



且禁止我國化學肥料出口：目前肥料業者領有肥料登記證者，若自行向國外採購肥料原料，必須優先滿足肥料生產所需，若有餘裕才得以販賣至其他產業，農委會隨時加強稽核，避免肥料原料移作他用。另外，自去年12月起，已禁止我國化學肥料出口，例如過去每個月出口約1萬公噸硫酸銨已暫時停止。

二、增加肥料供應量：今年第1期作農民用肥需求，單質肥料需求約11萬公噸，複合肥料約32.5萬公噸；目前台灣肥料公司及民營肥料廠在單質肥料供應可達16.6萬公噸，複合肥料供應可達33.8萬公噸，加上台灣肥料公司日產能複合肥料達2千公噸，並至少維持成品庫存1.5萬公噸；且

工廠假日及春節期間不休息，全年營運全日生產肥料供應充足無虞，農民可視需求再購買，無須囤積肥料。

三、使用肥料實名制平臺購肥，維持肥料價格不變：自今年1月10日起，農民透過實名制到肥料登錄平臺購買肥料，政府協助國內肥料業者吸收漲幅5成，最大供應商台灣肥料公司也自行吸收5成，維持肥料價格不變。此項經費由農發基金支應，預估每月支付1.3到1.5億元，補貼時間將視狀況作滾動調整。第1次使用肥料實名制平臺購肥農友僅需攜帶身分證明文件，提供耕地的地段、地號、面積（免附證明文件，不限地主）、種植作物種類等資訊，向鄉鎮農會、肥料行等經銷點實名制購買肥料，由經銷點協助登打資料至購肥系統，系統會自動建議現階段施肥用量提供農友購買，下次只要到場就可登錄購買，手續簡便。且實名制購肥經由系統檢核，可即時推薦合理化施用肥料數量，改善以往農友過量施用化學肥料情形，降低農業生產成本，同時可維護農田地力，友善農業生產環境，亦有將實耕者對接各種政府補助之效益。請農友多加利用。

淺談新興育種技術－基因編輯

作物改良課 助理研究員 林宜樺 分機 236

前言

因應氣候環境的變異、消費者需求及糧食危機等問題，育種者不斷進行新興品種的開發，育種方式大致可分為這

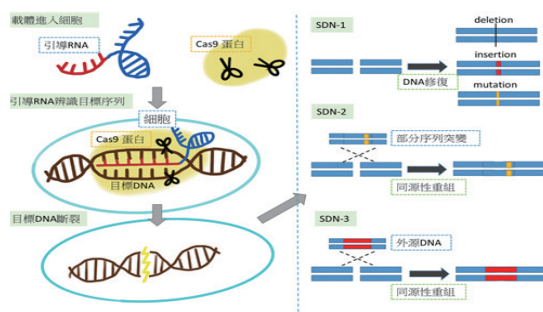
兩大類：第一類為傳統育種方式如雜交育種及誘變育種。雜交育種遇到問題如種原限制，有時候甚至缺乏種原需要透過遠緣雜交之方式，但因生殖隔閡造成

育種的困難性；另外，雜交後選拔上也會遇到問題如基因的緊密連鎖，難以選拔理想株型，最後則是育種年限長，對於長期作物所費時間更久。為解決雜交育種上種原限制之問題而衍生出誘變育種，透過放射線或化學誘變方式增加植株的突變機會，創造新的外表型；但突變無法預測且大多突變植株外表型較差，需透過回交把目標性狀導入優良品種，因此，效率低且育種年限長。第二類是利用基因工程方式創造變異，如基因轉殖及基因編輯。基因轉殖育種透過農桿菌及基因槍等方法將外源基因之插入，產生的作物被稱作基因改造作物，目前研究無法保證基因改造作物的安全性，因此，基因改造作物有法規管制，各國對於基改作物的管制不同，依據我國「植物品種及種苗法(以下簡稱種苗法)」第52條及第54條規定，基因轉殖植物非經中央主管機關許可且通過田間試驗審查，並檢附經中央目的事業主管機關核准之同意文件，不得在國內推廣或銷售。我國雖經許可若干基因改造食品及飼料(如大豆、玉米)之上市，但迄未許可任何基因轉殖植物之種植及推廣銷售，因此，基因改造作物有推行上困難。而近年來發展的基因編輯被稱為精準育種，透過基因工程方式對作物目標基因進行編輯，因其最終產物可不帶有外源基因，因此，又被稱為精準的誘變育種；其中以CRISPR (clustered regularly interspaced short palindromic

