

# 粉斑螟蛾 (*Cadra cautella* (Walker)) (Lepidoptera: Pyralidae) 在不同飼料中之發育與繁殖

王文龍<sup>1,2</sup>、洪巧珍<sup>1\*</sup>、高穗生<sup>1</sup>、王順成<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所生物藥劑組 41358 臺中縣霧峰鄉光明路 11 號

<sup>2</sup> 朝陽科技大學環境工程與管理系 41349 臺中縣霧峰鄉吉峰東路 168 號

## 摘要

在  $28 \pm 1^\circ\text{C}$ 、 $65 \pm 5\%$  RH 及 12L:12D 光週期之定溫箱中，分別以糙米、薏仁及蘇氏人工飼料飼育粉斑螟蛾 (*Cadra cautella* (Walker))，比較其在不同食物中之發育與繁殖情形。結果顯示粉斑螟蛾在蘇氏人工飼料之發育與繁殖優於以糙米及薏仁飼育者。粉斑螟蛾在糙米、薏仁及蘇氏人工飼料三種食物中其卵期分別為 4.6、4.2 及 4.1 日，幼蟲期分別為 31.4、24.8 及 15.8 日，雌蛹期分別為 5.8、6.8 及 6.1 日，雄蛹期分別為 7、6.5 及 7 日，成蟲壽命分別為 5.4、6.6 及 5.7 日，繁殖力分別為 85.6、119.7 及 145.1 eggs/♀ 及孵化率分別為 77.6、76.8 及 93.4%。以三種食物飼育之粉斑螟蛾雌、雄蛹之大小及重量，以蘇氏人工飼料飼育者，其雌、雄蛹大小及重量分別為  $7.4 \times 2.0 \text{ mm}^2$  及 15.0 mg、 $6.7 \times 1.7 \text{ mm}^2$  及 10.8 mg，均顯著高於以糙米及薏仁飼育者。經環境指數 (environmental index) 評估，粉斑螟蛾以糙米、薏仁及蘇氏人工飼料三種食物飼育之環境指數分別為 6.3、8.5 及 13.1，顯示蘇氏人工飼料較適合粉斑螟蛾之發育與繁殖。以蘇氏人工飼料比較粉斑螟蛾不同飼育密度 20、30、40、60 或 120 eggs/60 g diet 之發育與繁殖情形，結果顯示以飼養密度 40 eggs/60 g diet 較適合粉斑螟蛾之發育與繁殖及具經濟性。

**關鍵詞：**粉斑螟蛾、人工飼料、飼育密度。

## 前言

粉斑螟蛾 (*Cadra cautella* (Walker)) 屬

鱗翅目、螟蛾科 (Lepidoptera: Pyralidae)，廣泛分布於中國大陸、台灣、日本、美國等地，為害多種穀物和儲藏性產品，為世界性積穀害

\*論文聯繫人

Corresponding email: hccjane@tactri.gov.tw

蟲 (Burgess, 1956; LeCato, 1976)。據報導，粉斑螟蛾為害米穀、米糠、玉米、麵粉、薏仁等貯穀，亦可危害儲存之中草藥如當歸等 (Peng, 1998; Yao *et al.*, 2003; Kuo, 2005)。粉斑螟蛾成蟲產卵於穀物或藥材片屑間，孵化幼蟲在穀物或藥材片屑表面吐絲結繭於其中，藏匿其中取食危害，幼蟲老熟後亦綴絲化蛹，致穀物或藥材變質及發臭，失去商品價值。文獻指出粉斑螟蛾的卵為天敵南方小黑花椿象 (*Orius strigicollis* (Poppius)) 最佳食物 (Wang *et al.*, 1999)，另經查文獻粉斑螟蛾性費洛蒙成分已鑑定 (Kuwahara *et al.*, 1971; Takahashi *et al.*, 1971; Brady, 1973)。為研發粉斑螟蛾的大量飼育方法，以提供天敵的食物；及提供研發其性費洛蒙應用技術所需蟲源。本研究擬建立粉斑螟蛾人工飼育技術，以供飼育南方小黑花椿象用及做為日後研究性費洛蒙生物檢定所需蟲源。

文獻上報導粉斑螟蛾可在多種天然食物中存活，如米糠、大豆、穀豆類和燕麥片等食物 (Takahashi, 1955; Tuli and Mookerjee, 1963; Srivastava, 1973; Singh *et al.*, 1982 a, b; Chen, 1984)。以不同人工飼料配方飼育者，如小麥胚、酵母粉加入小麥的配方。人工飼料中含有酪蛋白 (casein)、葡萄糖、核黃素 (riboflavin)、菸草酸 (nicotinic acid)，粉斑螟蛾幼蟲發育完全；人工飼料中加入麥胚油會使粉斑螟蛾發育繁殖較佳 (Burgess and Haskins, 1965; Waites and Gothilf, 1969; Singh *et al.*, 1982a)。Al-Taweel *et al.* (1995) 指出以新鮮的人工飼料來飼育粉斑螟蛾比重複使用人工飼料 (reused diet) 的發育好，重複使用人工飼料在繁殖力、受精卵比率 (fertility) 及壽命表現較差。而筆者於實驗室內意外發現用來飼育麥蛾 (*Brachmia modicella* Christoph) 的蘇氏人工飼料配方

(Su, 1972) 對粉斑螟蛾的發育與繁殖良好。本試驗，先比較粉斑螟蛾在糙米、薏仁及蘇氏人工飼料上之發育與繁殖，以尋找經濟、簡易可行的飼育蟲源的方法，再進一步探討以蘇氏人工飼料飼育粉斑螟蛾的飼養密度，建立其人工飼料大量飼育技術。

