赴美研習
基因轉殖作物生物安全
評估報告

農試所生技組 曾清山

一、前言

近年來基因轉殖作物研究在全球取得迅速發展，大批抗病、抗蟲、抗除草劑和品質改良的基因轉殖作物釋放到環境和進入商品化市場中，為提高農作物產量和解決全球人口不斷增長而引發的糧食問題帶來了無限希望。然而轉殖技術的應用和轉殖作物的商業生產也帶來許多生物安全的問題。針對此項議題，美國密西根州立大學國際農業中心從2003年開始，每年皆於暑期開設有關基因轉殖植物生物安全的短期訓練課程，今年於8月3日～8日舉行為期六天，本人因執行國科會計畫而參與此研習課程。本年課程主要內容為簡介基因轉殖作物的全球概況及趨勢；基因轉殖作物從實驗室研發至田間試驗的育成過程；基因轉殖作物對環境的影響和風險評估；基因轉殖作物的生物安全法規及風險管理；基因轉殖作物風險溝通與公眾參與。

二、基因轉殖作物的全球概況及趨勢

本課程邀請Dr. Ferderick（Environmental Protection Agency, EPA）、Dr. Karembu（International Service for the Acquisition Agri-Biotech Application, ISAAA）及Dr. Grumet（Michigan State University, MSU）說明基因轉殖作物的全球概況及趨勢，根據ISAAA統計由於能得到持續穩定的收益，農民種植基因轉殖作物數量逐年增加，在2007年已達到11430萬公頃，其增長速度可謂極為快速，基因轉殖作物產業化已成為不可阻擋的態勢。2007年種植基因轉殖作物的國家增加到23個，美國、阿根廷、巴西、加拿大、印度和中國為全球轉基因作物的主要種植國。基因轉殖大豆仍然是主要的作物，（圖一）占全球基因轉殖作物種植面積的51%，值得注意的是為了滿足不斷增長生質酒精的市場需求，基因轉殖玉米種植面積大幅增加達31%，而基因轉殖棉花及油菜種植面積則減少分別為13%及5%。另外轉殖多個性狀基因的轉殖作物是一個非常重要的特性，也是將來的發展趨勢， 2007年種植基因轉殖作物中有37%都是包含兩個或三個轉殖基因。從1996年商業化生產開始到2007年，耐除草劑始終是基因轉殖作物最具有優勢的特性，2007年耐除草劑大豆、玉米、

作　　者：曾助理研究員清山
連絡電話：04-23302301-7312

油菜、棉花和紫苜蓿的種植面積占全球轉基因作物種植面積63%，比抗蟲品種的18%還多。基因轉殖作物對全球經濟的影響，根據調查指出2006年全球轉基因作物種植者的淨收益是70億美元，1996～2006年期間的累計收益達340億美元。這段期間估計累計少使用殺蟲劑有效成分289,000公噸，相當於將這些殺蟲劑所產生的環境影響降低了15.5%。

三、基因轉殖作物研發育成過程

本課程邀請Dr. Hancock （MSU）及Dr. Rose （United States Department of Agriculture, USDA） 說明基因轉殖作物從實驗室研發至田間試驗的育成過程，



