

考察歐盟國家 GM 作物生態安全評估之硬體設施與法規制度

鄒麓生¹ 洪偉屏² 黃鵬林³ 陳良築⁴
 劉邦基⁵ 王清玲⁵ 呂秀英⁵ 陳烈夫⁵

摘要

本計畫在國科會經費補助下，並在規劃作業上承蒙國科會農業生物技術國家型計畫辦公室及歐洲各相關地區駐外科技組之鼎力協助，得以到荷蘭、英國、法國、比利時、德國等歐盟國家參訪。主要參訪機構包括：John Innes Center (英國)、NIAB (National Institute of Agricultural Botany, 英國)、Agropolis (法國)、INIBAP (International Network for the Improvement of Banana and Plantain, 法國)、INRA (Institut National de la Agronomie, 法國)、VIB (Flanders Interuniversity Institute for Biotechnology, 比利時)、EU DG-AGRI (比利時)、IME (Institut Molekularbiologie und Angewandte Oekologie, 德國)、Aalsmeer Flower Market (荷蘭)等。考察之項目除了原先設定之 GM 作物生態安全評估設施與法規制度外，並涉及生物技術的研發與產業化之近況、研究機構之結盟及其運作方式；同時探尋各種有助於我國農業生物技術發展之合作機會與對象，以及有助於我國農產品外銷之條件與因素。有關參訪及考察之詳細過程、資料與建議事項等，將於出國考察報告中詳細敘述並討論之，本摘要僅針對所獲得之主要心得與建議事項作如下之扼要報告。

一、歐洲農業與生物技術研究機構的特色：

此次參訪的對象除少數機構為大學系統外，以法人的研究機構為主。包括荷蘭的 Aalsmeer 花卉市場、英國的 John Innes Centre、法國的 INRA 及 Agropolis、比利時的 VIB、德國的 IME 皆為法人。觀察此類法人的營運，大致有數個共同之處：1. 以農業研發為業務的法人皆以不盡相同的方式接受政府補助，且皆在 50% 以上；2. 與大學之策略聯盟為重要的手段，幾乎無一例外，其內容則以人員交換、設備互通研發團隊、智財管理為主；3. 在運作上採“行政集中，研發分散”的方式，各所不僅要向外爭取計畫

-
- 1.財團法人國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心資深顧問。
 - 2.行政院農業委員會科技處。
 - 3.國立台灣大學園藝學系。
 - 4.國立中興大學分子生物學研究所。
 - 5.行政院農業委員會農業試驗所。

或經費，而此方面的成果也是決定其在內部可爭取多少資源的重要依據，以提昇研究人員向外爭取計畫之意願；4. 幾乎每一法人皆強調其服務工作及公關的重要，同時即使以基礎研究為主的機構仍強調其對產業的直接貢獻，而且似乎有基礎研究愈好的機構對產業的開發貢獻較大之趨向；5. 各機構因其性質及專長之不同提供不同之服務內容，唯皆以自動化儀器之支援為策略，以節省人力及成本。

二、生物技術在基礎研發上之應用：

歐盟雖對 GMO 作物產品採取排斥的態度，但利用基因轉殖作為生命科學研發的工具則予以支持及鼓勵，因其設備較貴又需專職人員操作或管理，而採用機構間的策略聯盟方式，英國的 John Innes Center、法國的 Agropolis、比利時的 VIB 皆採此一方式，而稱之為“Science park”。此類園區雖以基礎研究為主，但仍能有產業化的功能。

三、GMO 試驗的規劃與運作：

由此行所參訪之機構，發現在歐洲系統內並無常設性的 GM 作物試驗用設施，僅在有試驗需要時依規範尋找合適的地點，依環境加上某些措施，經檢查合格即可進行。其所以採用此一方式，部份原因則與作物的選擇有關，亦即可選擇對當地農業較不具威脅的作物（如水稻、香蕉）進行試驗；另一方面乃與當地綠色激進份子的破壞有關。

四、最近歐洲對於 GM 產品之管制有趨於嚴格之趨勢，所表現於法規者包括對於「實質等同」(substantial equivalence) 概念之排除，依此新趨勢，將大幅增加產品標示之需要，舉凡使用 GMO 加工品(如油、澱粉、生化成份等)作為原料，所製造出之再加工品(如餅乾、速食麵等)皆須標示為 GMO 產品。

五、主要建議：

1. 鼓勵國內各試驗所與鄰近大學及其他研發機構結盟，並整合成團隊，以提出研發課題。
2. 各所應規劃“核心技術或核心課題”，而其方式應是由下而上，並採自然淘汰的機制逐漸形成。
3. 大型或自動化設備之配置，似乎成為研發法人保持其競爭力的必要條件，我國農業試驗體系法人化的過程中，應有投資的規劃。
4. 各法人與大學的互動乃一互利的結合，將來農業研發法人如何利用此

一機制提昇現有研發人員之素質及再教育，引進新的人才，值得在規劃時考慮。法人因有策略聯盟，成員的薪資相當具有特性。可由兩個以上機構支薪，也可由計畫支付部份薪水，國農院雖為行政法人，在薪資設計上應在相關法令範圍內參照國外的經驗，以提高各所之自主性。

5. 歐洲研究機構採取策略聯盟方式，已成為明顯趨勢，所形成的“Science park”條件之一為地理位置要較接近。此一模式值得我國參考，考慮台灣的地理環境，或可採取北、中、南三區策略聯盟的方式，以提昇生技相關的策略性基礎研發，並兼顧產業化功能。
6. 歐洲的規範較為嚴謹，在規劃 GMO 試驗的軟硬體時，應為重要之參考指標，惟我國的情況與歐洲不同，仍以設置專用試驗田較為合宜。
7. 有關“substantial equivalence”之概念，鑑於 GM 再加工品(如餅乾、速食麵...等)實際上沒有方法檢測其是否含 GMO 之成份，如果將此概念排除，則不僅執行困難，同時應會遭遇 WTO 精神的挑戰，歐盟國家極可能將面臨此一問題，建議我國暫不決定跟進，以觀歐盟規範之執行成效。
8. 我國 GMO 試驗之設置已在進行中，為減少國際的批評，應儘早爭取國際認同，如有未盡之處也應趁早改良，其中透過國際合作機制，以取人之長並促成國際認同，應是值得考量之策略。

前 言

近年來經由遺傳工程技術所培育之 GM 作物(又稱基因改造作物轉基因作物)日益增加，引起各國的高度重視。人們除了對 GM 作物的高度利用價值寄以極大期望，另一方面卻由於對 GM 作物欠缺充分瞭解，而產生兩大憂慮，包括 GM 作物對環境生態的影響，以及 GM 食品的安全性問題。因此國際間無不積極重視 GM 作物的生態安全及食品安全評估工作。我國的 GM 作物在國科會和農委會的政策領導與經費補助，以及中研院、大學、試驗改良場所的努力研發下，近年來已獲顯著成果，許多 GM 作物已達到實際推廣階段，因此有關 GM 作物的環境生態安全與 GM 食品的安全性問題之探討已刻不容緩。近年來在 GM 作物的環境生態安全評估方面，農業試驗所一直扮演十分重要角色，除了已從初步工作中逐步累積經驗，目前更承國科會和農委會補助，積極建立一套符合國際標準的完善設施系統，稱為「農業技術園區」，以因應我國未來基因改造作物研究與生態安全評估之需。然而為提升我國 GM 作物生態安全評估工作品質，以達於國際認證水準，需多方觀摩並學習先進國家

長處。歐盟國家為現今對 GM 作物生態安全評估工作最為嚴謹者，無論其法規制度、檢測技術、硬體設施等皆有許多足供參考之處，

本計畫之目的即在於考察歐盟國家 GM 作物生態安全評估之硬體設施與法規制度，參訪活動之成員係由：1.國科會與農委會掌管生物技術研發政策之專家、2.資深大學教授、3.農業試驗所參與執行 GM 作物生態安全評估工作之同仁等組成，除了參訪者所涵蓋之工作職責與專長項目較為完整外，並包含對歐盟國家及其學術狀況十分熟悉之學者，有助於與參訪國家之科技人員進行交流與對話，並廣泛吸收對方長處。此外，藉由本參訪活動可使國內不同部門之專家學者進一步加強共識，以利未來之協調與合作。

所考察之歐盟國家包括荷蘭、英國、法國、比利時、德國等，皆為現今生物技術最發達國家，其法規制度與技術最能代表歐盟國家之水準，參訪之機構皆經審慎選擇，以吸收國內最需要之相關知識。

荷 蘭

主要參訪地點為離阿姆斯特丹市區約 40 分鐘車程的愛士曼花卉及觀賞植物拍賣市場(Bloemenveiling Aalsmeer)，該拍賣市場設有規劃完善的參觀路線，參觀者需購買門票進入，參觀路徑之沿線設有圖示標牌，並配合電鈕及擴音器說明相關背景。此種規劃方式極具教育性與啟發性，參觀者可一面觀察，一面從其說明設施中對整個拍賣市場的運作情形，獲得頗為完整之瞭解；但因其不提供解說員，如有較專業的人士欲作更深入的瞭解，應尋求管道安排解說。

