 0.1874 與 0.2223，每世代每雌淨增殖率 (R_0) 各為 116.413 隻雌蜂與 152.113 隻雌蜂，平均世代時間 (T) 各為 25.38 日與 22.60 日。於 10-35°C 定溫、每日僅以蜂蜜餵食、無寄主供應時，雌、雄蜂壽命最長者各為 10°C 時之 108.4 日與 66.2 日，同時供應寄主蔬菜斑潛蠅與蜂蜜時，雌蜂壽命最長者為 20°C 時之 34.3 日，雄蜂壽命最長者為 10°C 時之 53.6 日。顯示臺潛蠅繭蜂因受限溫度對寄主發生之影響，在 15-25°C 時為南美斑潛蠅之有效寄生蜂，在 15-30°C 時為蔬菜斑潛蠅之有效寄生蜂。

關鍵詞：臺潛蠅繭蜂、南美斑潛蠅、蔬菜斑潛蠅、溫度、族群增長。

-
1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2659 號。接受日期：101 年 3 月 14 日。
 2. 本所應用動物組前研究員及助理研究員。台灣 台中市。
 3. 通訊作者，電子郵件：chien@tari.gov.tw；傳真機：(04)23317600。

前 言

臺灣蠅繭蜂 (*Opius caricivora* Fischer) 屬膜翅目 (Hymenoptera)、小繭蜂科 (Braconidae)、蠅繭蜂屬 (*Opius*)。分布於西舊北區、歐洲、東舊北區及東方等地 (Yu *et al.* 2009)。該蜂為多食性，在台灣寄生南美斑潛蠅 [*Liriomyza huidobrensis* (Blanchard)]、蔬菜斑潛蠅 (*Liriomyza sativae* Blanchard) (Chien & Chang unpublished data) 及非洲菊斑潛蠅 [*Liriomyza trifolii* (Burgess)] (Lin & Wang 1992; Chien & Ku 1998)。

臺灣蠅繭蜂寄生方式屬幼蟲至蛹單員內寄生 (Chien & Ku 2001; Yin *et al.* 2003)。其產卵方式屬共育寄生 (koinobiont) (Chien & Ku 2001)。該蜂交尾與否對生育力無影響，雌蜂有取食寄主現象卻不致死寄主，雌蜂產卵數、過寄生率及對寄主之利用率均顯著受寄主蔬菜斑潛蠅密度影響 (Chien & Chang 2012a)。25°C 下寄主種類 (南美斑潛蠅、蔬菜斑潛蠅及非洲菊斑潛蠅) 對該蜂之發育期與存活率均無顯著影響，雌蜂雖均可在三種寄主不同齡期上產卵，但均顯著偏好產卵於寄主第二與三齡幼蟲，成蜂體型大小雖不受寄主齡期影響，但子蜂數與子代雌性比卻受寄主齡期影響，寄生第一齡寄主者其子蜂數顯著較寄生第二、三齡寄主者減少 24.4–32.8%，子代雌性比顯著較寄生第二、三齡寄主者減少 19.6–35.2% (Chien & Chang 2012b)。

為深入瞭解寄主與溫度對臺灣蠅繭蜂齡別生命表、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

寄主植物、寄主害蟲及寄生蜂之飼育

本試驗所用之南美斑潛蠅與蔬菜斑潛蠅蟲源、寄主植物菜豆 (*Phaseolus vulgaris* var. *com-*

munis Aeschers) 苗及寄主南美斑潛蠅與蔬菜斑潛蠅之繁殖方法係參照 Chien & Chang (2007, 2008a) 所述。臺灣蠅繭蜂之蟲源與繁殖方法則參照 Chien & Chang (2012a, 2012b) 所述，即以帶有第三齡蔬菜斑潛蠅幼蟲潛食之罐插菜豆苗繁殖臺灣蠅繭蜂。

寄主與溫度對臺灣蠅繭蜂發育之影響

由於寄生蜂各蟲期發育時間短，為確實瞭解不同寄主與溫度下臺灣蠅繭蜂之發育，乃利用在 25°C 下雌蜂 2 小時內所產下之同齡蜂卵為試材。當研究臺灣蠅繭蜂齡別生命表時，由於需以日齡為準，乃利用在 25°C 下雌蜂 24 小時內所產下之同齡蜂卵為試材。試驗進行中首先參照 Chien & Ku (2001) 之方法，以帶有第三齡南美斑潛蠅、或蔬菜斑潛蠅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 30–50 粒二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在不同寄主上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，則觀察在不同溫度與寄主處理下之一代發育期與存活率，以供後項估算該蜂齡別生命表所需之資料。其中存活率試驗每處理觀察 30–50 粒卵，各做 3–5 重複，發育期試驗各觀察 28–114 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。

寄主與溫度對臺灣蠅繭蜂生育力之影響

在南美斑潛蠅與蔬菜斑潛蠅上，分別測試溫度對臺灣蠅繭蜂寄生能力與子代雌性比之影響，其方法係採用臺灣蠅繭蜂卵在 15、20、25 及 30°C 不同定溫下發育、正常羽化之 0 日齡成蜂，各取 1 對置入直徑 12 cm、高 21 cm 之玻璃筒，然後再置入各原有不同溫度處理之定溫箱內。每日早上 7 點，各處理除以細毛

筆將蜂蜜塗於玻璃筒內壁，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，於接蜂後次日下午收集所有寄主蠅蛹，14 日後再記錄自寄主蠅蛹羽化之雌蜂與雄蜂數及雌性比 [$\frac{\text{♀}}{\text{♀} + \text{♂}}$]。每處理各進行 8–17 重複。

臺灣蠅蛹蜂之齡別生命表

參照 Chien & Chang (2008b) 之方法，利用前項試驗各得之 24 小時內同齡蜂卵在不同溫度與寄主處理中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寄主與定溫下之族群介量，如內在增殖率 (intrinsic rate of increase, r_m)，終極增殖率 (finite rate of increase, λ)、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 8–17 重複。

溫度與食物對成蜂壽命之影響

試驗分二種方式進行，即在無寄主或有寄主供應下，測試不同溫度下食物存在與否對成蜂壽命之影響。無寄主處理組之試驗方法，係將於 25°C 下初羽化之 10 對成蜂引入高 7 cm、直徑 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，分別餵以蜂蜜或水，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 10、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，則係利用上項試驗之結果，即成蜂在 10、15、20、25 及 30°C 等不同溫度下，每日供應蔬菜斑潛蠅寄主且餵食蜂蜜時，測試溫度對其壽命之影響。各進行 8–17 重複。

