台灣昆蟲 27: 207-227 (2007)
Formosan Entomol. 27: 207-227 (2007)

蔬菜斑潛蠅 (*Liriomyza sativae* Blanchard) (雙翅目：潛蠅科) 之形態、生活史及生命表

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

摘 要

本試驗以菜豆苗 (*Phaseolus vulgaris* var. *communis* Aeachers) 飼育蔬菜斑潛蠅 (*Liriomyza sativae* Blanchard)，除觀察該蠅之形態與生活史外，並研究蜂蜜、交尾及溫度等對其族群增長之影響。該蠅之羽化、交尾及產卵與老熟幼蟲鑽出葉片等活動均主要發生於上午。羽化當日、第二及第三日成蠅之交尾率分別爲 28.9、66.9 及 4.2%。雌、雄蠅皆可多次交尾。在 25°C 下未交尾雌蠅餵食蜂蜜時雖可產 15 粒卵，但均不孵化；而已交尾雌蠅未餵食蜂蜜時，其壽命、有活力卵數及取食刻點數均顯著低於餵食蜂蜜者。雌蠅自取食孔取食或由產卵孔取食。雌蠅在豆苗之眞葉與複葉上產卵或取食時，均對豆苗之眞葉具顯著偏好性。於 15～30°C 時，因孵化率與幼蟲存活率各高達 95.2～100 與 81.1～97.3%，因而可利用豆葉內第三齡幼蟲數估算該蠅之產卵數。第三齡幼蟲之取食隧道長度各爲第一與第二齡幼蟲之 5.1 與 2.9 倍。卵至蛹期之發育臨界低溫爲 11.1°C，卵、幼蟲、蛹及卵至蛹期之發育有效積溫各爲 42、78、133 及 236 日度。餵食純蜂蜜時，30°C 雖爲該蠅族群增長最大之溫度，此時雌性有活力卵數之每日內在增殖率爲 0.2358，但 20°C 卻爲該蠅最適繁殖之溫度，此時每雌產下雌性有活力卵數之淨增殖率爲 46.061 粒。該蠅最佳飼育條件爲在 20°C 定溫下、每日供食純蜂蜜、並以 15～20 cm 高去除複葉之菜豆苗供其產卵。

關鍵詞：蔬菜斑潛蠅、生活史、生命表、菜豆、溫度。

前 言

蔬菜斑潛蠅 (*Liriomyza sativae* Blanchard) 最早記錄於阿根廷，隨後擴散分布於北美洲、中美洲、南美洲、非洲、亞洲及大洋洲等地 (CABI, 2002)。其食性屬多食性，寄主植物範圍廣達 22 科 89 種，其中對豆科、葫蘆科及茄科等具偏好性 (Pang *et al.*, 2005)。於苗期、生長期、開花期及結果期爲害葉片，尤以苗期最嚴重 (CABI, 2002)。該蠅在美國之番茄、芹菜及其他作物上，或在阿根廷之紫苜蓿 (*Medicago sativa* L.) 上及在

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

中國之蔬菜與花卉生產上均曾造成嚴重經濟損失 (CABI, 2002; Pang *et al*., 2005)，亦爲荷蘭與英國 A1 級之重要檢疫害蟲 (EPPO, 1984)。該蠅之爲害除成蟲之戳食與幼蟲之潛食外，成蟲尚可藉其產卵管與口器以機械性之方式，傳播芹菜嵌紋病毒與瓜類的兩型西瓜嵌紋病毒 (Zitter and Tsai, 1977; Zitter *et al*., 1980)。溫室內種植該蠅偏好之單一種植物且無寄生蜂存在時，其族群增長呈現劇烈波動 (CABI, 2002)。蔬菜斑潛蠅之寄生蜂共 77 種 (Johnson and Hara, 1987; Waterhouse and Norris, 1987; Xu and Zeng, 1998; Murphy and LaSalle, 1999; Xu *et al*., 1999; Zeng *et al*., 1999; Wei, 2000; Chen *et al*., 2001; CABI, 2002; Wen *et al*., 2002; Zhao *et al*., 2003)。該蠅之防治方法除藥劑外，尚有生物防治，尤其偏重寄生蜂之利用 (McClanahan, 1980; Johnson, 1993)。臺灣於 1995 年 2 月首次在臺中縣霧峰鄉菜豆與南投縣番茄上發現蔬菜斑潛蠅 (Wen *et al*., 1996)。其本地種之寄生蜂有底比斯釉小蜂 *Chrysoncharis pentheus* (Walker)、岡崎釉小蜂 *Chrysonotomyia okazakii* (Kamijo)、異溝釉小蜂 *Cirrospilus ambiguus* Hansson & LaSalle、異角釉小蜂 *Hemiptarsenus varicornis* (Girault)、華釉小蜂 *Neochrysocharis formosa* (Westwood)、斑潛蠅嚙小蜂 *Quadrastichus liriomyzae* Hansson & LaSalle 及小繭蜂 *Opius* sp. 等 7 種 (Chien and Chang, unpublished data)。爲瞭解該蠅對作物之爲害潛能，本研究以菜豆 (*Phaseolus vulgaris* var. *communis* Aeachers) 爲寄主植物，觀察該蠅之形態與生活史，並研究蜂蜜、交尾及溫度等因子對其族群增長之影響，藉供該蠅繁殖方法與評估寄生蜂對寄主防治潛能之參考。

材料與方法

一、寄主植物之栽培

隔日定期浸泡 200 粒菜豆種子，在 25°C 下經 7 小時種子吸水飽滿後，將其瀝淨、放入上下交合之塑膠盤內，24 小時後將發根種子移植於溫室中置有 3 號蛭石之穴盤內 (36.5 × 28 × 4.5 cm, 30 穴)。每日澆水。經 12～15 日，菜豆苗長高至 15～20 cm、眞葉 (primary leaf) 葉寬達 7～9 cm 時，即可供室內蔬菜斑潛蠅產卵用。

二、供試蟲源

在南投縣林內鄉菜豆 (*Phaseolus vulgaris* L.) 上採集被蔬菜斑潛蠅幼蟲爲害之葉片，攜回室內並將被害葉放入塑膠盤內，待幼蟲化蛹，然後將蛹置入 22 × 20 cm 壓克力筒內，羽化成蠅後供做飼育之蟲源。

三、形態與發育經過

上午 8 點至 10 點在室溫 24～26°C 下將第一日齡 (羽化後第二日) 已交尾之雌蠅置入內置有 30 株菜豆苗 75 × 55 × 50 cm 大小、網目 92 meshes 之網箱，經產卵 2 小時後將菜豆苗移出，置於溫度 25°C、相對濕度 65～85% RH 及光周期 14:10 (L:D) (上午 5 點至下午 7 點間照光) 之定溫箱內，每日觀察該蠅各生長期之形態與發育經過，各進行 31～72 隻。各齡期幼蟲頭咽骨長度之測量，需先製成玻片，再藉立體顯微鏡中之測微尺測量。而各齡期幼蟲取食隧道寬度之測量亦在立體顯微鏡下進行，至於各齡期幼蟲取食隧道長度之度量，則係先在一般縫衣用之細線上塗以一薄層經 5 倍水稀釋後之南寶樹脂，然後將該細線沿著各齡幼蟲之取食隧道逐一黏著，待完成後剪斷此線段，並將其拉直測量其

長度，各做 20 次。

四、成蠅之習性

羽化：2002 年 7 月 21 至 22 日在 25°C、相對濕度 65～85% RH 及自然光照下，觀察室內所飼養蔬菜斑潛蠅之羽化方式，並記錄一日內該蠅每小時之羽化數及性比。觀察蟲數爲 566 隻。

交尾：在前述相同條件下，將早上 6 點至下午 4 點間每小時所羽化之成蠅各置入 20 × 22 cm 之玻璃筒內，且供食純蜂蜜做群體飼育。期間當目視玻璃筒內雌、雄蠅有交尾行爲時，即利用小毛筆將成對成蠅移入 1.5 × 7 cm 之指形管內，觀察成蠅交尾之方式與時間，各觀察 40 對；或參照已知之成蠅交尾時間，每隔 10 分鐘利用吸蟲管直接將正交尾之成蠅吸出，記錄其交尾時刻及羽化當日、第二及第三日時每小時之交尾對數，並求其交尾前期。各觀察 393 對成蠅及 166 次交尾。

產卵：在 25°C 室溫下，將目視已交尾之第一日齡雌蠅 1 隻置入 12 × 21 cm 之玻璃筒，並供應 1 株帶有複葉 (trifoliate leaf) 與眞葉之菜豆苗，觀察雌蠅產卵之方式與時間及計數雌蠅 1 日內在複葉與眞葉上之實際產卵數，共觀察 20 重複。雌蠅產卵時刻之觀察則在 25°C、相對濕度 65～85% RH 及光周期 14:10 (L:D) (上午 5 點至下午 7 點間照光) 下，自凌晨 1 點起進行，每隔 4 小時供應 2 株去除複葉之菜豆苗，供 5 隻第三日齡已有產卵經驗之雌蠅產卵，共持續 24 小時。然後利用鏡檢法計數雌蠅在各處理時段內之實際產卵數，共做 12 重複。

取食：觀察雌蠅取食之方式、時間、部位及活動時刻等，其方法與前項產卵試驗相同。至於雌蠅在產卵孔處之取食對卵孵化率之影響，此試驗係在 25°C 下，當雌蠅產卵後，欲在其產卵處取食時，立即以細毛筆將其移位，並以油性簽字筆標記該處，4 日後觀察卵之孵化情形。每次觀察 20 粒卵，共做 4 重複。而雄蠅取食方式之觀察，係先將已被 20 隻雌蠅取食與產卵 1 分鐘後之菜豆苗置入 12 × 21 cm 玻璃筒內，再置入 1 隻初羽化尚未進食之雄蠅，觀察其 10 分鐘內之取食行爲。共做 25 次。

五、溫度對發育之影響

將帶有 30～72 粒 2 小時與 24 小時同齡蠅卵之菜豆苗各置入 10、15、20、25、30 及 35°C 之定溫箱內。2 小時同齡蠅卵之處理組，每日觀察溫度對該蠅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，每小時記錄該蠅之發育情形。24 小時同齡蠅卵之處理組，則在不同溫度下，僅觀察卵至幼蟲期與卵至蛹期之發育日數與存活率。其中存活率試驗每溫度觀察 30～50 粒卵，各做 3～4 重複，發育期試驗各觀察 31～72 隻不等。並依 Campbell *et al.* (1974) 之方法，估算該蠅之發育臨界低溫與發育有效積溫。

