

平面繭及裸蛹生產技術及開發

廖久薰¹、黃勝泉¹、盧美君^{1*}

摘 要

本場研發之「平面繭生產及裸蛹收集裝置」於 2013 年 8 月 11 日獲得國家專利（中華民國新型第 M 458799 號），兼具生產裸蛹及平面繭之應用裝置。該裝置具有封閉式營繭構造，熟蠶攀爬其上，不會形成圓繭，可避免熟蠶相互堆疊包覆，提高平面繭品質；平均落蠶率 0.35%，健蛹率高達 92%。以瀛國 xYC15 品種為例，幼蟲在上簇後 96 小時開始化蛹。蠶蛹體長 32.9±0.1mm / 隻，體重 1.67±0.01 克 / 隻，絲重 0.24±0.01 克 / 隻。

關鍵字：家蠶、平面繭、蠶蛹

前 言

自古以來栽桑養蠶主要是利用繭絲纖維作為紡織原料，歷經數千年的研究改良及文化傳承，不論在桑蠶品種改良、生產技術改進、蠶絲用途及新產品的開發、副產品的利用等均有顯著成果。然而養蠶產業是人工成本高，在民國 80 年代廢桑轉作政策下，而逐漸式微。

家蠶屬於完全變態昆蟲，一生需經卵、幼蟲、蛹及成蟲四個時期，每一個時期都有很大變化。熟成的蠶會四處活動，一面尋找固定的位置，一面把體內的廢物排出，然後把長 1,000-1,500 公尺的絲線吐出作繭自縛，形成圓繭。傳統取得蠶蛹之方式，係採用多種不同的結構

與採集方法，早期所採用最傳統之營繭結構係為草簇結構，後有波浪形的萬年簇及旋轉簇（圖一）。該結構之特性主要為利用稻草或藤類等材質相互交錯堆疊，或波浪形夾角結構，熟蠶置於其中以形成圓形繭。

過去曾發展之「平面繭之形成方法及其裝置」（圖一），使熟蠶在平板上吐絲營造出平面蠶繭，形成不織布狀，供製蠶絲被、防寒衣、棉袍、和服腰帶之裡襯等產品，在生產平面繭同時可得到蠶蛹。由於平板式平面繭在熟蠶上簇後的吐絲期間長達 3 天 3 夜，需隨時調整網板傾斜方向及蠶室遮光面，否則容

¹ 行政院農業委員會苗栗區農業改良場

* 論文聯繫人：lumj@mdais.gov.tw

易造成熟蠶之間彼此堆疊包覆，工作人員需時時刻刻檢除排泄物及病弱死蠶等。另外，熟蠶攀爬至平板邊緣處，因其結構上具有可供蠶絲立體包覆之處，容易形成圓形繭。吐絲期間實耗人力甚多，且平面繭品質不佳、健康裸蛹回收率低，生產成本高。民國 76 年間，本場利用原生產普通繭的迴轉簇骨架，製作

滾筒型及圓型滾動式網筒，以迴轉簇原理試製滾筒式平面繭成功（圖一），改善排泄物、病弱死蠶及堆疊包覆之問題。然而，滾筒式平面繭的結構中空，熟蠶吐絲期間會攀爬到網筒內部形成圓繭，蛹回收率不佳，工作人員仍需一一摘除並削繭取蛹，對於裸蛹量產的目的仍未臻完善。



圖一、各種蠶簇種類及演進

A 波浪型萬年簇，B 旋轉簇 C 平板式平板簇，D 滾筒式平板簇

本研究擬發展一套節省人工成本、落蠶率低，且同時具有高品質的平面繭又兼具裸蛹回收率高之收

集裝置，茲將試驗部份數據報告如下，供有興趣的廠商或研究人員參考。

材料與方法

(一) 試驗材料

家蠶品種瀛國 xYC15，及「平面繭生產及裸蛹收集裝置」一式。

(二) 試驗方法

依慣行飼育，將原蠶室冷藏庫保育之家蠶品種瀛國 xYC15 蠶卵出庫、催青及飼育。待五齡幼蟲食桑 5-6 日，頭胸部縮小，軀體漸呈透明狀，且在飼養空間四周尋找角落開始吐絲時，此為熟蠶。將熟蠶全數集中，均勻撒佈在「平面繭生產及裸蛹收集裝置」，任其在佈蠶區域吐絲。每一裝置撒佈 300 隻熟蠶，3 重複。自上簇吐絲起，每小時紀錄自裝置上掉落的熟蠶及被其它蠶包覆的情形。調查熟蠶吐絲過程中，熟蠶體長、體重及外觀變化情形。