統計分析

各項處理之試驗資料利用 SAS-EG (SAS Enterprise Guide) 4.1 版本統計分析軟體先進行變方分析 (analysis of variance, ANOVA)，再以最小顯著差異性 (least significant difference, LSD) 測驗，在 5% 顯著水準下比較處理間平均值之差異。若遇百分率時，資料先進行角度轉換 (arcsine transformation)，再進行分析。尚利用迴歸分析法，顯示寄生蜂各蟲期發育速率 (y) 與溫度 (x) 之關係，並採 1% 之顯著水準進行迴歸之變異數分析。

結 果

寄主與溫度對臺灣蠅蛹蜂發育之影響

臺灣蠅蛹蜂卵至蛹期之存活率，不論寄主為南美斑潛蠅或蔬菜斑潛蠅，在 10°C 時各達 62.6% 與 52.5%，在 15–25°C 下各高達 79.2–91.2% 與 85.8–89.0% (表 1)。但在高溫時該蜂之發育卻因寄主而不同，30°C 下寄主為南美斑潛蠅時，蜂卵之孵化率為 0%；寄主為蔬菜斑潛蠅時，30°C 下蜂卵至蛹期之存活率仍達 67.4%，35°C 時蜂卵之孵化率才降為 30.4%，但幼蟲存活率為 0% (表 1)。

臺灣蠅蛹蜂不論寄生在南美斑潛蠅或蔬菜斑潛蠅，該蜂各蟲期之發育日數均隨溫度之升高而縮短 (表 2)；且其發育速率隨其發育適溫範圍內溫度之升高而增快，二者間呈直線迴歸關係 (表 3)，卵、幼蟲、前蛹、蛹及卵至蛹等蟲期之發育臨界低溫各為 7.92 與 8.85、7.78 與 8.32、5.80 與 6.84、5.88 與 6.45 及 7.03°C 與 7.61°C；發育有效積溫各為 40 與 36、88 與 83、36 與 31、125 與 112 及 286 日度與 263 日度 (表 3)。

寄主與溫度對臺灣蠅蛹蜂壽命與生育力之影響

由表 4 得知臺灣蠅蛹蜂每日供應 40–50 隻南美斑潛蠅寄主，雌蜂壽命在 15、20 及

表 1. 寄主與溫度對臺灣蠅繭蜂卵、幼蟲、前蛹、蛹及卵至蛹期存活率之影響

Table 1. Effect of host species and temperatures on the survival of egg, larval, prepupal, pupal and egg to pupal stages of *Opius caricivora*^z

Temp. (°C)	Survival (%) of the stages of <i>Opius caricivora</i>				
	Egg	Larva	Prepupa	Pupa	Egg to pupa
Host: <i>Liriomyza huidobrensis</i>					
10	95.8 ± 1.4 ^y	74.5 ± 4.1	97.4 ± 2.6	90.5 ± 1.5	62.6 ± 7.3
15	96.0 ± 1.2	95.5 ± 1.1	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	91.2 ± 3.0
20	100.0 ± 0.0	81.4 ± 3.3	99.1 ± 0.9	99.6 ± 0.4	80.3 ± 2.7
25	100.0 ± 0.0	79.2 ± 2.1	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	79.2 ± 2.1
30	0.0 ± 0.0	–	–	–	0.0 ± 0.0
Host: <i>Liriomyza sativae</i>					
10	91.3 ± 0.7	65.3 ± 5.4	94.6 ± 3.0	91.4 ± 2.8	52.5 ± 4.7
15	98.6 ± 1.4	94.4 ± 2.2	97.4 ± 1.6	94.6 ± 1.8	85.8 ± 4.2
20	97.5 ± 1.7	89.4 ± 1.0	100.0 ± 0.0	99.2 ± 0.8	86.4 ± 0.8
25	100.0 ± 0.0	89.0 ± 3.6	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	89.0 ± 3.6
30	100.0 ± 0.0	80.7 ± 4.1	92.1 ± 3.1	90.3 ± 2.3	67.4 ± 6.3
35	30.4 ± 1.7	0.0 ± 0.0	–	–	0.0 ± 0.0

^z The experiment was conducted with three to five replicates, 30–50 eggs/treatment.^y Values are mean ± standard error.

表 2. 寄主與溫度對臺灣蠅繭蜂卵、幼蟲、前蛹、蛹及卵至蛹期發育日數之影響

Table 2. Effect of host species and temperatures on duration of egg, larval, prepupal, pupal and egg to pupal stages of *Opius caricivora*

Temp. (°C)	Duration (d) of the stages of <i>Opius caricivora</i>									
	Egg		Larva		Prepupa		Pupa		Egg to pupa	
	<i>n</i>	Mean ± SEM ^z	<i>n</i>	Mean ± SEM	<i>n</i>	Mean ± SEM	<i>n</i>	Mean ± SEM	<i>n</i>	Mean ± SEM
Host: <i>Liriomyza huidobrensis</i>										
10	114	15.0 ± 0.0	109	28.2 ± 0.4	81	10.7 ± 1.3	78	28.7 ± 1.3	70	82.6 ± 1.3
15	50	5.7 ± 0.0	48	15.2 ± 0.6	46	3.4 ± 0.8	46	13.7 ± 0.5	46	38.0 ± 0.5
20	32	3.8 ± 0.0	28	7.0 ± 0.2	27	2.5 ± 0.2	27	9.0 ± 0.3	27	22.3 ± 0.1
25	35	2.2 ± 0.0	35	5.0 ± 0.0	30	1.9 ± 0.1	30	6.4 ± 0.1	30	15.5 ± 0.2
Host: <i>Liriomyza sativae</i>										
10	105	15.1 ± 0.1	96	28.0 ± 0.9	63	11.2 ± 0.7	60	26.7 ± 0.7	54	81.0 ± 0.1
15	30	5.8 ± 0.0	30	15.5 ± 1.0	28	3.1 ± 0.8	28	13.0 ± 0.6	28	37.4 ± 0.6
20	32	3.9 ± 0.0	32	7.4 ± 0.2	30	2.7 ± 0.1	30	9.0 ± 0.2	30	23.0 ± 0.4
25	42	2.2 ± 0.0	40	5.0 ± 0.0	37	1.7 ± 0.2	37	6.1 ± 0.2	37	15.0 ± 0.2
30	45	1.8 ± 0.0	45	3.7 ± 0.1	38	1.3 ± 0.1	36	4.6 ± 0.1	36	11.4 ± 0.2
35	39	1.3 ± 0.0	–	–	–	–	–	–	–	–

^z SEM: standard error of mean.

