

## 非洲菊斑潛蠅兩種寄生蜂（膜翅目：絛小蜂科）之種內競爭

錢景秦\* 古琇芷 行政院農業委員會農業試驗所應用動物系 臺灣臺中縣 413 霧峰鄉中正路 189 號

## 摘 要

異角絛小蜂 (*Hemiptarsenus varicornis* (Girault)) 與華絛小蜂 (*Neochrysocharis formosa* (Westwood)) 為臺灣地區非洲菊上非洲菊斑潛蠅 (*Liriomyza trifolii* (Burgess)) 之重要本地種寄生蜂。雌蜂致死寄主方式有寄生與取食寄主兩種，而此二者之比例與雌蜂密度無關，如異角絛小蜂為 0.6~0.8:1；華絛小蜂為 1.9~2.7:1。雌蜂密度對寄生蜂之過寄生率與對寄主之總利用率均有顯著影響。寄生蜂與寄主之適當繁殖比例，異角絛小蜂為 1:20，華絛小蜂為 1:15。亦即在 25°C 下、25 × 20 cm 壓克力筒內、寄主第三齡幼蟲數為 300 隻時，各接入異角絛小蜂與華絛小蜂 15 與 20 隻雌蜂，經 24 小時後，兩種寄生蜂對寄主之總利用率各高達 90.7 與 98.6%，過寄生率各為 6.4 與 11.1%；11.1 與 14.4 天後各有 109 與 205 隻子蜂羽化。

**關鍵詞：**非洲菊斑潛蠅、異角絛小蜂、華絛小蜂、種內競爭、雌蜂密度

## 前 言

非洲菊斑潛蠅 (*Liriomyza trifolii* (Burgess)) 為全球性觀賞植物與蔬菜之重要害蟲 (Lindquist, 1983)。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 (Parrella and Keil, 1984)。學者認為在觀賞植物上可利用寄生蜂防治該蠅 (Jones *et al.*, 1986; Minkenberg and van Lenteren, 1986; Parrella and Bethke, 1988)。Murphy and LaSalle (1999) 則強調在斑潛蠅新侵入區，蔬菜上斑潛蠅生物防治時，應重視其本地種寄生蜂之利用。非洲菊斑

潛蠅已記錄之寄生蜂有 59 種 (Minkenberg and van Lenteren, 1986; Johnson and Hara, 1987; Waterhouse and Norris, 1987; Del, 1989; Lin and Wang, 1992; Chien and Ku, 1998; Murphy and LaSalle, 1999)，其中已確立適當繁殖方法者，僅絛小蜂 *Diglyphus begini* (Ashmead) (Parrella *et al.*, 1989) 與盾瘿蜂 *Ganaspidium utilis* Beardsley (Rathman *et al.*, 1991) 2 種。臺灣地區，異角絛小蜂 (*Hemiptarsenus varicornis* (Girault)) 與華絛小蜂 (*Neochrysocharis formosa* (Westwood)) 為非洲菊上，非洲菊斑潛蠅之重要本地種寄生蜂

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

(Chien and Ku, 1998, 2001b, c), 其發生相對密度各為 38.86 與 44.71% (Chien and Ku, 1998)。兩種寄生蜂之寄生方式分屬幼蟲單員外寄生 (solitary ectoparasitism) 與單員內寄生 (solitary endoparasitism) (Lin and Wang, 1992; Chien and Ku, 2001b, c)。兩種寄生蜂致死寄主之方式有寄生與取食寄主兩種 (Chien and Ku, 2001b, c)。在 25°C 下, 兩種雌蜂一生致死非洲菊斑潛蠅幼蟲數各為 497 與 385 隻 (Chien and Ku, 2001b, c)。為進行臺灣地區非洲菊斑潛蠅之生物防治, 本文乃測試異角釉小蜂與華釉小蜂繁殖時之種內競爭, 冀能建立此兩種寄生蜂之飼育方法, 藉供日後寄生蜂繁殖與釋放之參考。

## 材料與方法

### 一、寄主植物、寄主昆蟲及寄生蜂之飼育

本試驗所用之非洲菊斑潛蠅蟲源、寄主植物菜豆苗 (*Phaseolus vulgaris* var. *communis* Aeschers) 及寄主非洲菊斑潛蠅之繁殖方法, 如 Chien and Ku (1996) 所述。異角釉小蜂與華釉小蜂之蟲源、繁殖方法及成蜂寄生致死寄主與取食致死寄主之區分等, 則如 Chien and Ku (2001a, b, c) 所述。即以帶有第三齡非洲菊斑潛蠅幼蟲潛食之罐插菜豆苗, 繁殖異角釉小蜂與華釉小蜂。寄主幼蟲被兩種寄生蜂寄生或取食後之致死徵狀相似, 被寄生者通體黃色、體膚鬆馳、身體拉長、體飽滿、消化管內無暗綠色之內容物、呈深度麻痺狀, 被取食者體黃褐色、外形伸長、體扁且萎縮、消化管內仍殘有暗綠色之內容物、傷口處留有乾涸之體液。

