

出國報告（出國類別：其他）

基因改造食用作物的優勢與風險國際研討會

服務機關：行政院農業委員會農糧署

姓名職稱：顏雯玲技正

派赴國家：日本

出國期間：102年10月7日至102年10月11日

報告日期：103年3月3日

摘要：

基改作物自 1996 年開始商業種植迄今，栽培面積與接受度呈現顯著性成長，雖然基改作物有多方面的潛力，但其發展與應用的同時，也對人類及環境帶來負面的潛在影響，進而衍生出社會經濟與政治方面之議題，尤其在風險與商業利益之認知上，仍未建具共識，鑒於基改作物發展趨勢不容小覷，亞太糧食肥料技術中心爰與日本農業技術研究合作，於 102 年 10 月 7 日至 11 日假日本筑波（つくば国際会議場）舉辦「基因改造食用作物的優勢與風險」國際研討會，邀請歐、美、澳洲及亞太地區等 14 個國家(美國、澳洲、丹麥、荷蘭、日本、菲律賓、印度、印尼、巴基斯坦、中國、泰國、韓國、越南及台灣等)共 22 位專家進行專題演講，透過研究成果及經驗分享，提供基因改造技術當前發展狀況與管理機制，有助於未來基改科技發展策略之擬定並促進區域間之合作。本署受邀以觀察員身份列席，同行者為亞太糧食肥料技術中心郭忠吉處長、李中興先生，黃鵬林教授（國立臺灣大學園藝系教授借調中國文化大學農學院院長）並受邀代表台灣進行專題報告。

目次

壹、目的	4
貳、行程	5
參、活動內容	7
一、考察活動	7
二、「基因改造食用作物的優勢與風險」國際研討會紀要	9
專題演講	9
(一) 基改作物研發成果概述	10
(二) 基改技術應用於植物保護之展望	11
(三) 基改技術應用於環境及人體健康之展望	17
(四) 基改作物產品之風險評估	21
討論座談	24
肆、心得及建議	26
伍、附件	30
一、照片	30
二、議程附錄	35

壹、目的

聯合國糧農組織預測，全球糧食生產在 2030 年須增加 40%，以因應人口的增長，全球三分之二的貧窮人口居住於亞太地區，因糧食價格飆升造成之食物短缺，使亞太地區之貧困問題更形加重，2007 年、2008 年罕見的穀類價格上漲，導致 2011 年全球第一季糧食價格創下歷史新高，亞太地區亟需建立一個永續的糧食安全體系。全球暖化及氣候變遷，伴隨自然資源縮減，以基改作物來提升糧食供給，俾確保充足、可利用之糧食及原料供應不斷成長的人口，衍成全球農業極重要的課題。

全球第一個基改作物自 90 年代中葉上市迄今，基改作物的栽培面積與接受度，呈現顯著性成長。基改技術對作物抗病抗蟲及雜草控制具一定貢獻，目前基改作物的栽種面積已逾全球可耕地面積的 10%，利用基因工程技術轉殖目標基因所育成之基改作物，與傳統育種方法育成之作物並非全然不同，惟基因工程得讓跨物種間的基因直接轉移，讓一些先前無法以傳統育種方式導入基因的品系，能更容易的發展出來。目前研發之新一代基因改造作物並有部分品系已進入商業生產階段，如用於增進品質，提高食物營養成分以協助改善人們的健康狀態；或為醫藥或工業目的所需之品種改良；或為因應氣候變遷所需之抗熱、抗乾燥、耐鹽等抗逆境性狀之基改品系；也有專為減少對石油依賴與二氧化碳排放而推展的免耕農法所設計之合適的栽培品種。既可減緩氣候變遷，亦同時維護了環境的完整性。

雖然基改作物有多方面的潛力，但其發展與應用的同時，也對人類及環境帶來負面的潛在影響，進而衍生出社會經濟與政治方面之議題。即便如此，隨着基改作物在市場上愈來愈普遍，在亞洲國家，不管生產者、消費者、監管機構乃至於資投人都不可忽視這一趨勢的發展。為了填補這一方面的鴻溝，尤其在風險與商業利益的認知上，亞太糧肥技術中心與日本國際農業環境科學學會共同舉辦了此次 Monsoon 亞洲農業環境研討會，邀請國際及區域合作伙伴共同參與。

貳、行程

日期	行程	工作紀要
10月7日 (星期一)	啓程	台灣→日本筑波市
10月8日 (星期二)	考察 參訪	1. 參訪農業環境科學研究所基改作物隔離試驗田 2. 參訪農業環境科學研究所自然資源陳列館 3. 參訪農業科學研究所基因庫
10月9日 (星期三)	研討會	<p>專題演講：發展中國家之基改作物與糧食安全 (美國加州大學戴維斯分校全球食物中心)</p> <p>一、基改作物研發成果概論</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、商用基改作物食品生產及其未來展望 (菲律賓) 2、植物基因組標的改造 (日本) <p>二、基改技術應用於植物保護之展望</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、稻防禦機制之關鍵轉錄因子，利用 WRKY45 研發稻抗病 (日本) 2、印尼馬鈴薯晚疫病於隔離試驗田之研究現況 (印尼) 3、抗輪點病毒基因轉殖木瓜 (泰國) 4、抗除草劑油菜：澳洲雜草管理之必要工具 (澳洲) 5、印度 Bt 基因抗蟲茄子 (印度) 6、越南 Bt 抗蟲玉米的田間試驗 (越南) 7、菲律賓玉米基改混合品系 (菲律賓) 8、無標誌基因之基因轉殖植物研發 (日本)

<p>10月10日 (星期四)</p>		<p>三、基改技術應用於環境及人體健康之展望</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、耐鹽基改小麥的田間評估與基因選殖及表現分析 (巴基斯坦) 2、開發耐旱作物乾旱誘導基因信息轉錄因子 (日本) 3、中國基改玉米表現植酸酵素 (中國) 4、綠豆 MIPS 及 PAP 基因：為友善環境及改善動物營養邁向成功鋪路 (泰國) 5、以水稻種子研發抗日本雪松花粉疫苗 (日本) 6、基轉植物之豬生產及呼吸綜合症病毒抗原口服疫苗研發 (台灣) 7、含有 phytoene synthase 與 carotene desaturase 基因的β胡蘿蔔素生物強化稻米與其非基轉對照稻米在營養成分上的比較分析 (南韓) <p>四、基改作物產品之風險評估</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、基改作物環境影響評估概論 (日本) 2、以基改作物作為食品及飼料之安全評估 (荷蘭) 3、基改作物的環境衝擊及管理：科學與法律的比較觀點 (日本) 4、日本對基改作物之生物影響評估及其適當管理 (日本) <p>討論座談：亞洲地區基改作物釋出量產之益處及潛在風險</p>
<p>10月11日 (星期五)</p>	<p>返程</p>	<p>日本筑波市 → 台灣</p>

參、活動內容

一、考察活動

(一) 參訪農業環境科學研究所基改作物隔離試驗田

是項隔離田為日本第一個取得農林水產省許可的基改作物隔離田，內設 2 區水稻專用試驗田及 5 區一般田，園區配置有專用焚化爐、工具室、貯藏庫、實驗大樓及一間塑膠溫室，提供基改作物在商業化種植前或在未隔離狀態下釋出環境前首次戶外栽種之用。

為預防基改生物材料自隔離田被非預期地夾帶攜出，人員或訪客進入田區作業或參訪時，皆需換著專用膠鞋或加著鞋套，並於離場前卸除；為防杜田區種植的植物或種子被動物帶出，隔離田四周設有綠籬及金屬圍籬，栽植作物的田區並覆設防鳥網。隔離田區四周則種植高約 5~10 公尺之濃密常綠喬木為綠籬，具備有防風及預防基改花粉的逸散出隔離田區的效用；環周的金屬圍籬，地下部灌以 62 公分深的混凝土阻隔，地上部設置高度 2.2 公尺之圍籬，能有效阻絕動物進出。

該隔離田自 1990 年設立以來，提供了基改水稻、玉米、黃豆、紅豆、油菜、棉花、番茄、胡瓜、洋香瓜、萵苣及矮牽牛等基改作物，進行所需之評估；調查評估項目依參試個案而異，主要的評估項目不外是：調查基改作物生長狀態、主要性狀表現、有無非預期的性狀產出、是否會雜草化、對其周圍的其他植物是否會有不利效應、對土壤微生相之影響及對昆蟲群族及其生長之影響等。

