



Formosan Entomologist

Journal Homepage: entsocjournal.yabee.com.tw

Interactions between Host Preference and Offspring Survivorship of *Callosobruchus maculatus* (Fab.) 【Research report】

四紋豆象 (*Callosobruchus maculatus* (Fab.)) 對不同寄主的產卵偏好性與子代存活率之關係 【研究報告】

I-Cheng Cheng, Rou-Ling Yang, and Shwu-Bin Horng*
陳易呈、楊若菱、洪淑彬*

*通訊作者E-mail: sbhorng@ntu.edu.tw

Received: 2003/09/15 Accepted: 2003/12/18 Available online: 2003/12/01

Abstract

The aim of this study was to reveal the host-choice mechanism of the seed beetle, *Callosobruchus maculatus*, under a condition when different hosts are provided. Also we studied how female beetles select their hosts and whether this is related to the feeding demand of their larvae. Six different species of seeds including adzuki bean, hairy dumaisa, pigeon pea, soybean, mung bean, and maize, were used in our experiments, and both free-choice and non-choice tests were conducted. In the free-choice test, six different species of seeds were provided at the same time, while in the non-choice test, hosts of each species were provided separately. In the free-choice test, both the survivorship of offspring and the host size showed a positive relationship with the numbers of eggs laid on the seed. However, in the non-choice test, only the survivorship of offspring and the numbers of eggs laid showed a positive relationship, while there was no significant correlation between seed size and the numbers of eggs laid on the seed. Taken together, these results suggest that the female can choose appropriate hosts for her offspring both in free-choice and non-choice test arenas, showing a positive relationship between host preference and survivorship of offspring in both tests. Comparison of the preference indices between free-choice and non-choice tests suggests that *C. maculatus* may use a relative rule to select a host on which to lay her eggs when different hosts are provided at the same time.

摘要

本文主要探討四紋豆象在面臨不同種類之寄主時，其產卵的寄主選擇反應為何？其選擇的結果是否能夠配合幼蟲的取食適應狀況，因此而能提高雌蟲本身的適應值。試驗中提供六種不同寄主包括：紅豆、綠豆、花豆、黑豆、黃豆、玉米，給予四紋豆象進行偏好試驗，寄主偏好試驗分成兩種處理，一是自由選擇試驗，即將不同種類寄主混合，目的是讓豆象在不同寄主同時存在的狀況做產卵選擇。另一則是非選擇試驗，亦即分別提供不同寄主，觀察豆象在面對單一種類寄主時的產卵行為。試驗進行後，再比較兩種處理下豆象對各寄主之產卵偏好與寄主大小或子代存活間之相關性。結果發現，自由選擇與非選擇試驗的結果有差異存在。在自由選擇試驗下，卵數與子代存活率以及卵數與寄主大小都呈現正相關的關係；在非選擇試驗下，卵數與子代存活率也同樣呈現正相關，然而，卵數與寄主大小卻無顯著相關性。因此，兩種試驗處理下，豆象的產卵選擇與子代的存活適應有顯著的正相關。而不同處理下雌蟲產卵偏好的差異，則顯示豆象在選擇不同種類寄主時有比較的行為，而此結果支持四紋豆象對不同寄主大小進行比較的相對法則 (relative rule) 假說。

Key words: *Callosobruchus maculatus*, host preference, survivorship, choice test.

關鍵詞: 四紋豆象、寄主偏好、子代存活、選擇試驗。

Full Text: [PDF \(1.06 MB\)](#)

下載其它卷期全文 Browse all articles in archive: <http://entsocjournal.yabee.com.tw>

四紋豆象 (*Callosobruchus maculatus* (Fab.)) 對不同寄主的產卵偏好性與子代存活率之關係

陳易呈 楊若苓 洪淑彬* 國立台灣大學昆蟲學研究所 台北市羅斯福路四段 113 巷 27 號

摘要

本文主要探討四紋豆象在面臨不同種類之寄主時，其產卵的寄主選擇反應為何？其選擇的結果是否能夠配合幼蟲的取食適應狀況，因此而能提高雌蟲本身的適應值。試驗中提供六種不同寄主包括：紅豆、綠豆、花豆、黑豆、黃豆、玉米，給予四紋豆象進行偏好試驗，寄主偏好試驗分成兩種處理，一是自由選擇試驗，即將不同種類寄主混合，目的是讓豆象在不同寄主同時存在的狀況做產卵選擇。另一則是非選擇試驗，亦即分別提供不同寄主，觀察豆象在面對單一種類寄主時的產卵行為。試驗進行後，再比較兩種處理下豆象對各寄主之產卵偏好與寄主大小或子代存活間之相關性。結果發現，自由選擇與非選擇試驗的結果有差異存在。在自由選擇試驗下，卵數與子代存活率以及卵數與寄主大小都呈現正相關的關係；在非選擇試驗下，卵數與子代存活率也同樣呈現正相關，然而，卵數與寄主大小卻無顯著相關性。因此，兩種試驗處理下，豆象的產卵選擇與子代的存活適應有顯著的正相關。而不同處理下雌蟲產卵偏好的差異，則顯示豆象在選擇不同種類寄主時有比較的行為，而此結果支持四紋豆象對不同寄主大小進行比較的相對法則 (relative rule) 假說。

關鍵詞：四紋豆象、寄主偏好、子代存活、選擇試驗

前言

每種生物從出生到死亡，一直不斷地在進行選擇行為，例如棲地、食物、寄主、配偶、產卵地點的選擇等等，有些選擇的決定可能影響甚微，有些則對該生物的存亡有絕對的決定性。四紋豆象 (*Callosobruchus maculatus* (Fab.)) 生存於亞熱帶及熱帶，是一種鞘翅目

(Coleoptera) 的倉儲害蟲，會危害紅豆、綠豆等豆類儲物，造成其數量與品質的下降。成蟲將卵產於豆上，卵孵化後幼蟲鑽入豆中取食，約一個月後羽化為成蟲離開寄主。成蟲口器退化幾乎不取食，故交配與產卵為成蟲主要的活動。由於其生活史中除成蟲期外均生活於雌蟲產卵之寄主豆中 (Southgate, 1979)，豆象幼蟲不能自立分布，故雌豆象的產卵選擇會直接

*論文聯繫人
e-mail: sbhorn@ntu.edu.tw

影響到子代的適應值 (fitness)。

豆象科 (Bruchidae) 昆蟲的寄主範圍，大部分屬於豆科 (Leguminosae) 植物，不同種豆象各有其豆科寄主偏好種類。四紋豆象最主要的寄主豆是紅豆，其在紅豆上的存活率也最高 (Shiau, 1994)。在試驗中，我們提供紅豆、綠豆、及其他三種食用豆類與非豆科的玉米進行產卵選擇試驗。由於寄主的大小、品質不同，而本實驗的目的是在探究四紋豆象在產卵過程中面臨這些不同的寄主時，其寄主選擇反應為何，並與其在不同寄主上的子代存活率相對照，進一步來討論成蟲產卵選擇與幼蟲存活適應之間的關係。

