

新科技農業的展望

撰文/陳永松

台日農業生物技術應用研討會於 2007 年 7 月 13 日在台北市長興街的中華經濟研究院舉行，有來自台日雙方共 8 位專家進行演講，以下謹擇要摘錄其演講內容，並於後分段補充些許個人意見，敬請指教。

一、水稻抗病基因打先鋒

來自北海道大學的淺野行藏教授，主講「微生物與植物的關係」。其主要解析引起水稻稻熱病的病原性變異之分子基因學。水稻為亞洲之重要糧食，而稻熱病乃其頭號病變，是由一種真（黴）菌所引起，在台灣多發生於一期作，因此時溫度高低不定，田間濕度高，有利於稻熱病的發生。致病原因為分生孢子藉由空氣散佈，附著於葉面產生發芽管與附著器後侵入葉面，感染稻株的葉面會產生斑點，稻穗感染後穀粒不充實致無法結果收穫，然而對其致病機制則尚未解明，目前雖已有具稻熱病抵抗性之品種，但其抗病性又於數年後瓦解，故又須重新選種。經由宿主特異性變異株的分離與解析，可篩選出水稻的稻熱病抗病性基因與其非病原性基因 AVR-pia，這是經過 10 年努力後所得到的的小成果，但接續的課題如 AVR 基因會如何變異下去？AVR 基因為何被保存？使用 AVR 基因之全新抗病品種的培養及 AVR 基因產物是否能以生物農藥的方式來使用？這些皆有待更多的研究來闡釋。

第二位主講人矢野昌裕介紹「如何發掘水稻有用基因和應用基因體學的育種策略」。他首先點出日本的稻米栽培面積有 168 萬公頃（占其農作物面積的 65%），其中越光米栽種面積就佔近全國

稻米耕作面積的 40%。越光米是 50 年前（1956）便育成的品種，而日本新近育成之稻米品種多數含有越光米的基因，顯示日本人對越光米情有獨鍾。矢野昌裕的育種目標為尋找具抗病力強且適合低成本栽培之品種，如對病蟲害（稻熱病、稻飛蝨）抵抗力佳或具逆境承受性者，在日本溫帶氣候下，尤須具耐冷性品種，而在台灣的品種則須強調具耐熱性或成熟期耐高溫者，此外亦注重口味、品質及稻米的功能性，不論是做為食品、飼料稻米、生質燃料的原料，長期目標仍舊著重於稻作的高收成率。

在稍微低溫或日照不足時尤易引起稻熱病，另在夏季期間的低溫危害（冷害）會使結穗期的稻米（在 20°C 以下）不耐低溫而難以結實，導致收穫量大減。尤其在出穗後 20 天左右的登熟期，若發生高溫危害將改變稻米的生理作用，推測是由於呼吸作用的增加而阻礙碳水化合物的轉換，產生未成熟的米粒，這將於之後的脫殼過程造成米粒容易碎裂而影響其定價。為因應日本地區多颱風的氣候，並減少稻米因風雨所發生的倒伏現象，可導入半矮性基因加以改良（圖一），但若能由已經適應不同生長環境的栽培品種或是野生近緣種的自然變異，進而篩選出具特性基因的自然品種則更佳。

由 10 個國家共同完成解讀所有稻米鹼基排序的國際稻米基因圖譜鹼基排列解析專案計畫（IRGSP），日本擔任此計畫的主席國即貢獻約 55% 的稻米基因圖譜解碼。日本亦對不同稻米品種適應不同地區環境的重要因素或相關基因進行深入的探討，例如台灣台中 65 號稻在短日照無法出



圖一 半矮性基因可有效防止水稻因颱風造成的倒伏現象

穗，乃控制稻米出穗期的轉錄因子基因 *Hdl* 失去功能所致。而藉由篩選標記基因，可篩選出只放入有用性狀的新優良品種，提高回交育種的效率。

利用基因圖譜的資訊可開發新的雜交育種法，育出不同出穗期的越光米，如以 DNA 標記僅將出穗期基因定點式鑲嵌入越光米，即可使傳統的育種年限由 10 年縮短為 3 年。對栽培稻米時的各種問題亦經由數量性狀基因座定位 (QTL) 或基因的聚集來實現育種設計，配合基因圖譜及栽種環境聚集有用 QTL 基因。除了應用在食品，也將解決環境和生質燃料有所貢獻的基因納為目標，同時也要挑戰不容易單離的重要基因，如與耐冷性、重金屬承受性、耐倒伏性等相關性狀做進一步試驗。

二、基改水稻促進光合作用以增產

嘉義大學農業生物技術研究所的古森本教授介紹「利用水稻光合作用的基因工程技術以增產」。高等維管束植物的光合作用可分為 C3 及 C4 途徑，一般高產的雜糧作物如玉米、高粱、甘蔗屬於 C4 植物；而重要農業作物的稻米、麥、馬