### 二、成蜂之種內競爭

#### 1. 雌蜂密度對其致死寄主方式、致死寄主

能力及對寄主總利用率之影響

在 25°C 定溫、相對濕度 65~85% RH 及光周期 14L:10D 下, 先將 4 至 5 株帶有共約 300 隻寄主第三齡幼蟲之罐插豆苗, 放入 25 × 20 cm 接蜂用壓克力筒內, 依寄生蜂與寄主之不同比例, 分為 1:30、1:20、1:15 及 1:10 等四種, 各接入 10、15、20 及 30 隻已交尾且有產卵經驗之第三日齡異角釉小蜂或華釉小蜂雌蜂。1 天後將罐插豆苗移出, 利用透光法 (Chien and Ku, 2001a) 計數各處理豆葉內已被致死之寄主總數 (包括被寄生致死之寄主數與被寄生蜂取食致死之寄主數), 與對寄主之總利用率 (寄生蜂致死寄主總數/供應寄主數)。至於寄主密度對雌蜂致死寄主方式之影響, 係利用剖視法 (dissecting method) 與出蜂數法 (adult emergence method) 判定之。以剖視法檢視異角釉小蜂或華釉小蜂致死寄主方式時, 前者係在立體顯微鏡下, 逐一將接蜂後供試豆葉之上表皮揭下, 直接計數被致死之寄主總數; 後者則係在立體顯微鏡下, 將豆葉內已被致死之寄主挑出並進行解剖。然後兩種蜂各依其被產卵寄生之寄主數, 記錄為該蜂之寄生致死寄主數, 而其取食致死寄主數, 則為「雌蜂致死寄主總數 - 寄生致死寄主數」。另依出蜂數法檢視兩種寄生蜂致死寄主方式時, 均採不破壞寄生蜂生存環境之方式, 繼續讓其發育, 以子代成蜂數記錄為該蜂之寄生致死寄主數, 其取食致死寄主數, 亦為「雌蜂致死寄主總數 - 寄生致死寄主數」。每一處理組進行 3~12 重複。

#### 2. 雌蜂密度對其產卵競爭、取食寄主競爭及過寄生卵分布之影響

依據上 (二、1) 項試驗材料與接蜂方法, 待接蜂後次日, 在立體顯微鏡下檢視兩種雌蜂種內間之產卵競爭與取食寄主競爭。產卵競爭方面, 異角釉小蜂係直接計數豆葉內各被致死

寄主體上與其附近之蜂卵數，並記錄各處理雌蜂之總產卵數、平均每雌之產卵數、過寄生卵數（每一寄主體上或其附近蜂卵數超過 1 粒者）、每一寄主體上或其附近蜂卵數之分布百分率等。而華釉小蜂則先解剖豆葉內各被致死之寄主，然後如上記錄寄主體內各處理雌蜂之總產卵數、平均每雌之產卵數、過寄生卵數、每一寄主體內蜂卵之分布百分率等。取食寄主競爭方面，則依各處理間平均每雌取食寄主數比較之。每一處理組進行 3~8 重複。

### 三、未成熟期之種內競爭

1. 雌蜂密度對其子代之過寄生率、死亡率、成蜂數及雌性比之影響

由於兩種寄生蜂卵之孵化率高達 95.8 與 96.5% (Chien and Ku, 2001b, c)，因而寄生蜂子代之過寄生率，就依據上(二、1)項試驗材料與接蜂方法，將各處理雌蜂之「(過寄生卵數/總產卵數)×100」替之。另待子蜂羽化後，除以出蜂數法直接計數兩種寄生蜂之雌、雄蜂數與雌性比(雌蜂數/(雌蜂數+雄蜂數))外，尚依各處理之「(平均每雌產卵數-平均每雌子蜂數)/平均每雌產卵數×100」，估測該蜂子代卵發育至成蟲期之死亡率。每一處理組進行 3~8 重複。

### 四、統計分析

各項試驗資料除以 LSD 測試法或  $t$  值測試法分析，並採 5% 顯著水準比較處理間之差異性外，尚利用迴歸分析法顯示寄生蜂之各測試項目( $\hat{y}$ )，如致死寄主總數、對寄主之總利用率、總產卵數、平均每雌產卵數、平均每雌取食致死寄主數、過寄生率、子蜂數及雌性比等，與雌蜂密度( $x$ )之關係。

