

台灣無基改推動聯盟



我們支持
非基改



GMO面面觀

基改解讀

基因改造、基因轉殖、基因編輯



目錄

1.基因改造食物是甚麼.....	2
2.基因改造作物有哪些.....	3
3.基改作物的美麗謊言.....	6
4.基改作物的農村風險.....	9
5.基改作物的農業風險.....	11
6.基改作物的健康風險.....	14
7.我國的基改作物食品.....	19
8.兩代基改作物的製法.....	22
9.基因編輯須法律規範.....	26

發行：台灣無基改推動聯盟 · GMO 面面觀
編輯：郭華仁 (台灣大學農藝學系名譽教授)
whjkuo@ntu.edu.tw
2021-09-22 首刊

1. 基因改造食物是甚麼？

基因改造生物的英文是 Genetically Modified Organisms，簡寫成 GMO，包括微生物與動植物。

各類生物凡是經過基因轉殖、基因編輯等遺傳工程的技術，改變其基因組成、基因表現，都可稱為基因改造生物。但各國法規對於基因改造生物的名稱或定義會略有不同。

基因改造食物指的是來自基因改造生物，如基改大豆、基改鮭魚、基改豬等的食材，其中以來自**基改農作物**的最多。

加工食品中的次要成分或添加劑，也可能是來自基改生物，如高果糖糖漿、玉米澱粉可能來自基改玉米；卵磷質、乳化劑可能來自基改大豆。

基改微生物也可以用來幫助製造加工食品，例如調味香料，可以取代釀啤酒用的啤酒花，凝乳酶可以用來製造乳酪。基改微生物甚至於能夠用來製造藥物如胰島素等。

食品中的次要成分或添加劑通常百分比低，基改微生物都在密閉環境下作業，因此健康的疑慮常較低，這方面的研究也很少。

基因改造作物的種植與利用，在健康、環境、農村社會上都造成衝擊，本手冊會對這方面加以說明。



2. 基因改造作物有哪些？

第一代基因改造作物是透過**基因轉殖**的遺傳工程技術做出來的，可稱為**基轉基改**作物。

第二代基因改造作物是透過**基因轉殖**以及**基因編輯**的遺傳工程技術做出來的，可簡稱為**基編基改**作物。

有哪些基改作物？

第一代**基轉基改**作物從 1990 年代開始興起，至今雖然在全球已達到 1.9 億公頃的種植面積，約佔全球耕地的一成多，但都集中在少數作物。

大豆、玉米、棉花、油菜籽等四類第一代基因改造作物在 2019 年就佔總面積的 99.1%，其他約 20 種基改作物僅佔 0.9%。

(<http://gmo.agron.ntu.edu.tw/product/productWorld.htm>)

