

科學家  
探索故事

# 西南大學夏慶友研發家蠶「生物工廠」 產品覆蓋傳統紡織到現代醫學



●夏慶友談起家蠶滔滔不絕。香港文匯報重慶傳真

「在我眼中，蠶寶寶是透明的『超級工廠』，科學家需要什麼功能的蠶絲，就能讓牠生產什麼。」在中國家蠶基因組生物學國家重點實驗室主任、西南大學夏慶友教授的辦公桌上，擺放着通過基因組改造、調控而讓蠶寶寶結出的彩色蠶繭。這些在普通人眼中僅能織就華服的蠶絲，在夏慶友團隊的研發下，正成為修復人體組織、治療疾病乃至降解塑料的「生物鑰匙」。他告訴香港文匯報記者：「中國絲綢名揚世界，一千多年前，蠶絲曾與黃金同價。今天，我希望通過我們的努力，用科技賦予蠶絲更多現代功能，而非囿於古老技藝和傳統服裝產業。」

●香港文匯報記者 張蕊、孟冰 重慶報道

夏慶友手中的粉色蠶繭並非人工染色，而是通過基因編輯讓蠶寶寶吐出的「粉色蠶絲」，「同樣也能讓牠們吐出綠色、藍色的蠶絲。」他口中的家蠶基因編輯技術，源於22年前團隊繪製完成的世界第一張家蠶全基因組框架圖——這張「基因地圖」，讓人類首次看清了家蠶的生命「密碼」。

## 生產可醫用蠶絲 拉伸強度升近四成

「正如一部手機的核心不是外觀，而是內部的操作系統和指令代碼，基因就是生命的『密碼』。」夏慶友解釋，「研究基因組，就是解讀生物的本質。」如今，團隊已完成40個蠶類基因組遺傳變異圖譜，相當於為蠶寶寶繪製了詳細的「基因位點地圖」。科研人員只需按圖索驥，就能快速精準定位控制某個性狀的目標基因；並通過鑒定、調控其優異等位變異，實現抗病、高產等性狀的優化。「例如，我們能精準篩選出抗病性強的基因組合，提升蠶繭產量與品質。」

彩色蠶繭只是基因編輯的「基礎課」。隨後，科學家們進一步在家蠶絲腺中植入了人類膠原蛋白、抗菌肽等關鍵蛋白的基因片段。「這相當於重新編程了蠶的『生物工廠』，使其能生產出帶有醫療功能的蠶絲。」這些經過改造的蠶絲蛋白纖維，拉伸強度達420兆帕，較普通蠶絲提升近四成，同時保留了精準的生物活性。

## 合成人血清白蛋白 破解臨床救治困境

今年5月，夏慶友領銜的家蠶創製團隊再傳捷報——創新合成重組人血清白蛋白（rHSA）取得成功，並進入中試量產階段。這意味着，未來5-10年，普通人就有機會能用得上、用得起由蠶絲合成的人血清白蛋白，臨床救治的資源困境有望破解。

在醫療領域，人血清白蛋白是治療休克、燒傷的關鍵藥物，可用於補充手術、意外事故或大出血導致的血液流失，亦可作為血漿增容劑。「目前，人血清白蛋白主要依賴人體血液提取，但血液來源有限，市場需求巨大，臨床供不應求。」夏慶友坦言，因此研發替代產品成為國際科學界的熱點。

## 原料穩定成本可控 效果優於傳統藥物

相較於傳統血液提取，家蠶絲腺生物反應器合成的白蛋白在成本與原料穩定性上更具優勢。「我們為這項提取工藝研究了五六年，嘗試過二十多種方法。」團隊研究人員王峰博士解釋，家蠶吐絲時，會將「液態蠶絲」反覆「鍛打」轉化為「固態蠶絲」，這一過程中形成的特殊晶體結構，賦予了蠶絲堅固緻密的特性。

而從夏慶友實驗室誕生的蠶絲，已經在醫療領域獲得應用——手術室中的蠶絲縫合線，已獲得國家三類醫療器械認證，其強度保持時間較傳統縫線延長40%；負載人乳鐵蛋白的蠶絲融合蛋白，在潰瘍性結腸炎治療中展現出優於傳統藥物的黏膜修復效果。

## 中國家蠶基因組框架圖 被譽21世紀新絲路起點

### 新聞鏈接

21世紀初，日本憑借傳統技術優勢主導國際蠶業，2003年，日本政府單方面終止中日合作，獨自啟動家蠶基因組測序，並宣稱建立「日本21世紀絲綢之路」，將當年定為「日本絲綢之路元年」。