由簡介資料可知，一百年前該地原為花農拍賣花卉的集中市場，逐漸演變發展而成為全球最具規模之花卉拍賣市場。目前的拍賣市場成立於 1968 年，係由兩家位於愛士曼的拍賣公司（Veiling Bloemenlust 及 Centrale Aalsmeerse Veiling）所合併而成，這兩家拍賣公司歷史甚久，分別在 1911 年底及 1912 年初就已成立。目前拍賣市場的組織形態仍保持生產合作社之本質，擁有 3300 餘個會員，由會員組織董事會來共同制定公司的政策，並由選舉產生的理事負責公司之營運與管理。每年營業總額約為 16 億歐元，營業項目包括切花、室內觀賞植物及庭園觀賞植物，而以切花佔最大宗。供應商除了當地花卉業者之外，亦包括以色列、肯亞、烏干達、法國及丹麥等國家。目前每年切花總銷售量前三名為玫瑰、鬱金香及菊花，各佔 1740 百萬束、600 百萬束、474 百萬束等。該拍賣市場對全世界的花卉價格具有舉足輕重的影響，尤其是全球每天的玫瑰價格，係由該拍賣市場所決定。

拍賣市場總面積為 1 千 500 萬平方公尺，其中房屋占 999,000 平方公尺，有運輸軌道 13 公里、拍賣室 5 間及大型拍賣鐘 13 個，全部設施皆為自動化設

計，使拍賣市場形成一個極為完整而有效率的營運及作業體系。該拍賣場規模很大，但週邊設施更為可觀，其中拍賣場南側的工業區即為一例(因時間關係未能參觀工業區的作業)，貨品係在工業區內收集再進入拍賣場，兩者間的物流量每小時達 2,600 車(每車含 40 至 60 箱)，由此可見其整體規劃的完整性。採購人根據大型拍賣鐘顯示的貨品照片及其他資訊，可在現場迅速對於想要採購的數量和價格作出決定，亦可坐在自己的辦公室內，透過終端機及電腦程式，進行「遠距採購」(remote buying)，以安全認證系統下訂單。貨品以小型搬運車載送，且皆標有電子條碼(bar code)，並以先進的電子系統進行追蹤，以掌握每一貨品的正確流動位置。該拍賣市場每天所處理的花卉產品相當龐大，共約 2,100 百萬單位，包括 1,900 萬枝切花及 200 萬株觀賞植物。在每天上午短短 3 個小時的營運時間內，大約可完成 55,000 筆的交易量。花卉拍賣市場所交易的貨品，有 85% 在同一天即出口到歐洲鄰近諸國，其中有 10% 運銷到美國。

在拍賣市場登記有案的採購人，可在自己的公司(位於拍賣市場南側，有專為採購公司特設的建築群)大門口，收到自己訂購的花卉和觀賞植物。貨品的運送工作，係由一種精巧的往復式電力懸吊軌道運送系統來達成。採購人於收到貨品後，接著就重新包裝或組合，將它們運往下游的客戶。如此的交易及運送系統，使出口商及批發商可以保證在 24 小時之內，將貨品運送到世界各個角落。愛士曼花卉及觀賞植物拍賣市場可以說是全球最成功的花卉產品電子商務中心，亦是最有效率的國際物流中心，奠定了荷蘭在花卉園藝產業的龍頭地位，也是荷蘭經濟的重要支柱。該花卉拍賣市場也為當地提供了約 2,000 人的就業機會，還有很多供應商、批發商及出口商在當地設有營業據點，為這些企業工作的人數更高達 12,000 人，也為當地創造了大量的就業機會。

拍賣場對切花保鮮提供各種設備及措施以確保品質，這點特別引起我們的注意。根據我們的觀察，在整個硬體設施及操作流程的規劃中，縮短作業時間的概念與作法處處可見，顯示其在各種保鮮措施中，特別注重效率之提升，因作業效率實為影響保鮮效果的最重要因素，以下六點則為提高效率之重要措施：(一) 拍賣場僅在早上 7 點~10 點間開放，以利於短期集中作業；(二) 以電腦控制的自動化設備取代人力，降低人工使用量(此作法亦有利於降低營運成本)；(三) 路線規劃均經精密設計，運作速度很快；(四) 以「車」為貨品交易單位，每車約含 40 至 60 箱，具有精簡及便捷之效果；(五) 採承銷商制度，目前登記的承銷商約 1000 人；(六) 有完善的週邊設施互相配合，並緊密聯繫，其中拍賣場南側的工業區即為一例。

除了愛士曼花卉及觀賞植物拍賣市場，我們在阿姆斯特丹市區也參觀了當地的花卉零售市場，規模雖不大，但相當有名，其主要商品為種子及栽培材料，

與台北建國花市以植體為主者不同。

英 國

(一) 在倫敦拜訪 University collage London 校長 Dr. Malcolm Grant

10月6日自荷蘭阿姆斯特丹飛抵倫敦已過中午，安頓住宿行李後，稍作休息即由駐英國代表處科技組張和中組長與陳嘉猷副組長引領拜訪 University College London 之 Dr. Malcolm Grant 校長(Provost and President)，以瞭解英國對於 GM 作物生態安全評估設施與法規制度的運作情形及交換意見。Dr. Grant 目前並擔任英國農業暨生技環境委員會(Agriculture and Environment Biotechnology Commission, AEBC)主席。AEBC 係承英國政府之委託成立，已有五年半的運作歷史。AEBC 成立之目的是為容納各方關注生技發展之團體代表，以公開方式進行意見溝通及討論，惟其結論僅供英國政府參考，但不具約束力。目前 AEBC 計有成員 20 人，包括農民、科學家、綠色環保團體、產業代表等。Dr. Grant 本身同時亦為律師，運用其較具中立客觀的立場，協調整合該委員會之功能。

英國早期對 GMO 並無特定的立場，1997 年以前也曾批准多項 GM 作物從事田間試驗，惟因美國孟山多公司在推廣 GM 產品的強勢手法，激起英國國內部分團體之強烈反彈，並迅速擴散，以致在歐洲逐漸形成普遍反對 GMO 的風潮。因此自 1997 年後，在英國未曾再核可 GMO 田間試驗。雖然美國不斷引據 WTO 相關規範進行施壓，但依據現行規範及程序確實不易取得批准。

此行與 Dr. Grant 針對 GM 作物所做的討論內容約可歸納為下列六點：

- (1) GM 作物必須與非 GM 的傳統農業甚至有機生產相互並存(co-exist)，在此一前題下，需要有更多的科學證據來規範 GMO 的生產方式。
- (2) 訂定生產環境之相關法規：例如：GMO 栽培區與有機生產農場の間隔問題；如何防止 gene flow 對野生動植物的影響；避免種子處理或農機作業過程之污染機會等嚴格管理條件。
- (3) 罰則之研究：主要為責任歸屬問題的探討，原則上如果 GMO 農場依規定作業，則鄰近農場的污染非其責任，反之，則需負賠責。惟如何檢測？罰款標準？目前似不易獲得共識。
- (4) 目前歐盟規定之 GMO 混雜比率允許度為 0.2~0.9%，此範圍是否合理可行？
- (5) 探討以保險制度降低風險危機之運用機制：如何給付？是否可由政府補貼等問題(目前尚未有任何保險公司接受此類保險)。
- (6) 歐洲政府雖瞭解 GM 發展為必然的趨勢，但民眾仍有疑慮，因此在當

地屬於政治議題，加上一般民眾之訴求並不完全理性，目前仍不易由科學數據來予以說服。

進行大型生物安全評估試驗方面，係以 GM 與非 GM 作物比較觀察對生態環境的影響。目前供測試材料為抗殺草劑之 GM 玉米、油菜與甜菜。初步結果有兩種 GM 作物稍為不利（油菜、甜菜），部分學者認為此類試驗似有瑕疵，尚不足以代表真正的結果，正進行第二階段之試驗中。

是晚承蒙駐英科技組晚餐招待，並特地邀來當地與台灣農業及貿易業務熟悉之人士共餐，對未來台英雙方之農業合作與農產品貿易交換意見。

(二) 在倫敦拜訪英國上議院議員 Lord Selborne

10 月 7 日早上由駐英國代表處科技組陳嘉猷副組長引領拜訪英國上議院 Lord Selborne 議員。Lord Selborne 本身經營果園，於 1980 年代及 90 年代曾擔任上議院農業科技委員會主席，為農業科技研發爭取經費；並曾代表英國擔任 OECD 曼谷會議主席。Lord Selborne 不僅對歐盟 GMO 現況甚為熟悉，在國際上也頗具有影響力。2003 年 Lord Selborne 曾組團訪台，對台頗為友好。他所表達的意見或可代表英國的官方看法。以下為 Lord Selborne 對 GMO 的看法：