六、蜂蜜與交尾對族群增長之影響

依前第四項中有關對該蠅交尾前期與交尾之瞭解，試驗分三種處理進行。第一組爲該蠅羽化當日，雌蠅與雄蠅一發生首次交尾行爲後，即將雌、雄蠅成對放置一起且終身供食純蜂蜜者；第二組爲當雌蠅與雄蠅一發生首次交尾行爲後，即將雌、雄蠅成對放置在一起但不供食純蜂蜜者；第三組爲當目視該蠅一羽化，即將未交尾雌蠅自群體中分離，且終身供食純蜂蜜者。試驗之溫度、相對濕度及光周期與前第四項之產卵試驗相同，將體長大於 1.64 mm 雌蠅自羽化當日起置入 12 × 21 cm 之玻璃筒內，每處理每日供應 1 株去除複葉之

菜豆苗，餵食蜂蜜者以細毛筆將純蜂蜜塗於玻璃筒內壁供食，直至供試蠅死亡爲止。記錄其間各處理雌蠅與雄蠅之壽命、實際產卵數或產有活力之卵數 (viable eggs)、取食刻點數 (雌蠅在豆葉上爲害形成之所有白色刻點數)、及子代之成蠅數與雌性比 (♀/(♀+♂))。其中雌蠅每日產有活力之卵數，係以卵產後 6 日，卵已發育爲第三齡幼蟲之數目計算之。每一處理供試之雌蠅或雌、雄蠅均爲 1 隻或 1 對，共進行 7～8 重複。

七、溫度對族群增長之影響

利用前第五項蔬菜斑潛蠅卵在 15、20、25 及 30°C 四種不同定溫下正常羽化交尾後 0 日齡之成蠅，各取 1 對置入 21 × 12 cm 之玻璃筒，並供應 1 株去除複葉之菜豆苗，然後再放入各原有四種不同溫度處理之定溫箱內。每日早上 7 點，將已被產卵或取食過之菜豆苗移出並更換新鮮之 1 株菜豆苗，並以細毛筆將純蜂蜜塗於玻璃筒內壁，直至雌蠅死亡爲止。試驗期間，每日將各處理所更換下內有蠅卵之菜豆苗移至 25°C 下飼育，直至子代羽化。記錄各處理 1 對成蠅之壽命、產有活力之卵數、取食刻點數、子代成蠅數及雌性比。各進行 7～17 重複。然後將前第五項蔬菜斑潛蠅於 24 小時內之同齡蠅卵在各不同溫度處理中之發育期與存活率資料及本項試驗所得之資料，利用 Lotka-Euler formula 之方法 (Goodman, 1982)，估算該蠅在各不同定溫下之族群介量，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, T) 等。

八、高溫對 25°C 下繁殖成蠅生育力與取食刻點數之影響

將在 25°C 下繁殖之 0 日齡成蠅分別移至 30 與 35°C 下，然後測試高溫對蔬菜斑潛蠅生育力與取食刻點數之影響，其間供試寄主植物與檢視試驗結果之方法，與前第七項相同。每處理各進行 8 重複。

九、統計分析

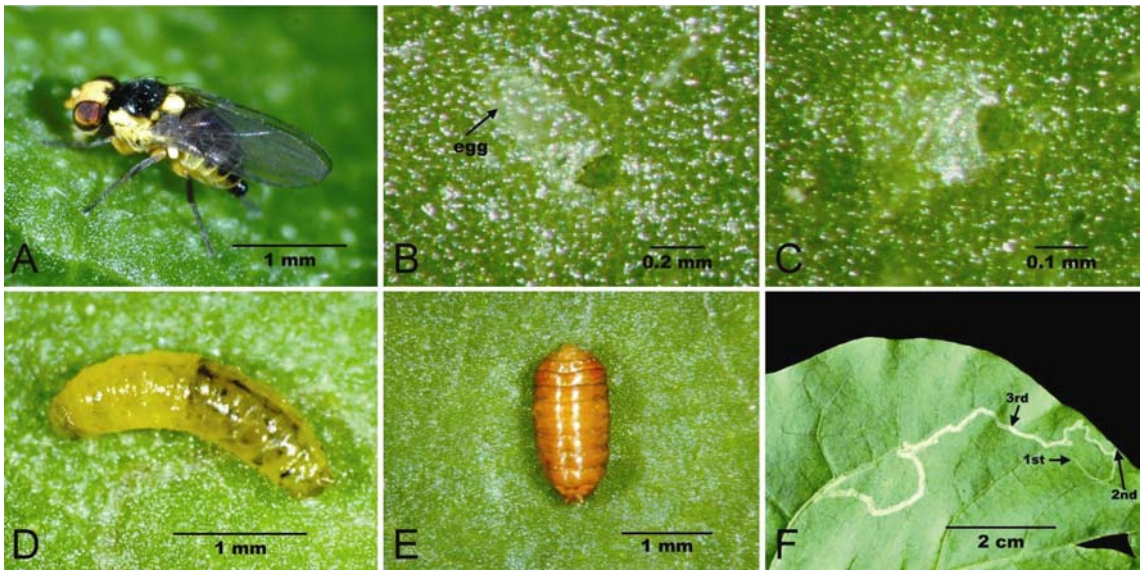
各項試驗資料除利用 SPSS (Statistical Products and Services Solutions) 軟體先進行變方分析，再以最小顯著差 (LSD) 法、或 t 值測驗法檢測。除採 $p < 0.05$ 顯著水準比較處理間之差異性外，尚利用迴歸分析法分析蔬菜斑潛蠅之各介量，如各蟲期發育速率、雌蠅與雄蠅之壽命、雌蠅產卵量、雌蠅取食刻點數、子代成蠅數及雌性比等，與溫度之關係，並採 $p < 0.01$ 之顯著水準進行迴歸之變異數分析。若二者之關係非直線迴歸時，則以二次曲線迴歸呈現，並求其最大值。

結　果

一、形態與發育

形態

成蟲 (圖一 A)：頭部除複眼紅褐色、單眼淡黃色、單眼三角區 (ocellar triangular) 暗褐色、剛毛與觸刺毛 (arista) 黑色，餘爲黃色。中胸背板亮黑色，中胸小楯片黃色；前胸腹板黃色、中胸與後胸腹板黑色；足基節、轉節與腿節黃色，脛節與跗節淡褐色；前翅透明，翅脈除內橫脈 (即 r-m 脈) 淡褐色，餘爲褐色，M_{3+4} 後段爲中室長度之 3 倍；平均棍黃色。腹節背板黑色，邊緣黃色，第二可見腹節背板具完整明顯黃色中溝；腹板黃色，但雌、雄的生殖節爲黑色。雌、雄性別的診斷特徵：體型一般雌蟲大於雄蟲 (表一)；雄蟲之第九腹



圖一　蔬菜斑潛蠅之各生長期及其取食隧道。A：雌成蟲；B：卵與產卵孔；C：取食孔；D：第三齡幼蟲；E：蛹；F：幼蟲取食隧道。

Fig. 1. Growth stage of *Liriomyza sativae* and its serpentine mine. A: Adult; B: Egg and oviposition site; C: Feeding puncture; D: The third instar; E: Pupa; F: Serpentine mine of larva.

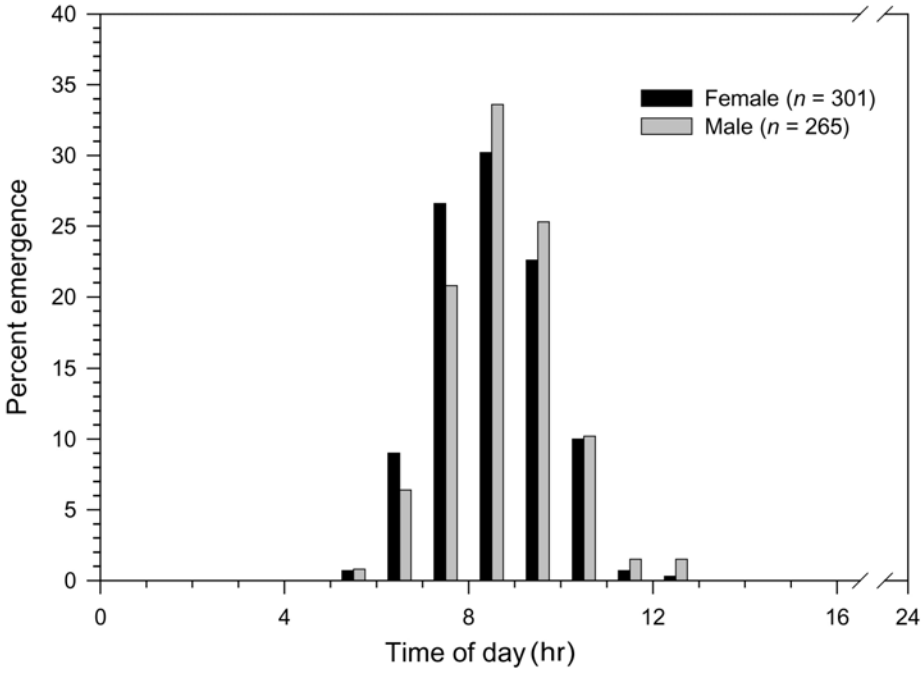
表一　在 25°C 下蔬菜斑潛蠅各蟲期體型大小

Table 1. Body size ($\bar{x}$ ± SEM) of various stages of *Liriomyza sativae* at 25°C

Stage	*n*	Mouthhooks (mm)	Body length (mm)	Body width (mm)
Egg	20		0.20 ± 0.00	0.13 ± 0.00
Larve				
1st	20	0.11 ± 0.00		
Early	20		0.29 ± 0.00	0.07 ± 0.00
Late	20		0.73 ± 0.00	0.28 ± 0.01
2nd	20	0.18 ± 0.00		
Early	20		0.85 ± 0.00	0.31 ± 0.00
Late	20		1.42 ± 0.00	0.40 ± 0.00
3rd	20	0.25 ± 0.00		
Early	20		1.58 ± 0.01	0.47 ± 0.01
Late	20		2.26 ± 0.02	0.54 ± 0.01
Pupa	20		1.69 ± 0.02	0.77 ± 0.01
Adult				
Female	20		1.64 ± 0.01	0.57 ± 0.01
Male	20		1.44 ± 0.03	0.48 ± 0.01

