



Effects of Bean Size on Larval Competition and Oviposition Preference of *Callosobruchus maculatus* 【Research report】

寄主大小對四紋豆象 (*Callosobruchus maculatus*) 幼蟲競爭及產卵偏好之影響【研究報告】

Wei-Ting Hu, Yenn-Chiou Lan and Shwu-Bin Horng*
胡為婷、藍艷秋、洪淑彬*

*通訊作者E-mail :

Received: Accepted: 1995/11/23 Available online: 1995/12/01

Abstract

Deposition of the bean weevil *Callosobruchus maculatus* (Fab.) on beans was found to be always in a nearly uniform distribution which reduced larval competition and increased larval fitness. To understand the competition between larvae, the survivorship of the 4C6-4 strain of bean weevil was investigated under different treatments, such as different bean sizes and number of larvae per bean. The results showed that the greater the number of larvae in a bean, the lower the survivorship of the larvae. This was especially true in smaller beans where resources are limited, and therefore the survival curve of larvae in smaller beans decline distinctly. Provided with various ratios of large and small beans, the female preferred to lay her eggs on larger ones. This preference decreased with decreasing ratios of large beans. Comparison between predicted and observed values of mean crowding showed that the oviposition behavior of the female was influenced by the relative encounter rate and the quality of beans; therefore, the female seemed to lay her eggs by a relative rule.

摘要

四紋豆象雌蟲產卵在豆上，一般趨近於均勻分布，此種行為可以減少幼蟲的競爭，而使子代適存值增大。在本研究中首先探討4C6-4品系四紋豆象幼蟲在大、小紅豆中存活情形，以瞭解幼蟲資源競爭的程度。結果顯示，隨豆中幼蟲密度的增加，幼蟲的存活率即降低，尤其在小紅豆中，其幼蟲存活率下降最為劇烈，幼蟲所受競爭壓力最大。以不同比例大、小紅豆供給雌蟲進行產卵選擇，結果顯示，雌蟲產卵皆偏好大紅豆，但偏好程度隨大紅豆的比例下降而降低，且隨產卵日數的增加，對大紅豆的偏好性也逐漸降低。以產卵選擇模式預測之產卵分布變動情形與實驗觀測值相比較，推測雌蟲產卵法則為相對法則而非絕對法則。

Key words: *Callosobruchus maculatus*, competition, oviposition preference, oviposition rule, bean size.

關鍵詞: 四紋豆象、競爭、產卵偏好、產卵法則、寄主大小。

Full Text:  [PDF\(0.63 MB\)](#)

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

寄主大小對四紋豆象(*Callosobruchus maculatus*) 幼蟲競爭及產卵偏好之影響

胡為婷 藍艷秋 洪淑彬* 國立臺灣大學植物病蟲害學系 臺北市羅斯福路四段1號

摘 要

四紋豆象雌蟲產卵在豆上，一般趨近於均勻分布，此種行為可以減少幼蟲的競爭，而使子代適存值增大。在本研究中首先探討4C6-4品系四紋豆象幼蟲在大、小紅豆中存活情形，以瞭解幼蟲資源競爭的程度。結果顯示，隨豆中幼蟲密度的增加，幼蟲的存活率即降低，尤其在小紅豆中，其幼蟲存活率下降最為劇烈，幼蟲所受競爭壓力最大。以不同比例大、小紅豆供給雌蟲進行產卵選擇，結果顯示，雌蟲產卵皆偏好大紅豆，但偏好程度隨大紅豆的比例下降而降低，且隨產卵日數的增加，對大紅豆的偏好性也逐漸降低。以產卵選擇模式預測之產卵分布變動情形與實驗觀測值相比較，推測雌蟲產卵法則為相對法則而非絕對法則。

關鍵詞：四紋豆象、競爭、產卵偏好、產卵法則、寄主大小

前 言

四紋豆象(*Callosobruchus maculatus* (Fab.))是一種內食性的昆蟲，雌蟲將卵產在寄主豆上，剛孵化的幼蟲咬穿卵殼，並穿透種皮，開始取食寄主豆，並在豆中成長、發育，直到羽化才離開寄主豆(Southgate, 1979)。幼蟲在成熟之前，無法離開寄主豆自行尋找可利用的資源，因此，當一顆寄主豆中有二隻以上的幼蟲時，幼蟲便面臨競爭有限資源的情形(Singer, 1986)。一般而言，寄主豆愈大，豆內之幼蟲存活率愈高(Mitchell, 1975)，但當豆內的幼蟲密度增加時，則幼蟲的存活率將隨之而降低(Mitchell, 1990; Mi-

tchell and Thanthianga, 1990)。幼蟲之間的競爭並可能對其發育時間、羽化成蟲之體重及子代之產卵量等產生影響(Moller *et al.*, 1989)；當寄主豆上卵密度增加時，幼蟲發育日數即延長(Mitchell, 1975; 1990)，又羽化子代之重量及子代之產卵量亦隨幼蟲密度的增加而下降(Credland *et al.*, 1986; Messina, 1990)。不過，上述幼蟲競爭的影響在不同品系間其程度也有所不同(Credland *et al.* 1986; Toquenaga, 1990; Messina, 1991)，例如Lin(1993)指出，在4C6-4品系四紋豆象，不論紅豆內的幼蟲密度為何，只要能存活並羽化，雌蟲的產卵量、子代羽化率和子代存活率並無顯著差異。

