

日本基因轉殖作物

安全性試驗設施及實施規範之考察

◎農試所園藝組 張有明
所 長 林俊義
農場組 陳邦華

一、前言

為了解決人口增加、糧食短缺的問題，及輔助傳統育種在作物品種改良上的不足，藉由生物技術基因轉殖工程，開發出具有抗病、蟲害、抗殺草劑、耐逆境或延緩黃化、老化的新品種(系)。在作物品種改良上，應用轉基因作物(GMO)已是世界性的發展趨勢，自1994年首宗基因改造番茄“Flavr Savr™ tomato”獲准上市以來，全世界的轉基因作物已有數百種推廣上市，栽培面積已達五千萬公頃以上。由於基因改造作物，跨越了物種的障礙，引入許多外來基因，增強了作物的適應性，而其具抗殺草劑及強勢競爭力特性，是否會藉由花粉將其新基因傳給地方種或野生種，因而衍生出超級野草(supper weed)；抗病、蟲害特性是否會影響作物病害相、虫害相、微生物相或土壤微生物相等的改變，進而影響生態平衡或衝擊物種的多樣性；外來基因是否會使新品種產生新物質，影響人體的健康…等等。這些疑慮，均需要新的基因改造作物還沒推廣販賣之前，也就是在先期培育的過程就要予以隔離，依轉入基因的不同、作物的種類，

在不同的培育、繁殖階段，經由不同的隔離設施，進行一系列必要的成份分析、特性調查與檢定，及對整體生態環境影響的安全風險評估工作；瞭解是否會影響人類的健康、物種是否有基因飄流(gene flow)的現象及對具生物多樣性(biodiversity)的動、植物生態環境之影響。

我國近年各研究機關對作物的基因轉殖研究，亦積極快速的發展，已獲得木瓜、水稻、馬鈴薯、香蕉、苦瓜、芥菜和青花菜…等多種轉基因作物，因無標準的隔離溫室、網室及隔離試驗田，和一套完整的轉基因作物隔離試驗之生態環境影響安全評估規範，所以大多數的轉基因作物仍停留在實驗室的階段；目前國內僅有轉基因木瓜，在農業委員會支助所成立的轉基因隔離試驗田，完成隔離田間試驗。農委會農試所為配合所內及相關研究機構之需要，草創隔離試驗網室，提供轉基因作物進行較大量的繁殖及初步的性狀調查試驗；唯其場區規模、設施水準及運作管理方法，無資料可供參考，僅憑空想像摸索，致事倍功半，極需到國外實地考察觀摩研習，並收集相關資料；做為規劃建立

標準的隔離試驗溫室、網室及隔離試驗田，和一套完整的轉基因作物隔離試驗之生態環境影響安全評估規範的參考。

相較於歐美，日本在GMO作物的發展起步較慢，其發展基因轉殖作物始於90年代，惟不管在制定基因轉殖作物研究方針，生態環境影響安全評估及商業化轉基因食品的標示等，皆訂有相當完整的實施規範與細則，且與我國的國情相似，都是GMO糧食作物的進口國，實值得為我國學習的典範。因此，在國科會協助與經費支持下，經有關單位的安排，由農業生物技術國家型科技計畫總主持人蘇仲卿老師率領，組團於91年2月24日至3月2日共七天赴日考察研習。於2月24日前往日本，2月25日至位於日本東京的日本孟山都(Japan Monsanto；網址<http://www.monsanto.com>)總公司參訪及「日本政府刊行物中心」收集有關基因轉殖作物相關資料，2月26日參觀日本「筑波大學」教育展覽室，及「食品綜合研究所」(NFRI；National Food Research Institute；網址<http://www.nfri.affrc.go.jp>)由日野明寬博士介紹，聽取對轉基因食品的檢測、標示與評價方法之簡報。2月27日訪問「生物資源研究所」(NIAS；National Institute of Agrobiological Sciences；網址<http://www.nias.affrc.go.jp>)拜會理事長桂直樹，由田部井豐博士介紹，參觀其基因轉殖作物閉鎖式溫室(closed greenhouse)及半閉鎖式(semi-closed greenhouse)溫室設備，接著訪問農業環境技術研究所(NIAES；National Institute of Agro-Environmental Sciences；網址<http://www.niaes.affrc.go.jp>)，參觀其基因轉殖作物隔離圃場。2月28日

