東方果實蠅(*Bactrocera dorsalis*)卵為小十三星瓢蟲(*Harmonia dimidiata*)食物之合適性

余志儒[1*]　呂椿棠[2]

1.臺中市霧峰區　行政院農業委員會農業試驗所應用動物組
2.臺中市霧峰區　行政院農業委員會農業試驗所作物組

（接受日期：2012年10月9日）

摘　要

余志儒*、呂椿棠。2012。東方果實蠅卵為小十三星瓢蟲食物之合適性。 植保會刊 54(4): 91-102

於室內溫度 25℃ ± 1℃，75% ± 10% RH，光照 14：10 (L:D) 小時條件下進行小十三星瓢蟲 (***Harmonia dimidiata*** (Fabricius)) 取食東方果實蠅 (***Bactrocera dorsalis*** (Hendel)) 卵的發育與生殖試驗。結果顯示取食低壓冷凍乾燥東方果實蠅卵的小十三星瓢蟲幼蟲發育所需時間比取食對照食物 (棉蚜，***Aphis gossypii*** Glover) 者較長，初羽化成蟲的體重也比較輕，但受測的 40 隻幼蟲中有 29 隻能完成發育羽化爲成蟲。因此，低壓冷凍乾燥的東方果實蠅卵可視爲是小十三星瓢蟲幼蟲合適的 (adequate) 食物。而由成蟲每雌一生總產卵量有 646.6 粒，卵孵化率平均 47.3%，東方果實蠅鮮卵可認爲是小十三瓢蟲成蟲合適的食物。此外，若將雄性族群納入考量，日齡別生殖力 (m_x，日齡 x 的每成蟲產卵量) ≤ 日齡齡期別生殖力 (f_x，日齡 x 的每雌產卵量)，顯示忽視雄性族群的結果，有可能高估族群的增殖力。

(關鍵詞：東方果實蠅、小十三星瓢蟲、棉蚜、食物合適性)

*通訊作者。E-mail: zjyu@tari.gov.tw

緒 言

小十三星瓢蟲(*Harmonia dimidiata* (F.)) 能捕食多種危害經濟作物的蚜蟲，如棉蚜(*Aphis gossypii* Glover)、桃蚜(*Myzus persicae* Sulzer)、僞菜蚜[*Lipaphis erysimi* (Kaltenbach)]等[5]。由於食量大，具有做爲生物天敵用以防治蚜蟲的潛力。國外學者[17]曾測得小十三星瓢蟲每日能捕食 200 隻以上的棉蚜，也曾與錨紋瓢蟲 [*Lemnia biplagiata* (Swartz)] 同時自中國引入俄羅斯遠東 (Far Eastern Russia) 做爲甜瓜、胡瓜及辣椒棉蚜的生物防治資材。

天敵的質、量與供應時機必須能滿足田間釋放的需求，生物防治才能有機會發揮效果。然而，天敵的量產一直是個瓶頸。例如食蚜瓢蟲的量產，當用活蚜蟲做爲食物時，必須建立在包含寄主植物、蚜蟲、瓢蟲的三營養階層系統 (tri-trophic system) 上，並維持其環環相扣的密切運作。任何一個階層的失誤，都會嚴重干擾系統的運作，量產進度就難如預期，進而影響到田間釋放的規劃。況且要維持此三營養階層的運作，空間、時間以及人力的耗費都是高成本，此也是阻礙生物防治推展的另一主要原因。因此，許多研究即致力於開發非蚜蟲食餌，期能降低對蚜蟲的依賴，以利食蚜瓢蟲的大量生產。例如，動物內臟與昆蟲曾被配製成的半人工飼料(semi-artificial diet) 用以飼養六條瓢蟲 [*Menochilus sexmaculus* (Fabricius)] 與赤星瓢蟲[*Lemnia swinhoei* (Crotch)]，惜未能成功繼代飼養[1]。新鮮或冷凍的麥蛾 (*Sitotroga cerealella* Olivier) 卵用以餵食異色瓢蟲的效果也曾被評估[6]。異色瓢蟲 (*Harmonia axyridis* Pallas) 與 *Semiadalia undecimnotata* Schneider 能用地中海粉螟 (*Anagasta kuehniella* Zell.) 卵繼代飼養 3 代[25]。這些結果都證明利用非蚜蟲的昆蟲做爲食蚜瓢蟲的食餌具有相當高的可行性。如果非蚜蟲的昆蟲能夠用人工飼料大量生產，在供應量與時機方面有其優勢，可利用性就大幅提升。東方果實蠅 [*Bactrocera dorsalis* (Hendel)] 用人工飼料大量生產的技術已相當成熟[4,11]，可以穩定供應所需，更沒有多重營養階層的困擾，值得進行其做爲瓢蟲食物的合適性評估。

