

米蛾繁殖收集機械開發與試驗

張光華^{*1}、林立¹、謝佳宏²、莊玉祥³

¹花蓮區農業改良場 ²文化大學 ³台糖公司花蓮糖廠

*Email: kuanghua@hdares.gov.tw

摘要

外米綴蛾卵粒常用於赤眼卵寄生蜂之代用寄主以及作為草蛉食餌，是生物天敵防治的重要原料，如今產量逐年驟減，已成為寄生蜂片量產缺口的主要原因。本研究研發米蛾繁殖收集機械，以求效能提升、降低管理風險、節約人力並減輕工作人員不適感，目標為大量生產提高普及率以滿足市場需求。研究已開發機械配合傳統繁殖技術進行量產試驗，於平均每日345隻的羽化米蛾數量中，機械集蛾率為 $47.1\% \pm 11.2\%$ ，驗證機械取代人力繁殖與收集米蛾之可行性。研究同時調查米蛾卵孵化率及其成蛾產卵率，作為日後導入產業應用之效益評估參考。

關鍵詞：生物防治(biological control)、寄生性天敵(parasitoid)、外米綴蛾(rice moth)量產(mass production)

緒論

近年推行農藥減量政策，非化學防治受到重視，其中生物防治中包括捕食性天敵、寄生性天敵、微生物與性費洛蒙等方法。外米綴蛾(*Corcyra cephalonica*)是生物防治產業重要的昆蟲，其卵粒可應用作為赤眼卵寄生蜂(*Trichogramma egg wasps*)量產所需的代用寄主，以及草蛉(*Green lacewings*)量產所需的食餌，進而寄生於甘蔗螟、玉米螟，以及補食粉蝨、介殼蟲、蚜蟲及葉蟬等害蟲，達到生物防治的目的^[1]。然而由於產業需求常年萎縮、繁殖技術未有效傳承、生產勞動力不足等因素，國內外米綴蛾產量已逐年驟減，成為寄生蜂片量產缺口的主要原因。

傳統米蛾繁殖法是在密閉房舍內，使用木製盤床鋪滿米粒撒上米蛾卵飼養，待蛾卵孵化成長，最後化蛹後羽化。在米蛾羽化盛期以人力在房舍內收集成蛾，置入集蛾筒使其交尾產卵，再逐日收集其卵並風選除雜、過篩純化^[2]，至此可作為寄生蜂片生產原料，或是做為草蛉食餌直接販售。由於鱗翅目的米蛾在密閉空間內散落大量鱗粉，工作人員必須全身包覆後再進入繁殖室作業，以防止因鱗粉造成皮膚搔癢或呼吸道不適。困難的工作環境再加上收集成蛾作業多在清晨，使得人員訓練及任用不易。

為降低人力需求，曾有研究以飼育盆側邊黏貼 PE 袋方式組合串接收集羽化成蛾^[3]。農糧署也於 90 年曾委託中興大學執行「生物防治天敵生產自動化之技術改進(90 農科-5.1.1-糧-Z1(12))」計畫，研發有外米綴蛾成蛾收集機。原理是利用米蛾喜好粗糙表面的特性，以輸送帶收集並分離米蛾，相較人工收集可提高平均產卵量^[4]。另有研究設計模組化盤床垂直堆疊，外部包覆塑膠袋，最下層以四方漏斗狀收口，用瓶罐集中滑落的米蛾，可免去收集米蛾勞力，降低整體人力需求 75%，並且避免集體飼養的感染風險^[5]。既有研究的機械原理皆是被動等待米蛾從盤床移動至外部，再以垂直輸送帶或是平滑塑膠袋帶至收集處收集。然而經過實際飼養觀察，米蛾在初羽化時翅膀濕潤且活動力弱，待其主動離開盤床被有效收集的比率，以及其確認其產卵有效性，是值得精進提升之處。

材料與方法

一、機械設計概念

本研究設計開發米蛾繁殖收集機，參考傳統盤床飼養模式設計層架，承盤尺寸為 49 × 88 × 2.5 cm (機械尺寸為 80 × 100 × 180 cm)，每台機械可飼養米蛾約 30 餘萬隻。為了主動收集羽化成蛾提升收集效能，本機以直流馬達帶動附掛毛刷的輸送鍊條，於繁殖槽內主動掃拂，將成蛾帶出承盤後收集。機械主要結構包括層架飼養盤、直流馬達、調速器、齒輪、輸送帶、收集槽、防逃結構、通風網等。機械設計圖如圖 1 所示。米蛾繁殖期間須通風或保暖，因此機械兩側設計通風網(為避免米蛾受天敵小繭蜂危害，網目規格必須大於 32)。