其他基改作物如美國本土所種的製糖用甜菜與夏威夷的木瓜有較多的種植，其他少量的有蘋果、馬鈴薯、歐洲李、苦苣、櫛瓜等。

中國的木瓜種的大多是基改品系，番茄、甜椒也有少量種植，但是偷種的基改水稻面積也蠻大的。此外孟加拉也開始在種基改茄子。

網路流傳不少的基改作物，其中不少是假訊息。

第二代**基編基改**作物從 2016 年代開始販售，目前只有可忍受除草劑的油菜，以及高油酸的大豆。日本高 GABA 番茄也即將上市，不過不少產品已經準備推出。

基改作物的特性是甚麼？

在 2019 年，大多數基改作物的特性，不是可忍受除草劑 (42.8%)，就是可以殺蟲(12.5%)，要不然就兩者兼具 (44.7%)。

種可忍受除草劑的基改作物，農民可以用直升機多噴農藥殺草，基改作物不會受傷。殺蟲基改作物全身隨時含有多量的殺蟲毒蛋白，某些害蟲吃到作物就會死掉。

其他特性的品項種得相當有限，包括耐旱、高產、提高營養價值等；此等特性說起來好聽，其實農民的接受度不高，原因會有說明。

那些國家/地區在種基改作物？

種植國家僅 29 國，前六大國，美國、巴西、阿根廷、加拿大、印度就佔了 90.8%；反之，超過 160 個國家都沒在種植，政府明令禁種的國家則有 30 個。

我國目前只允許基改玉米、大豆、油菜籽、棉花的進口、並沒有核准任何基改作物的種植。網路、媒體流傳市面上的小番茄、彩色玉米等為基改，都是謠言。

全球基改作物栽培面積，約 88%在美洲，亞澳地區約 10%，而中東與非、歐洲僅約 1%多。顯然都集中在大農制地區。

南美洲本來以小農為主，但在跨國大農企業進侵，政府的放手下，小農、原住民被迫釋出土地，因此也是大面積種基改大豆、玉米。

誰在賣基改作物種子？

雖然基改作物面積佔全球耕地約一成，但種子的錢都給幾家大農藥/種子跨國公司賺走了，基改作物總面積的 98%種的都是這些公司所掌握的基改種子。

最大的製造販賣者是拜耳，併購孟山都之後約掌握了 130 項基改品種，其次是先正達的 96 項，再來是科迪華的 74 項、巴斯夫的 63 項。(數據會變動；科迪華的前身是杜邦加上道禮)



3. 基改作物的美麗謊言

殺蟲與耐除草劑的基因改造作物可以種到全球耕地的一成多，有幾個原因。首先這兩種特性對農家有吸引力，殺蟲基改作物號稱可以免用殺蟲農藥，當然農民會喜歡。

大農場用直升機或大農機來噴除草劑，一般只能播種之前噴一次，作物長出來以後就不敢再噴，因為會連作物也殺死，所以大田農家會歡迎耐除草劑基改作物。(可惜會有後遺症)

其次，基改/農藥大公司併購許多小種子公司，這些小公司只能賣基改品種，因此農民少有其他選擇。

農家種田，最怕賣不掉，因此這些大公司一開始就做了很多宣傳，透過他們的公關公司，以及外圍的非政府組織來放聲，因此主流媒體很容易加以報導，讓這些宣傳話術深入消費者的腦海，以為基改作物是好的、必需的。

這裡只列舉三則他們的宣傳話術：

(1)基改作物增產，可解決世界糧荒問題？

正解：基改作物的特性中，幾乎沒有提高產量的，怎會有增產的能力？有一個號稱可以增產的玉米，美國農部的試驗指出效果不彰。歐盟沒在種基改玉米的國家，其一般玉米的產量與美國基改玉米同樣地高。

為什麼基改大豆、玉米的產量都相當高？理由很簡單，基改品種都是拿高產的一般品種， 用來轉殖殺蟲毒蛋白的基

因、可忍受除草劑的基因，因此其產量高不是基改的關係，是傳統育種的貢獻。

(2)基改作物減少用農藥，有益環境？

正解：基改作物中高達 87%都可以忍受除草劑，這類農藥多用幾次把雜草殺光光，作物卻不會死，農家只會多用，怎會少用？

殺蟲基改作物一開始是會減少殺蟲農藥的用量，以美國為例，在 1996～2011 年間殺蟲劑只少用了 5,600 萬公斤，但除草劑卻多用 2 億 3,900 萬公斤。除草劑對環境的殺傷力也是很大的。

在美國，基改公司為了提高賣農藥的業績，從 2003 年開始，就把新類尼古丁殺蟲劑裹在基改大豆、玉米、棉花種子，提高售價賣給農民，這可能是造成美國近年來蜂群大量消失的原因之一。

在印度，農民種基改棉花，但沒幾年害蟲產生抗性，還是得噴農藥。在中國，農民種基改棉花，控制了頭號害蟲，但因為沒噴殺蟲劑，因此二號害蟲反而變成頭號害蟲，逸散到棉花田以外的農區，造成更多殺蟲農藥的使用。