25°C時為 20.9–23.9 日，處理間無顯著差異，其中僅 25°C (20.9 日) 處理與 10°C (27.8 日) 處理間呈顯著差異；雄蜂壽命 10°C時最長

(46.6 日)，15°C與 20°C時次之 (28.4 日與 27.0 日)，25°C時最短 (18.5 日)，處理間呈顯著差異；雌、雄蜂壽命間之差異僅在 10°C時雄蜂

表 3. 二種寄主上臺灣蠅繭蜂未成熟期之發育速率、發育臨界低溫及發育有效積溫

Table 3. Linear regression of developmental rates, low developmental thresholds (°C), and degree-days (°C-days) required for immature stages of *Opius caricivora* on two host species

Stages of host	<i>Opius caricivora</i>				
	Linear regression model			Low developmental threshold ^y (Mean ± SEM) ^x	Degree-days ^y (Mean ± SEM)
	Intercept	Slope ^z	R ²		
Host: <i>Liriomyza huidobrensis</i> ^w					
Egg	-0.1980	0.0250**	0.9692	7.92 ± 0.73	40 ± 5
Larva	-0.0887	0.0114**	0.9759	7.78 ± 0.65	88 ± 10
Prepupa	-0.1631	0.0281**	0.9797	5.80 ± 0.57	36 ± 4
Pupa	-0.0470	0.0080**	0.9982	5.88 ± 0.35	125 ± 8
Egg to pupa	-0.0246	0.0035**	0.9949	7.03 ± 0.39	286 ± 20
Host: <i>Liriomyza sativae</i> ^w					
Egg	-0.2461	0.0278**	0.9800	8.85 ± 0.61	36 ± 3
Larva	-0.1007	0.0121**	0.9837	8.32 ± 0.52	83 ± 6
Prepupa	-0.2223	0.0325**	0.9741	6.84 ± 0.68	31 ± 3
Pupa	-0.0574	0.0089**	0.9909	6.45 ± 0.48	112 ± 8
Egg to pupa	-0.0289	0.0038**	0.9912	7.61 ± 0.46	263 ± 17

^z Denote significant difference at 1% level.

^y Estimated according to Campbell *et al.* (1974).

^x SEM: standard error of mean.

^w The developmental rates were surveyed from 10°C to 25°C on *L. huidobrensis*, and 10°C to 30°C on *L. sativae*.

壽命顯著較雌蜂長，其餘溫度下雌、雄蜂壽命間則無顯著差異。子蜂數在 25、15 與 20、10°C 時，各為 259、156 與 146、10 隻，處理間呈顯著差異；子代雌性比在 10、15、20 及 25°C 時，各為 0.03、0.46、0.59 及 0.52，其中除 20°C 與 25°C、25°C 與 15°C 處理間無顯著差異外，其餘處理間均呈顯著差異。

每日供應 40–50 隻蔬菜斑潛蠅寄主，雌蜂壽命在 20°C 時為 34.3 日，10、15 及 25°C 時為 20.3–23.1 日，30°C 時為 13.1 日，處理間呈顯著差異；雄蜂壽命在 10°C 下最長 (53.6 日)，其次為 20°C (29.6 日)，15°C 與 25°C 再次 (23.4 日與 21.4 日)，30°C 時最短 (10.6 日)，處理間呈顯著差異；雌、雄蜂壽命間僅在 10°C 時雄蜂壽命顯著較雌蜂長，其餘溫度雌、雄蜂間則無顯著差異。在 10、15、20、25 及 30°C 時，子蜂數各為 18、171、257、277 及 216 隻，子代雌性比各為 0.13、0.44、0.58、0.62 及 0.52，二者均除 25°C 與 20°C、20°C 與 30°C 處

理間無顯著差異外，其餘處理間均呈顯著差異 (表 4)。

寄主與溫度對臺灣蠅繭蜂日寄生型式之影響

由圖 1 所示臺灣蠅繭蜂日寄生型式中，得知雌蜂產卵前期無論寄主為南美斑潛蠅或蔬菜斑潛蠅，在 10°C 時均為 3 日，在 15–25°C 時均為 0–1 日；雌蜂產卵後期則視寄主而不同，寄主為南美斑潛蠅時在 10–25°C 為 2–5 日，寄主為蔬菜斑潛蠅時在 10°C 與 25°C 時各長達 16 日與 9 日，在 15、20 及 30°C 時各為 4、4 及 1 日。雌蜂產卵期與每日產卵數受溫度影響較大。當寄主為南美斑潛蠅，雌蜂在 10、15、20 及 25°C 下產卵期各為 34、28、23 及 25 日，每日產卵數各為 0.0–1.5、0.3–15.3、0.2–13.8 及 1.0–23.11 粒；當寄主為蔬菜斑潛蠅，雌蜂在 10、15 與 20、25、30°C 下產卵期各為 18、29 與 33、27、25 日，每日產卵數各為 0.0–2.7、0.0–18.5、0.3–28.8、0.1–24.6 粒。

表 4. 寄主與溫度對臺灣潛蠅繭蜂壽命、生育力及雌性比之影響

Table 4. Effect of host species and temperatures on longevity, fertility and female proportion of *Opius caricivora*^z

Temp. (°C)	n	Longevity (d) of wasp		No. progeny produced/female wasp	
		Female	Male	No. adults	Female proportion
Host: <i>Liriomyza huidobrensis</i>					
10	17	27.8 ± 2.7 Ba ^y	46.6 ± 2.1 Aa	10 ± 4 c	0.03 ± 0.02 c
15	11	23.5 ± 1.8 Aab	28.4 ± 1.8 Ab	156 ± 19 b	0.46 ± 0.04 b
20	12	23.9 ± 2.4 Aab	27.0 ± 2.1 Ab	146 ± 15 b	0.59 ± 0.03 a
25	15	20.9 ± 1.5 Ab	18.5 ± 2.4 Ac	259 ± 16 a	0.52 ± 0.03 ab
Host: <i>Liriomyza sativae</i>					
10	10	20.3 ± 2.4 Bb	53.6 ± 3.3 Aa	18 ± 4 d	0.13 ± 0.04 d
15	8	23.1 ± 2.6 Ab	23.4 ± 2.2 Ac	171 ± 17 c	0.44 ± 0.02 c
20	11	34.3 ± 2.6 Aa	29.6 ± 1.7 Ab	257 ± 21 ab	0.58 ± 0.02 ab
25	12	21.9 ± 1.9 Ab	21.4 ± 1.0 Ac	277 ± 16 a	0.62 ± 0.03 a
30	8	13.1 ± 2.1 Ac	10.6 ± 1.3 Ad	216 ± 28 bc	0.52 ± 0.04 bc

^z One pair of adults was provided daily with 40–50 third instars of *Liriomyza sativae* and honey and reared at a given temperature in a condition of 65–85% RH and 14L:10D photoperiod.