關於四紋豆象在寄主選擇過程中的產卵決策，目前有兩種假說：Wilson (1988) 認為四紋豆象的產卵決策，係採行絕對法則 (absolute rule)，即對於具有較多卵數的豆粒接受機率較低。Mitchell (1975, 1990) 的研究則支持雌蟲乃利用相對法則 (relative rule) 以決定產卵與否，即利用比較前後遭遇的寄主狀況來作出產卵決策。因此，在本文中我們利用自由選擇與非選擇試驗，來驗證豆象在進行產卵選擇時，究竟依循何種決策法則。

材料與方法

一、蟲源及試驗用寄主

試驗用蟲為四紋豆象 (*Callosobruchus maculatus*) 4C6-4 品系，源自於胡燦博士自市售紅豆中分離而來 (Hu, 1989)，並於本實驗室中以省產紅豆 (*Vigna angularis*) 累代飼養多年，已逾 100 世代。寄主豆於使用前先經 -18°C 低溫處理至少兩週以上，以期能殺死豆內可能存在之其他昆蟲或生物。低溫處理後分裝入二或三公升大小的保鮮盒中，回溫至少兩週後始得使用。蟲源繼代時，以 13 隻已交

尾過之雌蟲接入約含 1000 顆紅豆的白色塑膠盒中，供其一生產卵所需，期間並不供應食物或飲水。飼育的環境控制為 $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ，RH 45~60% 之全暗生長箱中。

試驗用寄主共六種，包括紅豆 (*Vigna angularis* Wight)、綠豆 (*Vigna radiata* (L.) Wilczek)、花豆 (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.)、黃豆 (*Glycine max* (L.) Merrill)、黑豆 (*Dumasia villosa* DC.)、玉米 (*Zea mays* Linn.)。前五種豆類皆屬豆科中蝶型花亞科 (Papilionoideae) 的植物，為台灣常見之食用豆類，玉米屬單子葉植物禾本科 (Poaceae)，為唯一非豆科植物。試驗用寄主的處理方式與蟲源飼養用紅豆之處理方式相同。

二、寄主大小及四紋豆象在不同寄主上之子代存活率

分別測量 6 種寄主重量與體積取其平均值作為寄主大小的依據，以探討產卵偏好與寄主大小之關係。為了得到子代存活率的資料，以比較成蟲產卵選擇與子代存活率的關係。如蟲源飼養方法，分別在六種不同寄主中各接入 13 隻四紋豆象，再逢機各取出 100 顆具一卵之寄主，如此可去除幼蟲競爭對存活率造成的影響，待其中成蟲成功羽化離開寄主後，計算其子代存活率。

三、自由選擇試驗

每種寄主各取 10 顆 (共 60 顆) 置入透明塑膠盒 (80×57 mm) 內，每種寄主以隨機方式置入。於試驗前，自蟲源中挑選足夠數量的一卵豆個別置入離心管中隔離，待四紋豆象羽化後，挑取 12 小時內羽化之豆象成蟲，靜置兩小時待其性成熟後，將豆象雌、雄蟲數以 1 比 2 移入離心管中交配 4 小時，交配後將雄蟲移除，保留雌蟲 (Brown and Downhower,

1988)。逢機選一隻已交配的雌蟲置入一個有供試寄主的塑膠盒中產卵，共 10 重複。試驗在 $28 \pm 1^\circ\text{C}$ ，RH 45~60% 之全暗生長箱中進行，產卵 24 小時後將雌蟲移除。分別記錄每盒中不同種寄主上的卵數，並以變異數分析統計法分析數據，比較不同寄主上之產卵數差異，如不同寄主間有差異存在，續以最小顯著差異法檢測其平均卵數的差異。此外，並以雌蟲產卵數分別與寄主大小以及子代存活率資料進行直線迴歸分析，以探討兩者之關係。

四、非選擇試驗

非選擇試驗的試驗用蟲與寄主條件都與自由選擇試驗相同。取 6 種寄主豆各 25 顆，分別放入六個培養皿 ($55 \times 15 \text{ mm}$) 中，再各別置入一交配過之豆象雌蟲，產卵時間設定為 6 小時，之後將豆象取出並記錄卵數。同樣以變異數分析統計法分析數據，比較不同寄主上之產卵數差異，並以最小顯著差異法檢測其平均卵數的差異。同時也以雌蟲產卵數分別與寄主大小以及子代存活率資料進行直線迴歸分析，以探討兩者之關係。

五、自由選擇與非選擇試驗產卵偏好的比較

在自由選擇與非選擇試驗中，雌蟲的產卵數多寡有差異存在，但是兩者的處理方式不同，無法比較原始的卵數資料，因此，將兩處理中各種寄主資料標準化後，再加以比較。在自由選擇與非選擇試驗中，紅豆上的卵數都是最多的，以紅豆上的卵數值為 1，再將其他寄主上的卵數值除以紅豆的卵數值，就可以得到介於 0 與 1 之間的其他五個數值，以這些數值作為四紋豆象對這些寄主的偏好指數 (preference index)，如此就可以比較豆象在自由選擇與非選擇試驗之間的產卵偏好差異，以探討雌蟲之產卵決策。

結 果

一、寄主大小及四紋豆象在不同寄主上之子代存活率

六種試驗用寄主的重量大小依序為：花豆 ($0.48 \pm 0.07 \text{ g}$)、紅豆 ($0.17 \pm 0.01 \text{ g}$)、黑豆 ($0.17 \pm 0.03 \text{ g}$)、黃豆 ($0.16 \pm 0.02 \text{ g}$)、玉米 ($0.16 \pm 0.03 \text{ g}$) 及綠豆 ($0.06 \pm 0.01 \text{ g}$)。除了花豆與綠豆外，其他四種寄主重量相當接近。體積大小依序為：花豆 ($0.41 \pm 0.03 \text{ cm}^3$)、紅豆 ($0.14 \pm 0.01 \text{ cm}^3$)、黃豆 ($0.13 \pm 0.01 \text{ cm}^3$)、黑豆 ($0.12 \pm 0.01 \text{ cm}^3$)、玉米 ($0.11 \pm 0.01 \text{ cm}^3$) 及綠豆 ($0.05 \pm 0.01 \text{ cm}^3$)。六種寄主之重量與體積呈正相關 ($r = 0.9959$, $p < 0.0001$)，因此以寄主重量為其大小依據。