參訪是日，隔離田水稻田區正進行 WRKY45 抗病基改水稻的田間試驗及利用農用催化劑調控基改水稻花期之評估試驗。其中 WRKY45 抗病基改水稻的田間試驗，業於 2013 年 6 月 4 日取得日本農林水產第一種使用承認，許可進行隔離田間試驗，是項研發成果並於本次研討會中發表。

(二) 參訪農業環境科學研究所自然資源陳列館

是項陳列館由土壤柱體標本室、昆蟲及微生物室、肥料及煙霧污染室組成，陳列土壤、空氣、昆蟲及微生物的標本、樣品及圖資等資料。土壤柱體標示室蒐集陳列來自日本及其他國家不同地區之耕田及山區土壤，超過 250 以上的土壤剖面標本；昆蟲及微生物室陳列有日本及亞洲地區超過 120 萬種的昆蟲標本，含括 7 千箱昆蟲乾燥標本、小昆蟲玻片標本及軟體昆蟲的酒精標本，提供品種鑑定參用，並蒐集了近 130 年來，超過 1 萬 2 千種農業環境科學研究所研究人員針對農用及工業用與作物產量、醫藥用、生物矯正及評估研究有關之微生物；肥料及煙霧污染室則陳列超過三百種由農民及業者製造之的肥料樣品如化肥、複合肥、披衣肥(Coating fertilizer)、肥料用農業化學產品、硝化抑制劑、土壤保護劑等。

(三) 參訪農業科學研究所基因庫

遺傳資源是人類的共同資產，生物多樣性為作物和畜禽改良之必需，亦為藥物或其他具生物活性化合物的來源，有助於全球環境之改良及保護。然因環境破壞及若干大宗作物和家畜品種的繁養殖，可能導致遺傳多樣性的喪失，進而威脅未來農業改良的能力，基於人類未來福祉，遺傳資源保護是一個全球性的當務之急。

鑒於遺傳資源的探勘與收集是保護生物多樣性的一項重要活動，農業科學研究所基因庫是日本國家級的計畫，專職農糧領域相關之遺傳資源的種類特質、分布、收集及保存，含括提供農業研究應用有關之植物、微生物、動物（包括蠶）及 DNA 等項遺傳資源。基因庫並派遣研究人員於海內外進行遺傳資源之研究、收集及國際合作，並將所收集之遺傳資源進行分類、複製和保存，遺傳資源的保存分為動態（短期至中期儲存）和基本（長期保存）二種。這些遺傳資源相關資訊也以公開方式，開放給育種、科研（包含基因組研究）及教學應用，俾促進各種農產品之改良。

二、國際研討會紀要

專題演講：發展中國家基改作物對食品安全的影響

（主講人：Dr. Josette Lewis /加州大學戴維斯分校全球食物中心/美國）

基改作物為提升農業生產力及食品安全提供了多種工具，基改作物雖非達成前開目的之必需要件，但以多數發展中國家種植抗蟲棉花及玉米為例，配合其他的生產技術，基改作物確使小農收益增加，惟基改作物所存的爭議，卻明顯減緩了這項技術的應用。基改的主要目的，是為了解開發中國家在更大的範圍裡有公平的選擇機會，一些發展中國家支持基改作物合作事務推動，在過去二十多年已取得諸多成功的案例，也為這個議題奠下良好基礎。基改研究之公共議題包含二個層面，一是擴展了基改作物在政治上的機會，二是擴展了目前跨國企業所提供的作物及品種的範圍。隨着更多的基改技術在特殊應用方面的案例，突顯該領域之有效性及未來之發展性，需要發展中國家自行成立公益基金，而不是僅僅靠捐贈國的捐款，截至目前，已有許多可望有成及成功的案例產生。

公部門的基改研究，常僅止於溫室階段育成新的基因轉殖品系之研究成果發表，如同一般產業的經驗，這些資料是無法有效預測田間的實際情形。針對研發中的基改作物，公部門不宜僅限於「研究」，宜朝「產品」發展邁進。大學及國家研究機構須能掌控將基改作物推進至田間試驗之技能，及其何時確效，俾明瞭如何將基改作物量產成可商業應用之規模。針對其所增加的成本、管理的複雜度、大型種苗公司的市場利基及本地種苗公司的胃納量等，目前所知皆是有限，而公部門必須填補上述的這些差距，並且減少各式各樣基改作物的出現與其未來邁向商業化之風險。

現今許多論壇對基改作物政策大環境而言，顯是阻礙，所付出的代價及複雜性，縮減了基改產品品系及大公司支持技術開發人員的多樣性。隨着新一代的基因工程技術問世，諸如基因組編譯（genome editing）或定點誘變（site directed mutagenesis）等，精確科技之利用，超過十五年的基改作物商業生產的合作機會，將促使管理政策更加演進。

(一) 基改作物研發成果概述

1、商用基改作物食品生產及其未來展望

(主講人：Randy Anoché Hautea/ ISAAA 南亞中心 /菲律賓)

基改作物於 1996 年開始大面積商業種植 (總面積 170 萬公頃)，2012 年，全球基改作物種植面積呈百倍速率增加，已達 1 億 7 千萬公頃，基改技術已為近來被快速採用的農業技術，業有 28 個國家種植基改作物，其中 20 個為開發中國家，8 個為已開發國家，開發中國家基改作物之種植，以 4 倍於已開發國家的速率擴展，2012 年發展中國家基改種植面積已佔全球 52% 的種植面積，第一次超越已開發國家所佔的 48%。全球前 4 大基改作物分別為基改大豆 (佔全球大豆生產面積 81%)、玉米 (佔全球玉米生產面積 35%)、棉花佔全球棉花生產面積 81%) 及油菜 (佔全球油菜生產面積 30%)，改造的性狀以抗殺草劑、抗蟲為大宗，未來基改作物將朝結合多種農藝性狀於抗蟲、耐除草劑、乾旱及正向性狀產出等方向發展。

2、植物基因組之標的改造

(主講人：Dr. Seiichi Toki/ 農業生物科學研究所 /日本)

植物基因組之標的修飾 (Targeted Modification) 是了解基因功能及基因路徑的有效工具，植物內生基因確切位置的改造，可更進一步地應用於分子育種。目前應用誘導專一性基因序列改變植物基因組的研究技術是同源重組 (Homologous Recombination, HR) 進行基因標的 (或基因標靶/Gene Targeting, GT)。GT 能誘導變異，包括單一或多個核苷酸的確置換、插入及刪除，透過 GT 誘導點突變，已成功產出抗殺草劑稻米及高蓄積色胺酸稻米。利用同源重組進行基因標的的頻率顯示在 10^{-3} 到 10^{-4} 位序，藉由 NHEJ (Non-homologous end joining) GT 載體出現逢機結合的比例非常低。因此，促進 HR 路徑及選擇 GT 細胞之步驟，對建立有效 GT 系統很是重要。

在提升同源重組效能的不同研究中，利用改造過之序列專一性的

核酸內切酶，對刺激 HR 在斷裂位置的目標 DNA 雙鏈斷裂 (DSBs) 的產生是最有效的。改造過的核酸酶及 DSBs 位置的促進反應，以及模組化 DNA 分子到植物細胞的傳遞，以完成高效能的基因標的則為關注之所在。GT 細胞一般的篩選系統 (獨立的目標基因篩選系統)，諸如正向篩選標誌，在後續進行刪除的正反向篩選系統，將會使期望中的變異作了保留。並說明使用 piggyBac 轉位子系統如何準確切斷標誌基因，並利用改造過的核酸酶經由 NHEJ 植物體進行目標性基因突變。

(二) 基改技術應用於植物保護之展望

1、利用 WRKY45 稻米防禦機制之抗病轉錄因子在稻米抗病的發展

(主講人：Dr.Hiroshi Takatsuji / 農業生物科學研究所 / 日本)

稻米是世上許多地區的主要糧食，但罹病則會導致減產，特別是感染真菌 *Magnaporthe oryzae* 危害之稻熱病及 *Xanthomonas oryzae* pv. *Oryzae* (*Xoo*) 造成的細菌性葉枯病，此二病害屬毀滅性疾病，需要找出對策來控制其對作物減產的影響。植物對於病原的入侵會啟動防禦系統，主要是改變透過不同的信號傳遞路徑，其中 salicylic acid (SA) 是最主要的。諸如 benzothiazole 及 probenazole 啟動 SA 路徑，誘導出強大的病原抵抗力。為了保護稻米不受疾病的攻擊，是項研究發現了稻米的化學防禦誘導機制，WRKY45 是稻米 SA 路徑中關鍵的轉錄因子，在化學防禦誘導過程，扮演主要角色。WRKY45 高度表現，使稻米植株能強烈抵抗稻熱病及葉枯病，同時由真菌 *Cochliobolus miyabeanus* 造成的褐斑病也呈現強大的抵抗力。