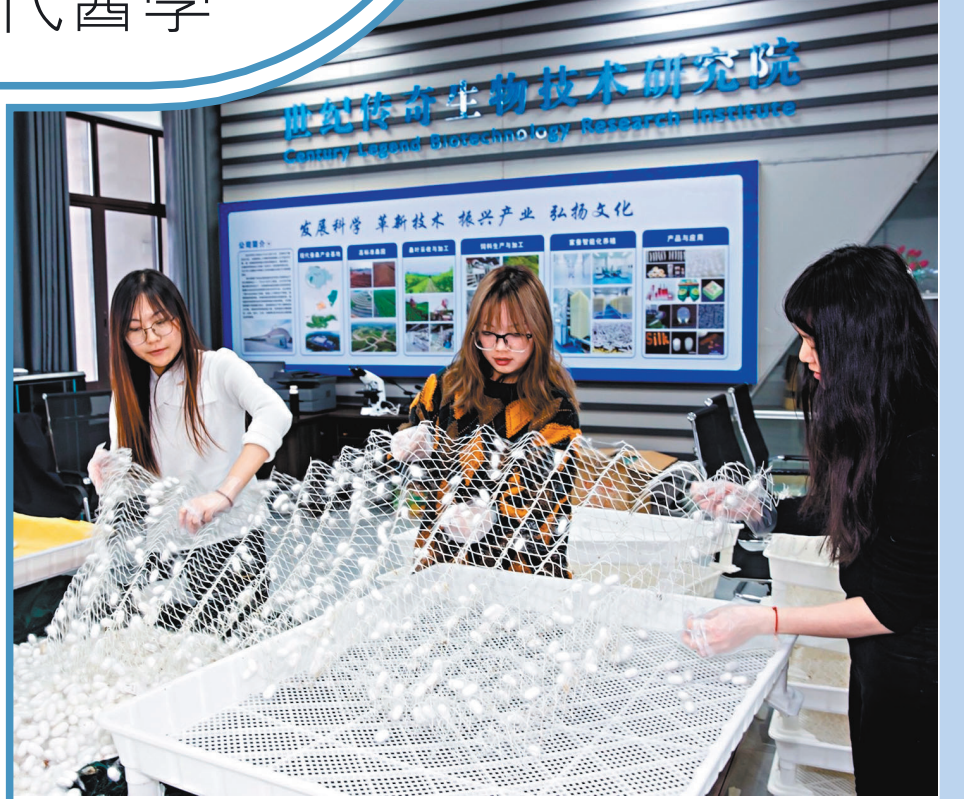
面對技術封鎖，夏慶友等在內的中國家蠶基因測序團隊科研人員每日工作15小時，終於在2003年11月15日首次發布家蠶基因組框架圖，精確度達99.95%，覆蓋95.54%的基因組區域。該成果在《科學》雜誌發表，成為中國繼人類基因組1%測序、水稻基因組後第三大里程碑式貢獻，被國際學界譽為「21世紀新絲綢之路的起點」。

此次突破引發「馬太效應」：中國團隊於2008年主導完成家蠶基因組精細圖，2009年繪製40個蠶類基因組遺傳變異圖譜，2013年破譯桑樹基因組，2022年更公布全球首個家蠶超超泛基因組圖譜（涵蓋1,078份種質資源），實現從「跟跑」到「全面領跑」的跨越。日本蠶業則因技術路線固化和產業外移逐漸式微。



掃碼購片

# 改寫生物材料未來 基因編輯蠶絲



●重慶永川區現代蠶桑產業仙龍基地首批蠶繭豐收的場面。香港文匯報重慶傳真

## 人工飼料養蠶 絲質顯著提升

在西南大學蠶學宮的智能養蠶車間裏，一排排白色蠶區整齊排列，數千條蠶寶寶正埋頭大快朵頤。它們享用的深綠色的顆粒飼料——這正是夏慶友團隊耗時8年研發的「人工配合蠶飼料」。這項突破，徹底改寫了「養蠶離不開桑葉」的千年傳統，讓蠶業從「靠天吃飯」邁向規模化、集約化的新時代。

「朝採桑，暮採桑，日晡未食鳴飢腸。」古詩裏描述的採桑喂蠶場景，曾是中國傳統蠶業的真實日常。長期以來，桑葉是蠶寶寶的「命根子」，卻也成了產業發展的瓶頸：我國雖以全球70%以上的蠶繭產量位居世界第一，桑園面積卻僅佔全球的58%；春季倒春寒、秋季乾旱等天氣波動，常導致桑葉減產，養殖戶因「有蠶無葉」損失慘重；更棘手的是，桑葉難以徹底消毒，家蠶易感染軟化病、白僵病；即便後期高溫消毒，蠶繭裏仍會殘留微生物代謝的致敏物質，影響絲的品質。