- (1) 早期歐洲對 GMO 並無強烈反對意見，GM 番茄醬也在市場銷售，但因孟山多公司宣示不接受對大豆標示等措施，此為引起民眾全面情緒化反彈的主因。
- (2) Lord Selborne 認為一般人可接受 GMO，但不接受 GMO 食品，乃因 GMO 所可能發生的問題並未充分反應給消費者，爰需特別注意消費者利益及選擇的權利。
- (3) 未來如何避免 GMO 對非 GMO 農民的權益造成影響，成為一新的思考方向。
- (4) 已知「並存」(co-existence)的概念似乎已成為美國對 GMO 的共識，Selborne 也提到此一概念，他的談話包括如何避免 GMO 對非 GMO 農民的權益造成影響，認為此議題應成為一新的思考方向。

訪談中，我們特別就 GMO 產品的國際貿易問題與 Selborne 交換意見。Selborne 認為台灣應思考如何將一般農產品銷售到歐洲，如此或許較為實際。至於 GMO 貿易，則以非食用之 GM 農產品(如花卉、觀賞魚等)較之 GM 食品容易打入歐洲市場。

(三) 在劍橋「國立農業植物學研究所」(National Institute of Agricultural Botany, NIAB)拜訪 Dr. Jeremy Sweet

10月7日上午在倫敦離開 Lord Selborne 的辦公室後，即由駐英科技組張和中組長陪同搭乘火車前往劍橋，前往「國立農業植物學研究所」拜訪 Dr. Jeremy Sweet。Dr. Jeremy Sweet 多年來從事 GMO 研究，為英國知名的 GMO 安全評估專家，在國際上亦極受重視。目前則剛從 NIAB 的專職研究人員退休改任 NIAB 顧問之職，並負責 NIAB GMO 評估的研究計畫，與 NIAB 仍然極為密切；此外，目前他正參與歐盟國家新 GMO 法規的起草工作。

Dr. Jeremy Sweet 先就歐盟對 GMO 管理政策作了一場簡要介紹，題為「安全地將 GMO 引入歐盟農業體系計畫」，英文標題是“Sustainable Introduction of GMO into European Agricultural Project”，本標題特別簡稱為 SIGMEA，足見此議題與計畫在歐盟所受之重視情形(亦詳10月13日參訪 INRA 之介紹內容)。首先從「歐洲食品安全管理局」(European Food Safety Administration, EFSA)談起，Dr. Jeremy Sweet 目前亦擔任 EFSA 的 GMO 部門之副主席。EFSA 成立才兩年，但它將是歐洲未來極為重要的一個組織和機構，其任務是掌管所有與食品安全有關的事務。EFSA 目前(2004)設於布魯塞爾，明年(2005)將移至義大利。任何一個歐盟國家向 EFSA 申請的食品安全案件，其處理結果皆會通知給所有歐盟國家，以供各國參考。不過 EFSA 的宗旨僅在於對各個案件提供科學上的建議(scientific opinion)，而不涉及相關之決策部分。EFSA 的成立顯然只是歐洲事務整合潮流中的一個環節，而 GMO 業務亦在其所涵蓋範圍之內。在此業務架構下，Dr. Jeremy Sweet 對 GMO 管理議題的介紹內容至少包括以下各點：

1. 預防原則(Precautionary principle)：歐盟對 GMO 風險評估是採取事先防範未然之策略。尤有進者，其對於「預防」之思維係以「過程」作為考量依據(process based)，此與美國以最終「產品」作為考量依據(product based)有所不同。根據此原則，所有的 GMO 在歐洲皆須納入規範，甚至其轉殖基因來自相同物種(species)亦不例外。足見其較美加等國嚴格甚多。
2. 個案處理(case by case)原則：對於 GMO 之管理採取個案考量方式，依其對環境之影響程度及方式，層層考量以擬定管理方法。
3. 為了個案管理，對於不同程度之風險，須有所區分。因此乃針對下列三個名詞給予明確定義。Hazard (危險)：其影響或衝擊具有潛在的危害性謂之；Harm (危害)：其影響或衝擊對人的健康或環境(包括生物多樣性)具有傷害性謂之；Risk (風險)=Hazard × 其發生頻率。
4. 階段式的風險分析(Tier approach to risk analysis)：採漸進式，總共分成三個階段進行。第一階段(Tier 1)，實驗室層級的試驗；第二階段(Tier 2)，生長箱或溫室層級的試驗；第三階段(Tier 3)，開放田間試驗。
5. 底線之建立(establishing baselines)：可依據下列三種比較方法建立 GMO 管

制時之容忍底線。1.比較現存體系和 GMO 體系間所呈現之危害(harm)程度的差異；2.比較 Bt 玉米或棉花和使用農藥栽培之非轉殖玉米或棉花之間的差異；3.比較 HT(herbicide tolerance)作物和施用選擇性殺草劑之一般作物之間的差異。

接著 Dr. Jeremy Sweet 針對基因流佈(gene flow)之議題作介紹，所談內容至少包括以下各點：

1. 基本要項：欲談基因流佈，須從兩大要項切入，其一為生物因素(biological factor)，其二為物理因素(physical factor)。生物因素包括(1)植物特性、(2)繁殖力(fertility)、(3)花粉釋放方式、(4)雜交親和性、(5)開花時間、(6)配子接合性(zygosity)等。物理因素包括(1)傳粉媒介、(2)植物之間是否有障礙物存在、(3)種植規模、(4)距離等。
2. 不同植物產生基因流佈之風險各有不同，可分為高、中、低等三個等級。高風險者包括：油菜(rape seed)、雲苔屬植物(*Brassica* spp.)、玉米、飼料作物(fodder)和甜菜等。中度風險者包括：水稻、裸麥(rye)、燕麥、多種果樹等。自交和封閉授粉之植物則屬低風險者，包括：馬鈴薯、煙草、豆類、小麥、大麥、不開花之植物等。
3. 研究顯示，在同一操作水平下，若欲使作物族群遭受 GM 植株混雜程度維持在 0.9%，則其種子受 GM 種子混雜比率必須維持在 0.3-0.5% 範圍內，這是欲使非 GM 作物保持在標示門檻以下所需注意者(註：歐盟對 GM 農產品的標示門檻，最近已從 1% 調降為 0.9%)。
4. 欲避免受到 GM 植物混雜，須從各方面著手，包括(1)在種子生產階段，地方及國家皆須有適當政策，(2)種苗公司應有種子認證(certified seed)措施，(3)需有適當規範(guideline)保護生產用之合格種子，(4)需有適當的作物生產策略。

(四) 在 Norwich 參訪 John Innes Center (JIC)之生物技術研究部門

10月8日一早由劍橋租用小巴士前往位於 Norwich 市之 John Innes Centre (JIC)，經 2 小時車程，於 11:00 準時抵達，由 Dr. Harwood 接待。辦完登記手續領了名牌之後，被引入一間小會議室，首先由公關組 Ray 介紹 JIC 之組成、人事、研究經費及其中心任務，再由 Dr. Harwood 介紹有關轉基因香蕉及水稻功能性基因體學(functional genomics)之研究概況，並安排參觀 JIC 之溫室及各項實驗設備。

JIC 是座落在 Norwich Research Park 的一個私法人研究機構，由一個慈善基金會(John Innes Foundation)支持。JIC 成立於 1994 年，係由三個機構合併

而成。此三個機構包括(1) John Innes laboratory (1910年由John Innes成立基金會資助之私法人機構)；(2) Plant Breeding Research Institute (原為Cambridge的Research Farm，1912年改制為Research Institute)；(3) Nitrogen Fixation Laboratory (為一公立研究機構，成立於1963年)。合併當初的JIC共有有九個系(Department)，三年前再改組為現今之六個系(它們是Crop Genetics、Biological Chemistry、Cell and Development Biology、Metabolic Biology、Molecular Microbiology and Computational Biology、Disease and Stress Biology)。由其合併與沿革歷史，可知JIC應是英國公立農業研發機構進行法人化的產物。JIC為一從事生命科學基礎及策略性研究的機構，並與其他慈善基金會(如Gatsby Charitable Foundation)、大學(如University of East Anglia)以及一些私人研究機構(如Sainsbury Laboratory)進行共同研究。其主要任務除了上述之基礎及策略性研發工作，尚包括訓練科學家並將它的研究成果提供給社會大眾分享。基於公共利益之原則，避免學術成果未能成為公共資財，JIC時常藉由發表研發成果與申請專利來防止他人專利，因此其對於專利之態度是防禦性大於經濟利益。