在寄主上只有一顆卵的情況下，四紋豆象子代在六種供試寄主上，自卵至羽化之存活率如表一。在紅豆上之子代存活率最高 (0.89)，其次依序為綠豆 (0.58)、黑豆 (0.42)、黃豆 (0.03)，在花豆以及玉米上存活率則均為 0 (表一)。

二、自由選擇試驗

同時提供不同寄主供四紋豆象自由選擇產卵，結果顯示其產卵數在寄主之間有顯著差異 ($F_{5,54} = 50.78$, $p < 0.0001$)，各寄主上平均產卵數多寡依序為紅豆 > 花豆 = 黑豆 > 黃豆 = 綠豆 = 玉米。即紅豆 (14 ± 5.4) 最高，花豆 (8.7 ± 2.0) 和黑豆 (7.8 ± 2.3) 次之，黃豆 (0.6 ± 1.0)、綠豆 (0.2 ± 0.4) 和玉米 (0.1 ± 0.3) 上的卵數則最低 (表一)。

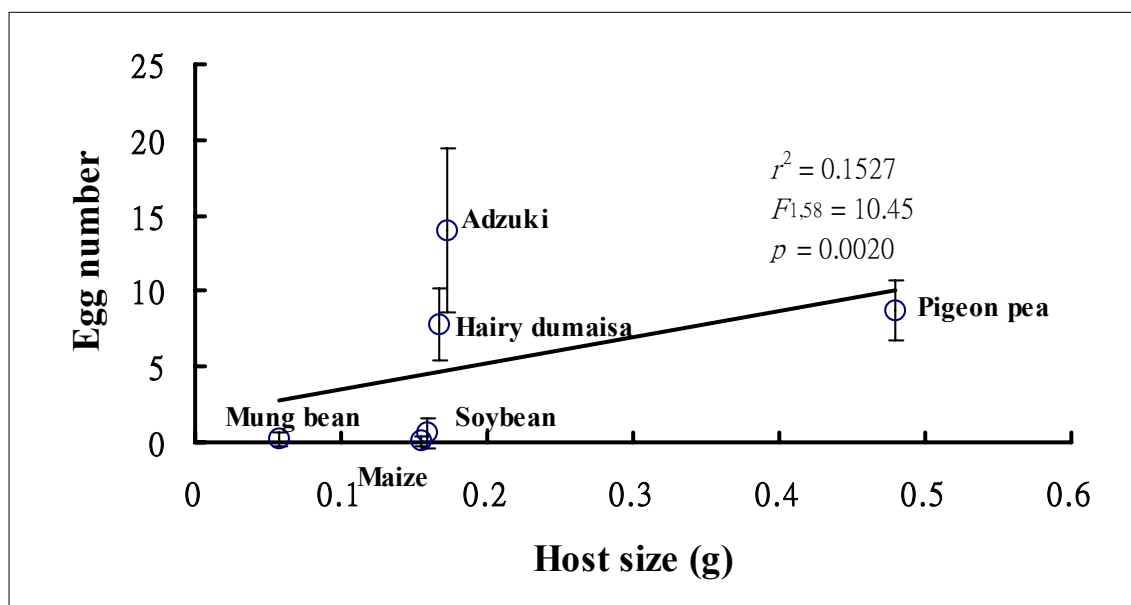
不同寄主上的卵數與寄主大小以及子代存活率的關係如圖一和圖二，卵數和寄主大小 ($p = 0.0020$) 以及子代存活率 ($p < 0.0001$)

表一 在自由選擇與非選擇試驗中供試寄主的平均重量及四紋豆象在不同寄主上的子代存活率和產卵數 (mean ± SE)

Table 1. Offspring survivorship on different hosts and the numbers of eggs laid by female *Callosobruchus maculatus* in free-choice and non-choice tests (mean ± SE)

Host species	Host size (g)	Host volume (cm ³)	Survivorship	Egg number	
				Free-choice	Non-choice
Adzuki bean (紅豆)	0.17 ± 0.01	0.14 ± 0.01	0.89	14.0 ± 5.4 a	27.0 ± 5.1 a
Hairy dumaisa (黑豆)	0.17 ± 0.03	0.12 ± 0.01	0.42	7.8 ± 2.3 b	3.0 ± 2.1 c
Pigeon pea (花豆)	0.48 ± 0.07	0.41 ± 0.03	0	8.7 ± 2.0 b	22.6 ± 7.6 a
Soybean (黃豆)	0.16 ± 0.02	0.13 ± 0.01	0.03	0.6 ± 1.0 c	2.4 ± 2.5 c
Mung bean (綠豆)	0.06 ± 0.01	0.05 ± 0.01	0.58	0.2 ± 0.4 c	21.4 ± 3.2 a
Maize (玉米)	0.16 ± 0.03	0.11 ± 0.01	0	0.1 ± 0.3 c	10.8 ± 6.5 b

Means within a column followed by the same letter do not significantly differ at the 5% level by least significant difference test.



圖一 在自由選擇試驗中，不同寄主上四紋豆象之卵數與寄主大小的關係，兩者呈現正相關關係 ($p = 0.0020$)。

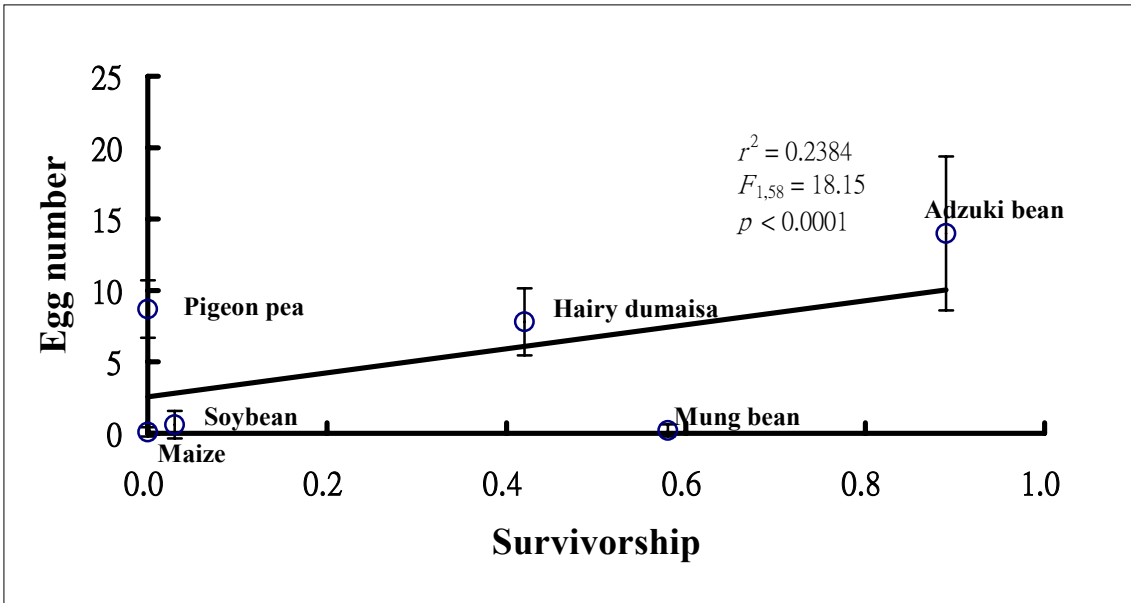
Fig. 1. Relationship between egg number of *Callosobruchus maculatus* and the size of different hosts in the free-choice test indicating a positive correlation ($p = 0.0020$).

