

應用旋風分離法分離粉斑螟蛾 [*Cadra cautella* (Walker)] 卵粒與沾附鱗粉

許北辰¹ 余志儒² 董耀仁¹ 林鳳琪² 江明耀^{1,*}

摘要

許北辰、余志儒、董耀仁、林鳳琪、江明耀。2019。應用旋風分離法分離粉斑螟蛾 [*Cadra cautella* (Walker)] 卵粒與沾附鱗粉。台灣農業研究 68(2):189–194。

粉斑螟蛾 [*Cadra cautella* (Walker)] 卵粒常被應用作為生物天敵的代用食餌，但其卵粒上所沾附的鱗粉可能干擾到應用時操作，故研發分離蛾卵與鱗粉之技術有利於生物天敵應用推廣。傳統過篩法將卵粒與沾附鱗粉分離，但過篩後卵粒上殘留的鱗粉仍多，且器械本身體積龐大。本研究研發旋風分離法，分離粉斑螟蛾卵粒上沾附鱗粉。旋風分離法處理之卵粒，每粒卵殘留 0.1 片鱗粉，卵粒遺失率為 $0.3\% \pm 0.3\%$ ，與過篩法處理組 ($4.7 \text{ 片} \pm 0.2 \text{ 片}$ ； $10.5\% \pm 1.0\%$) 有顯著差異，惟兩者處理之卵破損率及卵孵化率皆無顯著差異。旋風分離法對粉斑螟蛾卵粒所沾附之鱗粉分離效果優異，卵遺失率低，未對卵粒造成破損，且器械簡便，亟具有自動化應用潛力。

關鍵詞：旋風分離、粉斑螟蛾、卵粒、鱗粉。

前言

粉斑螟蛾 [*Cadra cautella* (Walker)]，英文俗名 almond moth，屬鱗翅目 (Lepidoptera) 螟蛾科 (Pyralidae)，為積穀害蟲 (Gautam & Tesfaye 2002; Yao 2004)。粉斑螟蛾與外米綴蛾 [*Corcyra cephalonica* (Stainton), rice moth] 的卵粒，皆為重要的生物天敵如草蛉 *Mallada* spp. 或 *Chrysoperla* spp. 之替代食餌來源 (Gautam & Tesfaye 2002; Halder & Rai 2016; Ye *et al.* 2017)。雖然基徵草蛉 [*Mallada basalis* (Walker)] 及小黑花椿象 [*Orius strigicollis* (Poppius)] 的人工飼料技術已成熟發展，但前述蛾卵仍為其重要的天然替代食餌 (Ma *et al.* 1986; Lee 1994, 2003; Lu *et al.* 2011)。

粉斑螟蛾可於室內大量飼養 (Wu 2002; Wang *et al.* 2009)，外米綴蛾於台灣糖業公司亦有大规模飼養紀錄 (Su 1972)。兩種米蛾成蛾體表及

翅膀上鱗粉皆容易脫落飛散，造成多數操作者眼睛紅癢或皮膚刺癢等嚴重過敏反應 (Puneeth & Vijayan 2013)。粉斑螟蛾及外米綴蛾的大量飼育方式，其成蟲階段均於筒狀或是漏斗構造的容器中，以避免成蛾飛竄及鱗粉飄散，自飼養籠底部收集參雜鱗粉的蛾卵後，再以篩網將鱗粉分離而得到較潔淨的卵 (Manjunath 2014)。未經過篩的卵粒，每千粒卵伴隨約 1–10 mg 的鱗粉 (本研究團隊之未發表資料)，傳統過篩方式容易造成鱗粉大量飄散於周遭環境，操作人員需著護目鏡、口罩、袖套等，以降低氣管及皮膚過敏。密閉過篩應用於大量生產時，亦將面臨設備的重量以及體積龐大不易操作等問題 (Jaronski & Jackson 2012; Jaronski 2014)。綜上所述，有必要發展一可將鱗粉限制於密閉空間之快速分離器具。

