中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）45(1)：69～88（1996）

非洲菊斑潛蠅之形態、生活史及繁殖力[1]

錢景秦　古琇芷[2]

摘要：本試驗以菜豆苗飼育非洲菊斑潛蠅，並觀察該蠅之形態、生活史及交尾次數與溫度對其族群增長之影響。結果得知，成蠅之羽化、產卵、取食及老熟幼蟲鑽出葉片等活動均屬晝行性。羽化後第二日之交尾率即達 99%，雌雄蠅皆行多次交尾（4～20 次以上），在 25°C下、未交尾雌蠅雖可產少數之卵，但均不孵化，而僅交尾 1 或 1 次以上雌蠅之內在增殖率各爲 0.2301與 0.2329／日。雌蠅可自取食孔或產卵孔取食，其中在產卵孔處之吸食可提高卵之孵化。雌蠅對豆苗之眞葉與複葉間具極顯著之產卵與取食偏好性，完全不產卵於複葉。卵之形成屬應變式產卵策略，卵在發育期不增大。於 20°～35°C 時，可利用豆葉內第三齡幼蟲數估算該蠅之產卵數（孵化率 94～99%，幼蟲存活率 90～98%）。第三齡幼蟲之食痕長度各爲第一與第二齡幼蟲之 9.0 與 4.7 倍。雌蠅產卵之實測臨界低溫與臨界高溫各爲 12°C 與 40°C。卵至成蟲期之發育臨界低溫與實測致死高溫各爲 8.7°C 與 38°C。餵食蜂蜜時，35°C 爲該蠅族群增長最大之溫度（內在增殖率爲 0.3236／天）；15°C 時族群幾停止增長（內在增殖率爲 0.0051／天）；而 20°C 至 25°C 爲該蠅最適繁殖之溫度（淨增殖率爲 152～188 粒雌性有活力之卵／雌）。在 25°C 下，一代發育期 16.6 天（卵期 3.3 天、幼蟲期 4.6 天、蛹期 8.6 天），一代存活率 81.6%。在 25°C 室溫下、每日供食蜂蜜、並以 15～20 cm 高之菜豆苗供該蠅產卵爲最佳飼養條件。

關鍵詞：非洲菊斑潛蠅、生活史、族群增長、菜豆、溫度。

非洲斑潛蠅（*Liriomyza trifolii*（Burgess））爲全球性觀賞植物與蔬菜之重要害蟲[15]。由於其繁殖力高、發育期短及易產生抗藥性等特性致使藥劑防治不易[21]，但一些學者認爲在觀賞植物上可利用寄生蜂防治該蠅[13,16,20]。由於非洲菊斑潛蠅之繁殖力受到寄主植物種類、葉品質、溫度、食物及該蠅之品系等之影響[16]，因而在評估寄生蜂對非洲菊斑潛蠅之防治效果前，必先瞭解非洲菊斑潛蠅在不同寄主植物上之生物學。然至今有關該蠅生物學研究多在菊花、芹菜、番茄及一種菜豆（*Phaseolus* sp.）上進行[8,10,14,18,20,23,26]，且對雌蠅之交尾能力、交尾次數與溫度對該蠅族群增長率之影響等均未有深入研究。1988 年 2 月臺灣首次於臺中大坑地區之非洲菊園（*Gerbera jamesonii* Bolues ex Hook. f.）發現非洲菊斑潛蠅，隨後該蠅迅速擴散分布並危害各地之菊科花卉、豆科、葫蘆科、茄科及十字花科蔬菜[3,27]。經調查在臺灣非洲菊斑潛蠅本地種之寄生蜂共有 7 種，其中以異角釉小蜂（*Hemiptarsenus varicornis*（Girault））最爲常見[9]。本文爲深入瞭解非洲菊斑潛蠅之生活習性與繁殖潛能，乃以菜豆（field bean, *Phaseolus vulgaris* var. *communis* Aeschers）爲寄主植物，觀察該蠅之形態、生活史及交尾次數與溫度對族群增長之影響等，希冀提供該蠅繁殖方法及評估黃色黏板與寄生蜂二者對非洲菊斑潛蠅防治潛能之參考。

1 臺灣省農業試驗所　研究報告 1832 號。
2 本所應用動物系副研究員、計畫助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

材料與方法

一、寄主植物之栽培

每週定期浸泡菜豆種子(600 粒)，在 25°C下經 7 小時種子吸水飽滿後，將其瀝淨、並風乾 2 小時，其後再以濕布覆蓋催芽，待 14 小時種子發根後，即移種在溫室置有 3 號蛭石之穴盤(長 36.5 cm，寬 28 cm，高 4.5 cm；30 穴)內。每天澆水，經 3 ～ 4 天莖高 2 cm 時才在每一穴盤下另墊盛水之塑膠盤(長 49 cm，寬 34 cm，高 3.5 cm)，隔天灌水之。又經 10 ～ 13 天，菜豆苗長至高 15 ～ 20 cm、眞葉(primary leaf)葉寬達 7 ～ 9 cm 時，即可供室內非洲菊斑潛蠅產卵用。

二、供試蟲源

在臺中大坑非洲菊栽培園內採集被非洲菊斑潛蠅幼蟲危害之葉片，攜回室內先分裝於扎孔之塑膠袋(長 36 cm，寬 24 cm)，再置於 25°C 之定溫箱內，成蠅羽化後供做飼育之蟲源。

三、非洲菊斑潛蠅之形態與發育經過

在 25°C下將第二日齡之雌蠅接入內置有 20 株菜豆苗之繁殖網箱(長 75 cm，寬 55 cm，高 50 cm；網目 92 meshes)，經產卵 2 小時(上午 8 點至 10 點)後將菜豆苗移出。繼之在溫度 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)下，每日觀察該蠅各生長期之形態與發育經過，各做 20 ～ 60 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。而各齡期幼蟲食痕寬度之測量亦在立體顯微鏡下進行，至於各齡期幼蟲食痕長度之度量，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食痕輕輕地逐一黏著，待完成後剪斷此線段，並將其拉直測量其長度，各做 30 次。

四、非洲菊斑潛蠅成蠅之習性

羽化：1992 年 8 月 22 至 26 日與 1994 年 5 月 17 至 20 日分別在 25°C、相對濕度 65 ～ 85% RH 及自然光照下，觀察室內所飼養之非洲菊斑潛蠅成蠅之羽化方式並記錄一日內該蠅每小時之羽化頻率及性比。兩次觀察蟲數各爲 1,364 與 2,504 隻。

交尾：在前述相同溫、濕度與 1994 年 5 月 18 至 20 日自然光照條件下，將早上 6 點至下午 5 點間每小時所羽化之成蠅各自接入玻璃筒(直徑 20 cm，高 22 cm)內且供食純蜂蜜做群體飼育。當目視玻璃筒內雌雄蠅有交尾行爲時，利用小毛筆將成對成蠅移入指形管(直徑 1.5 cm，高 7 cm)內，觀察成蠅交尾之方式與時間，各觀察 30 對；或利用吸蟲管直接將正交尾之成蠅吸出，記錄其交尾前期與第二日齡成蠅於一日內每小時之交尾頻率等。各觀察 391 與 356 對成蠅。另在相同溫度與自然光照下，將一日內羽化成蠅接入上述玻璃筒，供食純蜂蜜做群體飼育，記錄各日齡成蠅之存活率及檢視雌蠅各日齡之交尾率與交尾次數。成蠅日存活率之試驗，每玻璃筒中各接入 50 對成蠅，共重複 6 次。而雌蠅各日齡之交尾率與交尾次數之試驗，係先準備各貼有 0 、 1 、 2 、 3 及 4 次不同交尾次數標籤之 5 個大小相同之上述玻璃筒，然後將初羽化第一日齡成蠅接入標有 0 次交尾標籤之玻璃筒內。當目視玻璃筒內之成蠅有首次交尾行爲時，即利用吸蟲管將成對之成蠅吸入大玻璃管(直徑 3 cm，高 20 cm)內，且不驚動其交尾。待其自然分開後，再接入貼有 1 次交尾標籤之玻璃筒內。若在貼有 1 次交尾標籤之玻璃筒內目視成蠅有再次交尾行爲時，亦利用上述相同方法，將成蠅接入貼有 2 次交尾標籤之玻璃筒內。以此類推，即可得知第一日齡雌蠅之當日交尾率與交尾次數。另每日下午 5 點將供試之雌、雄蠅分置於不同之玻璃筒內，至次日早上 8 點再將供試雌雄蠅共置貼有 0 次交尾標籤之玻璃筒內，繼續觀察雌蠅各日齡之交尾率與交尾次數。各觀察 60 ～ 395 隻成蠅與 34 ～ 356 次交尾次數。

產卵：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，將目視已交尾第二日齡雌蠅 1 隻接入玻璃筒(直徑 12 cm，高 21 cm)，並供應 1 株帶有複葉與眞葉之菜豆苗，觀察雌蠅產卵之方式與時間、及計數雌蠅 1 天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上述相同條件下，自上午 5 點起進行。其間除下午 5 點至 7 點與下午 7 點至次日上午 5 點間係分別隔 2 與 10 小時供應 1 株去除複葉之菜豆苗外，其餘時刻均係每隔 4 小時更換菜豆苗，供 1 對第二日齡之非洲菊斑潛蠅產卵，共持續 48 小時。然後利用鏡檢法計數雌蠅在第二與第三日齡時在各處理時段內之實際產卵數，共做 13 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，以細毛筆將其移位，並以油性簽字標記該處， 4 天後觀察卵之孵化情形。每次觀察 16 ～ 28 粒卵，共做 8 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 分鐘後之菜豆苗移入玻璃筒(直徑 12 cm，高 21 cm)內，再接入 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 34 次。

雌蠅交尾次數與族群增長：試驗分三種處理進行，即依前項中有關對該蠅交尾前期與終生交尾次數等之瞭解，當目視雌蠅一羽化，即將其自群體中分離者，爲未交尾者；當目視雌蠅與雄蠅一發生首次交尾行爲後，即將雌蠅單獨分離，或將雌、雄蠅成對終生永置一起者，則各視爲祗交尾 1 次或 1 次以上之雌蠅。試驗進行時係在前述相同溫濕度、光照及空間(直徑 12 cm，高 21 cm 之玻璃筒)條件下，自雌蠅(體長＞ 1.9 mm)羽化當天起，每處理每日除於玻璃筒內壁以細毛筆塗畫方式供食純蜂蜜外，尚供應 1 株去除複葉之菜豆苗，直至雌蠅死亡爲止。記錄其間各處理雌雄蠅之壽命、實際產卵數或產有活力之卵數(viable eggs)、取食刻點數(雌蠅在豆葉上危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 5 天，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 6 ～ 10 重複。同時將上述資料及該蠅卵在 25°C 下之發育期與存活率資料，代入 Birch 之公式[7]，以估算雌蠅在不同交尾頻率下之族群介量，如內在增殖率、終極增殖率、淨增殖率及平均世代時間等。