節背板特化成生殖弧（epandrium），上方具 1 對尾毛，下方具 1 對附器（即尾背尖突，surstylus）；雌蟲第七腹節，呈骨化程度高的筒狀產卵管外鞘。

卵（圖一 B）：初爲乳白色半透明，經 48 小時後變無色透明。橢圓形。卵大小見表一。



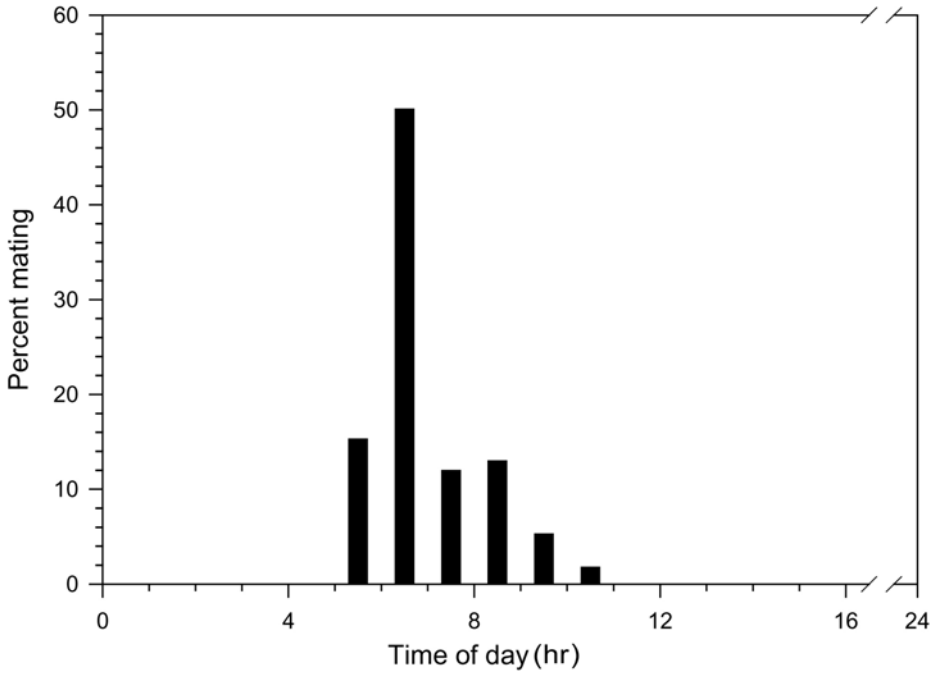
圖二　25°C 下蔬菜斑潛蠅之日羽化時間。
Fig. 2.　Daily emergence rhythm of *Liriomyza sativae* at 25°C.

幼蟲共 3 齡。初爲無色，後隨成熟而呈黃色。蛆狀，外表光滑。頭部較尖，腹部末端較鈍。頭咽骨明顯，可藉其大小識別各齡期（表一）。第一齡幼蟲無色透明，第二齡幼蟲淡黃色，第三齡幼蟲淡黃色至黃色（圖一 D）。幼蟲之體型大小見表一。

蛹（圖一 E）：褐色。長橢圓形，外有環節。體型大小見表一。

發育經過

卵近孵化時可自近產卵孔開口處卵之一端內看到第一齡幼蟲之褐色頭部與黑色角質化之頭咽骨片。孵化時，第一齡幼蟲在卵內先行 180° 之轉動，然後咬破卵殼，背向產卵孔開口之方向，在寄主葉表皮下利用大顎在柵狀組織（palisade mesophyll）層中取食並蠕動蛇行。至第二或第三齡幼蟲時，有時受食物量之限制，幼蟲亦可在海綿組織（spongy mesophyll）層中取食。其取食隧道初無色，隨後轉白色，同時在其隧道兩側交互留有明顯之黑色排泄物。在菜豆上，取食隧道一般呈蜿蜒狀（serpentine-shape）（圖一 F）。第一齡幼蟲食量小、取食隧道細窄，長 1.39 ± 0.04 cm、寬（初～末期）0.15 ± 0.00～0.32 ± 0.00 mm。至第二與第三齡幼蟲時，食量增大，取食隧道乃漸寬。第二齡幼蟲之取食隧道長 2.47 ± 0.08 cm、寬（初～末期）0.36 ± 0.00～0.64 ± 0.00 mm，第三齡幼蟲之取食隧道長 7.09 ± 0.07 cm、寬（初～末期）0.70 ± 0.00～1.08 ± 0.00 mm。第三齡幼蟲老熟時視其在葉肉內潛行之位置，將取食隧道末端或近末端之葉上表皮或下表皮咬破一半圓形，然後自葉內鑽出，此時老熟幼蟲多滾落塑膠盤內較暗處化蛹，少數者因葉面較平乃於葉面化蛹。98.8% 之第三齡老熟幼蟲在上午 6 點至下午 1 點



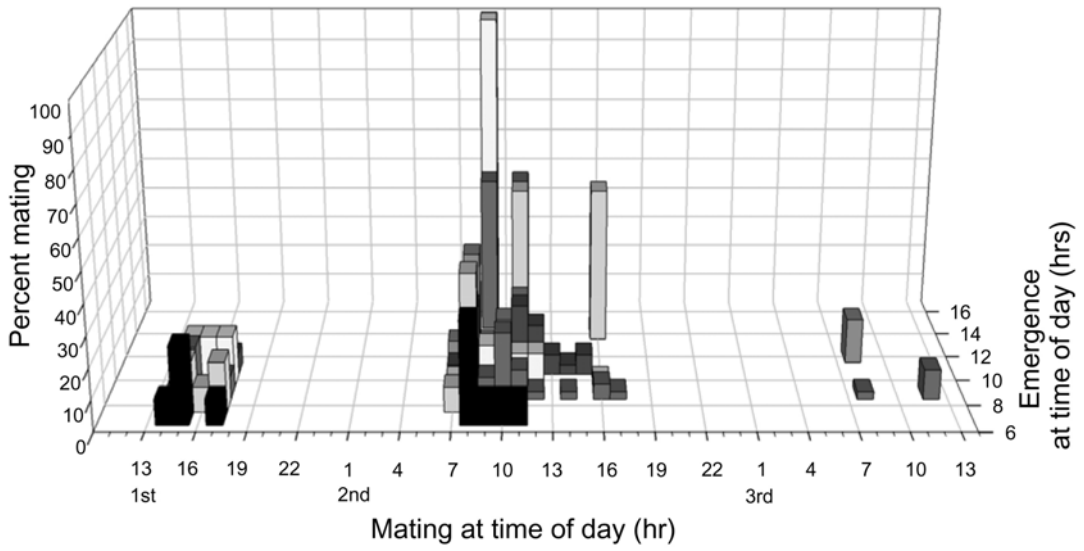
圖三　25°C 下蔬菜斑潛蠅第一日齡之日交尾時間。
Fig. 3.　Daily mating rhythm of one-day-old *Liriomyza sativae* at 25°C.

間鑽出葉面而化蛹，其中 75.5% 集中於上午 8 點至 11 點，而下午 1 點至 3 點間鑽出者僅 1.2% (n = 330)。化蛹時間爲 2.6 ± 0.1 小時 (n = 147)。化蛹初期蛹淡褐色，後轉褐色。羽化前，蛹體呈黑褐色。

二、成蠅之習性

羽化：羽化時成蠅在蛹殼內先利用頭部之撞擊，並藉其前額囊 (ptilinum) 之膨脹與收縮將蛹殼前端頂破爬出，其過程約需 1.3 ± 0.2 分鐘 (n = 23)。初羽化成蠅具向光性，先爬向玻璃筒壁上方或植株上，然後靜止不動，經 14.3 ± 1.0 分鐘 (n = 23) 後，前翅展開。再經 13.4 ± 1.1 分鐘 (n = 23)，體軀骨化完全、體色加深。在 7 月時該蠅之羽化時刻雖在上午 5 點至下午 1 點之間，但其羽化高峰期之時刻，雌、雄蠅均集中在上午 7 點至 10 點間，羽化率各達 79 與 80% (圖二)。雌、雄蠅之性比爲 0.53 : 0.47 (n = 566)。

交尾：交尾時雄蠅爬至雌蠅背上，彼此觸角相接觸，然後雄蠅後退，二者方向一致，尾端相接呈 形。每次交尾時間爲 45 ± 2 分鐘 (n = 40)。第一日齡成蠅自上午 5 點至下午 2 點間均可見交尾個體，但 90.4% 之雌、雄蠅集中於上午 5 點至 9 點間交尾 (圖三)。成蠅一生交尾 1 次以上。該蠅之交尾前期與其羽化時刻有關，如在早上 6 點至 11 點間羽化之雌蠅，其中約 30.2% 於當日下午 1 點至 5 點間交尾，交尾前期爲 6.8 ± 0.2 小時 (n = 159)；另 69.8% 早上 6 點至 11 點間羽化之雌蠅與 100% 下午 1 點至 4 點間羽化者，則延至第二日與第三日之上午 6 點至下午 5 點間才完成交尾，交尾前期各爲 24.0 ± 0.2 與 48.4 ± 1.3 小時 (圖四)。亦即



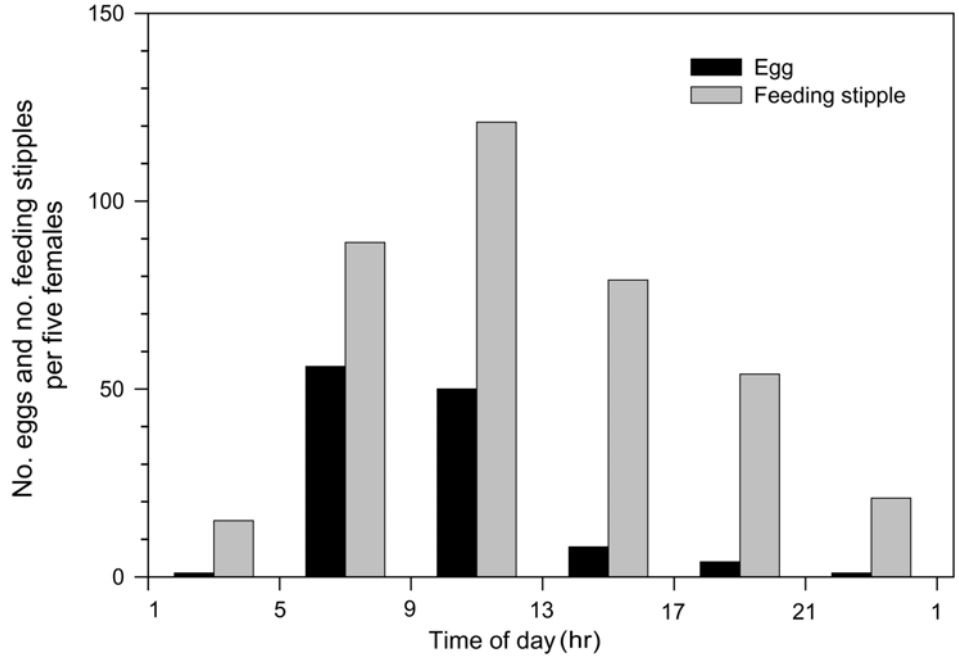
圖四　蔬菜斑潛蠅第一次交尾時刻與羽化時刻之關係。

Fig. 4. The relationship between the emergence time and the time of first mating for *Liriomyza sativae*. 1st, 2nd and 3rd represent the days of emergence.