## 結 果

### 一、成蜂之種內競爭

1. 雌蜂密度對其致死寄主方式之影響

異角釉小蜂與華釉小蜂致死寄主之方式，有寄生與取食寄主兩種。本試驗不論以剖視法或以出蜂數法，探測雌蜂密度對其致死寄主方式之影響時，得知兩種寄生蜂致死寄主方式與雌蜂密度無關。如雌蜂數不論為 10~30 隻時，異角釉小蜂其寄生致死寄主率均維持在 38~44% 或 39~42%，華釉小蜂之寄生致死寄主率均維持在 66~70% 或 70~73%，處理間無顯著差異(表一)。僅異角釉小蜂雌蜂在各不同密度時，其寄生致死寄主率均較取食致死寄主率低，兩者之比例為 0.6~0.8:1 或 0.6~0.7:1 (表一)；華釉小蜂雌蜂在各不同密度時，其寄生致死寄主率均較取食致死寄主率高，兩者之比例為 1.9~2.3:1 或 2.3~2.7:1 (表一)。

2. 雌蜂密度對其致死寄主能力與對寄主總利用率之影響

當兩種寄生蜂雌蜂數為 10~30 隻時，其一日內之致死寄主總數與其雌蜂數間之關係均呈向上拋物線反應(圖一、二)。且當異角釉小蜂與華釉小蜂雌蜂數為 10~15 隻時，其致死寄主總數(各為 198~273 隻寄主與 189~257 隻寄主)均較 20~30 隻雌蜂(各為 290~293 隻寄主與 295~297 隻寄主)時為低，處理間呈顯著差異(表一)。另兩種寄生蜂對寄主之總利用率，亦各隨雌蜂數之增加而上升，兩者間之關係均呈向上拋物線反應(圖一、二)。其中異角釉小蜂或華釉小蜂之雌蜂數與寄主蟲數為 15:300 隻時，兩種寄生蜂對寄主之總利用率，各高達 90.7 與 86.0%，其值雖與 20 與 30 隻雌蜂之處理組(各為 97.2~98.0% 或 98.6~99.9%)間有顯著差異，但其值已較 10 隻雌蜂處理組之寄主總利用率(各為 67.2% 或 61.2%)顯著大幅提升(表一)。

表一 異角釉小蜂與華釉小蜂雌蜂在不同密度時之致死寄主能力與寄主總利用率<sup>1, 2)</sup>

Table 1. Host killing capabilities and total host utilization rates of *Hemiptarsenus varicornis* and *Neochrysocharis formosa* at various densities of female wasps<sup>1, 2)</sup>

| Wasp density<br>(no. females<br>/tube) | Total no. hosts killed <sup>3)</sup> |                  | % hosts killed by parasitism |                  |                           |                  | % total host<br>utilization <sup>3)</sup> |                  |
|--|--------------------------------------|------------------|------------------------------|------------------|---------------------------|------------------|---|------------------|
|  |                                      |                  | Dissecting<br>method         |                  | Adult<br>emergence method |                  |   |                  |
|  | <i>n</i>                             | $\bar{x} \pm SE$ | <i>n</i>                     | $\bar{x} \pm SE$ | <i>n</i>                  | $\bar{x} \pm SE$ | <i>n</i>                                  | $\bar{x} \pm SE$ |
| <i>H. varicornis</i>                   |                                      |                  |                              |                  |                           |                  |   |                  |
| 10                                     | 12                                   | 198 ± 4c         | 5                            | 41 ± 2Aa         | 7                         | 42 ± 2Aa         | 12  | 67.2 ± 1.3c      |
| 15                                     | 12                                   | 273 ± 6b         | 4                            | 38 ± 1Aa         | 8                         | 40 ± 1Aa         | 12  | 90.7 ± 1.6b      |
| 20                                     | 10                                   | 290 ± 3a         | 5                            | 39 ± 1Aa         | 5                         | 39 ± 1Aa         | 10  | 97.2 ± 0.9a      |
| 30                                     | 12                                   | 293 ± 2a         | 6                            | 44 ± 2Aa         | 6                         | 40 ± 3Aa         | 12  | 98.0 ± 0.5a      |
| <i>N. formosa</i>                      |                                      |                  |                              |                  |                           |                  |   |                  |
| 10                                     | 6                                    | 189 ± 4c         | 3                            | 66 ± 1Aa         | 3                         | 70 ± 5Aa         | 6   | 61.2 ± 1.0c      |
| 15                                     | 11                                   | 257 ± 5b         | 5                            | 69 ± 2Aa         | 6                         | 71 ± 1Aa         | 11  | 86.0 ± 1.8b      |
| 20                                     | 6                                    | 295 ± 2a         | 3                            | 70 ± 1Aa         | 3                         | 70 ± 1Aa         | 6   | 98.6 ± 0.5a      |
| 30                                     | 6                                    | 297 ± 2a         | 3                            | 68 ± 4Aa         | 3                         | 73 ± 1Aa         | 6   | 99.9 ± 0.1a      |

<sup>1)</sup> Each treatment was provided with 300 3rd-instar larvae of *L. trifolii* in an acrylic cylinder (25 x 20 cm) at 25°C, 14L:10D, and 65-85% RH.