^y Mean ± standard error. Means within a column (in small letter) and within a row (in capital letter) of *L. huidobrensis* and *L. sativae* followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by LSD test.

寄主與溫度對臺灣潛蠅繭蜂齡別生命表之影響

由表 5 得知不論臺灣潛蠅繭蜂在寄主南美斑潛蠅於 10–25°C 定溫、或在寄主蔬菜斑潛蠅於 10–30°C 定溫時，該蜂族群之內在增殖率 (r_m) 與終極增殖率 (λ) 均隨溫度之上升而增加，平均世代時間 (T) 則均隨溫度之上升而縮短，顯示在寄主南美斑潛蠅或蔬菜斑潛蠅上，該蜂族群增長最大之溫度各為 25°C 與 30°C，此時雌蜂每日內在增殖率各為 0.1874 與 0.2281，族群每日終極增殖率各為 1.2061 倍與 1.2562 倍，平均世代時間各為 25.38 日與 19.15 日；但由該蜂淨增殖率 (R_0) 觀之，在寄主南美斑潛蠅上該蜂族群增長最適之溫度仍維持在 25°C，此時每一世代每雌蜂可增殖 116.413 隻雌蜂，在寄主蔬菜斑潛蠅上該蜂族群增長最適之溫度卻降為 20°C 與 25°C，此時每一世代每雌蜂可各增殖 128.469 隻與 152.113 隻雌蜂，族群每日終極增殖率各為 1.1602 倍與 1.2489 倍，平均世代時間各為 32.68 日與 22.60 日。

該蜂不論在寄主南美斑潛蠅或蔬菜斑潛蠅上，各自之齡別存活率 (l_x)、齡別繁殖率 (m_x) 及齡別淨增殖值 (v_x) 等雖與溫度有關，但就齡別存活率各處理均呈階梯形存活率曲線，至於齡別繁殖率與齡別淨增殖值彼等之曲線型式，當寄主為南美斑潛蠅時除 10°C 外，在 15、20 及 25°C 各處理間均相似 (圖 2)，當寄主為蔬菜斑潛蠅時，各溫度處理間均相似 (圖 3)。

溫度與食物對成蜂壽命之影響

由表 6 得知溫度與食物對成蜂壽命影響甚大。就溫度而言，每日僅以蜂蜜餵食，雌、雄蜂壽命均在 10°C 時最長，15°C 時次之，20°C 與 25°C 時再次，30°C 與 35°C 時最短，處理間呈顯著差異；但每日同時供應寄主蔬菜斑潛蠅與蜂蜜時，雌蜂壽命在 20°C 時最長，10、15 及 25°C 時次之，30°C 時最短，處理間呈顯著差異，雄蜂壽命則在 10°C 時最長，20°C 時次之，15°C 與 25°C 時再次，30°C 時最短，處理間呈顯著差異。

就食物而言，在相同溫度下，僅供應蜂

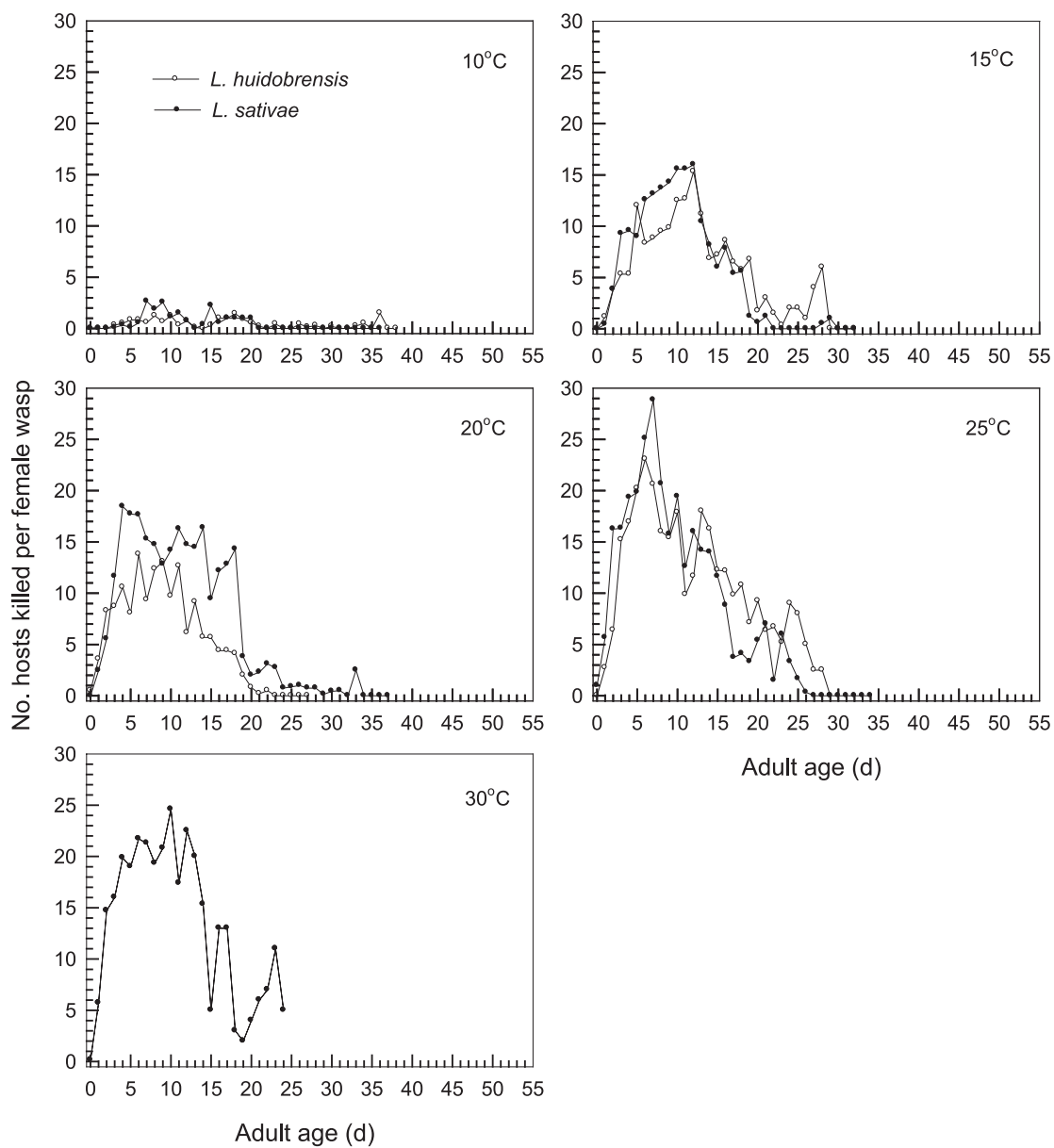


圖 1. 不同溫度下臺灣蠅繭蜂之日寄生寄主型式。

Fig. 1. Number of *Liriomyza huidobrensis* and *Liriomyza sativae* parasitized daily by *Opius caricivorae* at different temperatures.