旋風分離器 (cyclone separator，或稱氣流

投稿日期：2018 年 10 月 22 日；接受日期：2018 年 12 月 17 日。

* 通訊作者：mingyaw@tari.gov.tw

¹ 農委會農業試驗所應用動物組助理研究員。台灣 台中市。

² 農委會農業試驗所應用動物組副研究員。台灣 台中市。

分級機或離心分級機)，為一種利用氣流使內部粒子迴旋於圓柱 (cylinder) 或圓錐 (cone) 形結構中的裝置，較大或密度較高的顆粒產生較大的運動慣性 (inertia) 而沉降，較輕者受之氣旋 (vortex) 懸浮而帶出結構，而達到粒子分級的目的 (Taiwo *et al.* 2016; Godase & Mali 2017)。旋風分離法在工業上應用於噴霧乾燥，以及粉塵回收分離等；生物試驗上有使用於收集蟲生真菌如白僵菌 (*Beauveria sp.*) 之分生孢子 (conidia) (Jaronski 2014)，為較類似於本研究之用途。而旋風分離原理於日常生活中最廣為應用的實例，便是近年取代傳統濾袋式集塵器 (bag dust collector) 的無袋式吸塵器 (bagless vacuum cleaners, 或稱旋風式集塵器 cyclone dust collector)。

本研究提出一種以旋風分離原理所製作的分離器，使卵直接落入分離器中，避免鱗粉於收集卵的過程中飄散。此法利於米蛾之自動化飼養、蛾卵收集、蛾卵產品商品化包裝，以及發展以此蛾卵為替代食餌 (Wu 2002; Lee 2003; Wang *et al.* 2009; Lu *et al.* 2011) 的昆蟲天敵產業。

材料與方法

旋風分離器 (圖 1) 分為 A、B 兩部分。分離

器 A 為一直徑 3 cm × 高 11 cm，容量 50 mL 之圓筒狀容器，上下各有 45 度角之圓錐面，圓錐面下側開以一進氣口並以渦輪風扇 (worm gear fan, 又名蝸牛扇) 鼓風，頂部具直徑 1 cm 出氣孔，並以軟管連接至分離器 B 上側之進氣口。分離器 B 為直徑 10 cm × 高 30 cm，容量 2,000 mL 之圓筒容器，於上部開一直徑 2 cm 內設有空氣過濾網之出氣口。

粉斑螟蛾飼育過程修改自 Wu (2002) 與 Wang (2009) 的方法，幼蟲提供糙米與麩皮的混合物作為食物，成蟲以 20% 蜂蜜水餵養，待成蟲產卵後，收集卵粒供試驗使用。由於沾染大量鱗粉的卵粒，難以計算數量及進行後續觀察試驗。因此，本研究由上述飼養方法中取當日產之蛾卵經 30 目篩網過篩後，取 200 粒卵，分成 2 組，各 100 粒，並各與 10 mg 的鱗粉混和，模擬過篩前伴隨大量鱗粉的卵粒 (圖 2)，進行旋風分離法、過篩法效果試驗。

旋風分離法，首先取一組與鱗粉混合之卵，置於分離器 A 內，並注入 30 L min^{-1} 的空氣，使卵粒與鱗粉混合物隨氣流旋起，鱗粉隨氣流上升並穿越連通道，由分離器 B 上方進入並沉降於底部。而卵粒於旋風停止後，即滯留於分離器 A 底部。過篩法為對照組，以 30 目篩網將鱗粉篩去。實體顯微鏡檢兩組處理方

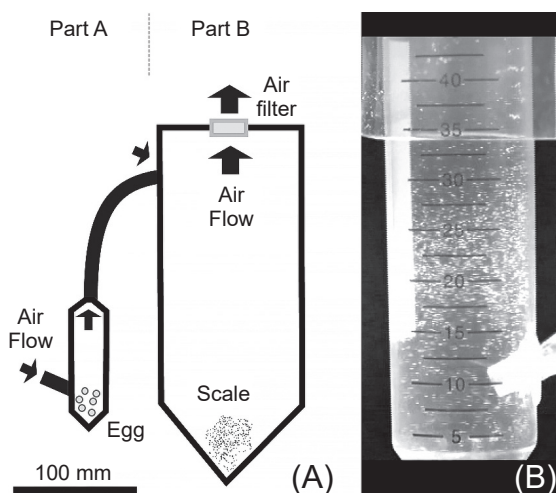


圖 1. 旋風分離器構造圖 (A) 及分離器中進行鱗粉分離的粉斑螟蛾卵 (B)。

Fig. 1. Schematic and image of the cyclonic separator (A) and the eggs of *Cadra cautella* proceeding scale separation (B).

