

東方果實蠅卵與瓜實蠅卵作為飼養錨紋瓢蟲 代用食物之合適性評估

余志儒^{1,*}

摘要

余志儒。2013。東方果實蠅卵與瓜實蠅卵作為飼養錨紋瓢蟲代用食物之合適性評估。台灣農業研究 62(1):1-10。

本研究於室內溫度 $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ， $75\% \pm 10\% \text{RH}$ ，光照 14 h : 10 h (L : D) 條件下，評估東方果實蠅 (*Bactrocera dorsalis* Hendel) 與瓜實蠅 (*Bactrocera cucurbitae* Coquillett) 卵作為錨紋瓢蟲 [*Lemnia biplagiata* (Swartz)] 代用食物的合適性，並以棉蚜 (*Aphis gossypii* Glover) 為對照食物。結果顯示，取食東方果實蠅及瓜實蠅卵之幼蟲發育時間、初羽化成蟲體重的表現不如取食棉蚜者，但供試之 40 隻幼蟲能完成發育為成蟲的數量與取食棉蚜者相近，分別為 35、34 與 36 隻。錨紋瓢蟲成蟲取食此二種蠅卵的每雌一生總產卵量分別有 512.2、405.2 粒。因此，可認為此二種蠅卵為錨紋瓢蟲適合的食物。由於日齡一齡期別生殖力 (f_x ，每雌產卵量) \geq 日齡別生殖力 (m_x ，每成蟲產卵量)，若雄性族群未被納入考量，可能會高估族群的增殖力。

關鍵詞：錨紋瓢蟲、東方果實蠅、瓜實蠅、棉蚜、合適性。

前言

錨紋瓢蟲 [*Lemnia biplagiata* (Swartz)] 是台灣地區常見的食蚜瓢蟲種類，能捕食多種危害農作物的蚜蟲，例如棉蚜 (*Aphis gossypii* Glover)、桃蚜 [*Myzus persicae* (Sulzer)]、偽菜蚜 [*Lipaphis erysimi* (Kaltenbach)] 及白尾紅蚜 [*Uroleucon formosanum* (Takahashi)] 等 (Tao 1990)。Yu & Chen (2001b) 曾在鮮食用的高苣上釋放錨紋瓢蟲幼蟲，能有效壓制白尾紅蚜的族群密度，顯著減少高苣產量的損失。在俄羅斯，Kuznetsov & Pang (2002) 將自中國引進的錨紋瓢蟲用於溫室作物上的蚜蟲防治，而且認為以釋放第二齡幼蟲效果最好。足見錨紋瓢蟲具有作為生物防治材料的潛力。

生物防治工作的首要關鍵，在生物天敵能夠被大量生產及滿足田間釋放的需求，亦為成功的第一步。若用蚜蟲飼養瓢蟲，必須

建立在包含寄主植物、蚜蟲、食蚜瓢蟲的三階取食系統 (tri-trophic system) 上。三個階層環環相扣，其中任何一個階層的失誤，都會干擾整個系統的維持。而且為維持系統運作，空間、時間以及勞力的耗費都是必要成本，即使能夠正常運作並量產天敵，也是工作繁瑣，這正是生物防治不易推展的原因。基於此，能有效降低生產成本的非蚜蟲食物就亟待開發。Chu & Shueh (1976) 曾嘗試用動物內臟與昆蟲體組成的半人工飼料 (semi-artificial diet) 飼養六條瓢蟲 [*Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius)] 與赤星瓢蟲 [*Lemnia swinhoei* (Crotch)]，結果認為繼代飼養仍待努力。Hussein *et al.* (1999) 以含花粉之半人工飼料為基礎試作六條瓢蟲之代用飼料，在不同劑型間加以比較，所用之豬肝或蛾幼蟲或蜂蛹皆非活體，飼育效果也未臻理想。Schanderl *et al.* (1988) 用地中海粉斑螟 (*Anagasta kuehniella* Zell.) 卵則能

投稿日期：2012 年 9 月 28 日；接受日期：2012 年 10 月 30 日。

* 通訊作者：jzyu@tari.gov.tw

¹ 農委會農業試驗所應用動物組助理研究員。台灣 台中市。

繼代飼養異色瓢蟲 (*Harmonia axyridis* Pallas) 與瓢蟲 (*Semiadalia undecimnotata* Schneider) 達 3 代，即使未成熟期的發育時間較取食豌豆蚜 (*Acyrtosiphon pisum* Harris) 者長、死亡率也較高，成蟲產的有效卵數亦較少。Abdel-Salam & Abdel-Baky (2001) 則比較新鮮或冷凍的麥蛾 (*Sitotroga cerealella* Olivier) 卵飼養異色瓢蟲的效果。許多研究都證明，利用非蚜蟲昆蟲的卵作為食蚜瓢蟲的食物，具有相當高的可行性。由於東方果實蠅 (*Bactrocera dorsalis* Hendel) 與瓜實蠅 (*Bactrocera cucurbitae* Coquillett) 皆可以利用人工飼料穩定的大量生產 (Chiu 1978; Liu & Shiao 1984; Dong & Chen 2004; Dong *et al.* 2011)，沒有多重取食階層的困擾，值得進行作為瓢蟲食物的合適性 (suitability) 評估。

