

歐盟基因轉殖作物與傳統農業及有機農業之共存栽培研究

沈翰祖¹、吳明哲²、郭寶錚³

前言

有關基因轉殖作物（GMO）與傳統農業乃至有機農業之共存體系，國內正值起步階段，雖然我國目前尚未有任何基因轉殖作物可合法種植於開放農業區內，但在可見的幾年後，將會有許多基因轉殖作物通過生物安全評估試驗而釋出於田間。為及早因應基因轉殖作物釋出後對傳統農業產生的衝擊，並維護傳統農業之永續發展，本次研習目的希望透過與法國等歐盟成員之科技計畫合作方式，加速引進執行相關共存與管理體系所需技術及資訊，以供我國進行相關共存體系規範之前置研究，研習人員為行政院農業委員會農業試驗所生技組吳明哲組長、中興大學農藝系郭寶錚教授、種苗改良繁殖場沈翰祖副研究員等3人。

歐盟與共存栽培相關的研究計畫

1. Sustainable Introduction of GMOs into European Agriculture (簡稱 SIGMEA)：

1. 種苗改良繁殖場副研究員
2. 農業試驗所研究員兼組長
3. 中興大學農藝系教授

計畫執行期間為2004-2007年，主持人為英國 Dr. Jeremy Sweet 和法國 INRA 的 Dr. A. Messean，是一個探討作物與作物間基因流佈的計畫，其主要目的為進行GM作物田間栽培的生態及經濟評估，設計GM作物的管理規則，設計GM作物的監控方法。

2. Co-existence and traceability in the GM and non-GM supply chains (簡稱 Co-Extra)：

Co-Extra 計畫主要重點在共存 (coexistence) 與追溯 (traceability)，針對GM與非GM共存與追溯系統在技術、經濟及法規層面上的綜合研究，此計畫由2005年開始將於2009年結案，主持人為法國 INRA 的 Dr. Y. Bertheau。Co-Extra 的目標是希望能夠扮演填補歐盟法律架構與實際執行面之間的落差，在檢測GMO方面，找出一個快速又划算且又不會影響到產品價格的檢測方法，是當下所必須去進行的。此外，Co-Extra 引入 Matrix approach 的概念，利用數條常見的GMO序列進行檢測，藉以檢測出未經許可以及核准販售的GM產品，目前已應

用在 Matrix approach 的方法有定性 PCR、微陣列晶片 DaulChip®、SNPlex 等。該計畫共有 8 個工作項目，包括減輕基因流佈的生物方法，供應鏈分析解說和示範，共存與可追蹤性的經濟成本和效益分析，檢測和取樣技術改進，分析可追蹤性工具的改進和整合，GMO 檢測的技術性挑戰，整合法規技術社會和可追蹤性的議題，對話與溝通。

3. Promoting EC traceability research (簡稱 PETER)：

計畫執行期間為 2005-2009 年，主持人為法國 INRA 的 Dr. Yves Bertheau 和 Dr. John Davison，歐盟執委會已投資 1 億歐元，其主要目的為改進歐盟執委會有關可追蹤性的研究，提供國際間討論，以聚焦且推廣歐盟執委會可追蹤性的研究成果，並快速整合推廣歐洲技術給開發中國家。

4. Transcontainer：

主持人為荷蘭的 Dr. Ruud A de Maagt，是一個生物性污染工具改進的研究計畫。

GM 與非 GM 作物共存與花粉飄散研究

法國有關 GM 與非 GM 作物共存與花粉飄散研究之主要研究人員為 INRA (Grignon 研究中心) 的 Dr. Jean-Marc Meynard 與 Dr. Antoine Messean，Dr. Jean-Marc Meynard 是行為與發展科

學學術研究處的負責人，Dr. Antoine Messean 則是 SIGMEA project 的技術協調人。

研究 GM 與非 GM 作物共存與花粉飄散主要用 GENESYS 模型和 SMAC Advisor 模型。共存模式 GENESYS 是評估油菜抗殺草劑 GM 品種，其基改基因在田間發生基因逃逸 (gene escape) 的風險。模型考慮一個完整栽培循環的多個時期：種子、幼苗、成株、開花到種子生產，與不同的耕作制度：整地、播種期、播種密度、噴施殺草劑與收穫，估算田間裡非人為播種自生植株 (volunteers) 族群的比例。藉由這套模型，可評估多年後 GM 基因在田間漂流的程度，提供 GM 與非 GM 作物共存的有用資訊。而 SMAC Advisor 模型是一套針對 GM 與非 GM 玉米共存下污染風險的評估軟體，農民只需在其設計好的電腦介面表單，輸入田區的相隔距離、相對大小、簡單的氣象因子等選項，即可立即得到一個風險程度。

在這些模擬共存的模型中，GM 作物花粉飄散的研究部份，Lavigne 等法國學者 (1998) 探討 GM 油菜在田間散佈的情形，他們利用雄不稔的 GM 抗殺草劑油菜品系 BOO4. oxy 當作花粉授予者進行田間試驗，並利用母數的方法 (負指數函數、高斯函數)，去估計植株個體花粉與距離散布之關係，及無母數方法中的傅立葉轉換，原始資料點經傅立葉轉換後，再乘上作者所設計的濾波函數 (filter

function)，轉換後乘上濾波函數的目的是為了去除掉試驗的抽樣誤差，以及來自小區間邊際效應的影響。根據試驗的結果，推論大約有60%的落在距離來源6公尺內，但相對來說也有40%的花粉飄散超過6公尺之遠。Klein等法國學者（2006）在考慮植株為雄可稔（male-fertile, MF）與雄不稔（male-sterile, MS）的情況下，以八種函數族的IDF（individual dispersal function）來描述花粉飄散的模式，但模式有兩個需考慮的前提假設，分別是所有的植株個體花粉產生的花粉量相等，以及所有個體其花粉的飄散皆服從相同的IDF模型。此外，欲估計IDF中的參數需先假設所有的觀測值相互獨立且服從二項分布，才可以最大概度法（maximum likelihood method）估得IDF模型中的各項參數。