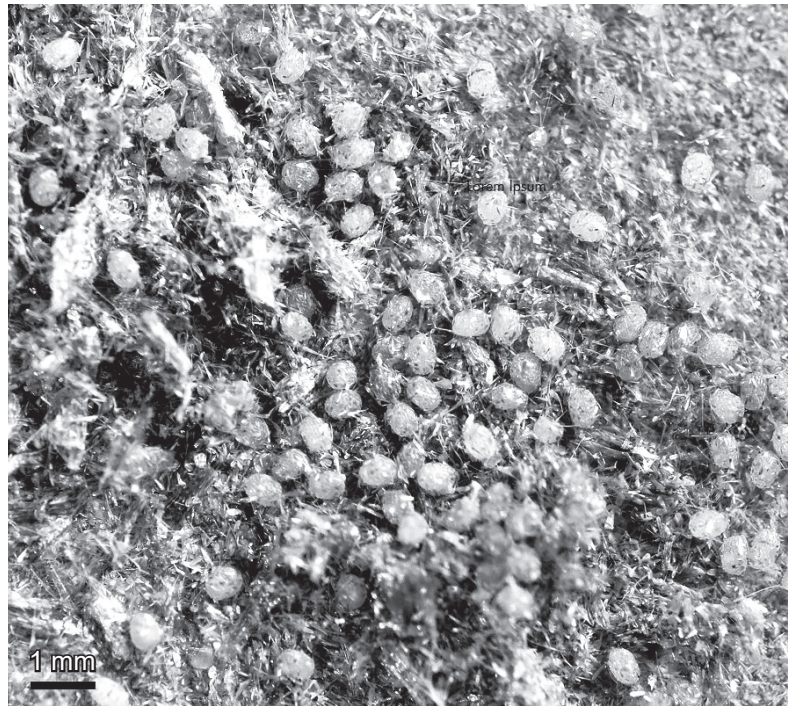


圖 2. 100 粒粉斑螟蛾卵搭配 10 mg 的鱗粉，模擬未經過篩之卵粒。

Fig. 2. One hundred eggs of *Cadra cautella* and 10 mg of scale were used to simulate the unsifted eggs.

法後減損的卵粒數量、破損卵粒，分別除以原卵粒數即得卵遺失率、破損率。每組試驗任取 50 粒卵 ($n = 50$)，計算卵上殘留鱗粉數量，再經 4 d 觀察孵化後的卵粒空殼即可推估卵孵化率 (表 1)。試驗處理進行 4 重複。

試驗數據資料以 SPSS Statistics 22 軟體進行統計分析，先以 Levene's 變異數同質性檢定，若變異數相等，則以假設變異數相等之獨立樣本 t 檢定 (independent samples t -test) 比較旋風分離、過篩兩種處理間的平均值差異。

結果與討論

粉斑螟蛾卵粒經旋風處理後，每個卵粒上沾附 0.1 片鱗片，而過篩組為 $4.7 \text{ 片} \pm 0.2$ 片鱗片，兩種處理間具顯著差異 ($t = 25.27$, $df = 6$, $P < 0.001$; 表 1)；卵粒於旋風分離器中的遺失率僅為 0.3%，低於過篩處理的 10.5%，兩種處理間有顯著差異 ($t = 9.576$, $df = 6$, $P < 0.001$; 表 1)；卵粒經旋風處理後無破損發生，孵化率良好，與過篩法處理組間無顯著差異 ($t = 9.26$, $df = 6$, $P = 0.390$; 表 1)。卵粒上的鱗

表 1. 粉斑螟蛾卵粒經旋風去除鱗粉後之影響及鱗粉殘留量。

Table 1. Egg and adhesive scale of *Cadra cautella* after cyclonic separation.

| Item | Cyclonic separation (Mean \pm SEM ^z) | Sieving process (Mean \pm SEM) |
|-------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------|
| Residual scale (per moth egg) | 0.1 \pm 0.0 | 4.7 \pm 0.2 ^{**y} |
| Lost eggs (%) | 0.3 \pm 0.3 | 10.5 \pm 1.0 ^{**} |
| Broken eggs | 0.0 \pm 0.0 | 0.0 \pm 0.0 |
| Hatch (%) | 95.5 \pm 0.5 | 96.5 \pm 1.0 |

^z SEM: Standard error of the mean.

^y ** $P < 0.01$.