關於食物的合適性 (suitability)，有文獻提及凡能提供取食者未成熟期的發育與成熟期的生殖者稱爲「必要的」(essential) 食物，而只能維持取食者存活的則稱爲「代用的」(alternative) 食餌[12]。也有學者是依據取食者幼期的存活率或成蟲的生殖力將食餌的合適性分爲「理想的」(optimal)、「合適的」(adequate) 或「勉強的」(marginal) 等食餌[19]。其中對取食者的幼蟲而言，能使接近 100% 存活並發育爲成蟲，發育又比取食同種卵(conspecific egg)者快，所育得的成蟲體重也比較重，稱爲理想的食物；若與取食同種卵者接近或較差者則認爲是合適的食物；而僅能提供取食者存活者則爲勉強的食物。對取食者的成蟲而言，只有合適的與勉強的之分。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結果得知，小十三星瓢蟲的幼蟲取食東方

果實蠅活卵無法發育，但能接受低壓冷凍乾燥的 (lyophilized) 東方果實蠅卵。因此，本試驗分別以低壓冷凍乾燥的與未經乾燥的東方果實蠅卵做爲食物，測試小十三星瓢蟲的幼蟲發育與成蟲產卵量，藉以評估東方果實蠅卵做爲小十三星瓢蟲食物的合適性。

材料與方法

棉蚜飼養：棉蚜飼養方法如余等(1997)[3]所述。將採自彰化縣秋香品種甜瓜 (*Cucumis melo* L., Autumn Favor) 園的棉蚜，以相同甜瓜品種在養蟲室進行飼養。甜瓜秋香品種購自農友種子公司，以穴植盤在溫度爲 25˚C ± 1˚C，相對濕度 75% ± 10%，光照週期 14 : 10 小時 (L : D) 的生長箱中育苗。當瓜苗的第一片真葉完全展開後移植於 6 吋塑膠植缽內繼續栽培，待生長至 10 片以上真葉完全展開時即供作棉蚜的寄主植物。棉蚜族群之建立與維持在長 60cm × 寬 120cm × 高 90cm 的養蟲箱內進行，溫度爲 25-30˚C，相對濕度爲 80% ± 15%，光照週期 14 : 10 小時 (L : D)。大量繁殖則在室外的 90cm × 150cm × 180cm 的養蟲箱內進行。

東方果實蠅飼養：果實蠅幼蟲採自台中縣霧峰鄉番石榴田，攜回室內用人工飼料飼養[4]。成蟲於 30cm × 30cm × 30cm 的飼育箱內以酵母抽出物加蔗糖 (1 : 3) 飼養[11]。飼養環境爲 25˚C ± 1˚C，75% ± 10% RH，光照週期 12 : 12 (L:D) 小時。當日收集的活卵泡入清水中，隨即濾去懸浮的卵粒與雜物，並置入 -20˚C 冷凍備用 (以下簡稱濕卵)。部份的卵在冷凍 24 小時後，用低壓冷凍乾燥機 (FD-T10, HCS, Taiwan) 以 -40˚C 處理 24 小時，取出並儲存於 -20˚C 下是爲低壓冷凍乾燥卵 (以下簡稱乾卵) 備用。

小十三星瓢蟲飼養：成蟲採自桃園縣復興鄉下巴陵，攜回室內仿照余&陳(2001)[2]飼養錨紋瓢蟲之方法，於溫度、濕度與光照與棉蚜飼養相同條件下用棉蚜飼育、繁殖。幼蟲、成蟲皆用 8 公升裝方形養蟲罐飼養，罐壁兩側各開一個 7cm × 7cm 方口並封以細紗網藉以通風。每罐飼養同日孵化的幼蟲 50 隻，或成蟲 10 對，維持供試瓢蟲之族群。