## 材料與方法

### 一、試驗蟲源

本試驗蟲源係採自台中市家居被粉斑螟蛾為害的薏仁，將其放入塑膠養蟲罐 (直徑 11.5 cm × 高 20.5 cm) 中，置於走入式生長箱 28 ± 1°C、65 ± 5% RH、和 12L:12D 的光週期條件下繁殖。待成蟲羽化後，置於 46.0 × 34.0 cm 充氣塑膠袋中，餵食 10% 蜜水，產下之新鮮粉斑螟蛾的卵，供做飼育研究之蟲源。

### 二、粉斑螟蛾於不同食物中之發育與繁殖試驗

於 28°C、65 ± 5% RH 及 12L:12D 週期下，比較粉斑螟蛾在糙米 (brown rice, *Oryza sativa* L.)、薏仁 (pearl barley, *Coix lacryma-jobi* L.) 及蘇氏人工飼料 (Sue's artificial diet) 之發育及繁殖情形。蘇氏人工飼料配方係參考自 Su (1972) 之報告，其配方如表一。糙米粉、糙米是屬於秈稻品系，薏仁來自於泰國進口；糙米粉、糙米及薏仁先置於 -19°C 冰櫃下貯存 2 週以上，以凍死可能潛伏在糙米粉、糙米和薏仁之各種害蟲 (Cotton, 1960; Strong *et al.*, 1967)，待使用時再取出回溫備用。蘇氏人工飼料其製作過程為先將儲存低溫糙米粉 (brown rice flour) 回溫後所需量 60 g，依序將全麥麵粉 (wheat flour) 60 g 及酵母粉 (yeast) 10 g 混拌均勻後，最後加入甘油 10 g 和蜂蜜 10 g 即可，裝袋後再

表一 粉斑螟蛾之蘇氏人工飼料配方

Table 1. Composition of the Sue's artificial diet for rearing *Cadra cautella* (Walker)

Composition	Quantity (g)
Brown rice flour	60
Wheat flour	10
Yeast	10
Glycerol	10
Honey	10

放入於冷凍庫儲存備用，所需時再拿出回溫使用。

試驗時，將當日產下之粉斑螟蛾的卵 40 粒，分別接入含 60 g 的糙米、薏仁或蘇氏人工飼料之塑膠養蟲罐中 (直徑 9 cm × 高 13 cm) 中，6 重覆。經 14 日後，卵發育至近老熟幼蟲時，再每天觀察，並紀錄粉斑螟蛾在三種不同食物之幼蟲、蛹之發育期與存活率、成蟲壽命、性比及產卵量，同時以解剖顯微鏡 (Olympus SZH10) 量取 0 日齡蛹的長、寬與以天平 (Mettler M75) 量其重量，比較粉斑螟蛾在糙米、薏仁及蘇氏人工飼料之發育與繁殖。

試驗所得資料，包括粉斑螟蛾在三種不同食物之卵、幼蟲、蛹等各發育期，與雌、雄成蟲壽命、繁殖力 (Egg/♀)、蛹的重量及大小，進行 ANOVA 變方分析與 Duncan's multiple range test 比較其差異性 (Statsoft, 1995)。性比、存活率經  $\sin\sqrt{x}$  轉值後，如前述分析。另依 Howe (1971) 之環境指數 (enviornmental index, 簡稱 E. I.,  $E. I. = (\ln(S \times E \times F) / T) \times 100$ ,  $\ln =$  自然對數,  $S =$  存活率,  $E =$  繁殖力,  $F =$  性比和  $T =$  發育期)，評估三種食物對粉斑螟蛾發育繁殖之適宜性。

### 三、蘇氏人工飼料中不同飼養密度對粉斑螟蛾發育繁殖之影響試驗

試驗時，將當日產下之粉斑螟蛾的卵以 20、30、40、60 及 120 粒，分別接入含有 60 g 的蘇氏人工飼料之塑膠養蟲罐 (直徑 9 cm × 高 13 cm)，6 重覆。置於 28°C、65 ± 5% RH 及 12L : 12D 光週期下走入式生長箱，約經 14 日後，如前述方法觀察並紀錄之。試驗所得資料，包括粉斑螟蛾卵至幼蟲化蛹之發育日數、蛹期、蛹大小及重量、壽命、繁殖力、存活率及性比，再如前述方法，進行數據分析。

