

亞太地區推動基因編輯作物的近況

Current Progress in Promoting Gene-Edited Crops in the Asia-Pacific Region

林如玲¹、曾一航²、邱燕欣³

一、前言

為促進基因編輯技術在農食品領域的應用，亞洲生產力組織 (Asian Productivity Organization, APO) 於 2024 年 9 月 25 日至 27 日舉辦了線上「推進農食品領域基因編輯技術應用工作坊」。本次活動有來自包括臺灣、柬埔寨、印度、印尼、伊朗、巴基斯坦及菲律賓等 11 個 APO 會員國，共 35 位官方及學界代表參與。會中由澳洲、印度、日本及菲律賓的專家，分享各國在基因編輯技術的應用、政策法規現況及商業化案例，提供加速創新技術採用的經驗。本文將針對亞太國家基因編輯作物政策法規，日本、印度與菲律賓在推展基因編輯作物的現況進行摘要介紹。

二、亞太國家基因編輯作物政策法規之近況

根據國際農業生物技術應用服務組織 (ISAAA) 於 2024 年 8 月公告資料，部分亞太國家已針對新興育種技術建立監管準則，在基因編輯作物的政策推動上取得顯

著進展。包括澳洲、印度、日本、菲律賓與泰國已制定並實施相關監管規範，並批准部分基因編輯產品進入市場。例如，日本自 2021 年起銷售經基因編輯的富含 γ -氨基丁酸 (Gamma-aminobutyric acid, GABA) 的番茄，2023 年進一步批准基因編輯糯玉米，這些產品均不受該國基因改造食品及生物多樣性相關法規的限制。在菲律賓，基因編輯抗褐化香蕉於 2023 年被認定為非基因改造作物，成為該國首例通過的基因編輯產品；此外，2024 年 5 月高 GABA 番茄也獲批准於菲律賓上市。印度於 2022 年 5 月發布基因編輯植物安全評估的最終指導方針，為技術應用提供了明確的政策框架。泰國則於 2024 年 7 月 11 日推動基因編輯生物的立法，展現出積極推動基因編輯作物發展的態度。另一方面，部分國家仍在討論是否將雖經基因編輯程序但完全不含外源插入 DNA 的作物 (符合 SDN-1 類型作物) 等同於傳統育種品種管理 (如圖 1 中黃色區域)。紐西蘭則因現行

¹ 種苗改良繁殖場種苗檢驗科 副研究員

² 種苗改良繁殖場種苗檢驗科 助理研究員

³ 種苗改良繁殖場種苗檢驗科 副研究員兼科長

法規規定，透過體外技術改變基因或基因衍生物的植物，均視為基因改造作物，因此對基因編輯產品採取嚴格的監管態度。整體而言，由於各國舊有法規的沿革、對新興技術的接受程度及風險評估態度不同，亞太地區的基因編輯作物監管政策呈現高度分歧。

三、日本基因編輯技術的應用與研究

日本在推展基因編輯技術方面採取了全面性策略，建立了多層次的政策框架。自 2013 年 CRISPR-Cas9 技術首次應用於植物研究以來，各部門陸續制定報告與指導方針。例如，農林水產省 (MAFF) 於 2015 年發表「新育種技術報告」，為基因編輯技術應用奠定基礎。同時，日本於 2014 年啟動跨部門的戰略創新促進計畫 (SIP)，每年投入 325 億日圓，通過產學研合作，從基礎研究到社會應用，全方位支持技術

發展。在法規層面，日本基因編輯作物的監管主要由「卡塔赫納法案」和「食品衛生法」負責。2019 年，基因編輯技術相關的公眾諮詢與討論結束，並確立了監管標準。例如，無外源核酸的基因編輯作物可免於「卡塔赫納法案」的監管，但需向相關部門備案並公開資訊。在食品安全方面，若基因改變難以與自然突變區分，則亦可豁免於「食品衛生法」的管理規範。

