世界主要國家基因轉殖植物隔離試驗田管理概況

黃鵬林[1*]　張有明[2]　鐘敏禕[1]　杜宜殷[1]

[1]國立臺灣大學園藝學系

[2]行政院農業委員會農業試驗所園藝組

摘　要

全球栽培基因轉殖植物的面積急速擴增，前三大國家分別為美國、阿根廷及加拿大。針對基因轉殖植物之栽種，各國有不同的管理規範，以評估基因轉殖植物之生物安全及環境影響，本文綜述美國、歐盟、日本及中國之隔離試驗田管理概況，包括管理單位、申請程序、硬體設備如溫室、實驗室、隔離田等相關設施，作為國內相關管理單位及研究人員的參考。

前　言

近二十年來，基因轉殖植物的研發進展神速，應用基因工程技術，已開發出多種具有特定性狀的作物新品種，不但可以提高作物的育種效率，又可改善糧食品質與產量，對於解決未來人類糧食供應問題，將有重要影響。另一方面，由於基因工程技術，可以精確轉殖特定異源基因，育成抗病害、抗蟲害及耐逆境之優良品種，對於提高地力、避免農藥濫用、維護農耕環境而言，將有顯著的貢獻。

一、世界基因轉殖作物栽培現況

自 1994 年，全球第一個基因工程番茄在美國批准上市，開創了基因轉殖作物應用之商業化，正式開啟了基因轉殖作物的栽培史，依據國際農業生技應用促進協會（The International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications, ISAAA）的統計（James 2004），全世界從 1995 開始種植基因轉殖作物以來，栽培之面積急速的擴增，在 1997 年時有 1,100 萬公頃，逐年迅速的增加，到 2004 年已達 8,100 萬公頃，兩相比較在短短的 7 年間增加了 7.36 倍；其主要之栽種地區，則集中在美國、阿根廷、加拿大、巴西、中國大陸及巴拉圭等六國，這六大主要生產國其種植面積就佔全球總生產面積的 98 %以上，其中美國的栽培面積高達 4760 萬公頃為最多佔總面積的 58.8 %，其次是

* 通訊作者（電子信箱: pungling@ntu.edu.tw; 聯絡電話: 886-2-33664836；傳真：886-2-23627053）

阿根廷的栽培面積 1620 萬公頃佔 20 %，接著是加拿大的栽培面積 540 萬公頃佔 6.7 %，光是這 3 個生產大國所佔的比例就高達 85% 。所栽培的主要大宗基因轉殖作物為大豆、玉米、棉花和油菜等四大種類，其中以抗殺草劑的大豆栽培面積高達 4840 萬公頃為最多佔總生產面積的 60 %，其次是轉殖 Bt（*Bacillus thuringiensis*）抗蟲玉米栽培面積達 1120 萬公頃佔 14 %，加上栽培抗殺草劑的玉米有 5 %，及栽培抗蟲又抗殺草劑的玉米 4 %，轉殖玉米的總栽培面積亦高達全球的 23 %，接著是轉殖棉花，種植抗蟲棉花的有 6 %加抗殺草劑的 2 %及抗蟲又抗殺草劑的 4 %，而栽培抗殺草劑的油菜也有 5 %。總栽培面積從 2002 年到 2003 年增加 15%，而從 2003 年到 2004 年又增加了 20%，近幾年均以兩位數的成長逐年增加，在未來幾年之內，全球基因轉殖作物之栽培面積，仍會持續增加。全球基因轉殖作物的貿易額，在 1995 年約為 7 千 5 百萬美元，到了 2003 年已增加到 45 億美元，預計到了 2010 年，將有 250 億美元的產值。

二、基因轉殖作物對環境的可能影響及衝擊

基因轉殖作物發展成新興農業的同時，各國亦進行其對生態環境的安全性評估。基因轉殖作物是否成為新種雜草，或促進抗性植物及害蟲的演化，而其可能改變土壤成份，影響菌相，或對非目標生物（non-target organisms）產生毒害，因此減少生物多樣性（biodiversity），干擾生態系的平衡。另外，基因轉殖作物的花粉、種子的傳播，使得轉殖基因於生物族群中移動，交換彼此基因特性，即基因交流（gene flow）等，皆是需要探討的課題（Christian *et al* 1999；Ammann *et al* 2001；Kinderlerer 2001；Rieger *et al* 2002）。