(3)科學研究都認為基改食品對人體無害？

正解：基改作物送政府審查時，都附有研發公司提交的健康風險研究報告，為了讓審核順利通過，那些報告的結果當然是無害健康的。

其實越來越多獨立的、非廠商資助的研究論文都指出基改食物有健康的疑慮，因此全球三百多位專家學者在 2015 年聯署發表在學術刊物，指出：基改食物是否安全，仍無科學上的共識。

通過政府審核的基改食物，或許沒有短期上的毒性，但長期食用的風險仍不可排除。



4. 基改作物的農村風險

基改/農藥公司用高產、省工、少藥為口號，在美洲大肆販賣基改種子，不過不是所有農家都很高興。

在**北美洲**，不少農民因為種子而遭受大公司的告官求償，這 主要發生在基改油菜與大豆。

傳統農家在油菜與大豆的採收期，也會順便留種，供下一季播種。不過基改種子受到專利權的保護，每次種植都得繳種子權利金給孟山都等公司。

不少豆農第一次買基改大豆種子播種以後，就依循過去的慣例，自行留種，沒再繳權利金。孟山都一方面派員工到農田取樣，回去檢驗是否是他們的基改種子，另一方面也廣設免費電話，鼓勵農家檢舉自行留種而涉嫌侵害公司專利權的鄰居。

孟山都在 2012 年發現 400 多農家可能侵犯專利權，農家挨告受罰的金額平均約 10 萬美元，孟山都獲賠總額為 2,367 萬美元，私下和解金約 1.2 億美元。

加拿大農民 Percy Schmeiser 種油菜都是自留傳統種子，並沒有向孟山都購買基改品種。不過可能是公路上貨車載著別家採收的基改油菜籽不慎掉到他田間，因此幾年以後，他所留的種子遭受基改汙染，被孟山都發現而告官。

歷經三年纏訟，最高法院判 Schmeiser 侵權，禁止他種基改油菜，但不須賠錢給孟山都。

在**南美洲**，農家更慘。出身阿根廷的方濟各教宗在 2015 年頒發的通諭中，就指出南美洲許多地區在引入基改作物後，讓農業生產集中於少數人之手，多數的小農逐漸消失，他們失去耕地，無法繼續務農，被迫搬入都市簡陋居所，當臨時工辛苦過活。

教宗沒提到的是，大面積種基改作物，農藥用得多，導致農村、原住民罹病、生下許多畸形兒。紀錄片《殺戮農場》就是在記錄這些慘狀。

(<http://gmo.agron.ntu.edu.tw/killingfield.htm>)

在**亞洲**，印度農家又是另一個苦難。

印度棉農相信孟山都在當地開的公司，借錢買昂貴的基改棉種子，把全部的田都種滿，冀望賺更多錢。平時還好，在氣候異常的年度，因為失收無法還貸款，農地被拿走，家計無著，因而自殺農人相當多。《苦澀的種子》紀錄片有悲慘的描述。



5. 基改作物的農業風險

基因改造作物種植二十多年來，最大的問題在於超級雜草、超級害蟲的出現。

超級雜草：耐除草劑的基改作物中，以可忍受嘉磷塞除草劑的佔多數，因此在美國該類除草劑的用量大增，若干雜草就演化出嘉磷塞殺不死的變異，就好像抗生素可殺死病菌，可是用多了，就會產生抗生素殺不死的超級病菌一樣。

美國農民種基改種子，就是希望噴除草劑把雜草殺光，而作物不受影響。現在超級雜草出現，基改種子形同失效，農民會不再買高價的基改種子嗎？

基改公司沒在怕，推出可以忍受兩種除草劑的基改作物，教農民多買一種除草劑來噴，就能夠殺死超級雜草。

將來若演化出抗兩種除草劑的超級雜草呢？沒問題，基改公司還是可以做出可以忍受三種除草劑的基改作物，只要農民願意噴三種除草劑。

問題是好用的除草劑就是那麼幾種，孟山都推出的是可以忍受嘉磷塞與汰克草(dicamba)兩種除草劑的基改種子，就是汰克草出大紕漏。

汰克草較容易揮發而漂浮於空中，種基改的大戶農家用直升機或大農機噴汰克草，很容易傷害到鄰田非基改農作物，就有桃樹農損失約 150 萬美元，因而告官，後來約十個州的農民紛紛出來打官司，法官也判定環保署需要撤銷汰克草的核准令。