Evans *et al.* (1999) 曾定義食物的合適性，能供應取食者非成熟期的發育及成熟期的生殖稱為「必需的」(essential) 食物，僅維持存活的稱為「代用的」(alternative) 食物。Michaud (2005) 將合適的食物 (suitable prey) 依據取食者幼期的存活率或成蟲的生殖力，將食物的合適性分為「理想的」(optimal)、「足夠的」(adequate) 或「邊緣的」(marginal) 等食物。其中，對取食者的幼蟲而言，能提供取食者幼蟲接近 100% 的存活並發育為成蟲，且發育比取食同種卵 (conspecific egg) 者快，育的成蟲的體重也比較重，可稱為理想的食物；若與取食同種卵者接近或較差者，則可認為是足夠的食物；邊緣的食物僅能提供取食者存活，且存活率顯著低於 100%。對成蟲而言，則只區分足夠的或邊緣的食物；前者能提供取食者生殖，後者僅能提供存活。

由本研究室的先期試驗得知，錨紋瓢蟲幼蟲取食活的東方果實蠅卵或瓜實蠅卵皆無法發育，但可接受低壓冷凍乾燥的 (lyophilized) 蠅卵。本試驗即依此評估這 2 種蠅卵做為飼養錨紋瓢蟲的食物之合適性，並以棉蚜作為對照食物，測試其發育與繁殖能力。

材料與方法

甜瓜栽植與棉蚜飼養

以購自農友種子公司的甜瓜秋香品種 (Autumn Favor) 做為棉蚜的寄主植物。甜瓜播種於穴植盤育苗，瓜苗的第一片真葉完全展開時即移植於 6 吋塑膠植鉢內繼續栽培，俟生長有 10 片以上完全展開的真葉時接種棉蚜。棉蚜於 1992 年採自彰化縣的秋香品種甜瓜田，其後於養蟲室以相同甜瓜品種進行飼養。飼養方法如 Yu *et al.* (1997) 所述，將前述甜瓜植鉢置入 60 cm × 120 cm × 90 cm 的養蟲箱內，在 25–30°C，80% ± 15% RH (relative humidity)，光照週期 14 h : 10 h (L : D) 下，維持棉蚜種源族群。另在溫室以 90 cm × 150 cm × 180 cm 之養蟲箱進行棉蚜的大量繁殖。

東方果實蠅與瓜實蠅之飼養

東方果實蠅、瓜實蠅幼蟲皆採自霧峰田間，攜回室內分別用人工飼料 (Chiu 1978; Liu & Shiao 1984; Dong & Chen 2004) 飼養。羽化之成蟲以酵母抽出物加蔗糖 (1 : 3) 用 30 cm × 30 cm × 30 cm 的飼育箱，在 25°C ± 1°C，75% ± 10% RH，光照 12 h : 12 h (L : D) 下飼養 (Dong *et al.* 2011)。每日採得的活卵置入 -20°C 冷凍備用。一部分卵冷凍 24 h 後，移入低壓冷凍乾燥機 (HCS, FD-T10) 以 -40°C 處理 24 h，取出隨即儲存於 -20°C 下冷凍備用。

錨紋瓢蟲之飼養

1996 年自台中市霧峰區番石榴樹上採得幼蟲，在 25°C ± 1°C，75% ± 10% RH，光照 14 h : 10 h (L : D) 生長箱中用棉蚜飼育繁殖。幼蟲及成蟲分開飼養，容器皆為 8 L 方形養蟲罐，罐壁兩側各開一個 7 cm × 7 cm 方形開口並封以細紗網藉以通風。每罐飼養幼蟲約 50 隻，或成蟲約 10 對，維持瓢蟲供試族群維持 (Yu & Chen 2001a)。

食物合適性之評估

取 40 隻同日初孵化的錨紋瓢蟲幼蟲，單隻飼養於罩有細紗網的 6.0 mm × 5.5 mm × 3.2

mm 養蟲盒內，置一直徑 3 cm 的玻璃培養皿，內裝吸水飽和的脫脂棉花團。每日置換 200 隻以上混齡棉蚜與吸水棉花。記錄各齡期發育所需日數，羽化為成蟲時記錄其性別並秤體重。另自供試族群中取同日羽化之成蟲 12 對，各對分別飼養於養蟲盒內，每日提供 400 隻以上混齡棉蚜及玻璃培養皿內裝吸水飽和的脫脂棉花團。記錄每日產卵數與成蟲存活數，直至全部成蟲死亡為止。每日產卵數於計數完成後立即移離養蟲罐。另外分別以東方果實蠅卵與瓜實蠅卵為食物，進行與上述相同之試驗。每隻幼蟲每日置換新的經低壓冷凍乾燥的卵約 500 粒以上，每對成蟲則提供鮮卵約 1,000 粒以上。此 3 種食物試驗皆在溫、濕度與光照條件與瓢蟲飼養相同的生長箱中進行。

