

臺灣家蠶人工飼料的研發進展與應用

作者：林孟均（副研究員）
電話：(037) 222111 # 334

作者：盧美君（副研究員兼分場長）
電話：(037) 991025 # 11

前言

家蠶 (*Bombyx mori* L.) 為大家所熟知的經濟昆蟲，許多人童年都有飼養家蠶的經驗及回憶。隨著分子生物研究的崛起，家蠶不再只是自然科學課程的一個章節，而是足以改變人類未來生活的小型蛋白工廠。家蠶為高蛋白產能的昆蟲，成熟的蠶會結繭製造大量的絲蛋白，負責產生絲蛋白的絹絲腺，自家蠶孵化到成熟增加了160,000倍的重量，佔熟蠶體重的40~50%。自2004年家蠶全基因體解序後，運用家蠶產生各種功能性蛋白的研究開始蓬勃發展，其中基因轉殖蠶 (Transgenic silkworm) 或生物反應器 (Bioreactor) 等技術，運用家蠶為原料製造檢測試劑、疫苗、抗體或藥品等醫藥級產品為主，因相較於大型實驗動物，具製造期程短、安全性高、產能大及成本低等優勢，受到各界的矚目，如：日本Sysmex 與片倉工業運用家蠶合作開發的抗血栓試劑、日本Toray公司以家蠶為反應器製造的重組干擾素 (interferon, INF)，用來治療貓的皰疹病毒 (herpesvirus)、杯狀病毒 (calicivirus)，及犬類的異位性皮膚炎 (atopic dermatitis) 等疾病，相關產品熱銷日本及歐盟各國。

家蠶人工飼料的研發進展

以家蠶為原料生產特用蛋白，品質需受到嚴格的控管，食物來源尤其重要，需以無菌的人工飼料餵飼 (圖一)，確保醫療原料品質安全無虞。家蠶人工飼料乃經過精密調製而成，可精準掌握成份及營養源，確保每批家蠶品質及發育一致。透過農藥檢測及高溫高壓滅菌製程，可降低因桑葉污染造成的家蠶中毒及各類疾病，並可導入自動化生產及產期調控技術，達到周年量產的目標。



圖一、以人工飼料可精準掌控家蠶品質。

人工飼料的概念最早興起於日本。二十世紀初家蠶微粒子病肆虐全球，加上日本地處溫帶，低溫造成葉桑落葉無法周年供應蠶業使用，嚴重影響到產業的發展。為了克服冬季桑葉無法生產的窘境，日本在1930年開始著手人工飼料的開發，1960年由福田博士等人終於在《自然》(Nature) 首度發表，研發出可供全齡飼育的人工飼料，讓家蠶飼育朝向了「全人為控制」的目標發展。1977年起在日本政府的推廣及鼓勵下，日本蠶農開始運用飼料大面積飼育稚蠶。並衍生出了許多專門販售家蠶人工飼料的公司，如NOSAN、JA全農 (圖二) 及高員社等。

目前蠶農於稚蠶期會以無菌飼料飼育，減少空間浪費及整齊度，至壯蠶期再換食桑葉，這種人工飼料搭配桑葉的家蠶生產模式，在日本的普及率高達九成。而作為食品及醫療保健用途的家蠶材料，如日本絲綢生技 (Silk-Bio) 研究所 (股) 公司及NICHIHARA綜合研究所



圖二、日本群馬縣JA全農人工飼料作業區。

(股)公司等企業，所開發的蠶絲化妝品、保養品及口服藥錠等商品，則均採用人工飼料進行家蠶全齡飼育，以確保產品的安全及品質規格。

家蠶人工飼料的應用

中國大陸自1970年代開始出現家蠶人工飼料的相關研究，囿於當時勞動力充足飼育成本低，相較之下昂貴的飼料吸引力不足，導致發展有限。自1990年代開始，中國大陸開始出現產業結構的改變、勞力成本的上升、蠶病發生嚴重及環境汙染等因素，使得家蠶人工飼料受到重視。經過多年的品種雜交、攝食性研究、飼料型態配方的改善，在2007年由張亞平博士等人，完成全齡人工飼料飼育技術雛型，為推動家蠶人工飼料實用化，奠定了重要的基礎，目前中國大陸刻正推廣人工飼料稚蠶飼育技術，期將蠶業由勞力密集化的生產，轉型為科技規格化量產模式。

臺灣的人工飼料研發最早可追溯到1984年侯豐男博士等人，以螺旋藍綠藻類 *Spirulina platensis* 作為蛋白質源製成飼料，進行家蠶生長特性及消化率的比較。爾後1985年苗栗區農業改良場（以下簡稱苗栗場）廖光正博士等人，運用調整防腐劑成份、蠶桑品種、配方及製作設備等，研發專屬臺灣家蠶的人工飼料配方，並在1991年完成臺灣稚蠶飼料配方的原型。近年來，為了研發以家蠶生物反應器量產動物疫苗的生產技術，自2010年起苗栗場再度著手進行人工飼料的研究，自日本進口人工飼料作為基礎原體，經多年配方改良、適食性選拔、雜交育種、帶原選拔淘汰、飼育SOP建立等，逐步建立臺灣家蠶專屬人工飼料之飼育系統，現已選育出適合臺灣的家蠶全齡人工飼料配方（圖三）及專用家蠶品種代號Bm-J10。



圖三、臺灣改良飼料配方，可有效提升家蠶體重及存活率(由左而右依序為：日本NOSAN配方、改良配方一、改良配方二)。

Bm-J10家蠶幼蟲每齡期起蠶率均達九成以上，幼蟲健康率為96.4%，五齡起蠶平均蠶重可達1.38公克，化蛹率為98.3%，可達到穩定量產之目標。相同品種的家蠶以人工飼料或葉桑飼育，亦會出現對生產疫苗用的桿狀病毒有不同的接種感受性及蛋白表現量。

人工飼料蠶可提高病毒接種成功率達16%，而以人工飼料飼育的每隻Bm-J10蠶蛹可生產1,400 μg 以上的禽流感H5N1病毒株之血球凝集素 (Hemagglutinin, HA) 抗原蛋白，換算約可製成350劑量供雞隻施打使用，達到提高疫苗製作之產能效率之目標，配合飼育環境消毒、病原檢測及淘汰等飼育標準流程之建立，所生產之家蠶規格符合國際規範標準，為我國家蠶原料之生產水準跨進了一大步。

結語

家蠶作為生技醫療產業的材料為東方國家專屬的優勢，建立穩定的人工飼料飼育系統，可量產高潔淨度的家蠶，促進蠶業多元化發展。近年來苗栗場與中央研究院及家畜衛生試驗所合作開發家蠶為生物反應器生產動物疫苗，其中苗栗場部分已完成全齡人工飼料系統的建置及品種選育，可供家蠶生技產業化之用。未來也期望以人工飼料飼育的高潔淨度家蠶，能成為更多生醫產品之原料，為臺灣的經濟及產業鋪出一條嶄新的絲路。