

番荔枝粉螟在不同食物中之發育繁殖及其羽化、交尾與產卵行為

洪巧珍* 江碧媛 王文龍

台中縣霧峰鄉 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

(接受日期：中華民國 92 年 7 月 12 日)

摘 要

洪巧珍*、江碧媛、王文龍 2003 番荔枝粉螟在不同食物中之發育繁殖及其羽化、交尾與產卵行為 植保會刊 45 : 185 - 197

在 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、 $70\pm 5\%$ RH 及 12L:12D 光照之定溫箱中，分別以杏仁片與玉米人工飼料飼育番荔枝粉螟 (*Apomyelois ceratoniae* Zeller)，每日觀察其生長發育與繁殖情形，結果以杏仁片飼育者死亡率高，幼蟲達 8 個齡期，雌、雄蛹體大小與重量均較以玉米人工飼料飼育者為低，繁殖力亦低，而不孕性比率與以玉米人工飼料飼育者相似達 65.4%。以杏仁片與玉米人工飼料飼育番荔枝粉螟，其卵期分別為 4.0 ± 0.3 、 3.9 ± 0.3 日，幼蟲期分別為 68.0 ± 15.7 、 20.2 ± 2.7 日，雌與雄蛹期分別為 9.8 ± 1.5 與 9.2 ± 1.6 、 7.9 ± 0.4 與 7.8 ± 0.8 日，雌與雄成蟲壽命分別為 10.6 ± 5.2 與 11.4 ± 4.5 、 16.5 ± 3.4 與 9.6 ± 4.8 日，繁殖力分別為 61.1 ± 101.3 、 105.0 ± 118.3 卵/雌。換算兩者環境指數分別為 2.60 及 9.93，顯示玉米人工飼料較適合番荔枝粉螟之發育與繁殖。番荔枝粉螟之雌蛹於黑暗前 4 hr、雄蛹於黑暗前 2 hr 開始羽化，分別持續 9 及 7 hr，於黑暗後 1 hr 達高峰，羽化率分別為 52.4 及 45.7%。雌、雄蟲發情交尾時刻發生於黑暗後 7-12 hr，於黑暗後 9-10 hr 達高峰。產卵主要發生於暗期，於暗後 3 hr 達高峰，產卵比率達產卵雌蟲之 60.7%。處女雌蟲終其一生發情率達 85%，而每日平均發情率僅為 28.6%。配對雌蟲終其一生發情率達 70%，交尾率達 60%。不同日齡雌、雄蟲配對 24 hr 後之交尾率以 0 及 1 日齡者較高，達 25-37.5%。

(關鍵詞：番荔枝粉螟、人工飼料、羽化、交尾、產卵)

* 通訊作者。E-mail: hccjane@tactri.gov.tw

緒 言

番荔枝 (*Annona squamosa*) 又稱釋迦，原產於熱帶美洲及西印度群島的大安地列斯群島 (The Greater Antilles)，主要栽培地區為墨西哥、巴西、古巴、瓜地馬拉、印度、菲律賓群島、泰國、馬來西亞、南洋群島、夏威夷及台灣等地。台灣的番荔枝於十七世紀中期由荷蘭引入，由於本種果樹性喜溫暖、乾燥，適合於微酸或中性之砂礫壤土，對低溫及霜極為敏感，乃成為台東之特產。目前台灣栽植面積約達 5,600 公頃，總產量約 50,255 公噸，主要供內銷⁽¹⁾。番荔枝栽培生長期間害蟲種類繁多，已紀錄者有 25 種，其中鱗翅目害蟲 4 種，主要蛀食果實及食害葉片，其中又以番荔枝斑螟蛾 (*Anonaepstis bengalella*) 危害最為嚴重⁽⁶⁾。洪⁽²⁾調查台東番荔枝果實蛀蟲種類，除番荔枝斑螟蛾外，另發現 5 種蛀食果實之鱗翅類害蟲，其中經鑑定者有番荔枝粉螟 (*Apomyelois ceratoniae*)、花姬捲葉蛾 (*Eucosma notanthes*)、粗腳姬捲葉蛾 (*Cryptophlebia ombrodelta*)⁽²⁾。為達成番荔枝害蟲綜合管理體系能實際運作，體系中不同害蟲之監測技術必須一一建立，其中花姬捲葉蛾之性費洛蒙應用技術已建立，粗腳姬捲葉蛾亦以建立其人工飼養技術及完成其成蟲行為觀察^(3, 4)。而番荔枝斑螟蛾僅有生態與防治的報導，未有進一步的研究⁽⁶⁾。至於番荔枝粉螟國內已有記載⁽²⁰⁾，但未有相關研究。經查文獻番荔枝粉螟性費洛蒙成分及產卵取食誘引成分均已鑑定，值得進一步研發其應用技術，提供農政單位及農民參考應用，因此本研究擬先建立其人工飼育技術，再進行其成蟲行為觀察，做為日後研究所需蟲源之供應與生物檢定之參考。

番荔枝粉螟屬鱗翅目，螟蛾科，斑螟蛾亞科 (Lepidoptera: Pyralidae, Phycitinae)，為世界性害蟲，英名為 carob moth，分布於

熱帶與亞熱帶地區，如地中海地區、夏威夷、伊拉克、伊朗、蘇聯南部、非洲、以色列、塞普魯斯、美國加州及台灣等^(2, 7, 11, 12, 14, 15, 19, 22, 24)。番荔枝粉螟於田間危害稻子豆 (carob)，其羽化孔成為稻子豆採後貯存時其他貯谷害蟲入侵危害的途徑。本蟲亦為多種果樹之果實蛀蟲，如石榴 (pomegranate)、柑橘、海棗 ('Deglet Noor' dates)、胡桃 (walnut)、無花果 (figs)、梨 (pears) 及蘋果等^(7, 11, 19, 22, 24)。另番荔枝粉螟亦可危害儲藏之農產品，如乾燥水果、核桃、杏仁及種子等^(12, 14, 15)。本試驗首先比較番荔枝粉螟在杏仁片及玉米人工飼料之發育與繁殖情形，再分別觀察其蛹羽化時段，成蟲發情、交尾及產卵時段，並探討雌、雄雌蟲及配對雌蟲一生發情、交尾及產卵與不同日齡配對 24 hr 之交尾情形。