統計分析

依據經 SAS 9.1 統計軟體 (SAS Institute Inc. 2004) 進行變方分析 (analysis of variance; ANOVA)，當有顯著差異時，再用 5% 水準最小顯著差異 (Fisher's least significant difference; LSD) 法比較處理間之差異顯著性。

結果

由錨紋瓢蟲幼蟲取食不同食物發育所需時間之變方分析結果 (表 1)，食物與性別之間無交感現象，但取食不同食物對於各各齡期發育所需的日數則呈極顯著差異。錨紋瓢蟲各齡期的發育所需時間詳列於表 2。完成幼蟲

期所需時間以取食棉蚜者最短，取食瓜實蠅卵者最長，取食棉蚜、東方果實蠅卵、瓜實蠅卵分別需要 6.92、10.91 或 11.54 d。幼蟲孵化至成蟲羽化所需時間亦以取食瓜實蠅者最長，取食棉蚜者最短。取食棉蚜、東方果實蠅卵、瓜實蠅卵能發育至成蟲的數量比率分別為 36/40、35/40 或 34/40 隻。初羽化成蟲體重，取食棉蚜者顯著重於取蠅卵者，取食東方果實蠅與取食瓜實蠅二者之間差異不顯著。

圖 1 所示日齡 - 齡期存活率 (age-stage survival rate, s_{xj}) 的曲線，乃表示錨紋瓢蟲自初孵化存活至日齡 x 齡期 j 的機率。發育所需時間在個體間存有差異；因此，齡期存活率曲線呈現明顯的重疊。

成蟲壽命與生殖力之調查結果如表 3，雌與雄成蟲壽命以取食棉蚜者最長，分別為 95.8 與 93.5 d，取食瓜實蠅卵者較短，分別為 50.6 與 58.8 d。產卵前期以取食棉蚜者最短，為 6.2 d，顯著短於取食東方果實蠅或瓜實蠅者的 16.6 或 16.1 d，而此二種蠅卵處理之間無顯著差異。錨紋瓢蟲以棉蚜、東方果實蠅卵、瓜實蠅卵為食物之最高日產卵量分別為 56、58、63 粒，一生最高總產卵量分別為 1,573、1,058、858 粒。取食東方果實蠅與瓜實蠅卵之瓢蟲，平均每雌一生總產卵量分別為 512.2、405.2 粒，兩者之間無顯著差異，但皆顯著少於取食棉蚜者的 1,001.6 粒。

成蟲日齡 - 齡期別生殖力 (age-stage specific fecundity, f_x) 與日齡別生殖力 (age specific fecundity, m_x) 分別為日齡 x 齡期 j 的每雌

表 1. 錨紋瓢蟲幼蟲取食不同食物發育所需時間之變方分析結果。

Table 1. Results of ANOVA analysis for the developmental time of *Lemnia biplagiata* fed by different food.

Source	df	Mean square						
		1st instar	2nd instar	3rd instar	4th instar	Larva	Pupa	Larva-pupa
Prey	2	10.59** (F value)	14.38**	15.88**	16.40**	223.84**	2.35**	250.22**
Sex	1	0.22	0.09	0.12	0.09	0.05	0.00	0.05
Prey × Sex	2	0.04	0.03	0.04	0.03	0.13	0.11	0.45
Error	99	0.08	0.14	0.22	0.19	0.37	0.27	0.48

** Significant at 1% level.

表 2. 錨紋瓢蟲幼蟲取食不同食物的發育所需時間與成蟲體重。

Table 2. Developmental time and adult weight of *Lemina bipagiata* fed by different food.

Stage	<i>Bactrocera</i> lyophilized egg					
	<i>n</i> ^z	<i>Bactrocera dorsalis</i>	<i>n</i>	<i>Bactrocera cucurbitae</i>	<i>n</i>	<i>Aphis gossypii</i>
Developmental time (d)						
1st instar	39	2.87 ± 0.05 a ^y	39	2.79 ± 0.08 a	39	1.97 ± 0.04 b
2nd instar	37	2.05 ± 0.07 b	38	2.42 ± 0.10 a	37	1.11 ± 0.31 c
3rd instar	36	2.69 ± 0.08 b	36	3.03 ± 0.08 a	37	1.73 ± 0.07 c
4th instar	35	3.11 ± 0.07 b	35	3.40 ± 0.08 a	36	2.11 ± 0.07 c
Larva	35	10.91 ± 0.10 b	35	11.54 ± 0.11 a	36	6.92 ± 0.10 c
Pupa	35	4.17 ± 0.06 b	34	4.65 ± 0.10 a	36	4.22 ± 0.09 b
Larva-adult	35	15.09 ± 0.09 b	34	16.21 ± 0.12 a	36	11.14 ± 0.14 c
Adult weight (mg)						
Female	17	18.11 ± 0.33 b	17	17.38 ± 0.42 b	23	21.08 ± 0.23 a
Male	18	16.11 ± 0.35 b	17	16.30 ± 0.32 b	13	20.15 ± 0.29 a

^z n means the number of individual survived to complete this stage, and the initial number is 40.

