

## 台灣植物產業的發展方向 (自地球生態系談起)

### 一、生態系與生態系平衡

所謂生態系，是在一種地理環境下所生存生物的總合體系，與其依賴生存的自然地理環境之間，形成一種「動態平衡」(dynamic equilibrium state, or steady state)狀態的高層次體系而言。動態平衡意味著，不同生物種群落之間，不同地理條件之間，或生物與地理條件之間，都會發生互動作用。例如，火山爆發忽然以其融岩流毀滅原來已經形成密林的地域，所有的生物都不見了。但是，融岩冷卻後，受雨水侵襲而風化，於是有一些能在有限營養物質存在下可生存的生物種（在夏威夷所得觀察是有固氮作用的藍綠藻）開始遷移進來，而這等生物群落的地表被覆效應及生活現象產生的物質，改變其生活的物化環境條件，讓更多能適應生物種移入，構成更複雜的生物體系。於是，生物與生活環境之間，慢慢構成需要較長時間觀察才能察知的變化，構成「成熟」的生態系。

以近五十億年的地球年齡來說，火山的爆發及其引起的破壞是一瞬間，生物種的移入到穩定生態系的構成可能要用千年為單位時間座標來描述，但是，不同生命型態在地球發生也要用十億年為單位計算，千年只有地球生命年齡的百萬分之一而已。雖然如此，以天的時間單位產生的區域性生態系擾亂如火山爆發，都要以年為單位的時間達成另一樣動態平衡。可見生態擾亂後果的嚴重性。

### 二、地球生態系內物質循環機制顯示植物生產是農業的基礎

由環繞地球的人造衛星望下以最好照相機拍照，除了天然景觀與人所營造大型結構物之外，可看到的生物影像只有自然或人造的植物群落。假如以生物物質質量(biomass)來衡量地球上生物種類分佈，以包括陸上大型植物到海中微細植物性浮游植物的植物具有最多生物物質總量。

地球上生物生存的區域叫做生物圈(biosphere)，介在於氣圈(atmosphere)、土圈(pedosphere)及水圈(hydrosphere)的單薄層面內。構成生物體大部分物質的化學組成，都是存在於生物圈的低原子量元素。所有活生物體中存在量最多的分子是水；大部分所謂有機物都由大量氫、碳、氧及較少量氮、磷及硫組成，而氫、碳、氧三元素的來源是水與二氧化碳兩種分子。只有少量存在而與有機物結合，主要提供催化性功能的金屬原子有鈉、鉀、鈣、鎂、鐵、銅、鋁、錳等。

能以二氧化碳為唯一碳源的生物叫做「自營生物」(autotroph)，而使用光能推動碳同化(carbon assimilation)的作用叫做「光合作用」(photosynthesis)。研究地球上由無機物發生生物機制的研究者告訴我們，在原始地球的生物圈環境中，充滿水、二氧化碳、一氧化碳、氫、氨、硫化氫等物質，是形成原始單純生物物質的原料，而合成需要的能源有得自放電、游離輻射、氧化還原作用等說法；現在的地球上，還有少些種可用化學反應來推動二氧化碳同化作用，稱為化學自營微生物(chemoautotroph)的存在。

地球上發生生物的機制，還是一個謎題，但是生物發生之後，一直在其生死之間與生物圈不斷進行物質交換即是事實。雖然氧是生物圈中最豐富的元素，光合成生物出現之前，大氣中幾乎沒有氧氣的存在。光合成生物將水分解，釋放氧氣於大氣中，逐漸造成了「好氧」(aerobic)環境，進而誘發能量代謝旺盛的好氧型生物。現在我們所看到的動物都是好氧型生物，又可見動物對植物依賴性之深。

地表環境隨著生物的進化而產生相當可觀的變遷，但是，就人類在地球上出現以後到現在的短暫時段（比地球的年齡近五十億年，大約只有二十五萬年）而言，生物與環境間之物質交換，大致上構成一種近似「零和循環」(zero sum cycle)，在產業革命發生之前，人類對於地球環境未曾產生可見的衝擊。