該蠅於羽化當日、第二及第三日時，其首次交尾率分別爲 28.9、66.9 及 4.2% (n = 166)。

產卵：雌蠅在菜豆苗上顯著偏好在眞葉上產卵，眞葉與複葉上之產卵數分別爲 6.9 ± 1.4 與 0.7 ± 0. 2 個，兩者呈極顯著差異 (t = 4.440, df = 20, p = 0.0000)。產卵時利用產卵管刺破葉面之表皮，將卵產下，每產 1 個卵之時間爲 13.2 ± 0.9 秒 (n = 20)。產卵時刻雖爲凌晨 1 點至次晨 1 點，但其間以上午 5 點至下午 1 點爲產卵高峰期，達全部產卵量之 88.3% (n = 120) (圖五)。卵單粒散產。產卵孔可藉透光法辨識，其外形呈橢圓形 (圖一 B)，長 0.361 ± 0.004 mm、寬 0.160 ± 0.005 mm (n = 20)。

取食：成蠅除可取食水、蜂蜜外，100% 雌蠅尙藉產卵管鑽刺寄主植物之葉表皮或雌蠅於其產卵後，身體立即退後再以口器從其鑽刺處或產卵孔處取食寄主植物葉肉細胞之汁液 (n = 20)， 84% 之雄蠅亦利用該鑽刺處取食寄主植物汁液 (n = 25)。若人爲干擾雌蠅在其產卵孔處之取食，則該卵之孵化率爲 93.8 ± 1.3%，與正常卵之孵化率 100% 間呈極顯著差異 (t = -10.197, df = 3, p = 0.002)。在菜豆苗上雌蠅顯著偏好在眞葉上取食，眞葉與複葉上之被害刻點數分別爲 72 ± 8 與 8 ± 4 個刻點 (t = 7.222, df = 26, p = 0.000)。86.3% 雌蠅每次鑽孔取食約需 15.1 ± 0.5 秒，其中產卵管鑽刺需時 8.3 ± 0.5 秒，吸食汁液需時 6.8 ± 0.6 秒，另 13.7% 之雌蠅每次鑽孔取食約需 178 ± 37 秒，其中產卵管鑽刺需時 15.4 ± 2.9 秒，吸食汁液需時 152 ± 36 秒 (n = 80)。取食活動時刻爲凌晨 1 點至次晨 1 點間。其中上午 5 點至下午 9 點間爲其取食高峰期，達全部取食刻點數之 90.5% (n = 379) (圖五)。取食孔之分布呈聚集狀。取食孔白色，近圓形 (圖一 C)，長 0.329 ± 0.002 mm、寬 0.289 ± 0.007 mm (n = 20)。



圖五　蔬菜斑潛蠅雌蠅在 25°C 與光周期 14L:10D (上午 5 點至下午 7 點間照光) 下之日產卵與取食時刻。

Fig. 5. Daily oviposition and feeding trends of female *Liriomyza sativae* at 25°C and 14hrs of photophase set from 5:00 a.m. to 19:00 p.m. in growth chamber.

三、溫度對發育之影響

在 10～35°C 定溫下蔬菜斑潛蠅卵發育至蛹期之存活率受溫度之影響（表二)。該蠅發育之適溫帶爲 15 至 30°C，各溫度下卵期之存活率均高於 95.2%，幼蟲期之存活率亦均高於 81.1%，而蛹期之存活率則爲 65.8～78.6%。至於 10°C 之低溫與 35°C 之高溫則不適該蠅之發育，如 10°C 時卵之存活率爲 0，35°C 時卵與幼蟲期之存活率雖均高達 100%，但蛹期之存活率卻爲 0。在 15～30°C 間，蔬菜斑潛蠅未成熟期之發育日數均隨溫度之升高而縮短（表三)，該蠅各生長期之發育速率與溫度呈極顯著之直線迴歸關係（卵期 p = 0.0009, 幼蟲期 p = 0.0025, 蛹期 p = 0.0062, 卵至蛹期 p = 0.0000)（表四)。卵期、幼蟲期、蛹期及卵至蛹期之發育臨界低溫各爲 10.5、9.2、11.0 及 11.1°C，發育有效積溫各爲 42、78、133 及 236 日度（表四)。

四、蜂蜜與交尾對繁殖與取食之影響

蜂蜜與交尾均顯著影響雌蠅之繁殖與取食（表五)。在 25°C 下當成蠅每日供應純蜂蜜與豆株時，未交尾雌蠅之壽命雖與已交尾雌蠅無顯著差異，但前者祇產下 15 粒卵且均未孵化，取食刻點數亦較後者銳減 54.6%，因而在生殖力與取食刻點數上，兩處理間均呈顯著差異。另當成蠅未供食純蜂蜜，卻已交尾且每日供應豆株時，由於雌蠅壽命僅祇 3.7 日，顯著低於供食純蜂蜜且已交尾之處理組，因而前者之有活力卵數、取食刻點數及子代成蟲數等均顯著低於後者，僅子代雌性比及產卵與取食之比例方面兩處理組間無顯著差異。

表二　不同定溫下蔬菜斑潛蠅未成熟期之存活率

Table 2. Survival rate ($\bar{x}$ ± SEM) of immature stages of *Liriomyza sativae* at various constant temperatures

Temp. (°C)	Egg	Larva				Pupa	Total immature
		1st	2nd	3rd	Total		
10	0	-	-	-	-	-	0
15	96.4 ± 1.5	95.5 ± 2.5	91.5 ± 4.1	92.9 ± 2.4	81.1 ± 4.5	65.8 ± 1.6	51.5 ± 2.3
20	95.7 ± 2.4	97.0 ± 3.0	100	97.4 ± 2.6	94.5 ± 2.9	71.0 ± 2.2	64.2 ± 0.1
25	95.2 ± 1.1	94.2 ± 1.8	98.3 ± 1.0	96.0 ± 1.4	88.9 ± 1.3	72.5 ± 4.8	61.4 ± 3.1
30	100	98.1 ± 1.9	99.2 ± 0.8	100	97.3 ± 1.7	78.6 ± 1.9	76.5 ± 1.9
35	100	100	100	100	100	0	0

[1] With 30-50 eggs per treatment, four or six replicates.

表三　不同定溫下蔬菜斑潛蠅未成熟期之發育日數

Table 3. Duration (days) of immature stages of *Liriomyza sativae* at various constant temperatures

Temp. (°C)	Egg		Larva								Pupa		Egg-pupa	
			1st		2nd		3rd		Total					
	n	$\bar{x}$ ± SEM	*n*	$\bar{x}$ ± SEM	*n*	$\bar{x}$ ± SEM	*n*	$\bar{x}$ ± SEM	*n*	$\bar{x}$ ± SEM	*n*	$\bar{x}$ ± SEM	*n*	$\bar{x}$ ± SEM
15	72	11.3 ± 0.1	72	7.2 ± 0.0	72	4.8 ± 0.2	70	4.7 ± 0.5	70	16.7 ± 0.5	31	28.9 ± 0.6	31	56.9 ± 0.6
20	46	4.2 ± 0.0	46	2.8 ± 0.0	40	1.7 ± 0.1	40	2.3 ± 0.3	40	6.8 ± 0.3	33	16.0 ± 0.3	33	27.0 ± 0.3
25	60	2.8 ± 0.0	56	2.0 ± 0.0	48	1.2 ± 0.0	46	1.5 ± 0.1	46	4.7 ± 0.1	43	9.8 ± 0.2	43	17.3 ± 0.2
30	48	2.0 ± 0.0	45	1.2 ± 0.0	45	0.9 ± 0.0	45	1.4 ± 0.1	45	3.5 ± 0.1	43	6.8 ± 0.1	41	12.3 ± 0.2
35	35	1.8 ± 0.0	32	1.3 ± 0.0	32	1.0 ± 0.0	31	0.9 ± 0.2	31	3.2 ± 0.0	31	-	31	-

表四　蔬菜斑潛蠅各發育期之發育速率對溫度之直線迴歸方程式、發育臨界低溫及有效積溫[1)]

Table 4. Linear regression equations (*y* = developmental rate, *x* = temperature), lower developmental thresholds (°C), and thermal summation (degree-day) for different life stages of *Liriomyza sativae*[1)]

Stage	Regression equation	R^2	T_o ($\bar{x}$ ± SEM)	*DD* ($\bar{x}$ ± SEM)
Egg	$y = -0.2502 + 0.0239x$	0.9819	10.5 ± 0.6	42 ± 3
Larva	$y = -0.1184 + 0.0128x$	0.9747	9.2 ± 0.7	78 ± 7
Pupa	$y = -0.0831 + 0.0075x$	0.9895	11.0 ± 0.4	133 ± 10
Egg to pupa	$y = -0.0469 + 0.0042x$	0.9981	11.1 ± 0.2	236 ± 7

[1] Estimated according to Campbell *et al.* (1974). R^2: Coefficient of determination. T_o: The lower developmental threshold. *DD*: Thermal summation in degree-day.