五、溫度對非洲菊斑潛蠅發育之影響

利用非洲菊斑潛蠅於 25°C 下各在菜豆苗上所產下 2 小時與 24 小時內之蠅卵，進行九種不同溫度對該蠅發育之影響。亦即將各帶有 8 ～ 13 粒蠅卵之菜豆苗各放入 10°、 12°、 15°、 20°、 25°、 30°、 35°、 38° 及 40°C 之定溫箱內。就產卵經 2 小時之卵，每日觀察溫度對該蠅各蟲期與卵至成蟲期之發育日數與存活率之影響，並在近各蟲期或齡期變化之際，每小時記錄該蠅之發育情形。而經產卵 24 小時內之卵，則在不同溫度下，僅觀察一個世代之發育日數與存活率。其中就發育期各觀察 6 ～ 56 隻，就存活率各做 5 ～ 10 次不等。並依 Campbell *et al.* 之方法[9]，估算該蠅之發育臨界低溫與發育有效積溫。

六、溫度對非洲菊斑潛蠅族群增長之影響

利用在 25°C 下非洲菊斑潛蠅初羽化且於下午 3 點前目視已完成交尾體長大於 1.7 mm 之成蠅，各取 1 對接入玻璃壁塗有純蜂蜜之玻璃筒(直徑 12 cm，高 21 cm)內，並供應 1 株去除複葉之菜豆苗，然後放置於前述 12°～ 40°C 間之八種不同定溫下。每處理組每日早上 7 點除將已被產卵或取食過之菜豆苗移出並更換新鮮之 1 株豆苗外，尚供食純蜂蜜，直至雌蠅死亡爲止。並記錄各處理 1 對成蠅之壽命、產卵前期、產卵期、實際產卵數或產有活力之卵數及取食刻點數。各進行 5 ～ 19 重複。同時將各處理每日移出帶有蠅卵之菜豆苗均移至 25°C 下飼育，直至羽化，並區分雌雄性。然後利用前項非洲菊斑潛蠅於 24 小時內之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，代入 Birch 之公式[7]，以估算該蠅在各不同定溫下之族群介量，如內在增殖率、終極增殖率、淨增殖率及平均世代時間等。

七、低溫對非洲菊斑潛蠅蛹貯存之影響

將 25°C 下發育之非洲菊斑潛蠅第一日齡蛹 20 個(體長＞ 1.6 mm)分別裝入指形管(直徑 1.5 cm，高 7 cm) 內，並直接放置於 8°、 12° 及 15°C 等三種不同之定溫箱內，待貯存 0 至 4 週後，再移至

25°C 定溫下記錄各處理成蠅之羽化率，各做 3 重複。

試驗結果經變方分析(ANOVA)，再以最小顯著差(LSD)法或 t 值測驗法比較處理間之差異性，顯著水準爲 5 %，遇百分率時，資料先予轉換(arcsin $\sqrt{x}$)再進行分析。

結　果

一、非洲菊斑潛蠅之形態與發育

㈠形　態

卵(圖 1 -B)：初乳白色半透明，經 48 小時後變無色透明。橢圓形。長 0.243 ± 0.002 mm，寬 0.134± 0.004 mm(n= 60)。

幼蟲共 3 齡。初無色，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，可藉由其大小識別各齡期。第一至第三齡幼蟲之特徵分述如下。

第一齡幼蟲：無色透明。體長(初～末期) 0.34 ± 0.01 ～ 0.73 ± 0.01 mm，寬(初～末期) 0.12 ± 0.01 ～ 0.25 ± 0.01 mm(n= 20)。頭咽骨長 0.103 ± 0.002 mm(n= 30)。

第二齡幼蟲：淡黃色。體長(初～末期) 0.84 ± 0.01 ～ 1.33 ± 0.01 mm，寬(初～末期) 0.29 ± 0.01 ～ 0.44± 0.01 mm(n= 20)。頭咽骨長 0.169 ± 0.002 mm(n= 30)。

第三齡幼蟲(圖 1 -D)：淡黃至黃色。體長(初～末期) 1.57 ± 0.01 ～ 2.55 ± 0.05 mm，寬(初～末期) 0.51 ± 0.01 ～ 0.76 ± 0.01 mm(n= 20)。頭咽骨長 0.250 ± 0.002 mm(n= 30)。

蛹(圖 1 -E)：褐色。長橢圓形，外有環節。體長 1.86 ± 0.02 mm，寬 0.89 ± 0.01 mm(n= 40)。

成蠅(圖 1 -A)：體黑色。複眼紅色；觸角，中胸小楯片，足基節、腿節，及平均棍均爲黃色；脛節、跗節棕色；腹部背板具明顯黃色中溝與邊緣區。翅前緣脈延伸至中脈 M_{1+2}，前緣脈區段比值爲 2.6 ： 1 ： 0.88 ，內橫脈約位於翅中室中央。雌體長 1.89 ± 0.01 mm，寬 0.57 ± 0.03 mm(n= 30)。雄體長 1.62 ± 0.02 mm，寬 0.55 ± 0.01 mm(n= 30)。

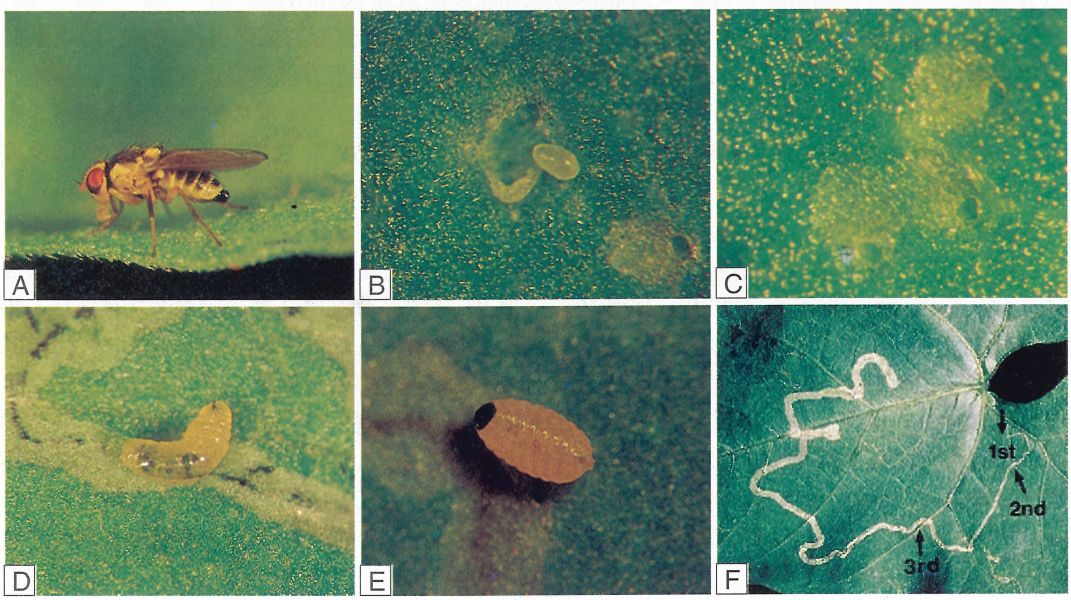


圖 1. 非洲菊斑潛蠅之各生長期及其食痕。

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

㈡發育經過

在25°C下，非洲菊斑潛蠅自卵發育至成蠅羽化需16.6天。其中卵期爲3.3天，幼蟲期爲4.6天，第一至第三齡幼蟲之發育期各爲0.9、0.9及2.8天，蛹期爲8.6天(表1)。該蠅一代存活率爲81.6%，其中卵之孵化率爲99.0%，幼蟲與蛹之存活率各爲97.8與84.5%(表2)。卵發育中卵形未增大，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葉肉(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，幼蟲亦可在海綿葉肉(spongy mesophyll)層中取食。其食痕初呈無色，隨後轉白色，同時在食痕隧道兩側交互留有明顯之黑色排泄物。幼蟲之食痕形狀與寄主植物之種類與品種有關。在菜豆上，食痕一般呈蜿蜒狀(serpentine shape)，有時亦呈大斑點狀(blotchlike)。第一齡幼蟲食量小、食痕細窄，長1.1 ± 0.1 cm、寬(初～末期) 0.136 ± 0.003 ～ 0.36 ± 0.01 mm。至第二與第三齡時，食量增大，食痕乃漸寬。其中第二齡之食痕長2.1±0.1cm、寬(初～末期)0.44±0.01～

表 1. 不同定溫下非洲菊斑潛蠅卵、幼蟲及蛹期之發育日數

Table 1. Duration in days for preimagial stage of *Liriomyza trifolii* at various constant temperatures

Temp. (°C)	Egg[z]		Larva[z]						Pupa[z]		Egg-adult[z]	
			1st		2nd		3rd					
	N[y]	x̄±SEM	N[y]	x̄±SEM	N[y]	x̄±SEM	N[y]	x̄±SEM	N[y]	x̄±SEM	N[y]	x̄±SEM
10	34	14.1±0.10a	25	7.60±0.30a	21	8.10±0.20a	17	13.30±0.30a		—		—
12	35	12.5±0.20b	29	5.30±0.20b	25	6.80±0.20b	25	11.00±0.30b	6	49.7±1.4a	6	89.7±1.4a
15	56	9.1±0.10c	42	4.93±0.12c	42	4.48±0.10c	42	8.64±0.10c	11	41.9±0.5b	11	68.1±0.5b
20	49	4.2±0.10d	41	2.01±0.02d	38	2.21±0.02d	37	2.90±0.03d	35	10.4±0.1c	35	21.4±0.2c
25	54	3.3±0.00e	50	0.84±0.01e	50	0.86±0.01e	48	2.80±0.04d	48	8.6±0.2d	38	16.6±0.1d
30	49	2.1±0.04f	47	0.80±0.01e	47	0.88±0.01e	47	2.00±0.01e	47	7.2±0.1e	38	13.2±0.1e
35	41	1.8±0.10g	32	0.83±0.02e	29	0.85±0.03e	29	1.30±0.03f	30	6.5±0.1f	28	11.7±0.1f
38	37	1.7±0.02g		—		—		—		—		—

[z] Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD.
[y] N: number of observation.

表 2. 不同定溫下非洲菊斑潛蠅卵、幼蟲及蛹期之存活率

Table 2. Survival rate of preimagial stage of *Liriomyza trifolii* at various constant temperatures

Temp. (°C)	% Survival(x̄±SEM)[z]			
	Egg	Larva	Pupa	Egg-adult
10	65.3±2.4c	22.9±4.0e	0c	0c
12	77.4±2.3bc	49.1±4.1d	21.8±3.9b	8.0±1.4b
15	84.4±3.7b	89.0±3.1c	19.5±7.0b	13.9±4.9b
20	95.0±3.3a	90.1±4.6bc	88.9±3.3a	76.2±6.2a
25	99.0±1.0a	97.8±1.5a	84.5±4.7a	81.6±4.5a
30	93.8±4.3a	96.6±2.2ab	83.1±5.6a	74.5±4.3a
35	97.6±1.2a	96.6±0.6abc	80.8±3.1a	75.4±2.6a
38	68.2±1.6c	0f	—	—
40	0d	—	—	—

[z] Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD. Data were transformed to arcsin $\sqrt{x}$ prior to ANOVA. Field bean with 8—13 *L. trifolii* eggs per leaf, 5—10 replications.