## 結 果

### 一、粉斑螟蛾於不同食物中之發育與繁殖

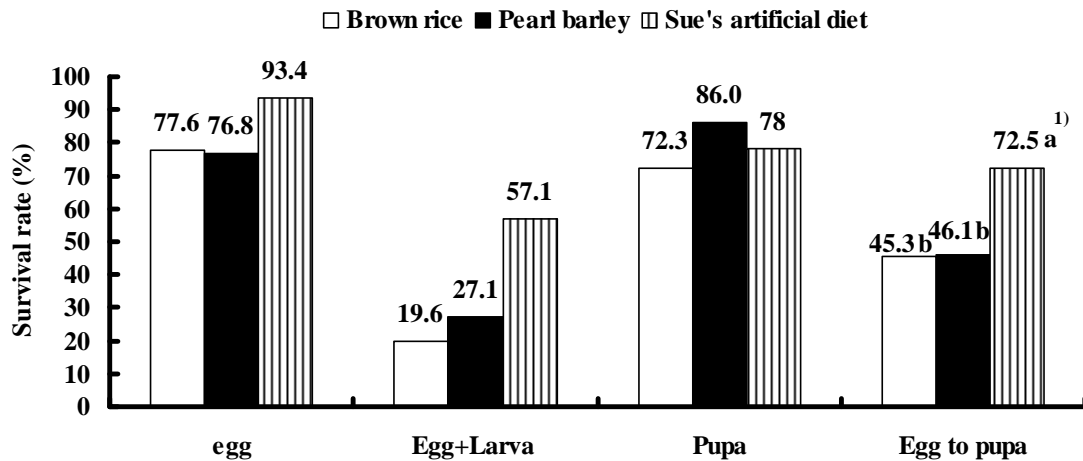
粉斑螟蛾以糙米、薏仁、蘇氏人工飼料飼育結果，其發育期及成蟲壽命如表二。粉斑螟蛾在糙米、薏仁及蘇氏人工飼料的發育期，於雌、雄幼蟲期、雌蛹期、雄成蟲壽命顯示具有差異性。在糙米、薏仁及蘇氏人工飼料飼育粉斑螟蛾之卵期分別為 4.6、4.2 及 4.1 日。在糙米、薏仁及蘇氏人工飼料飼育粉斑螟蛾之幼蟲期，以蘇氏人工飼料飼育者 15.8 (♀) 及 15.7 (♂) 日較以糙米及薏仁飼育者 (30.1 及 32.3、24.4 及 25.2 日) 顯著為短 (雌  $F_{2, 108} = 481.67$ ; 雄  $F_{2, 88} = 310.43, p < 0.05$ )。雌蛹期以糙米飼育者 5.8 日與人工飼料者 (6.1 日) 無顯著差異，而較以薏仁飼育者 (6.8 日) 顯著為短 ( $F_{2, 110} = 4.16, p < 0.05$ )。雄成蟲壽命以薏仁飼育者 7.1 日較以糙米及蘇氏人工飼料飼育者 (4.7 及 5.0 日) 顯著為長 ( $F_{2, 77} = 6.01, p < 0.05$ )。雄蛹期和雌成蟲壽命在糙米、薏仁及蘇氏人工飼料者無顯著差異 (雄蛹期:  $F_{2, 86} = 0.66, p > 0.05$ ; 雌成蟲壽命:  $F_{2, 77} = 0.23, p > 0.05$ )。雄蛹期分別為 7.0、6.5 及 7.0 日，雌成蟲壽命分別為 6.0、6.0 及 6.4 日。由以上結果顯示 28°C 下粉斑螟蛾在糙米、薏仁及蘇氏人工飼料完成一世代分別需

表二 不同食物飼育粉斑螟蛾各蟲期之發育日數及成蟲壽命

Table 2. Development and adult longevity of *Cadra cautella* (Walker) reared on different foods at  $28 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $65 \pm 5\%$  RH, and 12L:12D photoperiod

Stage	Brown rice		Pearl barley		Sue's artificial diet	
	n	Duration in days <sup>1)</sup> ( $X \pm SD$ )	n	Duration in days <sup>1)</sup> ( $X \pm SD$ )	n	Duration in days <sup>1)</sup> ( $X \pm SD$ )
Egg	525	4.6 $\pm$ 0.7	806	4.2 $\pm$ 0.4	879	4.1 $\pm$ 0.3
Larvae						
♀	20	30.1 $\pm$ 2.3 a	35	24.4 $\pm$ 2.6 b	56	15.8 $\pm$ 1.3 c
♂	20	32.3 $\pm$ 3.8 a	17	25.2 $\pm$ 4.1 b	54	15.7 $\pm$ 1.4 c
Pupa						
♀	20	5.8 $\pm$ 1.7 b	38	6.8 $\pm$ 1.0 a	55	6.1 $\pm$ 1.3 ab
♂	20	7.0 $\pm$ 2.1 a	17	6.5 $\pm$ 1.5 a	53	7.0 $\pm$ 1.2 a
Adult longevity						
♀	25	6.0 $\pm$ 1.9 a	27	6.0 $\pm$ 2.3 a	28	6.4 $\pm$ 3.1 a
♂	25	4.7 $\pm$ 2.2 b	27	7.1 $\pm$ 3.5 a	28	5.0 $\pm$ 2.3 b

<sup>1)</sup> Means within each row followed by the same letter are not significantly different by DMRT ( $p < 0.05$ ).



圖一 不同食物飼育粉斑螟蛾卵至成蟲羽化之存活率 (n = 6)。

Fig. 1. Survival rate of *Cadra cautella* (Walker) from egg to adult emergence reared on different foods at  $28 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $65 \pm 5\%$  RH, and 12L:12D photoperiod (n = 6). <sup>1)</sup> The means with the same letter do not significantly differ in the chart by DMRT ( $p < 0.05$ ).