影響四紋豆象雌蟲產卵行為的因子相當多，例如寄主豆的種類、大小、數量及豆上的卵數等(Messina, 1991)，皆會對雌蟲產卵行為造成影響，進而影響雌蟲的產卵數及產卵分布。四紋豆象雌蟲產卵傾向於均勻分布(Utida, 1943; Mitchell, 1975; Messina and Renwick, 1985; Credland *et al.*, 1986; Wilson, 1988; Messina and Mitchell, 1989; Lin, 1993)，即雌蟲將卵均勻地產在寄主豆上，以降低同一豆內幼蟲競爭的壓力，並提高它本身的適存值(fitness) (Mitchell, 1975; Credland *et al.*, 1986)，因此顯示雌蟲產卵時是經過選擇的。Wilson(1988)認為雌蟲產卵時是依絕對法則(absolute rule)來作決定，亦即豆象僅依豆上卵密度來決定其產卵的機率。而Mitchell(1975, 1990)則認為，四紋豆象雌蟲以前一顆所遇見寄主豆的重量及其上之卵數與現在所遇見的寄主豆作比較，進行產卵的決定，因此提出相對法則(relative rule)。

由於雌蟲產卵過程係先遭遇寄主，接著再依據產卵法則及所遭遇寄主的特性以決定是否產卵。本文假定雌蟲隨機尋找寄主，因此雌蟲遭遇某一特性之寄主(具不同卵數、不同大小、不同種類)的機率與環境中具有此種特性寄主的比例成正相關。此外，本文亦假設雌蟲接受某一寄主豆的機率與其產卵後所能獲得的適存值(即子代羽化率)成正比。若雌蟲產卵行為具減少幼蟲種內競爭的功能，則在給定的不同條件下，即可根據寄主豆的遭遇機率、接受機率及產卵法則，預測雌蟲的產卵行為反應，比較雌蟲產卵行為與預測行為，即可檢測上述假說。本研究為瞭解種內競爭對四紋豆象雌蟲產卵行為之影響，以及探究上述雌蟲產卵行為過程假說的正確性，故以累代飼育於紅豆中的4C6-4品系四紋豆象為實驗材料，首先進行子代競爭試驗

以獲得估算雌蟲對特定寄主豆之接受機率；其次，探討不同大、小寄主豆對雌蟲遭遇特定寄主機率之作用，進而以雌蟲產卵行為反應驗證前述假說之正確性。

材料與方法

一、蟲源及飼養方法

試驗用之4C6-4品系四紋豆象係由胡燦博士提供，分離自購買之紅豆(Hu, 1989)。此品系在實驗室內經多年累代飼養，生物特性已趨於穩定。

試驗蟲源係以省產紅豆(*Vigna angularis*)為飼料，先置於 -18°C 之冷藏庫中至少兩週，以殺死所含之昆蟲，使用前取出置於室溫中至少五天，以恢復其溫度及含水量。

飼養時，將已交尾、一日齡的雌四紋豆象約10至13隻，放入內置四分之一盒紅豆(約1,000顆)的圓形透明塑膠盒內(直徑9.5cm，高5.5cm)，不供給食物或水，令其產卵至死亡為止，此種條件下，紅豆上的平均卵密度約1至2顆；幼蟲在盒內的紅豆中取食、生長、發育，至成蟲羽化而出。羽化期間，每日將羽化的成蟲移去，供試驗或飼養使用。試驗只取用第一子代的成蟲，待成蟲羽化完畢後，此盒即捨去不用，以保持供試成蟲的幼蟲期食物充足，生長環境不受影響。飼養及試驗均在 $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、45%~60% R.H.、全暗的生長箱中進行。

二、紅豆大小對幼蟲競爭之影響

為瞭解不同大小紅豆中，不同幼蟲密度下幼蟲之存活情形。先將紅豆分成大、中、小三類(以微量天平秤重，大紅豆平均重量為 $150 \pm 17\text{mg}$ ($n=25$)，中紅豆平均重量為 $99 \pm 10\text{mg}$ ($n=25$)，小紅豆平均重量為 $77 \pm 13\text{mg}$ ($n=25$)，將已交尾、一日齡的雌蟲置於分別含大、中、小三種紅豆之塑膠培

養皿(直徑3.5cm, 高1cm, 以下所述之塑膠培養皿均與此同規格)中, 在24小時後, 將雌蟲移去, 並挑選具1至5粒卵的紅豆, 依孵化之幼蟲數歸類, 同時將挑出的紅豆($n=105$)分別置於塑膠培養皿中, 並一一以微量天平測量所挑選紅豆之重量, 逐日記錄每顆紅豆中所羽化出之成蟲之羽化日期、成蟲性別、羽化率及雌成蟲之重量。就上述各參數分別進行變方分析, 以檢測紅豆大小及幼蟲密度之作用是否顯著。此外, 就大、中、小豆之不同幼蟲密度分別統計子代羽化率, 以此存活率(Y)對幼蟲密度(X)進行迴歸分析, 以求得 $Y=aX^{-b}$ 之迴歸方程式, a為每豆中僅一隻幼蟲時之存活率, 可代表幼蟲在沒有競爭時對寄主之適應程度, 而b則為幼蟲數變動時, 存活率降低的程度, 因此可視為競爭係數, 以比較寄主大小對幼蟲競爭之影響。

三、雌蟲對大小紅豆之產卵偏好

為探討供應寄主比例及試驗期間對四紋豆象產卵偏好之影響, 除將紅豆依前述方法分類不同大小外, 亦測量大、小紅豆的截面積, 其平均分別為 $28.12 \pm 0.61 \text{mm}^2$ ($n=10$)及 $15.90 \pm 0.57 \text{mm}^2$ ($n=10$)。