至水戶收集日本特有之梅種原共五種，並參觀水戶偕樂園梅林。3月1日參觀明治神宮人工植物園及東亞科學技術交流協會，進行資料收集及意見交流，於3月2日返台。此行主要目的，是在實地考察與研習日本轉基因作物生態環境影響安全評估之各階段設施，包括閉鎖式溫室、半閉鎖式溫室及田間隔離圃場，並訪問主管單位及轉基因作物研發應用之機關，搜集實地作業及實施規範，也參訪位於日本的美國私人企業，以業者的角度，比較美日之間對轉基因作物的看法和運作模式，以瞭解設施的設置及其作業的理論基礎與實際操作原則，作為我國築設基因轉殖作物隔離田間試驗場與建立生態環境影響安全評估調查規範之參考。

二、日本對轉基因作物的對策

日本對於轉基因作物的研究、開發至商品化，各階段及不同用途均制定了明確的規範與流程。主要由「文部科學省」(MEXT；Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology；網址<http://www.mext.go.jp>)針對轉基因作物的研究、開發，訂定「重組DNA實驗指針」和「擴展重組DNA的實驗條件規定」，在實驗室和閉鎖式溫室中先進行作物的基因轉殖，轉基因後代的篩選與基本性狀調查，選出理想轉殖作物，再移至半閉鎖式溫室進行成份、特殊性質、生化…等分析並與非轉殖植物進行比較。若要進一步行田間栽培試驗，則要經「農林水產省」(MAFF；Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries；網址<http://www.maff.go.jp>)的「植物小組委員會」、「轉基因體利用

專門委員會」審查及「農林水產技術會議」的裁決，才能進行隔離田間試驗的環境影響安全評估工作；並獲得該審議小組的通過，才可以開放進入一般試驗田栽培和商業化生產。若是牽涉到食品，則尚需要通過「厚生勞動省」(MHLW; Ministry of Health and Welfare; <http://www.mhlw.go.jp>)所公布的轉基因食用(含食品添加用)的安全評估標準如第232, 233, 234號…等(網址<http://www.mhlw.go.jp/english/topics/food/3-3.html>)。而飼料用也要通過「農林水產省」所頒佈的飼料用安全評估標準，才可以公開販賣。不論在國內或國外引進之所有的基因轉殖作物要在日本栽培生產，皆必需先進行隔離田間試驗，執行安全性評估：評估的重點有：對其他生物之影響、變成雜草之可能性、與近緣種雜交之可能，做為食品或飼料用，其營養成分之比較及導入蛋白質的安全…等項，通過安全性評估再經一般栽培田之種植比較後才能推廣商品化。

三、日本對基因轉殖作物的研究現況

日本利用基因轉殖技術，其主要目的在開發選育新品種作物，增加作物產量及營養成分，提昇耐除草劑及病蟲害的新品種，減少農藥的使用量，提高產品的附加價值，保護生態環境等；目前這些工作多還在隔離田階段進行研究，未在開放式的田間進行栽培試驗，離商業化還有一段距離。日本從事基因轉殖作物研究的單位有獨立行政法人機關、公立研究機關及民間機關，目前主要的基因轉殖作物研究對象為水稻，其研究方向為抗蟲性、抗除草劑育種、抗倒伏及提高產量及米質等方面，