42.2、35.7 及 26.5 日，以在蘇氏人工飼料之發育所需日數較短，表現於幼蟲期的發育上。

粉斑螟蛾在不同食物之存活率如圖一。粉斑螟蛾在蘇氏人工飼料的卵至成蟲羽化之存活率 72.5%，顯著高於以糙米及薏仁飼育者，

分別為 45.5 及 46.1% ( $F_{2, 20} = 38.07$ ,  $p < 0.05$ )；卵之存活率以蘇氏人工飼料最高 93.4%，顯著高於以糙米 (77.6%) 和 薏仁 (76.8%) 飼育者 ( $F_{2, 45} = 3.918220$ ,  $p < 0.05$ )。

表三 不同食物飼育粉斑螟蛾蛹之長寬與重量

Table 3. Body size and weight of *Cadra cautella* (Walker) pupa reared on different foods at  $28 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $65 \pm 5\%$  RH, and 12L:12D photoperiod

Foods	Sex	Size			Weight <sup>1)</sup> (mg)	
		n	Length (L) (mm)	Width (W) (mm)		L × W <sup>1)</sup> (mm <sup>2</sup> )
	Female					
Brown rice		20	6.6 ± 0.4	1.7 ± 0.1	6.6 × 1.7 c	10.1 ± 1.5 b
Pearl barley		37	7.0 ± 0.3	1.8 ± 0.1	7.0 × 1.8 b	10.7 ± 2.5 b
Sue's artificial diet		54	7.4 ± 0.4	2.0 ± 0.2	7.4 × 2.0 a	15.0 ± 2.1 a
	Male					
Brown rice		20	6.1 ± 0.3	1.5 ± 0.1	6.1 × 1.5 c	7.3 ± 1.3 c
Pearl barley		17	6.6 ± 0.3	1.6 ± 0.1	6.6 × 1.6 b	8.4 ± 1.1 b
Sue's artificial diet		53	6.7 ± 0.4	1.7 ± 0.1	6.7 × 1.7 a	10.8 ± 1.7 a

<sup>1)</sup> Means within each column followed by the same letter are not significantly different by DMRT ( $p < 0.05$ ).

表四 不同食物飼育粉斑螟蛾之性比、繁殖力、孵化率及環境指數

Table 4. Sex ratio, fecundity, hatching rate and environmental index of *Cadra cautella* (Walker) reared on different foods at  $28 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $65 \pm 5\%$  RH, and 12L:12D photoperiod

Foods	Sex ratio		Fecundity		E.I. <sup>1)</sup>
	n	(♀/♀+♂)	n	(eggs/♀)	
Brown rice	9	0.49	25	85.6 ± 79.7	6.3
Pearl barley	7	0.53	27	119.7 ± 68.1	8.5
Sue's artificial diet	7	0.52	28	145.1 ± 115.5	13.1

<sup>1)</sup> E. I.: Environmental index,  $[(\ln(S \times E \times F))/T] \times 100$ , where  $\ln$  = natural logarithm,  $S$  = survival rate,  $E$  = fecundity,  $F$  = sex ratio, and  $T$  = developmental period.

以糙米、薏仁、蘇氏人工飼料飼育之粉斑螟蛾雌、雄蛹之大小及重量如表三。雌蛹在大小及重量上均大於雄蛹，以蘇氏人工飼料飼育者其雌蛹大小為  $7.4 \times 2.0 \text{ mm}^2$  顯著高於以糙米 ( $6.6 \times 1.7 \text{ mm}^2$ ) 及 薏仁 ( $7.0 \times 1.8 \text{ mm}^2$ ) 飼育者 ( $F_{2,106} = 34.88, p < 0.05$ )。以蘇氏人工飼料飼育者其雄蛹大小為  $6.7 \times 1.7 \text{ mm}$ ，顯著高於糙米 ( $6.1 \times 1.5 \text{ mm}^2$ ) 及 薏仁 ( $6.6 \times 1.6 \text{ mm}^2$ ) 飼育者 ( $F_{2,87} = 23.21, p < 0.05$ )。以蘇氏人工飼料飼育者，其雌蛹體重為 15 mg 顯著高於以糙米 (10.1 mg) 及 薏仁 (10.7 mg) 飼育者 ( $F_{2,106} = 81.33, p < 0.05$ )。以蘇氏人工飼料飼育之雄蛹體重為 10.8 mg 顯著高於以糙米 (7.3 mg) 及 薏仁

(8.4 mg) 飼育者 ( $F_{2,87} = 46.78, p < 0.05$ )。

以不同食物飼育粉斑螟蛾之性比、繁殖率及環境指數，如表四。試驗結果顯示以糙米、薏仁及蘇氏人工飼料飼育羽化之成蟲，其性比 (♀/♀+♂) 分別為 0.49、0.53 及 0.52。繁殖力分別為 85.6、119.7 及 145.5 粒卵。進一步以 Howe (1971) 環境指數評估三種飼料對粉斑螟蛾發育繁殖之適宜性，顯示以蘇氏人工飼料最適合粉斑螟蛾之發育與繁殖，其環境指數 13.1，高於其他兩者 6.3 及 8.5。

## 二、蘇氏人工飼料中不同飼養密度對粉斑螟蛾發育繁殖之影響

不同飼養密度粉斑螟蛾之卵至化蛹所需

表五 蘇氏人工飼料中不同飼養密度粉斑螟蛾各蟲期之發育日數及成蟲壽命

Table 5. Development and adult longevity of *Cadra cautella* (Walker) reared on Sue's artificial diet with different rearing density at  $28 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $65 \pm 5\%$  RH, and 12L:12D photoperiod