^y Data on mean ± se. These means within each row followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

產卵量與每隻成蟲產卵量，描述曲線如圖 2。成蟲的齡期以性別分之，有雌、雄性，故 $j = 2$ 。因為只有雌蟲能產卵，所以 f_x 的曲線只有 1 條。而 m_x 的計算式如下：

$$m_x = \frac{\sum_{j=1}^k S_{xj} f_{xj}}{\sum_{j=1}^k S_{xj}}$$

其中 S_{xj} 表示成蟲自羽化存活至日齡 x 齡期 j 的機率，成蟲的齡期數設定為 $k = 2$ 。結果顯示，取食蠅卵的 f_x 與 m_x 皆比取食棉蚜者低。而且每種食物處理皆各自呈現 $f_x \geq m_x$ ，因為當仍有雄蟲存活時 $f_x > m_x$ ，而當只有雌蟲存活時 $f_x = m_x$ 。

討論

Michaud (2005) 曾分別討論幼蟲與成蟲食物的合適性，認為幼蟲與成蟲可以各自評估，而幼蟲食物的評估，主要從存活率、發育所需時間、育得成蟲的體重三項著手，發育時間可以從孵化時計起至成蟲羽化。本試驗結

果顯示錨紋瓢蟲幼蟲取食東方果實蠅或瓜實蠅卵之成蟲羽化率及存活率皆高，並與取食棉蚜者接近，但發育所需時間則比較長。取食此二種蠅卵的錨紋瓢蟲幼蟲表現雖然不及取食棉蚜者，育得的成蟲體重也較輕，但依 Michaud (2005) 的定義，仍不失為「合適的飼料」。對錨紋瓢蟲幼蟲而言，東方果實蠅卵略優於瓜實蠅卵 (表 2)。

在他種食蚜瓢蟲也有類似的研究，例如 Kato *et al.* (1999) 比較聚長足瓢蟲 (*Hippodamia convergens* Guérin-Meneville) 幼蟲取食地中海粉螟卵與取食麥二叉蚜 [*Schizaphis graminum* (Rondani)] 或短尾蚜 [*Brachycaudus (Appelia) schwartzi* Börner] 的存活率與發育所需時間時，雖然取食地中海粉螟卵的表現略差，仍認為地中海粉螟卵是適合的代用食物，因為能完成發育至成蟲。Hamasaki & Matsui (2006) 評估地中海粉螟卵做為龜紋瓢蟲 [*Propylea japonica* (Thunberg)] 的可用飼料，並將幼蟲與成蟲分別評估。幼蟲之評估項目為未成熟期的存活率、發育所需時間及初羽化成蟲體重，成蟲則為生殖力、後代卵的發育時間與孵化率。Munyanzeza & Obrycki (1998) 認