蜜，或同時供應寄主蔬菜斑潛蠅與蜂蜜時，雌蜂壽命僅在 20°C 時，二種食物處理組間無顯著差異，在 10、15 及 25°C 時，雌蜂取

食蜂蜜者壽命各顯著較同時供應寄主蔬菜斑潛蠅與蜂蜜者各延長 4.3、3.6 及 0.6 倍，但 30°C 時，雌蜂取食蜂蜜者壽命卻顯著較同時

表 5. 寄主與溫度對臺灣潛蠅繭蜂族群介量之影響

Table 5. Effect of host species and temperatures on population parameters of *Opius caricivora*

Temp. (°C)	<i>Opius caricivora</i> ^z			
	r_m^y	λ^y	R_o^y	T^y
Host: <i>Liriomyza huidobrensis</i>				
10	-0.0144	0.9850	0.244	97.92
15	0.0859	1.0897	65.804	48.74
20	0.1401	1.1504	69.103	30.23
25	0.1874	1.2061	116.413	25.38
Host: <i>Liriomyza sativae</i>				
10	0.0012	1.0012	1.107	84.84
15	0.0873	1.0912	65.203	47.85
20	0.1486	1.1602	128.469	32.68
25	0.2223	1.2489	152.113	22.60
30	0.2281	1.2562	78.858	19.15

^z For the calculation of population parameters, the number of eggs that survived to adult was used as the age-specific fecundity.

^y r_m , intrinsic rate of increase (d^{-1}); λ , finite rate of increase (d^{-1}); R_o , net reproduction rate (female wasps/female); T , mean generation time (d).

表 6. 溫度與食物對臺灣潛蠅繭蜂壽命之影響

Table 6. Effect of temperature and food on longevity of *Opius caricivora*

Temp. (°C)	Longevity (d) of female wasp				Longevity (d) of male wasp			
	Honey ^z	Host + honey ^y	Water ^z	Ck (none) ^z	Honey ^z	Host + honey ^y	Water ^z	Ck (none) ^z
10	108.4 ± 6.0 Aa ^x	20.3 ± 2.4 Bb	–	–	66.2 ± 5.9 Aa	53.6 ± 3.3 Aa	–	–
15	100.9 ± 1.3 Ab	21.7 ± 2.6 Bb	–	–	47.7 ± 2.2 Ab	23.4 ± 2.2 Bc	–	–
20	43.0 ± 1.5 Ac	34.3 ± 2.6 Aa	–	–	21.7 ± 1.7 Bc	29.6 ± 1.7 Ab	–	–
25	35.9 ± 2.8 Ac	21.9 ± 1.9 Bb	8.4 ± 0.2 C	3.7 ± 0.1 C	27.2 ± 1.2 Ac	21.4 ± 1.0 Bc	3.9 ± 0.2 C	3.5 ± 0.2 C
30	2.2 ± 0.1 Bd	13.1 ± 2.1 Ac	–	–	2.3 ± 0.1 Bd	10.6 ± 1.3 Ad	–	–
35	1.7 ± 0.1 d	–	–	–	1.4 ± 0.1 d	–	–	–

^z Ten pairs of adult wasps were reared at a given temperature in a condition of 65–85% RH and 14L:10D photoperiod. There were five replicates per treatment.

^y One pair of adult wasps was provided daily with 40–50 third instars of *Liriomyza sativae* and honey and reared at a given temperature in a condition of 65–85% RH and 14L:10D photoperiod. There were eight to seventeen replicates.

^x Mean ± standard error. Means within a column (in small letter) and within a row (in capital letter) followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by LSD test.

供應寄主蔬菜斑潛蠅與蜂蜜者縮短 6.0 倍；雄蜂壽命僅在 10°C 時，二種食物處理組間無顯著差異，在 15°C 與 25°C 時，雄蜂取食蜂蜜者壽命顯著較同時供應寄主蔬菜斑潛蠅與蜂蜜者各延長 1.0 倍與 0.3 倍，但在 20°C 與 30°C 時，雄蜂取食蜂蜜者壽命卻顯著較同時供應寄主蔬菜斑潛蠅與蜂蜜者各縮短 0.4 倍與 3.6 倍。另在 25°C 下，雌、雄蜂壽命均以餵食蜂

蜜者最長（各為 35.9 日與 27.2 日），供應寄主蔬菜斑潛蠅與蜂蜜者其次（各為 21.9 日與 21.4 日），僅餵食水（各為 8.4 日與 3.9 日）或不餵食者（各為 3.7 日與 3.5 日）最短，處理間呈顯著差異。