Rearing density (eggs/60 g)	Sex	Egg + Larval stage		Pupal stage		Adult longevity	
		n	Days <sup>1)</sup>	n	Days <sup>1)</sup>	n	Days <sup>1)</sup>
Female							
20		48	20.0 ± 1.3 b	48	6.1 ± 1.4 b	25	6.2 ± 2.5 a
30		61	20.1 ± 1.2 b	61	6.4 ± 0.9 ab	34	5.8 ± 2.2 a
40		53	19.9 ± 1.3 b	53	6.1 ± 1.3 b	28	6.4 ± 3.1 a
60		80	20.2 ± 1.2 ab	80	6.7 ± 1.0 a	39	5.8 ± 2.9 a
120		149	20.5 ± 1.2 a	149	6.8 ± 0.8 a	37	5.9 ± 3.5 a
Male							
20		38	19.6 ± 1.4 ab	38	6.9 ± 1.2 b	25	5.0 ± 2.3 b
30		52	19.3 ± 1.3 b	52	7.2 ± 0.9 ab	34	6.3 ± 2.9 a
40		53	19.8 ± 1.4 a	53	7.0 ± 1.2 b	28	5.0 ± 2.3 b
60		103	19.5 ± 1.1 ab	103	7.3 ± 0.7 ab	39	4.4 ± 1.8 b
120		145	19.8 ± 1.3 a	145	7.4 ± 0.9 a	37	4.9 ± 2.1 b

<sup>1)</sup> Means within each column followed by the same letter are not significantly different by DMRT ( $p < 0.05$ ).

日數如表五。粉斑螟蛾雌蟲在不同飼養密度 20、30、40、60 及 120 eggs/60 g diet 之發育期分別為 20、20.1、19.9、20.2 及 20.5 日，其雄蟲之發育期分別為 19.6、19.3、19.8、19.5 及 19.8 日。雌、雄蟲卵至化蛹所需日數經統計分析有顯著差異，飼養密度為 20、30 及 40 eggs/60 g diet 處理者 (19.9~20 日) 較飼養密度 60 及 120 eggs/60 g diet 處理者 (20.2~20.5 日) 雌蟲所需發育日數較短 ( $F_{4, 386} = 4.083869, p < 0.05$ )；飼養密度 40 及 120 eggs/60 g diet 處理者 (19.8 日) 較飼養密度 20、30 及 60 eggs/60 g diet 處理者 (19.3~19.6 日) 雄蟲所需發育日數較長 ( $F_{4, 386} = 2.718891, p < 0.05$ )，但從結果看其雌、雄蟲變化不大，概約 19.9~20.5、19.3~19.8 日。

不同飼養密度粉斑螟蛾之蛹期所需日數如表五。粉斑螟蛾雌蟲在不同飼養密度 20、30、40、60 及 120 eggs/60 g diet 之蛹期分別為 6.1、6.4、6.1、6.7 及 6.8 日；雄蟲蛹

期在不同飼養密度處理者分別為 6.9、7.2、7、7.3 及 7.4 日。雌、雄蟲之蛹期所需日數經統計分析有顯著差異，飼養密度 20 及 40 eggs/60 g diet 處理者 (6.1 日) 較飼養密度 30、60 及 120 eggs/60 g diet 處理者 (6.4~6.8 日) 雌蟲所需日數較短 ( $F_{4, 386} = 7.519923, p < 0.05$ )；飼養密度 20 及 40 eggs/60 g diet 處理者 (6.9~7 日) 較飼養密度 30、60 及 120 eggs/60 g diet 處理 (7.2~7.4 日) 雄蟲所需日數為短 ( $F_{4, 386} = 3.361792, p < 0.05$ )，但從結果可知其雌、雄蟲變化不大，大概約為 6.1~6.8、6.9~7.4 日。

不同飼養密度粉斑螟蛾之壽命所需日數如表五。在飼養密度 20、30、40、60 及 120 eggs/60 g diet 下，雌蟲壽命分別為 6.2、5.8、6.4、5.8 及 5.9 日，雄蟲壽命分別為 5、6.3、5、4.4 及 4.9 日。雌蟲壽命經統計分析無顯著差異 ( $F_{4, 158} = 0.26, p > 0.05$ )，而雄蟲壽命有顯著差異，飼養密度 20、40、60 及 120

表六 蘇氏人工飼料中不同飼養密度粉斑螟蛾蛹之長寬與重量

Table 6. Body size and weight of *Cadra cautella* (Walker) pupa reared on the Sue's artificial diet with different rearing density at  $28 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $65 \pm 5\%$  RH, and 12L:12D photoperiod

Rearing density (eggs/60 g)	Sex	Size			Weight <sup>1)</sup> (mg)	
		n	Length (L) (mm)	Width (W) (mm)		L × W <sup>1)</sup> (mm <sup>2</sup> )
	Female					
20		48	7.3 ± 0.3	1.9 ± 0.2	7.3 × 1.9 ab	15.1 ± 1.7 ab
30		61	7.5 ± 0.3	1.9 ± 0.1	7.5 × 1.9 a	15.6 ± 1.6 a
40		53	7.4 ± 0.4	2.0 ± 0.2	7.4 × 2.0 a	15.0 ± 2.1 ab
60		80	7.3 ± 0.4	2.0 ± 0.2	7.3 × 2.0 ab	14.9 ± 1.9 b
120		149	7.2 ± 0.4	2.0 ± 0.6	7.2 × 2.0 b	14.2 ± 1.9 c
	Male					
20		38	6.8 ± 0.3	1.7 ± 0.1	6.8 × 1.7 a	10.9 ± 0.8 a
30		52	6.7 ± 0.3	1.7 ± 0.1	6.7 × 1.7 a	10.8 ± 1.0 a
40		53	6.7 ± 0.4	1.7 ± 0.1	6.7 × 1.7 a	10.8 ± 1.7 a
60		103	6.8 ± 0.3	1.7 ± 0.1	6.8 × 1.7 a	10.9 ± 1.6 a
120		145	6.7 ± 0.3	1.7 ± 0.1	6.7 × 1.7 a	10.5 ± 1.4 a