在研究與應用上，日本的基因編輯技術涵蓋多種作物，並取得多項突破。例如：

- ◆ 水稻：透過編輯 *OsCKX2* 基因，提高穀粒數量；改變花朵關閉基因 (*clt1*)，使花朵保持閉合以防止交叉授粉並提升抗病性。
- ◆ 小麥：編輯 *TaQsd1* 基因，解決收割前穎果發芽問題；抑制脂氧合酶 (*LOX-3*) 基因，減少儲存過程中的劣化氣味。

基因編輯作物的監管現況：亞洲與大洋洲

依據過去十年間亞洲與大洋洲國家在新育種技術方面建立的監管標準



圖 1. 亞太地區基因編輯作物法規管理現況

(參考自 ISAAA 網站：<https://www.isaaa.org/blog/entry/default.asp?BlogDate=8/28/2024>)

文獻報告

- ◆ 玉米：針對 *LGI* 基因進行編輯，調整葉片傾角以提升光合作用效率。

最具代表性的案例是由筑波大學與 Sanatech Seed 公司合作開發的富含高 GABA(γ -氨基丁酸)基因編輯番茄(圖 2A)，透過編輯 *GAD* 基因，以去除自我抑制區域，顯著提升果實中 GABA 的含量。GABA 能抑制血壓上升，並可充當抑制性神經遞質，參與血清素向 N-乙酰血清素(褪黑激素前體)的代謝，可能有助於睡眠調節。高 GABA 番茄於 2020 年完成環境及食品安全評估，並於 2021 年 9 月開始商業銷售，形式包括鮮果和果泥，銷售渠道涵蓋超市及網絡平台。法規雖無要求標示基因編輯，但該公司自願標示以提升產品透明度(圖 2B)。另於 2023 年，基因編輯

糯質玉米亦完成相關審查並獲批，這些充分展現日本在基因編輯技術的創新與積極推動。

四、印度基因編輯技術的應用與研究

印度在基因編輯作物的監管政策上採開放支持的態度，於 2022 年 3 月，印度環境、森林與氣候變化部發布了行政備忘錄，宣布基因編輯作物屬於 SDN-1 和 SDN-2 類型者，將豁免於「1989 年基因工程生物和危險微生物規範」的生物安全評估要求。這一政策明確將基因編輯作物與傳統基因改造生物(GMO)區分開來，顯著減輕了監管負擔。同年 5 月，印度政府發布指導方針，為科研機構和企業提供政策支持，進一步促進基因編輯技術的應用；並於 10 月推出標準操作程序，確立了基因編輯作物的

審查流程，完善了相關法規管理。此外，印度政府為應對未來的糧食需求，分別投入 31 億盧比和 12 億盧比，支持 24 種大田作物及 15 種園藝作物的基因編輯研究。通過這些研究，旨在利用基因編輯技術培育適應氣候變遷的作物品種，提高作物對乾旱、高溫、鹽鹼和淹水等逆境的耐受性，減少氣候波動對農業產量的影響，並提高穩定性。以下為一些具體成功的應用案例：

- ◆ 水稻：開發具有耐鹽、

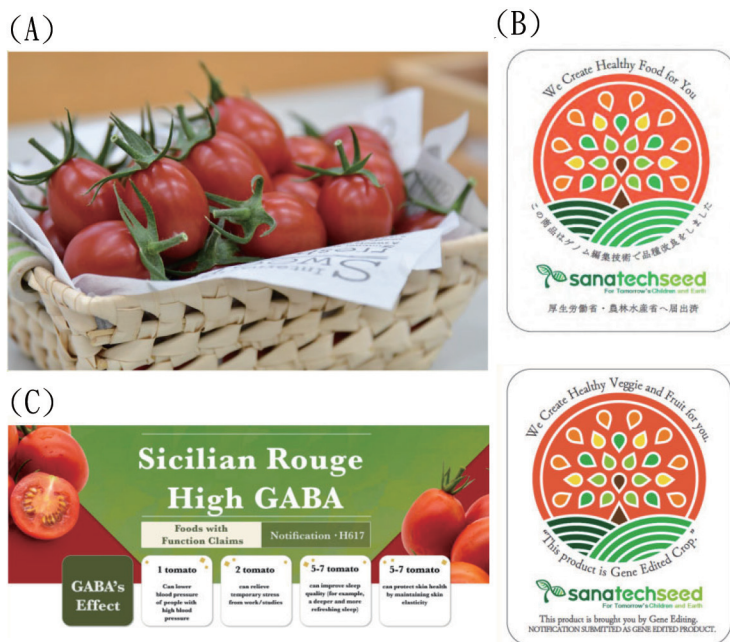


圖 2. 日本高 GABA 基因編輯番茄及有關標示 Sicilian Rouge High GABA tomato (A)、產品標示 (B)、機能認證標示 (C)