0.80 ± 0.01 mm，第三齡之食痕長 9.9 ± 0.4 cm、寬(初～末期) 0.83 ± 0.01 ～ 1.79 ± 0.04 mm(圖 1 -F)。第三齡幼蟲老熟時視其在葉肉內潛行之位置，將食痕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，此時老熟幼蟲依其之趨暗性與趨觸性，大多滾落土中或暗處化蛹，少數者因葉面較平未滾落土中乃於葉面化蛹。88%之第三齡老熟幼蟲在上午 8 點至 11 點間鑽出葉面而化蛹，而上午 11 點至翌晨 8 點間鑽出者僅 12%(n= 855)。化蛹初期蛹淡褐色，後轉褐色，至羽化前，蛹體呈黑褐色。

㈢成蠅之習性

羽化：成蠅羽化時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 5 ～ 20 分鐘。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 25.0 ± 2.5 分鐘(n= 47)後，前翅展開。再經 69.0 ± 0.7 分鐘(n= 48)，體驅骨化完全、體色加深。成蠅羽化盛期之時刻受黎明時間早晚之影響。在 5 與 8 月時成蠅之羽化時刻雖均在上午 4 點至下午 5 點之間，但其羽化盛期之時刻，5 月時集中在上午 7 點至 11 點間(62%)，而在 8 月時則提前爲上午 5 點至 8 點間(51%)(圖 2)。雄蠅之羽化時刻較雌蠅稍早，如 5 月時上午 7 時至 9 點間當 39%雄蠅已羽化時，雌蠅之羽化率僅達 22%；而 8 月時，上午 5 點至 7 點間雄蠅羽化率達 40%時，雌蠅之羽化率僅 35%(圖 2)。5 與 8 月時雌雄蠅之性比各爲 0.51 ： 0.49 與 0.53 ： 0.47。

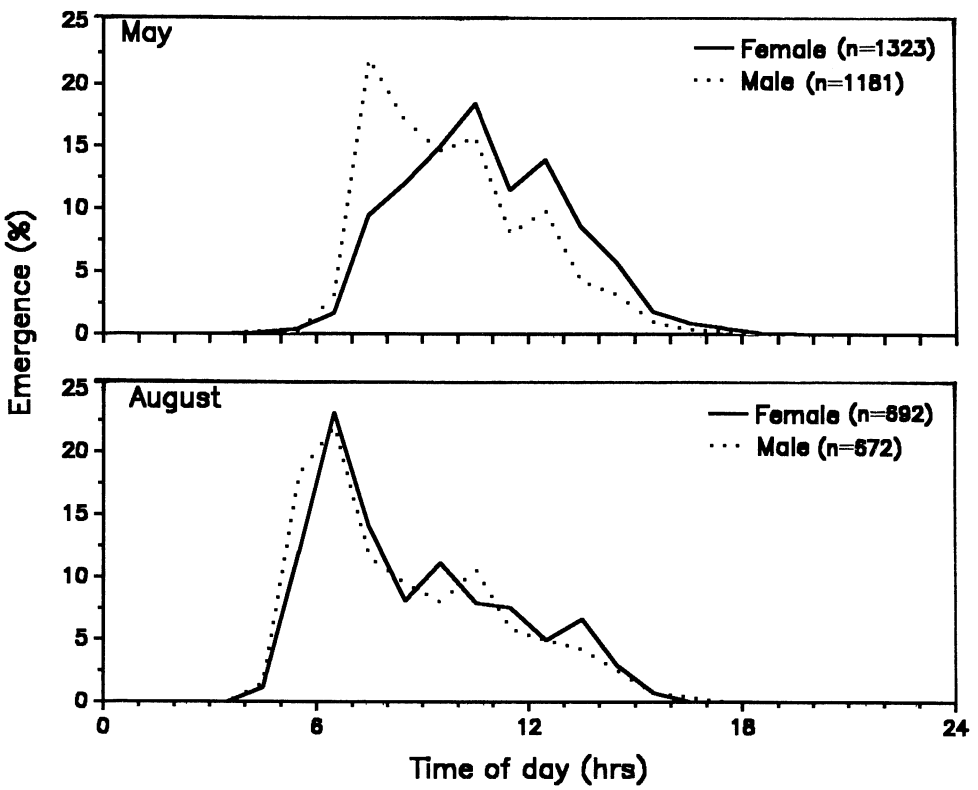


圖 2. 在 25°C 下非洲菊斑潛蠅之日羽化趨勢。
Fig. 2. Daily emergence trend of adult *Liriomyza trifolii* at 25°C.

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 33 ± 2 分鐘(n= 30)。自上午 5 點至下午 5 點間均可見交尾個體，但 67

%之雌雄蠅集中於上午 5 點至 9 點間交尾(圖 3)。同時該蠅之交尾前期與其羽化時刻有關，如在 5 月時早上 6 點至 12 點間羽化之雌蠅，其中約 41%於當日上午 12 點至下午 5 點間交尾，交尾前期爲 6.5 ± 0.2 小時(n= 103)，另 59%之雌蠅則於次日上午 5 點至下午 1 點間交尾，交尾前期爲 21.5 ± 0.2 小時(n= 150)。而於早上 12 點至下午 4 點間羽化者，則必需延至次日上午 5 點至下午 1 點間才完成交尾，交尾前期爲 17.3 ± 0.1 小時(n= 138)(圖 4)。亦即在早上 12 點前羽化之成蠅，其中 2 % 距羽化後 3 小時即可交尾，且羽化時刻愈早者當日完成交尾之比率愈高。如在早上 7 至 12 點間每小時內羽化之成蠅，其當日交尾比率各爲 63 、 55 、 34 、 36 及 18%。而於中午以後羽化之成蠅，不論羽化時刻之先後，其當日交尾率爲 0 。成蠅一生可行多次交尾。在僅供食蜂蜜時，雌、雄蠅之壽命各爲 4.8 ± 0.3 與 4.1 ± 0.1 天(圖 5)。其間該蠅各日齡之交尾率，在第一日齡時雖僅 26%，但至第二日齡時即達 99%，且第三至第六日齡與第七至第十一日齡時，每日仍可維持 72 ～ 82 與 46 ～ 57% 之交尾率(表 3)。另外該蠅除第一日齡者 94%僅行 1 次交尾外，其它各日齡成蠅之每日交尾次數爲 2 、 3 及 4 次者，各佔 22.0 ± 1.8 、 2.1 ± 0.8 及 0.2 ± 0.1%(表 3)。

表 3. 在 25°C 下非洲菊斑潛蠅雌蠅各日齡之交尾率與交尾次數
Table 3. Daily mating rate and mating frequencies of female *Liriomyza trifolii* at 25°C

Age of adult (days)	No. observation		% Mating female	No. mating frequencies	% Distribution of mating frequencies			
	Female	Male			1	2	3	4
1	395	395	26	34	94	6	0	0
2	254	254	99	356	71	22	6	1
3	147	147	82	143	84	16	0	0
4	122	148	72	115	76	20	4	0
5	117	112	76	130	68	31	1	0
6	128	128	76	164	59	33	7	1
7	137	107	55	98	77	21	2	0
8	99	67	46	57	79	21	0	0
9	99	71	53	63	82	16	2	0
10	70	72	56	48	81	19	0	0
11	60	60	57	43	79	21	0	0

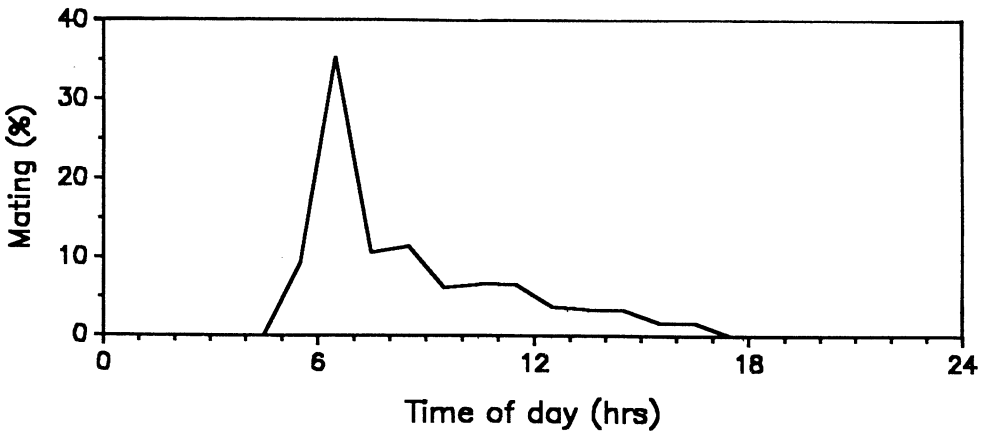


圖 3. 1995 年 5 月 18 至 20 日間在 25°C 下第二日齡非洲菊斑潛蠅成蠅之日交尾趨勢。
Fig. 3. Daily mating trend of two-day-old *Liriomyza trifolii* at 25°C during May 18—20, 1995.

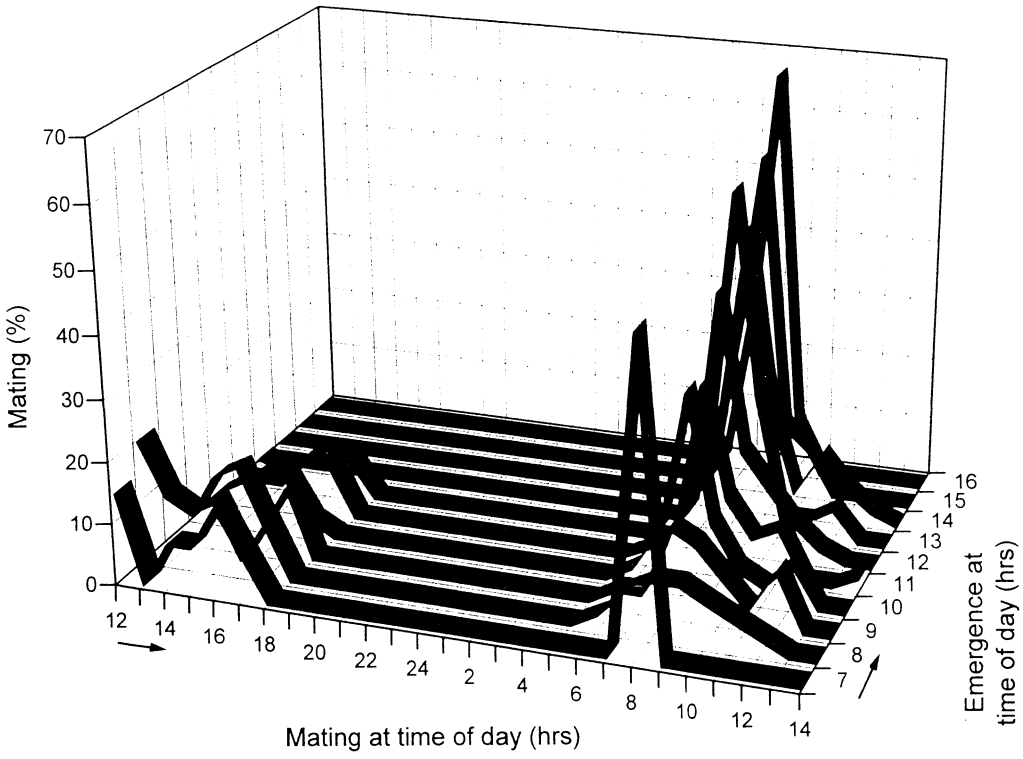


圖 4. 非洲菊斑潛蠅第一次交尾時刻與羽化時刻之關係。

Fig. 4. The relationship between the emergence time and the time of first mating for *Liriomyza trifolii*.