五、溫度對族群增長之影響

壽命：雌蠅與雄蠅之壽命與溫度間均呈極顯著之直線迴歸關係（雌 $p = 0.0000$, 雄 $p = 0.0000$）(圖六)。雌、雄蠅壽命在 15°C 時雖與 20°C 時無顯著差異，但卻顯著較 25°C 與 30°C 時各長 1.3～1.4 倍與 3.2～3.3 倍；且不論在 15～30°C 下，在相同溫度時雌、雄壽命間均無顯著差異（表六）。

產卵：雌蠅一生產有活力卵數與溫度呈極顯著之二次迴歸關係（$p = 0.0000$），其最大平

表五　在 25°C 下蜂蜜與交尾對蔬菜斑潛蠅壽命、生殖力、取食刻點數及子代雌性比之影響

Table 5. Effect of honey and mating of female *Liriomyza sativae* on the longevity, fecundity, feeding and proportion of female progeny ($\bar{x}$ ± SEM) at 25°C

Treatment	*n*	Longevity (d)		No. progeny produced/female				No. feeding stipples	Viable eggs/ feeding stipples
		Female	Male	Eggs	Viable eggs[2)]	Adults	Female proportion		
Honey + mating (control)	8	13.4 ± 1.3Aa[1)]	11.3 ± 2.0Aa	-	113 ± 16a	84 ± 11a	0.50 ± 0.02a	920 ± 70a	0.11 ± 0.00a
Honey + without mating	7	10.1 ± 1.4a	-	15 ± 7	0c	0c	-	418 ± 65b	0b
Without honey + mating	7	3.7 ± 0.4Ab	3.3 ± 0.3Ab	-	32 ± 3b	26 ± 1b	0.52 ± 0.01a	298 ± 70b	0.14 ± 0.00a

[1)] Means of longevity followed by the same uppercase letter denote that there are no significant differences between sexes ($p < 0.05$, *t*-test). Means within each column followed by the same lowercase letter are not significantly different ($p < 0.05$, LSD).

[2)] Number of eggs that survived to third-instar.

均估測值爲 22.9°C 時之 136 粒卵 (圖六)。產卵活動之適溫帶爲 15～30°C (表六)。日產卵型式受溫度影響，在 15、20 及 25°C 下，雌蠅之產卵前期與產卵期各溫度間雖均近似，各爲 1～2 日與 12～14 日；但每日之產卵數，前者與後二者卻各爲 0.2～1.7 與 3.0～25.3 粒有活力之卵。在 30°C 時，雌蠅之產卵期雖銳減爲 3 日，但每日之產卵數仍維持 7.5～19.8 粒有活力之卵 (圖七)。

取食：雌蠅之取食刻點數與溫度呈極顯著之二次迴歸關係 ($p = 0.0000$)，其中取食刻點數之最大平均估測值爲 22.6°C 時之 1083 個刻點 (圖六)。雌蠅取食活動之最適溫度帶爲 15～30°C (表六)。日取食型式與溫度有關，低溫時雌蠅之取食期雖長，但每日取食之刻點數少，而高溫時則反之。如在 15、20～25 及 30°C 時，雌蠅之取食期各爲 26、17～20 及 4 日，其每日之取食刻點數各爲 2～65、3～194 及 39～205 個刻點 (圖七)。

產卵與取食之比例：雌蠅產卵與取食之比例與溫度呈極顯著之直線迴歸關係 ($p = 0.0000$)，其最大平均估測值爲 30°C 時之 0.14:1 (圖六)。該項比例之最適溫度帶爲 20～30°C (表六)。

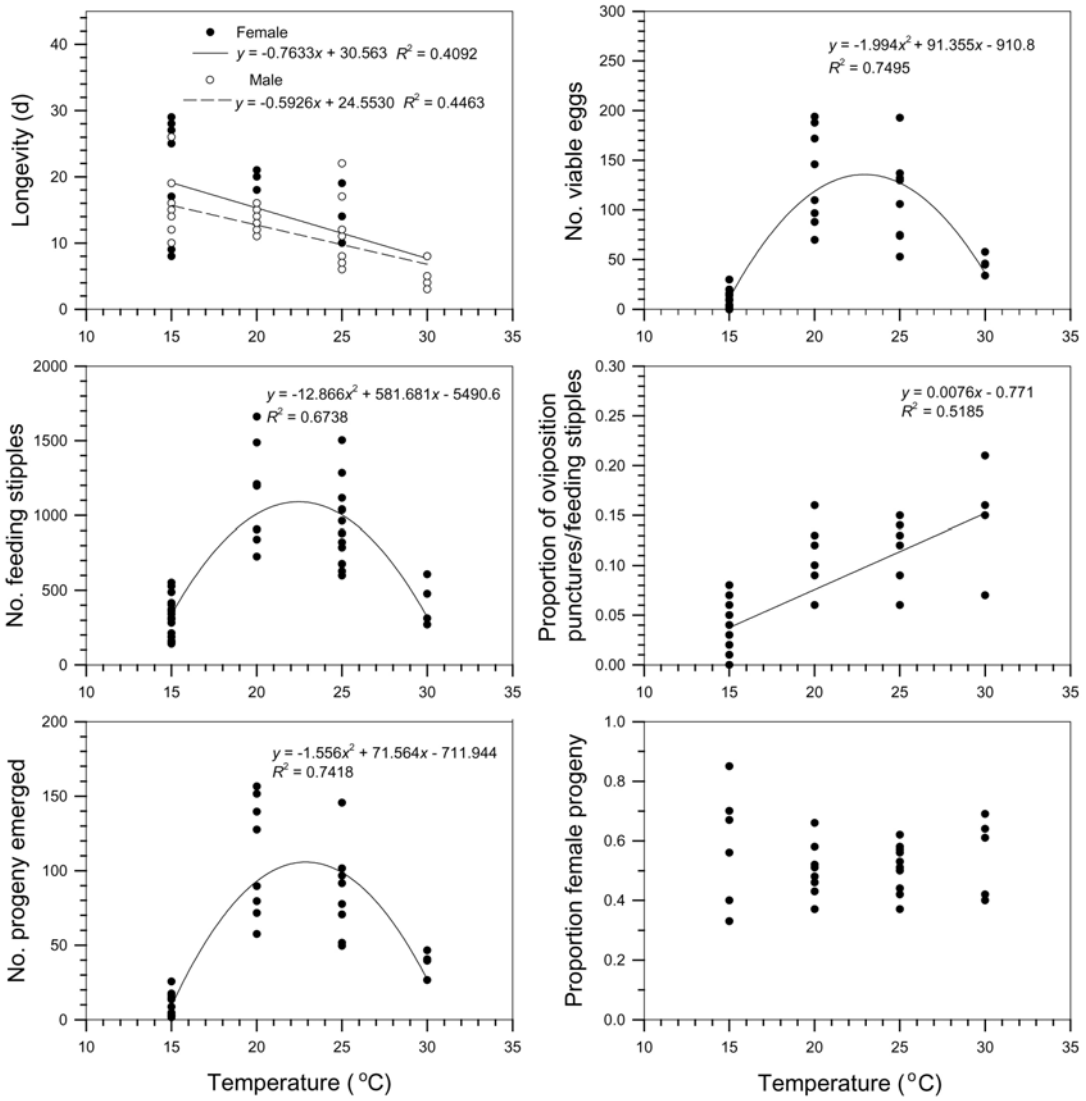
子代成蠅數：雌蠅之子代成蠅數與溫度呈極顯著之二次迴歸關係 ($p = 0.0000$)，其最大平均估測值爲 22.9°C 時之 106 隻 (圖六)。雌蠅生殖力之最適溫度帶爲 20～25°C (表六)。

子代雌性比：在 15～30°C 下，雌蠅之子代雌性比爲 0.50～0.58，處理間無顯著差異 (表六)。另由圖六顯示該項比值與溫度無直線迴歸關係 ($p = 0.7839$)。

齡別生命表：在 15、20、25 及 30°C 時，蔬菜斑潛蠅之族群增長隨溫度之上升而增加，因此若就其雌性有活力卵數之每日內在增殖率觀之，30°C 爲該蠅族群增長最快之溫度 (表七)；但由該蠅淨增殖率觀之，則顯示 20°C 爲該蠅族群增長之最適溫度 (表七、圖八)。

六、高溫對 25°C 下繁殖之成蠅生殖力與取食刻點數之影響

將在 25°C 下繁殖之成對 0 日齡成蠅分別移至 30 與 35°C 高溫下、每日供應 1 株菜豆苗與純蜂蜜時，30°C 處理組雌蠅之生殖力顯著優於 35°C 之處理組 (表六)。另與上項



圖六　溫度與蔬菜斑潛蠅雌蠅繁殖力與取食刻點數之關係。

Fig. 6. Relationship between temperature and reproduction and feeding stipples of female *Liriomyza sativae*. Regression lines drawn for relationships where $p < 0.01$.

25°C 之試驗結果比較時，顯示 30 與 35°C 之高溫雖均對 25°C 下繁殖成蠅之生殖力無顯著影響，但前兩者之取食刻點數卻較 25°C 定溫者增加 1.3～1.5 倍（表六）。

討論與結論

蔬菜斑潛蠅幼蟲期之發育受溫度與寄主植物之影響 (CABI/EPPO, 1997)。但經比較本試驗結果與美國、日本及中國等地區之蔬菜斑潛蠅在菜豆、利馬豆 (*Phaseolus lunatus*

表六　蔬菜斑潛蠅在不同溫度下之壽命、生殖力及取食刻點數

Table 6. Longevity, fecundity and feeding stipples ($\bar{x}$ ± SEM) of *Liriomyza sativae* at various temperatures

Temp. (°C)	*n*	Longevity (d)		Fecundity			No. feeding stipples	Viable eggs/ feeding stipples
		Female	Male	Viable eggs[2)]	No. adults	Female proportion		
15	17	18.7 ± 2.2Aa[1)]	14.9 ± 1.5Aa	8 ± 2d	7 ± 2d	0.55 ± 0.07a	315 ± 33c	0.02 ± 0.01c
20	8	15.4 ± 1.4Aab	13.4 ± 0.6Aab	133 ± 17a	108 ± 14a	0.50 ± 0.03a	1153 ± 113ab	0.12 ± 0.01ab
25	8	13.4 ± 1.3Abc	11.3 ± 2.0Ab	113 ± 16ab	84 ± 11ab	0.50 ± 0.02a	920 ± 69b	0.11 ± 0.01ab
30	7	5.7 ± 0.8Ad	4.6 ± 0.6Ac	43 ± 5cd	34 ± 5cd	0.58 ± 0.05a	450 ± 58c	0.14 ± 0.03a
25-30[3)]	8	9.4 ± 0.8Acd	10.8 ± 0.8Ab	125 ± 14a	106 ± 14a	0.49 ± 0.02a	1360 ± 205a	0.10 ± 0.01ab
25-35[3)]	8	8.4 ± 1.0Acd	6.4 ± 1.0Ac	82 ± 25bc	61 ± 19bc	0.61 ± 0.08a	1166 ± 235ab	0.08 ± 0.03b

1) Means of longevity followed by the same uppercase letter denote that there are no significant differences between sexes ($p < 0.05$, *t*-test). Means within each column followed by the same lowercase letter are not significantly different ($p < 0.05$, LSD).