<sup>2)</sup> Means ( $\bar{x} \pm SE$ ) within each row followed by the same uppercase letter are not significantly different at 5% level by *t*-test. Means ( $\bar{x} \pm SE$ ) within each column followed by the same lowercase letter are not significantly different at 5% level by LSD. Data on the percent total host utilization were transformed to angles by  $\arcsin \sqrt{\text{percentage}}$  prior to ANOVA test.

<sup>3)</sup> Including hosts killed by parasitism and by feeding.

### 3. 雌蜂密度對其產卵或取食寄主競爭之影響

兩種寄生蜂雌蜂數為 10~30 隻時，雌蜂一日內之總產卵數與雌蜂數間之關係，呈向上直線迴歸反應或向上拋物線反應（圖一、二）；但平均每雌一日內之產卵數與雌蜂數間之關係，兩者卻均呈向下拋物線反應（圖一、二）。同時當異角釉小蜂雌蜂數為 10 隻時，其平均每雌一日內產卵數（8.4 粒）顯著較 15~30 隻雌蜂時（5.7~7.1 粒）為高（表二）；而華釉小蜂雌蜂數為 10~20 隻時，其平均每雌一日內產卵數（11.5~12.4 粒）顯著較 30 隻雌蜂（10.0 粒）時為高（表二）。顯示異角釉小蜂數與寄主蟲數為 15:300、20:300 及 30:300 隻時，或華釉小蜂數與寄主蟲數為 30:300 隻時，雌蜂間即有顯著之產卵干擾。

雌蜂取食寄主方面，兩種寄生蜂不論當雌

蜂數為 10~30 隻時，由剖視法所得之該蜂平均每雌一日內取食寄主數與出蜂數法間均無顯著差異（表二），且該值與雌蜂數間之關係均呈向下直線迴歸反應（圖一、二）。但異角釉小蜂雌蜂數為 10~15 隻時，不論在剖視法或出蜂數法中，其平均每雌一日內之取食寄主數（11.6~11.7 隻寄主或 10.8~11.5 隻寄主）均顯著較 20~30 隻雌蜂（5.5~8.7 隻寄主或 5.8~9.3 隻寄主）時為高；而華釉小蜂雌蜂數為 10 隻或 10~20 隻時，不論在剖視法或出蜂數法中，其平均每雌一日內取食寄主數（6.4 隻寄主或 4.4~5.8 隻寄主）均顯著較 20~30 隻雌蜂或 30 隻雌蜂（3.2~4.6 隻寄主或 2.8 隻寄主）時為高（表二）。顯示當異角釉小蜂與華釉小蜂雌蜂數各為 20~30 隻與 30 隻時，雌蜂會在同一寄主上有多次取食之傾向。同時亦觀察得知兩種寄生蜂不論雌蜂密度高低，均

圖一 異角袖小蜂族群介量與雌蜂密度之關係。

Fig. 1. Relationship between population parameters and female wasp density of *Hemiptarsenus varicornis*.

圖二 華絨小蜂族群介量與雌蜂密度之關係。

Fig. 2. Relationship between population parameters and female wasp density of *Neochrysocharis formosa*.

表二 異角釉小蜂與華釉小蜂雌蜂在不同密度時之繁殖子代數、取食寄主數及其種內之競爭力<sup>1, 2)</sup>

Table 2. Number of progeny and hosts killed by feeding of *Hemiptarsenus varicornis* and *Neochrysocharis formosa* and their intraspecific competition at various densities of female wasps<sup>1, 2)</sup>