超級害蟲：

同一種抗蟲基改作物把主要害蟲控制住了，田間次要的害蟲就成為主要的害蟲，這個害蟲可能不怕殺蟲毒蛋白，因此新的蟲害就成為問題。基改公司為了讓農民繼續買他的種子，因此推出雙抗基改種子，作物體內含有兩種不一樣的殺蟲毒蛋白，這樣兩種害蟲都可以控制下來。

化學農藥隔一段時間才噴一次，抗蟲基改作物全身上上下下每個細胞，每天 24 小時隨時存在殺蟲毒蛋白，因此種了沒幾年，害蟲就可能出現突變，毒蛋白再也殺不死，成了超級害蟲。

超級害蟲出現，種基改種子就無法再抵抗特定的害蟲，農民要不就另再噴農藥，要不就不再買基改種子。

基改公司沒再怕，轉殖一個殺蟲基因失效，那就加重劑量，轉殖兩個基因，產生濃度更高的毒蛋白，突變害蟲暫時就控制住了。

基改公司會把兩種以上，不同的基改品種混合成一個「混合品種」，最有名的就是稱做 SmartStax 的耐除草劑抗蟲玉米，這個基改玉米轉殖了來自細菌的九個基因，三個耐除草劑基因中用一個對付嘉磷塞，用兩個來殺死固殺草除草劑。六個殺蟲毒蛋白，其中三個分別對付玉米螟、鱗翅目害蟲、秋行軍蟲，另外的三個毒蛋白就用來對付頑強有突變的切根蟲。

吃下這種玉米，也就吞下了九種細菌的蛋白質，其中還有四種殺蟲毒蛋白。



6. 基改作物的健康風險

杜邦的種子公司研發基改大豆，希望增加豆子的甲硫胺酸含量，來提高大豆營養價值。不過 1996 年的研究中，卻發現該基改大豆會讓自願試驗者產生過敏反應，但一般大豆卻不會。公司當然不拿這個基改大豆去申請上市。

約在 2005 年，澳洲研發抗蟲的基改豌豆，方法是把蠶豆澱粉酶抑制素的基因轉殖到豌豆。然而老鼠吸了基改豌豆所備製的懸浮微粒後，就得了肺炎，但是蠶豆的備製品卻不會。

就實際情況來說，由於上市的基改食品都有經過審核，因此沒有聽說過有發生過吃了馬上生病的案例，不過，政府的審查並沒有保證長期食用的安全性。

越來越多獨立研究發現審查過的基改食品，可能具有某些程度的健康風險。全球三百多位專家學者就指出：[基改食物是否安全，仍無科學上的共識](#)。

官方審查的局限

各國官方對基改食物的審查，都要求申請者送件，包括基因改造的過程與內容，針對其食品與環境安全，也都是由申請者自行提供風險評估報告，讓政府的委員會加以審查。

各種評估報告中有一項是針對外源基因所產的蛋白質，試驗是否具有導致過敏的風險。

以殺蟲基改作物為例，通常是把某細菌的殺蟲毒蛋白基因轉殖到作物，在作物身上表現該細菌基因，產生毒蛋白。

基改公司的評估方式是培養細菌，然後把細菌內所產生的毒蛋白抽出純化，接著混在飼料中餵養白鼠，期間數週，但通常不超過三個月。餵養試驗結束後檢查白鼠的健康狀況。

這標準作法至少有兩個缺點，第一，餵養試驗期間短，無法得知長期吃下去後是否有導致慢性病的風險。第二，同樣的基因，在細菌中所產生的蛋白質，與在農作物身上所產生的蛋白質，不會完全相同，在植物體中，通常會在蛋白質連接一些小分子。因此用來自細菌的毒蛋白來做試驗，不能代表農作物。