記錄熟蠶最終吐絲、化蛹的時間及吐絲量。調查未化蛹或死蠶數量，計算最終健蛹率。以傳統萬年簇營圓繭的蠶作為對照組，將熟蠶均勻撒佈在萬年簇上任其吐絲結繭。養蠶室內溫濕度分別為 25°C 及 R. H. 60%。上簇後 5 日開始剝繭衣、脫繭及削繭。調查圓繭內的蠶蛹體長、體重及圓繭重，每重複 20 隻蠶，共 3 重複。圓繭稱重方式是人工削開後，倒出繭內的蛹及蠶蛻，稱重，每重複 20 顆繭，共 3 重複。

結果

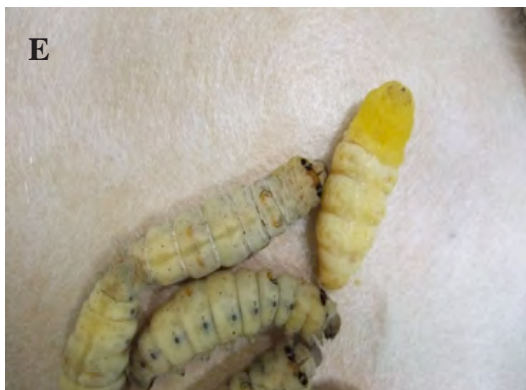
(一) 專利裝置落蠶率調查

本試驗依慣行法飼育家蠶至熟蠶階段，將蠶一一取出，平均放於專利之「平面繭生產及裸蛹收集裝置」的簇面上，任其攀爬並吐絲。上簇初期是熟蠶活動力最旺盛的時期，該時期的熟蠶試圖尋找適當的位置營繭。是落蠶率較高的時期，由於本裝置之結構特性，使家蠶可以依附在裝置上不會落下；上簇後 24 小時內，每小時平均落蠶率僅 0.17%。24 小時後熟蠶攀爬的

習性趨於穩定，安靜地在原處吐平面蠶絲，落蠶的情形大幅減少。上簇後 84 小時，體內絲已吐盡，腹足萎縮而一一至裝置上落下，靜待化蛹。熟蠶自上簇至落下化蛹，前後耗時約 84-96 小時，總落蠶率平均 $0.35 \pm 0.15\%$ 。熟蠶上簇後 96 小時，熟蠶陸續蛻皮化蛹。初化蛹的外觀呈黃白色的蠶蛹，蛹體軟嫩；待 3-4 小時，蛹體色漸漸轉變為常見的咖啡色外觀，且硬度變強。上