Bt 基因是廣泛被使用的抗蟲性基因，其來源為蘇力菌，藉由表現 Cry 蛋白質，對鱗翅目昆蟲之幼蟲具有專一性的毒效，轉殖 Bt 作物不需農藥噴施即可抵抗害蟲，因此降低農民的栽培成本，並且提高作物的產量，但是轉殖 Bt 作物的花粉經由風力，可能飛散到其他植物上，而造成非害蟲的昆蟲誤食（Pleasants *et al* 2001）。1999 年，Losey 等人於 Nature 期刊發表一篇關於轉殖 Bt 作物可能引發的生態問題，引起各界對於轉殖作物是否安全的關注。其植物材料選用玉米田間常見的馬利筋（milkweed），而馬利筋是帝王蝶（*Danus plexippus*）幼蟲唯一的食物，以沾滿普通玉米花粉的馬利筋葉片餵食幼蟲，並不會引發死亡，改以沾滿轉殖 Bt 玉米花粉的馬利筋葉片進行餵食，44%的幼蟲於 4 天後死亡，但實驗室的研究結果是否能代表實際田間的情況是受到爭議的議題。

隨後美國農部（USDA）的研究人員觀察帝王蝶於轉殖 Bt 玉米田間的生活型態，發現大多數的幼蟲在玉米花穗散播花粉之前或之後發育，所以大多數

的幼蟲並未暴露於轉殖 Bt 玉米的花粉，並且轉殖 Bt 玉米田的花粉密度不足以損害帝王蝶幼蟲。另外，幼蟲生活於轉殖 Bt 玉米田中，比生活在時常噴施殺蟲劑的普通玉米田為佳，並且茂盛的轉殖 Bt 玉米田使幼蟲受捕食者的威脅變小，因此轉殖 Bt 玉米田裡的帝王蝶是較為安全的（Sears 2001；USDA 2002）。

綜觀上述帝王蝶爭議事件，可知基因轉殖作物對環境的可能影響相當廣泛而複雜，需要同時考量下列四項因子：（一）Bt 轉殖株之種植分布、花粉飄散情形（期間、範圍、及密度）、花粉內 Bt 基因表達情形；（二）馬利筋在玉米田之分布及數量；（三）帝王蝶之生育特性、分布、食性、及產卵偏好；（四）轉殖 Bt 玉米所產生的 Cry 蛋白質，對於帝王蝶幼蟲之致死劑量 （Sears *et al* 2001）。

三、基因轉殖植物之監督架構與管理規範

有關基因轉殖植物栽種，對生態環境所造成的影響，愈來愈受到重視及關切。目前有關 GMO 之生物安全及環境影響評估，歐盟及北美（包括美國及加拿大）有相當不同的監督管理體系（Conner *et al* 2003；Nap *et al* 2003）；歐盟主要是依據產品之製造過程（process-based）來制訂相關法規，而北美則以產品特性（product-based）為基礎來訂定相關規範。然而，縱使管理體系有別，但針對 GMO 對環境的影響，則大致皆依據個案具體事例（case-by-case）來進行評估，而所調查的項目，基本上包括下列各項：（一）基因轉殖植物親本之地理分布、生殖方式、及生物特性等相關資料；（二）轉殖載體、轉殖方法、及轉殖基因之功能與特徵；（三）基因轉殖植物之性狀、異源基因之遺傳穩定度、整合位置、及表達情形；（四）基因轉殖植物釋放的目的、方式、期限、及植株數目；（五）釋放區域與地點之氣候、生態系及動、植物相；（六）防止花粉或種子擴散的具體措施、與釋放後之追蹤及廢棄物處理計畫；（七）異源基因轉移至其他物種對生態之可能影響。

四、世界主要國家基因轉殖植物試驗田管理概況

（一）美國

美國基因轉殖作物之主管機關，包括美國農部、環境保護署（EPA）、及食品藥物管理局（FDA），其中美國農部之動植物健康檢疫局（APHIS），負責審核基因轉殖作物之田間試驗及公告許可其後之商業化栽培，若基因轉殖作物涉及環境安全問題，諸如抗蟲、抗病、抗殺草劑，則其田間試驗及商業化栽培，尚需經過美國環境保護署之認可（EPA 2001）。目前美國有關基因轉殖植物對環境的影響，係由聯邦條例 7CFR340 來規範，對於大部份的基因轉殖作物而言，僅須於田間試驗開始前 30 天，檢附相關資料向動植物健康檢疫局報備即