均呈現顯著的正相關關係，亦即在寄主混合的狀況下，四紋豆象對於較大以及子代適應較良好的寄主較偏好。

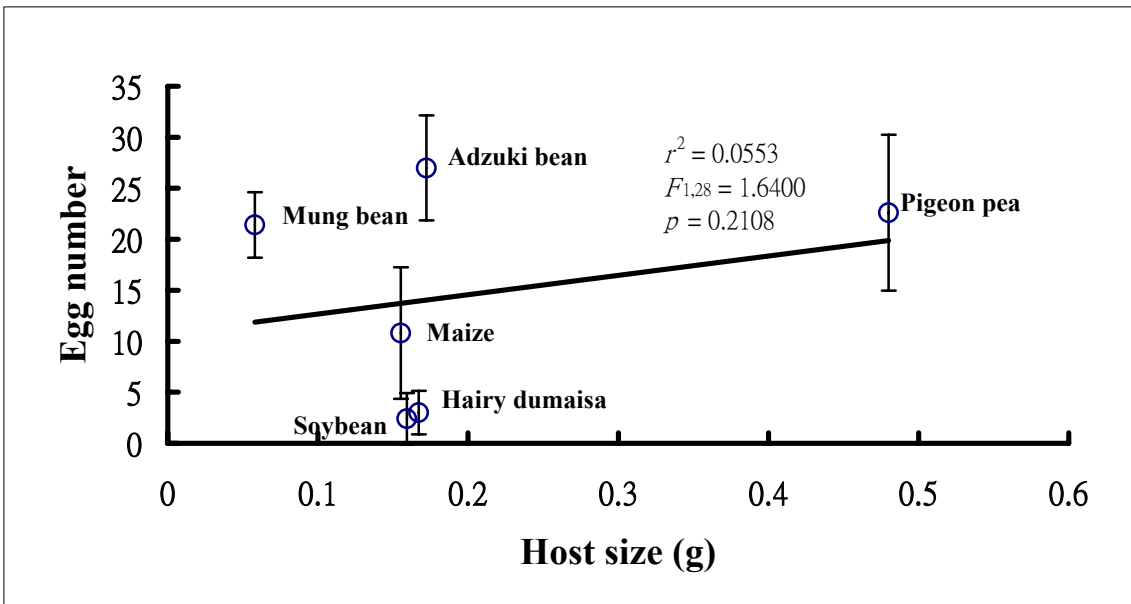
三、非選擇試驗

非選擇試驗的結果顯示，四紋豆象在不同

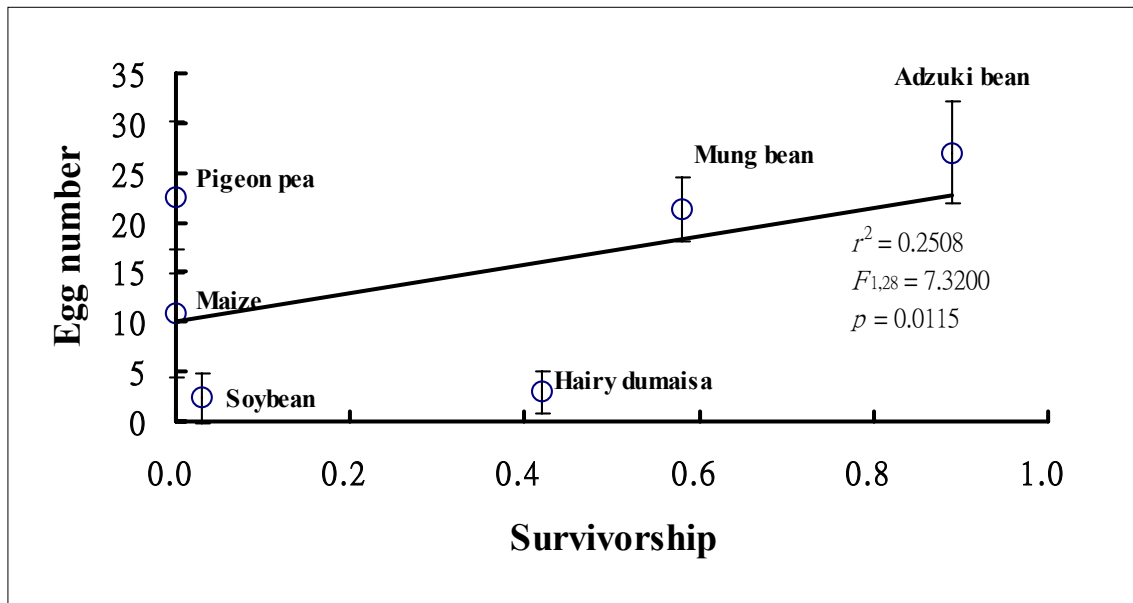
寄主的產卵數之間有顯著差異 ($F_{5,24} = 22.84$, $p < 0.0001$)，各寄主上平均產卵數高低依序為紅豆 = 花豆 = 綠豆 > 玉米 > 黑豆 = 黃豆。即紅豆 (27.0 ± 5.1)、花豆 (22.6 ± 7.6)和綠豆 (21.4 ± 3.2) 最高，其次為玉米 (10.8 ± 6.5)，而黑豆 (3 ± 2.1) 與黃豆 (2.4 ± 2.5) 則最低。



圖二 在自由選擇試驗中，不同寄主上四紋豆象之卵數與子代存活率的關係，兩者呈現正相關關係 ($p < 0.0001$)。
 Fig. 2. Relationship between egg number of *Callosobruchus maculatus* and its offspring survivorship on different hosts in the free-choice test indicating a positive correlation ($p < 0.0001$).