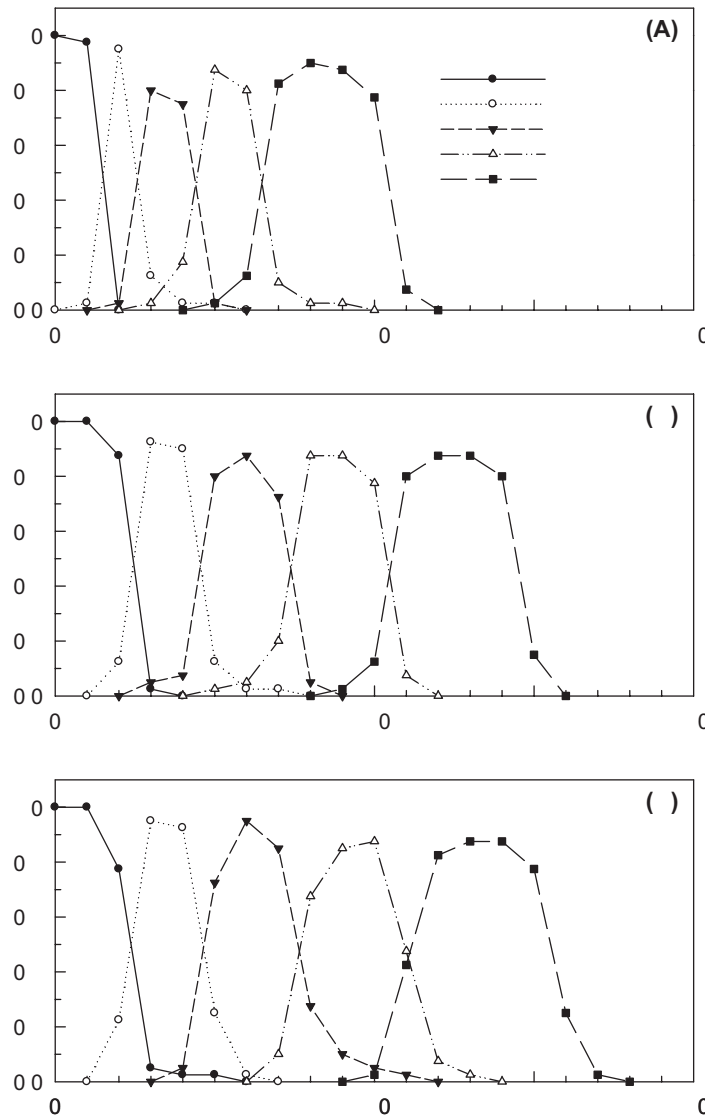


圖 1. 錨紋瓢蟲未成熟期取食不同食物的日齡 - 齡期別存活率，日齡起始日為當日自卵孵化的初齡幼蟲。(A) 棉蚜；(B) 低壓冷凍乾燥之東方果食蠅卵；(C) 低壓冷凍乾燥之瓜食蠅卵。

Fig. 1. Age-stage specific survival rate (s_{xy}) of immature *Lemnia bipagiata* fed by different food. The age is counted from the neonate larva hatched. (A) *Aphis gossypii*; (B) lyophilized *Bactrocera dorsalis* egg; and (C) lyophilized *B. cucurbitae* egg.

為科羅拉多金花蟲 [*Leptinotarsa decemlineata* (Say)] 卵為十二星瓢蟲 (*Coleomegilla maculata* DeGeer) 幼蟲合適的飼料，因其發育、存活與取食豆蚜者相近，雖然瓢蟲幼蟲是到第 3 齡才開始取食科羅拉多金花蟲卵；有關成蟲的生殖力則未涉及。Silva *et al.* (2009) 評估

地中海粉螟卵做為南美瓢蟲 [*Eriopis connexa* (Germar)] 食物的合適性時，僅以幼蟲的的存活率、發育所需時間及成蟲體重為依據，也未涉及成蟲的生殖力。

另外，由於個體間的差異，本文發現幼蟲發育期間有明顯的齡期重疊；另外，取食蠅

表 3. 錨紋瓢蟲成蟲取食不同食物的壽命與生殖力。

Table 3. Longevity and fecundity of *Lemina bipagiata* adult fed by different food.

Item	<i>Bactrocera</i> lyophilized egg		
	<i>Bactrocera dorsalis</i>	<i>Bactrocera cucurbitae</i>	<i>Aphis gossypii</i>
Adult longevity (d)			
Female	76.9 ± 9.3	50.6 ± 5.1	95.8 ± 5.2
Male	74.8 ± 9.0	58.8 ± 6.1	93.5 ± 10.4
APOP ^z	16.6 ± 1.1 a ^y	16.1 ± 1.9 a	6.2 ± 0.6 b
Fecundity (eggs/life)			
Mean	512.2 ± 90.4 b	405.2 ± 79.2 b	1,001.6 ± 116.4 a
Daily maximum	58	63	56
Life maximum	1,058	858	1,573

^z APOP means the pre-oviposition period of adult stage of female.

^y Data on mean ± se ($n = 12$). These means within each row followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

卵的錨紋瓢蟲幼蟲，發育時間顯著比取食棉蚜者長(表 2)，齡期重疊更為明顯。此表示在集體飼養時，不同齡期的個體可能相遇的期間較長，以致更有機會發生自相殘殺。因此，此二種蠅卵雖然可做為合適的飼料，而且能夠方便、穩定地供應，有利於錨紋瓢蟲的產量，但用於幼蟲的集體飼養時仍需再斟酌。

Michaud (2005) 評估成蟲食物的合適性，主要是依據取食者的繁殖力。由表 3 所示的雌成蟲一生總產卵量，取食東方果實蠅或瓜實蠅卵者皆顯著少於取食棉蚜者，但仍分別可產 512.2 及 405.2 粒。對錨紋瓢蟲成蟲而言，此二種蠅卵亦屬「必需的」、「合適的飼料」(Evans *et al.* 1999; Michaud 2005)。有許多文獻對於成蟲期食物的評估，皆以雌性為繁殖力表現的主體。例如 Michaud & Jyoti (2008) 以雌成蟲的生殖表現來評估十二星瓢蟲的食物，因為取食花粉的成蟲無法產卵，而認為不是適合的食物，即使幼蟲取食花粉有部分個體可以發育成為成蟲。Bonte *et al.* (2010) 認為地中海粉螟卵混合花粉是二星瓢蟲 [*Adalia bipunctata* (L.)] 的高可用性食物，因為每雌產卵量比用豌豆蚜飼養的更多。Sarwar & Saqib (2010) 將直接採自田間的七星瓢蟲 (*Coccinella septempunctata* L.) 成蟲進行評估，雖然取食人工飼料的每雌一生總產卵

量只有 11.0–18.0 粒，與取食對照食物偽茶蚜 (*Liaphis erysimi* Kaltendbach) 的 255.0 粒相差懸殊，仍認為該人工飼料有效。