材料與方法

玉米人工飼料及杏仁片飼育番荔枝粉螟之發育及繁殖

於 25±1°C, 70±5 %RH 及 12L:12D 光照條件下，比較番荔枝粉螟在玉米人工飼料及杏仁片之發育及繁殖情形。飼育番荔枝粉螟之玉米人工飼料配方如表一⁽⁵⁾。新購入之杏仁片先置於-19°C 冰櫃中貯存，以固定其內所含之害蟲卵及幼蟲；俟使用時再取出回溫備用，其水份含量以紅色線水份計 (HR73 Halogen Moisture Analyzer, 120°C, 30 min) 量測為 4.57±0.09 %。試驗時，將初孵化幼蟲接入含 1 cm³ 玉米人工飼料及杏仁片之塑膠養蟲盒中 (直徑 4 cm、高 5 cm) 單隻飼育，每種食料觀察 100-150 隻。飼育期間每日觀察記錄番荔枝粉螟以兩種食物飼育之卵、幼蟲、蛹等各蟲期之發育期與存活率、成蟲壽命、性比及產卵量等，同時量取各齡幼蟲期頭殼寬度 (解剖顯微鏡 Olympus SZH10) 與剛化蛹之蛹體重量 (天平 Mettler M75)。試驗所得資料，包括番荔枝粉螟之卵期、幼蟲

期、蛹期等各發育期，與雌、雄成蟲壽命、產卵前期、產卵期及繁殖力，經以 STATISTICA t-test 比較番荔枝粉螟在玉米人工飼料及杏仁片之發育繁殖情形， $\alpha=0.05$ 。並依 Howe⁽²¹⁾之環境指數 (Environmental index, 簡稱 E.I.; $E.I. = (\ln(S \times E \times F)) / T \times 100$; 式中 ln: 自然對數, S: 存活率, E: 繁殖力, F: 性比, T: 發育期)⁽²¹⁾，評估兩種食物對番荔枝粉螟發育繁殖之適宜性。

表一、番荔枝粉螟之玉米人工飼料配方⁽⁵⁾
Table 1. Composition of the corn diet for rearing *Apomyelois ceratoniae*⁽⁵⁾

Composition	Corn diet ⁽¹⁾
Agar	70.0 g
Sweet corn	1200.0 g
Yeast	115.0 g
Ascorbic acid	11.0 g
Cholesterol	5.76 g
Methyl p-hydroxybenzoate	3.9 g
Sorbic acid	4.0 g
Aureomycin	750.0 mg
Formalin (40%)	1.3 ml
Propionic acid + phosphate water solution ⁽²⁾	15.5 ml
Water	2340.0 ml

⁽¹⁾ Prepared by dissolving 209 ml propionic acid in 41 ml distilled water and 21 ml phosphoric acid in 229 ml distilled water, then mixed the two solutions.

番荔枝粉螟成蟲生殖行為觀察

一、蛹羽化及成蟲發情、交尾與產卵日週期觀察

取番荔枝粉螟蛹體 350 個，依性別分置於直徑 6.5 cm、高 7.0 cm 之塑膠瓶，於 25±1°C、70±5 % RH 及 02:00-14:00 為光照期之室內，每日每隔 1 hr 觀察並記錄該時段中羽化雌、雄蛾數，連續觀察 48 hr，以了解成蟲羽化日週期。羽化雌、雄蛾分別觀察 167 及 138 隻。

發情行為觀察時，將剛羽化雌 10 隻，置於 30×30×30 cm 之壓力箱中，於前述實驗室內，每小時觀察並記錄雌蛾發情時刻、持續時間及行為，連續觀察 48 hr，發情行為觀察 100 隻。交尾行為觀察時，將剛羽化雌、雄蟲各 10-50 隻，置於前述壓力箱中，如上述方法觀察並記錄雌、雄蛾交尾時刻、持續時間及行為，連續觀察 48 hr，交尾行為觀察 240 對。產卵時段與行為之觀察，係先將剛羽化雌、雄蛾各一隻配對，置於透明之布丁杯中，共配對 135 對，經 72 hr 後觀察確定 61 對產卵，即作為產卵時刻試驗之觀察。每小時觀察並記錄產卵對數，連續觀察 24 hr。

二、處女雌蟲及配對雌蟲一生之發情、交尾及產卵觀察

將剛羽化處女雌蟲及雌、雄蟲各一隻配對，置於 24×20 cm 之充氣塑膠袋內，並飼以 10 % 蜜水的棉球，於 12L:12D 為光照期之室內，每日於活動高峰期觀察並記錄單隻處女雌蟲發情、產卵情形，及每對雌、雄蟲發情、交尾與產卵情形，直至成蛾死亡為止，分別觀察 20 隻處女雌蟲及 20 對雌、雄蟲。

三、不同日齡雌、雄蛾配對 24 hr 之交尾觀察

在 25±1°C, 70±5 % RH 及 12 hr 光照週期下，將同日齡雌、雄蛾各 1 及 5 隻分別配對，經 24 hr 後置於冷凍庫中固定，再解剖雌蟲體內之精包囊，以精包之有無，判定交尾與否，比較不同日齡雌、雄蛾交尾情形。從 0-7 日齡，各日齡約分別觀察 24-30 對。

結 果

玉米人工飼料及杏仁片飼育番荔枝粉螟之發育及繁殖情形

比較番荔枝粉螟以玉米人工飼料及杏仁片飼育之發育及繁殖情形如表二。以玉

表二、兩種食物飼育番荔枝粉螟各蟲期之發育日數及成蟲壽命

Table 2. Duration of development for each stage and adult longevity of *Apomyelois ceratoniae* reared on two different foods at 25 ± 1°C, 70 ± 5% RH, and 12L:12D photoperiod¹⁾