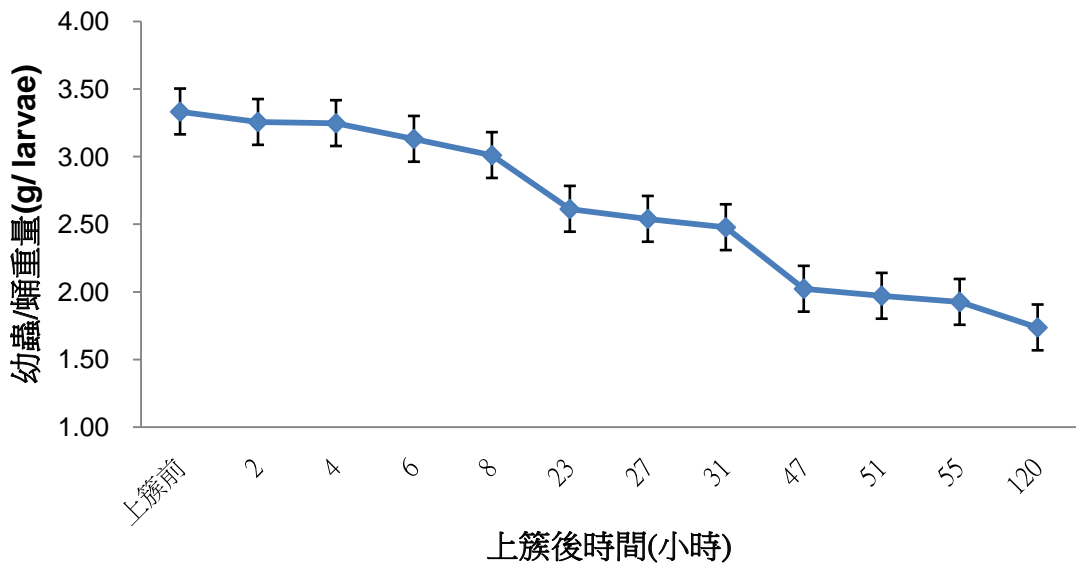
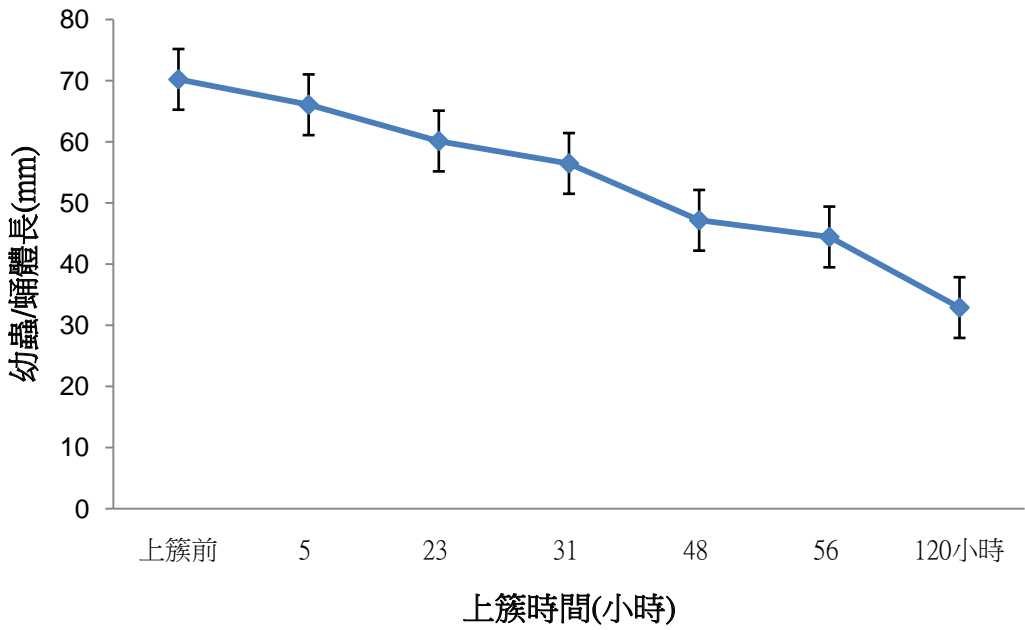
簇後 120 小時，所有落下的熟蠶均已化蛹，最終的健蛹率平均 92%，

初始化蛹至成熟的蠶蛹如圖二。



二、熟蠶上簇初始至化蛹的變化情形

A 為熟蠶上簇當日，B 為上簇後 24 小時，C 為上簇後 48 小時，D 為上簇後 72 小時，D 為上簇後 96 小時，E 為上簇後 120 小時，F 為完全化蛹的情形。



(二) 裸蛹之形成過程及收集

記錄熟蠶變態為蠶蛹的體長及體重分別為 $32.9 \pm 0.1 \text{ mm}$ / 隻及 $1.67 \pm 0.01 \text{ 克}$ / 隻 (圖三)，對照

組的圓繭經人工削開後，量稱其體長及體重分別為 $29.2 \pm 0.2 \text{ mm}$ / 隻及 $1.76 \pm 0.02 \text{ 克}$ / 隻，顯示平面繭產

出之裸蛹較圓繭內之蠶蛹較長也較重，具顯著性差異（表一）。

（三）不同營繭裝置對吐絲量的影響

調查本專利技術及傳統波浪簇兩種營繭裝置熟蠶吐絲的狀況，專利技術熟蠶營平面繭（圖四），每隻熟蠶平均吐絲 0.24 ± 0.01 克；對照組波浪簇熟蠶營圓繭，每隻熟蠶

平均吐絲 0.25 ± 0.03 克，兩者在統計上無顯著差異（表一）。最終獲得的平面繭蠶絲，外觀平整且乾淨，無殘留熟蠶排泄物及死蠶等污損，實為高品質平面繭。



圖四、新技術生產高品質平面繭(A)及健康裸蛹(B)，應用於生物科技、生醫素材及紡織等，有助國內養蠶業發展。

表一、不同營繭裝置形成蠶蛹之性狀比較

	絲量 (克/蠶)	蛹體長 (mm/蛹)	蛹體重 (克/蛹)
專利技術	0.24±0.01 ^{a*}	32.9±0.1 ^a	1.67±0.01 ^b
波浪簇	0.25±0.03 ^a	29.2±0.2 ^b	1.76±0.02 ^a

