

2022新興精準育種科技與 衍生產品產業發展趨勢座 談會報導

撰文/劉依蓁·林彥宏·余祁暉

新興精準育種科技(如基因編輯等)為農業創新的重要工具,可以更容易且更有效率開發能滿足糧食安全、營養健康、環境永續、或平價實惠的農產品及食品,自2012年CRISPR基因編輯技術被發現,過去十年已陸續有相關產品問市,以我國近六成消費者認為具政策參考價值國家的日本為例,厚生勞動省、農林水產省及環境省認定其農產品及衍生食品僅是透過基因編輯技術,快速且精準的在生物體內基因組中改變特定基因序列,而無導入外源基因,故不屬於基因改造,且不會對人體、動物健康或生態系統造成重大影響,各國更是加速制定相關規定的腳步,以健全對於此項技術之風險管理機能。

為促進產業界瞭解國內外基因編輯科技產品及政策發展趨勢,以利我國相關產品原料應用,台灣經濟研究院研究七所生物科技產業研究中心於2022年8月11日下午假台灣經濟研究院辦理「新興精準育種科技與衍生產品產業發展趨勢座談會」,會議邀請臺灣大學張孟基教授、食品工業發展研究所林奐好研究員、農業科技研究院杜清富正研究員、臺灣海洋大學龔紘毅副教授以及台灣經濟研究院研究七所林彥宏副研究員等五位專家分享新興精準育種科技發展現況,並邀集中華食品安全管制系統發展協會、台北市進出口商業同業公會、台灣食品安全

促進協會、台灣食品科學技術學會、台灣特殊營養食品協會、台灣區麵粉工業同業公會、台灣區釀造食品工業同業公會、台灣國際生命科學會、台灣植物油製煉工業同業公會、台灣農學會、台灣種苗改進協會、美國小麥協會、美國黃豆出口協會、美國穀物協會、作物永續發展協會台灣分會等15位產業代表出席,就產業界關注的重點以及未來發展進行交流討論。

會議主持人由台灣經濟研究院研究七所余祁暉副所長擔任,他表示,各國政府於2018年亞太經濟合作會議(APEC)討論應用與監管模式,包含我國主要農產品貿易國美國、阿根廷、巴西、澳洲、加拿大等14個經濟體,於2018年12月於WTO簽署「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。為推動我國新興精準育種科技發展,本院組織專家發表聲明、致力於民眾溝通、定期辦理座談會,與各界交流討論未來如何應用此科技。本會議期能讓各界了解國內外發展趨勢,以利未來研究開發,並就發展議題交流,尤其對於國內食品原料超過三分之二是進口取得的台灣來說,國際法規調和相對重

要，期望能夠就產業界關注的重點或對國內法規管理建議進行交流，共同研討此技術發展對台灣的機會與挑戰，本文節錄會議內容以供各界參考。

新興精準育種技術發展與基因編輯科技於作物育種之應用-臺灣大學張孟基教授

現今的農產品多多少少都有不同基因改造程度的介入，例如玉米、香蕉和茄子等作物，透過馴化選拔的過程，使玉米和水稻的關鍵型態產生變化，其中以水稻來說，野生種水稻倒伏性強、脫粒性高，就透過馴化選拔，逐漸轉化成現今的栽培種水稻。而農藝學家為了選育出具特定性狀之作物，也運用如傳統的雜交育種、誘變、多倍體、原生質體融合、基因轉殖和基因編輯等各種技術來介入演化過程。

但為何我們需要新興植物育種技術？基因編輯技術能做什麼？因為，在全球糧食需求急遽上升的情勢下，伴隨而來的卻是異常氣候造成農業生產量下降，所以，為了確保糧食安全，必須進一步研發高品質、高附加價值、高適應能力的新品種，以滿足全球糧食需求。