以大、小紅豆粒數比為50:0、40:10、25:25、10:40及0:50等五種處理組, 將總數為50顆之紅豆置於玻璃培養皿中(直徑5.5cm, 高1.5cm, 以下所述之玻璃培養皿均與此同規格), 接入剛羽化一小時內之2隻雄蟲及1隻雌蟲, 每處理10重覆。24小時後將雄蟲移去, 並記錄每隻雌蟲在不同大、小紅豆上之產卵數及分布, 連續記錄5天。就每處理組統計每日之累計產卵數與產卵於大紅豆之比例, 並以Manly氏的 α 指標來校正供應不同大、小紅豆之比例(Manly *et al.*, 1972; Krebs, 1989), 以計算在供應相同數量大、小紅豆時, 雌蟲對兩者的偏好係數。

此外, 亦就產卵分布計算各樣品之U值

(Messina and Mitchell, 1989), 以比較各處理組雌蟲產卵分布的均勻程度。另以Horng (1994)所建立的產卵選擇模式預測雌蟲採取相對和絕對法則時的產卵分布(以平均擁擠度 mean crowding, m^* 表示; Iwao, 1968), 與試驗值比較, 以驗證雌蟲採行何種產卵法則。

結 果

一、紅豆大小對幼蟲競爭之影響

自大小紅豆中羽化之成蟲, 依不同幼蟲密度分別統計其羽化日數, 得知從大、中、小三類紅豆中羽化之成蟲, 其羽化日數並無顯著差異($P>0.05$), 但不同密度之各處理組間, 其成蟲羽化日數則有顯著差異($P<0.05$)。自大紅豆中羽化之成蟲, 在不同幼蟲密度下, 其平均羽化日數自31.1至32.6日, 處理間並無顯著差異($P>0.05$); 而自中紅豆中羽化之成蟲, 其平均羽化日數則以每豆中5隻幼蟲之高密度組最長, 而每豆中具2隻幼蟲組最短; 從小紅豆中羽化之成蟲, 仍以較高密度之每豆中4隻或5隻幼蟲時, 其平均羽化日數較長, 而低密度則較短(表一)。

將羽化之雌蟲重依大、中和小紅豆分別統計, 結果顯示三種大小紅豆間沒有顯著差異($P>0.05$), 但不同密度之各處理組間, 其雌蟲重則有顯著差異($P<0.05$)。其中, 大和中紅豆之各種幼蟲密度處理間雌蟲重沒有顯著差異($P>0.05$); 而小紅豆則在各幼蟲密度間有顯著差異($P<0.05$)(表二)。

統計各處理組之成蟲羽化率, 由圖一可知, 當紅豆中的幼蟲數增加時, 在大紅豆中的幼蟲存活率大於中紅豆中的存活率, 後者又大於在小紅豆中的存活率。亦即紅豆愈大, 幼蟲之存活情形愈好。此外, 無論紅豆的大小, 幼蟲存活率均會隨豆中幼蟲密度的

表一 不同紅豆大小及不同幼蟲密度下，4C6—一品系四紋豆象之羽化日數

Table 1 Mean durations(mean±S.E.) from egg to adult emergence of the 4C6—4 strain *Callosobruchus maculatus* with various larval densities and azuki bean sizes

Larval density / bean	Days		
	Large beans	Medium beans	Small beans
1	31.1 ^a ±0.4	31.0 ^{ab} ±0.4	31.3 ^{ab} ±0.7
2	31.6 ^a ±0.5	30.1 ^a ±0.4	30.2 ^a ±0.4
3	32.6 ^a ±0.9	30.7 ^a ±0.4	30.7 ^a ±0.5
4	31.4 ^a ±0.4	31.3 ^{ab} ±0.6	33.7 ^c ±1.0
5	31.1 ^a ±0.5	32.4 ^b ±0.7	32.7 ^{bc} ±0.4

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different ($P>0.05$; LSD).

表二 自不同幼蟲數及不同大小紅豆中羽化之4C6—4品系四紋豆象雌蟲體重

Table 2 Body weights(mean±S.E.) of females of the 4C6—4 strain of the bean weevil *Callosobruchus maculatus* emerged from azuki beans with various larval densities and different bean sizes

Larval density / bean	Mean body weight(mg)		
	Large beans	Medium beans	Small beans
1	6.38 ^a ±0.11	6.26 ^a ±0.20	6.55 ^{bc} ±0.19
2	6.34 ^a ±0.29	6.46 ^a ±0.17	5.69 ^a ±0.17
3	5.80 ^a ±0.41	6.22 ^a ±0.12	7.70 ^c ±0.30
4	5.45 ^a ±0.36	6.09 ^a ±0.31	6.05 ^{ab} ±0.35
5	6.25 ^a ±0.26	6.29 ^a ±0.31	6.15 ^{ab} ±0.53

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different ($P>0.05$; LSD)

