

# 台灣農業生物技術發展 之策略研究

李宜映\* 郭俊賢\* 李昌鴻\*\* 李駿翔\*\*\* 鄒籬生\*\*\*\*

關鍵詞：農業生技；技術發展；基因轉殖作物；產業價值鏈；策略研究

Key words: Agricultural biotechnology ; Technology development ; Transgenic crop ;  
Industry value chain ; Strategic research

## 摘 要

知識經濟時代體制下的農業，面臨基礎科學、技術工具及產業經營型態的轉變，此時整合跨領域科學的生物技術崛起，與傳統農業結合，大幅提升傳統農業的產量與品質，造就創新的農業生技產業。在各國致力發展生技農業的競爭下，生物技術如何輔佐台灣農業技術，以提升國際市場的競爭力及創造農業的新價值。因此針對十六個試驗單位的應用研究成果，進行系統性的分類及分析，並與傳統農業現況進行對照，期探討生物技術在台灣農業發展上的主要應用潛力方向。由研究結果顯示，生物技術無論在技術開發、農產品應用對象及功能效應上，與傳統農業間有不同的差異及可發展的空間。隨著國際農業未來的情境發展，國內生物技術未來需在技術製程上，建立完善風險安全評估機制與產品監控體系。於產品開發上，可針對具有利基及本身優勢，採重點式發展，並強化機能性的多樣化，以提高農業附加價值等策略方向。同時配合健全法規體系與政策配套措施之執行，將得以建立健全的產業價值鏈，進而真正提升農產業。

---

\* 財團法人國家實驗研究院 科技政策研究中心 副研究員

\*\* 財團法人國家實驗研究院 科技政策研究中心 研究助理

\*\*\* 財團法人國家實驗研究院 科技政策研究中心 助理研究員

\*\*\*\* 財團法人國家實驗研究院 科技政策研究中心 特聘研究員

## Abstract

The 21<sup>st</sup> century is the era of agro-biotechnology. Under the concept of knowledge-based economy, the agro-biotechnology integrates a multidisciplinary science into the traditional agriculture to promise a new prospect of agricultural industry. Taiwan is currently experiencing the transition of traditional agriculture; therefore a quick adoption of agro-biotechnology becomes an important issue.

This study focuses on research papers published by 16 agricultural research institutes in Taiwan. By using the systematic classification method, we analyzed the current status of agriculture in order to find the potential areas for biotechnology applications. According to the result, there is the difference between agro-biotechnology and traditional agriculture and potential agro-biotechnology developing space in Taiwan.

To increase the global competitiveness, proper risk assessment and the product quality control system need to be well established. At the same time, the product development should aim for functional varieties which can add new values to the agricultural industry. The government needs to complete the agro-biotechnology legislation system and policy to build up the industrial value chain eventually.

## 前 言

農業是國家發展、國人生活及生態保育的根基，係與國計民生關係密切的產業，其對國家經社的發展與貢獻，非其他產業可以取代，若沒有農業為基礎，其他產業發展也會間接受到影響。即使對於先進國家如美國、歐盟或日本，在產業經濟之整合過程中，農業始終是個很重要的議題<sup>(1)</sup>。

早期的農業發展是以遺傳、統計、生理、生化、病理等為基礎科學；化肥、農藥、農機、水利、栽培、雜交育種為技術工具，並以提升農、林、漁、牧等各產業，土地及勞力生產效率為主要指標之產業經營型態。歷經工業革命後，隨著知識經濟時代的來臨、WTO 的全球佈局與農產品市

場開放、分子生物及生物技術之影響、跨國農產品貿易的廣泛交流、生態環境之永續經營等衝擊，使農業科技發展面臨如下三大轉型壓力：(1)產業營運模式在知識經濟概念下，由生產為導向之經營型態轉變為以市場導向，重視產品優質化及多樣化選擇之產業型態；(2)在基礎科學方面，分子生物學凌駕了次產業及生理、生化與遺傳、統計間的分類區隔習慣，而以綜合性的生命科學為出發點；(3)在工具科學方面，原始農用之化肥、農藥、栽培、雜交育種等工具已轉變成以利用天然物、生物肥料與生物性農藥取代農用化學物 (agrochemicals)，及抗病蟲害基因之分子育種配合原有的雜交育種等技術應用<sup>(2)</sup>。