<sup>1)</sup> Means within each column followed by the same letter are not significantly different by DMRT ( $p < 0.05$ ).

eggs/60 g diet 處理者 (4.4~5 日) 較 30 eggs/60 g diet 處理者 (6.3 日) 雌蟲壽命較短 ( $F_{4, 158} = 3.53, p < 0.05$ )。

蘇氏人工飼料中粉斑螟蛾不同飼養密度蛹之大小與重量之結果如表六。表六顯示蘇氏人工飼料中不同飼養密度的粉斑螟蛾僅在雌蛹重量上經統計分析具有顯著性差異，其他雄蛹大小及重量上無顯著性差異。飼養密度 20、30、40、60 及 120 eggs/60 g 人工飼料中，雌蛹大小分別 7.3 × 1.9、7.5 × 1.9、7.4 × 2.0、7.3 × 2.0 及 7.2 × 2.0 mm<sup>2</sup> 具有顯著性差異 ( $F_{4, 386} = 3.263714, p < 0.05$ )，雌蛹平均重量為 15.1、15.6、15.0、14.9 及 14.2 mg 具顯著性差異 ( $F_{4, 386} = 7.308225, p < 0.05$ )。以 60 g 人工飼料接入 20、30 及 40 粒卵飼養所獲之雌蛹其重量分別 15~15.6 mg，較其他處理者顯著為重，而接入 120 粒卵者較輕 (14.2 mg)。雄蛹大小分別 6.8 × 1.7、6.7 × 1.7、6.7 × 1.7、6.8 × 1.7 及 6.7 ×

1.7 mm<sup>2</sup>，彼此間不具有顯著性差異 ( $F_{4, 386} = 0.694242, p > 0.05$ )。雄蛹平均重量為 10.9、10.8、10.8、10.9 及 10.5 mg，不具顯著性差異 ( $F_{4, 386} = 1.706053, p > 0.05$ )。自 30 粒卵處理者所獲得雌蛹大小雖較其他 20 及 40 粒卵處理者顯著為大，但統計上蛹重之差異並不顯著。另一方面，雄蛹除較雌蛹略小與稍輕外，在不同接入密度處理者無顯著差異，其雄蛹大小及重量介於 6.7 × 1.7~6.8 × 1.7 mm<sup>2</sup> 及 10.5~10.9 mg。

在不同飼養密度中，粉斑螟蛾之存活率及性比 (♀/♀+♂) (表七)，經統計分析無顯著性差異，第一次試驗結果其存活率為 68.3~84.6% ( $F_{4, 25} = 0.79, p > 0.05$ )，第二次試驗結果其存活率為 72.5~84.4% ( $F_{4, 25} = 2.20, p > 0.05$ )，其性比 (♀/♀+♂) 為 0.5~0.55 (表七) ( $F_{4, 25} = 0.55, p > 0.05$ )。

以繁殖力而言(表七)，飼養密度 20、30、40、60 及 120 eggs/60 g diet，粉斑螟蛾平

表七 蘇氏人工飼料中不同飼養密度粉斑螟蛾之存活率、性比及繁殖力

Table 7. Survival rate, sex ratio and fecundity of *Cadra cautella* (Walker) reared on the Sue's artificial diet with different rearing density at  $28 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $65 \pm 5\%$  RH, and 12L:12D photoperiod

Rearing density (eggs/60 g)	Sex ratio		Fecundity		Survival rate (%) <sup>1)</sup>	
	n	(♀/♀+♂) <sup>1)</sup>	n	(eggs/♀)	1 st trial	2 nd trial
20	6	0.50 a	25	106.0 ± 96.0 bc	75.8 a	73.3 a
30	6	0.53 a	34	161.8 ± 102.4 a	68.3 a	73.9 a
40	6	0.52 a	28	145.1 ± 115.5 ab	75.0 a	72.5 a
60	6	0.51 a	39	88.1 ± 64.4 c	83.3 a	77.8 a
120	6	0.55 a	37	102.0 ± 72.6 bc	84.6 a	84.4 a

<sup>1)</sup> Means within each column followed by the same letter are not significantly different by DMRT ( $p < 0.05$ ).

均產卵量分別為 106、161.8、145.1、88.1 及 102 egg/♀，經統計分析有顯著差異，而以飼養密度 30 eggs/60 g diet 處理者，繁殖力最高 (161.8 egg/♀)，其次為飼養密度 40 eggs/60 g diet 處理者 (145.1 egg/♀)，最差為飼養密度 60 eggs/60 g diet 處理者 (88.1 egg/♀) ( $F_{4, 158} = 4.13, p < 0.05$ )。

## 討 論

粉斑螟蛾在天然食物與人工飼料之發育繁殖，本試驗在  $28^\circ\text{C}$  以蘇氏人工飼料飼育粉斑螟蛾，其卵期 4.1 日，幼蟲期雌蟲 15.8 日及雄蟲 15.7 日，雌、雄蛹期 6.1 日及 7.0 日，由卵至成蟲存活率為 72.5%；以糙米及薏仁飼育者發育期甚長，由卵發育至成蟲約 42.2 日及 35.7 日，尤其在幼蟲發育期 24~32 日，明顯較以蘇氏人工飼育者 16 日為長；而且存活率僅有 45.5 及 46.1%。粉斑螟蛾於不同食物中之發育與繁殖從表二到四結果顯示，由粉斑螟蛾各蟲期發育、體重大小、繁殖力等表現評估，以蘇氏人工飼料飼育者均優於以糙米、薏仁飼育者，也較適合粉斑螟蛾之發育與繁殖。再以環境指數評估三種飼料對粉斑螟蛾發育繁殖之適宜性，顯示蘇氏人工飼育環境指數 13.1，優於其他兩者 (糙米和薏仁)

