

2015 年全球基改作物發展概況

陳哲仁¹、周明燕²、張惠如¹

一、前言

自 1994 年美國首次核准基因改造 Flavor Savr™ 番茄作為食品或飼料添加使用以來，全世界陸續有 20 多種基因改造（以下簡稱基改）作物獲得了栽培核准和商品化生產，主要以大宗作物如玉米、大豆、棉花以及水果和蔬菜類的木瓜、茄子與近期的馬鈴薯等為主。這些作物透過基因改造技術所增加的特性，如抗旱性、抗蟲和疾病的能力、對除草劑的抗性、增加營養成分、提高品質等，也引起消費者及農民普遍的關注，基因改造作物對環境或人體是否會有安全疑慮是近年來一直在爭議的問題，在未有充分客觀證明安全或有風險，希望大家能持平看待該技術與產品之發展。本篇依據國際農業生物技術應用推廣協會 (International service for the acquisition of agri-biotech Application, ISAAA) 公布之資料為基礎，整理目前全球的基改作物種類及導入之基因，並將其分類，提供各界參考。

二、2015 年基改作物栽植現況

根據 ISAAA 組織基改作物許可資料庫 (GM Approval Database，截至 2015.08.26 為止) 全球共有 29 種作物計 380 件基改作物品系 (表一)，直到 2014 年底全球基改

作物種植面積已到 1.815 億公頃，較前一年度增長 3~4%，其中 87% 種植面積在美洲，並且以美國、巴西以及阿根廷為全球前三大基改作物種植國家；亞澳地區佔 11% 以印度種植基改棉花為主；而中東與非、歐洲僅佔 2%。其中依面積大小以大豆、玉米、棉花以及油菜四項作物最普遍，佔全球基改作物種植面積 99% 以上，據估計全球有高達 82% 大豆和 68% 棉花為基改品系所產出，而這些項目也是我國大宗進口的原物料，因此事實上我們的生活中已經大量使用含有基改成分的產品，消費者可透過產品包裝上標示作為辨識。

三、基因改造主要品項

基改作物是指利用基因工程技術使生物體發生遺傳重組，進而表現或關閉基因功能而獲得額外的特性如抗蟲、抗病、抗除草劑、抗乾旱、延長保存期限、改變營養組成等 (圖 1)。

科學家運用基因改造技術主要在於解決和提升栽培上的瓶頸，其中為了克服除草劑對植物所造成的藥害而發展出來的作物導入抗除草劑特性，是目前基改作物主要改變的特性。所抗的除草劑類型有嘉磷塞 (glyphosate)、固殺草 (glufosinate)、

¹ 種苗改良繁殖場生物技術課 助理研究員

² 種苗改良繁殖場生物技術課 副研究員

產業動態

表一、全球基因改造作物品種與品項

作物別	基改品系數	作物別	基改品系數
<i>Zea mays</i> L. / 玉米	141	<i>Malus x Domestica</i> / 蘋果	2
<i>Gossypium hirsutum</i> L./ 棉花	56	<i>Cucumis melo</i> / 洋香瓜	2
<i>Solanum tuberosum</i> L. / 馬鈴薯	42	<i>Populus</i> sp. / 白楊	2
<i>Brassica napus</i> / 油菜籽	32	<i>Rosa hybrida</i> / 玫瑰	2
<i>Glycine max</i> L./ 大豆	30	<i>Cucurbita pepo</i> / 南瓜	2
<i>Dianthus caryophyllus</i> / 康乃馨	19	<i>Nicotiana tabacum</i> L. / 菸草	2
<i>Lycopersicon esculentum</i> / 番茄	11	<i>Phaseolus vulgaris</i> / 四季豆	1
<i>Oryza sativa</i> L. / 水稻	7	<i>Agrostis stolonifera</i> / 匍匐剪股穎	1
<i>Alfalfa</i> / 紫花苜蓿	5	<i>Solanum melongena</i> / 茄子	1
<i>Brassica rapa</i> / 油菜	4	<i>Eucalyptus</i> sp. / 尤加利	1
<i>Carica papaya</i> / 番木瓜	4	<i>Linum usitatissimum</i> L. / 亞麻	1
<i>Cichorium intybus</i> / 菊苣	3	<i>Prunus domestica</i> / 歐洲李	1
<i>Beta vulgaris</i> / 甜菜	3	<i>Capsicum annuum</i> / 甜椒	1
<i>Saccharum</i> sp. / 甘蔗	3	<i>Triticum aestivum</i> / 小麥	1

