

家蠶育種之國際趨勢

張雅昀（前助理研究員）

前言

家蠶 (*Bombyx mori*) 屬於鱗翅目昆蟲，其幼蟲具有絲腺構造，成熟幼蟲能夠分泌絲線、生產出蠶絲，應用於紡織產業，具有重要的經濟價值。家蠶育種的方向，從過去提高絲線產量及品質以支持紡織業興盛，近年來逐漸朝向增加飼育效率、功能性提高及永續農業等趨勢，配合絲綢生產技術的進步與動物性蛋白萃取技術的開發，提升整體生產力並擴展應用範圍，期許能育成更多可利用性高的家蠶品系，提升蠶業生產效率、滿足市場需求量達到供需平衡，為活化蠶業的理念奠基實踐的基礎。

家蠶育種的方法簡述

飼育家蠶時，需考慮三個主要因素：飼養方式、環境衛生及品系等，家蠶的飼育技術歷史悠久而趨近成熟，傳統的人工養蠶模式仰賴經驗傳承，目前有機械化與自動化科技持續改良朝向省力省工的生產模式；家蠶屬於馴化昆蟲須於室內飼育，故維持環境衛生是避免大規模飼養時受到病原汙染的重要防治手段；而品系育種則是指利用遺傳科學原理進行選育以改良品種，運用選擇性育種的方式選拔優良性狀或以生物技術增強動物基因裡具有經濟意義的性狀，並對後代進行多代飼養和評估。

根據 2008 年遺傳學家 Yazdi Samadi 和 Sayed Tabatabaei 整理育種所利用的遺傳原理分為三大類：孟德爾古典遺傳學（性狀經由親本遺傳給子代）、分子遺傳學（針對產生性狀的基因討論）及群體遺傳學（演化下群體的性狀演變），家蠶主要應用前兩者原理進行育種。家蠶品系的遺傳研究中，最初利用古典遺傳學的方式選育保留擁有親本優良性狀的品系，後續加入分子遺傳育種技術如 DNA 序列資料庫、分子標記輔助育種、基因編輯等，透過蠶的基因解序，可用於辨識特定性狀基因或編輯改良其基因，加速了選育出新品系所需的期程。

苗栗區農業改良場家蠶種原庫保育 136 種家蠶品系，保育多種收集與選育的家蠶品系，具有不同體色、斑紋、抗感病度及產絲量等遺傳特性，除了便於觀察的質量性狀如斑紋、體色和足色外，家蠶育種專家 Mirhosseini 於 2012 年提到大部分重要的經濟性狀屬於數量性狀，如幼蟲抗病力、健蛹率、蠶繭重、繭層率、蠶絲長度與母蛾繁殖力等，上述性狀可能同時受多個基因調控以及環境因素影響。因此，育種過程還需減少品系族群內的變異，確認其一致性，並透過觀察後代，維持遺傳之穩定性，若能同時育成擁有多個優良遺傳特性的品系，如產絲量高且幼蟲存活率高，才是較好的育種計畫。

家蠶育種的趨勢演變

家蠶的育種目的可分為三個面向：蠶卵生產、蠶絲品質與生產效能。在絲綢紡織產業蓬勃發展的年代(1930~1970年)，家蠶育種的主要目的是增加蠶絲產量或提升蠶絲纖維的強度和彈性等性質，以提高紡織利用效能，亦有針對強化幼蟲對家蠶核多角體病毒(BmNPV)的耐受性。然而1980年代中期起至1990年代後期紡織產業式微而面臨轉型，蠶絲材料逐漸被較便宜且生產迅速的化學纖維替代而式微，使得蠶絲的市場需求量降低，蠶農戶數漸減，全球家蠶的總飼育量下降。

因此，蠶業也必須開始轉型，義大利學者Domenico Giora等人於2022年分析2000~2020年養蠶業(包括種桑)相關研究主題，提取100個常用術語詞彙進行聚類分析，分成5大類別：栽培管理(桑葉及桑椹等)、家蠶(幼蟲、蛹及蛾等)、飼育(病原菌、溫度及逆境等)、製程(產業及純化技術等)及產品(胺基酸、酚類及抗氧化劑等)。傳統的蠶桑生產仍為研究經典主題，如蠶絲品質、家蠶生物學和白桑栽培；在產品方面，蠶桑的生物活性成分研究量明顯增加，包括抗氧化劑、酚類和黃酮類化合物等，顯示蠶幼蟲、蠶絲或桑樹所含有的機能性成分具有活化產業的潛力。此外，蠶絲萃取出的絲膠與絲素蛋白因具高生物相容性且富含多種生物活性，選育相關基因提升其表現量可作為育種目標，應用於醫用材料及美妝用品，也成為生物技術與生醫領域的潛力主題之一。

除此之外，國際趨勢對農業生態永續的意識提高，聯合國於2015年推出「2030永續發展目標」(Sustainable Development Goals, SDGs)，其中第2項目標中就列出永續農業(sustainable agriculture)的實踐，第2項「終結飢餓」旨意希望藉由彈性農作，協助維護生態系統，確保所有人都有健康安全的糧食，並提升農業就業者的生活，其中永續農業在聯合國糧農組織的定義是「管理自然資源，保護土地、水源與動植物延續性，持續滿足人類世代需求，同時確保環境健康、經濟效益和社會公平」(翻譯和摘錄自聯合國糧農組織官網)。蠶業也能成為永續農業的發展基石之一，從桑樹的友善栽培、減少農藥使用與培養地力，到家蠶生活史各階段的全利用。

因此，設立之家蠶育種目標除了生產特殊蠶絲材質或取得機能性蛋白外，也逐步朝向抗病能力強及育成耐逆境蠶種。提升家蠶幼蟲抗病能力，除了在飼育上能更為方便，且有助於提升健蛹率，並能夠收穫蠶蛹利用於動物飼料、生物肥料或提取內部機能性成分開發生技產品(圖一)，同時蠶絲亦為具



圖一、家蠶育種目標多元化。

生物降解性的材料，在循環經濟利用上，讓蠶的利用更有效率，減少生產過程中大量農業廢棄物的產生。為了調適氣候異常而間接影響蠶發育不順利的風險，育成耐逆境蠶種以應對環境變化，本場刻正進行不同逆境家蠶育種（圖二），以高溫逆境模擬逐漸提高的日均溫，目標育成具高溫耐受性的家蠶品系，期許未來提供較適合目前溫度現況的蠶種給無室內溫控設備的蠶農進行生產。

結語

在家蠶飼育技術的精進及終端產品應用的擴增下，蠶業已逐步朝多方面創新發展，家蠶育種的目標多元、育種技術的改良、新育品系將更貼近現今市場需求，期許能依據市場需求，透過精良的育種技術，育成性狀特殊、經濟性狀基因表現量高或機能性成分含量高的家蠶品系，以促進蠶業發展，提高蠶農的收入。



圖二、提供高溫逆境飼育家蠶，目標育成具高溫耐受性的家蠶品系。