粉經旋風處理後幾乎完全去除乾淨，顯示此旋風處理對於卵粒上鱗粉的去除效果良好(圖 3)。

一般情況下，商用旋風分離器之進氣孔常設置於設備頂部，但如此將使卵粒隨沾附鱗粉沉降而失去分離意義。本設計之起始進氣孔設置於下方錐面以產生氣旋吹散卵粒與鱗粉之混合物，來達到分離效果。本研究所提出之旋風鱗粉分離法，可在短時間內將鱗粉自粉斑螟蛾卵粒上高效率的分離並集中去除，並可與成蛾

飼養籠的卵收集器相結合，以達到全程密閉集卵的效果，除優化蛾卵採集程序，亦有極大潛力應用於如另一廣泛應用的赤眼卵寄生蜂之代用寄主外米綴蛾。後續自動化器具的設計，則為未來發展之主要目標。

誌謝

本試驗承本組益蟲研究室助理張敏專小姐及王俞良小姐協助執行，謹此致謝。

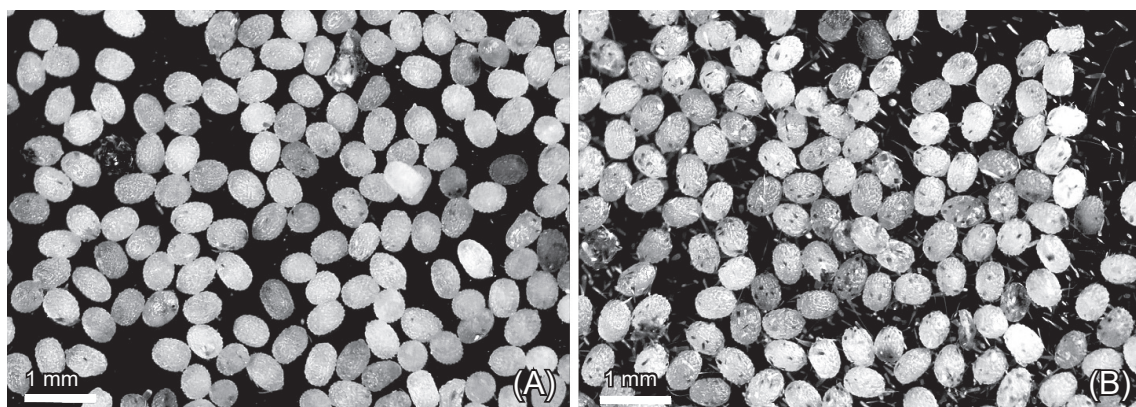


圖 3. 旋風分離法 (A) 及過篩處理法 (B) 的粉斑螟蛾卵。

Fig. 3. The eggs of *Cadra cautella* with scales by proceeding cyclonic separation (A) and sieving process (B).

引用文獻

- Gautam, R. D. and A. Tesfaye. 2002. Potential of green lacewing, *Chrysoperla carnea* (Stephens) in crop pest management. *New Agric.* 13:147–158.
- Godase, M. M. and M. S. Mali. 2017. A review paper on design, development and experimental analysis of particuler matter separator. *Intl. J. Sci. Eng. Res.* 8:167–169.
- Halder, J. and A. B. Rai. 2016. Suitability of different prey aphids on the growth, development and reproduction of *Chrysoperla zastrowi sillemi* (Esben-Petersen) (Chrysopidae: Neuroptera). *Proc. Zool. Soc.* 69:89–95.
- Jaronski, S. T. and M. A. Jackson. 2012. Mass production of entomopathogenic Hypocreales. p.255–284. *in: Manual of Techniques in Invertebrate Pathology.* 2nd ed. (Lacey, L. A., ed.) Academic Press, San Diego, CA. 504 pp.
- Jaronski, S. T. 2014. Mass production of entomopathogenic fungi: State of the art. p.357–413. *in: Mass Production of Beneficial Organisms.* (Morales-Ramos, J. A., M. G. Rojas, and D. I. Shapiro-Ilan, eds.) Academic Press. San Diego, CA. 764 pp.
- Lee, W. T. 1994. Technical development of microencapsulated artificial diets for *Mallada basalis* Walker. *Chinese J. Entomol.* 14:47–52. (in Chinese with English abstract)
- Lee, W. T. 2003. Successive group-rearing of *Mallada basalis* with microcapsulated artificial diet and cost analysis. *Plant Prot. Bull.* 45:45–52. (in Chinese with English abstract)
- Lu, C. T., Y. C. Chiu, M. Y. Hsu, C. L. Wang, and F. C. Lin. 2011. Using cysts of brine shrimp, *Artemia franciscana*, as an alternative source of food for *Orius strigicollis* (Poppius) (Hemiptera: Anthocoridae). *J. Taiwan Agric. Res.* 60:300–308. (in Chinese with English abstract)