食餌合適性試驗：幼蟲：取 40 隻同日初孵化的小十三星瓢蟲幼蟲，單隻飼養於 60mm × 55mm × 32mm 養蟲盒內，盒口罩有細紗網防止逃逸並藉以通風，內置 1 個裝有吸水脫脂棉的玻璃培養皿 (直徑 3cm)。每日置換新的東方果實蠅乾卵 1000 粒以上與吸水棉花。每日記錄瓢蟲存活數、各存活瓢蟲之齡期，成蟲羽化時記錄其性別並用微量天平 (CP224S, Sartorius Göttingen, Germany) 測量體重。成蟲：自供試族群中取同日初羽化的成蟲 12 對，各對分別飼養於上述養蟲盒內，每日提供新的濕蠅卵 2000 粒以上及和幼蟲處理相同之吸水棉花。每日記錄產卵數與成蟲存活數，直至全部成蟲死亡爲止。每日卵量於計數完成後立即移入另一空養蟲盒中，記錄其孵化率。另外，以棉蚜爲對照食物，處理與試驗方法與用蠅卵爲食物者相同，但食物改爲每隻幼蟲與每對成蟲每日分別提供 400 隻以上與 800 隻以上的混齡棉蚜。以上試驗的環境條件皆與上

述瓢蟲的飼養相同。

由成蟲每日產卵量與存活率可計算日齡－齡期別生殖力 (age-stage specific fecundity, f_x) 與日齡別生殖力 (age specific fecundity, m_x)。前者爲 x 日齡的每雌產卵量，後者爲 x 日齡的每隻成蟲的產卵量，m_x 之計算式如下：

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

其中 S_{xj} 表示成蟲自羽化存活至日齡 x 齡期 j 的機率。

統計分析：小十三星瓢蟲餵食兩種食物，調查未成熟期發育所需的日數與成蟲的生殖力，試驗調查資料利用 SAS 9.1 統計軟體[24]、T 統計量進行分析檢定，以了解不同食餌之間的差異。

結　果

小十三星瓢蟲各齡期的發育所需時間詳列於表一，取食東方果實蠅乾卵的幼蟲完成幼蟲期所需時間爲 18.2 日，比取食棉蚜者的 10.3 日顯著較長。從初齡幼蟲發育至成蟲分別需要 23.9 日與 15.1 日，完成羽化的成蟲數分別爲 29 隻與

表一、小十三星瓢蟲幼蟲取食不同食物的發育所需時間與成蟲體重

Fig. 1. Developmental time and adult weight of ***Hamonia dimidiata*** immature fed on different food

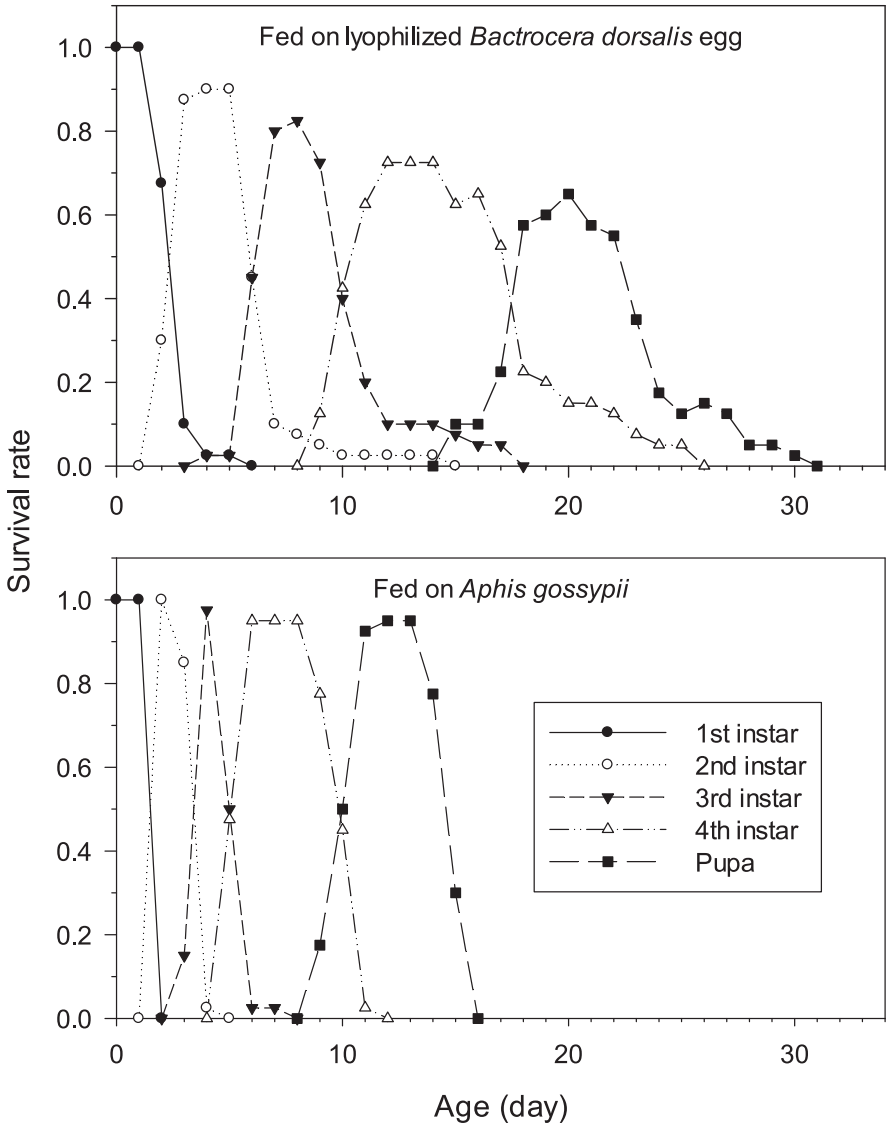
Stage	Prey			
	N[z]	Lyophilized ***B. dorsalis*** egg	N	***Aphis gossypii***
1st instar (d)	37	2.7 ± 0.1a[y]	40	2.0 ± 0.0b
2nd instar (d)	34	3.7 ± 0.1a	39	1.8 ± 0.1b
3rd instar (d)	32	4.3 ± 0.4a	38	1.6 ± 0.1b
4th instar (d)	32	7.5 ± 0.3a	38	4.8 ± 0.1b
Larva (d)	29	18.2 ± 0.5a	37	10.3 ± 0.1b
Pupa (d)	29	5.7 ± 0.2a	37	4.8 ± 0.1b
Larva-adult (d)	29	23.9 ± 0.4a	37	15.1 ± 0.1b
Asult weight (mg)				
Female	13	29.8 ± 1.6b	21	49.3 ± 1.2a
Male	16	28.8 ± 1.3b	16	47.9 ± 1.4a