Stage	Corn diet		Almond slices	
	n	Duration in days (X ± SD)	n	Duration in days (X ± SD)
Egg	643	3.9 ± 0.3a	280	4.0 ± 0.3b
Larval	62	20.2 ± 2.7a	67	68.0 ± 15.7b
1st instar	85	3.8 ± 0.6	101	5.7 ± 1.9
2nd instar	82	2.6 ± 0.5	91	7.6 ± 2.8
3rd instar	84	2.5 ± 0.6	87	9.0 ± 2.8
4th instar	79	2.7 ± 0.5	84	9.7 ± 2.9
5th instar	77	10.0 ± 3.6	80	10.6 ± 3.6
6th instar	—	—	73	13.7 ± 7.7
7th instar	—	—	55	16.4 ± 6.1
8th instar	—	—	2	13.5 ± 2.1
Pupa ♀	25	7.9 ± 0.4a	33	9.8 ± 1.5b
♂	39	7.8 ± 0.8a	32	9.2 ± 1.6b
Adult longevity				
♀	11	16.5 ± 3.4a	26	10.6 ± 5.2b
♂	11	9.6 ± 4.8a	26	11.4 ± 4.5a

¹⁾ Means within each row followed by the same letters are not significantly different ($P < 0.05$) using t-test.

米人工飼料飼育者之幼蟲期有 5 個齡期，其卵、幼蟲及雌、雄蛹期分別為 3.9、20.2 及 7.9、7.8 日，雌、雄成蟲壽命分別為 16.5、9.6 日；以杏仁片飼育者之幼蟲期可達 8 個齡期，以 7 個齡期為主佔 80.6%，其次為有 6 個齡期者佔 17.9%；其卵、幼蟲及雌、雄蛹期分別為 4.0、68.0 及 9.8、9.2 日，雌、雄成蟲壽命分別為 10.6、11.4 日（表二）。經 t-test 統計分析，以玉米人工飼料飼育番荔枝粉螟之卵期、幼蟲期及雌、雄蛹期顯著較以杏仁片飼育者為短（卵期 $t = -1.9705$, $df = 921$, $P = 0.049081^*$ 、幼蟲期 $t = -23.7142$, $df = 127$, $P = 0.00^*$ 、雌、雄蛹期：雌 $t = -6.0729$, $df = 56$, $P = 0.000000^*$ ；雄 $t = -4.4463$, $df = 69$, $P = 0.000033^*$ ）；雌成蟲壽命顯著為長（ $t = 3.3980$, $df = 35$, $P = 0.001700^*$ ），以兩者食物飼育之雄成蟲壽命相當（ $t = -1.0797$, $df = 35$, $P = 0.287670$ ）。以玉米人工飼料飼育者 1-4 齡幼蟲頭殼寬度分別為 0.25、0.36、0.57 及

0.95 mm；以杏仁片飼育者 1-7 齡幼蟲頭殼寬度分別為 0.25、0.32、0.44、0.58、0.78、0.95 及 1.05 mm（表三）。番荔枝粉螟以兩種食物飼育之蛹體大小與重量如表四，以玉米人工飼料飼育者其蛹體均較以杏仁片飼育者為大、為重（t-test, 雌蛹重 $t = 7.8023$, $df = 175$, $P = 0.000000^*$ ；雄蛹重 $t = 6.6853$, $df = 243$, $P = 0.000000^*$ ）。以玉米人工飼料飼育者其雌、雄蛹體長 × 寬分別為 33.0 及 27.0 mm²，雌、雄蛹體重量分別為 46.58 及 32.59 mg；以杏仁片飼育者其雌、雄蛹體長 × 寬分別為 27.8 及 23.5 mm²，雌、雄蛹體重量分別為 34.01 及 25.57 mg。番荔枝粉螟之卵、幼蟲及蛹期的死亡率，以玉米人工飼料飼育者較低，分別為 8.5、13.8 及 11.6%；以杏仁片飼育者各期死亡率分別為 27.3、45.6 及 0%（表五）。番荔枝粉螟以兩種食物飼育之產卵繁殖情形如表六。以玉米人工飼料飼育及

表三、兩種食物飼育番荔枝粉螟各蟲期幼蟲之頭殼寬度

Table 3. Head capsule width of *Apomyelois ceratoniae* larvae reared on two different foods

Instar	Corn diet		Almond slices	
	n	Width of head capsule (mm, X ± SD)	n	Width of head capsule (mm, X ± SD)
1st instar	47	0.25 ± 0.01	93	0.25 ± 0.02
2nd instar	33	0.36 ± 0.01	90	0.32 ± 0.03
3rd instar	52	0.57 ± 0.04	87	0.44 ± 0.05
4th instar	51	0.95 ± 0.06	84	0.58 ± 0.06
5th instar			79	0.78 ± 0.09
6th instar			61	0.95 ± 0.09
7th instar			1	1.05

表四、兩種食物飼育番荔枝粉螟蛹之長寬與重量

Table 4. Body size and weight of *Apomyelois ceratoniae* pupae reared on two different foods

Sex	Foods	Size			Weight (mg) ¹⁾	
		n	Length (mm)	Width (mm)		Length × Width (mm ²)
Female	Corn diet	142	11.0 ± 0.7	3.0 ± 0.2	33.0	46.58 ± 8.52a
	Almond slices	35	10.3 ± 1.1	2.7 ± 0.3	27.8	34.01 ± 8.45b
Male	Corn diet	203	10.0 ± 0.7	2.7 ± 0.2	27.0	32.59 ± 6.35a
	Almond slices	42	9.4 ± 0.9	2.5 ± 0.2	23.5	25.57 ± 5.38b

¹⁾ Means within each column followed by the same letters are not significantly different ($P < 0.05$) using t-test.