repeat)技術應用較為廣泛。本文將淺談基因編輯CRISPR在作物育種上的應用及基因編輯作物之管理規範。

基因編輯CRISPR

何謂基因編輯CRISPR呢？簡單來說就是將帶有CRISPR associated protein 9 (Cas9)蛋白及引導RNA序列的載體送入細胞(圖)，引導RNA找到目標基因序列並做上標記；Cas9蛋白如同一把剪刀，將標記地方剪開，當作物的DNA斷裂時會自主修復，而在修復的過程可能造成變異，可能產生缺失、點突變或鹼基插入等突變情形，這些突變都可能使基因功能性喪失，而產生新的性狀，此類基因編輯方式被稱作第一類定點核酸酶技術(簡稱SDN-1)；目前SDN-1的變異與誘變育種、天然突變的情形一樣，無法分辨，因此，各國對於基因編輯是否為GMO作物仍有不同的見解。基因編輯也可利用提供一段DNA序列使其進行同源性重組如第二類定點核酸酶技術(SDN-2)及第三類定點核酸酶技術(SDN-3)。SDN-2的DNA序列源自於作物本身，並在體外進行編輯後再轉入細胞，



▲圖、基因編輯 CRISPR 機制。

可產生預期的變異；而SDN-3則是帶外源DNA序列，如同基因改造作物。目前國際上大多的研究是以SDN-1為主要編輯方式。

將載體送入細胞的方式常見的有農桿菌轉殖、基因槍及原生質體轉染等方法，其中農桿菌轉殖法為目前較常使用的方式，主要將T-DNA插入植物體DNA中再進行基因編輯，因有外源基因的插入，通常需藉由自交或回交等方式將外源基因剔除；原生質體轉染方式則是透過打開細胞膜通道使載體進入細胞進行基因編輯，因載體不會插入植物DNA中，因此，最終產物不會帶有外源基因，此方式適合用於無法產生種子之作物、多年生作物及營養繁殖為主之作物；目前在多種作物皆有轉染成功之案例，如禾本科水稻、玉米等；十字花科的甘藍及油菜及茄科的馬鈴薯等。原生質體轉染須建立完整轉染及再生系統，才能將轉染成功的細胞再生成植株；如水稻目前基因編輯仍採用農桿菌方式，因為其原生質體再生技術較難克服。瞭解物種特性才能選擇適當的工具，以達到育種目標，基因編輯雖然能針對目標序列進行編輯但有可能發生脫靶效應(off-target effects)；脫靶效應指在非目標基因上進行編輯，使得編輯結果無法預測，目前研究者不斷地改善基因編輯技術，以降低脫靶效應，使基因編輯技術更加精準及穩定。