作物對於病原的防禦反應，通常也伴隨著對植株生長及作物產量的負面沖擊，因之需在能源與資源間作出權衡。本實驗發現 WRKY45 在泛蛋白-蛋白酶系統中持續地被降解，推測是在沒有病原感染時，用以抑制不必要的防禦活化反應；另並發現，SA 與細胞分裂素信息互擾現象，在減少植物成長時發動防禦體系所需的成本，扮演重要角色。雖然如此，WRKY45-ox 稻米呈現減產及生長減緩現象，在遭遇低溫或

高鹽環境時，則更雪上加霜。爲了克服 WRKY45 實際運用上的阻礙，研究團隊藉由不同的稻米促進因子去優化 WRKY45 的表現，成功地在逆境條件下減緩了成長及產量的問題，並藉由病原誘導啓動子（pathogen-inducible promoter），結合轉譯促進子序列（translational enhancer sequence），發展了一個新的 WRKY45 表現策略。這個策略使稻米能較強的抵抗枯葉病及葉斑病並減少在植株成長及生產的負面沖擊。我們已將這個改良的方案引入到飼料稻米的栽培中；轉殖的田間試驗也在進行中。

2、印尼馬鈴薯晚疫病於隔離試驗田之研究現況

（主講人：Dr. Muhammad Herman/ 農業生技及遺傳資源研發中心 /印尼）

藉由真菌 *P. infestans* 感染之晚疫病爲馬鈴薯的重要病害，印尼所有馬鈴薯產區皆遭危害，美國威斯康新大學研發團隊在馬鈴薯野生種 (*Solanum bulbocastanum*) 發現了持久性抗性基因 (RB gene)，印尼農業生技及遺傳資源研發中心在 2007 年利用含有 RB gene 的轉殖品種 (Katahdin SP961) 當作輪迴親本，與格蘭諾拉 (Granola) 及大西洋 (Atlantic) 品種進行傳統雜交，雜交成果經由 PCR 分析確定 RB gene 業漸滲 (introgression) 入，並在 2008~2011 年分別於四個地點進行隔離田間試驗以測試對 *P. infestans* 之抗性，抗病結果呈現不同的差異反應，其 12 個雜交營養系 (Hybrid clones: 5 個 Atlantic * Katahdin SP961; 7 個 Granola * Katahdin SP961) 之抗病性經較對照品種 (Granola、Atlantic) 呈現顯著性差異，爰在 2012 年選之於隔離田進行園藝性狀調查，經選出 6 個抗病性及園藝性狀兼具的雜交營養系，嗣於 2013 年 2 月至 6 月期間，於隔離田進行品種登記實驗，含括抗病性及優良農藝性狀 (如量產、株高、莖數) 觀察。試驗結果顯示雜交營養系有助減少殺菌劑的使用，而參試雜交營養系的產量於每公頃 10.9 噸~16.59 噸間，均較對照組每公頃 3.46 噸 (Atlantic) ~5.39 噸 (Granola) 爲高。

3、抗輪點病毒基因轉殖木瓜

(主講人：Dr.Parichart Burns/ Kaetsart 大學 /泰國)

木瓜為泰國重要果樹，1975 年開始罹患木瓜輪點病毒，對木瓜的產量及品質影響甚鉅，Kasetsart 大學研究團隊自木瓜罹病株選殖輪點病毒並予基因定序、分析後轉殖於木瓜，育成基因轉殖木瓜，正進行網室及田區的性狀評估調查。在病害控制方面，種植於網室及小規模田區的基因轉殖木瓜，皆具備生存能力；並與非基因轉殖木瓜進行園藝性狀之觀察比對。

泰國之基因轉殖田間試驗須遞交書面資料、辦理公聽會並經官方核准後實施。目前泰國基因轉殖木瓜的種植，是被嚴格管控、限制於隔離網室內種植。對環境安全影響所須進行之評估項目，含括土壤微生物（含基因水平移轉及微生物相）、輪作作物及有益昆蟲等。

本基因轉殖木瓜對土壤微生物及有益昆蟲的影響評估業經執行並統計分析中，雖基因轉殖木瓜及非基因轉殖木瓜之土壤微生物相因季節而周年變化，然二類木瓜之微生物相則是相同；並經研究木瓜的花粉生物學，發現基因轉殖木瓜及非基因轉殖木瓜二者之花粉相同，爰以非基改木瓜為模式，進行轉殖基因藉由花粉散播而移轉之研究，除了直接以花粉捕捉、計算受精種子數外，並透過電腦模式結合地景資訊系統(GIS)技術，研究轉殖基因之運移，並為基因轉殖作物監控及管理之適用。

4、抗除草劑油菜(Canola)：澳洲雜草管理之必要工具

(主講人：Dr.Christopher Preston/ 阿得雷德大學 /澳洲)

油菜為澳洲主要的冬季穀物生產作物，2012 年的種植面積達 297 萬公頃、生產 323 萬公噸穀物，產品 70%以上進行外銷，主要外銷國家為日本、歐盟及巴基斯坦。抗黑斑病(*Leptosphaeria maculans*)及抗草劑為 2 大育種創新方向，若缺乏適當的控制，芸苔屬雜草將成為傳統油菜格外難解的難題，澳洲現有三大類抗除草劑油菜生產，分別

爲：1993 年釋出之抗三井類除草劑 (triazine)、2000 年釋出之抗二氮雜戊烯 (Imidazolinone)類除草劑及 2008 年釋出之抗嘉磷塞 (glyphosate)除草劑等。這三類抗性型態之選擇，決定於環境、輪作及雜草量，以抗三井類除草劑 (triazine)油菜之市佔率最高者爲，抗二氮雜戊烯 (Imidazolinone)類除草劑油菜則爲受較高產區域歡迎，抗嘉磷塞(glyphosate)除草劑油菜則種植於高降雨環境。

5、印度 Bt 基因抗蟲茄子

(主講人：Dr.Vanga Siva Reddy/ 國際基因工程及生物技術中心 /印度)

Bt 基改棉花爲印度唯一商業化種植的基改作物，因 Bt 棉花可提供農民較高收益、減少殺蟲劑使用、並有多樣雜交種提供適地選擇，自 2002 年起，印度已逾 95%棉花種植面積、計 1,200 萬公頃面積種植基改棉花，並爲主要的棉花輸出國。許多公、私立研究機構因而投入其他 Bt 作物之研發，包括茄子。

鑒於茄子在印度可週年生產，惟抗蟲爲提升茄子產值最重要因子，其中茄子鑽孔蟲 (Brinjal Shoot and Fruit Borer/BSFB) 爲主要蟲害，會降低茄子產量 60%~70%，爲防治該病害，農民在產季每公頃施藥量超過 4 公斤，有害人體健康，殺蟲劑亦會在土壤殘留多年。植物生技研究中心(NRCPB)在 1995 年育出表現 Cry1A 蛋白質基改茄子，並有若干品系於印度農業研究所(IARI)試驗田試驗；印度種子公司 Mahyco 並育出與 Bt 棉花含相同 Cry1A 蛋白質的 Bt 茄子，其中 EE-1 轉殖項 (Event) 經多地區的許可試驗結果顯示，可較對照組減少約 40%的施藥量，對 BSFB 具明顯抗性。Bt 基改茄子 EE-1 轉殖項已進行致毒性、過敏性及老鼠、兔子、魚、雞、羊及牛的食品飼料安全試驗等生物安全、社會經濟評估及環境安全等試驗，經於 2009 年 9 月取得遺傳工程許可委員會 (The Genetic Engineering Approval Committee/GEAC)環境安全許可。目前有不同品系的基改作物進行田間試驗，在可預見的未來，公眾權益訴訟案件將爲印度最高法院所正視。

6、越南 Bt 抗蟲玉米的田間試驗

(主講人：Dr.Nguyen Van Liem/ 植物保護研究所 /越南)

玉米是越南第二大的一年生植物，其種植面積僅次於水稻。近 20 年來，受惠於高產的雜交品種及種植面積的增加，玉米產量顯著增加，在 2010 年，玉米總種植面積達方 1.127 百萬公頃、每公頃平均產量為 4.09 噸，然而越南仍需進口大量玉米(每年超過於 1 百萬噸)以因應飼料工業所需。政府爰致力於提升玉米平均年產量，使用高產品種，以供給地區飼料產業。增進玉米產量的策略，即為引進抗蟲及(或)耐除草劑的基改玉米進行生產。