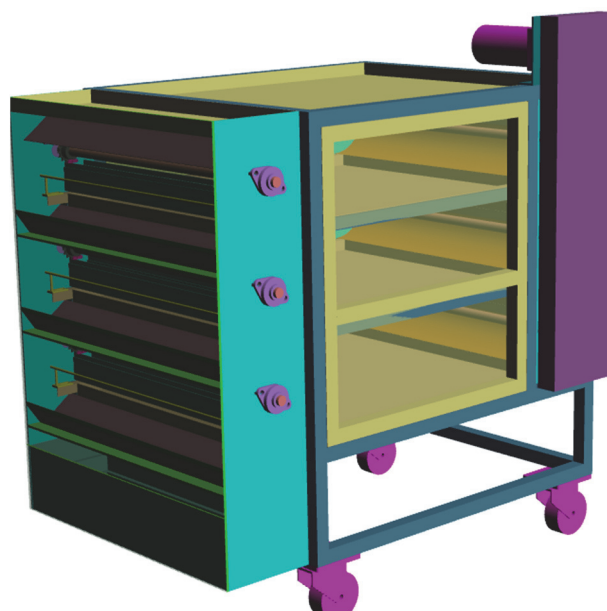


圖 1、外米綴蛾繁殖收集機設計圖

二、雛型機量產試驗及調查

(一) 量產試驗條件

雛型機經開發後與台糖公司花蓮光復糖廠合作進行量產試驗，以既有的米蛾繁殖技術配合本研究成果測試導入機械生產之可行性。試驗採用台糖繁殖留種外米綴蛾，於飼養槽中置入糙米並均勻撒布外米綴蛾卵，每 8.5 kg 糙米撒布 3 mL 米蛾卵。備妥後於室溫中飼養，無環境(溫、濕度、光照等)調控。持續觀察直至成蛾羽化後，啟動定時器開始間歇收集，每日記錄成蛾數量計算集蛾率，並持續改善機械結構。

(二) 調查項目

為評估機械性能，針對以下指標項目定義量化公式。

1. 機械集蛾率：每日調查集蛾槽與機械內部殘存之成蛾數量。

$$\text{集蛾率(\%)} = \frac{\text{集蛾槽中蛾數量}}{\text{集蛾槽中蛾數量} + \text{殘存蛾數量}} \times 100\% \quad (1)$$

2. 成蛾產卵率：為了解成蛾數量與卵粒的關係，隨機蒐集大量初羽化成蛾集中交尾，每日搖瓶取卵、純化並計量，連續調查至無產卵後，統計總卵量和蛾數量。進行 2 次重複試驗。
3. 孵化率：由於量產試驗中發現米蛾羽化量不如預期，因此調查米蛾卵孵化率以利釐清可能原因。於飼養前抽樣部分蟲卵，獨立至於 96-well 塑膠微量多孔盤中孵育，以避免幼蟲互食的干擾。孵育數天後計算蟲卵孵化率。

結果與討論

一、米蛾繁殖收集機應用優勢

本研究已研製具有飼養外米綴蛾及蒐集功能的雛型機，如圖 2。機械相較於傳統方法具有以下優勢。首先是採用可模組化量產的多層架飼養，空間利用效率提高有利於產業化應用；再者是改以輸送結構主動掃拂取代被動收集，可提高集蛾效率；機械封閉式批次繁殖可使天敵小繭蜂的危害風險得到控制，大幅降低損失；最後是機械集蛾可節省人力並且大幅減輕人員集蛾的不適感。為利成果商品化及保護智財，機械設計已同時提出新型及發明專利申請，並已取得新型專利(新型第 M610411 號)。



圖 2、米蛾繁殖收集機

二、米蛾繁殖收集機量產試驗調查

由統計數據可知，量產試驗平均米蛾羽化數量為每日 345 隻，總羽化米蛾共 5283 隻。每日羽化量差異大，由 66 隻至 579 隻不等。機械集蛾率於 3 至 7 成之間變化，平均集蛾率為 $47.1\% \pm 11.2\%$ (圖 3)，集蛾率與蛾羽化數量之間並無明顯關係。經由縮時攝影觀察，米蛾初羽化時活動力低，約在羽化後 10 至 20 分鐘才開始移動，且喜好以行走取代飛行。成蛾習慣停留於粗糙的垂直面，偶有原地振翅的行為，猜測為散佈費洛蒙吸引異性交尾。