| Wasp density<br>(no. females<br>/tube) | Total no.<br>eggs laid | Progeny/female                     |   | No. hosts killed by<br>feeding/female |                           | Competition                     |  |
|--|------------------------|------------------------------------|---|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|--|
|  |                        | Dissecting<br>method<br>(no. eggs) | Adult emergence<br>method<br>(no. adults) | Dissecting<br>method                  | Adult emergence<br>method | % superparasitism <sup>3)</sup> | % mortality<br>developmental<br>period <sup>4)</sup> |
| <i>H. varicornis</i>                   |                        |                                    |   |                                       |                           |                                 |  |
| 10                                     | 84 ± 6d                | 8.4 ± 0.6Aa                        | 8.5 ± 0.4Aa                               | 11.7 ± 0.8Aa                          | 11.5 ± 0.5Aa              | 6.0 ± 1.0c                      | 0  |
| 15                                     | 107 ± 2c               | 7.1 ± 0.1Ab                        | 7.2 ± 0.2Ab                               | 11.6 ± 0.3Aa                          | 10.8 ± 0.5Aa              | 6.4 ± 1.6c                      | 0  |
| 20                                     | 130 ± 4b               | 6.6 ± 0.2Abc                       | 5.4 ± 0.3Bc                               | 8.7 ± 0.1Ab                           | 9.3 ± 0.3Ab               | 16.4 ± 0.6b                     | 18.2   |
| 30                                     | 171 ± 8a               | 5.7 ± 0.3Ac                        | 4.0 ± 0.3Bd                               | 5.5 ± 0.2Ac                           | 5.8 ± 0.2Ac               | 23.1 ± 3.4a                     | 29.8   |
| <i>N. formosa</i>                      |                        |                                    |   |                                       |                           |                                 |  |
| 10                                     | 129 ± 1d               | 12.4 ± 0.4Aa                       | 13.1 ± 0.7Aa                              | 6.4 ± 0.4Aa                           | 5.8 ± 0.9Aa               | 3.8 ± 1.0c                      | 0  |
| 15                                     | 190 ± 8c               | 11.5 ± 0.3Aa                       | 12.9 ± 0.3Ba                              | 5.3 ± 0.4Aab                          | 5.2 ± 0.3Aa               | 8.5 ± 1.9bc                     | 0  |
| 20                                     | 242 ± 2b               | 12.1 ± 0.1Aa                       | 10.3 ± 0.3Bb                              | 4.6 ± 0.2Ab                           | 4.4 ± 0.1Aa               | 11.1 ± 1.5b                     | 14.9   |
| 30                                     | 300 ± 10a              | 10.0 ± 0.3Ab                       | 7.3 ± 0.3Bc                               | 3.2 ± 0.4Ac                           | 2.8 ± 0.1Ab               | 32.0 ± 1.5a                     | 27.0   |

<sup>1)</sup> Each treatment was provided with 300 3rd-instar larvae of *L. trifolii* in an acrylic cylinder (25 x 20 cm) at 25°C, 14L:10D, and 65-85% RH. Data consist of 3-8 replicates.

<sup>2)</sup> Means ( $\bar{x} \pm SE$ ) within each row followed by the same uppercase letter are not significantly different at 5% level by *t*-test. Means ( $\bar{x} \pm SE$ ) within each column followed by the same lowercase letter are not significantly different at 5% level by LSD. Data on the percent superparasitism were transformed to angles by  $\arcsin \sqrt{\text{percentage}}$  prior to ANOVA test.

<sup>3)</sup> (no. superparasitized eggs/total no. eggs laid) x 100.

<sup>4)</sup> (no. eggs - no. adults) /no. eggs) x 100.

未發現在同一寄主上既產卵又取食。

#### 4. 雌蜂密度對其過寄生卵分布之影響

由表三得知，兩種寄生蜂卵在每一寄主上之分布頻率與雌蜂密度有關。當異角釉小蜂雌蜂數為 10 與 15 隻時，每一寄主上產下之蜂卵數最多僅為 2 粒，且每一寄主上蜂卵數為 1 粒者，平均為 94.9%；另當雌蜂數為 20 與 30 隻時，每一寄主上之蜂卵數雖較多，最高可各達 4 與 5 粒，但每一寄主上蜂卵數為 1 粒者，仍各平均為 83.4 與 76.7%。華釉小蜂雌蜂數為 10~20 隻時，每一寄主體內之最高蜂卵數，雖為 2~4 粒，但每一寄主體內蜂卵數為 1 粒者，仍達 87.1~96.3%；而雌蜂數為 30 隻時，不僅每一寄主體內之蜂卵數較多，且每一寄主體內蜂卵數為 1 粒者，銳減為 65.2%。顯示異

角釉小蜂與華釉小蜂產卵時，對已被寄生之寄主具辨識能力，僅當兩者雌蜂數與寄主蟲數，為 20:300 與 30:300 隻時，該能力才各受到 12.1~19.2% 與 9.6~32.3% 之影響。

## 二、未成熟期之種內競爭

### 1. 雌蜂密度對其子代過寄生率與死亡率之影響

當兩種寄生蜂雌蜂數為 10~30 隻時，寄生蜂子代之過寄生率與雌蜂數間之關係均呈直線迴歸反應 (圖一、二)。如當異角釉小蜂雌蜂數為 30 隻時，其子代之過寄生率 (23.1%) 較 20 隻雌蜂 (16.4%) 與 10~15 隻雌蜂 (6.0~6.4%) 時為高，處理間差異顯著 (表二)；華釉小蜂子代之過寄生率，亦以雌蜂數為 30 隻

(32.0%) 時最高，且與 10~20 隻雌蜂處理間呈差異顯著，但其中 10 與 15 隻雌蜂 (3.8~8.5%) 及 15 與 20 隻雌蜂 (8.5~11.1%) 兩處理間無顯著差異 (表二)。此結果顯示兩種寄生蜂子代對寄主之過寄生率，會隨其母蜂數之過度增加而增多。