其次是抗除草劑的玉米、大豆、油菜等新品種的選育，另外番茄、黃瓜、煙草、萵苣也有研究。

根據「農林水產省」農林水產技術會議事務局技術安全課資料顯示，截至2001年6月止，以栽培為目的之轉基因作物，計水稻、康乃馨、番茄、紅豆、大豆、玉米、甜瓜、油菜、黃瓜、矮牽牛、夏堇等11種，為加工用的有6種：水稻、大豆、玉米、油菜、木瓜、棉花等，其主要的基因轉殖作物研究重點集中在水稻、康乃馨及番茄，其中已完成隔離田環境安全評估的有166個品種，其中98個品種是由國外引進，已完成一般開放田環境安全評估只有61個品種，通過食品安全評估的有39個品種，通過飼料安全評估的有35個品種。而真正經該省核准通過，可作為商業化栽培生產(或供育種材料)、食用(含食品添加用)或飼料用的轉基因作物有29種，計有抗除草劑油菜13種、玉米3種、棉花2種、大豆1種、甜菜1種，抗蟲(鱗翅目)玉米3種、棉花1種，抗蟲(半翅目)馬鈴薯2種，抗除草劑兼抗蟲(鱗翅目)玉米1種、棉花1種，晚熟耐貯藏蕃茄1種等。而日本已商業化的轉基因作物為改變花色及延長貯架壽命的康乃馨新品種有29種。應用於食品保健方面的研究，主要在育成具有健康功能性的新品種，如育出含有預防貧血、高血壓、降低膽固醇、抗花粉過敏及糖尿病病人的抗體或蛋白質的水稻新品種，為今後主要研究重點。

目前有些日本消費者對基因轉殖作物及食品仍持謹慎、保守的態度，雖政府邀請了一些有影響力的人士如老師、高中生、社會人士參觀基因轉殖隔離田，仍無

法消除社會對基因轉殖食品的疑慮，今後仍有待政府、研究人員、農民的共同努力，加強對轉基因作物的生態環境影響評估及開發可被社會大眾接受的轉基因食品，用科學的驗證來去除消費者的疑惑，以贏得消費者的信任。

四、日本對基因轉殖作物隔離評估試驗的設施

日本對轉基因植物離開實驗室後的隔離試驗流程，依序要經過閉鎖式溫室(close-greenhouse)、半閉鎖式溫室及隔離試驗田等三階段的設施，在筑波地區分設於兩個研究所中，其中閉鎖式和半閉鎖式溫室設於生物資源研究所，而隔離試驗田則設在農業環境技術研究所。

位於生物資源研究所的閉鎖式和半閉鎖式溫室及兩層樓的實驗室，整棟總造價近新台幣三億元(圖一)。閉鎖式和半閉鎖

式為透明玻璃溫室，閉鎖式每間約八坪，室內空氣不直接與外界交換，配備獨立空調、空氣過濾(花粉)、灌溉、排放水及廢水收集、消毒過濾等系統；能讓轉殖作物在合適的環控和養份下栽培生長，可防止動、植物、小型昆蟲及其殘體自由進出，和栽培介質或排放水中的微生物及花粉的外洩，另設有停電時緊急打開的天窗(獨立電源)，防止轉殖作物因過熱悶死。其主要栽培保存的對象，是直接來自國內轉基因實驗室培育的轉殖作物；需經成份、毒理等試驗分析，證明不含特殊或有害的成份或分泌物，並進行作物基本特性調查，選拔除了多出所轉入基因的性狀表現外，其餘性狀與供應親本表現都相近的轉殖後裔，再移入半閉鎖式溫室。半閉鎖式格局同閉鎖式，唯空間加大一倍每間約16坪，亦具獨立排放水收集(過濾)系統，但可與外界直接空氣交換，有32目以上的細網隔



圖一、位於日本筑波地區的基因轉殖作物隔離用之(半)閉鎖式溫室。

離，可防止授粉昆蟲進出。其主要栽培保存的對象，是來自密閉式溫室培育的轉殖材料，或是由國外引入之基因轉殖植物，經「轉基因體利用專門委員會」等審議小組審定仍需在半密閉溫室，進行隔離觀察者。

日本全國各地區均有隔離田的設置共19個，以北海道之隔離田最大，而以1990年代設於筑波科學園區內之農業環境技術研究所的隔離田最早成立，所有的隔離田以此為典範進行規畫改進，經審議小組認可後方可進入隔離試驗田進行環境安全評估作業(圖二)。本隔離試驗田面積約1公頃，其內種有高大的樹林為屏障，四周圍以約兩公尺高之鐵網以防止閒雜人之進入，農路未鋪設柏油而是以小碎石代替，主要是防止進出人員(含參觀人員)將場內土壤、種子等帶出隔離場。內部設施有：農機材料庫一棟、有專用之農機負責田間作業，耕犁完成後須用水沖洗乾淨(廢水流