雖然昆蟲能產卵的只有雌性成蟲，但雌性族群不只在族群增殖上有扮演角色 (Majeus 1994)，同時也是飼養成本的重要部分。因此在描述一個族群的增長潛能時，雄性族群應該被納入考量。本研究在計算日齡別每成蟲產卵量 (m_x) 時，已加入了雄性成蟲族群因子。由圖 2 所呈現的 $f_x \geq m_x$ ，足見當不將雄性族群納入考量時，會高估族群的增殖力。

雖然評估食物的合適性，可以將幼蟲與成蟲分開來討論 (Michaud 2005)，但幼蟲的取食經歷確實會影響其成蟲的繁殖潛能。其原因複雜，除了飽食程度 (Ware *et al.* 2008; Dmitriev & Rowe 2011) 外，食物種類也是重要因素。例如 Hamasaki & Matsui (2006) 測得龜紋瓢蟲在幼蟲期取食地中海粉螟卵者會比取食豌豆蚜者產較多的卵。Michaud & Jyoti (2008) 比較十二星瓢蟲在幼蟲期取食地中海粉螟卵或麥二叉蚜對其成蟲的產卵量，當成蟲取食麥二叉蚜時以其幼蟲取食粉螟卵者產較多的卵，成蟲取食粉螟卵時則相反。本研究僅是初探結果，雖然成蟲有生殖力，但受測成蟲的幼蟲期都是以棉蚜為食物，若幼蟲用低壓冷凍乾燥的東方果實蠅或瓜實蠅卵為食物，

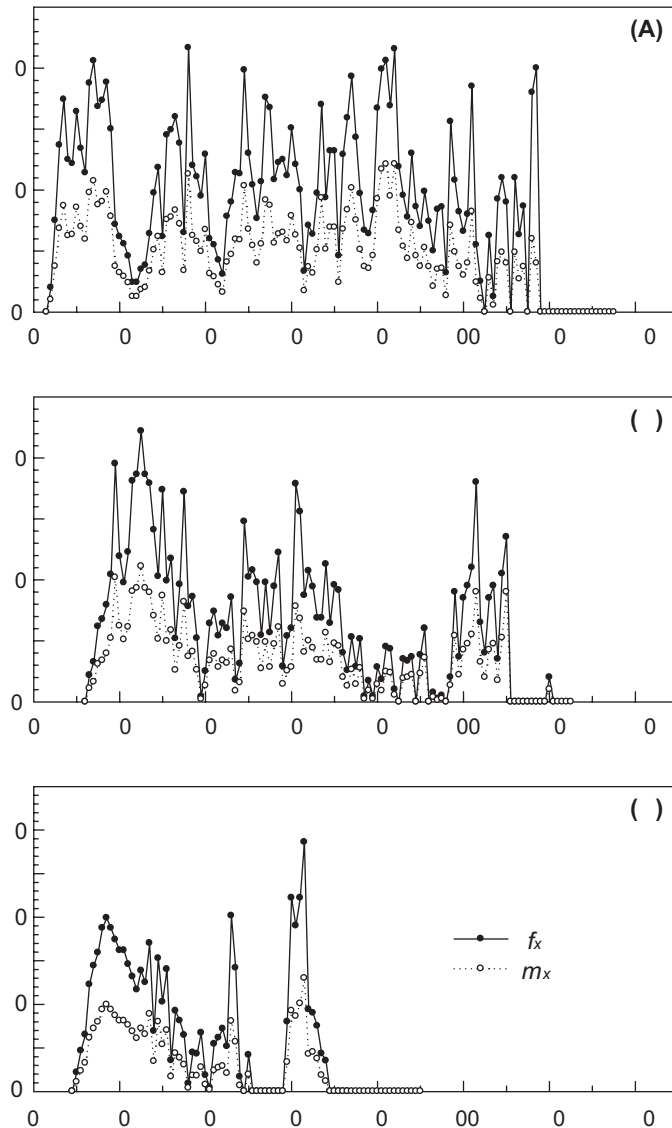


圖 2. 錨紋瓢蟲成蟲取食不同食物的日齡 - 齡期別生殖力與日齡別生殖力。(A) 棉蚜；(B) 低壓冷凍乾燥之東方果食蠅卵；(C) 低壓冷凍乾燥之瓜食蠅卵。

Fig. 2. Age-stage specific fecundity (f_x) and fecundity (m_x) of female *Lemnia biplagiata* adult fed by different food. The age is counted from adult emerged. Food: (A) *Aphis gossypii*; (B) lyophilized *Bactrocera dorsalis* egg; and (C) lyophilized *Bactrocera cucurbitae* egg.

