

我國精準生物技術發展 意見與支持度調查

撰文/余祁暉·譚中岳

種苗為國際戰略物資，是糧食生產的根源與農業永續的基石，而種苗的育種改良更是提升其戰略價值的關鍵。育種科技在近年來基因體技術的發展下，跳脫過去耗時費力傳統模式，透過掌握本身基因功能進行精準育種，新作物育種時間可由 7 至 25 年縮短為 2 至 3 年，新興精準育種科技成為種苗產業發展驅動力，為經濟、社會、環境帶來諸多效益，從 2012 年開始，國際上已有相關成果與產品陸續上市。在此種苗育種科技發展趨勢下，我國應制定國家層次發展戰略，支持新興精準育種科技的應用與所開發的產品，除能讓我國繼續維持熱帶 / 亞熱帶農業科技優勢以取得亞太市場農業樞紐地位，亦可避免台灣種苗產業競爭力落後而被國際市場淘汰。

依據經濟合作暨發展組織 (Organization for Economic Co-operation and Development, OECD) 報告，新興精準育種科技 (含基因編輯等) 發展效益包括：

1. 提升育種效率：

增加新品種開發效率代表可減少投入的資源與時間，並創造更高的研究價值，特別是對於多年生作物及動物的育種可產生更高的效益。專家指出應用基因編輯技術於作物將可將育種時間由 7 至 25 年縮短至 2 至 3 年，而對畜牧動物育種來說最多可縮短至一世代便可培育出所需品種。

2. 增加農業生產力：

以增加產量、節省農務與資材的投入、抵抗病害、增加對極端氣候的耐受性，進一步增加農民收益，全球目前已應用基因編輯技術開發出許多提升生產力的成果，包括：

- (1) 提升產量：如提升光合作用效率以提升產量的玉米和黃豆，生長快速的豬、牛、羊、鯉魚，易養殖的鮪魚等；
- (2) 抵抗病害：如抵抗稻米三個重大病害之一的抗白葉枯病稻米 (Bacterial Blight Resistance Rice)，抵抗造成小麥減產三成白粉病的抗白粉病小麥 (Powdery Mildew Resistant Wheat)，抵抗豬生殖與呼吸綜合症 (Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome, PRRS) 在歐美每年損失 25 億美元的抗 PRRS 豬，抵抗全球快速蔓延非洲豬瘟 (African Swine Fever) 的抗非洲豬瘟豬等；
- (3) 提升環境耐受度：如耐旱、耐寒、耐鹽、耐低氮的黃豆、小麥、稻米、玉米、棉花、油菜、甘蔗、番茄等。
- (4) 節省農務與資材的投入：如耐除草劑油菜、可用於提升飼料效率的高澱粉玉米葉莖等；

3. 滿足多元需求

迎合消費者及生產者的需求，開發各種新品種，包括：

- (1) 促進消費者健康：如穩定血壓和緩和緊張的高 GABA 番茄、保護動脈和抗氧化的高

單元不飽和脂肪酸黃豆 (High-Oleic Low-Linolenic Soybean)、低麩質小麥、減糖馬鈴薯、降底油炸致癌疑慮的低丙烯醯胺 (Acrylamide) 馬鈴薯等。

- (2) 增加儲架壽命減少食物浪費：如抗褐化的蘋果、蘑菇等；
- (3) 增加食品加工效能：如高支鏈澱粉玉米 (Waxy Corn) 可更容易生產食品穩定劑和增稠劑等；
- (4) 改善動物福祉：如無需去角的無角牛、減少熱量損失的豬；
- (5) 提升環保效益：如減少豬場磷排放污染的低值酸飼料玉米等；
- (6) 提升異種器官移植安全：減少免疫排斥豬隻器官等。

4. 促進生物多樣性

不受一般遺傳機制限制以更有效率方式育成新品種，提升物種多樣性。

新興精準育種科技為種苗產業的殺手級應用，為經濟、社會、環境帶來諸多效益，以基因編輯技術來說，其精準誘發生物本身特定功能基因發生改變，技術及原理與傳統誘變育種相同，再加上操作容易、成本低廉、非屬基因改造（最終產品無外源基因），國際上已有許多研究單位與中小型企業爭相投入此領域。新興精準育種科技將成為種苗產業應用主流，足以改變歷史及整個產業規則，進而創造出龐大的新市場，我國若再不積極掌握此機會，不但種苗產業將被淘汰，亦將逐漸喪失農林漁牧戰略物資自主權。