基因編輯在作物育種的應用

基因編輯的應用性很廣，可作為基礎研究之工具，如基因功能性之研究等；另可作為農工業產品之開發，如農業產品之育種及醫療用品開發等。隨著基因體的定序技術之進步，大宗作物之基因序列資訊透明，在國際上基因編輯技術已廣泛應用在作物品種改良研究，如玉米、小麥、水稻、番茄等，其育種目標可大致分為三大類(表1)；第一類為耐環境逆境，如耐乾旱之玉米與耐鹽害之水稻等，此類主要是降低作物對環境逆境的敏感度以維持穩定的產量。第二類是抗病蟲害，如抗白粉病之番茄及抗稻熱病之水稻等，為追求產量穩定及降低化學藥劑的施用，抗病性是育種的重要課題，傳統育種方式受到抗病種原缺乏及病理小種多樣性，增加育種的困難性；基因編輯針對抗病性育種的主要方式為編輯作物本身的致病相關基因以降低感染機率，或增加植株對病害的抵抗力以維持正常生長，相較於傳統育種方式更有效率且可以同時編輯多個基因以突破病理小種的抗性。第三類育種目標為提升品質及營養價值，如高油酸的大豆、高GABA含量的番茄等，此類主要以增加作物之機能性或是提升食用品質及儲藏性，以符合消費市場需求。隨著糧食自給率增加，人們對於農作物不再是追求產量而是品質的提升，因此，育種方向也不斷地在改變，基因編輯技術預期會越來越進步，其精進高效率及穩定性，將成為未來育種的重要工具。

表1.基因編輯在作物改良上的應用

	作物	特性	機制	參考文獻
耐環境逆境	玉米	耐乾旱	增加葉片表皮蠟質防止水分散失。	
	玉米	耐乾旱	乙烯反應相關基因。	(Shi <i>et al.</i> , 2017)
	水稻	耐鹽害	剔除 <i>OsRR22</i> 基因。	(Zhang <i>et al.</i> , 2019)
品質及營養	小麥	降低麩質 (gluten) 的含量	降低 2-gliadin 基因表現。	(Sanchez-Leon <i>et al.</i> , 2018)
	大豆	提升品質，如高油酸 (oleic acid)、低亞油酸 (linoleic acid) 及低 α -亞麻酸 (α -linolenic acid) 的特性	編輯大豆 FATTY ACID DESATURASE 2 (<i>GmFAD2-1A</i> 及 <i>GmFAD2-1B</i>) 基因。	(Do <i>et al.</i> , 2019)
	水稻	高直鏈澱粉和抗性澱粉	突變澱粉分支酶基因 <i>SBEIIb</i> 。	(Sun <i>et al.</i> , 2017)
	馬鈴薯	降低酸性轉化酶 (Acid invertase) 活性，不易累積丙稀醯胺	突變多酚氧化酶基因 <i>StPPO</i> gene。	(Gonzalez <i>et al.</i> , 2020)
	蘑菇	不易褐化，增加儲藏性	降低多酚氧化酶基因表現。	(Waltz <i>et al.</i> , 2016)
	番茄	提高番茄 GABA 含量	番茄 glutamate decarboxylase (GAD) 基因 <i>SIGAD2</i> 及 <i>SIGAD3</i> 剔除。	(Nonaka <i>et al.</i> , 2017)
抗病蟲害	水稻	抗稻熱病，提升水稻對 <i>Magnaporthe oryzae</i> 的抗性	突變 <i>OsERF922</i> 基因。	(Wang <i>et al.</i> , 2016)
		增加對白葉枯病之抗性	突變水稻糖轉運蛋白基因 <i>OsSWEET14</i> 及 <i>OsSWEET11</i> 基因的啟動子。	(Jiang <i>et al.</i> , 2013)
	小麥	抗白粉病	突變白粉病的易感基因 <i>Mildew resistant locus O</i> 。	(Shan <i>et al.</i> , 2013)
	番茄	抗白粉病	突變白粉病的易感基因 <i>Mildew resistant locus O (Mlo)</i> 。	(Nekrasov <i>et al.</i> , 2017)
	棉花	抗棉花黃萎病	突變棉花 <i>GhI4-3-3d</i> 基因。	(Zhang <i>et al.</i> , 2018)
	胡瓜	抗胡瓜葉脈黃化病毒 (Cucumber vein yellowing virus, CVYV)	編輯真核轉譯起始因子 (eukaryotic translation initiation factor 4E) eIF (iso) 4E 基因。	(Chandrasekaran <i>et al.</i> , 2016)

抗病蟲害	柑橘	降低潰瘍病發生	突變 <i>CsLOB1</i> 啟動子中的 PthA4 辨識結合區。	(Jia <i>et al.</i> , 2017)
------	----	---------	-------------------------------------	----------------------------