原先透過自然演化的方式，需要經過 12 萬年的時間才可能產出新品種，緩不濟急，透過新興精準育種技術，尤其是基因編輯技術，則可將育種時間縮短至 2~3 年，大幅縮短育種時間。根據文獻指出，近期發展中的基因編輯技術中，如多重基因編輯方式，更可精準快速取得具所需性狀之作物，加上基因編輯已被證實為一項可進行作物從頭馴化 (de novo domestication) 的技術，因此透過此技術，將可讓作物的野生種快速而精確地轉化為作物，同時保留馴化和育種過程中留下的優良性狀，藉以達成擴大作物種質資源、創造新的變異之目的，更是此技術具有未來高度發展潛力的原因。

是故，新興植物育種技術具有加速作物育種流程、縮短育種時間，並擴大作物種質資源、創造新的變異等特點，若要延續綠色革命的科技戰略，

將可透過基因編輯技術來達成，然而未來究竟要如何發展，端看各國管理法規之管理程度，而我國方面，為避免台灣種苗產業競爭力落後而被國際市場淘汰，則應在科技發展上持續與時俱進。

基因編輯產品開發與應用-以高油酸大豆、高GABA含量番茄等為例-食品工業發展研究所林奐妤研究員

隨著基因編輯科技發展，目前已有許多基因編輯產品陸續上市，其中最知名的，則包含美國高油酸大豆與日本高 GABA 番茄。

健康意識抬頭的風氣下，消費者對於食用油的安全性與功能性則是越來越在乎，除了價格與風味考量外，更是在意油品的營養成分，比如油酸含量。油酸是一種不飽和脂肪酸 (Omega-9)，若油品中油酸含量高，則具有高抗氧化力，使得產品不易氧化酸敗，而延長油品的保存期限，每一種作物所榨取出的油品中，油脂的油酸含量不同。

油脂研發趨勢目前主要以研發高油酸含量的油品為為主，過去已透過傳統育種技術成功將芥花油油酸比例由 67% 提高到 74%，而 Calyxt 公司透過 TALEN 基因編輯技術，改變大豆 FAD 的兩段基因，阻止大豆將油酸轉化為亞麻油酸，使得整體油酸的比率達到 79% 之高，更使其在應用上更具高溫安定性、耐油炸與保存期限延長等特性，並於 2019 年 2 月 FDA 核可上市，同時公司更是預估，2028 年時，美國 855 萬英畝的大豆田中，將有 160 萬英畝種植高油酸大豆。

GABA 為重要的神經傳遞物質，有助於放鬆身體、緩解高血壓，日本筑波大學 (Tsukuba University) 科學家發現綠色番茄的 GABA 含量高於紅色番茄，主要原因在於紅番茄的 GABA 會被代謝成為麩醯胺酸 (glutamine)，因此團隊透過 CRISPR 技術改變番茄 GABA 代謝之酵素活性，研發出具有一般番茄 4~5 倍 GABA 含量的番茄，每一粒基因編輯番茄皆含有 17 mg GABA 含量，目前

通過日本環境省、農林水產省的生物多樣性影響評估，經厚生勞動省上市前諮詢確認可用做食品，同時也完成農林水產省上市前諮詢以用於飼料，現已上市，此團隊更以此成立 Sanatechseed 公司。

Sanatechseed 公司已開始在青空番茄學院的網路上販售，每 600 公克大約 1566 日圓，產品上則採取自願性標示該產品是經基因編輯技術改良，且已完成向厚生勞動省、農林水產省通報等資訊。

在基因編輯技術發展腳步越來越快的趨勢下，若能有效利用此技術，可有效提升品種多樣性，有利於消費者取得多元食物來源，不僅對於食物永續與食物安全有所幫助，更能促進人體健康。

基因編輯科技於畜牧領域之應用-農業科技研究院杜清富正研究員

以技術上來說，在無外源基因的狀態，基因編輯其實就跟自然狀態下會發生的狀況一樣，沒有安全性上的疑慮。而畜牧領域應用上，起源於豬隻器官移植的相關研究，技術上則由基因改造技術進展到基因編輯技術。