[z]: N means the number of individual survived and completed this stage.

[y]: Data on mean ± se within each row followed by the same letter are not significantly different at 5% level by unpaired T test.

37 隻。由各齡期的發育時間顯示，取食不同食物的結果呈現顯著的差異，以餵食東方果實蠅乾卵者皆較長。初羽化成蟲的體重，取食乾卵的雌、雄蟲分別爲 29.8mg 與 28.8mg，顯著比取食棉蚜者的 49.3mg 與 47.9mg 輕。

幼蟲期的日齡-齡期別存活率 (age-stage specific survival rate, S_{xj}) 曲線如圖一所示。其中 x 爲日齡，j 爲齡期，S_{xj} 表示小十三星瓢蟲幼蟲自初齡存活至 x



圖一、小十三星瓢蟲未成熟期取食不同食物的日齡－齡期別存活率，日齡起始日爲當日自卵孵化的初齡幼蟲。

Fig. 1. Age-stage specific survival rate (s_{xj}) of immature ***Harmonia dimidiata*** fed on different food, the age is counted form the neonate larva hatched from egg.

日齡 j 齡期的機率。由於發育所需時間在個體間存有差異，不同齡期的存活率曲線之間呈現明顯的重疊。其中取食乾卵者的發育時間比取食棉蚜者較長，重疊時間也較長。

成蟲壽命與生殖力的調查結果如表二所列，取食東方果實蠅濕卵的雌、雄蟲分別爲 68.6、67.9 日；取食棉蚜者分別爲 69.6、61.3 日。雌成蟲的產卵前期，取食濕蠅卵者爲 17.6 日，取食棉蚜者的 15.1 日，兩者之間差異不顯著(P = 0.306)。雌蟲產卵量，最高產卵量分別爲 1433 粒與 1639 粒，一生平均可產 646.6 粒與 908.2 粒，兩者間亦無顯著差異 (P = 0.127)，但平均卵孵化率分別爲 47.3% 與 59.7% 粒，前者顯著較低。

圖二中的曲線在描述成蟲日齡－齡期別生殖力 (age-stage specific fecundity, f_x) 與日齡別生殖力 (age specific fecundity, m_x)，其中 f_{xj} 爲 x 日齡 j 齡期的每雌產卵量，成蟲的齡期以性別分之，有雌、雄性，故 $j = 2$，因爲只有雌蟲能產卵，所以 f_x 的曲線只有 1 條。結果顯示，取食濕蠅卵的 f_x 與 m_x 皆比取食棉蚜者低。而且二種食餌處理皆呈現 $f_x \geq m_x$，當仍有雄蟲存活時 $f_x > m_x$，當只有雌蟲存活時 $f_x = m_x$，取食濕卵與棉蚜之雄成蟲分別於第 110 與 81 日齡時全數死亡，於圖二中以空心符號表示。