在 10–35°C 定溫、每日僅以蜂蜜餵食，成蜂各日齡之存活率，隨溫度之上升而降低。雌蜂在 10、15、20 及 25°C 時，其 65、78、23

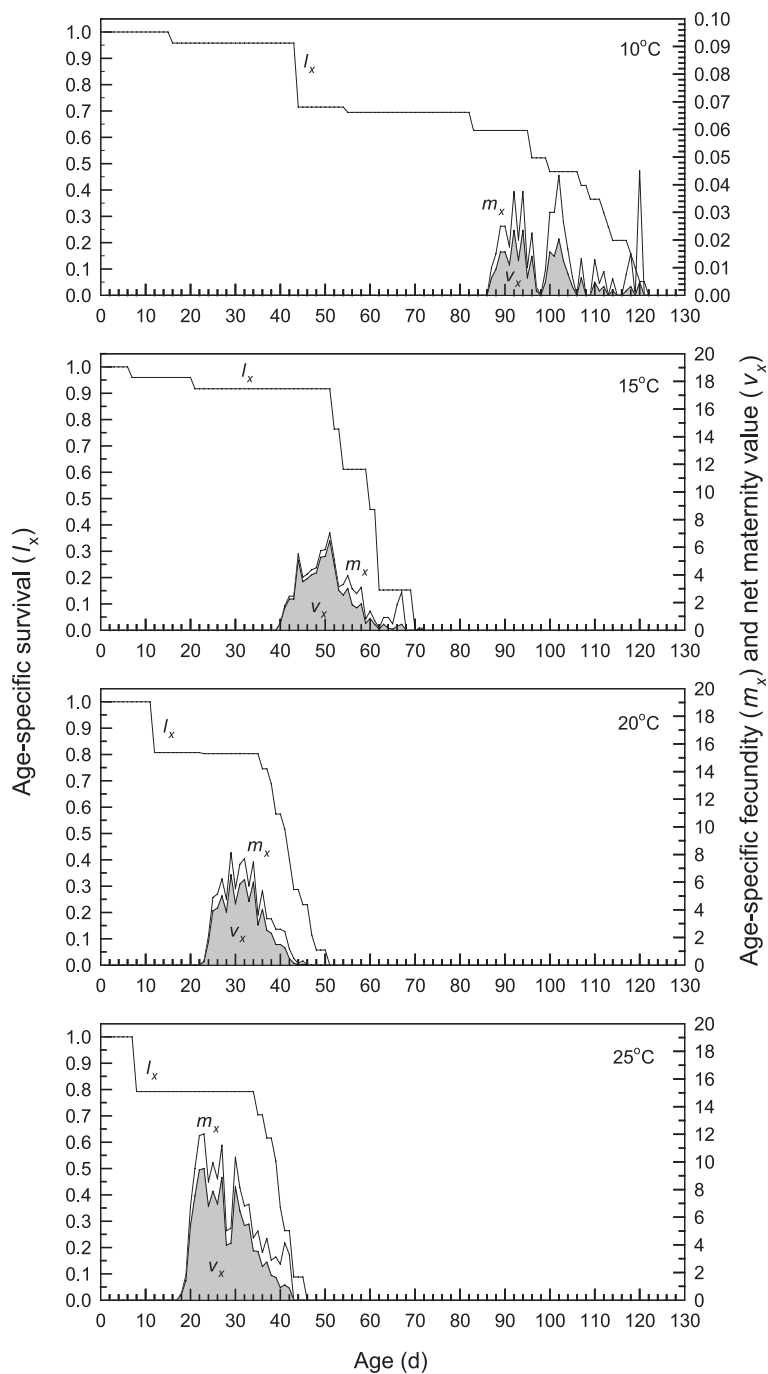


圖 2. 不同溫度下寄生南美斑潛蠅時臺灣蠅繭蜂之齡別存活率 (l_x)、繁殖率 (m_x) 及淨增值值 ($v_x = l_x m_x$)。

Fig. 2. Age-specific survival rate (l_x), fecundity rate (m_x) and net maternity value ($v_x = l_x m_x$) of *Opius caricivorae* on *Liriomyza huidobrensis* at different temperatures.

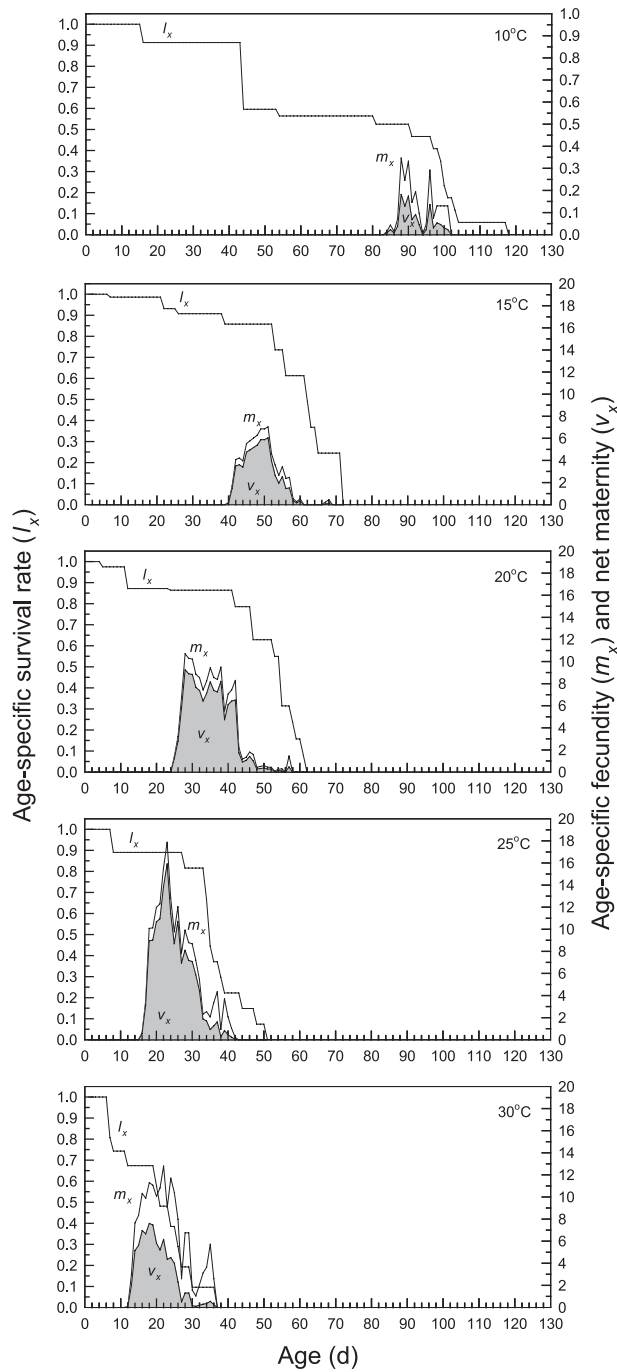


圖 3. 不同溫度下寄生蔬菜斑潛蠅時臺灣蠅繭蜂之齡別存活率 (l_x)、繁殖率 (m_x) 及淨增值值 ($v_x = l_x m_x$)。
 Fig. 3. Age-specific survival rate (l_x), fecundity rate (m_x) and net maternity value ($v_x = l_x m_x$) of *Opius caricivorae* on *Liriomyza sativae* at different temperatures.