但目前各國對新興精準育種科技的法規管理有不同的見解：

- (1) 美國：2018 年 3 月美國農業部發表聲明，表示基因編輯技術可培育不含外源基因的植物，因此不會對使用基因編輯技術育種的農作物進行監管，美國官方立場是以最終產品 (product-based) 進行生物技術管理，ZFN-

1、ZFN-2、TALENs 已被認定不屬基改技術而無需管制。雖然大多數的新興育種技術目前仍在評估中，但 ZFN-3 很可能會被認為是基因改造。

- (2) 歐盟：歐盟法院佐審官 Michal Bobek 曾在 2018 年 1 月發表聲明，表示新興誘變技術 (mutagenesis) 例如基因編輯技術應等同於傳統誘變技術，不受基因改造生物法管理。2018 年 7 月歐洲法院 (Court of Justice of the European Union, CJEU) 裁定基因編輯生物視為基因改造產物，主因歐洲法院認為誘變之技術不會在自然情況下發生，但對具有「長期安全記錄 (long safety record)」的傳統做法，則不在此限。目前德、法、英、荷等國，已都有國家級研究計畫用於推動基因編輯技術在農業發展上的應用，歐盟的判決結果將使得基因編輯技術在未來的應用與推廣受到限制，不利於新科技的發展。
- (3) 澳洲：澳洲專家工作小組認為當技術包含導入新的基因，此類技術相當於基因改造。而用於靶向性突變的技術，包括 ODM、SDN-1 及 SDN-2，則因導入的變化通常較小、可定義、可預測結果，視為非基改。而育種過程中使用基因工程技術，但轉殖 DNA 不存在於最終的產品，則因相當於傳統育種不被視為基因改造。
- (4) 日本：厚生勞動省於 2019 年 3 月公布基因編輯食品相關規範並指出，這些食品並未進行基因改造，不會對人體健康或生態系統造成重大影響，無須經過嚴格的安全審查如重大毒性或致癌性測試便可上架販售。日本基改生物的定義涉及過程與產品，但實務上，任何不含轉殖基因的產品皆不被認為是基改生物；此外，除非另有證明，否則利用生物技術衍生的產物並不被視為是基改生物。日本主管機構也以相同的思維規範新興育

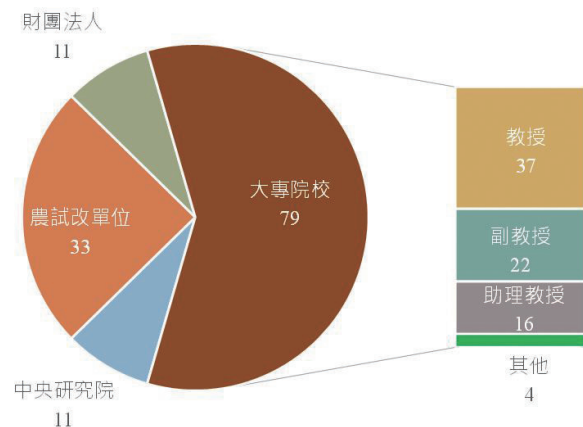
種技術及其產物，除非另有證明新興育種技術是以基改處理，否則新興育種技術的產物不被視為是基改生物。

- (5) 中國：中國基因改造生物定義廣泛，包括源於基因改造生物的產品也被認為是基因改造法規管轄範圍等規定。由於新興育種技術因仍處於研究階段，目前此類技術在中國商業應用的管理狀態尚未討論。但中國仍積極發展基因編輯技術，將其列入 2016 年制定的國家五年計畫中。