6.3 及 8.5。由於其幼蟲喜歡取食糙米上胚的部份 (Mookerjee *et al.*, 1969; Chen, 1984)，薏仁的胚芽比糙米較大，其幼蟲發育比糙米為快，另糙米磨成粉狀更適合粉斑螟蛾發育 (Chen, 1984)。LeCato (1976) 也報導在破裂和粉狀穀物更適合粉斑螟蛾發育與繁殖。本試驗中蘇氏人工飼料中含有糙米粉、全麥麵粉、酵母粉、蜂蜜及甘油，其中蜂蜜可以吸收溼氣，甘油可以避免黴菌發生且可軟化飼料，適合粉斑螟蛾之發育與繁殖。Singh *et al.* (1982a) 報導人工飼料中若缺乏酪蛋白 (casein)、葡萄糖、核黃素 (riboflavin)、菸草酸 (nicotinic acid)，粉斑螟蛾幼蟲無法完全發育，若缺乏膽固醇 (cholesterol)，則羽化成蟲翅變形者數量多。為使幼蟲有良好的發育與繁殖，於人工飼料中加入麥胚油是絕對必需的 (Waites and Gothilf, 1969)。本試驗中蘇氏人工飼料含有甘油，粉斑螟蛾在其上的發育與繁殖優於糙米及薏仁飼育者。甘油與麥胚油作用是否相似，值得進一步探討。

不同飼養密度 20、30、40、60 及 120 eggs/60 g diet 之結果顯示，以飼養密度 30~40 eggs/60 g diet 較適合粉斑螟蛾之發育與繁殖及具經濟性。估算其飼育成本以配製一份蘇氏人工飼料成本：糙米粉約 6 元/60 g、全麥麵粉 0.72 元/10 g、酵母粉 3.56 元/10



g、甘油 3.6 元/10 g 及蜂蜜 2.7 元/10 g，共 16.58 元/100 g。因此每隻成蟲生產成本為：0.34 元 [(16.58 元/100 g × 60 g) ÷ (40 × 0.725) 隻]。

另由本試驗中發現雌蛹的重量及繁殖力，可作為評估及管控大量飼養的蟲源品質的指標。Takahashi (1957) 報導當固定食物量而初期幼蟲密度增加時，由於食物碎片和幼蟲排泄物增加，棲息環境改變，幼蟲因食物不足，其幼蟲的發育就差。Al-Taweel *et al.* (1995) 指出粉斑螟蛾以重複使用人工飼料在繁殖力、受精卵比率及壽命較差。顯示每次飼育時粉斑螟蛾應以新鮮的人工飼料飼養。另以人工飼料累代飼育是否有弱勢現象，值得進一步探討。

## 誌 謝

本研究承本所公務計畫 97 農科-14.2.1-藥-P3 補助經費。試驗期間承吳昭儀、林信宏、洪舜仁協助，文成後黃振聲博士提供修正意見，完稿後又蒙二位審查者提供意見及斧正，謹此一併誌謝。

## 引用文獻

- Al-Taweel, A. A., M. S. H. Ahmed, M. J. Nasser, and M. A. Shawkit. 1995. Reuse of the larval diet in mass rearing the fig moth, *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae). *J. Stored Prod. Res.* 31: 249-251.
- Brady, U. E. 1973. Isolation, identification and stimulatory activity of a second component of the sex pheromone system (complex) of the female almond moth, *Cadra cautella* (Walker). *Life Sci.* 13: 227-235.
- Burges, H. D., and K. P. F. Haskins. 1965. Life cycle of the tropical warehouse moth, *Cadra cautella* (Walker) at controlled temperatures and humidities. *Bull. Entomol. Res.* 55: 775-789.
- Burges, H. D. 1956. Some effects of the British climate and constant temperature on the life-cycle of *Ephestia cautella* (Walker), *Bull. Entomol. Res.* 46: 813-835.
- Chen, C. H. 1984. Effect of Foods to the Development and Reproduction of the Almond Moth *Ephestia cautella* Walker, Master Thesis, Research Institute of Plant Pathology and Entomology, National Taiwan University. (in Chinese)
- Cotton, R. T. 1960. Pests of Stored Grains and Grain products. Burgess Publ. Co., Minn.
- Howe, R. W. 1971. A parameter for expressing the suitability of an environment for insect development. *J. Stored Prod. Res.* 7: 63-64.
- Kuo, B. J. 2005. The investigation and control of pest of cultivated and storage Chinese medical herb. *Yearbook of Chinese Medicine and Pharmacy* 23: 219-256. (in Chinese)
- Kuwahara, Y., C. Kitamura, F. Takahashi, H. Here, S. Ishii, and H. Fukami. 1971. Sex pheromone of the almond moth and the Indian meal moth: *cis*-9, *trans*-12-tetradecadienyl acetate. *Science*