表五、兩種食物飼育番荔枝粉螟之卵、幼蟲期及蛹期的死亡率

Table 5. Egg, larval and pupal mortality of *Apomyelois ceratoniae* reared on two different foods

Stage	Mortality (%)	
	Corn diet	Almond slices
Egg	8.5	27.3
Larval	13.8	45.6
1st instar	6.3	19.2
2nd instar	1.1	8.0
3rd instar	0	3.2
4th instar	1.1	2.4
5th instar	5.3	3.2
6th instar		4.8
7th instar		4.8
8th instar		
Pupa	11.6	

杏仁片飼育者其產卵前期分別為 1.8 及 2.7 日（ $t = -0.9632$, $df = 26$, $P = 0.344301$ ）；產卵期以玉米人工飼料飼育者 9.2 日長於以杏仁片飼育者 4.5 日（ $t = 3.4506$, $df = 26$, $P = 0.001923^*$ ）；性比（♀/♀ + ♂）分別為 0.39 及 0.51；繁殖力（eggs/♀）以玉米人工飼料飼育者 105.0 粒卵多於以杏仁片飼育者 61.1 粒卵，惟兩者不具顯著性差異（ $t = 1.1461$, $df = 35$, $P = 0.259542$ ）及不孕性比率分別為 72.2 與 65.4%。換算番荔枝粉螟以玉米人工飼料飼育及以杏仁片飼育之環境指數分別為 9.93 及 2.60，並由以玉米人工飼料飼育及以杏仁片飼育番荔枝粉螟之各發育期、蛹重與繁殖情形統計分析結果，顯示玉米人工飼料較杏仁片適合番荔枝粉螟之發育與繁殖。

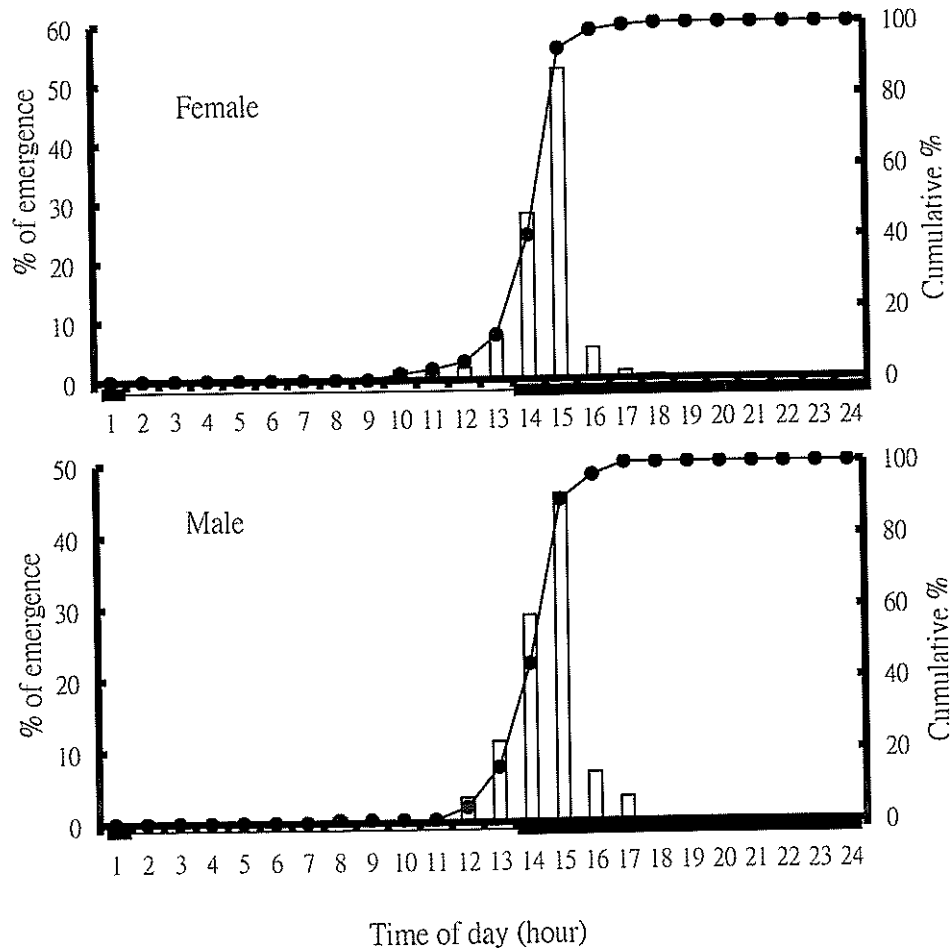
表六、兩種食物飼育番荔枝粉蛾之產卵期、性比、繁殖力及環境指數

Table 6. Oviposition period, sex ratio, fecundity and environmental index of *Apomyelois ceratoniae* reared on two different foods at $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 5\%$ RH, and 12L:12D photoperiod¹⁾

Foods	Period in days ($X \pm SD$)		Sex ratio (♀/♀ + ♂)	Fecundity (eggs/♀)	Infertility (%)	E.I. ²⁾
	Preoviposition	Oviposition				
Corn diet	1.8 ± 2.1a	9.2 ± 4.3a	0.39	105.0 ± 118.3a	72.7	9.93
Almond slices	2.7 ± 2.6a	4.5 ± 2.9b	0.51	61.1 ± 101.3a	65.4	2.60

¹⁾ Means within each column followed by the same letters are not significantly different ($P < 0.05$) using t-test.

²⁾ E.I.: Environmental index, $[\ln(S \times E \times F) / T] \times 100$, where \ln =natural logarithms, S= survival rate, E= fecundity, F=sex ratio, and T=developmental period.



圖一、番荔枝粉蛾在 12 小時光週期下之羽化日週期。

Fig. 1. Diurnal patterns of emergence of carob moth, *Apomyelois ceratoniae* at $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 5\%$ RH, and 12L:12D photoperiod in the laboratory. (Blank area denoted daytime. Total 167 females and 138 males were observed.)