利用農桿菌T-DNA進行水稻基因轉殖的研究

法國農業研究發展國際合作中心（Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, CIRAD）的 Dr. Emmanuel Guiderdoni利用農桿菌的T-DNA進行水稻基因轉殖（圖1）與功能性基因之相關研究，於1998年開始針對基因流佈（gene flow）問題進行相關研究，並與西班牙及義大利合作成功轉殖Bt基因至水稻中，其後更將Bt基因轉殖至

棉花與橡膠樹（Rubber tree）中；相關的研究與種類地點包括法國西南部與隆河流域、義大利波河平原、西班牙東北部、東南部、南部與西部四個區域等。Dr. Guiderdoni 研究水稻基因轉殖的目標組織包括未成熟花序的預培養、未成熟花粉（小孢子）－誘導癒傷組織產生、未成熟胚的預培養、胚誘導產生癒傷組織、胚誘導產生癒傷組織進行細胞懸浮培養、胚或小孢子誘導產生癒傷組織進行細胞原生質體懸浮培養等。

基因轉殖作物隔離溫室

本次研習所參觀的基因轉殖植物隔離溫室包括法國國家農業技術研究院（Institut national de la recherche agronomique, INRA）、農學研究發展國際合作中心（CIRAD）與發展研究院（Institut de recherche pour le développement, IRD），其中CIRAD的隔離溫室分為溫室區與準備區二個連結的區域，要進入前須先經第一層門進入其準備區更換不織布材質的拋棄式實驗衣，鞋子先踩過消毒水並套上不織布材質的拋棄式鞋套才可由第二層門進入溫室區（圖2）。三個單位溫室均設有刷卡式門禁管制，溫室的進氣裝置外部均包覆有防蟲網的設置（圖3），以防止昆蟲與雜物進入溫室，CIRAD與IRD的進氣是以冷氣冰水式空調機方式（圖4），將冷空氣透過溫室內植床下的送風管路（不織布軟管）送

入溫室(圖5)，此一管路與我國內溫室內植床下加熱管路的設置方法類似；而INRA是以一般抽風扇方式進排氣(圖3)、排氣風扇外部設有除塵網(圖6)以防止溫室內花粉飛散至溫室外，CIRAD與IRD溫室的排氣是經過HEPA過濾系統(圖7)，對防止花粉飛散至溫室外有更高等級的防護。三個單位溫室均於內部側牆設置溫水管路(圖8)以作為冬季溫室內加溫之用，而溫室內排放的廢水先集中後經過氯氣消

毒才予以排放，期能將其中的花粉、微生物等予以殺滅。

結論

目前國內有關GM作物管理法規，雖經各相關部會之努力，已呈現大概之輪廓，然尚有諸多不足的地方，如GM作物之研發管理、進出口管理等，尚須權責單位加速研擬訂定。建議政府考慮針對數種較具經濟價值的作物，開發多種GM作物田間共存的模擬模式，但模式中所需設定的參數數值，仍需依照台灣的耕作制度進行田間試驗，之後便可藉由電腦模擬多年後，GM作物於田間殘留的數量，提供田間共存的風險評估。法國INRA有關GM作物與非GM作物共存及GM作物可追蹤性、標示與檢測方法等技術均甚為完備與成熟，建議國內相關研究單位尋求與INRA合作研究之機會。



▲ 圖1.利用農桿菌進行水稻基因轉殖的步驟。

► 圖2. 農業研究發展國際合作中心 (CIRAD) 的 Dr. Emmanuel Guiderdoni帶領研習團成員參觀GM植物隔離溫室。進入隔離溫室前須先在準備區更換不織布材質的拋棄式實驗衣，鞋子套上不織布材質的拋棄式鞋套才可由第二層門進入溫室區。





圖3. 法國國家農業技術研究院 (Institut national de la recherche agronomique, INRA) 基因轉殖植物隔離溫室的進氣風扇外部包覆有防蟲網。



圖4. 法國發展研究院 (IRD) 基因轉殖植物隔離溫室的進氣是以冷氣冰水式空調機方式將冷空氣送入溫室，進氣裝置外部均包覆有防蟲網的設置。



圖5. 法國發展研究院 (IRD) 基因轉殖植物隔離溫室的冷空氣送入溫室後透過溫室內植床下的送風管路 (不織布軟管) 予以降溫。



圖6. 法國國家農業技術研究院 (INRA) 基因轉殖植物隔離溫室是以一般抽風扇方式排氣，排氣風扇外部設有除塵網以防止溫室內花粉飛散至溫室外。



圖7. 農學研究發展國際合作中心 (CIRAD) 基因轉殖植物隔離溫室的排氣是經過HEPA過濾系統 (相片上方裝置)，對防止花粉飛散至溫室外具高等級的防護，相片下方裝置為溫室內加溫溫水產生器。



圖8. 法國發展研究院 (IRD) 基因轉殖植物隔離溫室於內部側牆設置溫水管路以作為冬季溫室內加溫之用，溫水是由溫室外 (如圖7) 的溫水產生器提供。