再者，轉殖一個基因，就檢驗該基因所產生的蛋白質，這是基於老的觀念，就是一個基因產生一個蛋白質，然而學術界幾十年前就推翻這個觀念，認為一個基因可能產生好幾個蛋白質，但這方面各國政府都沒要求查驗。

有些農作物在遠古時候，尚未馴化，還是野草階段，可能存在某個產生毒素的基因；經過農夫千百年的栽培選種，成為農作物後，該基因可能已經被關掉。

但是植物經過遺傳工程的轉殖，也可能把該已沒有作用的基因給重新打開，而產生了毒素。

這些可能出現的蛋白質、毒素，官方並沒有要求申請者進行檢驗，因此到底有沒有健康風險，也就不得而知。

基改作物的嘉磷塞風險

種植耐除草劑基改作物，除草劑必然會多噴幾遍，其後果就是收穫物的除草劑殘留量會提升；其中顯著的就是嘉磷塞。

美國環保署應孟山都的要求，已經提高許多農作物嘉磷塞的法定殘留容許量，2013 年再度把大豆的 20 ppm 提高到 40 ppm。我國大豆的容許量定在 10 ppm，但國人吃的毛豆(未成熟大豆)量遠低於大豆，容許量卻訂為 0.2 ppm。

德國民團在 2013 年赴阿根廷調查基改大豆的嘉磷塞殘留量，發現多個樣品超過 30 ppm，更有一件高達 90 ppm。

那麼，嘉磷塞有沒有健康風險？

世界衛生組織的國際癌症研究署在 2015 年認定嘉磷塞會讓動物致癌，也很可能讓人類得癌。不過歐盟與美國主管機關卻堅持嘉磷塞「很不可能」讓人類得癌。

這樣的差距來自所根據的研究報告。

世衛機構所審查過的 191 篇報告全都來自經審查的公開論文，美國環保署審查的 151 篇中有 95 篇是業者未公開報告，其中只有 1 篇認為嘉磷塞有風險。反之，211 篇公開論文中 156 篇認為嘉磷塞有風險，主要是具基因毒性，而基因毒性是導致癌症的可能原因之一。看起來，美國環保署的認定有所偏差。

阿根廷流行病學研究發現，廣種基改作物的地區，其罹癌率偏高，最高的是全國平均值的兩倍。

美國長期施用嘉磷塞者頻傳罹患非何杰金氏淋巴瘤，紛紛告上法院，已有三組原告勝訴，孟山都需要巨額賠款。已購併孟山都的拜耳公司目前面臨數以萬計類似的官司，深覺頭痛。

基因轉殖新產品的風險

在 2014/15 年代，美國核准蘋果與馬鈴薯的基轉基改品種，採用的技術與過去的不一樣，稱為 RNA 干擾術。所轉殖的基因會產生特殊的雙股 RNA，該雙股 RNA 會干擾蘋果、馬鈴薯特定酵素的形成，而產生新的特性。

該基改蘋果在市場稱為「Arctic 蘋果」，果肉中缺乏酚氧化酶，切片後果肉比較不會褐化。

該基改馬鈴薯的商品名是「Innate 馬鈴薯」，製造天冬醯胺酸的酵素不會出現，因此薯條中不含天冬醯胺酸，據說馬鈴薯烤焦了之後，不會出現丙烯醯胺。丙烯醯胺常見於烘培類食品，包括洋芋片、黑糖、杏仁果、油條、薯條、咖啡、餅乾等，會不會致癌到現在還沒有定論。

這類基改食物的特點就是會含有外來的雙股 RNA，不過因為不是蛋白質，因此美國官方也沒有要求針對雙股 RNA 或其可能的副作用進行健康風險評估試驗。

替 Simplot 公司研發 Innate 馬鈴薯的研究人員，Caius Rommens 博士後來退出該公司，並出版《潘朵拉的馬鈴

薯：最糟糕的基改作物》一書，指出 Innate 馬鈴薯含有一些化學物質，可能有害人體健康。

澳洲在 2010 年代就用 RNA 干擾術做出低升糖指數的基改小麥，然而學者就指出，此基改小麥可能引發致命的肝臟疾病。該基改小麥被抑制的酵素，與人類製造肝醣的酵素類似。因此若該基改小麥的特殊 RNA 傳到人體，可能導致肝醣製造功能受損，兒童更是危險。

基因編輯產品的風險

(另見 9.)