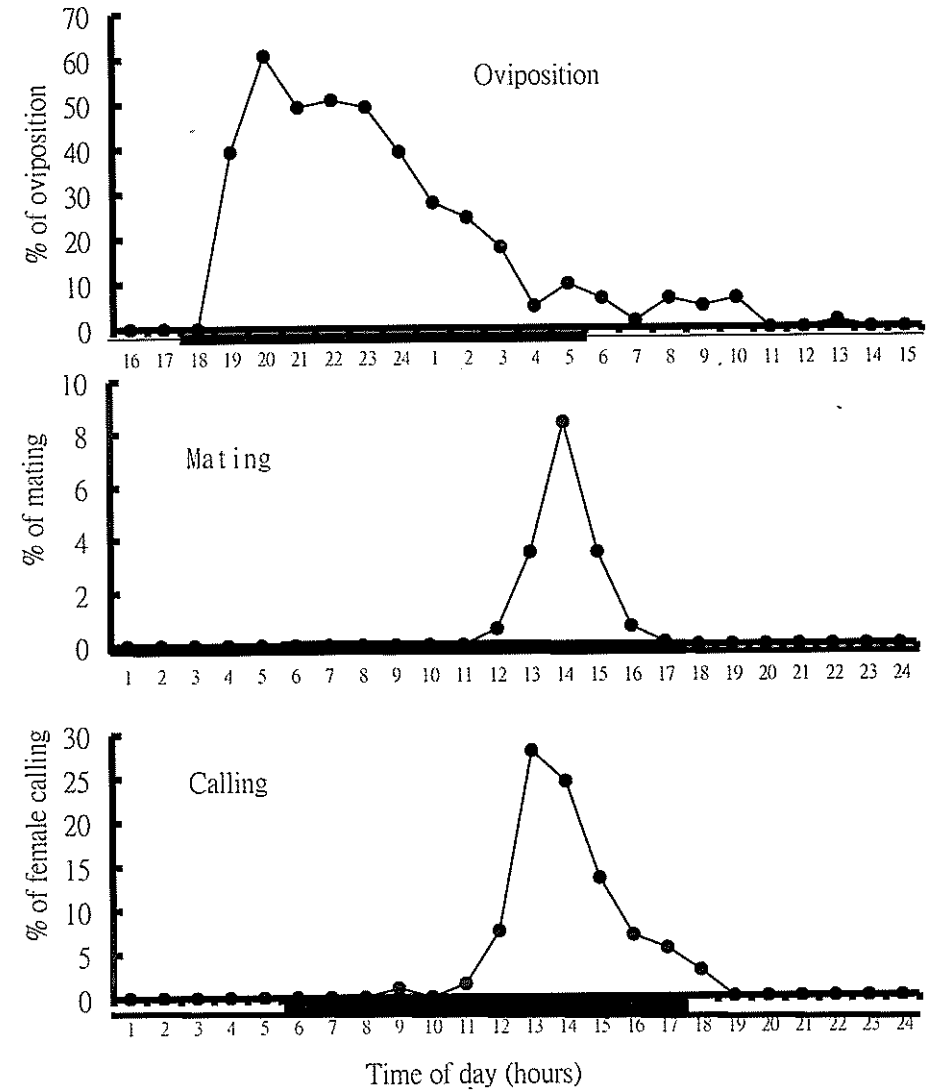
番荔枝粉蛾成蟲生殖行為觀察

一、蛹羽化、成蟲發情、交尾及產卵日週期

番荔枝粉蛾在 12 小時光照週期下，其雌、雄蛹分別於黑暗前 4 及 6 hr 開始羽化，羽化率極低分別為 1.7 及 0.7 %；羽化持續 9 - 10 hr，於黑暗後 1 hr 達高峰，羽化率分別為 52.4 及 45.7 % (圖一)。番荔

枝粉蛾之雌蟲發情與雌、雄蟲交尾時刻一

致，發情率與交尾率低，分別為 1 - 24.5 % 與 0.1 - 8.4 %。雌蟲發情發生於黑暗後 4-12 hr，於黑暗後 9 hr 達高峰，發情率 24.5 %；雌、雄蟲交尾發生於黑暗後 7-12 hr，亦於黑暗後 9 hr 達高峰，交尾率 8.4 % (圖二)。番荔枝粉蛾雌蛾發情時，其觸角



圖二、番荔枝粉蛾雌、雄蛾在 12 小時光照週期下之發情、交尾及產卵時段。

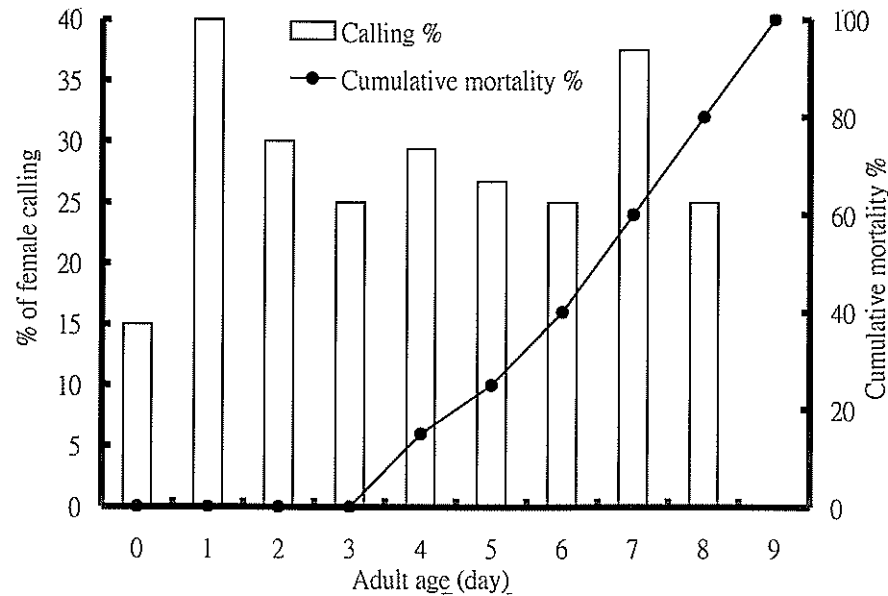
Fig. 2. Diurnal patterns of calling, mating, and oviposition of *Apomyelois ceratoniae* at $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 5\%$ RH, and 12L:12D photoperiod in the laboratory. (Blank area denoted daytime. Total virgin females for calling test, total pairs of adults for mating test, and total fertilized females for oviposition test were 100, 240, and 61, respectively.)