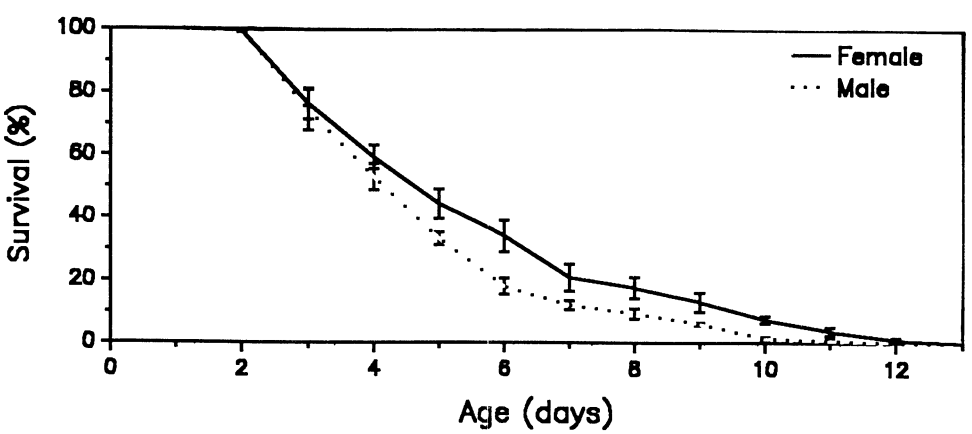


圖 5. 在 25°C 下供食蜂蜜時非洲菊斑潛蠅成蠅之日存活率曲線。

Fig. 5. Daily survival rate of adult *Liriomyza trifolii* provided with honey at 25°C.

產卵：非洲菊斑潛蠅在菜豆苗上僅產卵於眞葉上(32.3 ± 1.9 粒卵)，而不產卵於複葉，處理間呈顯著差異(t= 17.0237 ，df= 38)。產卵時利用產卵管刺破葉表皮，將卵產於其下，每產 1 個卵所需時間爲 24.5 ± 1.6 秒(n= 40)。產卵時刻爲早上 5 點至下午 7 點，且其間並無顯著之產卵高峰期(圖 6)。卵單粒散產。產卵孔可藉透光法辨識，其外形呈橢圓形(圖 1 -B)，長 0.29 ± 0.01 mm、寬 0.154± 0.002 mm(n= 20)。

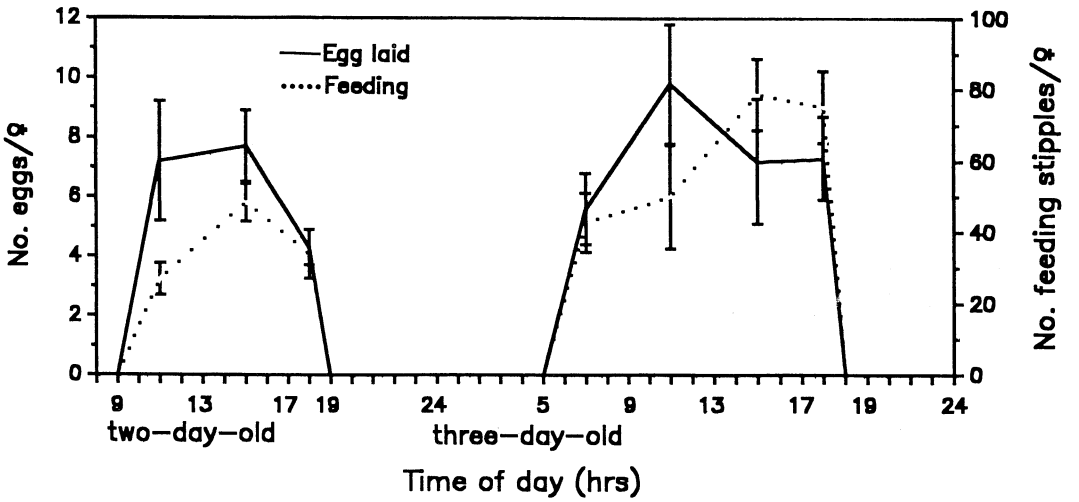


圖 6. 非洲菊斑潛蠅雌蠅在 25°C 與光周期 14 L： 10 D(上午 5 點至下午 7 點間照光)下之日產卵與取食時刻。
Fig. 6. Daily oviposition and feeding trends of female *Liriomyza trifolii* at 25°C and 14 hrs of photophase set from 5:00 to 19:00 in growth chamber.

取食：非洲菊斑潛蠅羽化後除可取食水、蜂蜜外，雌蠅尙藉產卵管鑽刺寄主植物之葉表皮或91%之雌蠅(n= 45)待其產卵後，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， 32%之雄蠅(n= 34)亦利用雌蠅之鑽刺處取食寄主植物汁液。若人爲干擾雌蠅在其產卵孔處之取食，則該卵之孵化率降爲 93.6%與正常卵之孵化率 99.0%間呈顯著差異(t= 2.8585 ，df= 16)。在菜豆苗上該蠅顯著偏好在眞葉上取食，即眞葉與複葉上之被害刻點數分別爲 132 ± 15 與 8 ± 3 個(t=8.2121、df= 38)。該蠅每次鑽孔取食約需 25.3 ± 1.2 秒，其中產卵管鑽刺需時 17.5 ± 1.0 秒，吸食汁液需時 7.3 ± 0.2 秒(n= 40)，而直接利用產卵孔吸食汁液者，吸食所需之時間爲 5.2 ± 0.4 秒(n= 29)。取食活動時刻爲早上 5 點至下午 7 點間。其中下午 1 點至 7 點間爲其取食高峰期(圖 6)。取食孔之分布呈聚集型。取食孔白色，近圓形(圖 1 -C)，長 0.36 ± 0.01 mm、寬 0.32 ± 0.01 mm(n= 20)。

雌蠅交尾次數與族群增長：由表 4 、 5 及圖 7 之結果得知，非洲菊斑潛蠅雌蠅交尾與否雖顯著影響其繁殖力，但交尾次數之增加卻不影響其繁殖力。如僅交尾 1 次之雌蠅與雌蠅終生與雄蠅在一起且交尾 1 次以上者相較下，雌蠅之壽命、產卵期、取食期(取食寄主之日數)、產有活力之卵數、取食刻點數及子代成蠅數與雌性比間均無顯著差異。而雌蠅在未交尾時，不但壽命、產卵期、取食期、產卵數、取食刻點數較交尾者(1 或 1 次以上)各減少 9.4 ～ 9.7 天、 11.1 ～ 12.1 天、 8.8 ～ 9.7 天、 477

粒卵或 496～567 粒有活力之卵及 1,518～2,112 個取食刻點數，產卵前期增加 2.7～2.9 天，且孵化率爲 0，致使其子代成蠅數(0 隻)與雌蠅僅交尾 1 次或 1 次以上之處理組間(377～411 隻)呈顯著差異。另由表 6 之結果亦得知，當非洲菊斑潛蠅雌蠅交尾 1 次與 1 次以上時，其雌性有活力卵數之每日內在增殖率各爲 0.2301 與 0.2329。顯示非洲菊斑潛蠅祇要交尾 1 次即可維持其族群高增長率。

表 4. 在 25°C 下非洲菊斑潛蠅雌蠅之交尾次數對其壽命、產卵期及取食期之影響

Table 4. Influence of mating frequency of female *Liriomyza trifolii* on its longevity、oviposition and feeding period at 25°C

Mating frequency	N[z]	Longevity (days)[y]		Period (days)[y]					
		Female	Male	Pre-oviposition	Oviposition	Post-oviposition	Pre-feeding	Feeding	Post-feeding
0	6	14.3±2.2b	—	3.0±1.2a	7.0±1.2b	1.5±0.6a	1.0±0a	11.8±2.5b	1.3±0.6a
1	10	23.7±2.1a	—	0.3±0.2b	18.1±1.6a	2.4±0.5a	0.7±0.3ab	21.5±1.9a	1.1±0.3a
>1	9	24.0±1.8a	15.0±1.8	0.1±0.1b	19.1±1.5a	2.9±1.0a	0.1±0.1b	20.6±1.5a	2.2±0.9a

[z] N: number of observation.
[y] Means ($\bar{x}$±SEM) in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD.

表 5. 在 25°C 下非洲菊斑潛蠅雌蠅之交尾次數對其生殖力、取食及子代性比之影響

Table 5. Influence of mating frequency of female *Liriomyza trifolii* on its fecundity、feeding and progeny sex ratio at 25°C

Mating frequency	N[z]	Fecundity/♀[y]			Progeny sex ratio[y] (♀/♀+♂)	No. feeding stipples/♀[y]
		Eggs	Viable eggs[x]	Adults		
0	6	59±13	0b	0b	0b	1,179±219b
1	10	536±53	496±48a	377±35a	0.50±0.01a	3,291±332a
>1	9	—	567±44a	411±33a	0.53±0.02a	2,697±202a

[z] N: number of observation.
[y] Means ($\bar{x}$±SEM) in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD. Percentage of sex ratio data were transformed to arcsin $\sqrt{x}$ prior to ANOVA.
[x] Total number of 3rd-instar larvae.

表 6. 在 25°C 下非洲菊斑潛蠅雌蠅交尾 1 次與 1 次以上時之族群介量

Table 6. Population parameters of female *Liriomyza trifolii* for mating once or more at 25°C

Mating frequency	Parameters[z]			
	γ	λ	R_o	T
1	0.2301	1.2588	204	23.11
>1	0.2329	1.2623	188	22.47

[z] r : intrinsic rate of increase (day^{-1}); λ : finite rate of increase (day^{-1}); R_o : net reproduction rate (viable female eggs/♀) ; T : mean generation time (days).