異角釉小蜂與華釉小蜂卵發育至成蟲期之死亡率亦與雌蜂密度有關。如兩種雌蜂數與寄主數為 10:300 或 15:300 隻時，兩者卵發育至成蟲期之死亡率均為 0，而兩種雌蜂數與寄主數為 20:300 或 30:300 隻時，兩者卵發育至成蟲期之死亡率各為 18.2~29.8% 與 14.9~27.0% (表二)。

## 2. 雌蜂密度對其子蜂數與雌性比之影響

由表四得知，不論以檢視被寄生寄主數、或檢視子代成蜂數，均顯示兩種寄生蜂一日內之繁殖子蜂數與雌蜂密度有關。如在異角釉小蜂兩者間均呈向上拋物線反應 (圖一)，即雌蜂數為 10 隻時，其所繁殖之子蜂數 (88 隻) 顯著較 15~30 隻雌蜂 (109~120 隻) 時為少；

但該蜂子代之雌性比 (0.47~0.53) 卻與雌蜂密度無關，各處理間無顯著差異 (表四)。在華釉小蜂時，其一日內之繁殖子蜂數與雌蜂密度亦呈向上拋物線反應 (圖二)，如雌蜂數為 10 隻時，其所繁殖之子蜂數 (131 隻) 顯著較 15~30 隻雌蜂 (194~220 隻) 時為少；同時該蜂子代之雌性比 (0.61~0.65) 亦與雌蜂密度無關，各處理間無顯著差異 (表四)。

## 討 論

異角釉小蜂與華釉小蜂在臺灣中部非洲菊園內，不僅同為非洲菊斑潛蠅之優勢蜂種 (Chien and Ku, 1998)，且對該蠅具有強勢之抑制潛能 (Chien and Ku, 2001b, c)。本試驗證實在 25°C 下、25 × 20 cm 壓克力筒內，當異角釉小蜂或華釉小蜂雌蜂與第三齡非洲菊斑潛蠅幼蟲之相對密度，為 1:10、1:15 及 1:20 時，兩種寄生蜂致死寄主之能力，各達 90.7~98.0% 與 86.0~99.9%；其中因取食

表三 異角釉小蜂與華釉小蜂卵在不同雌蜂密度時之分布百分率<sup>1,2)</sup>

Table 3. Percent distribution ( $\bar{x} \pm SE$ ) of *Hemiptarsenus varicornis* and *Neochrysocharis formosa* eggs at various densities of female wasps<sup>1,2)</sup>

| Wasp density<br>(no. females /tube) | No. wasp eggs laid per host |              |             |             |             |
|-------------------------------------|-----------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
|                                     | 1                           | 2            | 3           | 4           | 5           |
| <i>H. varicornis</i>                |                             |              |             |             |             |
| 10                                  | 94.9 ± 1.1 a                | 5.1 ± 0.6 b  | 0c          | 0 b         | 0 b         |
| 15                                  | 94.9 ± 0.6 a                | 5.1 ± 0.6 b  | 0c          | 0 b         | 0 b         |
| 20                                  | 83.4 ± 1.4 b                | 14.5 ± 2.3 a | 1.2 ± 0.6 b | 0.8 ± 0.5ab | 0 b         |
| 30                                  | 76.7 ± 1.0 c                | 15.6 ± 1.5 a | 4.6 ± 0.7 a | 2.5 ± 1.3a  | 0.5 ± 0.3 a |
| <i>N. formosa</i>                   |                             |              |             |             |             |
| 10                                  | 96.3 ± 1.1a                 | 3.7 ± 1.1c   | 0b          | 0b          | 0a          |
| 15                                  | 91.2 ± 2.1ab                | 8.1 ± 2.0bc  | 0.7 ± 0.3b  | 0b          | 0a          |
| 20                                  | 87.1 ± 0.8b                 | 11.8 ± 0.5b  | 2.0 ± 1.3b  | 0.2 ± 0.2b  | 0a          |
| 30                                  | 65.2 ± 1.9c                 | 24.9 ± 1.2a  | 7.4 ± 1.8a  | 2.3 ± 0.1a  | 0.2 ± 0.2a  |

<sup>1)</sup> Each treatment was provided with 300 3rd-instar larvae of *L. trifolii* in an acrylic cylinder (25 x 20 cm) at 25°C, 14L:10D, and 65-85% RH. Data consist of 3-6 replicates.

<sup>2)</sup> Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD. Data were transformed to angles by arcsin  $\sqrt{\text{percentage}}$  prior to ANOVA test.