2010 年，越南開始第 1 起基改玉米的隔離田間試驗，2011 年進行大面積田間試驗，迄今，已有 Syngenta、Dekalb、Pioneer 等三家生技公司共 5 項基改玉米品項正進行田間試驗。蟲害是影響越南玉米產量的關鍵因素，亞洲玉米螟 (Asian corn borer；ACB) 為越南玉米產區之主要蟲害，在產區種植季節，該罹病率為 40%至 100%。前開 5 項基改玉米品項即有 3 項含有 Bt 基因：Bt11、MON89034、TC1507。以 BT11 基改玉米而言 (其他品項玉米亦同)，田間試驗主要評估 BT11 基改玉米對關鍵的非目標節肢動物族群、昆蟲多樣性以及防治 ACB 的有效性，並對照非 Bt11 玉米，調查 Bt11 玉米的農藝生物特性及產量。結果顯示：(1)Bt11 玉米對節肢動物族群結構、生物多樣性、歧異度，及非目標節肢動物(含天敵、草食動物、授粉昆蟲及土壤生物等)無負面影響；(2)在瓢蟲、蜘蛛等捕食性節肢動物、寄生生物、跳蟲等之存在數、歧異度、族群動態方面，Bt11 玉米與非 Bt 玉米並無差異。Bt11 玉米並可有效控制 ACB，相較於非 Bt11 玉米對 ACB38.3%至 100%之罹病率，Bt11 玉米則未測出罹病。由此得知，Bt11 玉米有助增加產量 18.7%並提升農民 18.9%收益。

前開田間試驗結果業經 MARD 認可，並供作 Syngenta、Dekalb、Pioneer 等申請單位，向自然資源及環境部(MONRE)申請生物安全證書之風險評估報告之用。倘經取得生物安全證書，越南預計將在 2015 年開始量產基改玉米。

7、菲律賓基改玉米混合品系

(主講人：Dr.Saturnina C.Halos/ 植物產業局 /菲律賓)

基改作物混合品項 (A crop stacked with genetically modified events)，係指以二個或以上不同性狀之基因轉殖品項為親本進行雜交得之後代。每個基改混合品系在進行環境釋放或供作食品、飼料及其加工用原料時，皆需經管理當局發布。產品的風險評估，須先進行基本文獻的研析，以瞭解產品轉殖基因之可能風險。若有風險發生之可能，則須進行詳細的風險評估；倘未可能產生風險，申請人僅需申請通報 (Notified) 即可。自 2002 年以來，菲律賓計有 25 個基改玉米品項經許可進口直接供作食品、飼料及其加工用途使用，並有 3 個品系提供量產之用。超過 85% 的基改玉米產區是種植抗蟲及耐除草劑的混合品系。菲律賓玉米種植農戶，每公頃能增加美金 322 元的收益。廣泛使用基改玉米，增加國家玉米產量及產能並得穩定供應畜牧業所需飼料玉米。2006 年起，基改玉米農戶每年累計收益超過美金 101 百萬。

8、無標誌基因之基因轉殖植物研發

(主講人：Dr.Ayako Nishizawa-Yokoi/ 農業生物研究所 /日本)

篩選基因對基改植物在田間生長並非必需，且易衍生基因轉殖植物之環境安全爭議，因此發展合適策略 (如共轉殖、特定位置重組、染色體內重組、轉位)，於完成轉殖株篩選後直接自植物基因組剔除篩選基因，俾自轉殖株成功移除篩選標誌。其中以特定位置基因重組及跳躍基因較為植物廣泛使用。本實驗經設計轉位分析系統允許 *piggyBac* 轉位以可視的 *Eluc* (綠色螢光素酶) 冷光在水稻細胞，並經證明 *piggyBac* 精準有效地在植物細胞轉位，顯示高頻率從基因組篩選標誌剔除系統。

(三) 基改技術應用於環境及人體健康之展望

1、耐鹽基改小麥的田間評估與基因選殖及表現分析

(主講人:Dr.Nasir Ahmad Saeed/生物技術及基因工程研究所/巴基斯坦)

小麥為巴基斯坦主食作物，栽培面積 860 萬公頃，年產量 2 千 4 百萬噸，為全球第六大的小麥生產國，平均產量(每公頃 2.7 公噸)卻較其他已發展國家低。巴基斯坦地處乾旱及半乾旱地區、年雨量低，鹽化及乾旱為巴基斯坦農業的 2 大問題，目前有 640 萬公頃可耕地鹽化，且以每年 4 萬公頃的速度增加。生物技術及遺傳工程研究所(NIBGE)利用生物技術以組織培養及基因轉殖方式研育耐鹽及耐旱小麥，基轉小麥並經實驗室、盆栽、田區等不同狀態的鹽逆境試驗，結果顯示 AVP1、AVP1-D、NHX1 及 HVA1 轉殖株較對照組植株，對鹽化逆境具較好的耐性及並具較高產量，爰收集不同轉殖品系之生理及農藝資料，在 2012~2013 年的種植季，經從 500 個轉殖品系中篩得 10 個耐鹽品系，並經取得官方(環境氣候變遷部之生物安全委員會所(NBC))許可，進行生物安全研究、風險分析並限制釋出於開放環境中。

2、開發耐旱作物乾旱誘導基因信息轉錄因子

(主講人:Dr.Kazuko Yamaguchi-Shinozaki/東京大學/日本)

植物產量受乾旱及寒冷等生物性逆境之顯著影響，逆境誘導各種植物不同的基因表達，本實驗室以阿拉伯芥為材料，進行乾旱誘導基因表達及抗逆境產物的功能性分析。案經確立數種逆境反應基因表達的調控體系。順式作用元件(cis-acting element)DRE/CRT 在逆境反應基因表達扮演要角，阿拉伯芥 DRE 結合蛋白、DREB1/CBF 及 DREB2，各別作為寒冷或乾旱反應基因表達之轉錄活化因子，基轉阿拉伯芥 DARB1A 的大量表現，活化了逆境誘導基因的表達並提升了對乾旱、高鹽度及嚴寒的抗性。透過研究機構間的合作，我們育成的基轉作物可大量表達 DREB1A,並發現 DREBs 在提升水稻、小麥、大豆等不同轉殖作物的抗旱能力頗具成效;可大量表達 DREB2A 的基轉植物則表現了強

度的抗旱及抗寒能力，基轉植物生物晶片分析顯示 DREB2A 不只調控乾旱反應基因也與熱休克基因相關，其對水及熱休克反應皆有作用。在水分逆境下，Bzip- type 轉錄子、AREB/ABFs 則與 ABA 誘導基因的表達相關，AREB1 的大量表達，增加了轉殖植物耐旱性。爰利用已確認具耐非生物逆境功能的基因如 DREB1A、DREB2A 及 AREB1 進行分子選育，研發耐非生物性逆境之作物。

3、中國基改玉米表現植酸酵素

(主講人：Dr.Chunyi Zhang/ 農業科學院 /中國大陸)

玉米是全球主要的動物飼料原料，其所含之植酸主要以磷酸鹽型態貯存，不能為豬及家禽等單胃型動物所吸收。本實驗室以尼日曲黴酶(一種可釋放磷酸鹽型態植酸的催化酶)利用種子專一性過量表現，育出具生物可利用性磷酸鹽的基因轉殖玉米，每克種仁所獲得的植酸酵素活性最多可達 125 個活性單位 (Phytase unit ; FTU)，超越一般野生型(Wild type)玉米的千倍之多，每千克種仁之含量並為供應飼料產業所需多約 67 倍。植酸酵素基因重組玉米 (ZmrPhy)的酵素特性與具商業利用性之植酸商品~利用酵母菌重組的植酸酵素 (PprPhy) 相當，經動物餵食試驗證實，在降低飼料中添加之無機磷及排泄在動物糞肥中的磷酸鹽含量而言，以 ZmrPhy 與 PprPhy 餵食嫩雞具相似的營養效果，由前開結果推論，轉殖磷酸酵素可直接供為飼料產業應用。至基因轉殖玉米之食品安全評估結果顯示與一般玉米並無不同，這是第一個取得中國管理當局核發生物安全證明、在動物飼料產業非常具潛力的基因改造玉米。針對基改玉米分子特性並經建立標準靈敏之分析方法，如基改品系外源基因插入兩端之側翼序列分析 (Flanking sequence)之品系鑑定、植酸玉米品種之 DNA 分析等 FISH 鑑定及玉米種仁植酸酵素活性分析等，皆係為植酸酵素玉米將來在中國之量產，預做準備。