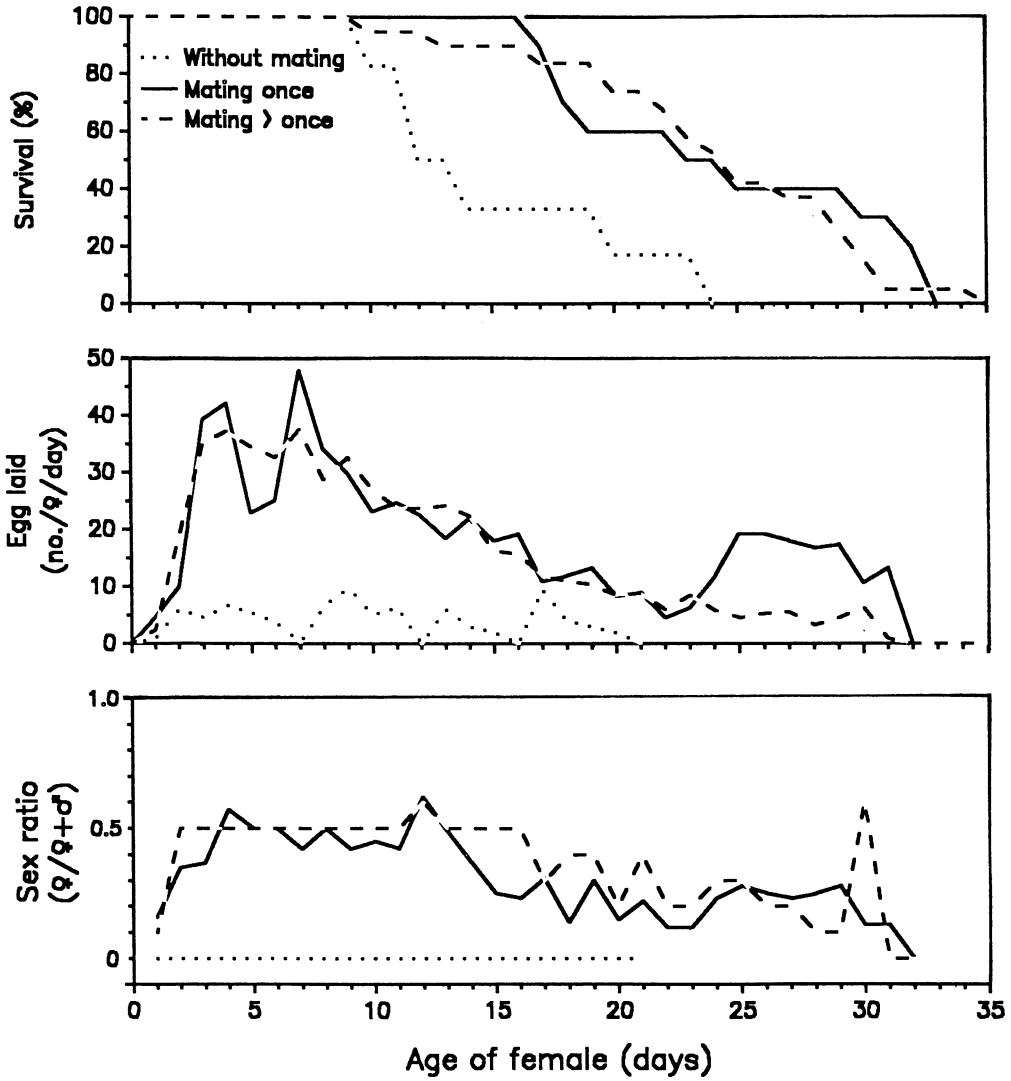


圖 7. 非洲菊斑潛蠅雌蠅在不同交尾次數時各日齡之存活率、產有活力之卵數及子代性比。

Fig. 7. Daily survival rate, fecundity (no. viable eggs) and progenies sex ratio of female *Liriomyza trifolii* at various mating frequencies.

二、溫度對非洲菊斑潛蠅發育之影響

由表 2 得知，在 10°～ 40°C 定溫下、非洲菊斑潛蠅卵發育至成蟲期之存活率受溫度之影響。該蠅發育之適溫帶爲 20° 至 35°C，其間卵發育至成蟲期之存活率達 74.5 ～ 81.6%，處理間無顯著差異。至於 10°～ 15°C 之低溫與 38°～ 40°C 之高溫則不適該蠅之發育。如在 40°C 時，蠅卵之孵化率爲 0；在 10°、 12° 及 38°C 時，蠅卵之孵化率雖各高達 65.3 、 77.4 及 68.2%，但在彼等溫度時幼蟲之存活率卻僅各達 22.9 、 49.1 及 0 %；在 15°C 時，該蠅卵與幼蟲期之存活率雖高達 84.4 與 89.0%，但蛹期之存活率僅 19.5%，與其在適溫帶時之存活率呈顯著差異。另由表 1 得知，在 12°～ 35°C 時，非洲菊斑潛蠅卵至成蟲期之發育日數均隨溫度之升高而縮短，各處理組間呈顯著差異。同時由表 7 亦顯示該蠅各生長期之發育速率與溫度呈直線迴歸。卵、幼蟲、蛹及卵至成蟲期等各期之發育臨界低溫各爲 8.1 、 8.6 、 8.2 及 8.7°C，發育有效積溫各爲 50 、 79 、 161 及 294 日度。

表 7. 非洲菊斑潛蠅未成熟期之發育臨界低溫、發育有效積溫及發育速率

Table 7. The lower developmental thresholds (°C) and degree-day requirements (°C-days) and developing velocity for preimagial stage of *Liriomyza trifolii*

Stage	Lower developmental threshold[z] ($\bar{x}$±SEM)	Degree-days[z] ($\bar{x}$±SEM)	Regression equation	R^2
Egg	8.1±0.5	50±2	$\hat{y}=-0.1626+0.0201x$	0.99
Larva	8.6±0.9	79±8	$\hat{y}=-0.1104+0.0127x$	0.98
Pupa	8.2±1.2	161±23	$\hat{y}=-0.0513+0.0063x$	0.96
Egg to adult	8.7±0.9	294±32	$\hat{y}=-0.0292+0.0034x$	0.98

[z] Lower development thresholds and degree-days were estimated according to the methods of Campbell *et al.* (1974).

三、溫度對非洲菊斑潛蠅族群增長之影響

壽命：非洲菊斑潛蠅雌蠅與雄蠅在 12°～40°C、每日供應純蜂蜜與 1 株菜豆苗時，其壽命與溫度間各呈向下拋物線反應($\hat{y}=6.1416+1.3772x-0.0349x^2$，$R^2=0.87$；與$\hat{y}=1.2113+0.3284x-0.0135x^2$，$R^2=0.85$)。當溫度在 12°～25°C 時，雌、雄蠅之壽命顯著較長，各爲 16.0～23.4 天與 11.5～15.8 天；而當溫度在 30°～40°C 時，雌、雄蠅之壽命較短，各爲 7.2～11.4 天與 4.3～6.8 天。另當溫度相同時，雌蠅壽命均較雄蠅長(表 8)。

表 8. 非洲菊斑潛蠅在不同定溫下之壽命、產卵期及取食期

Table 8. Longevity、oviposition and feeding period of *Liriomyza trifolii* adults at various constant temperatures

Temp. (°C)	N[z]	Longevity (days)[y]		Period (days)[y]					
		Female	Male	Pre-oviposition	Oviposition	Post-oviposition	Pre-feeding	Feeding	Post-feeding
12	11	16.0±1.3b	14.5±1.2a	7.0±4.1b	1.5±0.3d	5.5±1.8a	4.5±1.3b	8.0±2.5c	3.4±1.1a
15	6	19.2±1.9ab	11.5±1.4ab	11.3±2.3a	3.3±1.5cd	1.5±0.3bc	10.3±1.2a	5.0±1.2c	1.8±0.5ab
20	7	21.3±1.6a	15.8±1.2a	1.3±0.7c	18.3±0.4a	0.4±0.2c	1.0±0.4c	19.9±1.4b	0.4±0.2b
25	19	23.4±1.5a	15.1±1.5a	0.1±0.1c	18.5±1.2a	3.0±0.7b	0.1±0.1c	20.6±1.2a	2.0±0.5ab
30	9	11.4±1.5c	5.1±0.9c	0.1±0.1c	9.0±1.3b	1.4±0.6bc	0.1±0.1c	9.4±1.3c	1.8±0.7ab
35	5	7.8±0.6c	6.8±1.0bc	0c	7.0±0.3bc	0.2±0.2c	0.6±0.2c	7.0±0.3c	0.2±0.2b
38	8	9.8±0.6c	5.8±0.5c	0c	7.9±0.8b	1.4±0.4bc	0.3±0.2c	8.8±0.6c	0.8±0.4b
40	6	7.2±0.5c	4.3±0.6c	0c	5.8±0.3bcd	0.7±0.2c	0c	6.2±0.5c	0.7±0.2b

[z] N: number of observation.
[y] Means ($\bar{x}$±SEM) in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD.

產卵：由表 8 與 9 得知，非洲菊斑潛蠅產卵活動之適溫帶爲 15°～40°C，其中又以 20°～25°C 爲其最適溫度。該蠅終生產有活力之卵數與溫度(12°～40°C)間呈圓頂形拋物線反應($\hat{y}=-1.0933+1.1421x-2.1756x^2$，$R^2=0.91$)。但在 20°～25°C 時，該蠅之產卵前期短(1.3～0.1 天)、產卵期長(18.3～18.5 天)、產卵數多(415～463 粒有活力之卵)。在 30°～35°C 時，該蠅之產卵前期雖短(0～0.1 天)，但產卵期(7～9 天)與產卵數(250～276 粒有活力之卵)亦相對較 20° 與 25°C 時顯著減少。在 38° 與 40°C 高溫時，該蠅之產卵前期(0 天)、產卵期(5.8～7.9 天)與在 30°～35°C 時無顯著差異，但產卵數卻銳減爲 125～127 粒卵或 9～96 粒有活力之卵。至於在 12° 與 15°C 低溫時，該蠅之產卵前期不但顯著延長爲7.0～11.3天，且其產卵期亦明顯減少爲1.5～3.3天，產卵數更減

至 2 粒卵與 1 ～ 20 粒有活力之卵。該蠅之產卵後期亦受溫度影響，在 12° 與 25°C 時，可長達 3 ～ 5.5天，而其它各處理組則 0.2 ～ 1.5 天不等。另由圖 8 得知，非洲菊斑潛蠅之日產卵型式依溫度而異。在 12°C 時，因低溫不適雌蠅產卵，其日產卵數變異大，日產卵趨勢不明顯。在 15°C 時，雌蠅除產卵日期明顯延遲至第十一天開始外，在其後 11 天之產卵期中，每日之產卵數（0.4 ～ 5.0 粒有活力之卵）變異亦大。在 20° 與 25°C 時，雌蠅雖各自第二與第一日齡開始產少數卵（3.1 與 2.5 粒有活力之卵），但其產卵數隨後即明顯增加，且各經 21 與 13 天之產卵高峰期（每日各產 13.5 ～ 29.7 與 18.7 ～ 37.5 粒有活力之卵）後才緩慢下降。至於在 30° 與 35°C 時，各處理組雌蠅之日產卵型式相似。雌蠅除第一日齡時即產 6 ～ 9.9 粒有活力之卵外，至第二日齡時之產卵數已迅速各增加爲 31.7 與 67.4 粒有活力之卵，但其產卵盛期不長，僅各維持 7 與 4 天即下降。而在 38° 與 40°C 時，雌蠅之日產卵型式雖與 35°C 時相似，但其每日之產卵數已大幅銳減。