表四 異角釉小蜂與華釉小蜂雌蜂在不同密度時繁殖之子蜂數與子代雌性比<sup>1, 2)</sup>

Table 4. Adult progenies of *Hemiptarsenus varicornis* and *Neochrysocharis formosa* and their female sex ratio at various densities of female wasps<sup>1, 2)</sup>

| Wasp density<br>(no. females/tube) | Dissecting method              |                            | Adult emergence method |  |
|------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|------------------------|--|
|                                    | Total no.<br>hosts parasitized | Total no. adult<br>progeny | Sex ratio<br>(♀/(♀+♂)) |  |
| <i>H. varicornis</i>               |                                |                            |                        |  |
| 10                                 | 79 ± 5c                        | 88 ± 3b                    | 0.53 ± 0.04a           |  |
| 15                                 | 104 ± 2b                       | 109 ± 3a                   | 0.47 ± 0.01a           |  |
| 20                                 | 109 ± 3b                       | 111 ± 6a                   | 0.47 ± 0.04a           |  |
| 30                                 | 133 ± 5a                       | 120 ± 9a                   | 0.48 ± 0.02a           |  |
| <i>N. formosa</i>                  |                                |                            |                        |  |
| 10                                 | 127 ± 5c                       | 131 ± 7c                   | 0.65 ± 0.05a           |  |
| 15                                 | 173 ± 4b                       | 194 ± 4b                   | 0.65 ± 0.03a           |  |
| 20                                 | 212 ± 4a                       | 205 ± 6ab                  | 0.61 ± 0.05a           |  |
| 30                                 | 204 ± 8a                       | 220 ± 9a                   | 0.64 ± 0.06a           |  |

<sup>1)</sup> Each treatment was provided with 300 3rd-instar larvae of *L. trifolii* in an acrylic cylinder (25 x 20 cm) at 25°C, 14L:10D, and 65-85% RH. Data consist of 3-8 replicates.

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

寄主而致死寄主之比例，又各佔 56~62% 與 27~32%。再次顯示異角釉小蜂與華釉小蜂對非洲菊斑潛蠅第三齡幼蟲，確有強勢之抑制力。

寄生蜂之種內競爭，可分成蜂期與未成熟期競爭 2 種。成蜂期競爭，主要在於雌蜂間對寄主之利用。異角釉小蜂與華釉小蜂之雌蜂因對寄主之利用率大，故雌蜂一旦受限於可利用之寄主蟲數時，彼等種內之產卵與取食即產生競爭。如當兩種雌蜂數與寄主數之比例，各為 1:10~20 與 1:10 時，種內雌蜂間或因產卵干擾，致使兩種寄生蜂平均每雌產卵數各減少 15.5~32.1% 與 19.4%；又兩種雌蜂數與寄主數之比例為 1:10~15 時，兩者雌蜂雖原為單員寄生，但此時被迫選擇在同一寄主上多次產卵，以致兩者對寄主之過寄生率各達 16.4~23.1% 與 11.1~32.0%；甚至當兩種雌蜂數與寄主數之比例為 1:10~15 時，雌蜂或因在同一寄主上發生多次之取食現象，致使平均每雌取食致死寄主數各減少 25.6~53.0% 與 28.1

~50.0%。而未成熟期之競爭，一般肇因於雌蜂對寄主之過寄生率。異角釉小蜂與華釉小蜂之寄生屬單員寄生，取食寄主行為屬產卵取食不併存而寄主死亡型 (non-concurrent destructive type) (Chien and Ku, 2001b, c)，因而當寄主體上或體內蜂卵數超過 1 粒、或寄生蜂在同一寄主上產卵、取食併存時，即可導致寄生蜂幼蟲間之種內競爭與死亡數之增加。本試驗發現，當兩種雌蜂數與寄主數之比例為 1:10~15 時，寄生蜂卵發育至成蟲期之死亡率各達 18.2~29.8% 與 14.9~27.0%，由於此值不但與前述之寄生蜂對寄主之過寄生率近似，且未發現寄生蜂在同一寄主上既產卵又取食，因而印證雌蜂對寄主之過寄生現象，即為此兩種寄生蜂未成熟期種內競爭之主因。

寄生蜂之過寄生現象對其族群之穩定具重要性，屬於一種適應反應 (van Alphen and Visser, 1990)。本試驗證實，異角釉小蜂與華釉小蜂對寄主密度均具調適力。如在寄生

蜂與寄主之相對密度低時 (1:30 與 1:20)，兩種寄生蜂均可藉對已被寄生寄主之辨識能力，而迴避其種內競爭；但若寄生蜂與寄主之相對密度高時 (1:15 與 1:10)，該蜂或可藉其對寄主之過寄生現象，進而維持其族群之穩定性。

異角釉小蜂與華釉小蜂繁殖時之最適寄主齡期，為非洲菊斑潛蠅第三齡幼蟲 (Chien and Ku, 2001a)。至於兩種寄生蜂繁殖時與寄主之最適比例，則應就其繁殖子蜂數、寄主總利用率及操作之方便性等考量之。本試驗建議在 25°C 下、25 × 20 cm 壓克力筒內，異角釉小蜂或華釉小蜂雌蜂數與非洲菊斑潛蠅第三齡幼蟲數之最適繁殖比例，各為 1:17~18 與 1:15~18。