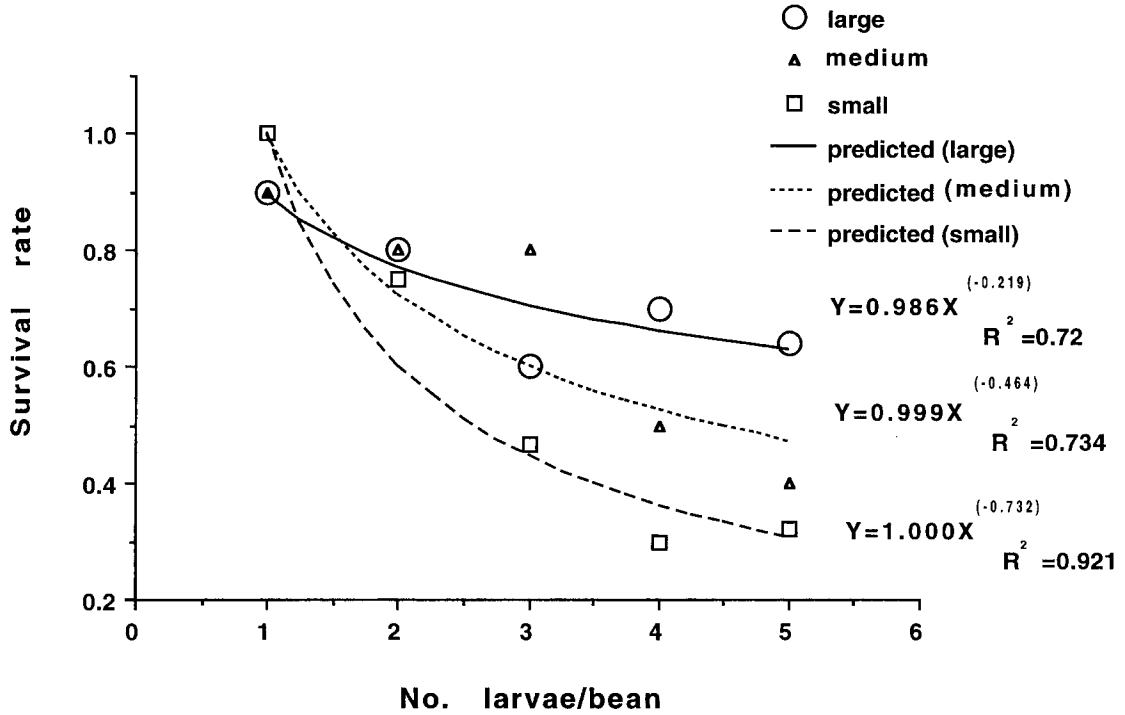
增加而呈下降的趨勢；亦即在一顆紅豆中幼蟲數愈多，幼蟲的存活率就愈低，顯示同一顆紅豆中的幼蟲有競爭現象，且受幼蟲密度影響甚鉅。但是，其下降的程度則並不一致；大紅豆的的存活率下降最為平緩，競爭係數為0.219；而小紅豆中的存活率下降最為劇烈，競爭係數高達0.732。因此，小紅豆中的幼蟲競爭遠大於大紅豆者。

二、雌蟲對大小紅豆之產卵偏好

在提供不同比例大、小紅豆混合的情況下，雌蟲之產卵量沒有顯著差異(表三)。在產卵偏好方面，當大紅豆比例為0.8時，雌蟲產卵在大紅豆上的比例約為0.9；而當大紅豆佔0.5時，雌蟲產卵在大紅豆上的比例約為0.6

—0.7；而在大紅豆比例為0.2時，則雌蟲產卵在大紅豆上的比例僅約0.2—0.4(圖二)。無論混合比例為何，雌蟲產卵在大紅豆上的比例都高於大紅豆的比例，也就是說，雌蟲偏好在在大紅豆上產卵。

為了比較各種大、小紅豆混合比例組雌蟲產卵偏好的程度，將各處理組產在大紅豆上卵之比例校正為偏好指數，亦即當提供寄主比例相同時，產卵於大紅豆之比例。偏好指數為0.5時表示雌蟲對大、小紅豆沒有偏好，偏好指數愈大，則偏好性愈強。當大紅豆比例為0.8時，雌蟲對大紅豆的產卵偏好最強，而當大紅豆的比例為0.2時，其產卵偏好最低(圖三)。又無論大、小紅豆所佔比例為



圖一 4C6-4品系四紋豆象在不同大小紅豆中幼蟲的存活率。

Fig. 1. Survivorship of the 4C6-4 strain of the bean weevil *Callosobruchus maculatus* larvae in different sizes of azuki beans with varied numbers of larvae per bean.

表三 4C6-4品系四紋豆象雌蟲在不同比例之大、小紅豆中前五日之累積產卵數

Table 3 Number of eggs (mean \pm S.E.) laid by females of the 4C6-4 strain of the bean weevil *Callosobruchus maculatus* on various proportions of large azuki beans for the first five days after emergence

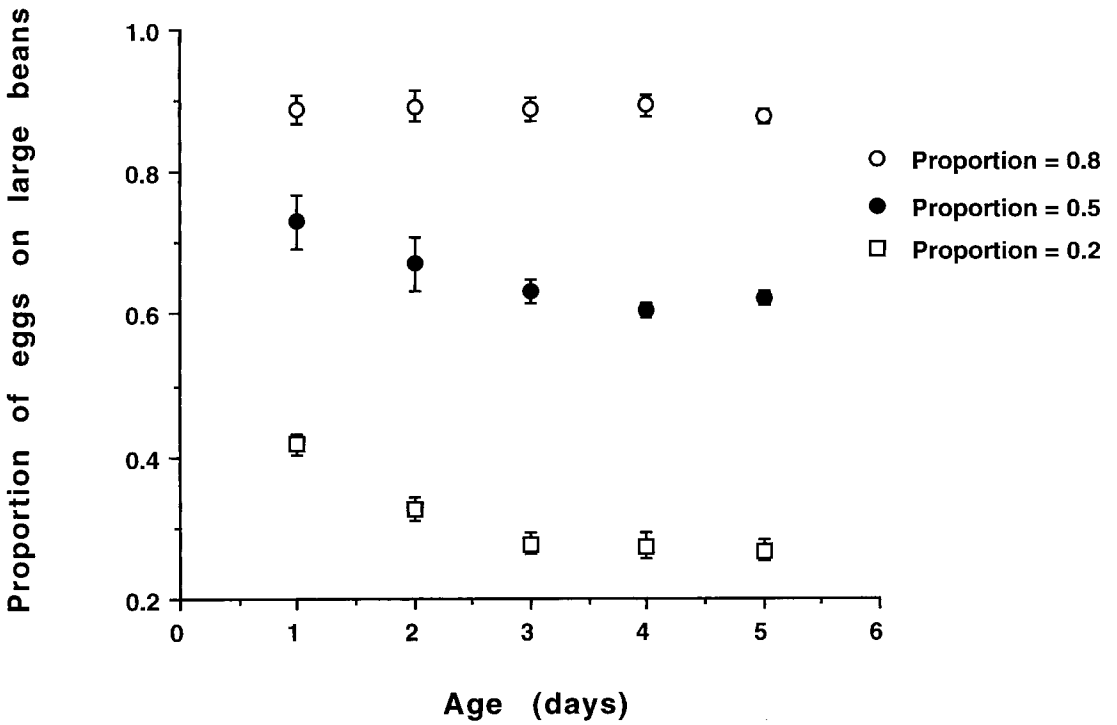
Age (days)	Proportion of large beans				
	0	0.2	0.5	0.8	1
1	19.3 ^a \pm 1.1	20.4 ^a \pm 1.9	17.1 ^a \pm 1.6	17.8 ^a \pm 1.5	17.4 ^a \pm 1.5
2	34.8 ^a \pm 1.4	33.8 ^a \pm 3.1	33.4 ^a \pm 3.5	31.8 ^a \pm 1.9	34.5 ^a \pm 2.6
3	48.6 ^a \pm 2.2	49.2 ^a \pm 3.6	49.6 ^a \pm 3.6	44.6 ^a \pm 2.3	48.9 ^a \pm 3.4
4	58.1 ^a \pm 1.8	59.0 ^a \pm 3.9	60.5 ^a \pm 2.5	56.1 ^a \pm 2.9	59.1 ^a \pm 4.4
5	64.8 ^a \pm 1.9	67.7 ^a \pm 5.0	68.0 ^a \pm 3.2	64.6 ^a \pm 2.4	65.4 ^a \pm 4.8