JIC同時也是Norwich Science Park的成員，該科學園區之其他成員包括：University of Norwich、Educational Hospital of University Norwich、Food Research Institute。除此之外，尚有兩個「準成員」(associate members)，包括一家私人醫院以及一個Agricultural Research Center。這些成員形成一個較完整的科學園區，整個園區內約有1,500~1,800個與生命科學有關之研究或專業人員。該科學園區的成員機構間僅為策略聯盟關係，其成立之宗旨是希望以此為基礎引進更多的農業研發單位(但似無具體的鼓勵措施)。目前以成員間的設備互用為主，實際上人員的交流也不明顯。JIC本身共約800員工，其中長期員工約佔一半，其餘為臨時人員及技術行政人員，其他則為學生、客座研究員及計畫助理等。

JIC佔地約10000坪(30000平方公尺)，包括傳統及隔離溫室，以及約400英畝試驗田，並有相當完整的實驗設備供生物資訊、基因體、蛋白質體及代謝體之相關研究所需。該中心也提供不少技術平台給內部及其他研究單位使用，包括生物影像(Bio-imaging)、核酸定序、DNA指紋分析、高效率基因表現分析、蛋白結構與功能分析技術、蛋白質體學及代謝體學技術、植物基因轉殖技術等。此外，JIC本身也有次級獨立單位，包括：1. Sainsbury Laboratory：乃由英國著名超級市場系統Sainsbury所資助，為一財務獨立的單位，以基礎研發為主(與超級市場的業務並無直接關係)；2. Plant Bioscience Ltd：由JIC轉投資的小公司，負責處理該中心的專利相關業務；3. Norwich Bio-Incubator：為產業輔導單位，亦為財務獨立單位，有12個開放型實驗室供小型研發公司

之用(據側面瞭解，業務狀態並不好)。

JIC 每幾年評鑑業務一次，以調整其研發方向。該中心每年之總經費約為 2 千 3 百萬英鎊，其中由政府每年編列預算佔一半，來自 BBSRC (Board of Biological Science Research Council)，另一半為競爭性政府計畫。學生及客座研究員的收入、捐款、以及籌自工業界的經費等約佔 5%。政府提撥的經費採幾年滾動(rolling)方式提撥。在此制度下，中心所僱研究人員是採幾年合約制，運作似乎尚稱穩定。

JIC 在植物基因轉殖方面，已有效的利用農桿菌轉殖法或基因槍法，成功地轉殖一些重要作物如小麥、大麥、水稻、玉米、油菜及碗豆等。此外該中心還進行基因體學、遺傳學、以及作物發育的比較研究，號稱歐洲中唯一能執行此研究之單位。有關功能性基因研究上，已利用 T-DNA 插入法和 Ac/Ds 跳躍子標記法 (transposon tagging)，在阿拉伯芥、金魚草(Antirrhinum)及水稻上獲得一些 gene disruption 或 T-DNA insertion 的突變株，可供探討 gene - phenotype 關係以及基因功能之研究。

JIC 為少數在英國核准從事田間試驗的機構之一，其手續繁雜，申請一件田間試驗之費用需手續費 5,000 英鎊，另加每年 800 英鎊給負責監控(monitring)的專責機構，這些費用尚不包括設備與人力等直接費用。該中心在 GM 大麥的研究上，曾在 1998-2003 年期間進行初步的隔離田間試驗，歷時 5 年，共使用三個 GM 大麥品系；在分析 GM 大麥花粉散佈之研究上，獲得一些結論，認為 GM 大麥經由花粉產生基因流佈之風險不大。可惜我們此行並未獲得這方面的更詳細資料，由其幻燈片介紹顯示，他們對於所用之硬體設施並未特別講究，其試驗規模亦不大，整個試驗區只有 30 平方公尺，規模極小，試驗區周圍及上方以張網方式防鳥，並以 200 公尺作為隔離距離。

法 國

10 月 8 日下午離開 JIC 後即趕往倫敦，傍晚搭機轉往巴黎，在住法科技組的鼎力安排協助下，先安頓下來。次日(10 月 9 日)為週六，但科技組的彭清次組長和李青青秘書仍不辭辛苦，犧牲其假期為大家安排並討論各種參訪事宜，是晚更承蒙其晚餐招待，餐敘中細心為大家解說法國國情與農業科技現況，使我們倍感溫馨，對法國之現況在短期間內獲致不少基本瞭解。不僅如此，駐法科技組更為我們此次的訪問準備了一份「農業生物技術國家型計畫辦公室訪問資料夾」內容豐富而完整，不僅對我國與法國農業科技合作有一回顧，並對法國的相關機構及基因改造農作物的相關報導也予以整理，這份資料使大家如獲至寶，對參訪活動助益良多。

10月10日(週日)為國慶日，彭清次組長特地安排大家在下午參加我國駐法代表處舉辦的國慶酒會，與當僑胞及旅法商務人士聯誼，交換國內外農業科技發展資訊。酒會結束後。則在李青青秘書的陪同下搭子彈列車自巴黎轉往法國南部的蒙波利耶市(Montpellier，距巴黎約800公里)，準備次日參訪設於該處的農業生技園區(Agropolis)，農委會派駐我國WTO辦事處的參事張淑賢博士亦自瑞士趕來和大家會合，以便次日一起進行參訪工作。

10月11日上午9點先拜訪在Montpellier之INRA，聽取簡報及討論。11點再趕到距離不遠的Agropolis International，參訪「國際香蕉改良聯盟總部」(Headquarter, International Network for Improvement of Banana and Plantain, INIBAP)，由INIBAP的研究人員Jean-Vincent Escalant報告香蕉基因轉殖研究之概況。中午在Agropolis用餐後，轉往附近的「農業研究發展國際合作中心」(Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, CIRAD)，由CIRAD的Prof. Emmanuel Guideroni簡單介紹該單位有關轉殖基因研究之概況，並帶領大家參觀隔離溫室。

此次訪問Montpellier的Agropolis，是以INIBAP和CIRAD兩機構為參訪重點，茲將該兩處之參訪情形報告如下。

(一)參訪國際香蕉改良聯盟總部 (Headquarter, International Network for Improvement of Banana and Plantain, INIBAP)

「國際香蕉改良聯盟」(INIBAP)總部位於Montpellier農業科學園區(Agropolis)內，出面接待的是該總部聯絡專員(Coordinator)Dr. Jean-Vincent Escalant。該聯盟成立於1985年，目前是國際植物遺傳資源會社(International Plant Genetic Resources Institute)的一個單位，成立宗旨係在提升香蕉(banana)及煮食蕉(plantain)之生產力及貿易價值，並以全球各栽培地區之小農的永續經營為目標。該聯盟的運作方式，係透過資訊收集及交換、組織並協調全球有關香蕉的研發單位，結合成區域性及國際性的網路系統，以達成該聯盟所設定的目標。目前除了設在Montpellier之總部(職員20人)之外，另有4個地區性的辦公室，分別設在比利時的魯汶(Leuven)(職員7人)、非洲的烏干達(Uganda)及喀麥隆(Cameroon)(職員11人)、中南美的哥斯大黎加(職員5人)、及亞洲的菲律賓(職員4人)。

Dr. Escalant特別以幻燈片說明了有關基因改造香蕉的研發現況。目前國際改良聯盟的研發重點擺在下列四項：(1)抗蟲(Weevils)；(2)抗軟腐病(*Fusarium wilt*)；(3)抗線蟲(nematodes)；(4)抗病毒BBTV及BSV。所使用的轉殖材料，係模仿自台灣所研發的胚性懸浮培養細胞；所使用的轉殖方法包括農桿菌法、基因槍法、及葉綠體基因轉殖法。目前已有部份轉殖植株在溫

室中繁殖，並準備在烏干達進行較大規模的田間試驗。

(二) 參訪農業研究發展國際合作中心 (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, CIRAD)

CIRAD 是法國政府為協助熱帶及亞熱帶農業發展而設立的研究機構(A French development-oriented agricultural research organization serving the tropics and subtropics)。此次在 Montpellier 參訪 CIRAD，是由 Prof. Emmanuel Guideroni 負責簡報該中心的研究狀況並帶領參觀隔離溫室。CIRAD 的隔離溫室主要用來栽培以 T-DNA 插入法產生之水稻突變株。這些材料主要用來作為植物基因功能研究之用。與目前國內由中研院余淑美老師主導的水稻 T-DNA 插入突變體之研究相似。

Prof. Guideroni 為 CIRAD 之研究人員，他目前亦與在西班牙及義大利之科學家合作，以 GM 水稻為材料，探討水稻花粉之散佈所造成轉殖基因流佈 (gene flow) 情形。第一階段在 2001 年，以帶有能抗殺草劑 Ammonium glufosinate 的 phosphotricin acetyl transferase (*pat*) 基因的轉殖水稻為材料，同時在其四周 (side-by-side) 種植未轉殖之水稻親本材料，或以同心圓方式在距離 1 公尺及 5 公尺之半徑種植未轉殖之材料。利用轉殖基因具抗殺蟲劑之特性，可大量篩選原未轉殖水稻之後代種子，根據是否具有抗殺草劑之特性來評估轉殖基因 *pat* 藉由花粉流佈之情形。結果發現 side-by-side 之設計，在篩選的 11,540 粒種子中，有 9 粒具抗殺草劑之特性，顯示其基因流佈百分率約為 0.08 %。另外，以同心圓設計之分析結果發現，在距離 1 公尺半徑之基因流佈百分率，自 0.007 % 至 0.53 % 不等。最高之基因流佈百分率，是處在主要之下風區所造成。他們認為此等同心圓之田間設計，可作為未來探討轉殖基因對其他栽培品種基因流佈之用。