可，此即「報備程序（notification procedure）」。對於雜草或少部份具有生態疑慮之作物、含有特定用途如醫藥或工業用途之外源基因、或基因轉殖植物含有植物病原菌之基因，則於田間試驗前 120 天，需提出完整文件，包括「防止導入基因擴散」及「避免流入食物生產流程」之具體措施，供動植物健康檢疫局審查，核准後才可進行田間試驗，此即「核准程序（permit procedure）」。若基因轉殖植物，含有抗病蟲害基因，則美國將這些植物視同「含農藥成分植物（plant-pesticides）」或「含保護劑成份植物（plant-incorporated protectants）」，於商業化生產前，尚需針對抗病蟲害植物對環境及非目標生物之影響，事先評估導入基因或其產物對動植物是否具有毒性，並視情況提出抗病蟲害之實施計畫，供環境保護署審核，才可進行較大規模（4 公頃以上）之田間試驗。

（二）歐盟

歐洲對於 GMO 產品之安全性素來懷有疑慮，尤其是大部份民眾對於以改良農藝性狀（agronomic traits）所進行之綠色生技（green biotechnology）研發，並不支持，加上綠色環保組織及反 GMO 激進份子的破壞，除了西班牙境內尚有較大規模的基因轉殖作物栽培及田間試驗之外，其餘諸如德、法等國境內之田間試驗（圖一至五），幾乎處在停頓的狀態。在歐盟並無常設的 GM 作物隔離試驗田設施，僅在有試驗需要時，依規範尋找合適的地點，依環境需要及作物種類特性，設定相關措施（圖六），經檢查合格後即可進行。歐盟目前根據 GMO 產品許可準則（EU Directive 2001/18/EC on the deliberate release of GMOs），嚴格執行 GMO 產品之管理及標示（labeling），規定於食品或加工食品之添加物中，GMO 含量之標示門檻為 0.9%（EU 2001）。另外，現行準則亦排除實質等同（substantial equivalence）之適用，舉凡 GMO 之加工品或次級再加工品，不論是否能夠檢出其所含之 DNA 或蛋白質成份，皆需標示為 GMO 產品，此即歐盟之 GMO 產品的「（追踪 traceability）」原則。然而，歐盟雖已達成對於 GMO 食品及飼料之共同規範，但歐盟所核准之栽種及銷售許可，並不一定適用於所有的會員國，各會員國仍有不同的立場及管理措施。

（三）日本

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。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，目前這些工作多還在隔離田階段進行研究。

以栽培為目的之基因轉殖作物，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，為加工利用目地的種子有 6 種，計有水稻、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、康乃馨及蕃茄，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，而進一步完成一般開放田環境安全評估只有 61 個品種，其中通過食品安全評估的有 39 個品種，其中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）或飼料用的基因轉殖作物有抗除草劑大豆 1 種，抗除草劑玉米 3 種，抗蟲（鱗翅目）玉米 3 種，抗除草劑兼抗蟲（鱗翅目）玉米 1 種，抗蟲（半翅目）馬鈴薯 2 種，抗除草劑油菜 13 種，抗除草劑棉花 2 種，抗蟲（鱗翅目）棉花 1 種，抗除草劑兼抗蟲（鱗翅目）棉花 1 種，晚熟耐貯藏蕃茄 1 種及抗除草劑甜菜 1 種等，和日本自行育成為改變花色及延長貨架壽命的轉基因康乃馨新品種，共計有 29 種。日本應用基因轉殖作物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。

日本對於基因轉殖作物的研究、開發至商品化約可分三階段，各階段及因應不同用途均制定了明確的規範與流程。主要由「文部科學省」（Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, MEXT）針對基因轉殖作物的研究、開發，訂定「重組 DNA 實驗指針」和「擴展重組 DNA 的實驗條件規定」，在實驗室和密閉式（close）溫室中先進行作物的基因轉殖、基因轉殖後代的篩選與基本性狀調查，選出理想的基因轉殖作物，再移至半密閉式（semi-close）溫室進行成份、特殊性質、生化…等分析，並與非基因轉殖植物進行比較。若要進一步行田間栽培試驗，則要經「農林水產省」（Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, MAFF）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」；（Ministry of Health and Welfare, MHLW）的轉基因食用 (含食品添加用) 的安全評估標準。而飼料用也要通過「農林水產省」所頒布的飼料用安全評估標準，才可以公開販賣。