圖三 在非選擇試驗中，不同寄主上四紋豆象之卵數與寄主大小的關係，兩者並無顯著關係 ($p = 0.2108$)。
 Fig. 3. Relationship between egg number of *Callosobruchus maculatus* and the size of different hosts in the non-choice test indicating no significant correlation between them ($p = 0.2108$).



圖四 在非選擇試驗中，不同寄主上四紋豆象之卵數與子代存活率的關係，兩者呈現正相關關係 ($p = 0.0115$)。

Fig. 4. Relationship between egg number of *Callosobruchus maculatus* and its offspring survivorship on different hosts in the non-choice test indicating a positive correlation ($p = 0.0115$).

不同寄主上的卵數與寄主大小以及子代存活率的關係如圖三和圖四，即卵數與子代存活率呈現顯著的正相關關係 ($p = 0.0115$)，而卵數跟寄主大小之間沒有顯著的相關性 ($p = 0.2108$)。所以個別提供寄主豆時，四紋豆象在子代存活率高的寄主上產卵較多，但寄主大小則不影響產卵的多寡。

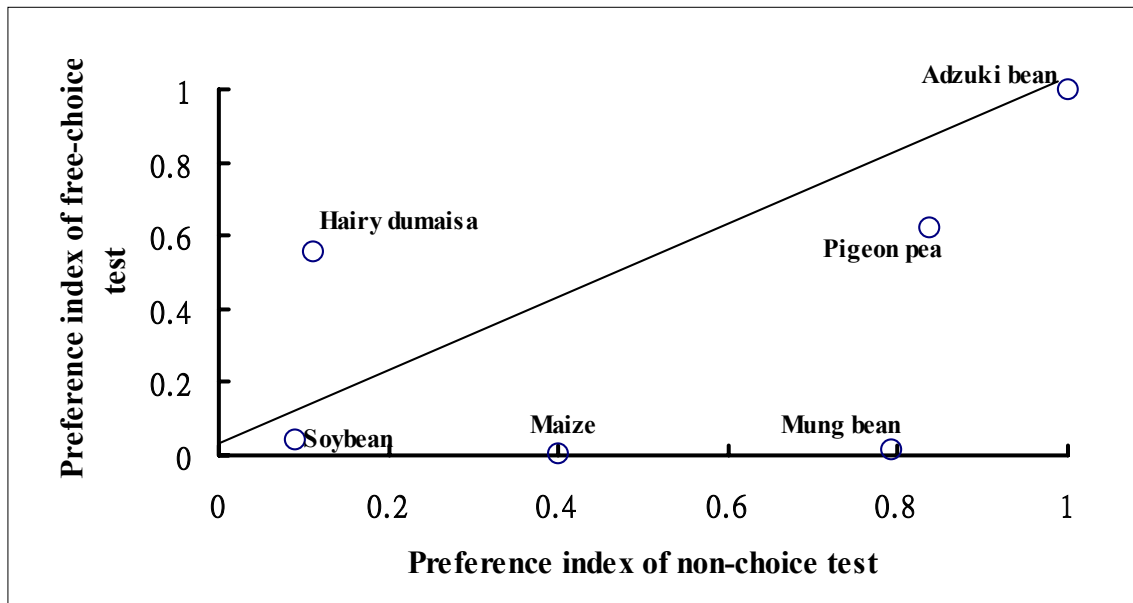
四、自由選擇與非選擇試驗卵數結果的比較

以紅豆上的卵數為 1 時，以其標準化而計算其他寄主的產卵偏好，以比較豆象在自由選擇與非自由選擇兩種處理產卵偏好的差異。兩處理組的偏好指數比較結果如圖五，在圖五中，從原點 (0,0) 到紅豆的點 (1,1) 做一條直線，如果某寄主的點位於直線左上方的區域，表示該寄主在自由選擇試驗下的偏好指數比非選擇試驗高；在右下的區域則相反。紅豆無論在自由選擇或非選擇試驗中皆是產卵最

多的寄主，偏好都設定為 1。紅豆、花豆、黃豆這三種寄主豆在不同試驗下的偏好指數是相近的，其點分布相當接近該直線。玉米位在中間偏下方的位置，在非選擇試驗下玉米的偏好指數為 0.4，當寄主混合時下降接近於 0；黑豆的情形則跟玉米相反，在自由選擇試驗中其偏好指數為 0.6，在非選擇試驗時下降至 0.1；綠豆的差異程度是最大的，在自由選擇試驗下其偏好指數接近於 0，然而在非選擇試驗時，偏好指數為 0.8，在單獨提供一種寄主的狀況下，綠豆的偏好指數明顯高出很多。

討 論

在自由選擇試驗中，卵數與寄主大小呈正相關 (圖一)。然而在非選擇試驗中，卵數與寄主大小卻沒有顯著關係 (圖三)。在自由選擇試驗中各種不同寄主是被混合在一起的，四紋豆