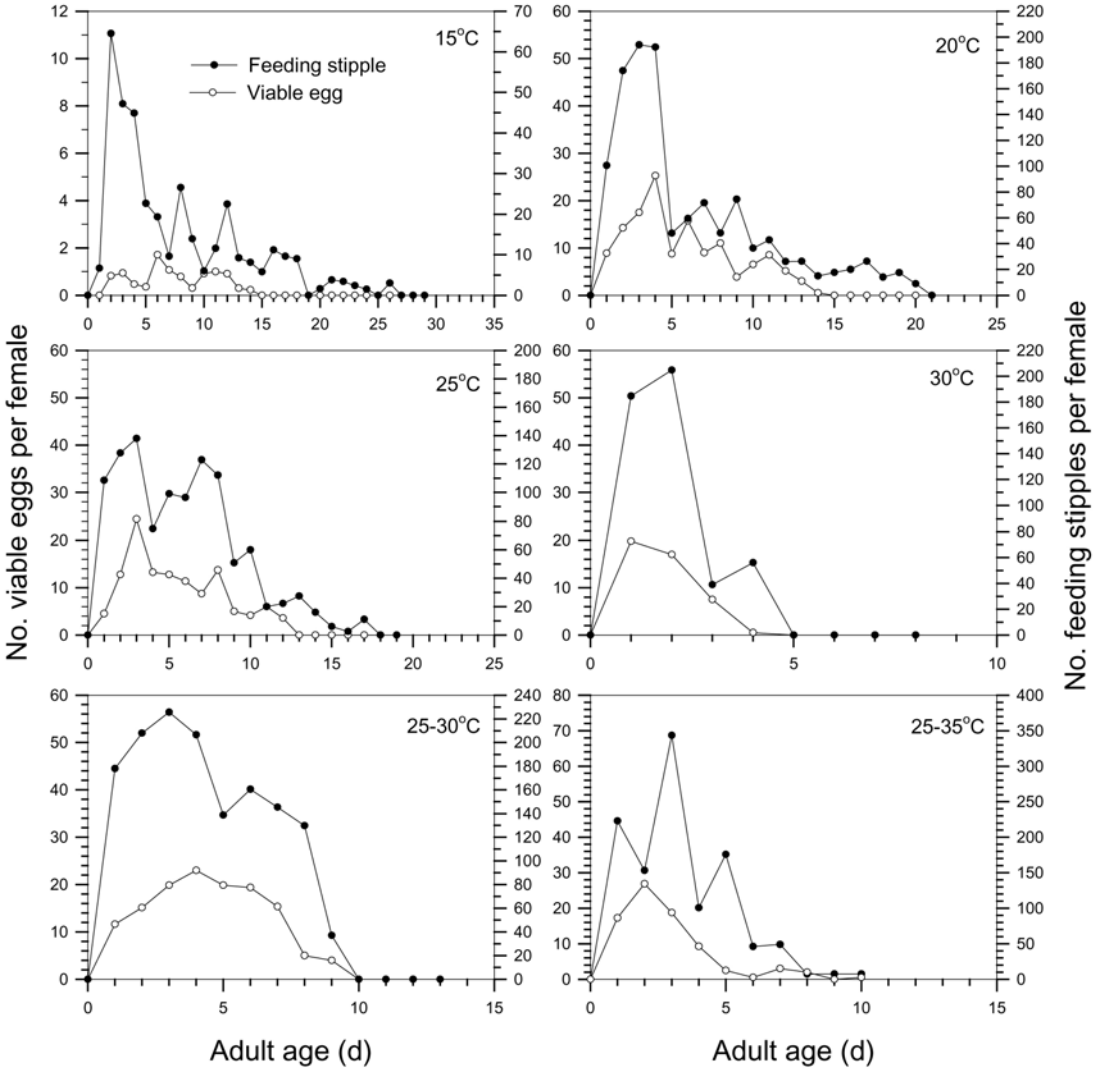
2) Number of eggs that survived to third-instar.

3) Reared and emerged at 25°C, then transferred to 30 or 35°C for oviposition and feeding.

L.)、長豇豆 (*Vigna sesquipedalis* (L.))、萵苣 (*Lactuca sativa* L.)、番茄 (*Lycopersicon esculentum* Mill.) 及蓖麻子 (*Ricinus communis* L.) 等不同寄主植物與不同溫度之發育後，發現蔬菜斑潛蠅之發育主要受溫度影響，不論地區與寄主植物，蔬菜斑潛蠅卵至蛹期之發育臨界低溫與有效積溫均各維持在 8.77～11.1°C 與 223.7～295.7 日度 (Parkman *et al.*, 1989; Petitt *et al.*, 1991; Petitt and Wietlisbach, 1994; Palumbo, 1995; Wu, 1997; Cao *et al.*, 1999; He *et al.*, 1999; Zhang *et al.*, 2000; Zhou *et al.*, 2000; Sakamaki *et al.*, 2003; Tokumaru and Abe, 2003)。

高溼與乾燥嚴重影響蔬菜斑潛蠅之化蛹 (CABI/EPPO, 1997)。Petitt and Wietlisbach (1994) 認爲在 25°C 下，相對溼度爲 20% RH 時，蛹之存活率僅 20%，但當相對溼度提升爲 70～95% RH 時，蛹之存活率高達 94～100%。另 Parkman *et al.* (1989) 推測蔬菜斑潛蠅蛹之致死上限可能接近 35°C，He *et al.* (1999) 報導在 35°C 下蛹之存活率爲 10%，而 Zhou *et al.* (2000) 與 Wei *et al.* (2002) 均證實在 35°C 下蛹不能完成發育。本試驗測得蔬菜斑潛蠅在 35°C 定溫下卵與幼蟲期之存活率均達 100%，蛹卻無法完成發育。但若將在 25°C 定溫下完成發育之成蠅移至 35°C 下，卻能正常產卵。顯示蔬菜斑潛蠅之成蟲、卵及幼蟲期對 35°C 高溫之適應力均較蛹期強。

蔬菜斑潛蠅之產卵數亦受溫度與寄主植物之影響 (CABI/EPPO, 1997; Zhou *et al.*, 2000)。但經比較本試驗結果與該蠅在不同地區、溫度及寄主植物上之產卵數後，發現影響蔬菜斑潛蠅產卵數之主要因子除溫度外，地區性之種源與寄主植物亦爲可能之變因。例如在相同溫度 (25°C) 與寄主植物 (菜豆) 上，日本京都地區之蔬菜斑潛蠅可產 639.6 粒卵 (Tokumaru and Abe, 2003)，中國浙江地區者產 360.6 粒卵、廣州地區者產 257.5 粒卵 (Zhang *et al.*, 2000)，而本試驗臺灣南投地區者僅產 113 粒卵，同時四地區雌蠅壽命亦有長短，各爲 28.1、18.4、15.4 及 13.4 日，顯現蔬菜斑潛蠅之生殖力會因地區而不同，以致對作物造成之爲害亦不一，其原因或與各地區侵入種之品系有關。寄主植物方面，在 28



圖七　蔬菜斑潛蠅雌蠅在不同定溫下各日齡之日產有活力卵與日取食型式。

Fig. 7.　Daily viable eggs and feeding stipples patterns of female *Liriomyza sativae* at various temperatures (viable eggs: the number of eggs that survived to third-instar).

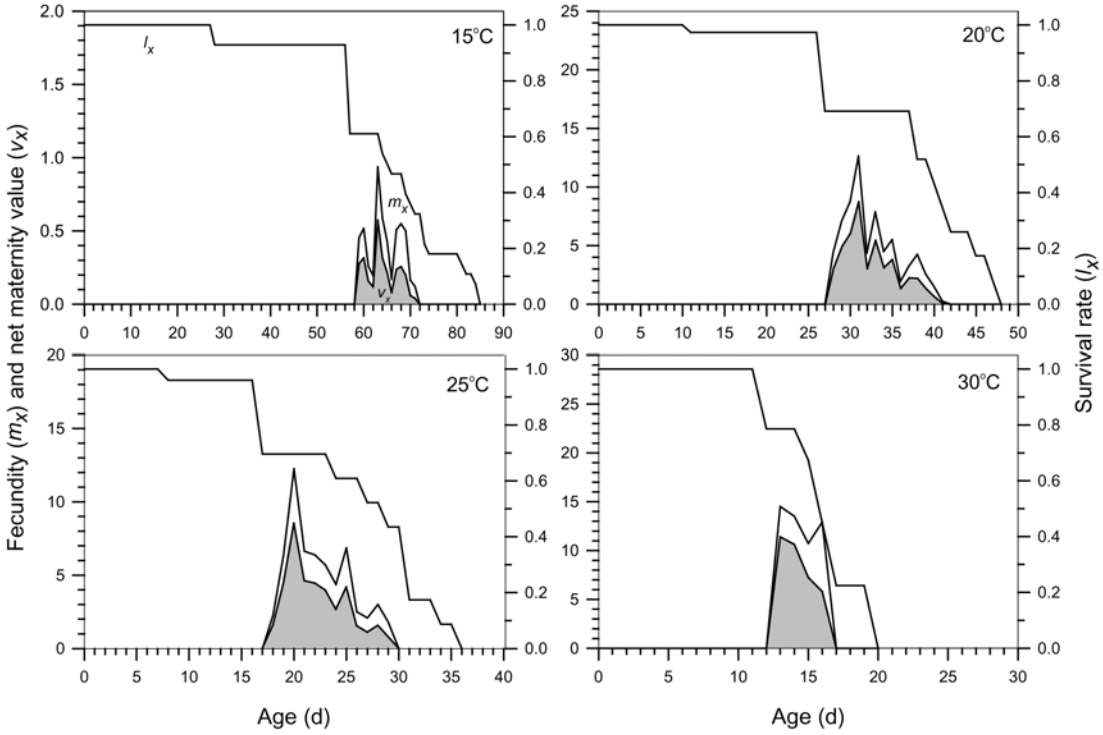
或 29°C下，中國廣州地區雌蠅在番茄與長豇豆上之產卵數相近，各爲 114.2 與 124.8 粒卵 (Wu, 1997; Cao *et al*., 1999)；但在 25°C下，中國浙江地區雌蠅在菜豆、長豇豆及黃瓜上之產卵數卻呈顯著差異，各爲 360.6、271.9及 193.8 粒卵 (Pang *et al*., 2005)；美國佛羅里達州地區雌蠅於 25°C 時，在利馬豆與雜草蓖麻子上之產卵數亦相異，各爲 362.0 與 164.5 粒卵 (Parkman *et al*., 1989; Petitt and Wietlisbach, 1994)，顯示雌蠅雖在蓖麻子上產卵較少、但對該雜草上斑潛蠅之防治及其上天敵之利用卻不可忽視。