如上所述，現代農業科技發展顯然深受分子生物學之影響，再加上農業未來發

表 1 2000~2004 年台灣各學門領域之學術表現

Table 1 Performance of various scientific fields in Taiwan (2000-2004 yrs)

領域	與世界水準比較 (%)	台灣論文數所佔比率
農業科學 Agricultural Sciences	+9	1.14
數學 Mathematics	Even	1.33
地質科學 Geosciences	-16	0.98
材料科學 Materials Science	-17	2.99
物理科學 Physics	-24	2.07
植物學 & 動物學 Plant & Animal Sciences	-24	0.85
工程科學 Engineering	-26	3.62
化學 Chemistry	-26	1.64
微生物學 Microbiology	-29	1.17
藥理科學 Pharmacology	-32	1.84

其他學科: 生態學/環境科學, 醫學, 社會科學, 太空科學, 計算機科學, 心理學, 生物學及生物化學, 神經科學, 免疫科學, 經濟學及商學, 分子生物學等皆低於-30%

SOURCE: *National Science Indicators*, 1981-2004 (containing listings of output and citation statistics for more than 170 countries)

展以永續為前提，生物技術在某種程度上，的確能以生物肥料、生物性農藥、特定的基改作物、複製動物等來滿足大眾對於健康、環保、安全無毒等需求<sup>(3,4)</sup>。在二十一世紀提升農業附加價值的新技術尚未產生前，農業生技的興起將成為目前國際間發展的主要趨勢，其市場發展亦深具潛力，農業生技將成為各國對於農業創新發展之重點方向之一<sup>(5,6)</sup>。

一個產業形成的背後必有厚實的科學基礎支撐，台灣農業生產技術優異，學術研究機構也擁有豐富的知識與經驗，但是台灣農業相較於其他所謂先進科技領域而言，是個容易被忽略卻深具國際競爭力的利基產業。由於台灣農業的研究較偏重本土性問題，在國際期刊上發表的論文數較少，其 Impact factor(IF)也較低<sup>(7)</sup>，但若以

國際化學術相對水準考慮，台灣的農業科學水準則比其他領域較高。依美國科學資訊研究所(The Institute of Scientific Information)所收集學術期刊資料的分析，從國內 10 個主要熱門學科領域來看農業科學的學術水準，已達國際平均水平(9%)，次為數學學科，而台灣目前大力發展的分子生物學或臨床醫學等領域則遠離國際學術水準，皆低於-30%。因此對台灣而言，「農業科學」領域的論文影響力為台灣各領域中唯一在國際平均水準之上者(表 1)。

在政府策略規劃下，利用札實的科學及農業技術基礎發展農業生技產業，包括自 1982 年行政院即將生物技術列為重點發展產業以後，迄今陸續與農委會、經濟部、國科會等部會成立「農業生物技術專

業區」與「農業生技科技園區」，進行「加強生物技術產業推動方案」及推動三期「農業生技國家型科技計畫」等政策，將生物技術列入國家級農業試驗研究計畫中<sup>(8)</sup>。欲使台灣農業進行產業結構的轉型，由傳統的「提昇生產力」轉變為「提昇競爭力」，而生物技術就是關鍵的工具之一<sup>(9)</sup>。然而生物技術要如何使農生產業真正落實發展，迄今卻仍有許多無法突破的瓶頸。探究其因之一，在過去諸多的農生研究及農生策略規劃中，並無相關文獻對於生物技術在傳統農業應用發展架構上進行現況檢視，考量農業生技是否建構在具有利基的農業技術或研究上。實因生物技術仍被定義為在分子層面探索及操作生命現象的技術，為大幅度提升生產及研發效率最具潛力的工具<sup>(2)</sup>，因此生物技術在農業上的應用僅為傳統技術之輔助工具，並不能完全取代傳統農業技術。因此對於小農體制的傳統農業與國內中小型企業為主的生技產業型態下，需有一套系統的分析架構來比較生技農業與農業技術發展之間的差異性，才能進一步針對其中的落差，進行全面的檢討和規劃調整，使生物技術得以真正提升農產業。