硫鹽尿素類 (sulfonyleurea) 等 (表二), 在眾多的基改作物品系中, 以抗嘉磷塞之基改大豆品系 GTS 40-3-2 和玉米品系 NK603 (商品名 Roundup Ready™) 取得 26 個國家與歐盟相關使用許可, 是最廣為接受的基改品系種類, 其抗藥性基因來源為農桿菌 *Agrobacterium* sp. strain CP4 的 EPSPS 基因, 而各家種子公司也會採用不同來源

或經人為調整基因序列來強化其功能, 如抗嘉磷塞玉米 GA21 品系, 其抗藥基因選用經過人為修飾後具抗藥性的玉米 EPSPS 基因。此外, 抗固殺草基因 bar 或 pat 基因, 則分別經人為導入大豆、玉米、棉花、油菜、水稻及菊苣等作物。

抗蟲基因多採用蘇力菌的 Cry 基因 (表三), 經過表現所產出的 Cry 蛋白對鱗翅目 (如蛾與蝶)、雙翅目 (如蒼蠅、蚊子) 和鞘翅目 (甲蟲) 有毒殺效果, 會造成昆蟲腸道出血而死亡, 對鳥類、爬蟲類、哺乳類則無害, 是部分的有機防治所採用的材料。現在除了單純的抗殺草劑和抗蟲基改作物, 也開發出更多同時兼具抗殺草劑與抗蟲性品系。

為了區別基因導入成功與否, 科學家早期還連同抗生素抗藥基因一併導入作物中作為篩選工具 (表四), 將小苗培養在含有抗生素的環境, 淘汰基因導入失敗不具

表二、基改作物品系抗除草劑基因使用次數統計表

基因項目	使用次數	基因項目	使用次數
EPSPS	126	zm-hra	4
Pat	93	aad-12	4
Bar	22	gm-hra *	3
surB *	19	csr1-2	1
Bxn	7	gat4601	1
goxv247	7	hppdPF W336	1
gat4621	6	avhppd-03	1
aad-1	5	gat4601	1
Dmo	5	s4-hra	1
pat(syn)	5	als	1

抗生素抗性的個體，可間接證明導入的基因可以正常表現，是相當有效的作法，這個特性也有可能經由消化道進入動物體或微生物而造成抗藥性的疑慮。因此，英國禁止使用含有抗盤尼西林（Ampicillin）抗藥基因的基改玉米作為牛的飼料餵食，避免這特性會由牛隻經食物鏈進一步跑到人體造成影響（表五）。雖然目前還未有科

學證據發現此一遺傳物質之傳遞，但近期基改技術也有更多的操作方式，可將抗生素抗藥性基因隨著主要目標特性轉入作物之前，將其分離出來不留存到植物體內，或採取其他非使用抗生素抗藥基因的篩選技術以回應大眾的意見及疑慮。

有關前述的基改作物多是為了生產上考量，而 ISAAA 也選出馬鈴薯作為 2015 年後值得密切注意的物種。在我們的食物中，澱粉占相當大比例，是主要的能量來源。但是，澱粉經過高溫燒烤或油炸後，所含還原糖會與一種氨基酸——天門冬醯胺（asparagine）作用而產生丙烯醯胺（acrylamide），過量食用可能致癌及傷害神經。因此，如何降低澱粉類食品中天門冬醯胺的含量，是食品安全上很重要的議題。馬鈴薯是全球第四大糧食作物，美國愛達荷州 Simplot 公司利用基因靜默法原理所開發的第一代基改馬鈴薯，使薯球中的天門冬醯胺含量減少 95%，做成的薯條、薯片所含的丙烯醯胺降為原來的 5%，同時也使切開的馬鈴薯不易變褐色。這個新品種馬鈴薯命名為「天生馬鈴薯」（Innate™ potato），由於基因靜默是植物固有的病菌防禦反應，且導入的基因來源是其他不同品種的馬鈴薯，有別於過往採用其他物種的外來基因或改造後的基因，因此，本質上