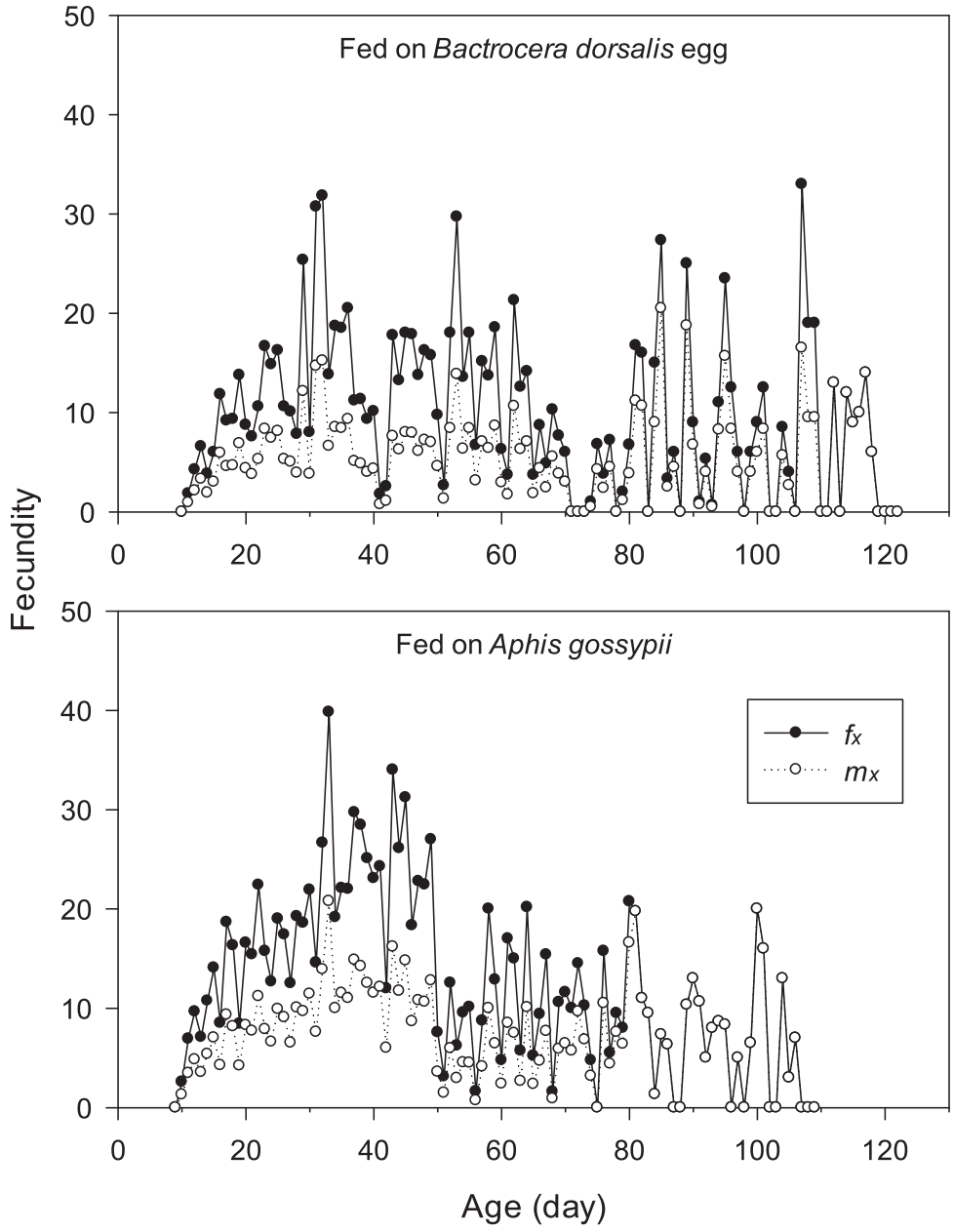
表二、小十三星瓢蟲成蟲取食不同食物的壽命與生殖力

Table 2. Longevity and fecundity of ***Hamonia dimidiata*** adult fed on different food

	Prey	
	Live ***Bactrocera dorsalis*** egg	***Aphis gossypii***
Adult longevity (d)		
Female	68.6 ± 8.6a	69.6 ± 7.0a
Male	67.9 ± 5.6a	61.3 ± 4.4a
APOP [z] (d)	17.6 ± 1.6a	15.1 ± 1.7a
Fecundity (egg)		
Maximum	1433	1639
Lifelong / female	646.6 ± 113.6a	908.2 ± 119.6a
Hatching rate (%)	47.3 ± 1.7b	59.7 ± 0.7a

[z]: APOP means the Pre-oviposition period of adult stage of female.