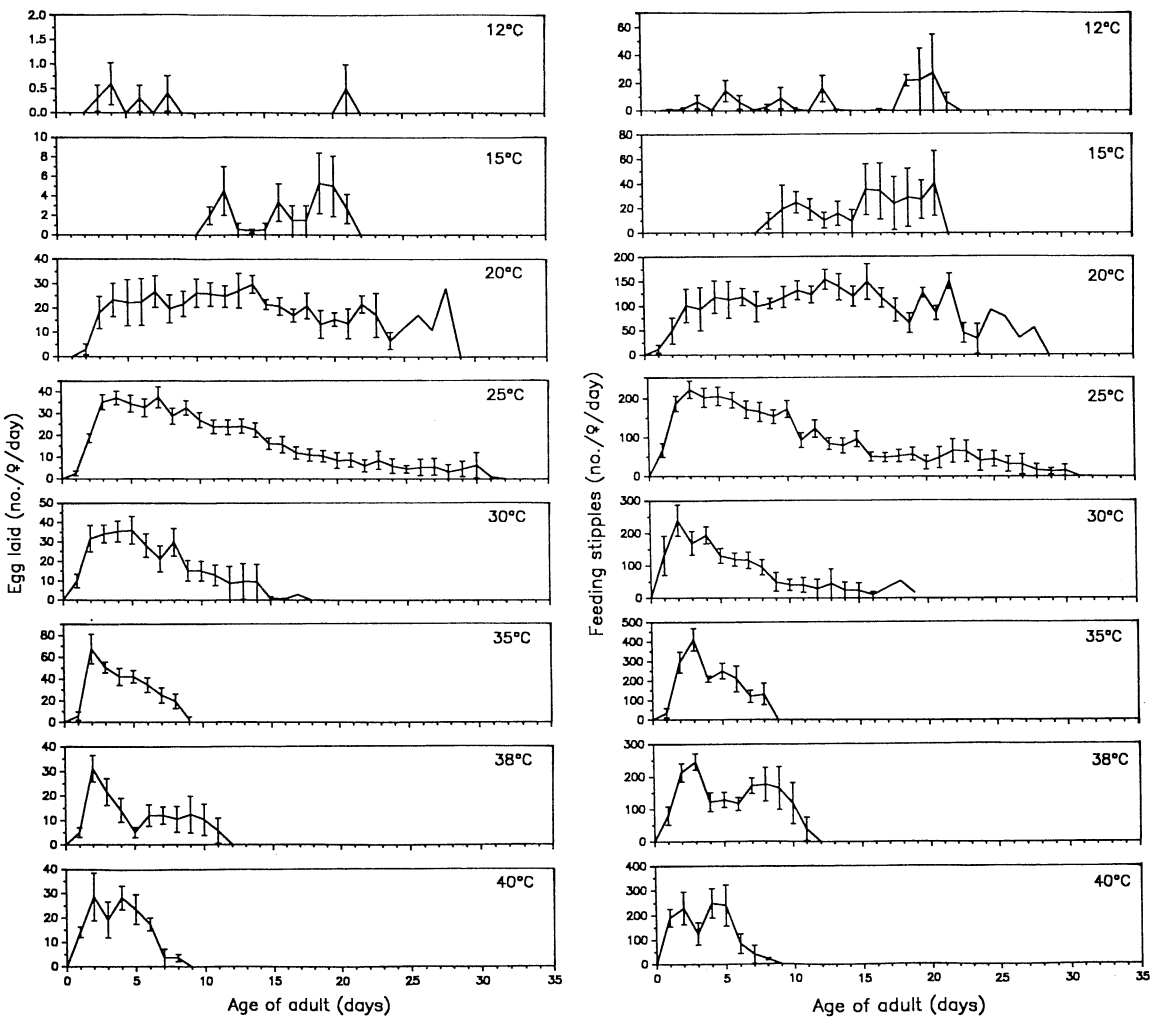


圖 8. 非洲菊斑潛蠅雌蠅在不同定溫下各日齡之生殖力與取食刻點數。

Fig. 8. Daily fecundity and feeding stipples of female *Liriomyza trifolii* at various constant temperatures. Data for 15°—35°C obtained from viable eggs, data for 12°, 38° and 40°C from actual eggs deposited.

取食：由表 8 與 9 得知，非洲菊斑潛蠅成蠅能夠取食之溫度帶爲 12°～ 40°C，其中又以 20° 與 25°C 時之取食最爲頻繁。同時該蠅之取食刻點數與溫度（12°～ 40°C）間呈圓頂形拋物線反應（$\hat{y}$ = − 4.3024+ 4.5696 x− 8.0889 x^2。R^2= 0.83）。另由圖 8 得知，非洲菊斑潛蠅之日取食型式不但與溫度有關，且在 15°～ 40°C 間、當溫度相同時，該蠅之日取食型式與其產卵型式相似。但在 12°C 時，由於低溫，雌蠅之日取食活動非持續性發生且變異大，致使其日取食型式呈波狀起伏。

產卵與取食之比值：由表 9 得知，非洲菊斑潛蠅之產卵與取食之比值與溫度（12 ～ 40°C）間呈圓頂形拋物線反應（$\hat{y}$ = − 0.2992 + 0.0368 x− 0.0007 x^2，R^2= 0.91）。當溫度在 20°～ 35°C 時，該蠅之產卵與取食之比值較高爲 0.18 ～ 0.20 ，而當溫度爲 12°、 15°、 38° 及 40°C 時，該值則顯著降低各爲 0.05 、 0.08 、 0.08 及 0.12 。

表 9. 非洲菊斑潛蠅在不同定溫下之繁殖潛能與取食刻點數

Table 9. Reproductive potential and feeding stipples of *Liriomyza trifolii* at various constant temperatures

Temp. (°C)	N[z]	Fecundity/♀[y]		Progeny sex ratio[y] (♀/♀+♂)	No. feeding stipples/♀[y]	Ratio[y,w]
		Eggs	Viable eggs[x]			
12	11	2±1	1± 1c	0.56±0.06a	71± 23d	0.05±0.04c
15	6	—	20±10c	0.56±0.08a	224± 98d	0.08±0.03c
20	7	—	415±57a	0.48±0.02a	2,213±284ab	0.20±0.01a
25	19	—	463±36a	0.52±0.01a	2,580±158a	0.18±0.01a
30	9	—	250±37b	0.49±0.01a	1,309±122c	0.19±0.02a
35	5	—	276±14b	0.49±0.03a	1,590± 94bc	0.18±0.02ab
38	8	127±20	96±19c	0.48±0.01a	1,558±165c	0.08±0.01c
40	6	125±19	9± 2c	0.31±0.12b	1,194±157c	0.12±0.01bc

[z] N: number of observation.
[y] Means ($\bar{x}$±SEM) in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD. Percentage of sex ratio were transformed to arcsin $\sqrt{x}$ prior to ANOVA.
[x] Total number of 3rd-instar larvae.
[w] Oviposition punctures/feeding stipples.

雌性比：由表 9 得知，當溫度在 12°～ 38°C 時，非洲菊斑潛蠅之子代雌性比均各在 0.48 ～ 0.56 間，處理間無顯著差異。而溫度在 40°C 時，由於高溫不適該蠅卵之發育，致使其有活力之卵數銳減，間接降低其子代之雌性比爲 0.31 。

齡別生命表：由表 10 得知，在 12°～35°C 間，非洲菊斑潛蠅之族群增長隨溫度之上升而增加，如

表 10. 非洲菊斑潛蠅在不同定溫下之族群介量

Table 10. Population parameters for *Liriomyza trifolii* at various contant temperatures

Temp. (°C)	N[z]	Parameters[y]							
		Viable female eggs[x]				Female adults			
		γ	λ	R_0	T	γ	λ	R_0	T
12	11	−0.0030	0.9970	0.8	94.78	−0.0088	0.9913	0.4	93.52
15	6	0.0051	1.0057	1.6	83.33	−0.0004	0.9995	1.0	83.78
20	7	0.1684	1.1834	151.7	29.82	0.1562	1.1691	108.9	30.00
25	19	0.2329	1.2622	187.5	22.47	0.2183	1.2439	136.1	22.51
30	9	0.2722	1.3128	93.7	16.68	0.2529	1.2877	66.1	16.57
35	5	0.3236	1.3821	101.4	14.27	0.3053	1.3571	82.6	14.46

[z] N： number of observation.
[y] r : intrinsic rate of increase (day^{-1}); λ: finite rate of increase (day^{-1}); R_0: net reproduction rate (viable female eggs or female adults/♀) ; T: mean generation time (days).
[x] Total number of 3rd-instar larvae.

其雌性有活力卵數之每日內在增殖率各爲－0.0030、0.0051、0.1684、0.2329、0.2722及0.3236。雌性成蠅之每日內在增殖率各爲－0.0088、－0.0004、0.1562、0.2183、0.2529及0.3053。顯示35°C爲該蠅族群增長最快之溫度。但由該蠅之淨增殖值觀之，則顯示25°C爲該蠅族群增長之最適溫度(圖9)。

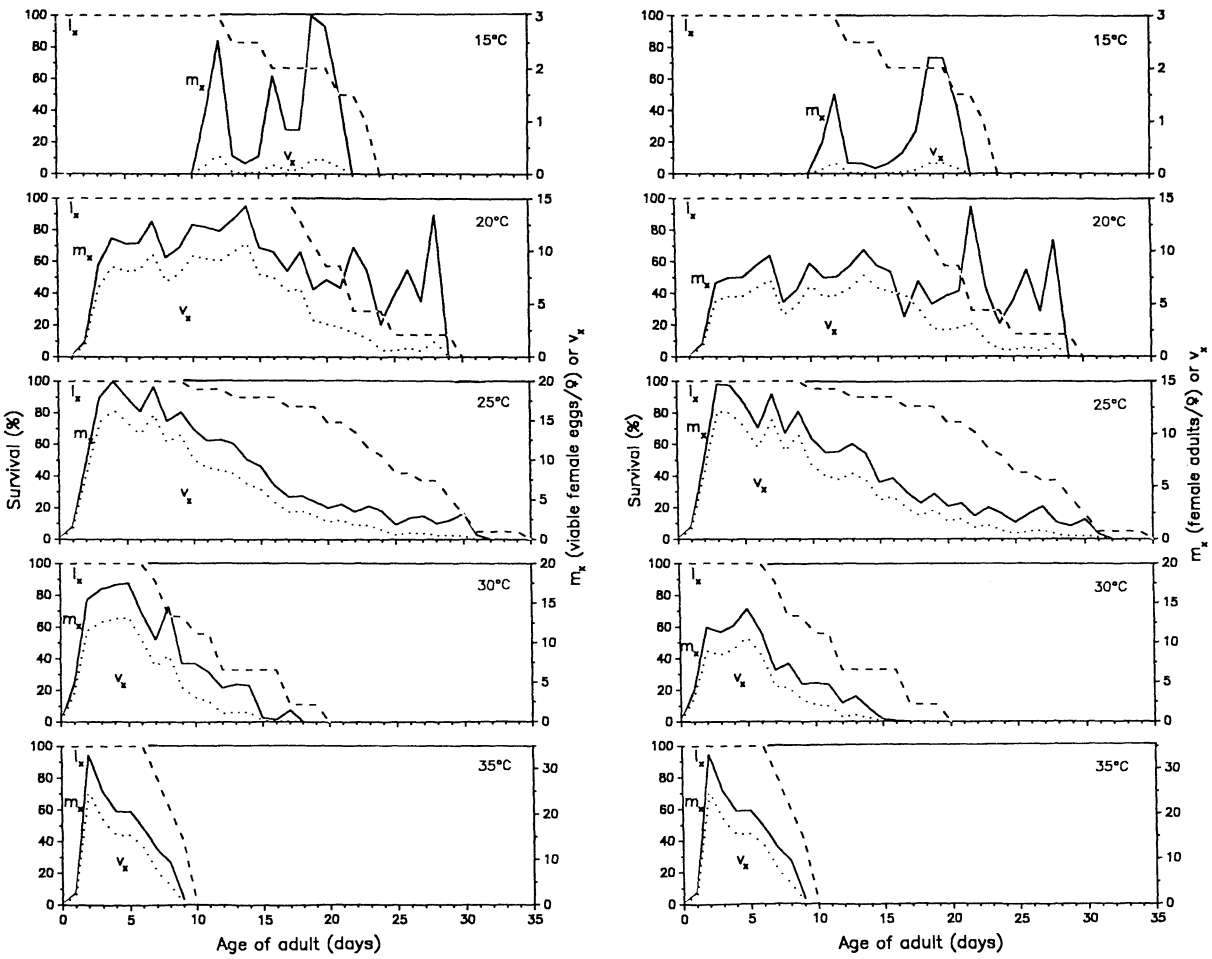


圖 9. 非洲菊斑潛蠅在不同定溫下之齡別存活率(l_x)、繁殖率(m_x)、及淨增殖值($v_x=l_xm_x$)。

Fig. 9. Age-specific survival rate (l_x)、fecundity rate (m_x) and distribution of net maternity value ($v_x=l_xm_x$) of *Liriomyza trifolii* at various constant temperatures.