Means in the same row followed by the same letter are not significantly different ($P > 0.05$; LSD)

何，雌蟲對大紅豆的產卵偏好都隨產卵日數增加而呈下降的趨勢(圖三)；推測產卵日數增加伴隨豆上卵密度的增加，會使雌蟲的產

卵偏好由大紅豆轉移到小紅豆上。

由表四得知，無論大、小紅豆之比例為何，雌蟲產卵分布之U值以第1日最高，並均



圖二 供給不同比例大、小紅豆時，4C6-4品系四紋豆象雌蟲產卵在大紅豆上的比例。

Fig. 2. Proportion of eggs laid on large beans by females of the 4C6-4 strain of the bean weevil *Callosobruchus maculatus* with various size ratios of azuki bean.

表四 4C6-4品系四紋豆象雌蟲在不同比例之大、小紅豆中前五日之產卵分布(U值)

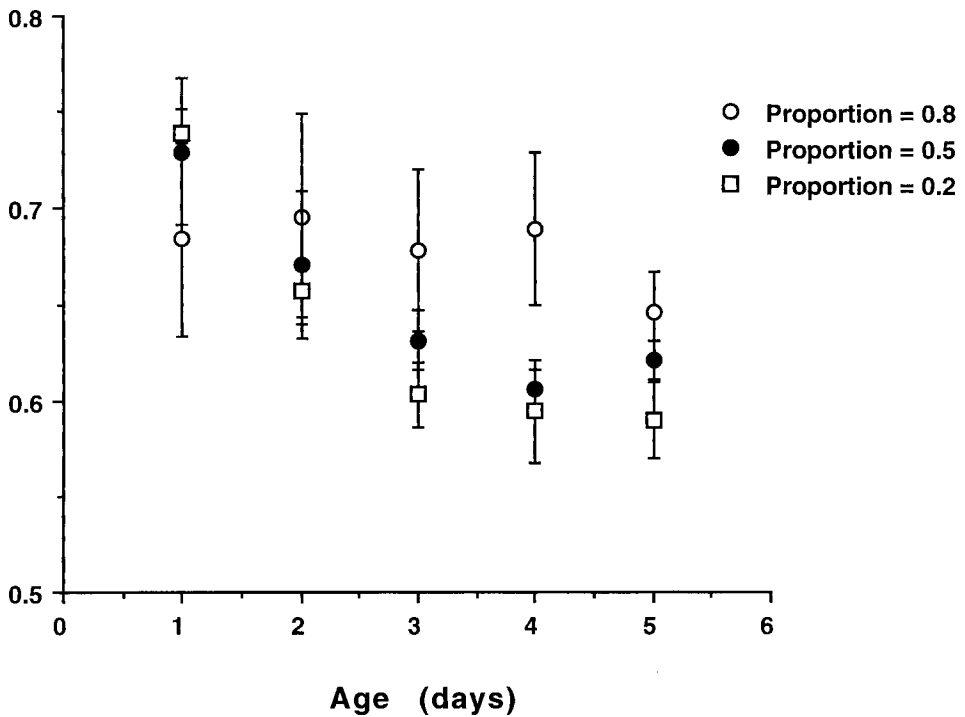
Table 4 Egg dispersion(U values) of females of the 4C6-4 strain of the bean weevil *Callosobruchus maculatus* laid on seeds with various proportions of large azuki beans in the first five days after emergence

Age (days)	Proportion of large beans				
	0	0.2	0.5	0.8	1
1	0.913 ^b	0.878 ^b	0.908 ^b	0.908 ^b	1.000 ^a
2	0.871 ^a	0.797 ^{bc}	0.749 ^c	0.667 ^d	0.840 ^{ab}
3	0.812 ^a	0.675 ^c	0.570 ^d	0.566 ^d	0.750 ^b
4	0.823 ^a	0.754 ^b	0.663 ^c	0.617 ^c	0.870 ^{ab}
5	0.860 ^a	0.749 ^b	0.717 ^b	0.709 ^b	0.834 ^a

Means in the same row followed by the same letter are not significantly different ($P > 0.05$; LSD)

隨日齡而降低，至第3日最低，隨後再升高。就各日齡分別比較不同大小紅豆比例之處理

組間，其產卵分布亦均有顯著差異 ($P < 0.05$)，且其變動趨勢亦大致相似。其中以全部皆



圖三 供給不同比例大、小紅豆時，4C6-4品系四紋豆象雌蟲對大紅豆之偏好性。

Fig. 3. Oviposition preference on large beans by females of the 4C6-4 strain of the bean weevil *Callosobruchus maculatus* on various size ratios of azuki bean.