現在我們生活的地球上，生命的存在可以說完全依賴太陽光能，而能將光能轉換為化學能是綠色植物特有。當然，綠色植物以外生物，都是要依賴攝食已經有的生物物質為生的「異營生物」(heterotroph)。異營生物中，微生物在地球生態系負擔的主要角色，是將死亡生物體消化分解為自體之用，而在此一過程中，其所分解對象耗盡時，自體也不免死亡被分解，於是完成自營生物產生的生物體物質，以最簡單化合態回歸於生物圈的地理環境。由以上簡單的食物鏈考察，我們立刻可接受佔在食物鏈最底部的植物是維持地球生命體系主角，也是以生物一級生產為目的之農業的基礎的觀點。

### 三、農業生態系及農業立地

人類在其生活環境內的活動，必然對環境發生相互作用，因而構成相對人類行為的特殊區域性生態系。農業是使用大面積土地的產業，又因農產品的多元性，構成的農業生態系亦有相當多元性存在。

農業可能是人類史上最早形成的產業體系。農業的經營立腳於「立地條件」。立地條件包含土地、氣候、水資源等自然條件，及種源、栽培與收穫及運輸等技術、以及人力、資金、市場等人文地理條件。農業產物有農林作物（植物）及家畜與魚蝦類（動物），而方法有培育與捕撈。假如在農業運作之間，忽略資源的涵養與環境的維護，而一意只做奪掠資源性質的經營，其後果是嚴重生態系破壞而不能永續。由於農業依立地條件的不同而其形成的生態系有所不同，農業經營上必要維護的農業生態系有其地方特殊性，換言之，建立可永續經營的技術必要依據該生態系的特殊性個別研發。

在近代興起的生物技術產業範圍，一級農業生產者可在控制氣候條件之下，進行高集約性經營，但是，生產對象必要具有高附加價值才能成立。所以，生技產業立地條件的考量必要周詳。

### 四、台灣植物產業發展策略

#### A. 依據台灣農業立地條件優劣勢分析的選擇

台灣農業自然立地條件，劣勢多於優勢，尤其是農地與水資源不足為最。但

是台灣具有發展**熱帶農業**的氣候優勢。

人文立地條件無疑是台灣農業的最大優勢。台灣有相當充足的各級研發與經營人力，以及資金與符合自然立地的種源累積。國內兩千三百萬消費人口，可支持不小經濟規模農業生產，可做為進入世界市場的跳板。又位於南北亞海上交通要道中點，以及面對中國大陸的地理條件，都容許以**國內市場為基礎的國際貿易**觀點規畫產業版圖。可是，台灣對農企業的投資，尚未發展到能充分接受上游生物技術研發成果予以產業化的程度，並且，技術移轉與生物商品國際行銷相關的環境建構，尚須努力。

### **B. 一級生產品或知識產品的選擇**

選擇有利於立地條件的產品，是發展農業的第一要點。農產業產品可分為一級生產品與知識產品。木材與棉花是世界上重要農業一級生產品，但是台灣土地資源有限故，不可能是我們的生產標的。然而，可在棉花生產國家種植的耐逆境、抗病蟲害優良棉花品種，及可減輕環境污染的造紙用木種的種苗，都應該有國際商機。此類種原以及農產加工製造方法、運銷與管理技術等，都是我們可研發的知識商品。

### **C. 台灣應堅持水稻為主食作物**

人類文化進化過程顯示，主食穀類的栽培是農業及文化發祥的骨幹。因此，有稻作文化及麥作文化發祥地等考古命題的產生。台灣屬於水稻文化圈，農地的開發利用上，生產主食稻穀的水稻田是最普遍的形式。水稻栽培在台灣歷史悠久，現在雖然有工業及民生用水的增加而被批評有耗水過多的缺點，但是水田有水庫作用，其地下水涵養及水災緩衝功能，亦有不可忽略的生態效益。另外，台灣的稻作農業，從稻種育種到栽培技術，都有世界一流水準，幾乎可以達成年年豐收佳績，而水稻田有連作百年不退化的紀錄，可見以水稻田為主幹的「台灣農業生態系」具有高度成熟度。

但是過去有一段時間，因政治理由政府大力推廣麵食，造成主食習慣的改變，現時米糧擔任主食角色已經減半，應該生產水稻田地被休耕，米糧生產減少量被進口小麥取代。

比起農業生態系的區域性，我們面臨的地球溫暖化帶來全球性氣候變化，可預測全球性生態衝擊規模及複雜性大而深刻。對於此一大問題，政府曾在農業政策上，宣示將要休耕水田轉用為能源作物生產之用，或將要部分農田改為林地，以減少溫室氣體二氧化碳的排放量。不錯，為了大目標，小動作亦可達成匯集力量的效益。但是，糧食熱量供應的六成以上，及養殖業所用飼料原料幾乎全靠進口的我國來說，這樣的農業經營方向轉換，由經濟及改換稻田生態系的環境影響等面來考量，並不妥適。