7. 我國的基改作物食品

我國迄今仍未核准基改作物的種植，目前市面上可以買到的基改食品全部都是進口的。

我國研發過的基改作物

美國 1996 年開始量產基改大豆與玉米，當時我國也有學者研發出抗輪點病基改木瓜。

其後陸續有水稻、馬鈴薯、青花菜、香蕉、鳳梨、矮牽牛、菊花、蝴蝶蘭、文心蘭等作物，以及豬、羊、與若干水產進行基因改造研發。

以上的研發只有三種進入田間試驗，其中的基改水稻未通過，基改木瓜申請者自行撤銷，基改文心蘭雖然在 2015 年通過環境影響，但是農委會在整體考量下仍然不允許上市。

農委會在 2003 年核准基改木瓜進行田間試驗，但馬上被民間團體爆料，基改木瓜已流落民間種植。《植物品種及種苗法》在 2004 年通過，就規定未經政府許可，不得私下販售基改種苗供生產。

此外也改善木瓜種苗供應系統，並加強抽驗，現今國內已不見基改木瓜的上市。

在美國，基改作物的研發都是大公司進行，公司擁有多項基改專利，人力財力都很充沛，因此基改品項一件件出現。

反觀我國，都是大學、學術機構申請國家科學研究計畫在進行，並沒有上市的壓力，而受限於試驗田與田間人力不足，田間試驗的部分比較困難進行，因此難以跟跨國公司相比。

我國基改食品的管理

立法院於 2014 年修法通過《食品安全衛生管理法》，確定基改食品健康風險管理的追蹤追溯制度，即進口上市前要經審核，基改產品在上、下游業者間的傳遞都要註明號列，以及上市 要標示等。

我國基改標示的規範有幾個特點：

- 1.採用基改產品的食品就需要標示含基改成分，包裝或者散裝的都要；
- 2.未採用基改產品的食品，若含有意料外的基改成份，不得超過 3%(同韓國，高於日本的 5%，低於歐盟的 0.9%)；
- 3.高層次加工如黃豆油、醬油、砂糖，若其原料為基改，仍然需要標示基改，但可以註明已不含基改成份。

我國基改食品的狀況

從 1996 年美國逐漸開始生產基改大豆、玉米與油菜籽，我國就也逐漸進口基改產品，其中消費者吃最多的是大豆。

我國大豆進口量每年約 250 萬噸，主要作為飼料與大豆油原料，其中僅約 20 萬噸作為加工食品原料，如豆漿、豆腐、豆花、豆干、豆粉、素食加工品(植物肉)等。

基改大豆進口主要是散裝在船艙，或者甲板上面的貨櫃，供作飼料用的大宗原料，號稱「[統豆](#)」。業者由統豆選出外表狀況佳者，稱為「[選豆](#)」，作為食品原料。

進口基改統豆都在密閉的船艙，或者曝曬陽光下的貨櫃，經過 35-40 天的船期才上岸，儲藏條件很差，可能滋長黴菌或害蟲而需要薰蒸。

最早提供非基改豆腐的，就是主婦聯盟消費者合作社的前身，綠主張公司。該產品是由進口小包裝，「食品級」非基改大豆做成的。

在 2008 年以前，進口非基改大豆作為食品原料的每年約只有 2 萬公噸，佔整個人吃的大豆製品僅 10% 左右。

在 2020 年，非基改大豆進口量已成長約到 9 萬公噸，達 45%。也就是說，國人吃下肚的大豆製品，仍有 55% 是基改的。一般而言，非基改豆漿、豆腐較常見非基改產品，而豆干則較少見。