4、綠豆 MIPS 及 PAP 基因：為友善環境及改善動物營養邁向成功鋪路

(主講人：Dr.Suthet Nakasathien/ Kaetsart 大學 /泰國)

供作動物飼料之豆科種子所含之磷分子主要以植酸型態累積，以供種子萌芽早期之需。因植酸不易為單胃動物消化，且易與金屬陽離子結合而失效，而磷化物也易經由動物排泄而造成環境污染。是項研究專注於植酸之生化合成與分解的路徑，以育出低磷作物為目標。purple acid phosphate (PAP) 在種子萌芽及生長過程，能水解磷酸鹽及磷酸酯為無機磷酸鹽，供給種子萌芽及生長。是項研究已整理出綠豆 myo-inositol 3-phosphate 合成酶 (MIPS) 基因與肌醇六磷酸合成及綠豆 PAP 基因 (紫色酸性磷酸酶) 之間的關係，PAP 基因在肌醇六磷酸分解中扮演重要角色。綠豆 MIPS 及 PAP 基因轉譯，分別在種子發育及發芽的早期被觀察到。這些研究的結果，填補基因工程在生理及分子方面的基本訊息，改進豆類種子之生物可利用的磷元素，增加動物的營養價值且降低對環境的磷污染。

5、以水稻種子研發抗日本雪松花粉疫苗

(主講人：Dr.Fumio Takaiwa/ 農業生物研究所 /日本)

日本雪松花粉過敏症是日本主要的季節性過敏疾病，大約有 30% 的日本人受此過敏疾病的困擾，目前主要藉由藥物療法治療，但仍無法治愈。過敏原特異型 (Allergen-specific) 免疫療法是唯一在臨床上有有效的治療方式，其針對過敏疾病的致病因，且能夠長期持續減輕過敏病兆。傳統上，以重覆且逐步增加注射過敏原劑量進行治療至少需時三年，有時會伴隨過敏性反應現象，因之，便利、安全且有效的特定過敏症的免疫療法是眾所期待。以植物為材料，生產含有低過敏性抗原的可食用疫苗被視為可以滿足這方面的需求，因為可以允許高劑量施打而不會有其他副作用，同時在植物細胞內被封裝的抗原能有效地被傳送到腸道淋巴組織的免疫細胞 (GALT) 裡而不會遭到分解，利用種子作為疫苗之免疫療法策略，具備高產量及高穩定度之免疫耐受性，自有其便利性，而且也是簡易、低成本且安全的。在本研究中，

以稻米種子為基礎的抗過敏疫苗來對抗日本雪松花粉過敏原 Cry j1 及 Cry j2 已具成果，藉由口服含有已減弱的低過敏性抗原 Cry j1 及 Cry j2 基因轉殖稻米給模式老鼠已被檢測出是有效的，反觀其對照組，餵食非基因轉殖的稻米，在特定過敏症的 CD4⁺T 細胞增殖及 IgE 與 IgG 的數量明顯的減少。當花粉症的病徵出現時，不只 Th2 型的細胞激素（如 IL-4、IL-5 及 IL-3）的生成，打噴嚏的頻率及在鼻腔組織內炎症細胞的滲透都明顯受到抑制。因此，以稻米種子為基礎的，可食的，累積低過敏原的疫苗是被預測能夠有效的，且能供應並治療不同 type-I 的過敏疾病。許多臨床前的實驗已經往以稻米種子為基礎的疫苗在病人上施用臨床試驗進行。

6、豬生殖及呼吸綜合症病毒抗原的口服疫苗在基因轉殖植物的表現

（主講人：Dr.Pung-Ling Huang/ 中國文化大學 /台灣）

比較傳統疫苗，基因轉殖植物疫苗具備成本低、容易儲存及口服等好處。利用基因轉殖植物生產疫苗有可能替代傳統的免疫方式，當口服用藥時，可活化粘膜免疫反應，進而誘發體液與細胞之免疫反應。豬生殖及呼吸綜合症疫苗（PRRSV）是經由胃腸道及呼吸道進入寄主，因此，可以藉由轉殖植物基因作為口服疫苗來活化一般的粘膜免疫系統以阻止 PRRSV 的入侵。ORF5 基因序列對中和 PRRSV 抗原決定區（epitope）經被構築於植物表現載體，表達於蕃茄及香蕉，可做為次單位疫苗（subunit vaccines）。餵食豬隻基因轉殖植物的葉子，以發展專一性粘膜及組織免疫反應，隨口服，可顯著提升免疫反應之增強。表達 GP5 之基因轉殖植物，可成為高效且穩定的次單位疫苗有效系統。

7、含有 **phytoene synthase** 與 **carotene desaturase** 基因之β胡蘿蔔素生物強化稻米與其非基轉對照稻米在營養成份上的比較分析

(主講人：Dr.Yunsoo Yeo/ 農業科學研究院 /南韓)

在評估基改作物對人類飲食的影響上有個很重要的觀念是這些作物的營養成份的特徵。例如β胡蘿蔔素生物強化稻米，可藉由植入 **phytoene synthase**(*Psy*；八氫蕃茄紅素合成酶)及 **carotene desaturase**(*CrtI*；胡蘿蔔素去飽合酶)基因而培育出來。這二個基因是從 *Capsicum* (辣椒) 及 *Pantoea* (一種細菌) 分離出來的，轉殖到傳統的稻米品種的基因組。基因轉殖稻米與其父母本稻米在營養成分(胺基酸、脂肪酸、微量元素及維生素)、非營養成分(胰蛋白酶抑制劑及植酸)及阿魏酸(**ferulic acid**)在統計上的比較，發現這二者在成份上是相同的，且與其他商業上的品系在上述的營養價值上是相同的，顯示基因轉殖植物是安全的。

(四) 基改作物產品之風險評估

1、基改作物環境影響評估概論

(主講人：Dr.Yasuhiro Yogo/ 農業環境科學研究院 /日本)

為保護生物多樣性免因基改生物活體(LMOs)之使用而有所影響，依生物多樣性公約所定之卡塔赫那生物安全議定書，案於公元2000年通過、2003年開始執行，其範疇含括了基改活體的境內種植及輸出入的管理。其中關於損害補償義務與資料提供及利益分享並為預先通知程序所必需，生物安全議定書第20條即規範生物安全之訊息交換中心的建置，以建立資訊交換環境及協助生物安全議書之履行。基改生物風險評估含括危害的鑒別、曝害評估、危害特性描述及風險特性描述等4個步驟，而每個基改品系的風險評估係以科學依據，進行個案評估及審查。

2、以基改作物作為食品及飼料之安全評估

(主講人：Dr.Willem Seinen/ Utrecht 大學 /荷蘭)

風險評估的步驟為(1)危害的確定，那些特性會導致負面效應；(2)風險特性，對人類及環境潛在的影響；(3)危害曝露分析，分析危害發生的可能性；(4)風險總量描述，評估每個單一風險。以食品添加物的化學成份為例，安全的攝取量已確定，但低於此安全攝取量之毒性影響，則無法得知。因為食物是主要與微量營養元素的混合體，在某些案例裡，這些混合體也含有非營養物質，因此針對化學成分建立一個安全的攝取標準是不可能的。人類安全攝取量的建立，須奠基於長期的實驗及安全食用的歷史數據。

所有食物在比較基改作物與傳統栽培作物的安全性評估上，已知是困難的，也就是目前所進行的基改作物與其相對之原本傳統栽培作物(非基改品系)的比較性研究，基改作物與其對應的傳統栽培作物，在被改造的基因部份，是否有潛在不可預測的影響，則須針對二者之間，比較其相似與不同處。當基改作物與傳統栽培作物在特定環境下進行田間試驗時，若此環境所誘導出的表現型與基因型的不同，是與特定基因轉殖無關時，也就證明基改與非基改作物間是相同的。

幾個評估關鍵有：供應者與受體植物之特徵、基因改造的分子特徵、農藝的與組成成分的特性分析、毒性與過敏性測試、營養評估、環境風險評估、上市後(環境的)監控/監測。這些議題已有許多機構發表了關於指導性的文件。對於基改作物的安全評估必須依不同個案來討論，考慮這些特別的變化，並針對這些新興食物與其相對傳統方式生成的食物作一比較。

3、基改作物的環境衝擊及管理：科學與法律間之比較觀點

(主講人：Dr.Masashi Tachikawa/ 茨城大學 /日本)