*Means within each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

表二、現有蠶簇製作平面繭及裸蛹取得方便性之比較

特性	種類	比較
製作平面繭的工時成本	方格或波浪式	高
	平板式	高
	滾筒式	中
	專利技術	低
健康裸蛹取得方便性	方格或波浪式	低
	平板式	中
	滾筒式	中
	專利技術	高

討論

家蠶生物特性，吐絲結圓繭，作繭自縛。若欲取得蠶蛹，則需透過脫繭及削繭之程序，以取得蠶蛹，其不僅程序複雜、多工，且因蠶蛹包覆於圓形繭內，難以觀測其發育情形，故在削繭時易錯失削繭時機、或因削繭技術不純熟而導致取得不易取得適齡裸蛹，其具有裸蛹回收率低、且取得程序複雜、成本高等缺點。

雖然前人發展之「平面繭之形成方法及其裝置」及滾筒式平面繭裝置，確實可提升平面繭製作，但仍有少數不完全包覆的圓繭及平面繭絲污損等缺點，徒增後續加工上的人工耗損。

本專利技術本體為封閉式構造，熟蠶爬行吐絲時不會攀爬至內部，完全改善滾筒式平面繭裝置的缺點。熟蠶上簇吐絲約 84-96 小時後一一落下並化蛹，操作相當容易，省却脫繭及削繭的工時，又可生產無污染高品質平面繭，一舉數得。

專利技術與傳統圓繭的蠶蛹，其生物性狀之比較：專利技術所獲取的裸蛹，其體長及體重分別為 $32.9 \pm 0.1 \text{mm} / \text{隻}$ 及 $1.67 \pm 0.01 \text{克} / \text{隻}$ ；傳統圓繭形成的蠶蛹，其體長及體重平均為 $29.2 \pm 0.2 \text{mm} / \text{隻}$ 及 $1.76 \pm 0.02 \text{克} / \text{隻}$ ，兩者外觀完全相同。兩種營繭裝置形成的蠶蛹體長及體重有顯著差異，專利技術形成的裸蛹略長，推測為專利技

術熟蠶吐絲過程均曝露在外，沒有圓繭包覆，因此體長不會被圓繭限制；反之圓繭內的蠶繭因繭形構造所致，體長會約略縮短。專利技術的裸蛹裸露在外，養蠶室的空間持續以空調控制，屬於乾燥的低濕度空間，因而有少量脫水的現象；反之圓繭的蠶蛹有圓繭包覆，蠶絲本身具有吸濕保溫的作用，包覆在內的蠶蛹較不易因為空調的因素而脫水，體重略減。熟蠶利用專利技術吐的平面繭，平均每隻營繭重量為 $0.24 \pm 0.01 \text{克}$ ，傳統圓繭的平均蠶繭重 $0.25 \pm 0.03 \text{克}$ 。專利技術獲取的平面繭絲重量略低於傳統圓繭重，原因推測是專利技術的熟蠶營繭末期，部分蠶自該裝置落下後會繼續吐完少量的餘絲，之後才會化蛹；圓繭重是完全取自於波浪簇上的簇所稱的重量，是熟蠶初始至終所吐的絲量，因此平均重量會略重於專利技術組。若聚焦在後續加工製作蠶絲被或是其它紡織應用，即使短少了最後的餘絲，並不會影響成品，反而會因為容易獲得平面繭絲，減少削繭或縲絲等繁雜的工時，而提升工作效率。顯示該專利裝置所得之裸蛹與傳統之蠶蛹及大小無顯著差異，反而因為平面營繭的過程，更加提高獲取裸蛹的便利性。專利技術所獲得的最終平均健蛹率高達 92%，供作為未來蠶蛹應用的材料。其它觀察到的死蠶、不正常