- 171: 801-802.
- LeCato, G. L.** 1976. Yield, development, and weight of *Cadra cautella* (Walker) and *Plodia interpunctella* (Hubner) on twenty-one diets derived from natural products. *J. Stored Prod. Res.* 12: 43-47.
- Mookerjee, P. B., B. N. Bose, and S. Singh.** 1969. Some observations on the damage potential of the almond moth, *Cadra cautella*, in eight different stored grains. *Indian J. Entomol.* 31: 1-6.
- Peng, W. K.** 1998. Insects in domestic corn and sorghum stored in steel silos in Taiwan. *Plant Prot. Bull.* 40: 309-314.
- Singh, K. M., R. A. Tripathi, and T. P. S. Teotia.** 1982a. Growth response of *Cadra cautella* Walker to various artificial diet. *Bull. Grain Technol.* 20: 92-99.
- Singh, Y. P., B. Singh, and N. D. Pandey.** 1982b. Damage potential of *Cadra cautella* Walker in different stored commodities. *Bull. Grain Technol.* 20: 119-123.
- Srivastava, O. S.** 1973. Varietal susceptibility resistance of different varieties of soybean to *Cadra cautella* Walker, a storage pest of stored soybean. *Bull. Grain Technol.* 11: 203-205.
- Statsoft.** 1995. *Statistica for Windows* (vol. I): General Conventions and Statistics I, 2nd ed., Statsoft, Tulsa, OK.
- Strong, R. G., D. E. Shur, and G. J. Partida.** 1967. Rearing stored-product insects for laboratory studies: lesser grain borer, granary weevil, *Sitophilus zeamais*, and Angoumois grain moth. *J. Econ. Entomol.* 60: 1078-1082.
- Su, T. H.** 1972. Artificial diets for rearing *Brachmia modicella* Christoph. *Rep. Taiwan Sugar Res. Inst.* 57: 75-80.
- Takahashi, F.** 1955. On the relation between the population density of the almond moth, *Ephestia cautella*, and the emigration of its larvae. *Jpn. J. Ecol.* 5: 82-87.
- Takahashi, F.** 1957. On the effect of population density on the power of the reproduction of the almond moth, *Ephestia cautella*: the effect of the biologically conditioned food upon the larval development. *Jpn. J. Ecol.* 7: 70-72.
- Takahashi, F., C. Kitamura, Y. Kuwahara, and H. Fukami.** 1971. The comparative pheromone activity of acetates of unsaturated alcohol to males of the almond moth. *Botyu-kagaku* 36: 24-36.
- Tuli, S., and P. B. Mookerjee.** 1963. Ecological studies on *Cadra (Ephestia) cautella* (Walker). *Indian J. Entomol.* 25: 379-380.
- Waites, R. E., and S. Gothilf.** 1969. Nutrition of the almond moth. I. analysis and improvements of the experimental diet. *J. Econ. Entomol.* 62: 301-305.
- Wang, C. L., Y. J. Wu, M. Y. Hsu, C. T. Yseng, and Y. F. Chang.** 1999.

Selection of proper food materials for rearing *Orius strigicollis* (Poppius) (Hemiptera: Anthocoridae). Chinese J. Entomol. 19: 319-329. (in Chinese)

收件日期：2009年7月28日

接受日期：2009年9月29日

**Yao, M. C., K. C. Lo, and Y. N. Wan.**

2003. Effects of the milling process and grocery environments on the occurrence of stored-product insects. Plant Prot. Bull. 45: 110-116. (in Chinese)

# Development and Fecundity of the Almond Moth, *Cadra cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae), Reared on Different Diets

Wen-Lung Wang<sup>1,2</sup>, Chau-Chin Hung<sup>1\*</sup>, Suey-Sheng Kao<sup>1</sup>, and Shun-Cheng Wang<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Division of Bio-pesticide, Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, COA, Wufeng, Taichung County 41358, Taiwan

<sup>2</sup> Department of Environmental Engineering and Management, 168 Jifong E. Rd., Wufeng, Taichung County 41349, Taiwan

## ABSTRACT

A development and fecundity study of the almond moth, *Cadra cautella* (Walker), reared on brown rice, pearl barley and Sue's artificial diet was conducted at  $28 \pm 1^\circ\text{C}$  and  $65 \pm 5\%$  RH with a 12L:12D photoperiod. The results showed that the development and fecundity of the almond moths reared on Sue's artificial diet was better than those reared on brown rice and pearl barley. The development of the almond moth reared on brown rice, pearl barley and Sue's artificial diet was as follows: egg stage: 4.6, 4.2, and 4.1 days; larval stage: 31.4, 24.8, and 15.8 days; the female pupal stage: 5.8, 6.8, and 6.1 days; the male pupal stage: 7, 6.5, and 6.1 days, and the adult longevity: 5.4, 6.6, and 5.7 days, respectively. The fecundity and hatching rate of the almond moth reared on brown rice, pearl barley and Sue's artificial diet were 85.6, 119.7, and 145.1 eggs/female, and hatching rate was 77.6, 76.8, and 93.4%, respectively. The size and weight of the female and male pupae of the almond moths reared on Sue's artificial diet were  $7.4 \times 2.0 \text{ mm}^2$  and 15 mg;  $6.7 \times 1.7 \text{ mm}^2$  and 10.8 mg, respectively. Based on the environmental index for rearing the almond moth on brown rice, pearl barley and Sue's artificial diet, the artificial diet (13.1) was found to be more suitable for rearing the almond moths. Development and fecundity of the almond moth, reared on different densities of 20, 30, 40, 60, 120 eggs/60 g diet in Sue's artificial diet showed that the economic rearing density for rearing the almond moth was 40 eggs/60 g diet.

**Key words:** almond moth, *Cadra cautella* (Walker), artificial diet, density of growth