在最近有關基因流佈之研究結果 (2004 年發表)，也是與義大利科學家合作。基本上，為延續第一階段之研究結果，採取同心圓之田間設計，穿插種植轉殖基因水稻及未轉殖之傳統水栽培品種及野生紅稻 (red rice weed)。再觀察轉殖基因(本研究以 *bar* 基因為主，也是抗殺草劑基因)流佈到未轉殖水稻之頻率。結果發現不同方位之未轉殖水稻接受到轉殖基因的頻度分佈並不均勻，仍是以下風處之分佈最高，說明風之影響扮演重要角色。整體基因流佈的平均百分比，對野生紅稻為 0.036 %，對傳統栽培品種為 0.086%，而且基因流佈之頻率隨栽種距離增加而降低，在超過 5 公尺之距離，基因流佈之頻率趨近於 0。

Prof. Guideroni 除在基因流佈方面有具體成果之外，在轉殖基因作物去除篩選標誌基因(marker-free transgenic plants)之研究工作也有不錯之成果。2002 年，他結合玉米 Ac-Ds 跳躍子系統及農桿菌之 T-DNA 轉殖系統，將帶有

ubiquitin-*CryIB* 之基因卡夾，構築在玉米 Ds 跳躍子終端反向重複序列之間，再與其他抗抗生素基因及跳躍酶(transposase)基因一起構築在 T-DNA LB 及 RB 兩個 borders 之間。利用此構築獲得的轉殖水稻 (T0) 在 Ac-Ds 跳躍系統之作用下，可在轉殖株之後代 T1 獲得自 T-DNA 中跳出(excision)，再跳入(reinsertion)新位置的 *cry IB* 基因。然後在繼續分離的子代中可獲得僅帶有目標 *cry IB* 基因，但不具篩選標誌基因(marker gene)及 T-DNA 之轉殖株。此系統需經後代之再篩選及分離，需要篩選比較多的後代。因此，後續工作的投入不少，但 Prof. Guiderdoni 仍認為這是一個獲得 T-DNA 及 marker-free 轉基因作物的不錯方法。

另外，Prof. Guiderdoni 於 2004 年，再利用一種帶有二個 T-DNA 之構築方式，可以有效地獲得不具篩選標誌基因的轉基因水稻。他將帶有篩選標誌基因(本研究使用 *bar* 基因)的 DNA 構築在 *Agrobacterium rhizogenes* 邊界(border)序列之間，再將目標基因(本研究使用 GFP 基因)構築在另一農桿菌 *Agrobacterium tumefaciens* 的邊界序列之間。透過如此二個不同 T-DNA 邊界序列之作用，可使篩選標誌基因及目標基因插入不同基因體之位置。再利用子代之分離，可獲得不帶篩選標誌基因，但含有目標基因的轉殖水稻。此等方法可作為我們未來轉殖水稻去除篩選標誌基因之參考。

Prof. Guiderdoni 在水稻上所從事的基因流佈(gene flow)之研究，已有豐富經驗並取得豐碩成果，頗值得我們參考。此外，此行在 CIRAD 得以實際看到該單位之隔離溫室設施，並獲 Prof. Guiderdoni 慨允進入溫室內部仔細參觀，且在現場與 Prof. Guiderdoni 和其他工作人員討論有關隔離溫室設施及研究花粉散佈之各種細節，更使所有團員獲益良多。

(三)參訪巴黎法國「國家農業研究院」總部 (Institut national de la recherche agronomique, INRA)

10 月 12 日晚上自 Montpellier 趕回巴黎，以便 13 日參訪 INRA 總部，與法國生物科技官員討論台法農業科技合作事宜。

10 月 13 日與 INRA 會議時間原先約定在上午，後來因故臨時改為下午。議程包括雙方簡報和討論等兩部分，首先由法方官員介紹法國農業及生物技術近況(主要介紹 GMO 之安全評估試驗)，採用幻燈片方式，內容極為詳細，惜因所佔時間較多，致使我方因時間不足只能改用口頭方式簡介國內生物技術研發近況以及國科會國家型科技計畫之概況；至於雙方合作事宜則約定於事後透過國科會駐外科技組與 INRA 進行聯繫。茲將法國農業及生物技術概況報告如下：

1. 法國農業及農業研究組織概況：

(1) 一般統計資料：

法國基本上是一個鄉村風味濃厚的國家，農地和林地面積全國 87 % 面積。農業產值戰全國 GNP 5 %，全國共有 665,000 農戶(2000 年資料)，每戶農地面積平均為 42 公頃，從事農業工作人員共 920,000 人，農家人口共 1,900,000 人。農業產業(agro-industry)年產值為 1,228.5 億歐元，所產生之附加價值約 300 億歐元，總員工達 603,000 人，佔全國總產業雇用員額之 16.5 %，農業產業所成立之公司共 4,200 間。每年農產品出口價值達 250 億歐元，進口 175 億歐元，出超 75 億歐元。

(2) INRA 之組織及其與外國合作關係概況：

INRA 為法國最高之農業研究機構，其研究方針具有任務導向之特色，目的是符合法國民眾對農業所扮演功能之期盼。基於此前提，目前 INRA 之研究策略特別強調以下三點：其一為發展永續農業，其二為著重食品對健康影響之研究，其三為著重農村發展與環境保護。INRA 共有員工超過 10,600 人，包括 8,600 正式人員，其中之 4,600 人為具有博士或碩士學位之專家。INRA 年預算約為 5 億 9 千 1 百萬歐元，其中 85 % 來自政府的研究經費預算。在組織架構上，INRA 由一個董事(collegial directorate)領導，下轄 14 個學術部門，在全國各地則有 280 個研究單位(research units)及 85 個試驗單位(experiment units)。

INRA 每年約有 1,500 項研究契約任務，其中約有數百個研究契約是和其他歐盟國家簽訂的。約有 1,000 個學生或受訓人員目前正在 INRA 所屬之各個單位進行研究工作。INRA 每年對外執行約 4,400 項研究工作任務，而且約有 70 至 80 位 INRA 專家前往國外執行研究任務。

2. 法國 GMO 安全評估試驗概況：

(1) 歐盟對 GMO 的新策略架構與法國對此新架構之因應

最近歐盟對於 GMO 管理之策略已形成一套全新的架構，此一全新的架構約可由下列五點加以涵蓋：其一、對 GMO 加強採用上市前的評估策略(To reinforce the pre-marketing evaluation of GMOs)，而且其評估重點是放在 GMO 對環境的間接和長期影響上面 (taking into account indirect and long-term effects of GMOs on the environment)；其二、須能透過有效的「上市後監視」策略儘速評估以偵測出任何事先未曾預期的負面效應(To validate risk assessment and to detect unexpected negative effects as soon as possible through efficient post-marketing monitoring programmes)；其三、保證對產品的追蹤調查並將結果以標示的方式清楚地告知消費者 (To ensure the traceability of products and clearly inform

consumers through labeling)；其四、允許不同的農業栽培體系共同存在 (To allow the co-existence of various kinds of agriculture)，但其前提則是須遵循歐洲委員會的規定 (by ensuring that, according to the European Commission)；其五、必須能使農民自由選擇其栽培之作物，包括 GM 作物、傳統耕作之作物、有機栽培之作物等 (Farm should be able to cultivate freely the agricultural crops they choose, be it GM, conventional or organic)。

法國為歐盟之重要成員之一，為妥善配合歐盟對 GMO 的新策略架構，INRA 所擬定的因應策略包含下列三大方面：其一、將 GMO 當成一種研究利器，用以研究結構基因體學和功能基因體學 (structural and functional genomics)；其二、加強進行 GMO 的風險評估，包括間接及長程影響因素之評估，以及研發評估用之偵測技術；其三、藉由加強民眾教育 (social perception) 和 GMO 監控計畫提升相關的知識技能並提升正確決策之能力。