自從 90 年代商業化的基改作物出現，食品安全與環境安全已成爲科學界主要思考的三大議題。國際間已有許多談論這方面議題的機制，如 OECD 及 Codex，惟每個國家的環境條件都不盡相同，不同國家在環境議題上，所建立的法規是有其不同的強調點。歐盟與美國在這方面呈現強烈的對比，此報告試著呈現：每個地區，如何面對科技新發現對邇來所習以爲常的制度，所帶來的新挑戰。如不同於原防疫角度觀點，美國現階段須面臨不同類型的新基改作物研發成果產出（如混合品系及不同以往之新性狀產出），思考其因應管理策略；而歐盟則就基改作物與非基改作物間之共存議題，嘗試基於科學證據與管理間之配合，就歐盟之環境風險評估，建立技術指文件。這給我們更多在科學與法規之間的思考，同時爲基改作物對環境安全的議題給法律制定鋪設一條可依靠的道路。

4、日本基改作物的生物影響評估及其適當管理方案

(主講人：Dr.Hiroyuki Shibaiki/ 農業環境科學研究所 /日本)

2000 年聯合國已採納卡塔赫那 (Cartagena) 協定書，以避免因使用基改生物活體 (LMOs) 對生物多樣性所造成的影響。日本也在 2004 年公告實施卡塔赫那(Cartagena)法。前開法規要求擬發展基改作物的人必須先完成引入的基改作物的生物影響評估。這些評估必須包含 (1) 基改生物活體與自然野生品種的競爭力比較；(2) 生物活體產生的有害物質的潛在風險；(3) 自然野生品種與生物活體之間雜交的可能性。爰報告基改大豆逸散田間生長的野生族群之存續性 (persistence) 評估方法，並說明發生在基改與非基改水稻田的雜交授粉的評估指標。

(1) 族群存續性 (Population persistence)：基改作物的商業栽培目前在日本仍不被允許，但日本大量進口的農產品即包含基改作物。

這些基改產品雖未在港口週邊卸貨，野生基改作物逸散情況卻也見諸報告。如果這些植物形成一個族群，擴展其分佈，將有可能與其相同的野生品種雜交授。經就文獻及田間試驗所蒐集之種子發芽、生產、越冬性等數據，將其自萌芽至枯死的生命史公式化並計算繁殖速率，以評估逸散的野生基改大豆族群之存續性，惟因其不具越冬性，評估結果無法推論至次年，換言之，當逸散的野生的基改大豆能產出大量的種子且具較高之越冬存活率時，才可能形成一個穩定的族群。

(2)雜交授粉指數 (cross-pollination index): 稻米是自花授粉的植物，但仍有少量藉由風力發生雜交授粉，為評估此類雜交授粉，經研發以基改與非基改田之間的切線長度及在該區域內非基改田之面積大小為基礎之指數予以估算。在有限區域內當多數水稻花粉可能飄散時，以田區間之切線即可精確估算該面積，透過其他模擬模型估算，該指數與雜交授粉率明顯相關，同等地減少基改與非基改稻田面積時，指數會下降，也就是雜交授粉的發生也減少了。

亞洲各國具備了不同的環境條件及農耕體系，因此，評估基改作物最終所造成的影響，是因不同國家而異，未來將建立一個共同的研究平台，朝合作研發基礎之分析方法，並就所得之數據進行比較評估。

討論座談：亞洲地區基改作物釋出量產之益處及潛在風險

A. 科技創新與永續發展

基因轉殖可跨越一般傳統育種之限制，進行跨物種間，基因之直接移轉，基因轉殖技術既為品系育成的方法之一，利用該技術所育成之基因轉殖作物(Transgenic plants)，與傳統育種方法育成之作物並非全然不同，惟在轉殖外源基因時，所轉入之目標基因種類、抗生素篩選標誌基因及基因插入之位置等是否會導致科技難以預期的負面效應，因而引發不同聲音，進而對基改產品之於環境或人體是否影響無虞而有所疑慮，爰有利用植物本身或可雜交物種的基因進行轉殖，育成同源基因改造植物 (Cisgenic plants)之順應衍生。

現今基改作物之發展趨勢已不容忽視，是項技術應用於作物之抗病、抗蟲、雜草控制及飼料產業等之發展，確係具備了一定程度之貢獻，基改產業之發展與否，涉及層面之廣，已超越了“YES” or “NO”的問題探討，如何因應基改科技之日新月異，掌握科技發展趨勢、適切運用新科技、建構法規管理科學環境，據以制定因應管理策略、精進管理政策，或可於基改產品之發展及環境之永續間，取得平衡觀點。

B. 正視基改作物“因地制宜”之特質

鑒於基改作物為提升農業生產力提供另一項選擇，面對氣候變遷及糧食安全等議題，基因改造或許不是唯一的解決之道，卻可提供更多樣的處理方案。不同的區域或國家，其農業耕作制度、氣候環境、貿易條件甚或消費者之接受度等，皆存在不同程度的條件差異，所須面臨或克服之農業或政治課題不一，產品各別標目市場之產業需求亦不相同，適合發展之產品品項或類別即有所差異。A 地區合適發展的基改產品品項，或可經驗移植至 B 地區發展，但在 C 地區或許窒礙難行，評估基改作物最終造成之影響，因不同國家而異，正視基改作物產品所具的“因地制宜”特質，客觀看待是項科技之發展，並就所對應之可能風險，建置完整的風險管理及溝通機制，建立區域間之技術交流平台並展開客觀對話，是值得努力的方向。

肆、心得及建議

一、基改作物之發展可概分為以下三個階段，第一代基改作物（1995 年~2003 年）：著重於農園藝性狀之改造，如改變花色、抗病、蟲、殺草劑及增加產量等；第二代基改植物(2003 年~2009 年)：改造作物之營養特質及機能性成分，如增加 β 胡蘿蔔素含量之稻米、增加離胺酸(Lysine)含量之基因改造玉米等；第三代基改作物(2010 年~)：發展分子農場(Biopharming)，利用作物為生物反應器(Bioreactor)，生產疫苗、蛋白質藥物或工業酵素等產品，如以稻米生產抗敏疫苗、以玉米生產飼料添加劑等。

二、本研討會探討議題豐富多元，內容含括抗病、抗蟲、抗殺草劑、生產人用與動物用之疫苗及飼料添加劑等基改作物不同發展階段、具代表性的基改作物類別之關鍵技術研發、田間試驗現況及風險評估分析等構面，並呼應國際現況，安排糧食安全、因應氣候變遷等議題規劃，兼具深度及廣度。可供國內參考借鏡處，茲列如下：

(一) 泰國抗輪點病毒基改木瓜田間試驗

依據糧農組織統計顯示，泰國 2012 年木瓜收穫面積計 1 萬 3 千公頃，產量 215 千公噸，(台灣 2012 年木瓜收穫面積 2,844 公頃、產量 132 千公噸)，約 98%提供國內消費及加工，近 2% 外銷。泰國木瓜產業亦面臨木瓜輪點病毒危害威脅，當地學研機構並經育成抗木瓜輪點病毒的基改木瓜，進行田間試驗。2003 年，泰國發生農民違法種植基改木瓜案例，導致木瓜外銷歐洲受創，2004 年因非法外流事件增加，泰國政府爰展開田間大規模抽查行動，基改木瓜田間試驗並因之中止。泰國對基改作物採取相對嚴謹的管理，目前僅許可基改玉米及基改大豆上市為食品及飼料用途，而泰國育成之抗木瓜輪點病基改木瓜仍處於田間試驗階段，鑒於基改植物的種植，在泰國是被嚴格管控，為瞭解所轉殖的外源基因經由花粉傳播之可能性，研發團隊係以非基改之一般傳統木瓜進行花粉散播試驗，並進一步應用 GIS 地景資訊系統，積極建立在地資料，為未來共存之需預作準備。

(二) 中國大陸基改糧食作物研發 v.s. 商業量產

2013 年全球基改作物種植面積為 1.752 億公頃，共 27 個國家進行基改作物之生產，中國大陸為全球第 6 大基改作物生產國，總生產面積佔全球基改作物種植面積的 2.4%，主要種植植物為棉花、木瓜及楊樹等。中國大陸近年大力推動基改科技並積極延攬海外優秀人才回國。在節能、環保及分子農場風潮下，國際間進行植酸酵素轉殖之研究不少，中國農科院在研討會中發表之轉殖植酸酵素基因轉殖玉米之研發成果優異，換算其產出效能，該每公斤轉殖玉米種仁所獲得的植酸酵素活性，最多可達 12.5 萬個活性單位（國內育成之某植酸酵素基改水稻品項，每公斤稻穀粉所含植酸酵素活性為 6 萬個活性單位含量），已吸引某知名跨國生技業者洽談合作事宜。