(參考自 Sanatech Seed 網站: <https://sanatech-seed.com/en/221226-2/>)

耐旱、低砷累積、高產以及高水分利用效率等特性的水稻品種，同時針對胡麻葉枯病 (Brown leaf spot, BSD) 和乾旱雙重耐性進行基因編輯。以秈稻品種 MTU1010 為例，經基因編輯後，耐旱與耐鹽能力得到顯著提升，產量也大幅增長。這些基因編輯水稻將於 2024 年開始田間試驗，預計於 2026 年實現商業化種植。

- ◆ 芥菜型油菜：油菜和芥菜等主要油料作物中含有高濃度的硫代葡萄糖苷，這限制了其種子粕作為動物飼料的應用。雖然降低種子中的硫代葡萄糖苷含量有助於提升飼料品質，但這會削弱植物的病蟲害防禦能力。為解決此問題，通過同時編輯多個硫代葡萄糖苷轉運蛋白基因 (*GTR1* 和 *GTR2*)，成功降低了種子中的硫代葡萄糖苷含量，同時保持植物葉片等部位的高硫代葡萄糖苷水平，從而兼顧了飼料品質和植物防禦功能。

五、菲律賓在基因編輯技術的應用與研究

菲律賓是東南亞最早種植基因改造玉米的國家，並因基改作物提高經濟效益，因此對基因編輯技術具有較高的接受度。2022 年，菲律賓農業部發布了「農業部通告第 8 號」(DA MC No. 8)，規範了植物育種創新 (PBI) 產品的評估程序，根據基因組中的 "新穎基因組合" 來區分基因編輯作物與基因改造生物 (GMO)。在研究與技術開發方面，主要將基因編輯技術應用於水稻、玉米、番茄及香蕉等作物，並由國

際水稻研究所 (IRRI)、菲律賓稻米研究所 (PhilRice) 及菲律賓大學洛斯巴尼奧斯植物育種研究所 (UPLB-IPB) 主導，致力於解決作物的抗病性、產量及營養強化等挑戰。

- ◆ 水稻：針對影響產量的細菌性葉斑病 (Bacterial leaf blight, BLB)，進行 *OsSWEET* 基因的多重變異編輯，以開發廣譜抗性水稻品種；同時，進行 *eIF4* 基因編輯，提高水稻對水稻東格魯球狀病毒 (Rice tungro spherical virus, RTSV) 的抗病能力。在營養強化方面，以維生素 A、鐵和鋅的缺乏改善為目標，例如，通過 *Cpfl* 基因編輯提升水稻鋅含量。
- ◆ 玉米：通過編輯 *ZmIPK1* 基因，減少植酸的合成，從而提高礦物質的生物利用率，進一步提升玉米的營養價值。
- ◆ 香蕉：針對香蕉萎縮病毒 (Banana bunchy top virus, BBTV)，編輯香蕉相關因子以開發抗 BBTV 的品種，以穩定香蕉生產。

六、結語

目前亞太地區的基因編輯管理政策雖多元分歧，但越來越多國家已進行了法規討論。從近期日本、印度及菲律賓等國的基因編輯技術研發應用，具備提升作物營養品質和耐候育種的潛力效益，同時，在解決全球糧食安全與環境挑戰可以發揮關鍵作用。在對接全球科技發展趨勢下，科技研發管理單位、農研機構或大專院校應本於科學研究原則，多方收集進展資訊，積極進行公眾溝通，才能在推動農業生產力、維護環境永續及提升全球競爭力中創造共贏。