及 20 日齡時之存活率，仍高達 88.8–94.5%，但在 30°C 與 35°C 時，其 1 日齡時之存活率，卻僅各達 50.0% 與 32.5%；雄蜂在 10、15、20 及 25°C 時，其 37、29、13 及 18 日齡時之存活率，仍高達 86.0–89.6%，但在 30°C 與 35°C 時，其 1 日齡時之存活率，卻僅各達 53.8% 與 40% (圖 4)。

討 論

Campbell *et al.* (1974) 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。南美斑潛蠅、蔬菜斑潛蠅及非洲菊斑潛蠅卵至蛹期之發育臨界低溫各為 7.6、11.1 及 8.7°C，發育有效積溫各為 278、236 及 294 日度，發育適溫帶各為 15–25、15–30 及 20–35°C (Chien & Ku 1996; Chien & Chang 2007, 2008a)。本試驗結果得知，寄主為南美斑潛蠅與蔬菜斑潛蠅時，臺灣蠅繭蜂卵至蛹期之發育臨界低溫各為 7.03°C 與 7.61°C，發育有效積溫各為與 286 日度與 263 日度，發育適溫帶各為 10–25°C 與 10–30°C (表 3)。相較之下臺灣蠅繭蜂卵至蛹期之發育臨界

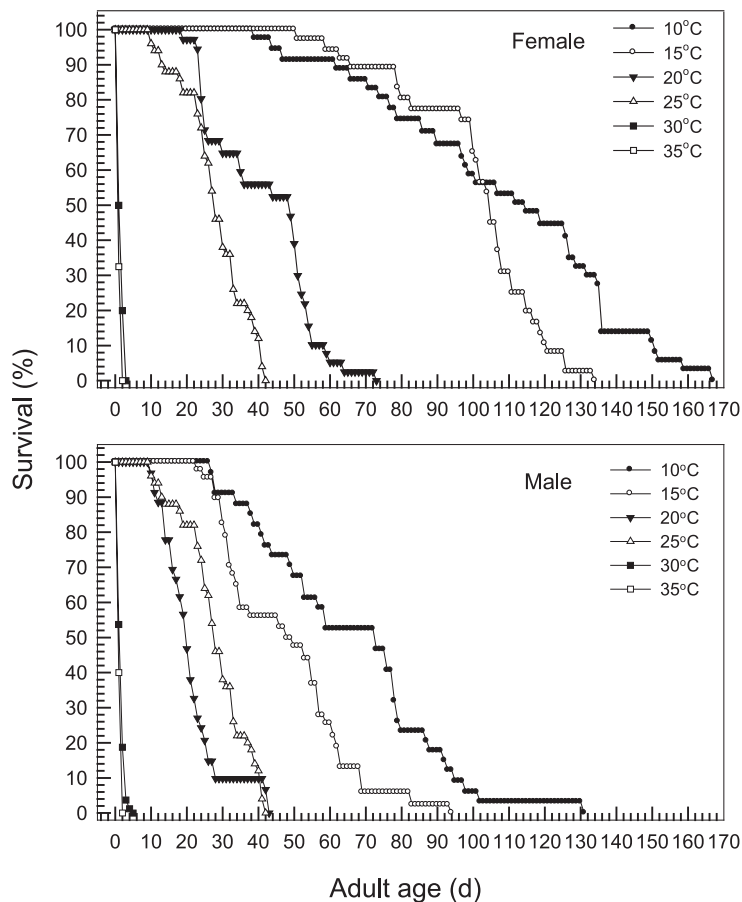


圖 4. 不同溫度下供應蜂蜜時臺灣蠅繭蜂之日存活率。

Fig. 4. Daily survival of adult *Opus caricivora* fed with honey at different temperatures.

低溫、發育有效積溫及發育適溫帶均較寄主略低或近似。另參照中央氣象局 1897–1997 年間發布台北、新竹及台中地區 12 月至 2 月冬季之月平均最低溫為 11.7–14.3°C，台南與高雄 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，顯見台灣地區之低溫因均高於三種斑潛蠅與臺灣潛蠅繭蜂之發育臨界低溫，因此不影響三種斑潛蠅與臺灣潛蠅繭蜂之發生，因而寄主與寄生蜂間之同律性亦不受當地低溫之影響。

臺灣潛蠅繭蜂之接蜂方法、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 & Chang 2012a, 2012b)。本試驗證實因溫度對寄主南美斑潛蠅與蔬菜斑潛蠅發育之限制 (Chien & Chang 2007, 2008a)，致使寄主為南美斑潛蠅或蔬菜斑潛蠅時，臺灣潛蠅繭蜂繁殖之適溫範圍各為 15–25°C 與 15–30°C (表 4)。Xu *et al.* (2007) 亦認為溫度與寄主密度是影響臺灣潛蠅繭蜂寄生之重要因子，在 17–33°C 範圍內，臺灣潛蠅繭蜂寄生數與寄主蔬菜斑潛蠅蟲數 (5–60 隻) 間均呈 Holling 之第二型功能反應，其中以 25°C 最適該蜂產卵。

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) 二大類，前者主要係寄主體液，為寄生蜂卵形成時所必需之營養，而後者則多屬醣類食物，為寄生蜂活動、維生所必需之養分 (Chien *et al.* 1994)。本試驗結果得知，臺灣潛蠅繭蜂壽命除受溫度影響外，亦受其寄主蔬菜斑潛蠅體液與蜂蜜之影響 (表 6)。在 25°C 定溫、餵食蜂蜜或同時供應蜂蜜與寄主者，雌蜂壽命較不餵食者各延長 8.7 倍與 4.9 倍、較餵水者各延長 3.3 倍與 1.6 倍，雄蜂壽命較不餵食者各延長 6.8 倍與 5.1 倍、較餵水者各延長 6.0 倍與 4.5 倍；在 10°C 與 15°C 低溫僅餵食蜂蜜時，雌蜂因無產卵活動之消耗，使得其壽命較有寄主存

在時各延長 4.3 倍與 3.6 倍，而雄蜂卻僅各延長 0.2 倍與 1.0 倍；另在 30°C 高溫該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 5.0 倍與 3.6 倍。因此建議當臺灣潛蠅繭蜂成蜂貯存、繁殖及田間應用時，均可考慮以蜂蜜供食，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。

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 (Huffaker *et al.* 1977)。南美斑潛蠅 (15–25°C) 與蔬菜斑潛蠅 (15–30°C) 族群之增長均係隨溫度之上升而增加，前者雌蠅每日內在增殖率 (r_m) 在 15、20、25 及 28°C 時，各為 0.0747、0.1618、0.1999 及 -0.1665 (Chien & Chang 2008a)，後者雌蠅每日內在增殖率 (r_m) 在 15、20、25 及 30°C 時，各為 0.0162、0.1163、0.1624 及 0.2358 (Chien & Chang 2007)。本試驗結果得知，寄主為南美斑潛蠅或蔬菜斑潛蠅時，臺灣潛蠅繭蜂族群之增長各在 10–25°C 或 10–30°C 時均係隨溫度之上升而增加 (表 5)；與寄主雌蠅之每日內在增殖率 (r_m) 相較，該雌蜂每日內在增殖率除在 20°C 與 25°C 時略小於寄主南美斑潛蠅、30°C 時略小於寄主蔬菜斑潛蠅外，在其餘溫度下其值均較寄主高。因而自害蟲與寄生蜂間之族群增長，臺灣潛蠅繭蜂在 15°C 時對南美斑潛蠅族群或 15、20 及 25°C 時對蔬菜斑潛蠅族群確有強勢之抑制力，在 20°C 與 25°C 時對南美斑潛蠅族群或 30°C 時對蔬菜斑潛蠅族群亦具有相當之抑制力，顯示臺灣潛蠅繭蜂因受限溫度對寄主發生之影響，各在 15–25°C 為南美斑潛蠅之有效寄生蜂；在 15–30°C 時為蔬菜斑潛蠅之有效寄生蜂。

引用文獻 (Literature cited)

Birch, L. C. 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *J. Anim. Ecol.* 17:15–26.