四、低溫對非洲菊斑潛蠅蛹貯存之影響

由表11得知，非洲菊斑潛蠅之蛹不耐低溫貯存。如將第一日齡之蠅蛹在8°、12°及15°C下貯存1星期後，其羽化率各爲0、66.7及66.7%，與對照組間呈顯著差異。若蠅蛹在12°與15°C下貯存3～4星期後，其羽化率更降低至50.0～58.3與46.7～56.7%。

表 11. 非洲菊斑潛蠅蛹經不同溫度貯存 0 至 4 週後在 25°C 下之羽化率
Table 11. Emergence rate of adult *Liriomyza trifolii* at 25°C after storing pupae at various temperatures for 1 to 4 weeks

Duration (weeks)	% Emergence[z,y]		
	8°C	12°C	15°C
0(ck)	83.3±1.7a	81.7±1.7a	85.0±2.9a
1	0b	66.7±3.3b	66.7±4.4b
2	0b	66.7±1.7b	63.3±1.7b
3	0b	58.3±4.4bc	56.7±4.4bc
4	0b	50.0±7.6c	46.7±4.4c

[z] Means ($\bar{x}$±SEM) in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD. Percentage of emergence were transformed to arcsin $\sqrt{x}$ prior to ANOVA.
[y] Twenty pupae per treatment with 3 replications.

討 論

據 Charlton and Allen 之觀察，非洲菊斑潛蠅成蠅之羽化、產卵、取食及老熟幼蟲之鑽出葉面化蛹等行爲，係屬晝行性(diurnal)，且其盛期在中午之前[10]。而本試驗結果，除印證上述該蠅之日律性外，尙得知該蠅之羽化時刻及交尾前期均與黎明時間有關(圖 2 、 4)。黎明時間早時，該蠅羽化時刻不但提早且較集中，同時其交尾前期亦可明顯縮短。但有關非洲菊斑潛蠅羽化時之臨界光度仍待探明。

Oatman and Michelbacher 認爲斑潛蠅 *Liriomyza pictella* (Thomson) 雌蠅之重複交尾爲其產下最多受精卵之必要條件[17]。本試驗之結果，雖顯示非洲菊斑潛蠅有多次交尾之習性(表 3)，但亦證實該雌蠅僅交尾 1 次時，其繁殖子代成蠅數、雌性比等與雌蠅交尾 1 次以上者間無顯著差異(表 3)。因而顯示非洲菊斑潛蠅雌蠅僅需交尾 1 次即可維持其族群之高增殖率(表 6)。至於該蠅多次交尾之意義，推測或與增加其基因之歧異度有關。

非洲菊斑潛蠅由其日產卵型式得知，卵形成方式屬應變式產卵(synovigeny)策略。至於其日平均產卵數與取食數變異值較大之原因，係雌蠅在其一生之產卵期或取食期中，非周期性出現當某一天或連續數天之產卵或取食數突然增多時，隔天其產卵數或取食數即迅速下降，甚至發生不產卵或不取食之現象。

非洲菊斑潛蠅雌蠅產卵數之估算有兩種方法，一爲應用酸性品紅溶液(lactophenol-acid fuchsin solution)之染色法計數其在寄主葉內所產下之卵數[22]，另一爲目視計數在寄主葉內之初孵化幼蟲數以估算其產下之有活力之卵數[18]。其中前者因需額外花費試驗藥品費，當寄主葉片取樣數大時，卵數調查受限[22]；而後者不但方法較快速簡便，且不影響該蠅子代生物性之觀察。由本試驗結果得知，由於菜豆葉片較薄，雖可直接藉鏡檢法計數菜豆葉內非洲菊斑潛蠅之卵數，但當卵數過多時，計數工作仍費時費力。同時在室內 20°～ 35°C 時，非洲菊斑潛蠅卵之孵化率與幼蟲之存活率均高達 94 ～ 99% 與 90 ～ 98%(表 2)。因而顯示在室內不但可利用菜豆葉內非洲菊斑潛蠅之第三齡幼蟲數進行該蠅生殖力中產卵數之估算，且此法較計數初齡幼蟲數又更爲醒目易行。

非洲菊斑潛蠅幼蟲之危害，以第三齡幼蟲居最。在菊花上其食痕率爲第一與第二齡幼蟲之 9.4 與 4.5 倍[20]。本試驗雖未利用電腦軟體(high Pad digitizing software)準確比較該蠅各齡幼蟲在菜豆苗上之食痕率，但僅由其食痕長度觀之，第三齡幼蟲即爲第一與第二齡幼蟲之 9.0 與 4.7 倍，而由幼蟲之食痕寬度亦得知，該蠅第三齡幼蟲隨其發育之增長，其對寄主植物之危害亦增大(圖 1 -F)。另據錢景秦、古琇芷未發表之資料得知，在臺灣非洲菊斑潛蠅本地寄生蜂中之異角釉小蜂、華釉小蜂

(*Neochrysocharis formosa* (Westwood))、岡崎釉小蜂(*Chrysonotomyia okazakii* (Kamijo))及底比斯釉小蜂(*Chrysoncharis pentheus* (Walker))，均對該蠅第三齡幼蟲具產卵偏好性，且彼等之寄生方式均屬非共育寄生性(idiobiont)策略，亦即寄主一被寄生即失去取食能力，並於數小時內死亡。因而顯示彼等寄生蜂對非洲菊斑潛蠅第三齡幼蟲所造成之危害具有強勢之抑制力。

斑潛蠅 *Liriomyza munda* Frick 幼蟲之危害與寄主植物之種類與品系間關係密切，其中萊豆(Henderson bush lima bean)之眞葉最適該蠅之生長發育，而不同品系之番茄與菊花則對該蠅呈現程度不一之抗生作用[28]。在非洲菊斑潛蠅方面，本試驗結果得知，該蠅第一、二及三齡幼蟲在萊豆眞葉上之食痕長度爲 Parrella and Bethke[20] 在菊花上測得該蠅各齡幼蟲食痕長度之 2.1 、 2.1 及 4.6 倍，因而顯示非洲菊斑潛蠅在萊豆眞葉上因食痕所造成之危害較菊花爲重。

非洲菊斑潛蠅對寄主植物之危害，除幼蟲之潛食葉肉組織外，雌成蠅在取食與產卵行爲中亦對葉面造成不同大小之白色刻點，影響寄主植物之光合作用。Spencer 認爲雌成蠅之取食有 3 種作用，分別爲確認寄主植物、自寄主植物中獲得蛋白質供其卵之形成、及取食可利用之碳水化合物[25]。而 Hussey and Gurney 亦謂可藉有活力之卵數與取食孔數之比值，做爲潛蠅類對寄主植物偏好性之指標[12]。但其中有關成蠅之取食孔數，因學者間對其認知上之差距，以致造成文獻上之混亂[19]。本試驗證實非洲菊斑潛蠅雌蠅當取食寄主植物葉液時，不僅從其取食孔獲得，亦可自其產卵孔處取得[6]。因而豆葉上之所有葉面被害刻點數，可視爲該蠅之取食刻點數。另方面亦發現，雌蠅在產卵後立即在其產卵孔處之吸食行爲，實可提高卵之孵化。同時又因該蠅之卵形成方式屬應變式產卵策略，因此其卵在發育中並不增大，因而此點與 Dimetry 所謂可藉寄主植物之汁液供蠅卵在發育中增大一事[11]，有極大差異。

非洲菊斑潛蠅爲一雜食性昆蟲，寄主種類超過 400 種[19]，但其繁殖力受寄主植物種類、葉品質、溫度及食物等之影響[16]。因而爲達該蠅繁殖方法之建立，必先瞭解彼等因子與該蠅繁殖之關係。前人研究顯示，豆類較菊花適合該蠅之發育與存活[10]。而菊花(279 ～ 298 粒卵／雌)與芹菜(212 粒卵／雌)又較蕃茄(40 粒卵／雌)適合該蠅之生殖[18,24]。在菊花與芹菜上，該蠅族群增長最大之溫度，推測爲 25° 與 30°C，而 15°C 時，族群則幾乎停止增長[16]。另當雌蠅供食蜂蜜後，其壽命(22.7 天)與產卵數(439 粒卵)較未供食者可提高 3 倍[10]。而由本試驗結果得知，在室內萊豆苗上每天供食純蜂蜜情況下，非洲菊斑潛蠅確具高繁殖力(表 9 、 10 及圖 9)。在 20°～ 35°C 間，其雌性有活力卵數之每日內在增殖率(γ)與終極增殖率(λ)均隨溫度之上升而增加，各達 0.1684 至 0.3236 與1.1834至 1.3821，而 15°C 時，族群則幾乎停止增長。但若就族群之淨增殖率而言，其中以 20° 與 25°C 最適該蠅之生殖(152 與 188 粒雌性有活力之卵／雌)。另外在臺灣田間萊豆成株之複葉上雖可發現該蠅之危害[1]。但本試驗結果顯示，該蠅在萊豆苗上卻對眞葉與複葉間具極顯著之產卵與取食偏好性，且完全不產卵於複葉上。因而在室內繁殖非洲菊斑潛蠅時，其最適條件，爲在 25°C、每日供食純蜂蜜情況下，以 15 ～ 20 cm 莖高之萊豆苗供該蠅產卵。