基因編輯豬可應用於畜產加值、生物醫材、異種移植、豬隻實驗動物等目的，比如畜產加值方面，過去針對豬隻疾病防疫，主要受流行性型疾病爆發及病原散佈、豬場生物安全防疫、疫苗使用及病豬管理等多因素所影響，因此阻隔病原散佈、疫苗有效性及生物安全防疫管理等環境因素始為最大決定因素，若能透過基因編輯方式，提升豬隻對疾病抵抗能力，則可大幅降低上述之防疫成本；生物醫材與異種移植方面，則可用於豬眼角膜及去細胞支架、骨粉、牙膜、心瓣膜，甚至是客製化組織或器官，如心臟、腎臟、肺臟與肝臟等；豬隻實驗動物方面，也可開發 SCID 豬或其他疾病模式的實驗豬隻等，作為臨床試驗動物之用。

實際案例上，以美國基因編輯 GalSafe 豬為例，其基因被剔除可生產健康紅肉，避免引發 α -gal 綜合過敏症 (AGS) 患者的紅肉過敏症，另外也批准用

於醫療用途；另外，今 (2022) 年通過 FDA 批准的基因編輯抗熱肉牛，FDA 認為其基因特性也存在於其他牛種中，並不是一種全新不可知的基因類型，因此審查時認為安全性毫無疑義。

而農科院針對基因編輯豬隻研究也取得相當成果，透過 CRISPR/Cas9 平台技術，已開發抗豬生殖與呼吸道綜合症 (Porcine reproductive and respiratory syndrome virus, PRRSV) 豬，提升豬隻對疾病抵抗能力，另一方面，也已開發具保溫能力的仔豬以及醫材用途之豬隻等。

杜研究員表示，基因編輯動物和作物不同，必須透過生殖技術配合來放大族群數量，且需要較長的時間，此為基因編輯動物發展的限制，然而，透過基因編輯所快速增加之變異，可創造出基因多樣性，產生優良性狀或性能，再藉由選拔、淘汰及種源固定，藉此提供更多更好的育種機會。因此，未來不應過度限制此技術發展，而應從生態、健康、公平、關懷人民等層面來思考，除了進一步了解基因編輯科技以及與傳統育種之差異，更期望國內相關單位盡快建置基因編輯管理法規，讓國內科技發展有所依循，並參考日本「information hub」模式，針對基因編輯科技做媒體溝通、教育及促進社會大眾充分了解。

基因編輯科技於漁業領域之應用-臺灣海洋大學龔紘毅副教授

聯合國農糧組織 (FAO) 表示，為滿足糧食需求，除了陸上的農業生產外，占了地表面積 72% 的海洋，也在這需求中更受到關注與期待，希望來自海洋的食品，肩負起供應陸地食物來源的關鍵角色。而在科技化養殖的趨勢下，更是對水生生物完成許多功能性基因體學與遺傳學的基礎研究。因此，若以被解開的基因體資訊為基礎，再搭配基因編輯技術，則可加速使生物體具備長久可遺傳的變異，有目標的進行基因編輯來提高產量，增強抗病或擴大養殖範圍，讓育種變得快速、精準、有效率，進而促進

養殖漁業發展。於此同時，由於魚類為體外受精且具高繁殖力，搭配上現有已建立的養殖物種繁殖和幼魚飼養技術，更是提供了適合基因體編輯程序的系統。

由於上述特性，基因編輯應用在漁業時，相關技術並不會只掌握在特定大公司，這也使得開發出來的產品預期將有百家爭鳴的情況，比如由日本京都大學等團隊開發，於 2021 年在日本上市的基因編輯高取肉率真鯛，就在這趨勢下成為第一個達到商業生產的基因體編輯動物，後續更進一步取得促進成長的河豚上市核准，進而成為指標案例。