國際種子聯盟 (International Seed Federation, ISF) 於 2015 年發佈聯合聲明 (Plant Breeding Innovation Statement & Principles)，其聲明包括若無法區分新興育種與傳統育種方法所產生之植物品種，則不應進行差別化的管理；政府應以科學為基礎制定明確的法規，不明確與不適當的管理規範，將會阻礙創新育種的發展。而在 2018 年亞太經濟合作會議 (Asia-Pacific Economic Cooperation, APEC) 中，也針對基因編輯管理進行應用與監管模式討論，並於世界貿易組織 (World Trade Organization, WTO) 發布「國際精準生物技術農業應用聲明」 (International Statement on Agricultural Applications of Precision Biotechnology)，希望能夠透過農業新興技術於各經濟體間的法規調和與合作，進而促進產業發展。目前已有 14 個政府或區域簽署支持此聲明，包含阿根廷、澳洲、巴西、加拿大、哥倫比亞、多明尼加共和國、瓜地馬拉、宏都拉斯、約旦、巴拉圭、美國、烏拉圭、越南和西非國家經濟共同體秘書處。

台灣經濟研究院生物科技產業研究中心為了解國內學者專家對農業精準生物技術 (如基因編輯等) 發展的意見及支持度，參考 WTO 發布之「國際精準生物技術農業應用聲明」與 ISF 的 Plant Breeding Innovation Statement & Principles 之內容，於 2019 年 3~4 月針對我國學術界進行大規模線上問卷調查，問卷題項共 13 題：12 題單選及 1 題複選，共回

收 134 份問卷，平均每份問卷答題時間為 1,320 秒。而問卷回卷結構以大專院校為主，共 79 份回卷，其中又以教授級最多，其次為副教授級，除大專院校之外，農試改場專家共 33 位回卷 (圖一)。以下針對回卷進行統計分析。



資料來源：台灣經濟研究院生物科技產業研究中心108年度調查統計。

圖一 回卷人員單位屬性分析

各題項之統計資料如表一及表二所示。91% 回卷專家認同精準生物技術產品具解決農業生產挑戰之潛力，可以永續的方式促進增加食品 and 農產品的供應。89.6% 回卷專家認同中小企業、公部門研究單位的研究合作及商品化為實現精準生物技術的必要條件。92.5% 回卷專家認同政府政策應促進公、私部門育種者應用先進育種技術進行創新和利用。81.3% 回卷專家認同育種者需要政府明確的政策與監管方式。97% 回卷專家認同不適當的監管及所產生的成本負擔，將阻礙創新育種方法的應用。59.7% 回卷專家認同以最新育種方法開發的品種如果與既有育種方法生產的品種相似或無法區分，不應進行差別管理。57.3% 回卷專家認同在保護人類、動物、植物、環境上採用一致的科學化風險評估作法，針對精準生物技術產品的監管，亦依此原則調整現有監管架構並保留足夠的彈性空間。全部回卷

表一 回卷結果統計

題項	命題	同意比例
問題一	精準生物技術產品具解決農業生產挑戰之潛力，可以永續的方式促進增加食品和農產品的供應	91.0%
問題二	中小企業、公部門研究單位的研究合作及商品化為實現精準生物技術的必要條件	89.6%
問題三	政府政策應促進公、私部門育種者應用先進育種技術進行創新和利用	92.5%
問題四	育種者需要政府明確的政策與監管方式	81.3%
問題五	不適當的監管及所產生的成本負擔，將阻礙創新育種方法的應用	97.0%
問題六	以最新育種方法開發的品種如果與既有育種方法生產的品種相似或無法區分，則不應進行差別管理	59.7%
問題七	在保護人類、動物、植物、環境上採用一致的科學化風險評估作法，針對精準生物技術產品的監管，亦依此原則調整現有監管架構並保留足夠的彈性空間	87.3%
問題八	對於精準生物技術產品安全性的監管方法應具科學性、風險性、透明性、可預測性、及時性，並符合國際貿易協定	100.0%
問題九	推動各國政府合作以調和法規和政策，減少監管精準生物技術產品而產生不必要的貿易壁壘	91.0%
問題十	各國政府合作可促進與貿易夥伴和農業利害關係人就精準生物技術相關的潛在貿易問題進行建設性對話，以支持開放和公平貿易，並鼓勵研究和創新	96.3%
問題十一	公眾溝通可建立對監管體系的信任度、提高對農業創新的接受度，幫助農民面對全球挑戰，以生產充足、安全和可負擔的食品、飼料、纖維和能源	94.0%
問題十二	請問，您認為精準生物技術是否含括基因編輯	88.8%