非洲菊斑潛蠅對黃色具偏好性。臺灣在 1988 至 1989 年曾成功地利用黃色黏板進行該蠅侵入後之區域性與全省性之發生偵測調查[3]。至於黃色黏板在非洲菊斑潛蠅防治效果方面，由於黃色黏板之誘蟲距離小於 10 m(甚或小於 2 m)，且在密閉非洲菊園設施內，每隔 2 m 放置一塊黃色黏板之情形下，第一至第四日內經過死亡率校正後，雌蠅之誘捕回收率各爲 4.6 、 5.5 、 5.5 及 8.2%，雄蠅之誘捕回收率各爲 12.6 、 3.9 、 4.6 及 7 %[2]，顯示就以雌、雄性之誘捕率而言，雄蠅較高，同時在 80.7% 之誘捕雌蠅中，即第二至第四日間被誘捕之雌蠅，或許均已具產卵經驗。而本試驗亦證實非洲菊斑潛蠅之交尾前期，雖受其羽化時刻之影響，但至羽化後 21.5 小時內，其交尾率即達 99%，且其一生中之交尾次數，估測少者 4 ～ 5 次，多則可能在 20 次以上。同時雌蠅經交尾 1 次後，不但終生產受精卵，且其壽命、生殖力、取食刻點數、子代雌性比及族群增長等均不受影響，而其產卵前期亦僅 0.3

天(表 4 、 5 、 6)。因而顯示，欲單獨利用黃色黏板誘集雌蠅或雄蠅之方法以降低非洲菊斑潛蠅之密度，實有其限制。另寄生蜂對黃色亦具偏好性，當田間設置大量黃色黏板時，亦可能影響寄生蜂對非洲菊斑潛蠅之抑制效果。

評估寄生蜂對害蟲之抑制力與有效性之前，必先瞭解害蟲與寄生蜂在各不同溫度下彼此之內在增殖率。Minkenberg and Lenteren 認爲有效寄生蜂之內在增殖率除應較其寄主之內在增殖率大或相等外，另當寄生蜂有取食寄主之現象時，尙需將其取食致死寄主之能力併入，供做寄生蜂抑制寄主能力之整體考量[16]。由本試驗結果得知，非洲菊斑潛蠅之繁殖力雖強，在 25°、 30°及 35°C時，其雌性成蠅每日之內在增殖率各爲 0.2183 、 0.2529 及 0.3053 (表 10)。但由其兩種寄生蜂一華釉小蜂與異角釉小蜂在 25°C、每日供應 40 隻寄主幼蟲時，其雌性成蜂每日之內在增殖率各爲 0.2038 與 0.2569 ，及兩種寄生蜂之取食寄主能力又各爲其寄生能力之 0.8 與 1.4 倍(錢景秦、古琇芷，未發表資料)，因而顯示此兩種寄生蜂對非洲菊斑潛蠅極具防治潛能。

於 1988 年在臺中大坑地區發生的非洲菊斑潛蠅，因缺少先前該蠅在臺灣之發生記錄，故推測係一國外新侵入種[1,27]，後經分類學上之研究，認爲比較可能爲來自荷蘭一抗藥性品系侵入[5]。但由本試驗結果得知，臺中地區該蠅在菜豆(*P. vulgaris* var. *communis*)上其卵至成蟲期之估測發育臨界低溫(8.7°C)與實測致死高溫(38°C)及產卵時之實測臨界低溫(≦ 12°C)與高溫(＞ 40°C)等值(表 2 、 7 、 9)，均較 Charlton and Allen[10]、Parrella[18]及 Vercambre and Thiery[26] 所報導在菜豆(*P. vulgaris*)上該蠅卵至成蟲期之發育臨界低溫(8.4°C)與致死高溫(35°C)及在菊花上之產卵臨界低溫(10°C)與高溫(近 40°C)等值要高。其間或受寄主植物種類與品系之影響，但其主因或係臺中地區非洲菊上之非洲菊斑潛蠅爲適應本地簡易溫室內之溫度(夏季高達 40°C 以上)，其已發展出對高溫較具忍受性之品系。

誌 謝

本研究承行政院農業委員會 81 農建—12.1 糧—18 (10) 計畫補助部分經費，試驗期間承李佳靜小姐協助飼蟲，翁振宇先生協助攝製幻燈片，文成後承朱耀沂教授釜正，謹此一併致謝。

引用文獻

1. 王清玲。1988。臺灣新侵入之園藝作物害蟲簡介。中華昆蟲特刊第二號果樹害蟲綜合防治研討會：145—153。
2. 王清玲、林鳳琪。1992。黃色黏板誘捕非洲菊斑潛蠅 (*Liriomyza trifolii* (Burgess)) 之效果測定。中華農業研究 41：61—69。
3. 林鳳琪、王清玲。1989。非洲菊斑潛蠅之田間偵測。中華昆蟲特刊第四號。蔬菜害蟲綜合防治研討會：59—69。
4. 林鳳琪、王清玲。1992。非洲菊斑潛蠅寄生蜂之種類及發生調查。中華昆蟲 12：247—257。
5. 蕭旭蜂。1991。臺灣斑潛蠅屬昆蟲之系統分類研究 (雙翅目：潛蠅科)。129頁。國立臺灣大學植物病蟲害學研究所碩士論文。臺北。
6. Bethke, J. A. and M. P. Parrella. 1985. Leaf puncturing, feeding and oviposition behavior of *Liriomyza trifolii*. Entomol. Exp. Appl. 39 : 149—154.
7. Birch, L. C. 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. J. Anim. Ecol. 17 : 15—26.
8. Bodri, M. S. and R. D. Oetting. 1985. Assimilation of radioactive phosphorus by *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) from feeding at different temperatures on different chrysanthemum cultivars. Proc. Entomol. Soc. Wash. 87 : 770—776.
9. 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.

10. Charlton, C. A. and W. W. Allen. 1981. The biology of *Liriomyza trifolii* on beans and chrysanthemums pp. 42—49. in: Proc. IFAS-Ind. Conf. Biol. Cont. *Liriomyza* Leafminers. (Schuster, D. J., ed.) Lake Buena Vista, Florida.
11. Dimetry, N. Z. 1971. Biological studies on a leaf mining Diptera, *Liriomyza trifolii* (Burgess) attacking beans in Egypt. Bull. Soc. Entomol. Egypte. 55 : 55—69.
12. Hussey, N. W. and B. Gurney. 1962. Host selection by the polyphagous species *Phytomyza atricornis* Meigen (Dipt., Agromyzidae). Ent. mon. Mag. 98 : 42—47.
13. Jones, V. P., M. P. Parrella and D. R. Hodel. 1986. Biological control of *Liriomyza trifolii* on greenhouse chrysanthemums. Calif. Agric. 40 : 10—12.
14. Leibee, G. L. 1984. Influence of temperature on development and fecundity of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) on celery. Environ. Entomol. 13 : 497—501.
15. Lindquist, R. K. 1983. New greenhouse pests, with particular reference to the leafminer, *Liriomyza trifolii.* Proc. 10th Int. Congr. Pl. Prot. Brighton, England. 3 : 1087—1094.
16. 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. 86—2. 50 pp.
17. Oatman, E. R. and A. E. Michelbacher. 1958. The melon leaf miner, *Liriomyza pictella* (Thomson) (Diptera: Agromyzidae). Ann. Entomol. Soc. Amer. 51 : 557—566.
18. Parrella, M. P. 1984. Effect to temperature on oviposition, feeding and longevity of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). Can. Ent. 116 : 85—92.
19. Parrella, M. P. 1987. Biology of *Liriomyza.* Ann. Rev. Entomol. 32 : 201—224.
20. Parrella, M. P. and J. A. Bethke. 1988. Larval development and leafmining activity of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). Pan-Pacific Entomologist 64 : 17-22.
21. Parrella, M. P. and C. B. Keil. 1984. Insect pest management: the lesson of *Liriomyza.* Bull. Entomol. Soc. Amer. 30 : 22—25.
22. Parrella, M. P. and K. L. Robb. 1982. A technique for staining the eggs of *Liriomyza trifolii* in chrysanthemum, celery and tomato leaves. J. Econ. Entomol. 75 : 383—384.
23. Parrella, M. P., K. L. Robb and J. A. Bethke. 1981. Oviposition and pupation of *Liriomyza trifolii* pp. 50—55. in: Proc. IFAS-Ind Conf. Biol. Cont. *Liriomyza* Leafminers. (Schuster, D. J., ed.) Lake Buena Vista, Florida.
24. Parrella, M. P., K. L. Robb and J. A. Bethke. 1983. Infuence of selected host plants on the biology of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). Ann. Entomol. Soc. Amer. 76 : 112—115.
25. Spencer, K. A. 1973. Agromyzidae (Diptera) of economic importance. Series Entomologica, 9. The Hague: W. Junk. 418 pp.
26. Vercambre, B. and A. Thiery. 1983. Donnees bio-ecologiques sur *Liriomyza trifolii* Burgess (Dipt., Agromyzidae) et de son principal parasite *Hemiptarsenus semialbiclava* Girault (Hym., Eulophidae). 9th Africa Hort. Symp., Les Seychelles.
27. Wang, C. L. and F. C. Lin. 1988. A newly invaded insect pest *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in Taiwan. Jour. Agric. Res. China. 37 : 453—457.
28. Webb, R. E. and F. F. Smith. 1969. Effect of temperature on resistance in lima bean, tomato, and chrysanthemum to *Liriomyza munda.* J. Econ. Entomol. 62 : 458—462.

Morphology, Life History and Reproductive Ability of *Liriomyza trifolii*[1]

Ching-Chin Chien and Hsiu-Chih Ku[2]

Summary

Morphology, life history, and effect of mating frequence and temperature on the population growth rate of the leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess) were examined in the laboratory with field bean, *Phaseolus vulgaris* var. *communis* Aeschers as host plant. Results indicated that emergence, oviposition and feeding of adults as well as larvae emerging from leaves was in diurnal pattern. The mating rate reached 99% on the 2nd day. Males and females mated more than once (4—20's times). At 25°C, unmated females could lay fewer infertile eggs. The intrinsic rate of increase (γ) for female of mating once or more than once was 0.2301 or 0.2329/day. The female fed from all punctures regardless some for oviposition. The egg hatching rate could be increased if female fed on oviposition site. Female significantly preferred laying eggs and feeding on primary leaf but completely did not lay eggs on trifoliate leaf of field bean. Egg production strategy belongs to synovigeny, and the egg size did not increase in development. The number of the third larva within the mesophyll could be used to estimate the oviposition of leafminer between 20°—35°C due to the high survival rates of egg and larval stages. The length of mine increased with the growing instar of which the third instar was ca. 9.0- and 4.7-fold longer than that of the first and second instars, respectively. The observed lowest and highest temperature for oviposition were at 12° and 40 °C. The lower developmental threshold was estimated to be 8.7°C from egg to adult. The upper lethal limit temperature for development was 38°C. The maximum population growth of *L. trifolii* can be expected at 35°C (γ=0.3236/day), while almost no increase at 15°C (γ =0.0051/day) when honey is provided. The optimum temperature for reproduction was between 20°−25°C (R_0=152−188 viable female eggs/female). At 25°C, its development period and survival rate from egg to adult was 16.6 days (egg stage 3.3 days, larval stage 4.6 days, pupa stage 8.6 days) and 81.6%, respectively. The optimal conditions for rearing *L. trifolii* were using 15—20 cm tall field bean for adult infestation and daily provided with honey at 25°C.

Key words: *Liriomyza trifolii,* Life history, Population growth, Field bean , Temperature.

1. Contribution No. 1832 from the Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Associate Entomologist and project assistant of Department of Applied Zoology, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.