個人的主張是，盡可能依據學術研究結果，向國人宣揚米食優點，開發方便消費米糧加工技術，減少對進口小麥的依賴，而以我國農地大約六成，達成主食自給率近百分之百境地，提升糧食供給安全率並解除稻田休耕的不合理現象。

### **D. 生產稻米以外農地投入於蔬果與特用作物生產，但必要配合建立加工產業**

主張台灣的植物產業應以水稻為主軸，是基於農業立地與生態及糧食安全 (food security) 的考慮。另一方面，台灣農業面臨困境之一，是得自農地資本的收益，不到農家收入三成的嚴酷事實。為提升農家本業收入，一是提升米糧品質與售價，另一是種作高價作物。

使用土地資本多的產品，應該以本土市場為主要目標，而產品的特性以提升民生水準為主訴。但是，同時能夠外銷獲得比內銷更高收益者，當然也可規畫外銷於產銷計畫之內。農業的發展，與國土的永續經營密切相關，且以穩定提供衛生安全而營養豐富的糧食 (food safety) 為目的。越高品質的「食生活」，對食品種類的需求越多，並且對新鮮食品的需求也越多，所以，生產技術必要多元化，生產地與市場的距離越近越好，並且，要建立高度網路化的高效率生產與物流體系。

生產物的選擇有可內外銷的花卉、茶葉、香辛料、藥草等，以及其他國內必需產品如蔬果類。但是這等作物的生產穩定並要賣高價，必要依賴生物技術及食品加工業等農企業配合，達成產銷平衡。

例如，台灣優良熱帶生鮮水果的出口，假如有台灣為非東方果蠅地區的保證，相信其國外市場之大及賣價之高，遠非只以大陸為出口對象之比。台灣自認基因技術應用已經很成熟，為何不將其應用於東方果蠅的撲滅？

台灣水果的生產用地之大，已經在水稻之後佔第二位，水果汁的消費也年年成長。可惜的是以國內鮮果為原料的果汁產業不存在。我們消費的果汁不能標示為果汁者佔絕對多數，都是將進口濃縮果汁以水稀釋到濃縮前原汁濃度三成或以下，加上糖、香料與有機酸而成；稱為純果汁者，也不過是將進口濃縮果汁以水稀釋為原汁濃度而已。因為大量使用鮮果的果汁產業不存在，產銷調整不靈活，果農的悲哀事件頻發；應該由政府規畫、指導與輔導，建立有經濟效益產業體系。

另以胡蝶蘭為例，在台南建立專業園區時，國家型農業生技計畫參與其規畫，由花卉組主持人朱耀源博士主導。他提出的構想是將新種開發、生產、病蟲害管制、出口檢疫、包裝與貨櫃運送等技術性業務全部整合在園區完成，而在此一系統的建立上缺少的生物技術由國家型計畫研發。國家型計畫執行過由朱耀源博士規畫的幾個計畫，但是他的理想卻成為夢想。我向他請教理由，回答是計畫由台南縣執行，行政層次不夠高，應該是中央政府才能將規畫實現。

#### **E. 植物生技的發展及應用目標**

台灣要發展農業以滿足糧食需求，最大的弱點是農地的限制。為要在小土地生產高價值產物，外銷以交換大宗糧食者進口，種苗是一種好選擇。假如能夠建立密切的農業合作關係，將台灣需要的大宗農作物，在國外借地生產而回銷於國內，也是相當理想的機制。台灣生物技術研發能力優勢，亦可發揮於知財權出口的方面。在一級農產品的生產上，生物技術的應用有所謂「知識包裝」的範圍。例如，闡明一種食品或嗜好品的「藥理」或「改善生理」作用，可帶來「預防疾病」或「促進健康」效益，不但提高經濟價值，亦可減輕健保的社會負擔。