入廢水處理槽)後方可入庫；簡易實驗室一棟，進行一般性狀的調查，及負責基因轉殖作物採集樣本的處理，密封包裝後帶往精密實驗室分析；處理廢水之沉澱槽及貯留槽，均有濾網過濾花粉、殘株，讓花粉、殘株腐爛並經一個月觀察沒問題後再排放；旱田種植區4處，每處約3公畝，以農路及設施為區隔，必要時或開花期四周可搭簡易網隔離，用管線引水灌溉，作物收穫後及休耕期常種植綠肥以增加地力；兩座約5公畝之水田種植區，將試驗之水稻種植於水泥槽中，表土須常更換，多餘之灌溉水貯於水泥槽旁之貯水槽中循環利用不排放，於水稻開花收穫期架設隔離網，防鳥及昆蟲之侵害；另設置簡易溫室一棟，種植需設施保護之作物。栽培後所留下大量之殘株以埋入土壤讓其腐爛為主，另建有小型焚化爐一座負責燒燬轉基因作物殘株。



圖二、位於日本筑波地區的基因轉殖作物隔離試驗田。

五、日本對轉基因作物的安全性評估作業

日本很重視轉基因作物對生態環境影響、食用安全性等評估調查，其主要的調查項目如下：

- (一)作物的狀況：自然界的分布、栽培歷史、方式、生育特性、繁殖特性、變雜草之可能性、有毒物質的產生否。
- (二)載體的狀況：基因構成特性、由來、功能、序列。
- (三)受體的狀況：導入的方法、培育過程、導入穩定性。
- (四)環境安全評估試驗：調查基因轉殖與非基因轉殖作物的花粉之稔性、雜交性及花粉飛散程度，種子重、種子發芽率及種子休眠性，與近緣種的雜交性及植物體成份分析，土壤微生物相調查、試驗田間鳥和昆蟲相調查、病蟲害之調查。
- (五)食品安全評估試驗：基因轉殖作物過敏性、毒性分析及與非基因轉殖作物營養成份的分析比較。

六、結論與建議

- (一)根據瞭解，進行GMO安全性認證的最大理由，與國際貿易上的「檢疫」相雷同。因此，認證方法與設施必須是可以獲得國際貿易伙伴認同的標準，以日本的例子來說，閉鎖式溫室(類似人工氣候室— phytotron)的建設非常昂貴，並不是絕大部份研發單位負擔得起的。又以日本的隔離實驗田一公頃就可以同時進行五、六種作物的實驗的情形而言，在台灣是否有必要設立多所相同或類似的設施，應再評估考

慮。為加速上述評估中心的建立並確實能發揮功能，建議以「國家核心設施」(National Core Facility)的方式，引進日方已成熟之相關體系為範本，在國內合適地點，先規劃設置一套完整三階段的設施(包含閉鎖式溫室、半閉鎖式溫室及隔離試驗田區)，以滿足國內初步試驗的需求。

- (二)關於基因轉殖植物對生態環境影響之部份，建議上級設立「國家轉殖植物生態安全性評估中心」，使發展成生態安全性技術評估公信力機構，並取得國際(貿易夥伴)相互認證的地位，以有效管理國內產生及國外引進之GMO產品。
- (三)關於國民對GMO的不瞭解及疑慮，甚至有誤解的情況，建議相關單位(如教育部、衛生署、農委會…)配合聘請學界，藉由印發推廣小冊、座談會和說明會的講解，及成立相關網站等知識的傳播及疑惑的解答，以消除消費者錯誤的想像並增加認同感和接受度。

誌謝

本次研習及考察感謝國科會的經費補助，此行委請亞太科學技術協會(網址<http://www.apcst.org.tw>)與駐日東亞科學技術交流協會及台北駐日經濟文化代表處(網址<http://www.roc-taiwan.or.jp>)居中聯繫，後經日本生物工業協會(網址<http://www.jba.or.jp>)古寺及橫山兩位先生，細心安排行程並全程義務帶領，及領隊蘇仲卿老師的即時翻譯及詳盡解說，使全體團員皆倍感親切及收穫豐富，訪日期間受日方公私立單位熱忱接待及簡報，在此一併致上誠懇的謝意。