圖一、不同基因轉殖大豆品項田間觀察試驗。



圖二、參加基因轉殖植物生物安全短期訓練課程全體學員。

並由Dr. Song （MSU）及Dr. Difonzo （MSU）帶領至轉殖實驗室及隔離試驗田實地參訪（圖二）。作物的任何一個性狀皆由基因所控制，傳統的育種技術是透過植物種內或近緣種間的雜交將優良性狀組合在一起，從而創造產量更高或品質更佳的新品種，但其基因重組範圍有限，很難滿足農業生產在21世紀持續高速發展的要求。而基因轉殖作物的研發，則是直接針對基因進行改造，將外源基因轉入植物細胞中，使其表現具外源基因特性。此一技術克服了植物有性雜交的限制，由於其基因的來源沒有物種間的限制，可從植物、動物或微生物的基因導入受體植物，基因間的重組範圍無限擴大，所以其應用前景十分廣闊。基因轉殖作物的育成主要包括實驗室的研發及田間試驗，在實驗室的研發過程中包括確定目標，尋找適當基因，基因構築，基因轉殖，細胞培養與植株再生，轉殖株篩選，轉殖株確認。田間試驗部分則包括田間隔離試驗及指定田間試驗，遺傳穩定性特性調查，生物安全評估，食品安全評估，最後商業化生產。

四、基因轉殖作物對環境的影響及風險評估

本課程邀請Dr. Hokanson （MSU）、Dr. Doley （Danforth Center）、Dr. Gilbert （DowAgrosciences Company） 及Dr. Difonzo （MSU）針對基因轉殖作物對環境的影響及風險評估進行探討。所謂風險可以用R=S x P，R : Risk, S: the severity, P: the probability of harm，也就是說風險是嚴重性與或然率的產物。基因轉殖作物栽培面積日益擴大，種類也日漸增多，為澄清對基因轉殖作物的安全性之疑慮，各國都已制定

相關的評估辦法，主要包含二大方向：一為食品安全性評估；另一為對環境衝擊之風險評估。基因轉殖作物對環境可能造成的潛在危害與受體植物之一般特性、繁殖方式、栽培管理方式以及栽培地區都有密切的關係。主要從三個方向加以考量。第一、基因轉殖作物演變成有害植物之可能性。第二、基因轉殖作物其基因流佈（gene flow）到栽培種或近緣野生種的可能。第三、對自然生物族群的影響。上述評估的結果可能會有地區性的差異，某國家所得的結果可能不適用於另外的國家。對於基因轉殖作物的風險評估工作可分四階段進行，第一階段稱之為基本資料評估，包括轉殖基因之特性及表現方式、受體植物及轉殖植物之特性等。第二階段於實驗室內評估該轉殖植物及其產品之安全性。第三階段試驗乃在模擬自然環境的控制條件或半田間狀況下作複合因子的試驗，其目的是在觀察可能之疑慮是否在實際之情況下也會發生，若不會發生則應屬安全。第四階段試驗進入田間觀察試驗或區域性試驗，若仍有安全之疑慮者，則無上市之可能。

五、基因轉殖作物的生物安全法規及風險管理

本課程邀請Dr. Hokanson 、Dr. Frederick 、Dr. Falk-Zepada（International Food Policy Institute, IFPI）及Dr. Rose 說明各國對基因轉殖作物的生物安全法規及風險管理。從1990年代開始，由於美國政府寬鬆的態度與企業界積極地推出基因轉殖作物，數年間幾已席捲全球農業生產態勢。國際間幾個重要組織包括WTO、FAO、OECD等已警覺其嚴重性，因此著手規劃研擬基因轉殖作物生物安全管理規範，其目的與理由並非僅單純就其產品安全性考量，其中尚包含政治、經濟、貿易、環境與競爭等等複雜因素。聯合國最初於1993年組成生物多樣性公約組織（Convention on Biological Diversity, CBD），所推動之生物安全議定書（Biosafety Protocol），是第一個國際性且影響層次最為深遠的公約。經過多次會議協商與努力，終於在2000年正式通過議定書，其名稱為Cartagena Protocol on Biosafety。生物安全議定書主要精神與規範為，在基於預防性的原則下，盼能藉由此國際公約確保基因改造生物（Living modified organism, LMO）在國際間越境運輸能被安全的運送、處理與使用，並且確保基因改造生物不會對生物多樣性與人類健康，產生負面的影響。有關基因轉殖作物商業化生產所需要實施之風險管理，在「生物安全議定書」已明定相關措施與策略，為達到此一目的，各締約國並應至少指定一個主管機關來負責落實議定書的內容。風險管理最終目的是降低風險的發生，各國所訂定關於基因轉殖作物的相關風險管理法規可能會成為未來基因轉殖作物及相關產品進入商業市場的貿易阻礙。其最重要的關鍵在於，基因轉殖作物對環境安全的風險評估工作需要在出口的目的地進行，而不是在出發地進行。這些都是對基因轉殖作物的一種技術性管理規定，但對出口國家卻是一種技術性的貿易障礙。