另一方面，以目前的研究顯示，基因編輯科技在水產生物的發展潛力，包括成長促進、不孕控制、性別控制、提升養殖存活率（如降低游泳速度以增加黑鮪在箱網養殖之存活率）、抗病毒、抗逆境（如耐低氧環境隻台灣鯛品系）、提升營養價值等，以物種來看，除了上述的硬骨魚類，尚有甲殼類、軟體動物、海藻等物種之成功案例，但基因編輯魚類要變成市售產品，取決於法規制定、監管、消費者接受度和育種基礎設施等問題。

基因編輯的精準基因誘變技術，對於子代數目多、多樣性高的經濟植物及水產動物育種可產生更多變異種，進一步進行多種有益性狀選育，具有無窮潛力，台灣在基因編輯研發有相當豐沛的能量及基礎，除日本外，亦可借鏡英國法規制定以輕度監管方式釋放基因編輯在精準育種研發及促進農業產業發展的能量，制定符合最大利益的規則，以促進精準育種動植物的開發、市場及新創產業發展。

新興精準育種衍生食品產業與政策發展趨勢-台灣經濟研究院研究七所林彥宏副研究員

國際間已有商業化之基因編輯產品上市，不僅讓各國主管機關在管理上面臨挑戰，現有的基因改造生物管理法規應如何因應技術進展進行滾動式調整，同為各國主管機關不容忽視之重要課題。

根據目前研究結果來說，各國在多方面考量下，在管理原則上已逐漸整合，主要僅針對最終產品訂定相關規範或指引，以面對國際間相關產品陸續上市的壓力。但國際間在作法上，除了將基因編輯一律視為基改的歐盟外，大部分的國家，不論是否透過何種管理模式或判別原則，基本上，仍會透過早期諮詢判斷這類產品是否該以基改方式管理，或是不予列管。同時，經早期諮詢後，各國對於無外源基因之產品的管理方式上，美國、加拿大與英國較傾向以傳統育種方式管理，日本與阿根廷則是要透過早期諮詢來個案判斷（美國農業部亦有諮詢程序以協助開發商判定）。歐盟跟中國，則是以基改方式進行管理。

另一方面，綜整 WTO、APEC 等國際組織聲明、我國學研界調查與公眾認知現況，調查結果為學研專家皆希望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；而在公眾認知部分，對於突變育種法與基改兩種的育種技術較有疑慮的受調者有一半以上，僅有不到 3 成的人對於基因編輯有疑慮；認為基因編輯跟基改技術為不同技術、風險性亦不同的受調者將近一半；對於我國制定新興精準育種技術規範具有指標意義的國家中，約有 9 成受調者認為是日本、歐盟與美國，其中又以日本最受民眾支持。

因此，在新興精準育種衍生食品產業與政策發展趨勢下，對於我國來說，應盡速思考未來如何制定我國的產業發展規則，才能在兼顧經濟面、社會面、環境面發展，讓業者有所依循，進而積極投入研發，經濟面上，在評估產品開發時，需同步留意法規要求，避免產生過高的法規成本；社會及環境面上，則需關注消費者及社會大眾的看法，應該與民眾充分溝通，強化法制正當性，透明性與可行性。

結論與建議

本次會議邀集 15 位國內產業代表參與座談交流，討論過程踴躍熱絡，總結座談交流重點，產業



「新興精準育種科技與衍生產品產業發展趨勢座談會」會場實況

界認為政府應正視新興精準科技食品管理之重要性，加速制定健全法規，大部分無外源基因之產品可比照傳統育種產品方式管理，另可透過早期諮詢、上市通報制度讓消費者更安心。此外，應強化消費者溝通，溝通面向除了社會面的食品安全、環境面的生態安全之外，還包括經濟面的糧食安全；而食品安全與生態安全則是要讓消費者了解基因編輯與傳統育種風險相當。未來則建議可仿效日本政策以國家型計畫由上而下帶動法規制定，並與民眾充分溝通，提升民眾認同度。

AgBIO

劉依蓁	台灣經濟研究院	研究七所	副研究員
林彥宏	台灣經濟研究院	研究七所	副研究員
余祚璋	台灣經濟研究院	研究七所	副所長