- 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. and S. C. Chang. 2007. Morphology, life history and life table of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). *Formosan Entomol.* 27:207–227. (in Chinese with English abstract)
- Chien, C. C. and S. C. Chang. 2008a. Morphology, life history and life table of *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae). *Formosan Entomol.* 28:101–121. (in Chinese with English abstract)
- Chien, C. C. and S. C. Chang. 2008b. Influence of temperature on the population increase and host-killing capability of *Chrysocharis pentheus* (Hymenoptera: Eulophidae). *Formosan Entomol.* 28:277–291. (in Chinese with English abstract)
- Chien, C. C. and S. C. Chang. 2012a. Morphology and life history of *Opius caricivora* (Hymenoptera: Braconidae). *J. Taiwan Agric. Res.* 61:144–157. (in Chinese with English abstract)
- Chien, C. C. and S. C. Chang. 2012b. Effect of host and instar preference on the development and oviposition of the endoparasitoid *Opius caricivora* (Hymenoptera: Braconidae). *J. Taiwan Agric. Res.* 61:165–171. (in Chinese with English abstract)
- 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 abstract)
- 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 abstract)
- Chien, C. C. and S. C. Ku. 2001. Influence of temperature on both population increase and host-killing capability of *Hemiptarsenus varicornis* (Hymenoptera: Eulophidae). *Formosan Entomol.* 21:247–255. (in Chinese with English abstract)
- 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 radiata*. *Plant Prot. Bull.* 36:97–105. (in Chinese with English abstract)
- Huffaker, C. B., R. F. Luck, and P. S. Messenger. 1977. The ecological basis of biological control. p.560–586. *in* the Proceedings of the 15th International Congress of Entomology. Entomological Society of America. Lanham.
- 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 abstract)
- Xu, P., C. S. Yin, H. Yu, and X. X. Chen. 2007. Influence of temperature on functional response of *Opius caricivora* to larvae of *Liriomyza sativae*. *Chinese Bull. Entomol.* 44:89–92. (in Chinese with English abstract)
- Yin, C. S., X. X. Chen, F. Y. Lang, and J. H. He. 2003. Biological characteristics of adult *Opius caricivora* Fischer, a parasitoid of *Liriomyza sativae* Blandhard. *Acta Entomol. Sin.* 46:505–511. (in Chinese with English abstract)
- Yu, D. S., K. van Achterberg, and K. Horstmann. 2009. World Ichneumonoidea 2009, taxonomy, biology, morphology and distribution. Taxapad 2009. Scientific names for information management. Flash Disk. ISBN-13/EAN:9780973117226.

Effect of Host and Temperature on Population Increase and Parasitism of *Opius caricivora* (Hymenoptera: Braconidae)¹

Ching-Chin Chien^{2,3} and Shu-Chen Chang²

Abstract

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2012. Effect of host and temperature on population increase and parasitism of *Opius caricivora* (Hymenoptera: Braconidae). J. Taiwan Agric. Res. 61:172–185.

The objective of this study was to determine effect of host and temperature on population increase and parasitism of the wasp, *Opius caricivora* Fischer, using two species of hosts, *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) and *Liriomyza sativae* Blanchard, and six temperatures (10, 15, 20, 25, 30 and 35°C). The time required for the development of the wasp at different stages varied with host species. Using *L. huidobrensis* as host, the development period of wasps from egg to pupal stage was 82.6 days at 10°C and 15.5 days at 25°C and the survival rate was 62.6% at 10°C, 79.2–91.2% at 15°C to 25°C and 0% at 30°C. Using *L. sativae* as host, the development period of wasps from egg to pupal stage was 81.0 days at 10°C and 11.4 days at 30°C and the survival rate was 52.5% at 10°C, 85.8–89.0% at 15°C to 25°C and 67.4% at 30°C. The low temperature threshold for development of the wasp was 7.03 and 7.61°C from egg to pupal stage on the hosts *L. huidobrensis* and *L. sativae*, respectively. The accumulated heat units required for development of the wasp was 40, 88, 36, 125 and 286 degree-days for egg, larval, prepupal, pupal and egg to pupal stage, respectively, on the host *L. huidobrensis*, whereas the accumulated heat units required for development of the wasp was 36, 83, 31, 112 and 263 degree-days for egg, larval, prepupal, pupal and egg to pupal stage, respectively, on the host *L. sativae*. The lifetime fertility of the wasp was 10, 156, 146 and 259 wasps at 10, 15, 20 and 25°C, respectively, on *L. huidobrensis* and was 18, 171, 257, 277 and 216 wasps at 10, 15, 20, 25 and 30°C, respectively, on *L. sativae*. Depending on *L. huidobrensis* and *L. sativae*, the intrinsic rate of increase (r_m) of female wasps was 0.1874 and 0.2223/day, net reproductive rate (R_0) was 116.413 and 152.113 female wasps/female, and mean generation time (T) was 25.38 and 22.60 days at 25°C, respectively. When adult wasps were provided with honey only without host from 10°C to 35°C, the maximum longevity of the female and male wasps was 108.4 and 66.2 days at 10°C, respectively. For wasps provided daily with both hosts (*L. sativae*) and honey, the maximum longevity of female wasps was 34.3 days at 20°C, and male wasps was 53.6 days at 10°C. This study indicates that *O. caricivora* was an effective parasitoid of *L. huidobrensis* and *L. sativae* when the temperature was at 15–25°C and 15–30°C, respectively.

Key words: *Opius caricivora*, *Liriomyza huidobrensis*, *Liriomyza sativae*, Temperature, Population increase.

-
1. Contribution No. 2659 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: March 14, 2012.
 2. Respectively, Former Senior Entomologist and Assistant Entomologist, Applied Zoology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
 3. Corresponding author, e-mail: chien@tari.gov.tw; Fax: (04)23317600.