[y]: Data on mean ± se (n = 12) within each row followed by the same letter are not significantly different at 5% level by unpaired T test.



圖二、小十三星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，日齡起始日爲成蟲羽化時。

Fig 2. Age-stage specific fecundity (f_x) and age specific fecundity (m_x) of ***Harmonia dimidiata*** adult fed on different food, the age is counted from adult emerged.

討 論

食物對於取食者的合適性，取食者的幼蟲、成蟲可以分別討論，而且取食者幼期的發育時間，不一定從卵出生計起，可以從初孵化時計起，直至成蟲羽化[19]。本試驗亦採幼蟲與成蟲分開測試的方式，討論東方果實蠅卵做爲小十三星瓢蟲食物的合適性。小十三星瓢蟲幼蟲取食乾卵可完成發育至成蟲，與取食棉蚜者相較，雖然發育所需時間顯著較長，能羽化爲成蟲的數量較少，成蟲體重也較輕 (表一)，但參酌 Michaud 定義[19]，已可認爲經低壓冷凍乾燥的東方果實蠅卵是小十三星瓢蟲幼蟲「合適的」食物。相關文獻中用幼蟲的表現爲食物合適性的依據亦不乏其例。例如會聚長足瓢蟲 (*Hippodamia convergens* Guérin-Meneville) 由其幼蟲的存活率與發育所需時間，認爲地中海粉螟卵是適合的代用食物，雖然取食粉螟卵的表現略差於取食麥二叉蚜 [(*Schizaphis graminum* (Rondani)] 或短尾蚜 [*Brachycaudus* (*Appelia*) *schwartzi* Börner)] 者[16]。龜紋瓢蟲 [*Propylea japonica* (Thunberg)][14]、南美瓢蟲 [*Eriopis connexa* (Germar)][26] 皆由未成熟期的存活率、發育所需時間及初羽化成蟲體重的表現，也認爲地中海粉螟卵是可用的飼料。另外，十二星瓢蟲 (*Coleomegilla maculata* DeGeer) 的幼蟲甚至是到第 3 齡才開始以科羅拉多金花蟲 [*Leptinotarsa decemlineata* (Say)] 卵爲食，而由其發育與存活情形與取食豆蚜者相近，即認爲該金花蟲卵是合適的食物[21]。

繁殖力 (reproduction) 是評估取食者成蟲食餌合適性的主要依據[19]。雌成蟲一生總產卵量是一個常被取用的介量，例如異色瓢蟲幼蟲，當以苜蓿象鼻蟲 [*Hypera postica* (Gyllenhal)] 爲食物時，因成蟲無產卵量，所以認爲苜蓿象鼻蟲只是代用的食餌[13]。花粉雖能維持十二星瓢蟲幼蟲完成發育至成蟲，但取食花粉的成蟲無法產卵，故也認爲花粉不是成蟲適合的食物[20]。然而，若將花粉混合地中海粉螟卵飼養二星瓢蟲 [*Adalia bipunctata* (L.)] 時，每雌產卵量卻比用豆蚜飼養的更多，則認爲此混合飼料是高可用性的食物[7]。另外，七星瓢蟲 (*Coccinella septempunctata* L.) 成蟲取食人工飼料的每雌一生總產卵量雖然只有 11.0-18.0 粒，與取食僞菜蚜的 255.0 粒相差懸殊，而且受測的成蟲是直接採自田間，該人工飼料仍被認爲有效[23]。本試驗的小十三星瓢蟲成蟲是採自棉蚜飼養的族群，當以東方果實蠅濕卵爲食時的每雌一生總產卵量達 646.6 粒，與取食棉蚜者的 908.2 粒差異不顯著 ($P = 0.127$)，卵孵化率雖少於取食棉蚜者，但仍有47.3% (表二)。對成蟲而言，東方果實蠅卵應屬「合適的」食物[19]。

食蚜瓢蟲族群的繁衍，雄性族群是必要的角色[18]，同時也是必然的飼養成本。尤其在描述一個族群的增長潛能時，固然只有雌性成蟲能產卵，雄性族群也不應該被摒除[15]。由圖二所呈現的日齡－齡期別每雌生殖力 (f_x) 與日齡別每成蟲生殖力 (m_x) 曲線，後者就是加入了雄性成蟲族群所得的結果。由圖中顯示的 $f_x \geq m_x$，即指出當忽略雄性族群