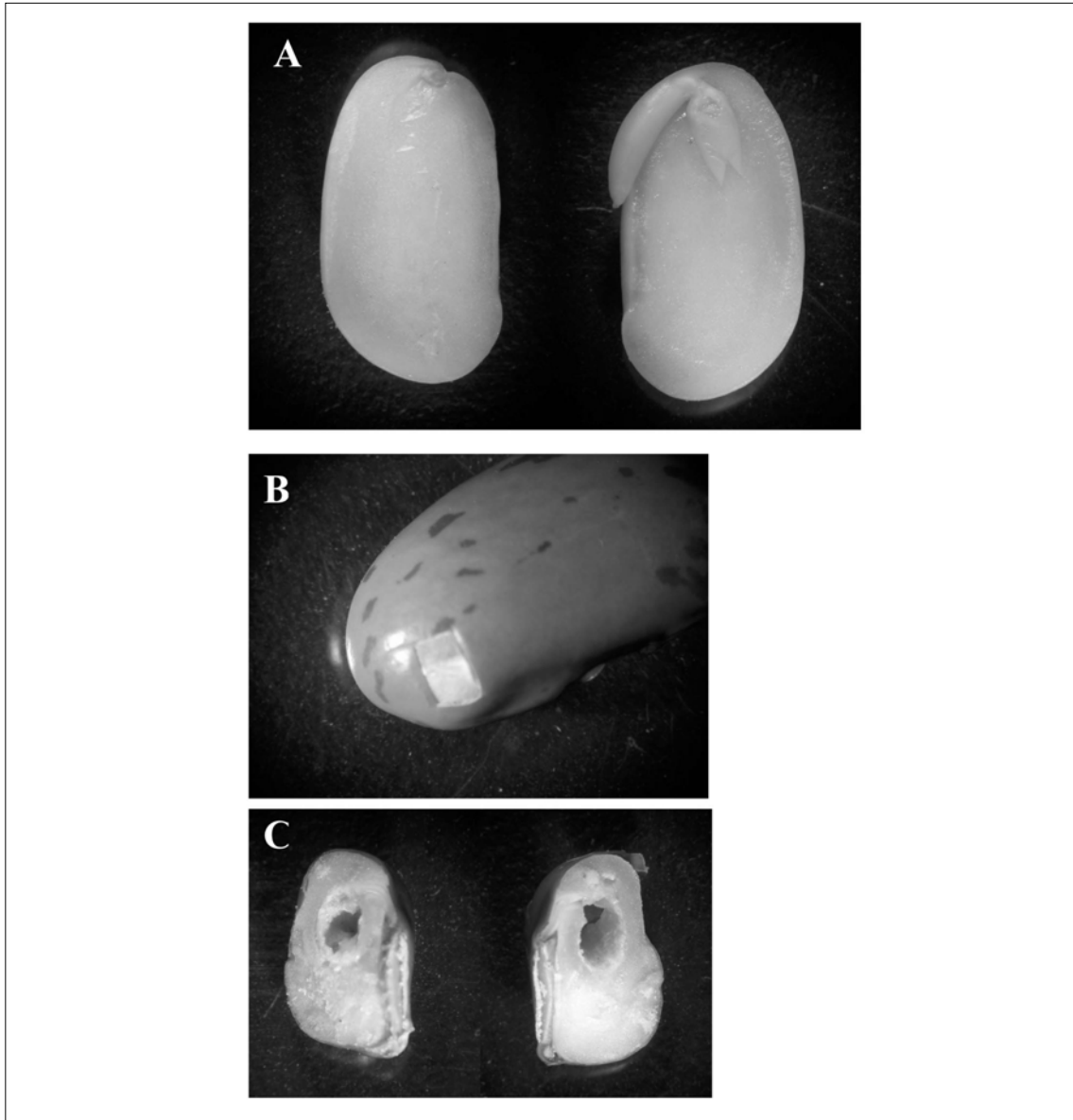
圖五 在自由選擇與非選擇試驗中，四紋豆象對不同寄主偏好指數的關係。對紅豆、花豆、黃豆的偏好指數在兩種不同處理間較為接近，而在自由選擇試驗下豆象對黑豆偏好指數較高，在非選擇試驗中則對玉米和綠豆偏好指數較高。

Fig. 5. Relationship between preference indices of *Callosobruchus maculatus* for different hosts in free-choice and non-choice tests. Preference indices to adzuki bean, pigeon pea, and soybean in these two tests were closer, whereas, the preference index of the seed beetle to hairy dumaisa was higher in the free-choice test, while the preference indices of the seed beetle to mung bean and maize were higher in the non-choice test.

象傾向偏好大寄主 (Hu *et al.*, 1995; Yang and Horng, 2002)，推測豆象對於不同大小的寄主會產生比較行為。關於四紋豆象對於相同種類寄主大小辨識與認知的研究，目前已知四紋豆象的確會偏好大寄主但其辨識機制尚未被明確解析 (Yang and Horng, 2002)。在非選擇試驗中，雖然不同寄主的大小差異的確存在，但是豆象面對的是單一種寄主，無法比較不同寄主的大小差異，因此，試驗結果支持，四紋豆象對於大小不同寄主的選擇依循相對法則 (relative rule) (Horng, 1997)。雖然過去對四紋豆象寄主選擇的法則存有兩種看法 (Mitchell, 1975; Wilson, 1988)，然而，近年來陸續有研究報告 (Mitchell, 1990; Hu *et*

al., 1995; Horng, 1997; Yang and Horng, 2002) 指出豆象的產卵決策是依循相對法則的。

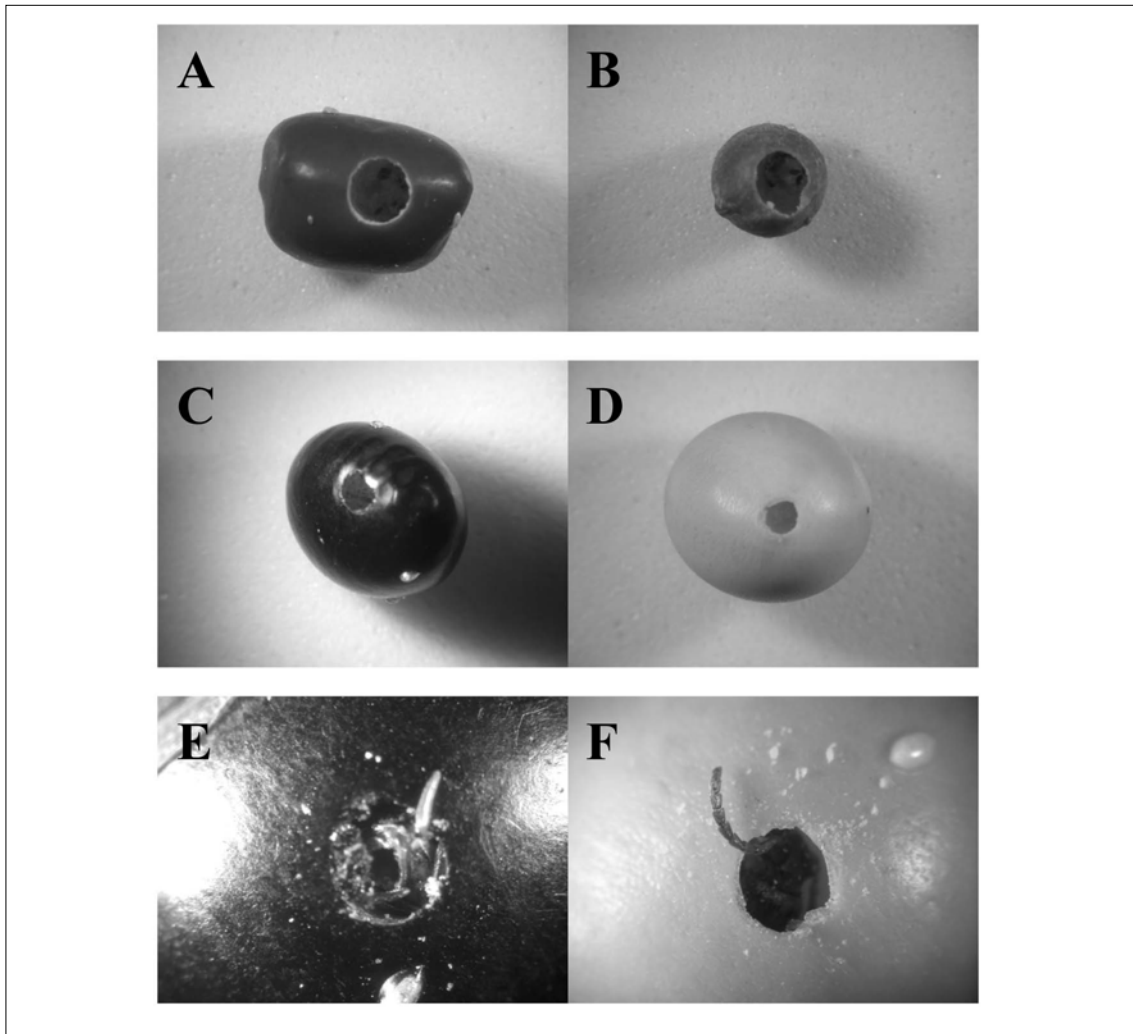
在自由選擇與非選擇試驗中，卵數與子代存活率均呈現正相關的關係 (圖二、四)，顯示在寄主混合的情況下，四紋豆象可以評估未來子代在不同寄主上的適應狀況而作出適當的產卵選擇。而在不同寄主單獨提供時，四紋豆象亦可偵測子代在該寄主的適應狀況。推測豆象能偵測寄主表皮的化學氣味或物理結構的特性以作為產卵選擇之依據。因此，豆象對寄主大小的比較及對寄主物化特性的偵測，可影響其產卵選擇，並進而影響其子代之存活率。關於此種表皮化學物質為何，目前尚未被確切