為小紅豆試驗組的產卵分布最為均勻，大紅豆組次之，混合組中，其產卵分布之均勻程度則依小紅豆所佔比例降低而降低，即大紅豆的比例為0.8時，產卵分布最不均勻。

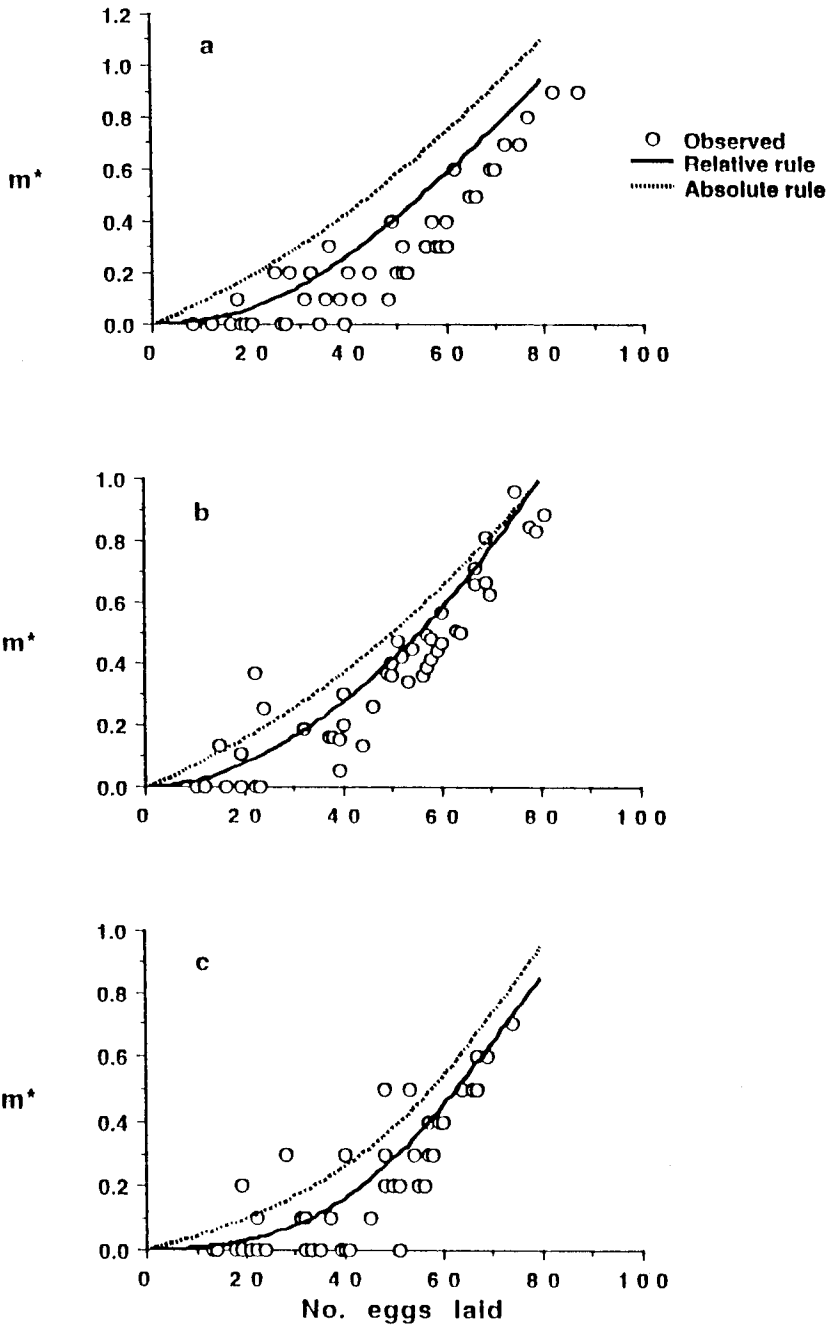
就全部皆為大紅豆、大紅豆的比例為0.5及皆為小紅豆三組處理，以產卵選擇模式分別預測雌蟲採取相對法則及絕對法則之產卵分布變動，並與試驗觀測值加以比較(圖四)。結果顯示，採行相對法則的雌蟲其產卵分布皆較採行絕對法則者擁擠度低，亦即其產卵分布較為均勻。而三組間其擁擠度高低則依次為：混合組>大紅豆組>小紅豆組，即產卵分布以小紅豆組最為均勻，此結果與U值之分析相符。無論大、小紅豆或混合比例

處理組，皆以採行相對法則的預測值與試驗觀測值的產卵分布變動較為相符。

討 論

一、紅豆大小對幼蟲競爭之影響

Mitchell(1975)指出，寄主豆愈大，豆內之幼蟲存活率愈高。在4C6-4品系四紋豆象中亦有相同情形；由試驗結果得知，寄主豆較大時，資源較豐富，幼蟲存活率較高；反之，寄主豆較小時，幼蟲存活率偏低(圖一)。由此可知，寄主豆的大小對於子代存活情形扮演重要角色。從另一方面來看，隨著豆中幼蟲密度之增加，無論在大、中或小紅



圖四 供給不同比例大、小紅豆時，4C6-4品系四紋豆象雌蟲實際產卵在大紅豆上的平均擁擠度 (m^*) 與二種產卵法則之預測值比較，a、b、c分別為大紅豆比例為1、0.5及0。

Fig. 4. The observed egg dispersion (mean crowding, m^*) of the 4C6-4 strain of *Callosobruchus maculatus* and that predicted by an absolute or relative rule with various proportions of large azuki beans. Proportion of large beans in a, b, and c are 1, 0.5, and 0, respectively.