日本真正發展基因轉殖作物之研究始於 1990 年代，當時於筑波科學園區的農業生物資源研究所（National Institute of Agribiological Sciences, NIAS），共花費 9 億 8 千萬元日幣建造，含密閉式溫室（圖七）六間、半密閉式溫室（圖

八）十二間及分析實驗室約二百坪，花粉均經過濾收集處理致無活性再排放，灌溉及清洗等廢水均集中貯存經處理後再排放，設備相當先進新穎。主要在進行基因轉殖後代的篩選與基本性狀調查，選出理想基因轉殖作物，再進行成份、特殊性質、生化...等分析，並與非基因轉殖植物進行比較，要相關單位的審議通過，才能進行下一步的隔離田間試驗的環境影響安全評估試驗。日本全國各地區均有隔離田的設置共 19 個，其中四個為公立研究機構，七個屬獨立行政法人機關，其他八個是民間機構。主要在執行隔離田間試驗的環境影響安全評估工作，其中以北海道之隔離田最大，而以 1990 年代設於筑波科學園區的農業環境技術研究所內之隔離田最早設立，所有新的隔離田以此為典範進行規畫與改進。本隔離試驗田面積約 1 公頃，其內種有高大的樹林為屏障（圖九），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。內部設有專用農機負責田間作業，簡易實驗室進行採樣之前處理、經密封包裝後帶往精密實驗室分析，種植區分旱田、水田，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小量或須焚燬之轉基因作物殘株，作物收穫後常種植綠肥以增加地力。處理廢水有沉澱槽及貯留槽，設有濾網過濾花粉、殘株經 1-2 個月後再排放。

（四）中國

中華人民共和國國務院於 2001 年，發佈並施行農業轉基因生物安全管理條例（農業轉基因生物安全管理辦公室 2002），其中將基因轉殖作物依照其對人類、動植物、微生物和生態環境的危險程度，分為四個等級。而基因轉殖作物在商業化前，一般應當經過三階段的試驗，首先在可控制系統或條件下，進行小規模的中間試驗，而後在自然條件下，配合相應的安全措施進行中規模的環境試驗，最後於生產和應用前，進行較大規模的生產性試驗。符合條例規定者，於生產性試驗結束後，可申報並取得基因轉殖作物的安全證書。

同年，農業部發布農業轉基因生物安全評價管理辦法（農業轉基因生物安全管理辦公室 2002），並成立農業轉基因生物安全委員會，將受體生物（donor）、基因操作對受體生物的影響，轉基因植物及其生產、加工後的產品，詳細地進行安全性評價，若不存在危險性者，安全等級為 I，具有低度危險者，安全等級為 II，另外，具有中度、高度危險者，分別歸類為安全等級 III 與 IV。不同等級的轉基因生物在實驗研究結束後，試驗單位提出申請，經委員會安全評價合格，並由農業部批准後，方可進行三階段的試驗，其中安全等級 II、III、IV 的轉基因生物，在廢棄物處理和排放前，各試驗單位應採取可靠措施，將其銷毀或滅活，避免擴散而污染環境。2003 年 12 月 1 日前共有 961 件轉基因

生物申請田間試驗，農業作物為最大宗，佔有 90.3%，而微生物與魚類則分別佔有 19.3%與 0.4%，農業部共核准 641 件，其中包含孟山都（Monsanto）公司之轉殖 Bt 抗蟲棉花，現已核准上市。

展　望

英國於英格蘭（England）、蘇格蘭（Scotland）及威爾斯（Wales）三地廣設 200 個以上農場規模（farm-scale）的田間試驗（DEFRA 2003），自 1999 年起進行追蹤研究計劃，此亦是現階段全世界最大規模的基因轉殖作物對於環境影響的評估報告（Stokstad and Vogel 2003）。該研究團隊觀察到栽培抗殺草劑的甜菜與油菜，其田間雜草及昆蟲分別少於傳統栽培田，另外栽培抗殺草劑的玉米，其田間雜草多於傳統栽培田，因此認為抗殺草劑的轉殖玉米似乎對環境中野生生物的損害較少，而有利於自然生態中生物多樣性的維護（Vogel 2004），雖然仍無法提出基因轉殖作物對於環境的影響是有利或有弊的具體結論，但歐洲食物安全管理局（EFSA）基因作物科學研究小組，已於 2004 年同意抗殺草劑玉米的上市與食用，並提議其他基因轉殖作物也需經由相同的風險評估，才得以上市。