### 材料與方法

農業研究在本質上可歸類為基本科學應用的研究，以解決當前或未來的農業問題。因此在農業研究的分類上，可分為基礎性研究(basic research)與應用性研究(applied research)。所謂基礎性研究是一項僅為了增加純科學知識而進行的研究活動，研究的目的是完整地瞭解宇宙現象的知識更甚於知識的應用效果；相對的，應

用性研究則是偏重於知識的實際應用之相關研究活動<sup>(10,11)</sup>。目前農委會所屬之十六個農業試驗單位與一般基礎研究型大學在定位上明顯不同，除了從事「地區性」的農業試驗研究外，更著重於技術的應用性及推廣性，實際根據農民或消費者的需求進行技術的開發與服務，解決本土性的農業問題，亦為農業經濟奠定很重要的基礎。因此本文乃針對十六個試驗單位近幾年的研究成果，根據本研究之分類架構(如圖 1)，進行有系統的分類、盤點與應用現況分析，欲從試驗單位各類型文獻中找出生物技術在台灣農業發展上的主要應用方向，並與傳統農業技術作一區別及對照。

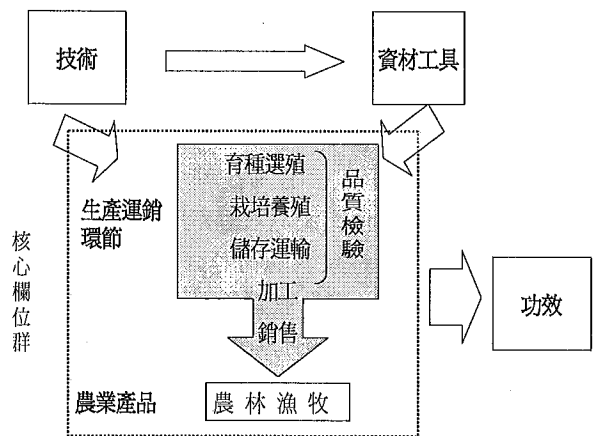


圖 1 本研究之技術分類架構模型。  
(資料來源：國科會科技政策關鍵議題研究計畫)

藉此分析近幾年農業試驗單位之農業技術文章，並設計開發一個技術分析模式(圖 1)，將農業技術刊物的內容結構化，具體分析並比較生技與農業技術之功效及技術發展趨勢。其中包括分析農業技術直接或間接透過資財工具應用在農業產銷系