則其生殖力的表現有待再探討。成蟲的取食經歷也會影響其後代的素質 (Omkar & Kumar 2010)，釐清幼蟲、成蟲取食經歷的影響關聯性，才是食物能否被用為繼代飼養的真正考驗。另外，為將族群中個體間的差異與雄性

的角色納入考量，可利用年齡 - 齡期別，兩性生命表 (age-stage specific, two-sex life table) 的原理進行分析 (Chi & Liu 1985; Chi 1988; Yu *et al.* 2005; Huang & Chi 2012)，評估食物的合適性，將會有更正確、更有理論基礎的結果。

結論

東方果實蠅卵與瓜實蠅卵皆為錨紋瓢蟲的「必需的」(essential)、「合適的飼料」(adequate)，而且前者略優於後者。由於個體間存在發育速率、存活率等的差異，以及雄性在族群中的角色不該被忽略，若能利用兩性生命表的原理進行分析將會更有理論基礎。雖然可以將取食者的幼蟲與成蟲分開來評估食物的合適性，但幼蟲的取食經歷會對羽化後的成蟲產生影響，釐清其間的關聯性才是食物能否被用於取食者繼代飼養的真正考驗。

誌謝

本研究結果承本所作物組呂椿棠博士指正統計的分析與應用，由衷感謝。本所應用動物組同仁溫美貞與葉玉惠小姐等，協助棉蚜的飼養及其寄主植物的栽培等試驗相關工作，使本文得以順利完成，在此一併誌謝。

引用文獻

- Abdel-Salam, A. H. and N. F. Abdel-Baky. 2001. Life table and biological studies of *Harmonia axyridis* Pallas (Col., Coccinellidae) reared on the grain moth eggs of *Sitotroga cerealella* Olivier (Lep., Gelechiidae). *J. Appl. Entomol.* 125:455–462.
- Bonte, M., M. A. Samih, and P. De Clercq. 2010. Development and reproduction of *Adalia bipunctata* on factitious and artificial foods. *BioControl* 55:485–491.
- Chi, H. 1988. Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environ. Entomol.* 17:26–34.
- Chi, H. and H. Liu. 1985. Two new methods for the study of insect population ecology. *Bull. Inst. Zool. Acad. Sin.* 24:225–240.
- Chiu, H. T. 1978. Studies on the improvement of mass rearing for oriental fruit flies. *Plant Prot. Bull.* 20:87–92. (in Chinese with English abstract)
- Chu, Y. I. and T. F. Shueh. 1976. The rearing of two aphidophagous coccinellid beetle, *Lemnia swinhoei* (Crotch) and *Menochilus sexmaculus* (Fabricius) with substituted diets. *Plant Prot. Bull.* 18:58–74. (in Chinese with English abstract)
- Dmitriew, C. and L. Rowe. 2011. The effects of larval nutrition on reproductive performance in a food-limited adult environment. *PLoS One* 6:e17399.
- Dong, Y. J. and C. C. Chen. 2004. Evaluation on the toxic effects of phloxine B to the melon fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae). *J. Agric. Res. China* 53:239–248. (in Chinese with English abstract)
- Dong, Y. J., C. W. Song, Y. Y. Chuang, K. S. Chiang, W. J. Wu, L. L. Cheng, and C. C. Chen. 2011. Degree of fruit ripeness affecting infestation of papaya by two species of fruit flies (Diptera: Tephritidae). *J. Taiwan Agric. Res.* 60:253–262.
- Evans, E. W., A. T. Stenenson, and D. R. Richards. 1999. Essential versus alternative foods of insect predators: benefits of a mixed diet. *Oecologia* 121:107–112.
- Hamasaki, K. and M. Matsui. 2006. Development and reproduction of an aphidophagous coccinellid, *Propylea japonica* (Thunberg) (Coleoptera: Coccinellidae), reared on an alternative diet, *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) eggs. *Appl. Entomol. Zool.* 41:233–237.
- Huang, Y. B. and H. Chi. 2012. Age-stage, two-sex life tables of *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) with a discussion on the problem of applying female age-specific life tables to insect populations. *Insect Sci.* 19:263–273.
- Hussein, M. Y., M. Sari, and S. E. Khor. 1999. Advances on the development of artificial diets of *Menochilus sexmaculatus* Fab. (Coleoptera: Coccinellidae). p.527–528. in: Proceeding of the 5th International Conference on Plant Protection in the Tropics. March 15–18, 1999. Kuala Lumpur, Malaysia. Malaysian Plant Protection Society, Malaysia.
- Kato, C. M., V. H. P. Bueno, J. C. Moraes, and A. M. Auad. 1999. Criação de *Hippodamia convergens* Guérin-Meneville (Coleoptera: Coccinellidae) em Ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae). *An. Soc. Entomol. Bras.* 28:455–459.
- Kuznetsov, V. N. and H. Pang. 2002. Employment of Chinese coccinellidae in biological control of aphids in greenhouse in primorye. *Far Eastern Entomol.* 119:1–5.
- Liu, Y. C. and T. Y. Shiao. 1984. Mass production of the melon fly *Dacus cucurbitae* Coquillett. I. Mass rearing technique of the larvae. *Bull. Soc. Entomol. NCHU* 17:1–13. (in Chinese with English abstract)