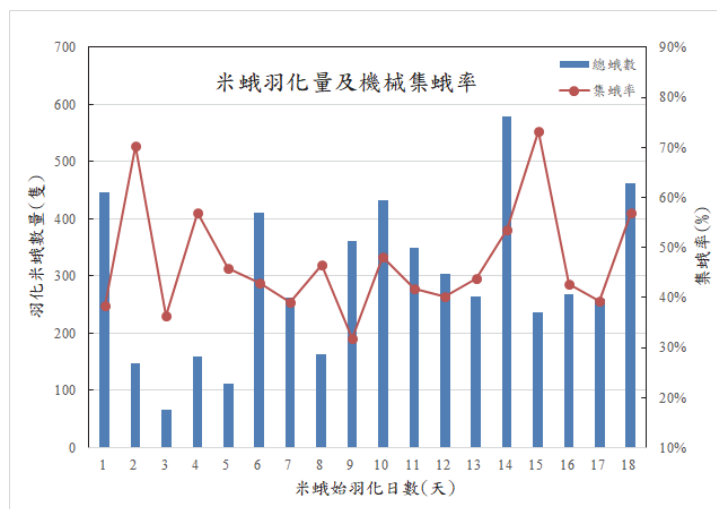


圖 3、米蛾羽化量及機械集蛾率

試驗過程觀察發現，未被成功收集的米蛾多停留在毛刷無法掃拂的死角空間(如圖 4)，為了解殘存米蛾分布情形，連續 4 日調查殘存於機械各繁殖槽的米蛾數量，統計如表 1。結果最上層和第 2 層繁殖槽的殘存約各佔羽化數量的 1 成，最下層殘存占比將近 2 成，其逾未被收集的米蛾占比不到 1 成。推測是米蛾容易因掃拂落下的過程受到驚擾而紛飛，因此提高再次收集的困難度，結果導致越下層所殘存未被收集的米蛾比例越多，因此在採用本原理進行立體化設計時應考慮為提高產能而造成的效率降低，此同時也是未來提升機械集蛾率的重要工作。



圖 4、米蛾停留在無法掃拂的死角空間

表 1、機械未集蛾分布統計

天數	1 槽殘存	2 槽殘存	3 槽殘存	其餘殘存	集蛾數量	羽化米蛾數量	集蛾率(%)
1	32	45	69	23	380	549	69.2%
2	56	61	132	49	326	624	52.2%
3	67	58	119	50	190	484	39.3%
4	72	84	150	74	450	830	54.2%
平均	57	62	118	49	337	622	53.7%
佔比	9.1%	10.0%	18.9%	7.9%			

依據文獻指出每 mL 米蛾卵約為 16,000-20,000 粒^[5]，推估此次試驗投入卵粒數約為 30 餘萬粒，計算總羽化率低於 2%，可能的原因包括卵粒孵化率低、米蛾幼蟲互食習性造成夭折、飼養環境因素造成疾病或緊迫、小繭蜂等天敵入侵危害族群等。經調查孵化率約為 73.6% (表 2)，非羽化率過低的主因，惟其餘因素尚待進一步試驗釐清。

表 2、米蛾卵孵化率

抽樣	孵化數	孵化率
1	68	70.8%
2	77	80.2%
3	67	69.8%
平均	71	73.6%
標準差	6	5.7%

在成蛾產卵率試驗調查結果(表 3)中得知，米蛾集中交尾後可連續產卵 4 天，於第一天產出總卵量一半以上的卵，爾後逐日驟減，可知米蛾收集工作應連續進行，且收集頻度至少每日一次，以減少成蛾於繁殖槽內產卵的卵粒損失；在兩次重複試驗中計算出平均每產出 1 mL 米蛾卵需要收集 249 隻米蛾。

表 3、蛾數量與產卵量統計表

交尾後日數(日)	A 組集卵量(mL)	B 組集卵量(mL)
1	3.5 (52.2%)	1.2 (66.7%)
2	2 (29.9%)	0.5 (27.8%)
3	1 (14.9%)	0.1 (5.6%)
4	0.2 (3.0%)	0 (0.0%)
總卵量	6.7	1.8
蛾數量	1616	501
蛾卵關係	平均 249 隻/mL	

結 論

本研究為支持生物天敵防治技術，開發外米綴蛾繁殖收集機械，以半自動化機械取代人力收集工作，並採用多層架設計以符合量產期待。機械設計以馬達帶動齒輪及鍊條，於模組化繁殖槽內主動掃拂，將成蛾帶出後收集。在逐日調查機械集蛾率的量產試驗中，米蛾平均每日羽化 345 隻，總羽化量 5283 隻，卵孵化率為 73.6%±5.7%，機械集蛾率平均為 47.1%±11.2%，試驗同時量化未成功被機械收集之米蛾分布情形。經蛾卵產率試驗調查得知平均每毫升米蛾卵需收集 249 隻羽化米蛾。本研究已驗證機械取代人力繁殖與收集之可行性，期待技術改良後導入產業應用。

誌 謝

本研究由農委會經費支持(計畫名稱：(108 農科-13.2.11-花-V1))，執行期間承蒙潘光啟、邱博嫻、蔡軫羽等研究夥伴共同討論及提供意見，感謝林瑋祥先生、簡宏諭先生、宋美蓉小姐在試驗工作上的協助，本研究得以順利完成，謹此申謝。

參考文獻

1. 吳春美。2000。天敵代用食物~外米綴蛾卵。苗栗區農業專訊第十期。
2. 吳炎融。2011。外米綴蛾人工量產技術及應用。苗栗區農業專訊 56。
3. 吳子淦。1993。外米綴蛾飼育及成蛾收集方法之改進。中華昆蟲 13: 9-15。
4. 盛中德。2005。外米綴蛾成蛾收集機。中華民國專利發明第 I270346 字號。
5. 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. Journal of Biological Control 28: 93-108.