豆中，幼蟲的存活率都會隨之下降，亦即，一旦有二隻以上幼蟲共處一室時，由於資源有限，便造成了幼蟲間的相互競爭(Mitchell, 1990)。由存活率明顯下降的趨勢來看，4C6-4品系四紋豆象應屬於競爭較為激烈的品系。

自然選汰理論中的一個很重要的觀點是每一世代中，只有少數個體可以在競爭中獲得足夠資源，成長發育至成熟，因而留存下來(Manfred and Parker, 1991)。由圖一可知，幼蟲存活曲線以大紅豆試驗組下降得最平緩，競爭係數最低，而以小紅豆試驗組下降得最為劇烈，競爭係數最高，顯示在一豆中有超過二隻以上幼蟲時，大紅豆所能供給的資源尚能支持較多隻幼蟲羽化為成蟲，而在小紅豆中，則由於資源有限，所以一旦幼蟲數增多，即顯示了競爭的結果——僅極少數幼蟲得以羽化為成蟲。

二、雌蟲對大小紅豆之產卵偏好

由於幼蟲在大紅豆中的存活率較高，因此，選汰上有利於偏好在在大紅豆上產卵行為的保留(Mitchell, 1975; 1990)。試驗結果證實：4C6-4品系四紋豆象雌蟲在產卵時的確偏好大紅豆(圖二)。雌蟲產卵時，首先要遭遇寄主，接著依循某些法則決定接受機率。因此從遭遇與接受機率的分析，將有助於闡明雌蟲特殊產卵行為之原因。由於大、小紅豆體積不同，因此，在試驗中雌蟲遭遇大、小紅豆的機率並不相同，而雌蟲遇到寄主的機率與其截面積成正比(Shiau *et al.*, 1994)，因此本試驗亦以大、小紅豆之截面積比作為其遭遇之相對機率，以進一步比較雌蟲對大紅豆的產卵偏好。由測量結果得知，大、小紅豆的截面積各為 $28.12 \pm 0.61 \text{mm}^2$ 及 $15.90 \pm 0.57 \text{mm}^2$ ($n=10$)。其比約為7:4，亦即雌蟲遭遇大、小紅豆的機率應為0.64:0.36。若雌蟲產卵並未偏好大紅豆而僅由相遇機率來

決定產卵於何種豆上，那麼對大紅豆的偏好指數(α)應落在0.64左右(圖三)，但在產卵初期，偏好指數皆高於此一數值，顯示即使大、小紅豆的遭遇機率相等，雌蟲對大紅豆的產卵接受機率仍較高。結果中亦顯示，隨大紅豆比例的增加，雌蟲產卵時對大紅豆的偏好性也隨之增加。而無論大紅豆所佔比例為何，雌蟲產卵時均會隨產卵日數的增加而對大紅豆的偏好有下降的趨勢。由於開始產卵時，不具卵的大、小紅豆比例很高，而雌蟲先選擇於大紅豆上產卵，隨著產卵日數增加，大紅豆上的卵密度也隨之增加，此時雌蟲在大紅豆上所能獲得的適存值降低(圖一)，當大紅豆所能提供的適存值低於小紅豆之適存值時，雌蟲便轉移寄主到小紅豆上產卵，以提高本身的適存值。

由前述試驗結果得知，在小紅豆中之存活率遠低於大紅豆者(圖一)，其幼蟲競爭激烈，因此，推測雌蟲產卵時為提高適存值，降低子代競爭，在較小寄主豆上產卵時，產卵分布應較均勻。表四顯示，各處理組中雌蟲產卵分布均勻程度以皆為小紅豆組最均勻，其次依序為大紅豆組、大紅豆比例為0.2組、0.5組及0.8組(表四)，產卵均勻程度隨小紅豆比例降低而降低。由於大紅豆較多時，雌蟲遭遇大紅豆的機率較高，而大紅豆的資源較豐富，因此雌蟲很可能將卵集中產於大紅豆上而拒絕在小紅豆上產卵，因此造成產卵分布較大紅豆組不均勻；反之，隨大紅豆比例的減少，雌蟲遭遇小紅豆的機率增大，由於在小紅豆中的幼蟲競爭較強，在具不同卵數紅豆上產卵所獲得的適存值差異較大，推測雌蟲對具不同卵數小紅豆的接受機率差異較顯著，因此雌蟲產卵分布較為均勻。此外，若豆象產卵時遵循絕對法則，則雌蟲對於大紅豆應有固定的接受機率。然而，從本試驗的結果可知，在供應不同比例大、小紅

豆的環境下，雌蟲對大紅豆的偏好也隨之改變，亦即雌蟲產卵時，會受到經驗過大、小紅豆所佔比例的影響，而改變了對大紅豆的偏好程度。因此可以推論，四紋豆象4C6-4品系雌蟲的產卵行為中，對不同大小寄主豆的選擇可能是根據相對法則：雌蟲比較所經驗過的寄主豆，而選擇狀況較好的寄主豆(較大或卵數較少)。

以模式預測雌蟲採行相對法則和絕對法則時雌蟲的產卵分布(圖四)，圖四亦顯示，以採行相對法則的雌蟲其產卵分布最接近試驗觀測值。因此本試驗結果支持四紋豆象雌蟲產卵時，應是採行相對法則的假說。