擺動、翅微舉、腹部末端向上舉起、產卵管伸出並作伸縮運動分泌費洛蒙。觀察 1 日齡雌、雄蛾 10 對發情及交尾行為，當日雌蛾發情次數為 1-4 次，平均 2.1 ± 1.1 次；其發情時間持續 6-99 min，平均 42.6 ± 32.9 min。番荔枝粉螟交尾時成一字型，有 5 對交尾，其交尾時間持續 64-107 min，平均 84.6 ± 17.5 min。番荔枝粉螟產卵時刻主要發生於暗期，於暗後 1 hr 開始產卵，並於亮後持續產卵，惟亮後產卵率極低為 1.6-6.6%。其產卵率於暗後 3 hr 達高峰，佔可產卵對數之 60.7% (圖二)。

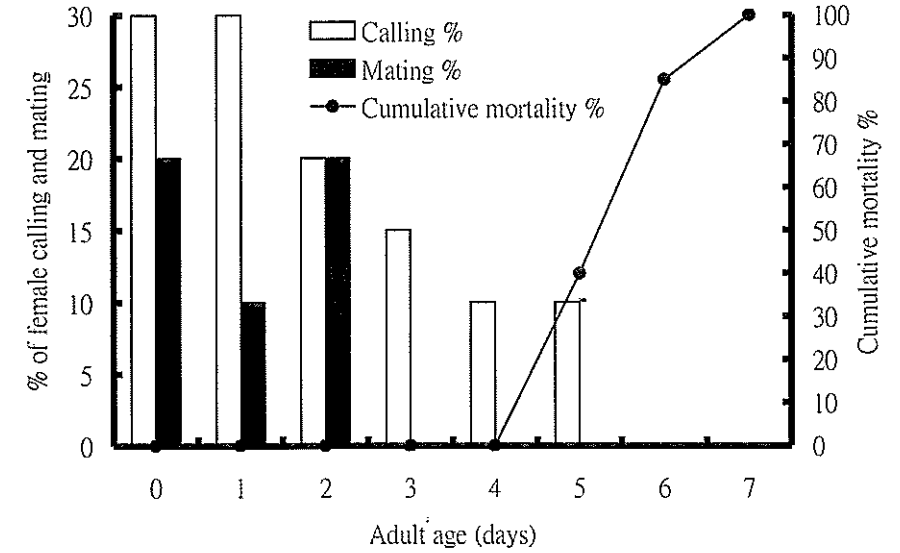
二、處女雌蟲及配對雌蟲一生之發情、交尾及產卵情形

番荔枝粉螟處女雌蟲一生發情情形如圖三。觀察 20 隻處女雌蟲自 4 日齡起有 15% 死亡，於 9 日齡時全數死亡，平均壽命為 6.8 ± 1.7 日。雌成蟲於 0 日齡即開始發情，

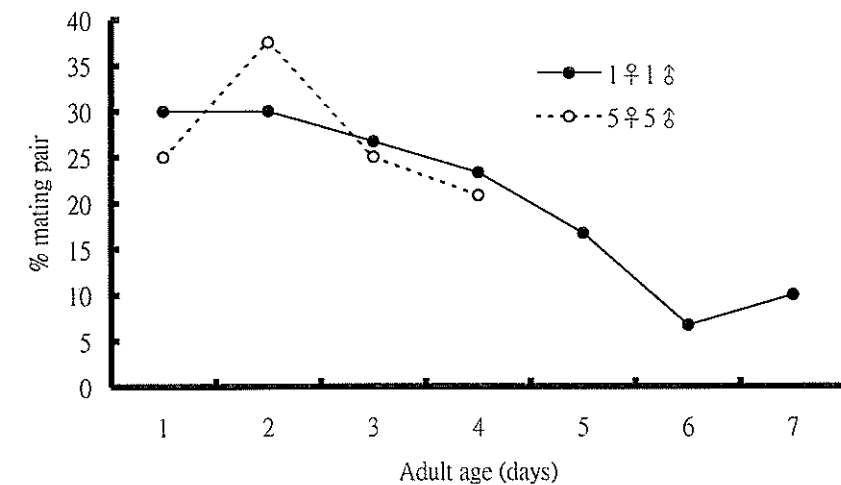
發情率為 15%；1 日齡發情率達高峰 40%，每日發情率概在 15-40%，平均 28.6 ± 7.8 %。番荔枝粉螟處女雌蟲一生發情 0-6 次，平均一生發情 2.0 ± 1.6 次，而終其一生發情比率達 85%，有 30% 產卵，惟均為無效卵 (圖三)。番荔枝粉螟配對雌蟲一生之發情、交尾情形如圖四。觀察 20 對雌、雄蛾自 5 日齡起，雌蛾死亡率達 40%，於 7 日齡時全數死亡，平均壽命為 5.8 ± 0.7 日。雌蛾於 0 日齡即開始發情與交尾，發情率與交尾率分別為 30 與 20%。發情率以 0-2 日齡較高達 30%，3 日齡者降低為 15%，至 6 日齡後無發情行為；交尾發生於 0、1、2 日齡，交尾率分別為 20、10、20%。番荔枝粉螟配對雌蛾一生發情 0-4 次，平均一生發情 1.3 ± 1.1 次；配對雌蛾一生交尾 0-2 次，平均一生交尾 0.5 ± 0.6 次。交尾過的雌蛾有再發情之現象，終其一生發情率達 70%，交尾率達 60% (圖四)。



圖三、番荔枝粉螟處女雌蛾一生之發情情形。
Fig. 3. Percentage of calling of *Apomyelois ceratoniae* virgin females during their lives at $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 5\%$ RH, and 12L:12D photoperiod. (Total 20 virgin females were observed.)



圖四、番荔枝粉螟配對雌蛾一生之發情、交尾及死亡情形。
Fig. 4. Percentage of calling, mating, and mortality of paired females of *Apomyelois ceratoniae* during their lives at $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 5\%$ RH, and 12L:12D photoperiod. (Total 20-paired females were observed.)



圖五、番荔枝粉螟不同日齡雌、雄蛾配對 24 小時之交尾率。
Fig. 5. Percentage mating of *Apomyelois ceratoniae* after pairing for 24 hr with different adult ages and pairing density at $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 5\%$ RH, and 12L:12D photoperiod. (Twenty-four to thirty pairs were observed.)