為破解這一困局，夏慶友團隊聯合中國農業科學院蠶業研究所、華中農業大學等單位，啟動了「人工飼料養蠶」攻關項目。

「我們的飼料以桑葉粉為核心，添加豆粕、麩皮、酵母粉等植物蛋白源，再配鈣、磷、維生素等20餘種微量元素。」夏慶友教授介紹，「關鍵是模擬桑葉的營養結構——既要有蠶寶寶愛吃的『適口性』，又要滿足其生長所需的全部營養。」實驗證明，這種飼料的營養轉化率比鮮桑葉高15%，蠶寶寶食用後生長更快、體質更強，抗病能力也顯著提升。更值得一提的是，人工飼料實現了「無菌化生產」，從源頭杜絕了微生物污染，結繭後幾乎檢測不到致敏物質，蠶絲品質更純淨。

## 「一機器管萬蠶」全流程智能化

飼料的突破，為養蠶工業化鋪平了道路。團隊進一步研發了「全自動化養蠶機」，從飼料加工、養蠶添食，到除沙、上簇收繭，全部流程實現機械化、智能化。

如今，這些「養蠶黑科技」已在永川區現代蠶桑產業仙龍基地落地應用。走進4,000平方米的智能蠶房，彷彿進入「蠶寶寶工廠」：10萬級無菌恒溫恒濕控濕空間裏，自動導引運輸小車來回穿梭，一摞摞放置蠶寶寶的飼養盤被運送到自動投餵系統；每台無人投餵機可同時投餵2萬隻蠶，原本需要10人完成的工作，現在1人就能輕鬆搞定。

「這裏全年無間斷養蠶，年最高養蠶量達1,000盒（每盒約2.5萬頭），產繭40噸。」基地負責人介紹，「目前主要生產藥用蠶繭（100多種中藥的原材料），年產量100噸，產值近2,000萬元。」

從「一片桑葉養一家」到「一機器管萬蠶」，夏慶友團隊的這項技術，不僅讓蠶業擺脫了「靠天吃飯」的困局，更開啟了規模化、標準化、工廠化發展的新篇章。



●夏慶友在實驗室工作。香港文匯報記者孟冰攝

●夏慶友的團隊在實驗室裏做家蠶基因實驗。



▲在永川區現代蠶桑產業仙龍基地，蠶寶寶在智能飼育設備上等待自動餵養飼料。香港文匯報重慶傳真

## 從護膚品到車用零件 千億級新賽道

### 特稿

作為「纖維皇后」，蠶絲憑借優異的天然蛋白特性，曾長期佔據紡織業頂端。如今，中國仍是全球蠶絲第一生產大國——年產蠶繭佔世界72%、生絲佔78%。但受限於傳統加工工藝與應用場景，蠶絲在大紡織類消費中的佔比僅0.2%，市場潛力遠未釋放。

「蠶絲在紡織領域雖不復當年榮光，卻在更多新賽道重放異彩。」夏慶友教授展示手中的蠶絲面霜介紹，從護膚品到母嬰用品，從生物材料到農業載體，蠶絲正以全新姿態回歸大眾視野。「現在正是蠶絲產業轉型升級的關鍵期，突破加工工藝、拓展應用場景，才能讓老產業煥發新活力。」

在重慶國際複合材料公司的生產線上，蠶絲增強生物塑料正替代傳統石化材料。這種新材料讓汽車內飾件減重25%、碳排放降低30%，年產千噸



●夏慶友向記者介紹經過人工基因編輯的彩色蠶繭和蠶絲的應用新場景：美容護膚。香港文匯報記者孟冰攝

的產線已創造超5億元產值。而在德國巴斯夫集團的實驗室裏，中德科學家正合作開發蠶絲蛋白緩釋肥料載體——該項目已被列為中德科技合作重點專項。

「蠶絲的生物相容性解決了傳統生物材料的毒性難題。」中國工程院院士俞建勇評價道，「從醫用導管到可降解塑料袋，夏慶友團隊正構建起可持續的生物經濟閉環。」據《中國生

物材料產業發展報告2023》統計，相關技術已帶動下游產業增收12億元，預計未來五年將形成千億級產業集群。

從基因編輯的「超級蠶種」，到飼料革命的「智能工廠」；從醫療領域的「修復大師」，到生物材料的「綠色引擎」，夏慶友團隊用20餘年攻關，讓蠶絲完成了從「傳統紡織」到「生命科學」的跨越。