與原本品種更為相似，卻能大幅提升產品安全性，由於開發公司也是國際速食業馬鈴薯原料供應商，未來發展動向值得繼續觀察。

表三、基改作物品系抗蟲基因使用次數統計表

基因項目	使用次數	基因項目	使用次數
cry1Ab	64	cry2Ae	5
cry1Fa2	44	ecry3.1Ab	4
cry1Ac	36	cry1A	2
cry34Ab1	35	cry1Ab-Ac	2
cry35Ab1	35	cry9C	1
mcry3A	29	pinII	1
cry2Ab2	28	dvsnf7	1
vip3Aa20	19	mocry1F	1
cry3Bb1	18	cry1C	1
cry1A.105	18	CpTI	1
vip3A(a)	7	API	1

表四、基改作物品系抗生素抗藥基因使用次數統計表

基因項目	使用次數	抗藥性標的
nptII	114	Kanamycin
aad	23	spectinomycin / streptomycin
bla	15	hygromycin
aph4 (hpt)	9	higromycin
spc	1	spectinomycin

表五、抗生素抗藥性基因於玉米、棉花、大豆使用概況

基因項目	玉米	棉花	大豆	總計
nptII	16	27	0	43
aad	0	15	0	15
bla	12	0	2	14
aph4 (hpt)	0	6	0	6

四、結語

基因改造作物發展已超過 20 年，負面評論也未曾間斷，例如基改作物會對人體產生不良影響和種植基改作物會破壞環境等。但目前為止沒有確切的證據去支持食用基改作物會對人體造成某種程度的傷害，大部分資訊都是基於相對不完整的試驗結果或可能性的”假說”。亞洲是基改作物栽培相對較少區域，但隨著環境開發與氣候變遷，亞洲許多開發中國家所受氣候衝擊較歐美等地更加嚴峻，2015 年越南和印尼首次核准基改作物種植，包括基因改造玉米和抗旱基因改造甘蔗，使得亞洲地區准許基改作物商業使用國家來到 9 個。近期美國研究報告指出：基改玉米品系單就產量而言，並未表現較傳統品種優異，但其他評估顯示自基改作物上市，農戶透過選用基改作物品系已減少 37% 殺蟲劑使用、增加 22% 產量及 68% 銷售收益，且開發中國家農戶受益較已開發國家更多。

農業技術開發的目的是為了改善農業生產瓶頸，例如耕具發明、化學肥料使用、動力機具設計、基因改造作物以及分子育種技術等，也實際獲得可觀成果改變現代農業面貌，近年來，全球開放種植基改作物的國家以及基改品系日益增多，對環境

生物多樣性、非目標昆蟲、產生具抗藥性的超級雜草等有一定的影響存在，科學家也透過數據累積評估影響規模與追蹤，或提出較兼顧生態安全適合基改作物栽培的耕作方式。

雖然基改作物本身沒有哪裡不好，也解決了一些糧食缺乏或改善農民收益，由於過度的人為活動產生大量的二氧化碳而造成地球暖化，致使氣候異常的嚴苛生產環境，具有優異適應性的基改作物仍是合理對策之一，而維護良好的生態環境取決於生產者及消費者的選擇，所以解決問題的根本，仍然是我們自己。

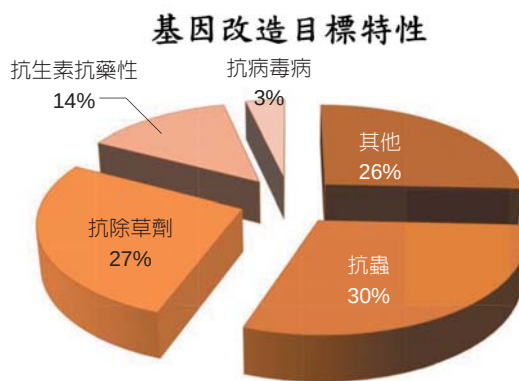


圖 1、基改作物透過外來基因導入所新增特性之分布圖，其中抗蟲及抗除草劑特性佔基改作物的 57%，其餘為抗生素抗藥性、抗植物病毒以及其他。