三、不同日齡雌、雄蛾配對 24 小時之交尾情形

番荔枝粉螟不同日齡雌、雄蟲以 1♀+1♂ 配對 24 hr 後之交尾率介於 6.7-30%，以 0-3 日齡交尾率較高分別達 30、

30、26.7 及 23.3%，4 日齡者交尾率降為 16.7%。以 5♀+5♂ 配對 24 hr 後於 0-3 日齡交尾率並沒有明顯提高，以 1 日齡者交尾率較高，各日齡交尾率分別為 25、37.5、25 及 20.8% (圖五)。

討 論

番荔枝粉螟可在天然食物與人工飼料發育繁殖，Gothilf⁽¹⁸⁾以大豆粉、蔗糖及水配製的人工飼料飼育番荔枝粉螟，在 25°C 下，其幼蟲期 29.3 日；而以 Carob 及 acacia pods 餵食者幼蟲期分別為 29.5 及 27.5 日。經評估以此飼料飼育者其幼蟲期存活率、成蟲大小、繁殖力顯著優於以自然食物飼育者⁽¹⁸⁾。Alrubeai⁽¹⁰⁾以麵粉、棗椰子糖漿及甘油三種成份製成之飼料飼育番荔枝粉螟，於 30°C 由卵發育至成蟲需 26.2 日，由卵至成蟲之存活率為 69.6 %⁽¹⁰⁾。Al-Izzi 等人以 casein 等多種成份配製之人工飼料飼育番荔枝粉螟，於 27±2°C 下，其幼蟲期及蛹期分別為 17 及 7 日，在實驗室中連續飼養 6 代，雌蟲受精率由 F₁ 22 % 提高為 F₆ 42 %。當飼料中 L-lysine 成份增加時，幼蟲之發育有加速現象，結果顯示較適添加之濃度為 500 - 750 ppm^(9, 8)。Navarro 等人在 26±1°C 下番荔枝粉螟以碎的、去殼的、破殼的杏仁飼育，由卵發育到成蟲需 45.2 - 61.6 日⁽²³⁾。本試驗在 25°C 以玉米人工飼料飼育番荔枝粉螟，其卵期 3.9 日，幼蟲期 20.2 日，蛹期 7.9 日，由卵至成蟲存活率為 66.1 %。以杏仁片飼育者發育期甚長，由卵發育至成蟲約需 82 日，存活率僅為 27.1 %。由幼蟲期齡期數，蛹體大小與重量，繁殖力等表現評估，以玉米飼料飼育者均優於以杏仁片飼育者。再以環境指數評估這兩種食物對番荔枝粉螟發育、繁殖之適宜性，顯示玉米人工飼料環境指數 9.93 優於杏仁片環境指數 2.60，且適合番荔枝粉螟之發育與繁殖，因此，未來可提供在蟲源飼育上之應用。惟以兩種食物飼育的番荔枝粉螟其不孕比率相近且偏高，分別為 72.7 及 65.4 %，有待進一步的探討與改進。

番荔枝粉螟成蟲行為觀察，於 14L:10D 光照期條件下，其發情時段為暗後 4 - 6 小

時；其產卵時段高峰期為暗後 0.5 - 2 hr^(13, 16)。本試驗結果顯示，於 12L:12D 光照期條件下，番荔枝粉螟羽化、發情、交尾及產卵行為主要發生於暗期，分別於暗後 1、9 - 10、9 - 10、3 hr 達高峰。其結果與上述在 14L:10D 光照期條件下之結果有差異，是否為光照週期的影響，則有待進一步觀察與探討。Cox⁽¹⁷⁾研究溫度與溼度對番荔枝粉螟生活史之影響指出其雌蛾每日發情率不會超過 25 %⁽¹⁷⁾。本試驗結果顯示番荔枝粉螟一生發情率達 70 - 85 %、交尾率達 60 %；惟由處女雌蟲及配對雌蟲一生之發情、交尾與不同日齡雌、雄蛾配對 24 hr 之交尾情形皆顯示，番荔枝粉螟之每日發情與交尾率均偏低 28.6 - 37.5 %，此應是本蟲的特性之一。未來如何藉由食物、溫度、溼度、光週期、光強度的改善，以提高本蟲每日發情與交尾率，將有助於費洛蒙誘引劑之研發。

謝 辭

本研究番荔枝粉螟及番荔枝斑螟蛾學名經由農業試驗所周樑鎰博士及國立台灣博物館王效岳先生協助轉交標本，由倫敦帝國大學顏聖紘博士鑑定及確認；試驗期間蒙農業試驗所陳治官先生協助杏仁片水分含量測定、靜宜大學食品科學系學生柯順議、本所林信宏先生協助養蟲及試驗。謹此一併致謝忱。

引用文獻

1. 行政院農業委員會。2002。台灣農業統計年報，果品（16）番荔枝、百香果。
2. 洪巧珍、江碧媛。2001。重要果樹害蟲性費洛蒙之研發與利用—番荔枝計畫結果報告，8 頁。（未發表）
3. 洪巧珍、侯豐男、黃振聲。2001。利用性費洛蒙防治楊桃花姬捲葉蛾之效果