誌 謝

本研究承國科會經費補助(NSC 83-0409-B-002-009)，特此致謝。林俊耀先生協助部份實驗進行，王小情小姐協助文稿修飾，在此一併致謝。

參考文獻

- Credland, P. F., K. M. Dick, and A. W. Wright.** 1986. Relationships between larval density, adult size and egg production in the cowpea seed beetle, *Callosobruchus maculatus*. *Ecol. Entomol.* 11: 41-50.
- Horng, S. B.** 1994. What is the oviposition decision rule by bean weevil, *Callosobruchus maculatus*? *Zool. Stud.* 33: 278-286.
- Hu, T.** 1989. Effect of gamma radiation on the cowpea weevil (*Callosobruchus maculatus*(Fab.)). Dissertation of Research Institute of Plant Pathology and Entomology, National Taiwan University, 127 pp. (In Chinese)
- Iwao, S.** 1968. A new regression method for analyzing the aggregation pattern of animal populations. *Res. Pop. Ecol.* 10: 1-20.
- Krebs, C. J.** 1989. *Ecological Methodology*. Harper and Row Publishers, New York. 654 pp.
- Lin, H. C.** 1993. The Effects of oviposition behavior on offspring competition in *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Bruchidae). Master's thesis. Research Institute of Plant Pathology and Entomology, National Taiwan University, 58 pp. (In Chinese)
- Manly, B. F. J., P. Miller, and L. M. Cook.** 1972. Analysis of a selective predation experiment. *Am. Nat.* 106: 719-736.
- Manfred, M., and G. A. Parker.** 1991. Competition for Resources. pp. 137-168. *in: Krebs, J. R. and N. B. Davies, eds. Behavioural Ecology*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Messina, F. J.** 1990. Alternative life-histories in *Callosobruchus maculatus*: environmental and genetic bases. pp. 303-315. *in: Fujii, K., A. M. R. Gatehouse, C. D. Johnson, R. Mitchell, and T. Yoshida, eds. Bruchids and Legumes: Economics, Ecology and Coevolution*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht.
- Messina, F. J.** 1991. Life-history variation in a seed beetle: adult egg-la-

- ying vs. larval competitive ability. *Oecologia* 85: 447-455.
- Messina, F. J., and R. Mitchell.** 1989. Intraspecific variation in the egg-spacing behaviour of the seed beetle *Callosobruchus maculatus*. *J. Insect Behav.* 2: 727-742.
- Messina, F. J., and J. A. A. Renwick.** 1985. Ability of ovipositing seed beetles to discriminate between seeds with differing egg loads. *Ecol. Entomol.* 10: 225-230.
- 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:* Fujii, K., A. M. R. Gatehouse, C. D. Johnson, R. Mitchell, and T. Yoshida, eds. *Bruchids and Legumes: Economics, Ecology and Coevolution*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht.
- Mitchell, R., and C. Thanthianga.** 1990. Are the oviposition traits of the South India strain of *Callosobruchus maculatus* maintained by natural selection? *Entomol. Exp. Appl.* 57: 143-150.
- Moller, H., R. H. Smith, and R. M. Sibly.** 1989. Evolutionary demography of a bruchid beetle. I. Quantitative genetical analysis of the female life history. *Funct. Ecol.* 3: 673-681.
- Singer, M. C.** 1986. The definition and measurement of oviposition preference in plant-feeding insects. pp. 65-94. *in:* Miller, J. R., and T. A. Miller, eds. *Insect-Plant Interactions*. Springer-Verlag Press, New York.
- Shiau, Y. S., L. W. L. Lai., and S. B. Horng.** 1994. Effects of oviposition behavior on host preference of *Callosobruchus maculatus*. *Chinese J. Entomol.* 14: 245-253. (In Chinese)
- Southgate, B. J.** 1979. Biology of the Bruchidae. *Annu. Rev. Entomol.* 24: 449-473.
- Toquenaga, Y.** 1990. The mechanisms of contest and scramble competition in bruchid species. pp. 341-349. *in:* Fujii, K., A. M. R. Gatehouse, C. D. Johnson, R. Mitchell, and T. Yoshida, eds. *Bruchids and Legumes: Economics, Ecology and Coevolution*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht.
- Utida, S.** 1943. Studies on the experimental population of the azuki bean weevil *Callosobruchus maculatus* (L.) VII. Statistical analysis of the emerging weevils on beans. *Memoirs of the College of Agriculture, Kyoto Imperial University.* 54: 1-22.
- Wilson, K.** 1988. Egg laying decision by the bean weevil *Callosobruchus maculatus*. *Ecol. Entomol.* 13: 107-118.

收件日期：1995年11月1日

接受日期：1995年11月23日

Effects of Bean Size on Larval Competition and Oviposition Preference of *Callosobruchus maculatus*

Wei-Ting Hu, Yenn-Chiou Lan and Shwu-Bin Horng* Department of Plant Pathology and Entomology, National Taiwan University, 1 Roosevelt Road, Sec. IV, Taipei, Taiwan, R.O.C.

ABSTRACT

Deposition of the bean weevil *Callosobruchus maculatus*(Fab.) on beans was found to be always in a nearly uniform distribution which reduced larval competition and increased larval fitness. To understand the competition between larvae, the survivorship of the 4C6-4 strain of bean weevil was investigated under different treatments, such as different bean sizes and number of larvae per bean. The results showed that the greater the number of larvae in a bean, the lower the survivorship of the larvae. This was especially true in smaller beans where resources are limited, and therefore the survival curve of larvae in smaller beans decline distinctly. Provided with various ratios of large and small beans, the female preferred to lay her eggs on larger ones. This preference decreased with decreasing ratios of large beans. Comparison between predicted and observed values of mean crowding showed that the oviposition behavior of the female was influenced by the relative encounter rate and the quality of beans; therefore, the female seemed to lay her eggs by a relative rule.

Key words: *Callosobruchus maculatus*, competition, oviposition preference, oviposition rule, bean size.