時，族群的增殖力會被高估。

即使許多研究支持可以將幼蟲與成蟲分開來評估食餌的合適性，但幼蟲的取食經歷會影響其成蟲的素質，也是不爭事實。飽食程度固然是重要經歷[10,27]，食物的合適性也是主要影響因素。例如，龜紋瓢蟲曾被測得幼蟲取食地中海粉螟卵發育爲成蟲時的產卵量，會比幼蟲取食豌豆蚜 (*Acyrthosiphon pisum* Harris) 的多[14]。十二星瓢蟲成蟲取食麥二叉蚜的產卵量，其幼蟲取食地中海粉螟卵者會多於取食麥二叉蚜者[20]。皆顯示幼蟲期取食不同的食物，會影響其成蟲的產卵量。本試驗是將小十三星瓢蟲的幼蟲與成蟲分別測試，由幼蟲能維持發育至成蟲，以及成蟲有生殖力的結果，雖可認爲東方果實蠅卵屬於「必要的」食物。但受測成蟲的幼蟲期都是以棉蚜爲食餌所育得，若幼蟲用東方果實蠅乾卵飼養，所育得成蟲的生殖力則有待再探討。另一方面，成蟲的取食經歷也會影響其後代的素質[22]，這也是食物能否被用爲瓢蟲繼代飼養的必要考驗。

本文目的在評估可以取代蚜蟲的食物，期望用於小十三星瓢蟲的量產。由於昆蟲族群中個體間的發育速率、存活率等確實存在著差異[8,9]，雖屬同生族群 (cohort) 的個體，發育期間仍會有齡期重疊的現象。本試驗是初步將小十三星瓢蟲的幼蟲與成蟲分別進行評估，結果雖顯示東方果實蠅卵是合是的食物，但幼蟲發育時間比取食棉蚜者長 (表一)，齡期重疊也更爲明顯 (圖一)。此表示不同齡期個體可能相遇的期間較長，自相殘殺可能更有機會發生。即使東方果實蠅卵已可以方便、穩定地供應，有利於該瓢蟲的量產，但用於幼蟲的集體飼養時仍需再深入評估。未來，可利用年齡－齡期別，兩性生命表 (age-stage specific, two-sex life table)[8,9,15,28]的原理進行分析，其架構不但連貫所有齡期，族群中個體間的差異與雄性的角色也都有被納入考量，將會有更正確、更有理論基礎的評估結果。

謝　辭

感謝本所應用動物組同仁溫美貞、葉玉惠小姐等，協助瓢蟲、棉蚜的飼養及寄主植物的栽培等試驗相關工作，使本文得以順利完成。

參考文獻

1. 朱耀沂、薛台芳。1976。赤星瓢蟲與六條瓢蟲代用飼料之研究。植物保護學會會刊 18: 58-74。
2. 余志儒、陳炳輝。2001。隱蔽物與飼育密度對錨紋瓢蟲(鞘翅目：瓢蟲科)發育與存活之影響。中華農業研究 50: 68-74。
3. 余志儒、劉玉章、陳炳輝。1997。三種洋香瓜品種對棉蚜 (同翅目：蚜科) 之抗性。中華昆蟲 17: 245－256.
4. 邱輝宗。1978。東方果實蠅大量飼育法之改進試驗。植物保護學會會刊 20: 87-92。
5. 陶家駒。1990。臺灣省蚜蟲誌。臺