儘管該研發團隊已為植酸酵素玉米未來之商業應用作好準備，惟據主講者私下表示，中國大陸的糧食生產量佔全球 1/4，為世界主要糧食生產國，其玉米產量並佔全球玉米產量的 19%，僅次於美國(42%)，雖身為全球第六大基改作物生產國，中國管理當局對於開放基改糧食作物之境內種植，仍趨小心謹慎，如同基改水稻議題一般，是項成果雖是中國大陸第一個取得生物安全證書(限定在山東省生產應用)、且可直接提供飼料產業應用之基改玉米，惟中國管理當局迄今仍未同意開放其在中國大陸境內商業生產。

(三) 日本可資交流之技術項目及研究成果

就基改技術應用於農業生產之觀點，日本農業生物科學研究所及東京大學分別發表之「利用 WRKY45 稻米防禦機制之抗病轉錄因子在稻米抗病發展」及「開發耐旱作物乾旱誘導基因信息轉錄因子」，皆係利用水稻為轉殖材料，分別針對影響作物產量之生物性逆境（如病蟲害、雜草等）及非生物性逆境（如環境、營養元素、栽培等），應用基改技術進行研究探討。為防止水稻因罹患稻熱病或葉枯病而減產，農業生物科學研究所透過水稻化學防禦機制－WRKY45 表現策略，成功克服了進行作物抗生物逆境育種時，作物對於病原防禦反應所伴隨對植株生

長或產量可能之負面衝擊；東京大學則利用基因操作層次，進行非生物性逆境之分子選育試驗，業經選出具強度抗寒、抗旱能力之有用基因，並可有效應用表達於水稻、小麥及大豆等不同作物，二個研發團隊之研發成果優異，值得國內學研界與之進行實驗室間之合作交流。

日本為生物安全議定書的簽約國，2004 年並據以公告實施卡塔赫那法，用以規範基因改造產品之科技研發、田間試驗、上市流通及進出口等應遵循事宜，整體法規環境建置完整。日本並為美國玉米第一大進口國、並全球第二大之大豆進口國，自 2004 年至 2013 年 12 月期間，日本依法核准之基改作物田間試驗、栽培、上市(供食品、飼料或觀賞用)之申請案件多達 217 件(民國 92 年至 103 年 1 月期間，臺灣許可之基改作物食品上市案件計 74 件)，儘管核可之件數如此可觀，但基於消費者之選擇，日本境內種植生產之基改作物品項，除基改玫瑰少量契作生產外，並未有其他基改作物品項之生產；若干地方政府如北海道、京都、新潟等並制定基改作物種植生產法規俾因應未來基改作物共存趨勢。

為預防基改植物之意外混雜並建立環境監測機制，日本農業環境科學研究所除積極建立在地的花粉飄散試驗數據，如同泰國，日本亦運用地理資訊系統(GIS)，以水稻為研究標的作物，藉由當地氣候(如風力，風向等)資料的收集及田地面積為基礎，進行空間分析。透過模型模擬，用以評估雜交授粉風險外，並進行了基改油菜之逸散監測、種間雜交等研究。國內農業試驗所組有技術精熟之 GIS 團隊、基改作物檢測團隊亦應用 GIS 於檢測監測，中日雙方可進一步之合作交流。

三、美國加州大學 Dr.Josette Lewis 發表專題報告時，直指出公部門支持發展之基改技術研發，常僅止於試驗研發階段育成品系之成果發表，然就產業發展觀點，該等數據卻不足支應日後放大量產所需，爰建議大學及研究機構須能掌控將基改作物推進至田間試驗之技能及其何時確效，俾明瞭如何將基改作物量產成可商業應用之規模，往“產品”階段邁進。就促進基

改科技研發成果產業化之觀點，Dr.Josette Lewis 所言直指問題核心。鑒於公部門與跨國業者間之屬性差異，公部門投入之研發規模及發展樣態，自不同於跨國生技業者的視野及佈局，但如何減少基改研發成果未來邁向商業化之風險，卻是公部門可以也應於著力之處。

田間試驗階段是基礎研發及商業應用之分水嶺，實係協助研發成果邁向“產品”階段之重點關鍵，而基改產品量產及上市流通等有關環節之風險管理策略，亦奠基於田間試驗階段積累的風險評估科學數據。惟相較於基改技術之研發，該等試驗研究之推動，卻常被漠視及忽略，基改產品之風險評估及風險管理體制倘能完整建置，生技產業之推動及農產業環境保護，並不相衝突。

四、基改產品之發展規劃，為跨農、工、法、商、醫藥等不同領域的科技活動，並需兼顧環境、社會、經濟、倫理等不同層面考量，常易淪為意識型態之操作，而忽略基改產品“因地制宜”之特質及該項技術之本質探討。不同意見間之誠摯溝通及對話，更顯珍貴，如何凝聚公眾共識，風險溝通時所採行的策略、工具，相形重要。強化公部門的管理效能，則是建立民眾信心的不二法門，而管理部門如何因應基改科技發展之日新月異，運用新科技，建立在地管理所需之科學數據，強化法規科學，以為有效管理，實為當務之急。

五、感謝亞太糧食肥料技術中心的支持及邀請，此行對國內基因改造事務之推動，具正面助益。

五、附件
(一)照片



圖 1. 農業環境科學研究所基改作物隔離田對外之明顯標示及其禁止事項

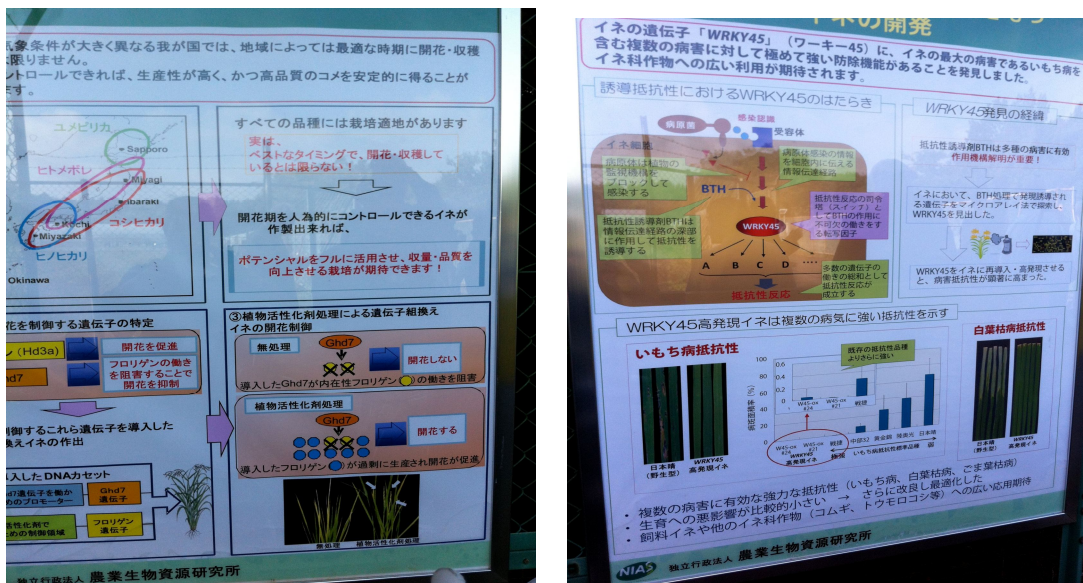


圖 2. 對外標示項目含括隔離田內正在進行之田間試驗的內容摘要



圖 3. 隔離田四周設置鐵絲網圍籬及綠籬植物與外界隔離

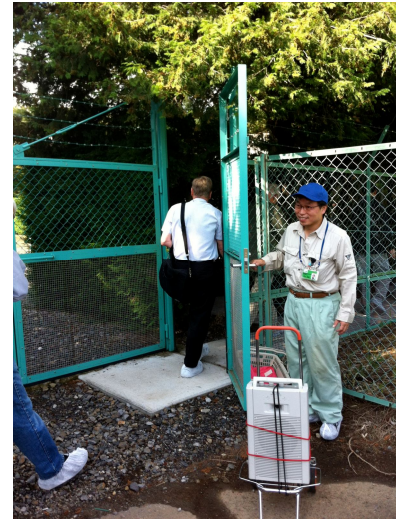


圖 4. 隔離田之入口管制
(入內者需加著鞋套)



隔離田周圍設置之常綠高大喬木綠籬
構成濃密屏障可有效阻隔花粉逸散
(由隔離田區內向外眺望)