這一年進口的非基改玉米約 2.9 萬公噸，其中做為飼料用的佔很少數。



8. 兩代基改作物的製法

第一代基改作物是用「基因轉殖」技術做出來的，可簡稱為**基轉基改**。

第二代基改作物是先用「基因轉殖」，接下來才用「基因編輯」技術做出來的，可簡稱為**基編基改**，不過一般都只稱為基因編輯，把基因轉殖略而不提。

兩代基改作物的製法，都分成傳統科技與遺傳工程科技兩方面。

組織培養：在傳統科技上主要是組織培養。

組織培養是把農作物特定的部位拿來，在無菌室下用營養液來培養，先養出一團細胞，然後再把細胞外表的細胞壁拿掉，成為原生質體；外來基因比較容易進入沒有細胞壁保護的原生質體。

基因轉殖程序做完後，就要進行反向的組織培養，由轉殖過的原生質體恢復成為有細胞壁的細胞，然後再長出根莖葉，就成了轉殖植株。

剛培養出的轉殖植株還得進行許多傳統的田間工作，例如連續種植幾代，確定基因改造的結果可以穩定表現出來，成為新的品種。有時也要透過各種傳統育種程序，才算正式完工。

基因轉殖：透過遺傳工程進行基因轉殖工作。

首先要將想轉殖到農作物的數個基因組合起來，這個組合稱為構築體。

然後透過各種技術把構築體鑲進去細胞核內的 DNA 上。

DNA 是由數以百萬計的去氧核糖核酸連接而成的長鏈，由四種核鹼基連接而成。植物細胞內的 DNA 可能含有 2-4 萬個基因，每個基因可能含數千個去氧核糖核酸。

第一代的基轉基改，其構築體主要的組成是**目的基因**，就是想要在基改植株上表現出某特性的基因，例如可產生殺蟲毒蛋白的基因、可產生忍受某除草劑的酵素的基因、可產生雙股 RNA 的基因等。

另外一個重要的基因是**篩選基因**，即抗抗生素基因，來自抗生素殺不死的突變細菌，放在構築體內，可用來篩選出轉殖成功的原生質體。

做完構築體後，有幾種方法可以把構築體鑲入 DNA，最普遍的如**基因槍**，構築體就像子彈。基因槍有如散彈槍，一次可以打出許多微小的子彈。

被構築體打入的原生質體雖然不少，但是剛好鑲入 DNA 的機率不高，因此基因槍打完後，需要淘汰掉沒鑲好，或者構築體根本沒鑲入 DNA 的原生質體。由於構築體含有抗抗生素基因，因此轉殖成功的原生質體就不怕抗生素。

反向組織培養的第一步就是把基因槍打過的原生質體放在含抗生素的培養基中，把沒轉殖成功的原生質體淘汰掉，

活下來的就是轉殖成的原生質體，其還原出來的植株就是基改作物。

基因編輯：透過遺傳工程進行基因轉殖與基因編輯工作。

第一代基改只要基因轉殖程序結束，經過反向組織培養，就可以做出基改作物。基轉基改作物全身細胞都帶有構築體，都可以產生外來的蛋白質，或者雙股 RNA。

第二代基編基改有些不同，主要的差異在於其構築體會產生「編輯工具」。以下用最普遍的基因編輯技術 CRISPR-Case 來說明。

基因轉殖階段構築底鑲入 DNA 的細胞，構築體的基因，除了篩選基因，目的基因會產生具有剪斷 DNA 能力的內切酵素，以及會找 DNA 上面特定基因的引導 RNA。

引導 RNA 會與內切酵素結合，然後引導內切酵素到目標基因，把該基因切斷。

基因切斷後，細胞就會自行把斷掉的 DNA 再黏接起來。修復的結果通常有三種，分別是 SDN1、SDN2、與 SDN3。

SDN1 可能是某基因一個或數個核鹼基的增減，SDN2 可能是一個或數個核鹼基的改變，這樣的增減或改變，會使得該基因無法做出某蛋白質，讓農作物無法呈現某特性。SDN3 則會增加基因片段，讓該基因產生新的蛋白質。

基因編輯結束後，構築體已經沒有作用，但仍舊保留在 DNA 上面，因此在進行反向組織培養，做出基改植株後，植株仍帶有構築體。

此後可以透傳統雜交育種中的回交育種，選出編輯成功，但沒帶有構築體的個體，這就是基編基改作物。

.....