鈴薯則為 C3 植物。C4 植物由於 CO_2 之濃縮機制 (CCMs)，其光合作用效率大於 C3 植物，尤其在強日照、高溫、乾旱的環境下。故相較於 C4 之玉米，屬於 C3 之水稻算是低光合效率且低產。

古教授實驗室的主要研究方向即進行水稻基因改良，使其表現不同 CO_2 的濃縮機制以增加光合效率而增產，如轉殖玉米之 C4 光合基因或「CCM 米」於水稻，使其表現藍綠藻的二氧化碳濃縮機制。C4 植物多為禾本科，木質素含量少且非屬固氮植物，而田中常見的雜草 --- 稗草即是典型的 C4 植物，此也造就稻田裡稗草永遠較屬 C3 植物之水稻後發先至，得以迅速地生長竄高繁殖 (圖二)，保有長久以來的相對優勢。將這些 C4 植物之酵素基因如玉米 PEP 羧基酶 (PCK) 放入稻米鞘細胞葉綠體，此單一基因可提昇光合作用效率，進而提高 40% 產量。

然而，即使能落實此項研究成果，對台灣的農業恐無實質助益，因為今天台灣的稻米產量仍遠高於需求，在外有 WTO 的追擊，內有米食文化的式微，國人對於本土米食並無像日本死忠地



圖二 屬於C4植物的稗草之生命力永遠較C3植物的水稻來得旺盛。瞧!它雖晚長卻較水稻更早開花了

擁護其本土食米，若再增產恐對台灣水稻的價格更加雪上加霜。但這些研究可能對亞、非洲等糧食缺乏之地區較有幫助，兼有人道援助的外交意義。

在之後的問題討論，有人提問基改田與非基改田隔離的安全距離問題，古教授回答兩者只須 50 公尺的隔離即可，並表示水稻花粉在傳播到 20 公尺外即陣亡一半。然而，旋即聯想到台灣的多颱風氣候，颱風的傳播效應豈只 50 公尺之距離而已？其實，這對有機農業的推廣影響尤大，特別是有機米的生產，故建議農政單位對基改水稻的隔離應有更嚴格的防護，避免基因流佈現象而造成整體的農業損失。

三、創造森林新價值

船岡正光主講「從森林到化學工業～創造新的分子流」，主要強調森林資源的另類永續利用。種植階段的樹木屬於林業碳流佈系統之第二期，而樹木用作木材或紙張後的應用範圍極少，大部份轉換成 CO₂ (燃燒廢棄)，且在生態系流動中被忽視。即使林業碳流佈系統的流動循環相當短，但樹木的平均壽命仍舊遠超過人類的 85 年生命時間。環境共生型的永續社會，須改以第二期後的分子層級去認識生態系中的物質流動，例如木質素 (lignin) 可重製成許多實用材料，樹木不僅可當做木材和紙來利用，還能以分子層級的方式，解析其素材構造和功能，將生態系的流動，以機能材料的形式重現在未來的潮流裡，例如可形成特殊車輛或含鉛電池的素材。然而，我整場聽下來，似乎演講者只是在介紹一種較友善或永續經營的森林利用模式而已，著重在全新的技術研發以達到產業的技術升級，老實講我並不清楚其未來的實現性如何？我覺得這新產業仍是一個未知數。但期待在後石油時代有新材料可取代屆時已無石油的新型永續經營社會，形成循環型森林的概念。而一些森林植物或能源作物在替代新能源



圖三 台灣種植生質能源作物如向日葵的效益仍須多方評估

的趨勢下，是否會壓縮到昔時農業上單純做為食物的價值 (圖三)，整體效益仍有待評估。

四、應用生物科技創造畜產及農業新價值

畜試所副所長李善男介紹「生物科技在畜牧生產之應用」，在已開發之畜禽生物技術中，概分三類：一為分子選育技術，利用遺傳標記進行選拔；二為遺傳缺陷檢測；三為人工生殖技術，利用家畜做為生物反應器，從事轉殖基因複製動物之研究。利用生物技術開發產品，獲得創新價值，是畜牧業之利基。應用遺傳標記選拔是目前廣為應用的育種策略，可縮短育種選拔之時間。透過分生技術之運用，篩檢家畜之遺傳缺陷，已經成為種畜育種場必備之條件。而利用核轉置及基因轉殖技術於家畜與家禽，以生產人類醫用蛋白質及其他高價蛋白質，為未來人類醫學之目標。另發展幹細胞研究與再生醫療科技結合，家畜可能成為一個重要橋樑，是可以開創的新領域。另外不能忽視的是，由於產業結構或社會消費背景的改變，台灣本土性家畜禽曾是國內畜產業重要的生產品種，有其本土性產品風味，然在追求高經濟