化蛹或是沒有化蛹的數量平均佔了8%，推究其原因可能是因為有些蠶在幼蟲期體內潛伏病原菌，雖然有正常飲食及吐絲，到後來還是會因為潛伏而發病死亡，或是蛻皮不完全而死亡等。因此，飼育環境及飼養過程的每一個環節，無論是操作人員進出及桑葉供給的潔淨度的維持，攸關著後續上簇及化蛹的成敗與否。訪視獅潭鄉蠶農的涂先生有關於操作平板式平面繭情形，上簇初期熟蠶四處爬行，3天3夜的營繭過程須時時刻刻守在一旁，撿拾掉落在地的及互相包覆的熟蠶，才能完成一匹平面繭絲。成熟度不一致的蠶在上簇後期，靜置不動時容易被其它吐絲盛期的蠶包住。若家蠶健康狀況不佳，熟蠶攀爬及掉落

的比例暴增，徒增人員撿拾病死蠶的工時，間接影響平面繭絲的品質。綜合比較目前蠶簇營平面繭的種類特性及優缺點，專利技術營平面繭的品質、生產成本、操作簡便及取得健康裸蛹的方便性，顯著優於其它蠶簇（表二）。

本場建立之平面繭及裸蛹生產技術於2013年8月11日獲得國家專利（中華民國新型第M 458799號）（圖五）。此專利技術簡化傳統取得蠶蛹的程序、人力及家蠶材料的耗損，又可生產高品質的平面繭，作為紡織及生醫素材應用。可批次量產蠶蛹，作為分子牧場的生物材料，生物反應器或其他應用，可提高家蠶之應用價值，對未來蠶業之復甦應有助益。



圖五、「平面繭生產及裸蛹收集裝置」專利

致謝

本研究承行政院農業委員會經費補助（98~101 農科 -1.1.2-苗 -M1），試驗期間承蒙詹雲貞、

李怡瑗、劉享芳、邱家玉、邱垂耀、石良彩及林美芳等同仁的協助，謹此一併致謝。

參考文獻

- Chen, J., Z. M. Nie, Z. B. Lu, C. G. Zhu, C. Z. Xu, Y. F. Jin, X. F. Wu, and Y. Z. Zhang.** 2007. Large-scale purification of human granulocyte-macrophage colony-stimulating factor expressed in *Bombyx mori* pupae. *Appli. Biochem. and Biotechnol.* 136: 149-159.
- Feng, H., G. Q. Hu, H. L. Wang, M. Liang, H. Liang, H. Guo, P. Zhao, Y. J. Yang, X. X. Zheng, Z. F. Zhang, Y. K. Zhao, Y. W. Gao, S. T. Yang, and X. Z. Zia.** 2014. Canine parvovirus VP2 protein expressed in silkworm pupae self-assembles into virus-like particles with high immunogenicity. *PLoS One* 9:1-6.
- Usami, A., S. Ishiyama, C. Enomoto, H. Okazaki, K. Higuchi, M. Ikeda, T. Yamamoto, M. Sugai, Y. Ishikawa, Y. Hosaka, T. Koyama, Y. Tobita, S. Ebihara, T. Mochizuki, Y. Asano, and H. Nagaya.** 2011. Comparison of recombinant protein expression in a baculovirus system in insect cells (Sf9) and silkworm. *J. Biochem* 149: 219-227.
- Wang, Y., X. Wu, G. Liu, C. Cao, H. Huang, Z. Xu, and J. Liu.** 2005. Expression of porcine lactoferrin by using recombinant baculovirus in silkworm, *Bombyx mori* L., and its purification and characterization. *Appl. Microbiol Biotechnol.* 69:385-389.

Device for flatways-spinned cocoon and naked pupae production

Chin-Hsun Liaw¹, Sheng-Chuan Huang¹, Mei-Chun Lu^{1*}

Abstract

Patent “Device for flatways-spinned cocoon and naked pupae production” (M458799) was obtained on 11, Aug, 2013. The device was useful in naked pupae and flatways-spinned cocoon production, with a closed cocoon-forming structure. The matured larva did not weave circle cocoons above the patented device, and the overlapping weaving was prevented to increase the quality of flat cocoon. Average falling rate of larvae was 0.35% and the healthy pupa rate was 92%. For the silkworm strain 瀛國 xYC15, pupae were formed after 96 hr of weaving. The pupa was 32.9 ± 0.1 mm in length and 1.67 ± 0.01 g per pupa. Flat silk of 0.24 ± 0.01 g per silkworm was obtained.

Keyword: Silkworm (*Bombyx mori* L.), Flatways-spinned cocoon, Pupae

¹ Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan, Taiwan, R. O. C.

*Corresponding author: lumj@mdais.gov.tw