灣省立博物館印行。台北。327頁。

6. Abdel-Salam A. H., and Abdel-Baky, N. F. 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.
7. Bonte, M., Samih, M. A,. and De Clercq, P. 2010. Development and reproduction of ***Adalia bipunctata*** on factitious and artificial foods Biological Control 55: 485-491
8. Chi, H. 1988. Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. Environ. Entomol. 17: 26-34.
9. Chi, H., and Liu, H. 1985. Two new methods for the study of insect population ecology. Bull. Inst. Zool. Acad. Sin. 24: 225-240.
10. Dmitriew C., and Rowe, L. 2011. The effects of larval nutrition on reproductive performance in a food-limited adult environment. PLoS ONE 6(3): e17399. doi:10.1371/journal. pone.0017399.
11. Dong, Y. J., Song, C. W., Chuang, Y. Y., Chiang, K. S., Wu, W. J., Cheng, L. L., and Chen, C. C. 2011. Degree of fruit ripeness affecting infestation of papaya by two species of fruit flies (Diptera: Tephritidae). J. Taiwan Agric. Res. 60: 253-262.
12. Evanes, E. W., Stenenson, A. T., and Richards, D. R. 1999. Essential versus alternative foods of insect predators: benefits of a mixed diet. Oecologia 121: 107-112.
13. Evans E. W., and Gunther, D. I. 2005. The link between food and reproduction in aphidophagous predators: a case study with ***Harmonia axyridis*** (Coleoptera: Coccinellidae) Eur. J. Entomol. 102: 423-430
14. Hamasaki, K., and Matsui, M. 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.
15. Huang Y. B., and Chi, H. 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.
16. Kato, C. M., Bueno, V. H. P., Moraes, J. C., and Auad, A. M. 1999. Criação de ***Hippodamia convergens*** Guérin-Meneville (Coleoptera: Coccinellidae) em Ovos de ***Anagasta kuehniella*** (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae). An. Soc. Entomol. Brasil 28: 455-459.
17. Kuznetsov, V. N., and Pang, H. 2002. Employment of chinese coccinellidae in biological control of aphids in

greenhouse In Primorye. Far Eastern Entomol. 119: 1-5.
18. Majeus M. E. N. 1994: Female promiscuity maintains high fertility in ladybirds (Col. Coccinellidae). Entomoi Mon. Mag. 130: 205-209.
19. Michaud, J. P. 2005. On the assessment of prey suitability in aphidophagous Coccinellidae. Eur. J. Entomol. 102: 385-390.
20. Michaud, J. P., and Jyoti, J. L. 2008. Dietary complementation across life stages in the polyphagous lady beetle Coleomegilla maculata. Entomol. Exp. Appl. 126: 40-45.
21. Munyaneza, J., and Obrycki, J. J. 1998. Development of three populations of ***Coleomegilla maculata*** (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on eggs of Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). Environ. Entomol. 27: 117-122.
22. Omkar, J. Sahu, and Kumar, G. 2010. Effect of prey quantity on reproductive and developmental attributes of a ladybird beetle, Anegleis cardoni. International J. Tropic. Insect Sci. 30: 48-56.
23. Sarwar, M., and Saqib, S. M. 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.
24. SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT User's Guide. Version 9.1. SAS Inst. Inc., Cary, NC. 1731 pp.
25. Schanderl, H., Ferran, A., and Garcia, V. 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.
26. Silva, R. B., Zanuncio, J. C., Serrão, J. E. Lima, E. R. Figueiredo, M. L. C., and Cruz, I. 2009. Suitability of different artificial diets for development and survival of stages of the predaceous ladybird beetle ***Eriopis connexa***. Phytoparasitica 37: 115-123.
27. Ware, R. L., Yguel, B., and Majerus, M. E. N. 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.
28. Yu, J. Z., Chi, H., and Chen, B. H. 2005. Life table and predation of ***Lemnia biplagiata*** (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. Am. 98: 475-482.

ABSTRACT

Yu J. Z.[1*], Lu C. T.[2]. 2012. Suitability of *Bactricera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) egg as food for *Harmonia dimidiata* (Coleoptera: Coccinellidae). Plant Prot. Bull. 54(4):91-102. (1. Applied Zoology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, COA; 2. Crop Science Division, Taiwan Agricultural Research Institute, COA)

Development and fecundity of the lady beetle [***Harmonia dimidiata*** (Fabricius)] fed on the oriental fruit fly (***Bactrocera dorsalis*** Hendel) egg was carried out under conditions of 25 ± 1℃, 75 ± 10% RH, and 14 : 10 (L:D) photoperiod at laboratory. Results showed that the development time of larva raised on fly eggs was longer, body weight of new emerged adult was lighter than that on the reference prey (***Aphis gossypii*** Glover), while 29 of 40 candidate individuals raised on fly eggs could complete to adulthood. The lyophilized ***B. dorsalis*** eggs can be considered as the "adequate" food for the larva of ***H. dimidiata***. And can be also as adequate food for adult, because 646.6 eggs with 47.3% of hatching rate produced per female cultured with ***B. dorsalis*** eggs. Moreover, the male population is taken into consideration, the age specific fecundity (m_x, number of egg produced per individual at age x) is always smaller than the age-stage specific fecundity (f_x, number of egg produced per female at age x). Consequently, the capacity of a population growing may be overestimated if ignore its male population.

(Key words: ***Harmonia dimidiata***, ***Bactrocera dorsalis***, ***Aphis gossypii***, Food suitability)

* Corresponding author. E-mail: zjyu@tari.gov.tw