表七　蔬菜斑潛蠅在不同定溫下之族群介量[1,2)]
Table 7. Population parameters[1,2)] of *Liriomyza sativae* at various constant temperatures

Temp. (°C)	n	r_m	λ	R_0	T
15	17	0.0162	1.0163	2.847	64.57
20	8	0.1163	1.1233	46.061	32.93
25	8	0.1624	1.1763	39.324	22.61
30	7	0.2358	1.2659	35.038	15.08

1) r_m intrinsic rate of increase (d^{-1}); λ, finite rate of increase (d^{-1}); R_0, net reproductive rate (viable female eggs/female); T, mean generation time (d).

2) For the calculation of population parameters, the number of eggs that survived to third-instar was used as the age-specific fecundity.



圖八　蔬菜斑潛蠅在不同定溫下之齡別存活率 (l_x)、齡別繁殖率 (m_x) 及齡別淨增殖值 (v_x= $l_x m_x$)。
Fig. 8. Age-specific survival rate (l_x), fecundity (m_x) and net maternity value (v_x= $l_x m_x$) of *Liriomyza sativae* at various constant temperatures.

Chien and Ku (1996) 曾對非洲菊斑潛蠅之形態與生活史等進行深入研究。而本試驗發現蔬菜斑潛蠅不論產卵位置，幼蟲之體色、潛食部位及取食隧道，蛹之體色，該蠅羽化、交尾、交尾前期與羽化時刻之關係、產卵、取食及老熟幼蟲鑽出葉面化蛹等行爲，均與非洲菊斑潛蠅十分近似。外形上僅成蠅大小與成蠅腹節背板黃色中溝部分，在兩種斑潛蠅間具明顯差異。

本試驗在定溫下測得之蔬菜斑潛蠅發育

適溫帶爲 15 至 30°C，其間卵發育至蛹期之存活率爲 51.5～76.5%，但在 10°C 之低溫與 35°C 之高溫下，均不能完成發育。非洲菊斑潛蠅發育之適溫帶爲 20 至 35°C，其間卵發育至蛹期之存活率爲 74.5～81.6%，15°C 之低溫則不適該蠅之發育，其存活率僅 13.9% (Chien and Ku, 1996)。顯示兩種斑潛蠅對溫度適應之範圍，蔬菜斑潛蠅略偏向低溫，而非洲菊斑潛蠅則略偏向高溫。

蔬菜斑潛蠅卵產於菜豆葉表皮下，不易計數，且在室內 15～25°C 與 30°C 時，卵發育至第二齡幼蟲之存活率各高達 84.2～92.8% 與 97.3%，因此爲方便計數且避免錯誤，乃以存活至第三齡幼蟲之數目爲其每日繁殖率 (m_x)。另爲在同一標準下比較臺灣地區蔬菜斑潛蠅與非洲菊斑潛蠅之繁殖能力，乃將 Chien and Ku (1996) 有關非洲菊斑潛蠅生命表之資料重新以 Lotka-Euler formula 之方法 (Goodman, 1982)，估算並繪製該蠅在各不同定溫下之族群介量 (附表一，附圖一)。結果發現在供應相同菜豆寄主與純蜂蜜狀態下，臺灣地區蔬菜斑潛蠅在 20、25 及 30°C 時，其雌性有活力卵數每日之內在增殖率各爲 0.1163、0.1624 及 0.2358；而非洲菊斑潛蠅在 20、25、30 及 35°C 時，其雌性有活力卵數每日之內在增殖率各爲 0.1611、0.2292、0.2737 及 0.3195 (附表一)。因而就臺灣地區兩種斑潛蠅族群之繁殖能力而言，非洲菊斑潛蠅確實高於蔬菜斑潛蠅。但在日本地區供應相同菜豆寄主下，蔬菜斑潛蠅與非洲菊斑潛蠅在 25°C 時，其雌性有活力卵數每日之內在增殖率各爲 0.21 與 0.17，蔬菜斑潛蠅族群之繁殖能力反而高於非洲菊斑潛蠅 (Tokumaru and Abe, 2003)。

本試驗證實蔬菜斑潛蠅雌蠅當取食寄主植物汁液時，不僅從其取食孔獲得，亦可自其產卵處取得。因而豆葉上之所有葉面刻點數，可視爲該蠅之取食刻點數。雌蠅在菊花上之產卵孔數爲其取食刻點數之 15% (Parrella *et al.*, 1981)，而本試驗發現產卵孔數與取食刻點數之比值與溫度有關，在 20～30°C 時，兩者之比值爲 0.11～0.14:1，但在 15°C 時，兩者之比值卻降爲 0.02:1。另外，本文發現雌蠅在產卵後立即在其產卵孔處之吸食行爲，有助於卵之孵化。

斑潛蠅繁殖力常受寄主植物種類、葉品質、溫度及食物等之影響。因而爲達蔬菜斑潛蠅繁殖方法之建立，必先瞭解彼等因子與該蠅繁殖之關係。Liu and Jiang (1998) 於室內以取食孔數爲基準進行蔬菜斑潛蠅對寄主植物之篩選，其偏好程度依序爲豆類、瓜類、茄科及十字花科等。本試驗結果得知，蔬菜斑潛蠅在 20～30°C 間，每天供應菜豆苗與純蜂蜜情況下，其雌性有活力卵數之每日內在增殖率與終極增殖率均隨溫度之上升而增加，而 15°C 時，族群增長則趨緩。另外在臺灣田間菜豆成株之複葉上雖可發現該蠅之爲害，但本試驗結果顯示，該蠅在菜豆苗上卻對眞葉具極顯著之產卵與取食偏好性。因而建議在室內繁殖蔬菜斑潛蠅之最適條件，爲在 20°C、每日供食純蜂蜜情況下，以 15～20 cm 莖高去除複葉之菜豆苗供該蠅產卵。

誌　　謝

本研究承翁振宇先生協助攝製蔬菜斑潛蠅各生長期及其取食隧道之圖片，謹此致謝。

引用文獻

Wei, D. W. 2000. Present status of *Liriomyza sativae* researches in China.

Guangxi Agric. Sci. 6: 320-324。

CABI. 2002. Crop Protection Compendium. CAB Int. Wallingford, Oxon, UK.

CABI/EPPO. 1997. *Liriomyza sativae*. pp. 369-373. *In*: I. M. Smith, D. G. McNamara, P. R. Scott, and M. Holderness, eds. Quarantine Pests for Europe. 2nd edition. CAB Int. Wallingford, UK. 1425 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.

Cao, Y., R. K. Li, J. Y. Lin, X. Tan, and S. Y. Xu. 1999. Studies on biology and occurrence of *Liriomyza sativae* in Guangzhou region. J. South China Agric. Univ. 20: 18-22.

Chen, X. X., J. H. He, Z. H. Xu, and Y. Ma. 2001. Research and application of parasitoids to suppress *Liriomyza sativae* flies. Chinese J. Biol. Cont. 17: 30-34.

Chien, C. C., and H. C. Ku. 1996. Morphology, life history and reproductive ability of *Liriomyza trifolii*. J. Agric. Res. China 45: 69-88.

EPPO. 1984. Data sheets on quarantine organisms. Bull. OEPP 14: 78.

Goodman, D. 1982. Optimal life histories, optimal notation, and the value of reproductive value. Am. Nat. 119: 803-823.

He, J. Y., W. X. Deng, S. C. Yang, and Z. X. Wang. 1999. Studies on life-table of experimental population of *Liriomyza sativae*. Acta Entomol. Sin. 42: 291-296.

Johnson, M. W. 1993. Biological control of *Liriomyza* leafminers in the Pacific Basin. Micronesica No. 4 suppl.: 81-92.

Johnson, M. W., and A. H. Hara. 1987. Influence of host crop on parasitoids (Hymenoptera) of *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae). Environ. Entomol. 16: 339-344.

Liu, Q., and Y. W. Jiang. 1998. Host selectivity of American leafminer (*Liriomyza sativae* Blanchard). China Vegetables No. 1: 1-4.

McClanahan, R. J. 1980. Biological control of *Liriomyza sativae* on greenhouse tomatoes. Proc. Work. Group. Integrated Control Glasshouses, Vantea, Finland. Bull. Int. Org. Biol. Cont./West. Palearct. Reg. Sect. 3: 135-139.

Murphy, S. T., and J. LaSalle. 1999. Balancing biological control strategies in the IPM of New World invasive *Liriomyza* leafminers in field vegetable crops. Biol. News Inf. 20: 91-104.

Palumbo, J. C. 1995. Developmental rate of *Liriomyza sativae* on lettuce as a function of temperature. Southwest. Entomol. 20: 461-465.

Pang, B. P., J. A. Chen, E. Y. Huang, and Z. S. Bao. 2005. Effects of different host plants on population parameters of *Liriomyza sativae*. Plant Prot. 31: 26-28.

Parkman, P., J. A. Dusky, and R. H. Waddill. 1989. Biological studies of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on castor bean. Environ. Entomol. 18: 768-772.

Parrella, M. P., W. W. Allen, and P. Marishita. 1981. Leafminer species causes California chrysanthemum growers new problems. Calif. Agric. 35: 28-30.

Petitt, F. L., and D. O. Wietlisbach. 1994. Laboratory rearing and life history of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on lima bean. Environ. Entomol. 23: 1416-1421.

Petitt, F. L., J. C. Allen, and C. S. Barfield. 1991. Degree day model for vegetable leafminer (Diptera: Agromyzidae) phenology. Environ. Entomol. 20: 1134-1140.