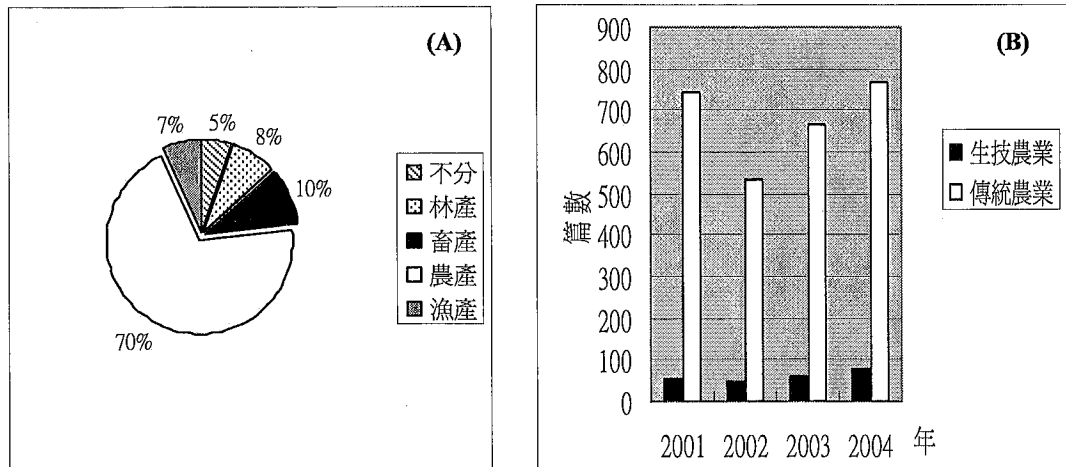


圖 2 四年來 (2001~2004) 農業文獻中產業類別之分布(A)與生物技術之發展情形(B)。

統之各個環節中，如作物之育種選殖、栽培養殖、儲存運輸、加工處理、銷售服務、品質檢驗之過程，而在農業技術或資材工具開發過程中所對應之產品主體是農、林、漁、牧之初級產品及加工副產品，最後透過技術對產品之應用或農業資材開發所衍生之主要功效，包括對消費者在產品品質、產品感官與機能、新鮮度之功效，產銷者對品質提高、單位面積產量增加、成本維持或降低、突破地域障礙等之功效，和環境污染防治、達到生態保護之社會功效等三種不同層面功能。並進一步探討生物技術在農業應用過程中所扮演的角色及相對的影響力。

#### (一) 生物技術於國內傳統農業中之發展現況：

透過以上的技術分析模式，將十六個試驗單位於 2001~2004 年發表的刊物，共 2,956 篇之研究內容進行架構分類及加值統計分析，了解這四年農業應用之產業類

別及生物技術在農業應用的發展趨勢 (如圖 2 所示)。在所收集的所有文獻範圍中，以農產業類的文獻占最大比例，其次為畜產類文獻、林產和漁產類文獻，這可能為因應解決地區性的農業問題而設立農業改良場所所致，因此相較於其他產業類別而言，農產業方面的文獻顯得較多 (圖 2A)。另外，迄 2001 年至 2004 年，在農業技術之開發過程中，生物技術之應用所占的比重有逐年增加的趨勢，圖 2B 顯示生技農業所占傳統農業技術之比重由 7 % 增加至 12 % 左右。

相較於研究型大學，農業試驗單位之工作性質傾向多元化、應用實質化的研究，除了針對本土區域性問題進行學術研究與調查研究外，亦根據實驗所得之結果，進行實質運用的技術開發，例如肥培管理、病蟲害防治、育種等技術應用。最後透過技術之開發或將研究所得之知識與技術，包括栽培管理、生產體系建構、品種推廣等諸多內容，代替政府執行農業推

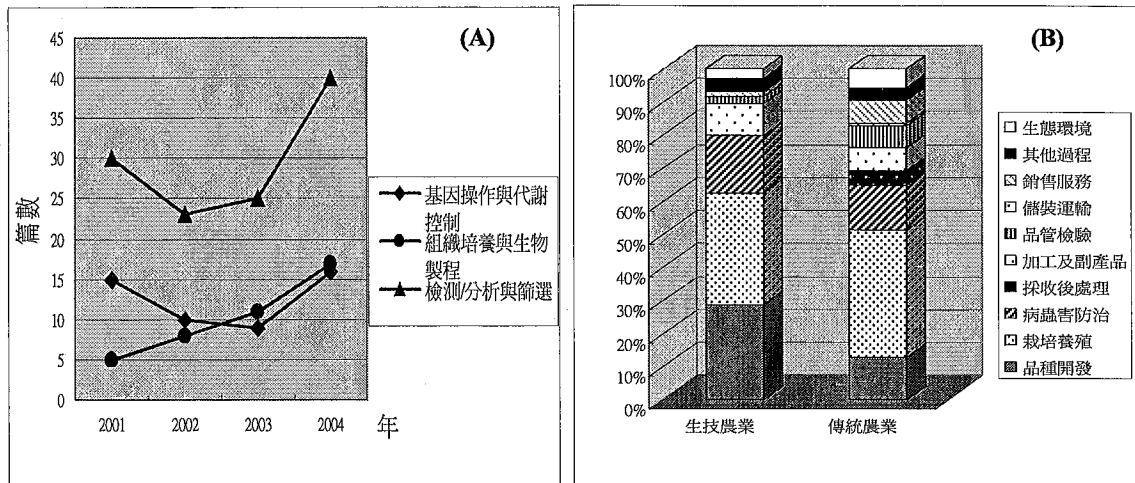


圖 3 台灣技術專刊中農業生技領域的發展趨勢(A)與生物技術應用於農業技術製程與開發中所扮演之角色(B)。(資料來源：國科會科技政策關鍵議題研究計畫)