專家(134份)認同對於精準生物技術產品安全性的監管方法應具科學性、風險性、透明性、可預測性、及時性，並符合國際貿易協定。91%回卷專家認同推動各國政府合作以調和法規和政策，減少監管精準生物技術產品而產生不必要的貿易壁壘。96.3%回卷專家認同各國政府合作可促進與貿易夥伴和農業利害關係人就精準生物技術相關的潛在貿易問題進行建設性對話，以支持開放和公平貿易，並鼓勵研究和創新。94%回卷專家認同公眾溝通可建立對監管體系的信任度、提高對農業創新的接受度，幫助農民面對全球挑戰，以生產充足、安全和可負擔的食品、飼料、纖維和能源。88.8%回卷專家認為精準生物技術含括基因編輯。整體而言，針對政府政策應促進此科技利用、不適當的監管將阻礙此科技應用、各國政府需合作調和法規、採用科學化風險評估作法並保留足夠的彈性空間等皆有八成五以

上的學者支持。而對於基因編輯定義，則有107位回卷專家認為基因編輯是一種定向誘變亦稱為靶向/定點誘變或精確誘變，在特定之定位點基因體，引入一個或多個的人為改變。

1. 為倡議以新興精準育種科技提升我國科技競爭力，應先進行深入研究基因編輯科技發展效益再進行推廣活動，以技術成熟度等方式評估包括育種時間的縮減、農化用品量的減少、生物多樣性的維持、人體健康的促進等項目，並以日本與澳洲等代表性國家政策、Novozymes與Cibus等重要公司營運模式分析，強化推動策略規劃的研議。
2. 若基因編輯最終產物與一般育種品種相似，且現有技術無法檢驗區隔，則應以一般產品進行管理，不應與GMO相同。
3. 今年生技月配合BioAsia辦理以基因編輯為主題

表二 基因編輯的定義

選項	同意份數 (比例)
基因編輯是一種實驗室技術，可對生物體基因進行小規模且具標靶性的改變，此技術不涉及將基因由一個生物體轉移至另一個生物體	96份 (71.6%)
基因編輯是一群突變技術，藉由在基因體中的特定位置以添加、移除或改變DNA序列的方式，以修飾遺傳信息	99份 (73.9%)
基因編輯是一種定向誘變亦稱為靶向/定點誘變或精確誘變，在特定之定點基因體，引入一個或多個的人為改變	107份 (79.8%)

資料來源：台灣經濟研究院生物科技產業研究中心108年度調查統計。

的國際研討會，邀請國外專家來台演講與國內專家進行交流，針對廣泛性所有新興育種技術進一步的探討，再強化溝通與推廣。

4. 未來舉辦基因編輯專家座談會，邀請與新興精準育種技術開發及主管單位，包括：科技會報、教育部、科技部生科司、衛福部、農委會科技處、農試改場所、大專院校相關科系專家、立法委員、相關業者等。

對我國而言，依台灣經濟研究院生物科技產業研究中心 107 年度新興生技食品消費者調查，高達 59.3% 消費者認為日本的管理規範具我國政策參考價值。日本厚生勞動省對於基因編輯食品管理，已

於 2019 年 3 月公布相關規範，指出這些食品並未進行基因改造，不會對人體健康或生態系統造成重大影響，無須經過嚴格的安全審查如重大毒性或致癌性測試便可上架販售。日本國情與我國相近，新興精準育種科技衍生產品可參考日本作法進行跨部會討論，凝聚共識並訂定管理作法，讓產學研界有明確依循，不會無所適從而錯失發展機會。

AgBIO

余祁暉 台灣經濟研究院 生物科技產業研究中心 總監
譚中岳 台灣經濟研究院 生物科技產業研究中心 副研究員

參考文獻

1. International Seed Federation, From www.worldseed.org/.
2. World Trade Organization , From www.wto.org/.