現代生物技術在植物生產之最大應用，可能是基因修飾作物(genetically

modified crops, GM 作物)的育成。到目前為止, GM 作物育成, 都是將抗病蟲害、抗逆境、抗老化、抗殺草劑等基因轉殖於優良母本之中, 獲得少用農藥與勞力、可擴大種作面積、延長收穫後可用時間等優點的作物, 是有利於少用農藥, 直接或間接貢獻於農業增產的技術。可惜的是異種生物基因轉殖產物, 引起宗教上及環保上的疑慮, 因而其廣範圍利用受到一些人的排擠及上市前的嚴密管制。雖然如此, 大宗 GM 作物的種植生產與消費, 已經是不可阻當的世界潮流。

除了 GM 種原育成之外, 我國可推動的是以 GM 作物生產高價蛋白質的產業。例如, 已經知道 B 型肝炎有效口服疫苗可以製成。如果以香蕉果肉為載體生產, 將香蕉果肉製成嬰兒食品, 應用於嬰兒防疫, 其經濟效益之大可想而知。

我國研發 GM 作物的技術已經相當成熟, 配合消費安全與環保檢驗技術的建立, 應該是可以成為熱帶 GM 農業新種原開發的重地。並且, 所建立消費安全與環保檢驗技術, 可為東南亞區域國家提供服務, 既可增加服務收入, 亦有增進外交效益。

另一點建議是, GM 作物的管制, 應該由其最後使用方法與目的為出發點, 回頭設計其種作與加工的管制辦法, 才能萬無一失。

#### F. 應用 GM 技術的限界

三十年前 GM 技術剛興起的年代, 媒體宣揚地上部是蕃茄、地下部是馬鈴薯、被命名 pomato 的複合作物, 以及能自行固氮作用的穀類作物做為育成 GM 作物的前景。剛成功於單一個基因轉殖時, 宣揚 pomato 是不知天之何高行為, 但是具有固氮作用穀類作物的育成卻被認真研究。當然, 早就被開始的共棲與非共棲固氮系統研究加速, 固氮酵素基因 (nitrogen fixing enzyme gene, *nif*) 的結構與性質一一被闡明。但是, 能行固氮的 GM 到現在連初步成就都沒有。為何?

因為, 不管共棲或非共棲固氮微生物的固氮酵素都是複合蛋白質而其合成由多數基因控制, 又酵素在氧氣存在下受害不作用, 因此, 固氮藍綠藻或讓固氮微生物共棲的高等植物, 都形成隔離氧氣的結構才能在其內進行固氮作用。更複雜的是, 因為固氮作用耗能量很大, 以氧呼吸作用進行產能反應才符合生理需求, 所以, 好養與厭氧結構必要隔離但是鄰接存在; 豆科植物的根瘤具有這一種最代表性結構。是故, 單純轉殖 *nif* 基因於一般植物絕對不可行。固氮酵素的另一生化性質是如固氮產物氨存在也不作用。要以蛋白質工程技術, 改變酵素蛋白質結構以排除這等不利性質, 不是簡單的任務。因此, 造成 *nif* 基因能發生功能的植物結構亦是考慮的研發策略。要以基因轉殖技術造成這一種複雜生物體結構, 當然要先瞭解根瘤菌與植物之間合作產生根瘤的機制。最近幾年來, 由固氮微生物引起共棲關係的豆科植物基因 symbiosis receptor kinase gene (*symRK*) 被認為產生根瘤的起始機制而被熱烈研究。但是, 如何將起始信號轉遞到整個產生根瘤的全套機關以及其運作的機制, 依據過去這一命題研究的進展時程, 可預言需要很多科學智慧、投資與時間才能闡明。至於應用此等知識於基因轉殖, 令一般作物成為共棲性固氮作物, 相信其前途非常遙遠。

生物的進化, 都要以萬年單位觀察才能看到其痕跡, 百萬年才有顯著的外

表變化。與此相比，雖然現在有加速進化的人工基因改進技術發明，其應用範圍還是一次操作以單一基因為標的。當然，我們的科學研究不能因問題困難而放棄，但是，也不能輕視自然造化以悠久時間育成的生物功能，過信 GM 技術的能力而忽略其極限，是從事於 GM 研究與應用的科學家應有的謙虛態度。（蘇仲卿 2008/05/27）（本文構成發表於經濟部工業局發刊之「創新深耕-生技研發成果產業化季刊」2008 年 9 月號之「地球淨化的『新利器』-克復空氣污染的生物技術」一文的主體。）