六、基因轉殖作物風險溝通與公眾參與

本課程邀請Dr. Karembu 、Dr. Frederick 、Dr. Brink （MSU）及Dr. Quenmada （Calvin College）說明基因轉殖作物的風險溝通與公眾參與的重

要性。在面對現代日益增多的爭議性科技，採取參與式、開放式、透明式的風險溝通將有助於社會公眾對於科技的理解與判斷。基因改造產品具有高科技複雜性的風險爭議本質，迥異於傳統風險評估僅限於健康與環境安全評估，應進一步擴充到社會倫理與宗教上之考量。有鑑於此，在生物安全議定書中要求締約國對於基因改造生物之相關決定過程，應讓公眾有參與或徵求意見之機會。對於基因改造生物產品之發展成功與否，消費者之接受性是最終決定因素，消費者關心的是基因改造產品的發展過程及其安全性、對消費者的利益、對生態環境之影響。因此如何教育並推廣基因改造生物之正確資訊是發展基因改造產品一個非常關鍵的問題。基因改造生物研發安全性評估及相關資訊充份獲得與瞭解，生技產業才能夠順立建立。

七、參訪活動

在課程結束後，於8月9日，由Dr. Weebadde （MSU）帶領參訪一家位於Michigan Bangor 的Michigan Biodiesel, LLC公司，該公司成立於2006年，主要以基因轉殖大豆為原料，每年約生產一千萬加侖的生質柴油。所謂生質柴油（Biodiesel）屬於再生能源的一種，利用植物油透過不同的化學反應製備出來的一種被認為是環保的生質燃料，這種生物燃料可以像柴油一樣使用。目前全世界種植的基因轉殖作物中，大約有1120萬公頃約佔9%是用來生產生物燃料，而在美國有700萬公頃基因轉殖玉米及340萬公頃基因轉殖大豆約佔18%是用於生產生物燃料。目前全美有171家工廠生產生質柴油，年產量約為450百萬加侖。未來可用於生產酒精和生物燃料的轉基因能源作物種植面積會有顯著提高，可以取代石油燃料，因此基因轉殖能源作物將對糧食、飼料及環境做出巨大的影響。

八、心得與建議

本次課程，主辦單位除安排許多優秀學者作精彩演講外，並實際參訪各基因轉殖作物隔離試驗田區，且與種植基因轉殖作物農民作面對面的溝通，進一步瞭解基因轉殖作物對農民收益之影響。國內生物技術研究進展迅速，近年來在農業生物技術國家型科技計畫的推動下，許多轉殖不同基因之各種轉殖作物品系包括水稻、木瓜、馬鈴薯、青花菜、蘭花、海芋等不斷釋出，雖然目前尚未有任何基因轉殖作物核准上市，但是未來仍會有越來越多的基因轉殖作物申請進行隔離田生物安全評估試驗。目前各國已投入相當多的資源進行基因轉殖作物安全性評估之研究，然而基因轉殖作物對環境衝擊之生物安全性評估有地域上的差異，某國家所得到的結果可能不適用於另外的國家，我國農委會也已於96年5月3日核准公告農業試驗所為認可之基因轉殖植物田間試驗機構，進行各項基因轉殖作物安全性評估之研究，因此對於基因轉殖作物生物安全評估人才的培訓有迫切之需要。

小啟

本所電話主機系統全面更新

總機☎為04-23302301

農民服務☎分機號碼為7458

直撥☎為04-2331＋分機號碼