(2) 法國對 GMO 的風險評估現況

INRA 將 GMO 的風險評估視為一種真正的科學挑戰 (Risk assessment is a real scientific challenge)，其主要原因是 GMO 的風險評估所包含的因素其實是極為複雜的。基本上，評估工作是採用個案方式 (“case-by case” basis) 進行，但它仍是農業體系的一環，因此我們不能不考慮到 GMO 之間的互相作用，以及它與作物栽培及耕作系統的多樣性之間的關係。此外，它對未來的物種演化的長遠影響所具有的動態關係，皆極難以在短期間內弄清楚。面對這些錯綜複雜的因素，INRA 將考量之重點放在以下六點：其一、不同的 GM 作物和遺傳性狀在其栽培體系 (cropping systems) 中的演變；其二、GM 栽培體系所產生的累積效應與長程效應；其三、探討是否會產生逆向效果 (adverse effects)，並加以辨認；其四、建立作物管理規範；其五、設計出有用的標準檢測技術；其六、建立一個工具及架構以提供給「上市後監測」 (post-marketing monitoring) 之需。

INRA 自 1995 起執行了一個多年暨多作物的監測研究 (A multi-year and multi-crops “monitoring” study)，此研究計畫同時在 Burgundy、South-West、Champagne 等三個地方進行；共使用三種 GM 作物，包括玉米、油菜、甜菜，所轉殖之基因為抗殺草劑基因和抗 European Corn Borer，每處使用 4-5 個面積 1 公頃之試驗田。由此試驗中獲得許多寶貴資料，包括基因流佈情形以及各種偵測技術與方法等。INRA 對於 GMO 風險評估之研究方式，強調模式之重要性，認為建立理想的試驗模式乃十分必須者。

此外，INRA 亦強調對於 SIGMEA 之重視，其義為「安全地將 GMO

引入歐盟農業體系計畫」，是英文全標題”Sustainable Introduction of GMO into European Agricultural Project”的簡稱(亦詳 10 月 7 日參訪劍橋 NIAB 之 Dr. Jeremy Sweet 的介紹內容)。SIGMEA 是一個探討作物與作物間(crop-to-crop)基因流佈的研究計畫，參與者極眾，在歐洲共有 12 國加入，包括 45 個研究室；此外還與北美及澳洲有國際合作關係。SIGMEA 還會與現存或未來的相關研究計畫建立聯繫關係。SIGMEA 的宗旨，簡略言之，是要以科學為基礎建立一套架構、策略、方法、以及實用的「工具箱」(toolbox)，提供給下列三方面之需：(1)在 GM 作物的田間栽培層級(landscape level)實施生態及經濟評估；(2)針對 GM 作物設計出管理規則；(3)為 GM 作物設計監控方法。基於此，可見 SIGMEA 的各種成果對未來的重要性，值得我國密切注意。

比利時

比利時之參訪行程皆承駐歐盟代表處科技組蔡琳玲秘書安排及帶領。

一、參訪歐盟農業總部(Directorate-General for Agriculture, European Commission)

10 月 13 日早上參訪設於布魯塞爾市區的歐盟農業總部，由該部門的 Andreas Gumbert 博士與食品安全部門(European Food Safety Authority, EFSA)的 Suzy Renckens 博士代表接待，介紹歐盟現行之 GMO 法規主要內容與架構，並與大家討論。討論重點包括：

1. 歐盟對於包括物種及所轉殖的基因等試驗材料，必須在進入田間試驗前，提供足夠的資料及背景。若將歐盟和我國之政策互相比較，則我國目前對 GM 植物之試驗規定內容與要求，似已可滿足歐盟需要。
2. 針對隔離距離方面，在歐洲係以個案處理方式(case by case)的審查；惟因我國為常設性試驗田，隔離距離需以高風險作物為規劃原則。目前農試所已依試驗作物種類，作為規劃的參考，但仍有加強的必要。
3. 基因流佈(gene flow)的問題：此為環境風險評估的重要概念之一。惟 gene flow 之風險可因作物之特性而不同，例如風險之大小可依無性繁殖、自交作物、蟲媒作物、風媒作物之順序而逐步增加，又可因是否有本土近親物種而有所不同。太嚴則增加負擔，太鬆則提高風險，以 gene flow 的觀念來檢討試驗田的設計，似有其必要性。
4. 「並存」(co-existence)的概念：此一概念幾乎每一受訪機構皆被提出，足見其受重視之一般。其概念本身雖為一通識，但將此概念溶入規範則相當複雜。大都認為 GMO 不可能取代所有的傳統生產體系，而其產品應有所區隔，因此出現著重「有機農業」耕作方式之另一派見解。

5. GMO 對環境的影響：此在歐洲似乎尚未成熟到可用法令加以規範的地步，對已可預期的影響問題較少，但對不可預期的影響則尚未有一具體可行的辦法。因此此議題與概念似值得作為尋求國際合作以共同研究之對象。
6. 目前歐盟對 GMO 上市後的長期追蹤規範，是先給予 10 年的許可，並同時進行追蹤，10 年後依結果再予審核。此一規範大幅提昇 GMO 生產的成本，尤其在我國由於農產品交易筆數多而量很少，追蹤非常困難，如要採用追蹤的概念，在技術上需有所突破。
7. 「實質等同」(Substantial equivalence) 概念之排除：此為一新的發展，依此新趨勢，將大幅增加產品標示之需要，舉凡使用 GMO 加工品(如油、澱粉、生化成份等)作為原料所製造出之再加工品(如餅乾、生力麵等)，皆須標示為 GMO 產品，而此類產品實際上尚無法檢測，如此概念被接受則不僅執行困難，同時應會遭遇 WTO 精神的挑戰，建議我國暫不決定跟進，以觀歐盟規範之執行成效。

二、參訪法蘭德斯生物技術研究所 (Flanders Interuniversity Institute for Biotechnology)

10 月 13 日下午由布魯塞爾搭火車前往位於根特市(Gent)的法蘭德斯生物技術研究所，由該所植物系統生物系(Department of Plant Systems Biology)系主任 Prof. Dirk Inze 親自接待。

法蘭德斯生物技術研究所(簡稱 VIB)，係一個非營利的科學研究機構，成立於 1996 年 1 月 1 日，主要的工作是利用先進的基因科技，從事人類、植物及微生物的基因功能研究。比利時的分子生物學研究，有非常優良的傳統，早在 1970 年代，Prof. Jeff Schell 和 Prof. Marc Van Montagu 即已成功發展出土壤農桿菌基因轉殖系統，這套系統已變成當今植物基因轉殖最廣泛被應用的系統，Prof. Schell 因而被歐洲學術界尊稱為「植物分子生物學之父」。VIB 承襲了這些優良學術風氣，目前已是國際上知名的科研單位，在學術上的表現相當亮麗，於 2003 年在國際最佳學術期刊上，發表 65 篇影響指數(impact factor) 超過 10 分的頂尖論文；在植物及動物科學的國際文獻引用排名方面，該所的 Prof. Van Montagu 佔全世界第一名，論文數目高達 195 篇，被引用次數為 5,968 次，又該所 Prof. Dirk Inze 佔第四名，論文數目為 130 篇，被引用次數為 4,105 次。另外，在國際的認同及知名度上，目前該所是全球博士後研究人員最喜歡的工作地點之一。

VIB 的總部設在比利時根特，其研究團隊分別由比利時的根特大學(U. Gent)、魯汶大學(K.U. Leuven)、安特衛普大學(U. Antwerp)及布魯塞爾自由大

學(V. U. Brussels) 所組成，目前共有 9 個系，由 60 個研究群組織而成，每群含有 10-12 位科學工作者。該所目前每年的預算為 5 千 2 百萬歐元，由於比利時政府充分體認到科技創新對於經濟發展的重要性，政府給予該所長期而穩定的支持，在 2002-2006 年間，每年政府支持經費為 2 千 8 百萬歐元。該所成立董事會(board of directors)負責管理，董事會的成員有 13 名，由 6 位大學代表、4 位工業界代表、及 3 位政府代表組成。該所的最高指導單位為諮議會(general assembly)，由工業界、大學、研究所、聘僱人員聯盟、及政府派代表組成，成員有 33 位，每年至少集會一次，負責預算審查。Prof. Inze 特別介紹了他所領導的植物系統生物系的科研內容，該系的內涵係由三個學術領域整合而成，包括生物資訊學(bioinformatics)、功能性基因體學(functional genomics)及生物學(biology)，三領域相輔相成，生物資訊學負責利用數學模型建構基因網路(network)、功能性基因體學負責發展高通量(high-throughput)的分析系統，而生物學則尋找適當的生物材料，來解答相關的生物問題。該系目前有 6 個研究群，研究的課題分別為分子遺傳學(molecular genetics)、功能性基因體學(functional genomics)、計算機生物學(computational biology)、生物資訊及演化基因體學(bioinformatics & evolutionary genomics)、植物微生物(plant microbes)、與基因體動態及基因調控(genome dynamics & gene regulation)。該系最近發展出「植物生長自動量測及數位影像系統」(digital imaging)，在溫室內利用輸送帶將植物送到特定地點進行數位攝影，經影像處理後，可量測植物的生長量，對於基因轉殖植物的管理與監測，應有助益。該系也有衍生公司(spin-off company)，專門負責水稻的功能性基因體研究，每年的產能為 10 萬株的基因缺失突變株(knock-out mutants)。