4. 洪巧珍、黃振聲、侯豐男。1998。粗腳姬捲葉蛾之人工飼料飼育方法及其羽化與交尾行為。植保會刊 40: 297-307。
5. 洪巧珍、黃振聲。1991。楊桃花姬捲葉蛾 (*Eucosma notanthes* Meyrick) 之大量飼育方法。中華昆蟲 11: 204-212。
6. 謝進來。1988。番荔枝 (釋迦) 主要害蟲之生態與防治。中華昆蟲特刊第二號 (果樹害蟲綜合防治研討會專刊): 117-132。
7. Al-Izzi, M. A. J., and Al-Maliky, S. K. 1985. Bionomics of *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera: Pyralidae) on pomegranates in Iraq. Environ. Entomol. 14: 149-153.
8. Al-Izzi, M. A. J., Al-Maliky, S. K., and Jobbo, N. F. 1987. Culturing the carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae), on an artificial diet. J. Econ. Entomol. 80: 277-280.
9. Al-Izzi, M. A. J., Al-Maliky, S. K., and Jabbo, N. F. 1988. Effect of supplemental dietary L-lysine and soybean flour on growth and fertility of *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae). J. Econ. Entomol. 81: 970-972.
10. Alrubeai, H. F. 1987. Growth and development of *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera: Pyralidae) under laboratory mass-rearing conditions. J. Stored. Prod. Res. 23: 133-135.
11. Ashman, F. 1968. The control of infestation of carobs, *Ceratonia silqua* L., with special reference to Cyprus. Rept.int. Conf. Prot. of stored Prod., Lisbon-Oeiras 1967, 1968, pp.117-120.
12. Avidov, Z. 1961. Pests of the Cultivated Plants in Israel, p.344. Magnes Press, the Hebrew University, Jerusalem.
13. Baker, T. C., Francke, W., Millar, J. G., Lofstedt, C., Hansson, B., DU, J.W., Phelar, P. L., Vetter, R. S., Youngman, R., and Todd, J. L. 1991. Identification and bioassay of sex pheromone components of carob moth, *Ectomyelois ceratoniae*(Zeller). J. Chem. Ecol. 17: 1973-1988.
14. Calderon, M., Navarro, S., and Donahaye, E. 1969. *Ectomyelois ceratoniae* (Zell), a major pest of stored almonds in Israel. J. stored Prod. Res. 5: 427-428.
15. Corbet, A. S., and Tams, W. H. T. 1943. Keys for the identification of Lepidoptera infesting stored food products. Proc. Zool. Soc. Lond. B. 113: 55-148.
16. Cossé, A. A., Endris, J. J., Millar, J. G., and Baker, T. C. 1994. Identification of volatile compounds from fungus-infected date fruit that stimulate upwind flight in female *Ectomyelois ceratoniae*. Entomol. Exp. Appl. 72: 233-238.
17. Cox, P. D. 1976. The influence of temperature and humidity on the life-cycle of *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) (Lepidoptera: Phycitidae). J. Stored. Prod. Res. 12: 111-117.
18. Gothilf, S. 1968. The biology of carob moth (*Ectomyelois ceratoniae* (Zeller)) in Israel. I. Mass culture on artificial diet. Israel J. Entomol. 3: 109-118.
19. Gothilf, S. 1969. The biology of carob moth (*Ectomyelois ceratoniae* (Zeller)) in Israel. II. Effect of food, temperature and humidity on development. Israel J. Entomol. 4: 107-116.
20. Heppner, J. B., and Inoue, H. 1992. Lepidoptera of Taiwan. Vol. 1, part 2: Checklist, 276pp.

21. Howe, R. W. 1971. A parameter for expressing the suitability of an environment for insect development. *J. stored Prod. Res.* 7: 63-64.
22. Krasil'nikova, G. A. 1966. Conditions promoting adaptation of some Pyralids to synanthropism. *Entomol. Rev.* 145: 430-435.
23. Navarro, S., Donahaye, E., and Calderon, M. 1986. Development of the carob moth, *Spectrobates ceratoniae*, on stored almonds. *Phytoparasitica.* 14: 177-186.
24. Warner, R. L., Barnes, M. M., and Laird, E. F. 1990. Reduction of insect infestation and fungal infection by cultural practice in date gardens. *Environ. Entomol.* 19: 1618-1623.

ABSTRACT

Hung, C. C.*, Chiang, B. Y., and Wang, W. L. 2003. Development and fecundity of the carob moth, *Apomyelois ceratoniae*, reared on different foods and its eclosion, mating, and ovipositing behavior. *Plant Prot. Bull.* 45: 185-197. (Biopesticide Department, Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, Wufeng, Taichung, Taiwan 413, ROC)

To compare development and fecundity of the carob moth, *Apomyelois ceratoniae*, tests were conducted where moths were reared on a corn artificial diet and almond slices at 25 ± 1 °C and 70 ± 5 % RH with a 12L: 12D photoperiod. The results showed that carob moth reared on almond slices had longer developmental periods, higher mortality of eggs and pupae, a greater number of larval instars, smaller body size and lower weight of pupae, and fewer eggs per female compared to those reared on the corn artificial diet; the infertility of females in the two groups was similar, at 72.7 % and 65.4 %, respectively. Developmental periods of eggs, larvae, and female and male pupae of carob moths reared on almond slices were 4.0 ± 0.3 , 68.0 ± 15.7 , 10.6 ± 5.2 , and 16.5 ± 3.4 days; developmental periods for those reared on the corn artificial diet were 3.9 ± 0.3 , 21.4 ± 4.9 , 11.4 ± 4.5 , and 9.6 ± 4.8 days, respectively. The longevity of female and male adults and fecundity of carob moths reared on almond slices were 10.6 ± 5.2 and 16.5 ± 3.4 days, and 61.1 ± 101.3 eggs/female; corresponding values for carob moths reared on the corn artificial diet were 11.4 ± 4.8 and 9.6 ± 4.8 days, and 105.0 ± 118.3 eggs/female, respectively. Based on the respective environmental indices of 2.60 and 9.93 for almond slices and corn artificial diet, the corn artificial diet was more suitable than almond slices for rearing carob moths. The following behaviors of carob moth adults were recorded. Eclosion of female and male pupae began at 4 and 2 h before lights off, and lasted 9 and 7 h, respectively. It reached a peak at 1 h after lights off, and rates of female and male eclosion were 52.4 % and 45.7 %, respectively. Calling and mating behavior of females and males began from 7 to 12 h after lights off. Peak calling and mating activity occurred at 9 to 10 h after light off. Oviposition took place mainly at night, and 60.7 % of fertilized females laid eggs within 3 h after lights off. The rate of virgin females calling in their lives was 85 %, however, the rate of calling per day was low, at 28.6 %. The rates of calling and mating in paired female's lives were 70 % and 60 %, respectively. When pairing with different-aged adult moths for 24 h, the peak mating activity was found within 0-1 days after eclosion, and the mating rate was 25 %–37.5 %.

(Key words: carob moth, *Apomyelois ceratoniae*, artificial diet, eclosion, mating, oviposition)

*Corresponding author. E-mail: hccjane@tactri.gov.tw