圖四 台灣的本土水牛保種計畫亦亟須重視

收益的衝擊下，逐漸因生長速率不如外來品種而被棄養，這些本土畜禽品種仍擁有抗病性、耐粗性、耐熱性和特殊風味等優點，面臨未來環境變化加劇更值得進行保種，故已有從民間收購樣本後由學研機構進行保種族群的純化、繁衍及利用等整體性工作。例如台灣本土的水牛亦是研究的好對象（圖四），如近來台大動科系提出「水牛產業提升計畫」與花蓮縣無毒農業配合，將研究教學與觀光休閒活動、生物科技、本土品牌進行結合，希冀重振台灣水牛王國的美譽。

最後一位演講者中研院分生所趙裕展研究員介紹「改造昆蟲桿狀病毒以架構蛋白基因工程新策略」。桿狀病毒是有用的昆蟲病毒，長期以來應用在有機蔬菜的防治蟲害上；此病毒也可以基因工程生產大量蛋白質。而由於其安全性高對人體無害，值得推廣應用。趙研究員實驗室改造桿狀病毒的轉殖法以及蛋白質抽取法，有效的利用家蠶使之成為生產基因工程蛋白質的利器。人類常受到如 SARS 等危險病毒之危害，但 SARS 病毒不易研究。而其實驗室也以桿狀病毒成功將 SARS 之數個蛋白組合成一個類似 SARS 之病毒顆粒

(virus like particle)，可做為未來對抗 SARS 病毒的最佳疫苗。原是農業病毒的桿狀病毒，經多方應用後，未來將對工業、醫學等領域大有助益。而趙研究員亦提及由於台灣農業成本甚高，以農業材料生產高價之非農業產品應是未來發展重點。其使用家蠶的好處有不用醱酵槽、在培養時可高產，每隻可生產 1 毫克以上的合成蛋白質，同時也可產生新品種。且家蠶久居人間，野性盡失，值得進行大量培養。對此也欣見桿狀病毒被發展為安全的病毒模擬系統，以從事有害病毒之研究。

五、結語一再造台灣新農業

一場台日雙方的農業國際研討會，我看到了新科技應用於農業的展望。當考量目前全世界有半數以上的人以稻米為主食，如何以越來越少的耕地，來滿足這麼龐大的需求，要靠育種專家的努力。而在較富裕的國家如日本、台灣，人們要求更好吃的米飯，這樣的需求得靠育種專家的努力。侵襲水稻的各種病蟲害，會隨著時間經過演化出新的種類，未來暖化加劇時勢必需要培育出新的抗病品種。其實幾千年來，各地的農民在有意無意間，不斷地培育新品種。有人選擇田中生長最好的稻株留作下一期的稻種；從鄰里或市場取得不同品種的稻種來試種；甚至有可能從野生品種中育成新品種。由於各地不同的氣候及地理條件，因此造就了全世界十四萬種稻米品種的豐富多樣性。然而，在 1970 年代引發的綠色革命，雖然帶動了全球農業技術的革新，卻也對稻米的基因多樣性造成了嚴重的威脅。當現代育苗的高產品種開始進行推廣時，農民們很自然地放棄了原先自行培育的品種。所幸，有識之士預見了這個危機，在 1977 年建立了國際稻米基因庫 (International Rice Genebank)，才將許多原本快要消失的稻種都保留了下來。所以即使我們有這些新農業技術，仍不可忽視生物多樣性的概念，否則像在 1840 年代，愛爾蘭的馬鈴薯病害造成 150

萬人飢荒死亡，550 萬人移民國外，而佔全球一半人口主糧的稻米若發生類似問題，其影響就不能預測了。

台灣各地的農業改良場多年來培育出不少有名的新稻種如台中在來一號及之後的 IR8，嘉惠了全球各地的稻農與米食人口，避免了當初預測 1972~1973 年會發生的糧食危機。在這個基礎上，我們更有條件推動新農業科技。

研討會留下一些未解的議題，但有全球多國共同合作如稻熱病與稻飛蝨等疫情，控制稻害的技術應是與日精進，但科學總是有時而窮，仍無法全然解決現有的問題。對未來的生活期待，我

倒是認為應回歸較自然的農耕方式，不論是名之為有機或自然或永續農業，我們都不應忽視全球資源使用包括農業發展方向在後石油時代與全球氣候變遷之間的連動，如稻熱病是對低溫較敏感而對高溫較不敏感，在台灣多發生於一期作，是否在全球暖化的趨勢下，其危害性將逐步降低呢？而褐飛蝨常於第二期稻作乳熟期至糊熟期間危害最烈，可說對低溫的耐受佳而較不耐高溫，這在未來暖化加劇時是否會影響更大呢？這些議題有待更多的研究以解明，但也需要肯用心投入新科技農業的新血來建構未來的新農業，以迎接更多的暖化挑戰。

AgBIO

陳永松 國立宜蘭大學 動物科技學系 助理教授