在英國針對基因轉殖作物的栽種，是否會危害生物多樣性的田間試驗結果出爐後，歐盟對基因轉殖作物的規範似有鬆綁趨勢。目前，世界各國對於基因轉殖作物的安全性調查，與對應的法制規範日益周延，從基因轉殖作物釋出、基因轉殖作物食品上市、到基因轉殖作物食品及添加物的標示等，均有詳細的規定，其中以歐盟的態度最為嚴謹。展望未來，為解決全球未來的糧食危機，在有限的土地上提高作物產量，發展基因轉殖作物應是個可行的策略。

參考文獻

中國農業轉基因生物安全管理辦公室。2002。農業轉基因生物安全管理法規彙編。北京。112 pp.

Ammann, K., Y. Jacot and P. R. A. Mazyad. 2001. Safety of genetically engineered plants and ecological risk assessment of vertical gene flow. p. 60-87. in: Safety of genetically engineered crops. (Custers, R. ed.) Flanders Interuniversity Institute for Biotechnology, Zwijnaarde.

Christian, k., D. Christian, K. Gősta, S. Beate and S. Morten. 1999. Ecological risk assessment of genetically modified higher plants (GMHP) identification of data needs. Ministry of Environment and Energy National Environmental

Research Institute Publisher, Silkebory. 35 pp.

Conner, A. J., T. R. Glare and J. P. Nap. 2003. The release of genetically modified crops into the environment. Part II. Overview of ecological risk assessment. Plant J. 33:19-46

James, C. 2004. Preview: Global status of commercialized biotech/ GM crops. 2004. ISAAA Briefs No. 32. ISAAA: Ithaca, NY.

Kinderlerer, J. 2001. Effects on non-target organisms of the release of genetically modified crops into the environment. p. 88-107. in: Safety of genetically engineered crops. (Custers, R. ed.) Flanders Interuniversity Institute for Biotechnology, Zwijnaarde.

Losey, J. E., L. S. Rayor and M. E. Carter. 1999. Transgenic pollen harms monarch larvae. Nature 399:214.

Nap, J. P., P. L. Metz, M. Escaler and A. J. Conner. 2003. The release of genetically modified crops into the environment. Part I. Overview of current status and regulations. Plant J. 33:1-18.

Pleasants, J. M., R. L. Hellmich, G. P. Dively, M. K. Sears, D. E. Stanley-Horn, H. R. Mattila, J. E. Foster, P. Clark and G. D. Jones. 2001. Corn pollen deposition on milkweeds in and near cornfields. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 98:11919-11924.

Rieger, M. A., M. Lamond, C. Preston, S. B. Powles and R. T. Roush. 2002. Pollen-mediated movement of herbicide resistance between commercial canola fields. Science 296:2386-2388.

Sears, M. K., R. L. Hellmich, D. E. Stanley-Horn, K. S. Oberhauser, J. M. Pleasants, H. R. Mattila, B. D. Siegfried and G. P. Dively. 2001. Impact of Bt corn pollen on monarch butterfly populations: a risk assessment. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 98:11937-11942

Stokstad and Vogel. 2003. Mixed message could prove costly for GM crops. Science 302:542.

Vogel, G. 2004. Europe takes tentative steps toward approval of commercial GM crops. Science 303: 448-449.

Department for Environment, Food and Rural Affairs. 2003. Farm-scale evaluations of GM crops. (http://www.defra.gov.uk/news/2003/ 030912a.htm)

Environmental Protection Agency. 2001. 40 CFR Parts 152 and 174 - Plant-Incorporated Protectants; Final Rules and Proposed Rule. Federal Register 66:37772-37817.