德 國

德國行程之目的為參訪位於 Aachen 市的「夫勞恩霍夫研究院分子生物暨應用生態研究所」(Fraunhofer Institut - Molecularbiologie und Angewandte Oekologie)，承蒙駐德代表處科技組組長胡昌智博士安排規劃。10 月 14 日上午 10 時許，由比利時布魯塞爾出發，搭歐鐵快速火車前往德國，抵達德國 Aachen 市時已是 12 點多，Aachen 市是德國工業城，鋼鐵及汽車工業發達，午餐後即匆忙趕往『分子生物暨應用生態研究所』，該所位於離市中心約 20 分鐘車程，由於司機路不熟，赴該所的道路標示又不明顯，折騰了將近 1 小時才到達，出面接待的是該所負責「應用基因體計畫及蛋白質體研究」之主持人 Dr. Dirk Prüfer，他同時也在 Münster 大學擔任教授。

夫勞恩霍夫研究院成立於 1949 年，係一非營利性之研究組織，目前分佈

於德國 40 個地點，共有 80 個獨立研究單位，其中有 58 個研究所，職工人數約為 12,700 人，主要是科學工作者及工程師，每年之研發經費約 10 億歐元，其中 10% 由政府支持，另外 90% 係工業界所契約的產業研發經費。該院以工業界所簽約的企業體為服務對象，進行工業界所需之應用研究，並以提升工業社會之經濟發展為目標。

位於 Aachen 市的分子生物暨應用生態研究所，目前之職工人數為 145 人，包括 25 位行政人員，56 位研究助理及 64 位科學工作人員。今年全所之研發經費約 1,000 萬歐元，其中之 630 萬歐元來自工業界。該所的研究方向分成兩大領域，其一為分子生物學(Molecular biology)，另一為應用生態學(Applied ecology)，茲將研發的課題羅列如下：

一、分子生物學

1. 應用基因體學及蛋白質體學(Applied genomics and proteomics)
2. 藥學相關產品研發(Pharmaceutical product development)
3. 分子農場(Molecular farming)
4. 作物遺傳及生物技術(Crop genetics and biotechnology)
5. 應用微生物學及生物安全(Applied microbiology and biosafety)
6. 平台技術服務(Contract services)

二、應用生態學

1. 植物保護(Plant protection)
2. 化學安全及產品安全(Chemical and product safety)
3. 土壤及水之保護(Soil and water protection)
4. 環境監測及評估(Environmental monitoring and assessment)
5. 食品及飼料之安全檢測(Consumer products, food and feed)

Dr. Prüfer 在接待本團時，特別針對 GMO 之安全評估描述了德國目前的現狀，由於綠黨及反 GMO 激進份子的破壞，加上 80~90% 以上的民眾反對 GMO 食品，目前德國境內只有 4 件基因改造玉米進行田間試驗中(前幾年之最高紀錄為 2,000 件)，他預測未來 10 年應無 GMO 產品上市。但相對於以改良植物之農藝性狀(agronomic traits)之綠色生技(green biotechnology)而言，一般德國民眾可以完全接受以醫藥用途為導向之紅色生技(red biotechnology)，故該所有關植物生技的研發，係將植物當做生物反應器，以生產醫藥用途之重組蛋白或藥品為目標。研發的主題包括組織特異性啟動子的分析、葉綠體基因轉殖、高效率基因表達載體之構築、及微注射轉殖系統的研發等項。Dr. Prüfer 並當場解說該所為了因應 GMO 爭議所研發出來的微注射轉殖系統，該系統可進行基因片段轉殖，如此可以免除抗抗生素篩選基因的使用，又可進行葉綠體基因

轉殖，可免除花粉散佈所引起的生態疑慮，其基因轉殖率可高達1%，其中之50%為單拷貝轉殖，聽起來似乎是很實用、又可因應未來植物生技發展趨勢的一套系統。

考察心得與建議

此次承蒙國科會經費補助，更在國科會農業生物技術國家型科技計畫辦公室的規劃與各個駐外科技組的鼎力協助下，得以完成考察工作，不僅所參與之團員包含各種所需之專業背景和工作經驗，在歐洲所參訪與考察之對象概皆與生物技術及農業有關，但其範圍則涵蓋極廣。所參訪之對象中，屬於機構或組織者至少有9個，其中6個為從事生物技術之研究單位，2個屬於決策或領導機構，1個為商業行銷組織；所專訪之人員至少有6位，其中屬於專家學者的至少有5位，這些專家學者中至少有2位目前實際參與歐洲GMO政策之制訂者至少有2位，而對GMO政策具有深厚影響力之政治人物至少有1位。當然，由於歐洲是甚早推行研究機構法人化的地區，因此其研究單位許多亦積極從事合作研究及招商業務，例如英國的JIC和比利時的VIB即是極典型的例子。綜上所述，此行所考察之目的雖僅限於GM作物之生態安全評估之硬體設施及相關法規制度，但在這方面所接觸之對象卻十分豐富，自成一個極具多樣性之世界。因此考察心得十分豐碩，茲依據：**生物技術在基礎研發上之應用、GM作物安全評估設施、農業研究機構與法人運作等大項分述如後：**

— 生物技術在基礎研發上之應用 —

一、GM植物的研發方向：

GM作物發展迄今可分為三代。第一代GM作物是為降低生產成本，例如花椰菜殖入抗除草劑、抗蟲基因；第二代GM作物旨在提升作物價值，例如轉殖入維生素A或鐵質的基因片段，使基改作物有預防夜盲症、貧血等疾病的作用；第三代GM作物旨在提昇作物附加價值，例如生產藥用疫苗、改變花卉顏色、香味等。我國刻正推動並修正農業生物技術之研發方向，允宜適時評估參考。

二、去除篩選標誌基因的植物轉殖技術之引進：

GM作物中的篩選標誌基因 (selection marker gene)，已成為大部分國家及消費者在接受或商業使用GM作物之前要求去除的部分。目前很多科學家已著手利用各種不同策略達到去除篩選標誌基因的目的。在這方面，法國CIRAD的Prof. Guiderdoni在轉殖基因作物去除篩選標誌基因(marker-free transgenic

plants)之研究工作已有具體的作法及成果。另外，德國夫勞恩霍夫研究院「應用基因體計畫及蛋白質體研究」主持人 Dr. Prüfer 為了因應相同的需求所研發出來的微注射轉殖系統，除可進行基因片段轉殖，免除抗抗生素篩選基因的使用，又可進行葉綠體基因轉殖，可免除花粉散佈所引起的生態疑慮，其轉殖率可高達 1%，其中之 50 % 為單拷貝轉殖。以上兩種方法雖屬不同原理與技術，然似都可因應未來植物生技發展趨勢的技術系統，因此都是我們可以考慮與之合作並引進國內的技術。

三、水稻功能性基因體研究：

在 Montpellier 之 CIRAD，大規模利用 T-DNA 插入法獲得大量的 T-DNA 插入突變體，作為探討基因功能之重要材料。在國際上除了日本、韓國、大陸之外，法國算是規模最大的國家之一。目前我國在這方面之研究，在中研院余淑美博士的主導之下，已迎頭趕上。在農試所水稻研究室及種源庫的全力配合，現在已有接近 60,000 個 T-DNA 插入突變體。這些插入突變體是重要的研究資產，也是未來參與國際合作的重要基礎，值得我方進一步接觸，並商談技術交流及材料交換之合作事宜。

四、學習並吸收對生物學的新思維：

此行參訪比利時 VIB 時，所獲得的最重要收穫之一，應屬該研究所的 Prof. Dirk Inze 在生物學領域所提出的創意思想體系，他不僅在生物資訊研究上有傑出表現，所整合之 Plant Systems Biology 的體系更是非常出色的成果，有很多地方值得我們學習。建議進一步選派博士生至該單位從事博士後研究或鼓勵教師至該單位進行進修，或研擬雙方有共同興趣之研究主題，進一步建立合作研究關係。在生物資訊研究方面，可邀請該單位在這方面專業之研究人員來訪，協助我相關研究機構提升生物資訊之研究技術及生物資訊可利用範圍。

五、生物技術應用在基礎研發上之考量及其研發策略：

歐盟雖對 GM 作物產品採取排斥的態度，但利用基因轉殖作為生命科學研發的工具則予以支持及鼓勵，因其設備較貴又需專職人員操作或管理，而採用機構間的策略聯盟方式，英國的 JIC、法國的 Agropolis、比利時的 VIB 皆採此一方式，而稱之為科學園區 (Science park)，此項措施條件之一為地理位置要較接近，我國或可採取北、中、南三區策略聯盟的方式，以提昇生技相關的策略性基礎研發。此類園區雖以基礎研究為主，但仍能有產業化的功能。