## 誌 謝

本研究承行政院農業委員會 83 科技-1.3-糧-24 (13) 計畫補助部分經費，謹此致謝。

## 引用文獻

- van Alphen, J. J. M., and M. E. Visser. 1990. Superparasitism as an adaptive strategy for insect parasitoids. *Ann. Rev. Entomol.* 35: 59-79.
- 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).
- Chien, C. C., and S. C. Ku. 1998. The occurrence of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) and its parasitoids on fields of *Gerbera jamesonii*. *Chinese J. Entomol.* 18: 187-197 (in Chinese).
- Chien, C. C., and S. C. Ku. 2001a. Instar preference of five species of parasitoids of *Liriomyza trifolii* (Hymenoptera: Eulophidae, Braconidae). *Formosan Entomol.* 21: 89-97 (in Chinese).
- Chien, C. C., and S. C. Ku. 2001b. Appearance and life history of *Hemiptarsenus varicornis* (Hymenoptera: Eulophidae). *Formosan Entomol.* 21: 247-255 (in Chinese).
- Chien, C. C., and S. C. Ku. 2001c. Appearance and life history of *Neochrysocharis formosa* (Hymenoptera: Eulophidae). *Formosan Entomol.* 21: 383-393 (in Chinese).
- Del, B. G. 1989. Natural enemies of *Liriomyza trifolii* (Burgess), *Chromatomyia horticola* (Goureau) and *Chromatomyia syngenesiae* Hardy (Diptera: Agromyzidae) in Tuscany. *Redia* 72: 529-544.
- 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.
- Jones, V. P., M. P. Parrella, and D. R. Hodel. 1986. Biological control of *Liriomyza trifolii* on greenhouse chrysanthemums. *Calif. Agric.* 40: 10-12.
- 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).
- Lindquist, R. K.** 1983. New greenhouse pests, with particular reference to the leafminer, *Liriomyza trifolii*. Proc. 10th Int. Congr. Plant. Prot. Brighton, England. 3: 1087-1094.
- Minkenbergh, 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.
- Murphy, S. T., and J. LaSalle.** 1999. Balancing biological control strategies in the IPM of New World invasive *Liriomyza* leafminers in field vegetable crops. Biocontrol News Info. 20: 91-104.
- Parrella, M. P., and J. A. Bethke.** 1988. Larval development and leafmining activity of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). Pan-Pac. Entomol. 64: 17-22.
- Parella, M. P., and C. B. Keil.** 1984. Insect pest management: the lesson of *Liriomyza*. Bull. Entomol. Soc. Am. 30: 22-25.
- Parrella, M. P., J. T. Yost, K. M. Heinz, and G. W. Ferrentino.** 1989. Mass rearing of *Diglyphus begini* (Hymenoptera: Eulophidae) for biological control of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). J. Econ. Entomol. 82: 420-425.
- Rathman, R. J., M. W. Johnson, and B. E. Tabashnik.** 1991. Production of *Ganaspidium utilis* (Hymenoptera: Eucolidae) for biological control of *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae). Biol. Control 1: 256-260.
- Waterhouse, D. F., and K. R. Norris.** 1987. Biological control: Pacific prospects. Inkata Press, Melbourne, Australia. 454 pp.

收件日期：2002年6月11日

接受日期：2002年9月10日

# Intraspecific Competition of Two Species of Parasitoids (Hymenoptera: Eulophidae) of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae)

Ching-Chin Chien\* and Shiu-Chih Ku Department of Applied Zoology, Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, 189 Chung-cheng Road, Wufeng, Taichung 413, Taiwan, R.O.C.

## ABSTRACT

*Hemiptarsenus varicornis* (Girault) and *Neochrysocharis formosa* (Westwood) are the two dominant indigenous parasitoids of *Liriomyza trifolii* (Burgess) on *Gerbera jamesonii* Bolues ex Hook. f. in Taiwan. The modes of host killing by female wasp are parasitism and host-feeding. The ratio of oviposition to host-feeding regardless of female wasp density ranged 0.6-0.8:1 and 1.9-2.7:1 for *H. varicornis* and *N. formosa*, respectively. However, its density significantly affected superparasitism and the total host utilization rate. The optimal wasp:host ratios for propagation of *H. varicornis* and *N. formosa* were 1:20 and 1:15, respectively. When 15 female wasps of *H. varicornis* or 20 female wasps of *N. formosa* were provided with 300 third-instar larvae of *L. trifolii* in an acrylic cylinder (25 x 20 cm) at 25°C, the total host utilization rates and superparasitism rates after 24 hours were 90.7% and 6.4%, and 98.6% and 11.1%, respectively. There were 109 and 205 adult progeny which emerged after 11.1 and 14.4 days, respectively.

**Key words:** *Liriomyza trifolii*, *Hemiptarsenus varicornis*, *Neochrysocharis formosa*, intraspecific competition, female wasp density