圖六 (A)花豆剖面、(B)僅將卵下的花豆種皮割開、(C)被四紋豆象危害的紅豆剖面，可以很清楚地看到食痕。
 Fig. 6. (A) Sectional drawing of pigeon pea; (B) a pigeon pea with the seed coat under the egg removed; (C) sectional drawing of a adzuki bean damaged by *Callosobruchus maculatus*. The feeding patch can be clearly observed.

分離出，不過經過冷水處理四紋豆象主要寄主；紅豆以及豇豆 (Cowpea) 的萃取物塗於玻璃珠上，可明顯提高其產卵偏好 (Gokhale *et al.*, 1990)。

豆象在自由選擇與非選擇試驗偏好指數的比較結果顯示，紅豆、花豆、黃豆在兩組處理中其偏好係數是比較接近的，而花豆的偏好指數最靠近紅豆 (圖五)，顯示無論在寄主混合



圖七 (A)、(B)、(C)、(D)為紅豆、綠豆、黑豆與黃豆之放大圖，分別代表其蛹室開孔的大小與狀況。由於黑豆(E)和黃豆(F)的開孔較小，造成部分豆象困於豆內而死亡。

Fig. 7. Size and shape of the pupal cavity bored by the seed beetle in (A) adzuki bean, (B) mung bean, (C) hairy dumiasa, and (D) soybean. Because of the small size of the cavity opening on (E) hairy dumiasa and (F) soybean, some individuals died in the seed.

或單獨提供的情況下，比較大的寄主能吸引豆象產下比較多的卵。四紋豆象在黑豆上的子代存活率為 0.42，僅次於紅豆和綠豆。黑豆的子代存活率在自由選擇試驗中的偏好指數也很高 (0.6)，非常符合預期，但是黑豆在非選擇試驗的偏好指數卻非常低 (0.1)，原因尚未能

釐清。玉米不是豆科植物，豆象幼蟲在其上無法存活，雌蟲在自由選擇中對玉米的偏好指數很低 (接近於 0)，但是在非選擇試驗中，玉米的偏好指數要比黑豆及黃豆為高，四紋豆象在黑豆和黃豆上的子代存活率都要比玉米高，這是另一個未能釐清的問題。

雌蟲在兩種處理中對綠豆的偏好指數差異程度最大，在自由選擇試驗中，偏好指數接近 0，然而進行非選擇試驗時，偏好指數卻躍升至 0.8，為什麼在兩種不同試驗中會有那麼大的差異呢？綠豆與紅豆為同屬且親緣關係相當接近 (Hu *et al.*, 2000)，四紋豆象在綠豆上的存活率僅次於紅豆，綠豆亦為四紋豆象的合適寄主之一 (Shiau, 1994)。綠豆其實是相當適合四紋豆象生存的，在非選擇試驗中，綠豆的偏好指數相當高 (0.8)，顯示豆象成蟲也能測知該訊息。綠豆雖然小，但可能其發散的氣味、表皮具有的化學物質以及物理結構，能提供訊息指示雌豆象該寄主是適合子代生存的。但是在自由選擇試驗中，綠豆與其他寄主相較，重量太小，使得豆象對其偏好相對明顯降低。

在自由選擇及非選擇試驗中，豆象對花豆均表現較高的偏好指數，為什麼四紋豆象會花費那麼多卵在子代無法存活的花豆上？經解剖花豆，將被豆象為害的花豆對半剖開，解剖過的花豆都沒有幼蟲啃食的痕跡 (圖六 (A))；相對之下，圖六 (C) 為被豆象取食過的紅豆剖面，則可以很清楚看到幼蟲為害的食痕。進一步把卵下的種皮剖開，發現種皮下的子葉也很乾淨 (圖六 (B))。顯示幼蟲還沒有進入豆子前即已死亡，推測可能跟花豆種皮結構有關，致使剛孵化的幼蟲無法進入豆中取食而死亡。Nwanze and Horber (1976) 指出，不僅種皮厚薄會影響幼蟲鑽入豆內，種皮細胞排列方式亦會對幼蟲取食產生影響。豆象在產卵時會依寄主大小、氣味、種皮結構與質感來做選擇 (Mitchell, 1990)，尚未有文獻記載其能獲得寄主種皮厚薄之資訊。在花豆上所得高卵數及低存活率的結果，也透露了四紋豆象對寄主種皮厚薄這種物理特徵偵測反應不良，以至於在花豆上無法為子代作適當的寄主選擇。

四紋豆象在寄主內羽化後會咬破寄主種皮得以離開寄主而能自由活動，此種皮被破壞的部位亦即蛹室之開孔。豆象在存活率較高的寄主；紅豆以及綠豆上的蛹室開孔較大，周圍也較為平整 (圖七 A、B)。在存活率低的寄主；黑豆和黃豆上蛹室外的開孔較小，周圍並有明顯的缺刻 (圖七 C、D)。這種狀況造成某些豆象個體雖然已順利羽化，但是由於種皮厚度或是結構的影響，使成蟲無法咬出適合的開孔，進而困死於豆中 (圖七 D、E)，成蟲對寄主種皮適應不良，可能是成蟲在黑豆以及黃豆上低存活率的因子之一。綜合上述兩點寄主種皮的效應，種皮會影響幼蟲的存活適應，同時也會干擾成蟲離開寄主的過程。