(http://www.epa.gov/pesticides/ biopesticides/pips/pip_rule.pdf)

European Union (EU). 2001. L 106 - Directive 2001/18/EC of the European Parliament and of the Council of March 2001 on the deliberate release into the environment of genetically modified organisms and repealing Council Directive 90/220/EEC. Official Journal of the European Communities 44:1-38.

United States Department of Agriculture. 2002. Butterflies and Bt corn - Allowing Science to Guide Decisions. (http://ars.usda.gov/sites/monarch/ index.html)

Status of Management Regulations on Isolated Field Trials for Genetically Modified Plants in the Major Countries around the World

P. L. Hung[1*], Y. M. Chang[2], M. W. Jong[1] and Y. Y. Do[1]

Summary

The global area of biotech crops continued to grow for these years. In order of hectarage, USA, Argentina, and Canada are the top three countries growing transgenic crops. For evaluating the safety of genetically engineered plants and ecological risk assessment, regulations were made in different countries. This article overviews the supervision institutions, application procedures for evaluation, special greenhouses for transgenic crops, and equipments and facilities of isolated fields in the United States, European Community, Japan, and China.

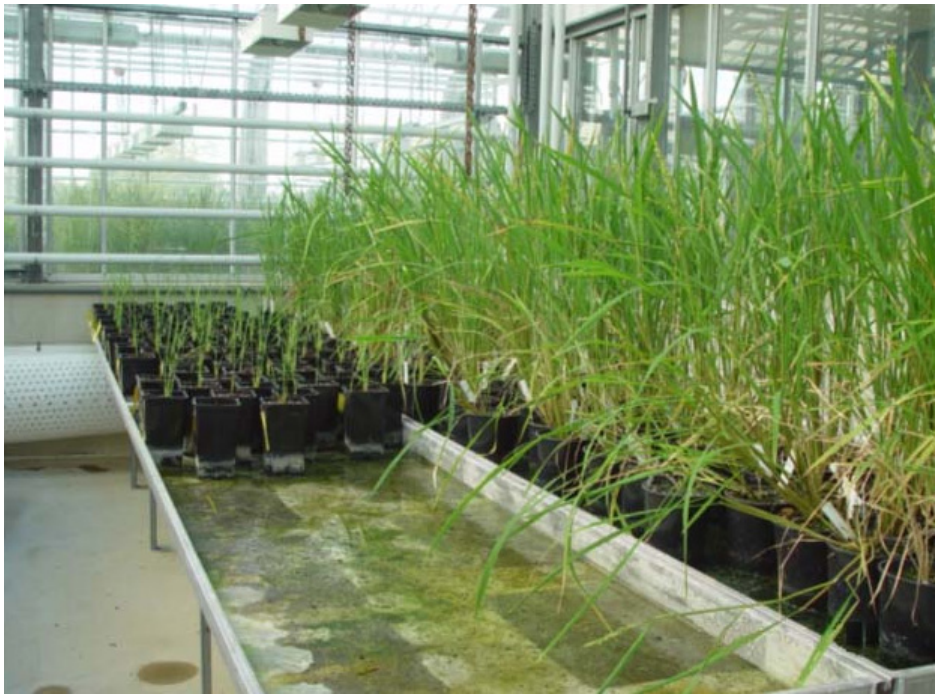
1.Department of Horticulture, National Taiwan University.
2.Divison of Horticulture., Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan, Taiwan, ROC.



圖一、英國位於 Norwich 之 John Innes Center 的生態安全評估隔離試驗田，田區周圍以鐵絲網區隔。



圖二、英國位於 Norwich 之 John Innes Center 的隔離溫室，以鐵網防止小動物及昆蟲入侵。



圖三、法國農業研究發展國際合作中心 (CIRAD) 之基因轉殖水稻試驗用隔離溫室。



圖四、離開基因轉殖試驗用隔離溫室前，需洗淨雙手，脫下實驗衣、並卸除塑膠鞋套。



圖五、法國農業研究發展國際合作中心 (CIRAD) 之基因轉殖作物試驗用連棟隔離溫室。



圖六、比利時位於 Gent 之法蘭德斯生物科技研究所 (VIB) 之隔離溫室。



圖七、日本基因轉殖作物試驗用之密閉式(close)及半密閉式(semi-close)隔離溫室。



圖八、日本半密閉式(semi-close)隔離溫室內試驗之基因轉殖作物。



圖九、日本位於農業環境技術研究所的生態安全評估隔離試驗田。