- Majeus, M. E. N. 1994. Female promiscuity maintains high fertility in ladybirds (Col. Coccinellidae). *Entomol. Mon. Mag.* 130:205–209.
- Michaud, J. P. 2005. On the assessment of prey suitability in aphidophagous Coccinellidae. *Eur. J. Entomol.* 102:385–390.
- Michaud, J. P. and J. L. Jyoti. 2008. Dietary complementation across life stages in the polyphagous lady beetle *Coleomegilla maculata*. *Entomol. Exp. Appl.* 126:40–45.
- Munyaneza, J. and J. J. Obrycki. 1998. Development of three populations of *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on eggs of Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environ. Entomol.* 27:117–122.
- Omkar, J. S. and G. Kumar. 2010. Effect of prey quantity on reproductive and developmental attributes of a ladybird beetle, *Anegleis cardoni*. *Intl. J. Tropic. Insect Sci.* 30:48–56.
- Sarwar, M. and S. M. Saqib. 2010. Rearing of predatory seven spotted ladybird beetle *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) on natural and artificial diets under laboratory conditions. *Pakistan J. Zool.* 42:47–51.
- SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT 9.1 User's Guide. SAS Inst. Inc. Cary. 1731 pp.
- Schanderl, H., A. Ferran, and V. Garcia. 1988. L'élevage de deux coccinelles *Harmonia axyridis* et *Semiadalia undecomnotata* à l'aide d'oeufs d'*Anagasta kuehniella* tués aux rayons ultraviolets. *Entomol. Exp. Appl.* 49:417–421. (in French with English abstract)
- Silva, R. B., J. C. Zaniccio, J. E. Serrão, E. R. Lima, M. L. C. Figueiredo, and I. Cruz. 2009. Suitability of different artificial diets for development and survival of stages of the predaceous ladybird beetle *Eriopis connexa*. *Phytoparasitica* 37:115–123.
- Tao, C. C. 1990. *Aphis gossypii* Glover. p.176–177. in: *Aphid-Fauna of Taiwan Province, China.* (Tao, C. C., ed.) Taiwan Provincial Museum. 327 pp. (in Chinese)
- Ware, R. L., B. Yguel, and M. E. N. Majerus. 2008. Effects of larval diet on female reproductive output of the European coccinellid *Adalia bipunctata* and the invasive species *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Eur. J. Entomol.* 105:437–443.
- Yu, J. Z. and B. H. Chen. 2001a. Effect of concealment and rearing density on the development and survival of *Lemnia bipagiata* (Coleoptera: Coccinellidae). *J. Agric. Res. China* 50:68–74. (in Chinese with English abstract)
- Yu, J. Z. and B. H. Chen. 2001b. Release of *Lemnia bipagiata* (Coleoptera: Coccinellidae) to control *Uroleucon formosanum* (Homoptera: Aphididae) on romaine lettuce in screen house. *J. Agric. Res. China* 50:107–111. (in Chinese with English abstract)
- Yu, J. Z., Y. C. Liu, and B. H. Chen. 1997. Resistance of three muskmelon cultivars to *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae). *Chinese J. Entomol.* 17:245–256. (in Chinese with English abstract)
- Yu, J. Z., H. Chi, and B. H. Chen. 2005. Life table and predation of *Lemnia bipagiata* (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) with a proof on relationship among gross reproduction rate, net reproduction rate, and preadult survivorship. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 98:475–482.

Assessment of the Suitability of *Bactricera dorsalis* Hendel and *Bactricera cucurbitae* Coquillett (Diptera: Tephritidae) Eggs as Alternative Food of *Lemnia biplagiata* (Swartz) (Coleoptera: Coccinellidae)

Jih-Zu Yu^{1*}

Abstract

Yu, J. Z. 2013. Assessment of the suitability of *Bactricera dorsalis* Hendel and *Bactricera cucurbitae* Coquillett (Diptera: Tephritidae) eggs as alternative food of *Lemnia biplagiata* (Swartz) (Coleoptera: Coccinellidae). J. Taiwan Agric. Res. 62(1):1–10.

The suitability of *Bactrocera dorsalis* Hendel and *Bactrocera cucurbitae* Coquillett eggs served as alternative food of the lady beetle [*Lemnia biplagiata* (Swartz)] was evaluated. Experiments were carried out under laboratory conditions at $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, $75\% \pm 10\%$ RH, and a photoperiod of 14 h:10 h (L:D). Results showed that the developmental period and adult body weight for the larvae raised on both flies eggs are inferior to that raised on the reference diet, *Aphis gossypii* Glover, with 35, 34 and 36 individuals completed into adulthood, respectively. Total number of eggs laid per female were 512.2 and 405.2 eggs when the adult were reared on eggs of both two fly species, respectively. Thus, eggs of both flies can be considered as the “adequate” food for rearing *L. biplagiata*. Since the age-stage specific fecundity (f_x , number of egg produced per female) was almost larger than the age specific fecundity (m_x , number of egg produced per individual) obtained in this study, the increase potential of a population may possibly be overestimated if male population is not taken into consideration.

Key words: *Lemnia biplagiata* (Swartz), *Bactricera dorsalis* Hendel, *Bactricera cucurbitae* Coquillett, *Aphis gossypii* Glover, Suitability.

Received: September 28, 2012; Accepted: October 30, 2012.

* Corresponding author, e-mail: jzyu@tari.gov.tw

¹ Assistant Research Fellow, Applied Zoology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.