Sakamaki, Y., Y. Chi, and K. Kusigemati. 2003. Lower threshold temperature and total effective temperature for the development of *Liriomyza sativae* Blanchard on kidney beans. Bull. Fac. Agric. Kagoshima Univ. 53: 21-28.

Tokumaru, S., and Y. Abe. 2003. Effects of temperature and photoperiod on development and reproductive potential of *Liriomyza sativae*, *L. trifolii*, and *L. bryoniae* (Diptera: Agromyzidae). Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 47: 143-152.

Waterhouse, D. F., and K. R. Norris. 1987. Biological control: Pacific prospects. Inkata Press, Australia. 454 pp.

Wei, D. W., Z. Y. Wang, Z. H. Zhou, and S. C. Liao. 2002. Temperature effect on the experimental population of *Liriomyza sativae* Blanchard. Chinese Agric. Sci. Bull. 18(4): 59-64.

Wen, J. Z., Z. R. Lei, and Y. Wang. 2002. Opiinae parasitoids of the leafminer *Liriomyza* spp. in China. Chinese Acad. Agric. Sci. 39: 14-16.

Wen, J. Z., Y. Wang, and Z. R. Lei. 1996. New record of *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) from China. Entomotaxonomia 18: 311-312.

Wu, J. 1997. Population dynamics of the vegetable leafminer, *Liriomyza sativae* Blanchard and its control. Ph.D. Thesis, South China Agric. Univ. Guangzhou, China.

Xu, Z. F., and L. Zeng. 1998. Current status in the study on parasitoids of *Liriomyza sativae* Blanchard. Nat. Enemies Insects 20: 129-135.

Xu, Z. F., Z. Z. Gao, Z. F. Chen, R. H. Hou, and L. Zeng. 1999. Hymenopterous parasitoids of *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) in Guangdong Province, China. Nat. Enemies Insects 21: 126-132.

Zeng, L., W. Q. Zhang, and J. J. Wu. 1999. Preliminary studies on the parasitoids of *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) in Guangdong. Nat. Enemies Insects 21: 113-116.

Zhang, R. J., D. J. Yu, and C. Q. Zhou. 2000. Effects of temperature on certain population parameters of *Liriomyza*

sativae Blanchard (Diptera: Agromyzidae). Entomol. Sin. 7: 185-192.

Zhao, Y., Z. H. Li, W. A. Xu, and X. Y. Li. 2003. Endoparasitoids of *Liriomyza sativae* investment and its biology. J. Shandong Agric. Univ. (Nat. Sci.) 34: 24-28.

Zhou, Y. H., Z. M. Zhao, and X. P. Deng. 2000. Effect of temperature on the increase of experimental population of *Liriomyza sativae* Blanchard. J. Southwest Agric. Univ. 22: 443-447.

Zitter, T. A., and J. H. Tsai. 1977. Transmission of three polyviruses by the leaf miner *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). Plant Dis. Rep. 61: 1025-1029.

Zitter, T. A., J. H. Tsai, and K. F. Harris. 1980. Flies. pp. 165-176. *In*: K. F. Harris, and K. Maramorosch, eds. Vectors of Plant Pathogens. Academic Press, New York.

收件日期：2006 年 11 月 1 日
接受日期：2007 年 6 月 15 日

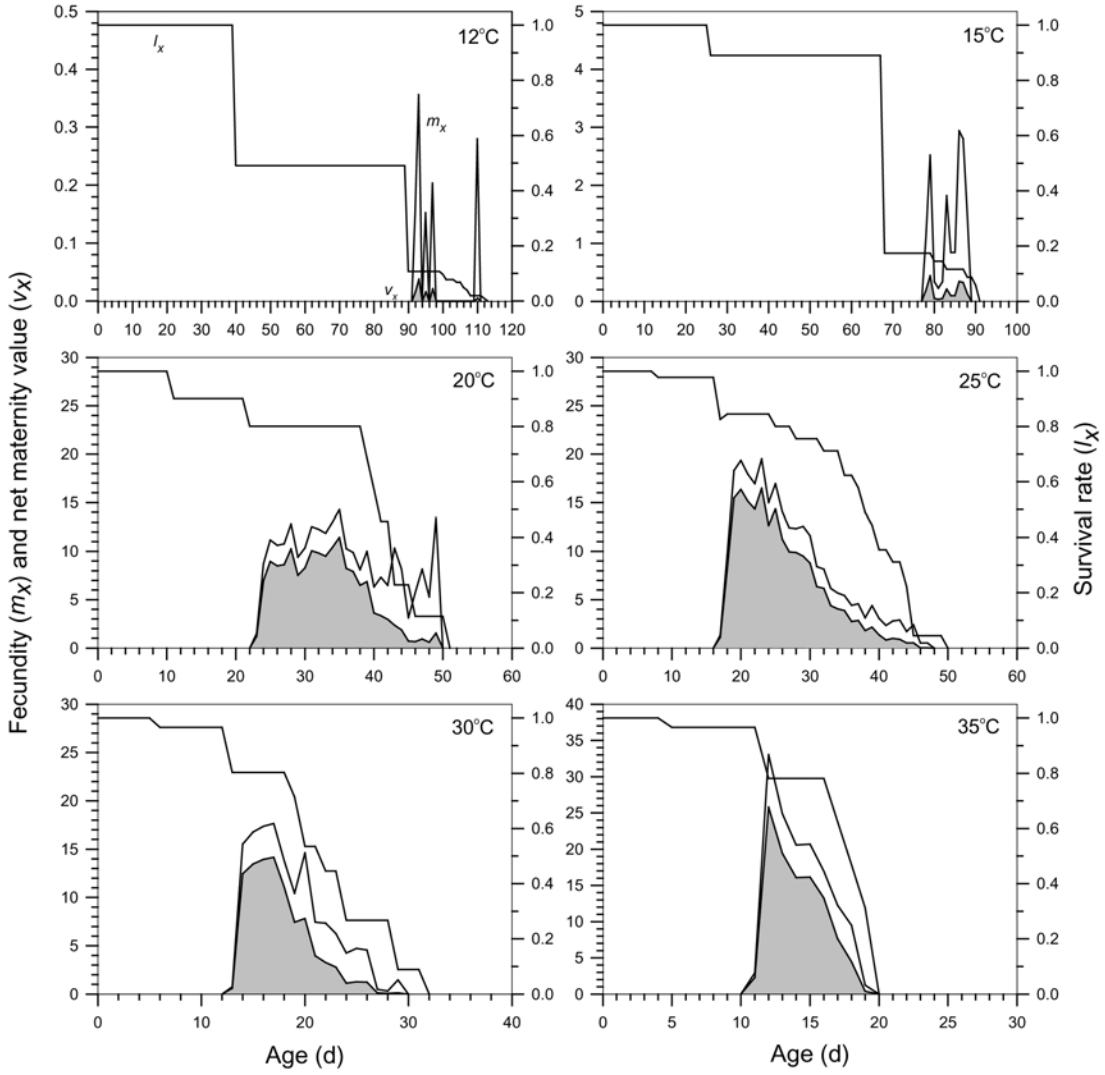
附表一　非洲菊斑潛蠅在不同定溫下之族群介量[1,2,3)]
Appendix table 1.　Population parameters[1,2,3)] of *Liriomyza trifolii* at various constant temperatures

Temp. (°C)	n	r_m	λ	R_0	T
12	11	-0.0241	0.9762	0.098	96.36
15	6	0.0081	1.0081	1.965	83.40
20	7	0.1611	1.1748	159.724	31.49
25	19	0.2292	1.2576	198.461	23.08
30	9	0.2737	1.3148	95.037	16.64
35	5	0.3195	1.3764	105.469	14.58

1) Revised population parameters of Chien and Ku (1996) using Lotka-Euler formula with age indexed from zero (Goodman, 1982).

2) r_m intrinsic rate of increase (d^{-1}); λ, finite rate of increase (d^{-1}); R_0, net reproductive rate (viable female eggs/female); T, mean generation time (d).

3) For the calculation of population parameters, the number of eggs that survived to third-instar was used as the age-specific fecundity.



附圖一　非洲菊斑潛蠅在不同定溫下之齡別存活率 (l_x)、齡別繁殖率 (m_x) 及齡別淨增殖值 (v_x= l_xm_x)。更正自 Chien and Ku (1996) 之資料。

Appendix Fig. 1. Age-specific survival rate (l_x), fecundity (m_x) and net maternity value (v_x= l_xm_x) of *Liriomyza trifolii* at various constant temperatures. Revised population parameters of Chien and Ku (1996) using Lotka-Euler formula with age indexed from zero (Goodman, 1982).

Morphology, life history and life table of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae)

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

ABSTRACT

The morphology, life history, and the effect of honey, mating and temperature on the population growth rate of the leafminer, *Liriomyza sativae* Blanchard, were studied in the laboratory with field bean, *Phaseolus vulgaris* var. *communis* Aeschers, as host plant. Results indicated that emergence, mating, and oviposition of adults as well as larvae emerging from leaves all took place primarily in the morning. The mating rate reached 95.8% on the 2nd day. Males and females mated more than once. At 25°C, unmated females fed with honey could lay 15 infertile eggs. Mated females without honey supply had significant lower values in longevity, fecundity and number of feeding stipples than those fed with honey. Females fed from all punctures regardless of oviposition. Females had a significant preference for laying their eggs and feeding on primary leaf to trifoliate leaf of field bean. The number of third instars within the mesophyll could be used to estimate the oviposition of the leafminer between 15-30°C due to the high survival rate of egg stage (95.2-100%) and larval stage (81.1-97.3%). The mine length increased as the larva grew. The mine length of third instars was 5.1- and 2.9-fold longer than that of first and second instars, respectively. The lower developmental threshold was estimated to be 11.1°C for the development from egg to pupal stage. *L. sativae* required 42, 78, 133 and 236 degree-days, respectively, to complete the egg, larval, pupal and total immature stages. The maximum intrinsic rate of *L. sativae* was observed at 30°C (r_m = 0.2358/day) when honey is provided. The maximal net reproductive rate was observed at 20°C (R_o = 46.061 viable female eggs). The optimal conditions for rearing *L. sativae* is using field bean of 15-20 cm tall with a daily supply of honey at 20°C.

Key words: *Liriomyza sativae*, life history, life table, field bean, temperature

*Correspondence address
e-mail: chien@wufeng.tari.gov.tw