基因編輯作物管理規範

近年來基因編輯作物陸續產出，各國也開始訂定基因編輯食品管制規範(表2)，其中，美國與加拿大透過早期諮詢的方式，以最終產品之安全性評估作為判定標準，並以「實質等同」為原則，基因編輯作物只要符合一般安全性之要求，認定與傳統技術所生產之產品並無不同，因此，依照既有食品規範辦理即可；而日本及阿根廷是針對基因編輯作物訂定特定基改食品管理辦法，透過早期諮詢判定新興作物是否為基因改造作物，若有外源基因插入則視為基改作物，如果僅針對物種本身進行編輯，其產物與傳統育種方法得出產物無法分辨，則不視為基改作物。澳洲及紐西蘭則以基因編輯之方式作為評估標準，只有SDN-1技術產生之作物不視為基改作物，其餘皆以基改生物進行管理。歐盟國家目前仍將基因編輯納入基因改造作物管理範疇。而我國對於基因編輯作物的規範尚未明確，目前積極彙整各界專家學者之意見及國際間的相關規範資料，以作為未來訂定法規之參考。而國際間已有基因編輯產品上市，如美國的抗褐化蘑菇及抗除草劑的油菜，以及2021年日本上市的富含GABA的番茄，這些產品皆視為非基改作物。

【農業新知】

表2.各國基因編輯作物管理規範

國 家	國際管理規則		判斷依據	備註
美國、 加拿大	既有 食品 管理 辦法	實質等同	Product- based	具有 早期 諮詢 制度
日本、 阿根廷	訂定 特定 基改 食品 管理 辦法	若有外源基 因，視為基 改作物	Product- based	
澳洲、 紐西蘭		若有外源基 因，視為基 改作物	Product- based	
歐盟		全視為基改	Product- based	
中國		尚無規範	Product- based	

資料來源：台灣經濟研究院生物科技產業研究中心

結語

育種方法隨著目標需求不同而改變，精準育種一直是育種者所追求的目標，因此，新穎技術及方法不斷在演進。基因編輯是近年來新興育種技術，已廣泛應用在不同的作物改良，雖然此技術能精準育種且打破傳統育種上的限制，但仍有改善空間，如脫靶效應的追

蹤、建立完善之轉殖系統等。另外，基因編輯作物仍受到部分國家之管理規範限制，如歐盟對於基因編輯作物之安全性仍有疑慮；因此，科學家也不斷地改進基因編輯技術，使其能更有效率且穩定，以求在未來育種上能更有發展性。不同育種方法都有其優缺點及技術瓶頸，因此在未來育種應用上，針對育種目標，選擇適合之育種方法並妥善應用育種工具，才能達到精準育種之目的。

本文參考文獻 (請掃描 QR Code)



繡球花雜交及授粉技術

前言

繡球花(*Hydrangea macrophylla* L.)為虎耳草科繡球花屬植物，又名山紫陽、八仙花，花朵碩大成圓球狀，花色變化豐富，從藍色、粉紅色、紅色、紫色、白色至綠色等。繡球花以圓滿、可愛的形象受到大眾的喜愛，經常應用於切花、盆花或庭園景觀美化。全世界繡球花商業流通品種超過500種，主要來自於繡球花育種發展較早的美國、歐洲及日本。近年來，國內由於消費市場的喜愛，越來越多新品種

作物改良課 助理研究員 許雅婷 分機 231
引進國內，然而由於臺灣地處亞熱帶地區，夏季炎熱，秋冬季節溫度不夠低，因此，並非所有的品種在臺灣都可以達到最佳的開花品質。為選育適合臺灣環境的品種，並發展新穎花形花色，繡球花的雜交育種對於國內繡球花產業的發展有其必要性。繡球花新品種的產生主要透過雜交育種及選拔方式育成，本文將分享繡球花雜交及授粉技術，以供有興趣從事育種人員參考。

繡球花的構造