種植作物之田區皆覆設防鳥網

圖 5. 隔離田內之一般試驗田。



圖 6. 隔離田之水稻試驗田區四周以高約 4 公尺之密實綠籬圍繞成獨立田區及試驗田入口之配置

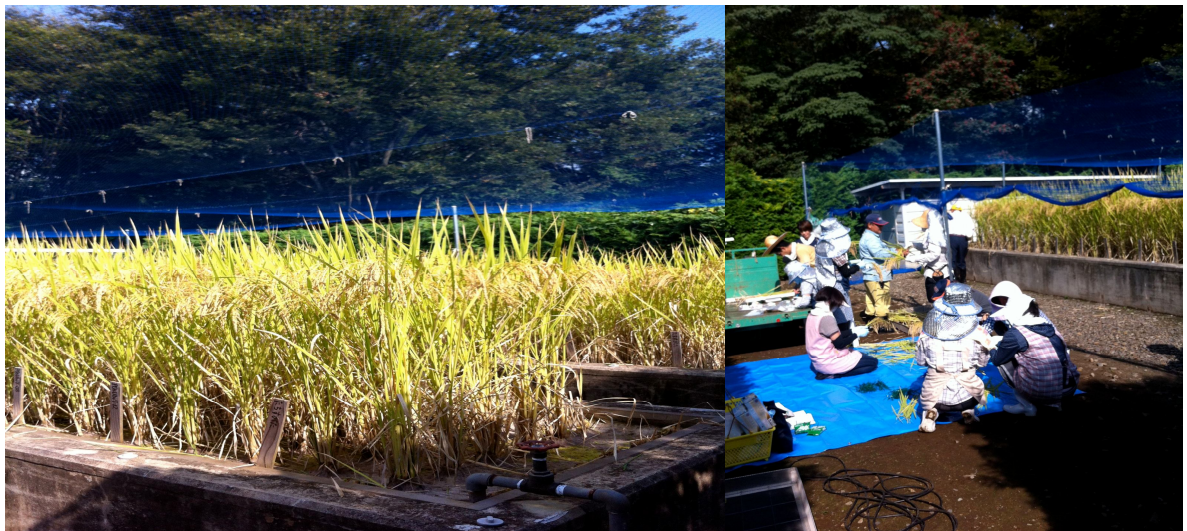


圖 7. 隔離田水稻試驗田區配置之水泥栽植槽及實驗進行情形



圖 8. 水稻栽植槽之排放水設施及其旁配置之沉積(澱)池



圖 9. 農業科學研究所基因庫之種子庫 (-1°C, 30%RH 長期保存) 以機械化、資訊化模式管理，作業人員透過終端機閱覽種子庫存資訊，藉由電腦操作機械手臂自] 貯存庫揀取活力測試所需之種子，進行稱重、分裝及外袋之印刷標示。

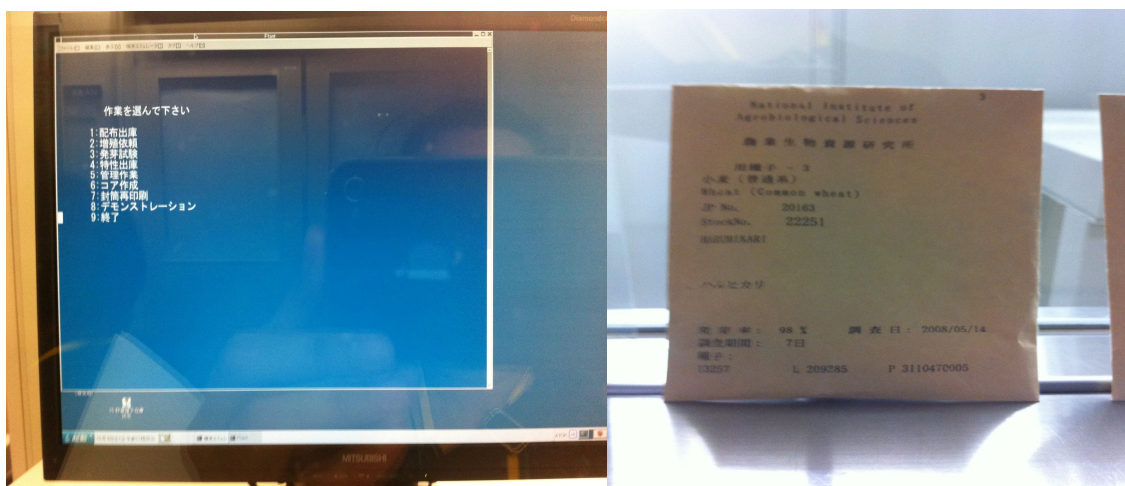


圖 10. 終端機上之作業流程單及種子分裝袋外之標示情形



圖 11. 種子活力測試情形及不同種子之保存條件及年限



圖 12. 研討會情形

July 18, 2013

**MARCO-FFTC Joint International Workshop on
Benefits and Risks of Genetically Modified Food Crops in Asia**

International Congress Center, Tsukuba, Japan, October 7-11, 2013

Session Program (October 9 to 10)

Day 3: October 9, 2013 (Wednesday)

08:30-09:00 Registration/Setup of posters

Opening Session

09:00-09:30 Welcome remarks
President of National Institute for Agro-Environmental Sciences
Representative of Food and Fertilizer Technology Center

09:30-09:45 Group photo

09:45-10:00 Coffee break

Session 1: Overview of Development and Production of GM Crops

10:00-10:40 Commercial GM food crop production and its future perspective
Randy A. Hautea (ISAAA)

10:40-11:20 Technological innovation and advantage on transformed crops
Seiichi Toki (NIAS, Japan)

11:20-12:00 GM crops for food security in developing countries
To be confirmed (USAID)

12:00-13:30 Lunch

Session 2: Promising GM Technologies for Plant Protection and Other Traits

13:30-13:55 Late blight resistance in potato
Muhammad Herman (ICABIOGRAD, Indonesia)

13:55-14:20 Drought tolerance in rice
To be confirmed (Malaysia)

14:20-14:45 Salt tolerance in wheat
Nasir Ahmad Saeed (NIBGE, Pakistan)

14:45-15:15 Rice blight resistance with WRKY transcription factor
Hiroshi Takatsuji (NIAS, Japan)

-
- 15:15-15:45 Coffee Break (View of Posters)
- 15:45-16:10 GM maize expressing phytase gene
Chunyi Zhang (BRI-CAAS, China)
- 16:10-16:35 Insect resistant eggplant expressing Bt gene
Vanga Siva Reddy (ICGEB, India)
- 16:35-17:00 Insect resistant maize expressing Bt gene
(Vietnam)
- 18:00-20:00 Welcome reception hosted by NIAES

Day 4: October 10, 2013 (Thursday)

- 09:00-09:25 Ringspot virus resistant papaya
To be confirmed (Thailand)
- 09:25-09:50 OPEN
- 09:50-10:15 OPEN
Not yet fixed (Taiwan)
- 10:15-10:40 Coffee break (View of Posters)
- 10:40-11:05 Herbicide resistance for weed control in canola
Christopher Preston (University of Adelaide, Australia)
- 11:05-11:30 Development of marker-free transgenic plants
Ayako Yokoi (NIAS, Japan)
- 11:30-11:55 Stacked GM events in maize
Saturnina C. Halos (DA-BAT, Philippines)
- 11:55-12:20 Stacked GM events in soybean
To be confirmed (Korea)
- 12:20-13:30 Lunch (View of Posters)
- Session 3: Technological Innovations in GM Crops**
- 13:30-13:55 Edible vaccine in rice to prevent Japanese cedar pollinosis
Fumio Takaiwa (NIAS, Japan)
- 13:55-14:20 Exploiting dehydration-responsive element-binding (DREB) transcription
factor for drought tolerance
Kazuko Shinozaki (Tokyo Univ., Japan)

Session 4: Environmental Impact of GM Crop Production

14:20-14:50 Environmental impact of GM food crop production its proper management in the US
To be confirmed (USDA)

14:50-15:20 Coffee Break (View of Posters)

15:20-15:50 Environmental impact of GM food crop production and its proper management in EU
To be confirmed (EFSA)

15:50-16:20 Environmental impact of GM food crop production and its proper management in Japan
Hiroyuki Shibaike (NIAES, Japan)

Panel Discussion and Closing Session

16:20-17:20 Panel discussion (Chaired by Yasuhiro Yogo and George Kuo)
Merits and potential risks for releasing GM crops into the production field in the Asian region

17:20-17:30 Closing remarks
For further collaboration/cooperation

18:00-20:00 Farewell dinner hosted by FFTC

Day 5: October 11, 2013 (Friday)

Departure of overseas participants