六、如何透過國際合作以截人之長，提升國內基礎研究

綜合檢討各受訪機構的長處，建議政府可就下列之國際合作課題加以考

量：

1. GM 作物規範的改進及測試：建議農試所與 INRA 合作。
2. 生物多樣性(biodiversity)對農業環境的影響：建議農試所結合中興大學與 CIRAD 合作，並試將經濟效益和生態效益(economic and ecological effect)予以結合。
3. 將強發展生物資訊學研究(bioinformatic research)：建議由中興大學與 VIB 合作。
4. 水稻 T-DNA insertion material 之功能性基因體研究(functional genomic research)：建議由中研院、中興大學、農試所等與比利時 VIB 合作。
5. 植物系統生物學(Plant Systems Biology)：此為 VIB 的 Prof. Dirk Inze 在生物學領域所提出的創意思想體系，頗值得學習，建議由台大與 VIB 合作並交換博士後研究員，以加速引進此一研發模式與概念。

— GM 作物安全評估設施與評估方法 —

一、有關國情異同與 GM 作物安全評估設施的設置方式之思維

在 GMO 試驗的規劃與運作方面，由此行所參訪之機構，發現在歐洲系統內並無常設性的 GM 作物試驗用設施(荷蘭可能為例外，但可惜此次行程沒有包括荷蘭的 GM 設施)，僅在有試驗需要時依規範尋找合適的地點，依環境加上某些措施，經檢查合格即可進行。其所以採用此一方式，部份原因則與作物的選擇有關，亦即可選擇對當地農業較不具威脅的作物(如水稻、香蕉)進行試驗；另一方面乃與當地綠色激進份子的破壞有關。唯我國的情況與歐洲不同，乃以設置專用試驗田較為合宜，其原因如下：

1. 我國農業之集約度高於歐洲，很難找到適合進行試驗的地點。
2. 歐洲規範 GMO 試驗的精神，乃由申請單位負擔所有的風險，基本上以高門檻增加試驗的困難度以避免 GMO 田間試驗的淨溢。
3. 歐洲 GMO 主要用作研發的工具，溫室試驗通常已可滿足其目的，在不鼓勵 GMO 商業化的前提下，常設性試驗田成本太高而使用率太低。
4. 我國的政策為以非常嚴謹的態度輔導此項產業的發展，其策略則以多樣化的次要作物為主，作物種類繁雜而產業規模較小，農家本身往往不具備進行試驗的規模，需委託專業機構進行安全評估試驗，常設性的試驗田可降低不必要的風險。

二、如何提升我國 GM 作物評估以達國際水準：

我國 GMO 試驗之設置已在進行中，為減少國際的批評，應儘早爭取國際

認同，如有未盡之處也應趁早改良，在此前提下建議不妨考慮運用如下之國際合作機制：

1. 邀請歐盟等國家參與規劃或作顧問，歐盟的領導機構 INRA 應為一可能的合作者，例如透過台法合作協議，在明年請法方顧問訪台參與規劃及管理軟體的設計，作為改進我國 GM 作物規範的參考。
2. 召開台歐日美之小型檢討會，說明我方之設計內涵及其精神，提供試驗數據作論述的依據，以研討會的論文集背書我國的設計。
3. 透過合作計畫邀請歐方使用我國之設施，一方面增加利用率及人員之訓練，另一方面宣傳我國的設施以爭取國際的可見度。

三、GM 作物風險評估結果的客觀性：

風險評估的結果，是可否進行商業生產的重要決策依據，由一中立的試驗研發單位主持較為客觀；將來可依成熟的狀況逐漸開放民營，而政府僅擔任督導的功能。

四、GM 作物風險評估應注意之事項：

雖然國情有所不同，相關硬體規劃亦因而有異，但歐洲的規範較為嚴謹，在規劃 GMO 常設性試驗的軟硬體時，則應作為一重要之參考指標。依據此次考察，以綜合各地的概念，我們認為在規劃時應注意下列數點：

1. 試驗材料（包括物種及所轉殖的基因）：在進入田間試驗以前應提供足夠的資料及背景。目前農試所所規劃的內容，似已可滿足此項需要。
2. 隔離距離：在歐洲乃以 case by case 的方式審查，唯因我國為常設性試驗田，其隔離距離需以高風險作物為規劃原則。農試所已依作物種類從事試驗，作為規劃的參考，但有加強的必要。
3. 基因流佈 (gene flow)：此為環境風險評估的重要概念之一。唯 gene flow 之風險可因作物之特性而不同，例如風險之大小可依無性繁殖、自交作物、蟲媒作物、風媒作物之順序而逐步增加，又可因是否有本土近親物種而有所不同。太嚴則增加負擔，太鬆則提高風險，自 gene flow 的觀念檢討試驗田的設計似有必要。

五、我國應多參考並吸收 SIGMEA 的研究成果：

本考察報告在 10 月 7 日及 13 日的參訪內容中皆述及 SIGMEA，它是「安全地將 GMO 引入歐盟農業體系計畫」的簡稱，英文全標題為「Sustainable Introduction of GMO into European Agricultural Project」。SIGMEA 是一個探討作物與作物間(crop-to-crop)基因流佈的研究計畫，參與者極眾，在歐洲共有 12

國加入，包括 45 個研究室；此外還與北美及澳洲有國際合作關係。此外，SIGMEA 還會與現存或未來的相關研究計畫建立聯繫關係。SIGMEA 的宗旨，簡略言之，是要以科學為基礎建立一套架構、策略、方法、以及實用的「工具箱」(toolbox)，提供給下列三方面之需：(1)在 GM 作物的田間栽培層級(landscape level)實施生態及經濟評估；(2)針對 GM 作物設計出管理規則；(3)為 GM 作物設計監控方法。基於此，可見 SIGMEA 的各種成果對未來的重要性，值得我國密切注意，除了應設法積極參考並吸收其研究成果外，亦應透過合作管道積極參與相關研究。

六、我國亦應注意歐盟國家在 GMO 策略與思維上的一些盲點：

在截人之長以補己之短之餘，我們亦應留意別人的不足之處，以為借鏡。根據此行所見所聞，歐盟國家在 GMO 的策略與思維上，似乎存在如下四個盲點，值得吾人深思：

- (1) 「共存」(co-existence) 概念的落實，意即 GMO 不可能取代所有的作物，其產品雖應有所區隔，但仍須與傳統生產體系共存。此一概念作為廣泛接受之通識在每一受訪機構皆被提出，歐盟國家更進一步主張農民有自由選擇 GMO、傳統作物、有機耕作體系等之權利，其基本思維實為十分正確而務實，亦為我們所應效法之原則，但將此概念溶入規範則屬於相當複雜之問題，在現實世界中欲實現此基本理想，仍須多方努力以克服眾多法規與技術問題。
- (2) GMO 對環境的影響之概念：此一概念在歐盟似乎尚未成熟到可規範一法令的地步，對已可預期的影響問題較少，但對不可預期的影響則尚未有一具體可行的辦法。從另一角度觀之，此一議題正可作為尋求合作伙伴，作為共同進行研究之項目。
- (3) 上市後的長期追蹤：目前歐盟的規範，先給予 10 年的許可，並同時進行追蹤，10 年後依結果再予審核。此一規範大幅提昇 GMO 生產的成本，尤其在我國由於農產品交易筆數多而量很少，追蹤非常困難，如要採用追蹤的概念，在技術上需有所突破。
- (4) 「實質等同」(substantial equivalence)概念之排除：此為歐盟的新發展，依此一新趨勢，將大幅增加產品標示之需要，舉凡使用 GMO 加工品(如油、澱粉、生化成份等)作為原料，所製造出之再加工品(如餅乾、生力麵等)皆須標示為 GMO 產品，而此類產品實際上沒有方法檢測其是否含 GMO 之成份，如此概念被接受則不僅執行困難，同時應會遭遇 WTO 精神的挑戰，建議我國暫不決定跟進，以觀歐盟規範之執行成效。

七、其他值得注意的事項：

- (1)歐洲最大的草根環保網基改—free Europe 發起新的運動，要求對於希望成為非基改農區者更好的法律保障。目前在歐洲至少有 22 個國家發起禁止基改作物的活動。奧地利 9 省有 8 省已表明希望成為非基改農區，部分則已通過立法；在法國 3 個省區超過 1,000 個縣長簽署；德國巴伐利亞農協鼓勵其會員成立非基改農區，全國約 8,000 農戶自願同意不種基改作物；英國之英格蘭 44 個地區，威爾斯 35 個地區已通過非基改農區的決議。
- (2)歐盟核准美國孟山都公司基改玉米 (NK603) 產品的進口上市，但必須在歐盟地區以外種植。由於大部分消費者仍對基改產品的疑慮，歐盟採用相當嚴格繁複的手續來進行基改產品的標示，使得產品中雖然含基改成份甚低，仍然可以進行產品流通上的追蹤，孟山都公司亦表示歡迎這樣的決定。此外，歐盟在 GMO 追蹤技術及管制體系方面，頗值得我國借鏡學習。