圖文介紹：(1) <https://www.huf.org.tw/essay/content/4991>

(2) <https://www.huf.org.tw/essay/content/4992>

影片動畫介紹：<https://youtu.be/HcNnS6Ts-Xg>



9. 基因編輯須法律規範

許多國家都透過法律來管理基因改造生物，在農作物方面，需要政府審查其環境風險，才允許生產，生產加工出來的食品，需要審查其健康風險才准許上市，上市時也常需要加以標示。

相較於歐盟採用八套專法，詳細規範攸關基改生物各類活動，我國在植物品種及種苗法中訂有條文管理基改植物的種苗，在食品安全衛生管理法中，則納入基改食品的規範。

要之，在我國基改植物種苗需要中央審查通過，才得輸出入、販賣銷售。基因改造食品則規定要執行追蹤追溯制度，需通過健康風險評估審查，才能進口、加工上市，上市後也需要標示。

第一代基轉基改產品目前在我國依法管理下，可說已經上軌道，在賣場上消費者可以依意願決定購買與否。

基編基改產品也需要依法管理

不過約從 2016 年開始，國內開始有若干聲音，提議「基因編輯產品不應視為基因改造產品來規範」，透過研討會、座談會、演講會、以及媒體業配文等，企圖影響政府的政策。

他們的說法是，基因編輯產品如 SDN1(或 SDN2)，只有一兩個核鹼基的改變，自然界的變異也可能發生類似的改變，

不含有外來的、新的蛋白質，因此並沒有健康風險，當然不用管理。

此外，由於 SDN1 產品與自然變異者沒兩樣，因此在市面上無法分辨，技術上難以檢驗出是否為基因編輯產品。

這些講法都似是而非。

基因編輯產品經過複雜的遺傳工程步驟，自然變異根本不可能發生。

前階段基因轉殖過程中，轉進去的構築體雖然號稱在研發後面階段拿掉，但不保證拿得乾淨。基因編輯會導致各類意料外變異，這已有相當多的論文加以確認。

這些都需要經過風險評估，才能夠判斷是否具風險，政府不應該放棄管理，直接讓研發者自行上市。

現行階層方式管理有漏洞

我國對基因編輯產品的管理還在討論中，不過日本等國已經通過階層審核的方式，第一階層若沒有外源基因，目標基因只有一兩個核鹼基的小改變，那就不稱為基因改造，直接過關，消費者也無從知曉。

但是基因編輯的預料外改變相當多，就算 SDN1 也一樣。這些改變若沒經過徹底的評估就無法得知是否有安全疑慮，因此所提的階層設計是相當不宜的。

公開登錄也須配合上市標示

另一種建議是研發者應透過全國性網路註冊系統，登錄其基因編輯產品，讓消費者得以知曉。

然而光是這樣還不夠。公開登錄是一回事，但無法取代上市標示，消費者不可能購買前先上網查登錄資料庫的。

至於基因編輯產品無法在市場上檢驗得出來的說法，已經被推翻。只要研發者在申請時提出足夠的資訊，就算只改變一個核鹼基，還是可以查出來。

再者，依照我國基改產品追蹤追溯制度，例如黃豆油、醬油等基改產品，就算無法檢測，只要有標示，還是可以管理。

因此所有基因編輯產品應該視同基因改造，上市前須經周詳的審核其風險，通過上市後也須標示為基因改造，讓消費者有決定要不要買的權利。