- Ma, A. N., X. D. Zhang, and J. Z. Zhao. 1986. A machine for making encapsulated diet for rearing *Chrysopa* spp. Chinese J. Biol. Control 2:145–147. (in Chinese with English abstract)
- Manjunath, T. M. 2014. A semi-automatic device for mass production of the rice moth, *Corcyra cephalonica* (Stainton) (Lep., Pyralidae), and evaluation of several biological and economic parameters to develop a package of practice for its commercial production. J. Biol. Control 28:93–108.
- Puneeth, P. and V. A. Vijayan. 2013. Biocontrol efficacy and viability of *Trichogramma chilonis* on *Corcyra cephalonica* and *Spodoptera litura* under laboratory conditions. Intl. J. Res. Biol. Sci. 3:76–79.
- Su, T. H. 1972. Artificial diets for rearing *Brachmia modicella* Christoph. Rep. Taiwan Sugar Exp. Stat. 57:75–80. (in Chinese with English abstract)
- Taiwo, M. I., A. N. Mohammed, and B. M. James. 2016. Design and analysis of cyclone dust separator. Amer. J. Eng. Res. 5:130–134.
- Wang, W. L., C. C. Hung, S. S. Kao, and S. C. Wang. 2009. Development and fecundity of the almond moth, *Cadra cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae), reared on different diets. Formosan Entomol. 29:251–262. (in Chinese with English abstract)
- Wu, T. K. 2002. The amount of diet suitable for rearing rice moth, *Corcyra cephalonica* Stainton. J. Taiwan Agric. Res. 51:39–44. (in Chinese with English abstract)
- Yao, M. C. 2004. Introduction of important grain pests quarantine and control. p.63–95. in: Proceedings of Workshop on Identification and Diagnosis of Important Insect Pest (4). October 11, 2004. Taipei, Taiwan. Council of Agriculture, Executive Yuan, Taipei. (in Chinese)
- Ye, J., J. Li, Z. Li, and S. Han. 2017. Rearing of *Mallada basalis* (Neuroptera: Chrysopidae) on modified artificial diets. PLoS One 12:e0185223.

Separation of Almond Moth [*Cadra cautella* (Walker)] Eggs and Residual Scales Using Cyclonic Separation

Bei-Chen Hsiu¹, Jih-Zu Yu², Yew-Jen Dong¹, Feng-Chyi Lin², and Ming-Yao Chiang^{1,*}

Abstract

Hsiu, B. C., J. Z. Yu, Y. J. Dong, F. C. Lin, and M. Y. Chiang. 2019. Separation of almond moth [*Cadra cautella* (Walker)] eggs and residual scales using cyclonic separation. *J. Taiwan Agric. Res.* 68(2):189–194.

Almond moth [*Cadra cautella* (Walker)] eggs are a critical type of factitious prey for beneficial insect enemy species. However, the residual adhesive scales on the eggs create commercial inconveniences. In previous attempts to solve these problems, conventional sieving device could not completely detach the scales from the moth eggs, and increased equipment size. This study used conventional sieving device and cyclonic separation to detach almond moth eggs from the adhesive scales. There were no significant differences were observed for the broken eggs and the hatch rate between the two separation methods. However, the residual scale per moth egg and egg lost rate differed significantly from cyclonic separation method and conventional sieving device (0.1 piece \pm 0.0 piece vs. 4.7 piece \pm 0.2 piece; 0.3% \pm 0.3% vs. 10.5% \pm 1.0%). This cyclonic separation method using a simple device is efficient for egg-scale detachment and thus has potential for use in almond moth rearing.

Key words: Cyclonic separation, Almond moth [*Cadra cautella* (Walker)], Egg, Scale.

Received: October 22, 2018; Accepted: December 17, 2018.

* Corresponding author, e-mail: mingyaw@tari.gov.tw

¹ Assistant Research Fellows, Applied Zoology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

² Associate Research Fellows, Applied Zoology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.