自由選擇與非選擇試驗中，四紋豆象偏好性最高的均是紅豆，即紅豆上的卵數在兩組試驗中都是最高的，顯示四紋豆象對紅豆偏好的穩定性。而兩種試驗中結果的差異，則顯示在不同寄主同時存在時，四紋豆象對於各種寄主會加以比較，選擇標準也會不同於面對單一寄主時所採用的行為策略。影響雌蟲產卵偏好的因子中，寄主大小與寄主所含化學物質可能是關鍵的因子，雌蟲透過偵測寄主的物化特性及比較寄主大小，作出產卵選擇，以選出子代存活率較高的寄主。選汰的作用則將具有不適應偵測系統的豆象淘汰。慢慢選出產卵偏好與子代存活率配合的行為。然在不同種類昆蟲中，親代的產卵偏好與子代取食適應的配合性，仍然存在著相當大的變異性。當然，配合性較差的物種並不能被歸類於“失敗”的種類。選汰對於生物的作用力是來自多方面的，包括的不只寄主植物的選擇，天敵、棲所的競爭、寄生者等等的因素，都會對其適應值造成不同程度的影響。由於四紋豆象的幼蟲相當脆弱且不具有遷移能力，雌蟲對寄主的選擇攸關幼蟲的存亡，寄主選擇對於四紋豆象極具生態意義，所

以我們可以發現，四紋豆象雌蟲對於不同寄主之偏好性與其子代存活率之間，仍具有顯著的相關性。

誌 謝

本研究為國科會大專學生參與專題研究計劃 (NSC91-2815-C-002-067-B) 之成果，承國科會經費補助，特此致謝。又本研究計劃承國立台灣大學昆蟲學系暨研究所彭武康、李後晶教授提供寶貴意見亦一併致謝。

引用文獻

- Brown, L., and J. F. Downhower.** 1988. Oviposition by bean beetles. pp. 78-82. *In*: L. Brown, and J. F. Downhower, eds. *Analyses in Behavioral Ecology: A Manual for Lab and Field*. Sinauer Associates, City, MA.
- Gokhale, V. G., H. Honda, and I. Yamamoto.** 1990. Role of physical and chemical stimuli of legume host seeds in comparative ovipositional behaviour of *Callosobruchus maculatus* (Fab.) and *C. chinensis* (Linn.) (Coleoptera: Bruchidae) pp. 45-51. *In*: K. Fujii, M. R. Gatehouse, C. D. Johnson, R. Mitchell, and T. Yoshida, eds. *Bruchids and Legumes: Economics, Ecology and Coevolution*. Kluwer Academic, London, England Dordrecht, Country.
- Horng, S. B.** 1997. Larval competition and egg-laying decisions by the bean weevil, *Callosobruchus maculatus*. *Anim. Behav.* 53: 1-12.
- Hu, J. M., M. Lavin, M. F. Wojciechowski, and M. J. Sanderson.** 2000. Phylogenetic systematic of the tribe Millettieae (Leguminosae) based on chloroplast trnK/matK sequences and its implications for evolutionary patterns in Papilionoideae. *Am. J. Bot.* 87: 418-430.
- Hu, T.** 1989. Effects of gamma radiation on the cowpea weevil (*Callosobruchus maculatus* (Fab.)). Ph. D. dissertation. National Taiwan Univ., 127 pp (in Chinese).
- Hu, W. T., Y. C. Lan, and S. B. Horng.** 1995. Effects of bean size on larval competition and oviposition preference of *Callosobruchus maculatus*. *Chinese J. Entomol.* 15: 321-332 (in Chinese with English abstract).
- Mitchell, R.** 1975. The evolution of oviposition tactics in the bean weevil, *Callosobruchus maculatus* (F.). *Ecology* 56: 696-702.
- Mitchell, R.** 1990. Behavioral ecology of *Callosobruchus maculatus*. pp. 317-330. *In*: K. Fujii, M. R. Gatehouse, C. D. Johnson, R. Mitchell, and T. Yoshida, eds. *Bruchids and Legumes: Economics, Ecology and Coevolution*. Kluwer Academic, Dordrecht, London, England Country.
- Nwanze, K. F., and E. Horber.** 1976. Seed coat of cowpeas affect oviposition and larval development of *Callosobruchus maculatus*. *Environ. Entomol.* 5: 213-

218.

Shiau, Y. S. 1994. The effects of oviposition behavior on fitness in *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Bruchidae). MSc thesis. National Taiwan Univ., 57 pp (in Chinese).

Southgate, B. J. 1979. Biology of the Bruchidae. *Annu. Rev. Entomol.* 24: 449-473.

Wilson, K. 1988. Egg laying decision by

the bean weevil *Callosobruchus maculatus*. *Ecol. Entomol.* 13: 107- 118.

Yang, R. L., and S. B. Horng. 2002. Host size discrimination and oviposition behavior of the seed beetle, *Callosobruchus maculatus* (F.). *Formosan Entomol.* 22: 343-357.

收件日期：2003年9月15日

接受日期：2003年12月18日

Interactions between Host Preference and Offspring Survivorship of *Callosobruchus maculatus* (Fab.)

I-Cheng Cheng, Rou-Ling Yang, and Shwu-Bin Horng*

Institute of Entomology, National Taiwan University, Taipei 106, Taiwan, R.O.C.

ABSTRACT

The aim of this study was to reveal the host-choice mechanism of the seed beetle, *Callosobruchus maculatus*, under a condition when different hosts are provided. Also we studied how female beetles select their hosts and whether this is related to the feeding demand of their larvae. Six different species of seeds including adzuki bean, hairy dumaisa, pigeon pea, soybean, mung bean, and maize, were used in our experiments, and both free-choice and non-choice tests were conducted. In the free-choice test, six different species of seeds were provided at the same time, while in the non-choice test, hosts of each species were provided separately. In the free-choice test, both the survivorship of offspring and the host size showed a positive relationship with the numbers of eggs laid on the seed. However, in the non-choice test, only the survivorship of offspring and the numbers of eggs laid showed a positive relationship, while there was no significant correlation between seed size and the numbers of eggs laid on the seed. Taken together, these results suggest that the female can choose appropriate hosts for her offspring both in free-choice and non-choice test arenas, showing a positive relationship between host preference and survivorship of offspring in both tests. Comparison of the preference indices between free-choice and non-choice tests suggests that *C. maculatus* may use a relative rule to select a host on which to lay her eggs when different hosts are provided at the same time.

Key words: *Callosobruchus maculatus*, host preference, survivorship, choice test