廣等工作以加惠農民。因此，由農業試驗單位因工作性質而發表的文獻類型加以分析，了解試驗單位於 2001~2004 的四年期間所投入之研究以推廣類文獻居多，其次為技術類文獻。然而生物技術不論在農業基礎研究、技術開發、技術推廣文獻之應用比例皆平均分布，顯示生物技術對於農民在實際農業經營上扮演特定的角色。例如研究類文獻中，利用基因轉殖與分子標記應用於花卉、水果的研究及進行抗逆境、抗蟲害之基因轉殖作物研究等。技術類文獻中，生物性肥料之開發與應用、利用生物技術於動物飼料之檢測分析、蔬菜種苗病害偵測技術及快速鑑定方法之建立上皆有諸多貢獻。推廣文獻中，生物技術於傳統農業的應用，著重於基因轉殖作物之環境風險分析及管理、植物病害的生物製劑研發與應用、分子遺傳育種技術之推廣與基因轉殖技術之應用等知識技術傳

授。若將農業生物技術依操作特性分為基因操作與代謝控制、組織培養與生物製程、檢測分析與篩選三大類，則可發現「檢測分析與篩選」為近年農業生技的主要技術，約佔 56%，而「基因操作與代謝控制」與「組織培養與生物製程」則各分佔 24% 與 20%；這三大類又以「組織培養與生物製程」呈現維持上揚的趨勢（圖 3A），亦表示台灣農業生技在技術本質上趨於多元均衡發展，並且更落實於農產品製程。

## (二) 生物技術於農業技術開發中的角色扮演：

然而屏除其他類型文獻，針對研究、技術及推廣類之文獻進一步探討台灣生物技術開發目的之主要分布情形。以傳統農業而言，文獻著重在栽培繁殖、病蟲害防治、品種開發、副產品或加工品為目的所開發之研究較多；而推廣類文獻可能因研

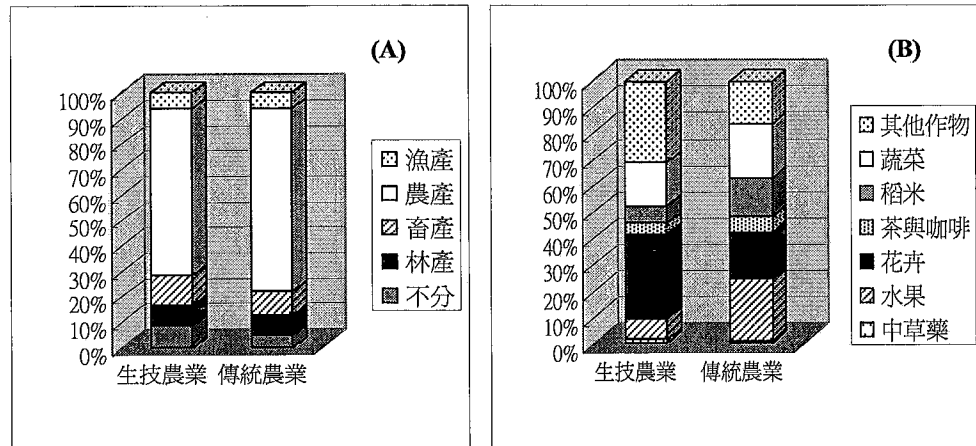


圖 4 生技農業與傳統農業中不同類別(A)及農產類不同產品(B)應用生物技術之分布比例。  
(資料來源：國科會科技政策關鍵議題研究計畫)

究之本質與其他類文獻不同，因此除了上述技術項目外，亦會著重銷售服務、維護生態環境之技術開發。然而儲裝運輸及採收後處理之技術開發在文獻中所佔比率較低（圖 3B）。相較於傳統農業技術，國內之生技農業則加強以病蟲害防治、品種開發及栽培養殖之技術開發為主。

進一步探討生物技術在農業技術開發過程中所對應之產品分布情形，經過交叉分析比對，由圖 4 顯示，雖然生物技術應用於生技農業或傳統農業之產品對象同樣以農作類為大宗(>50%)，但生技農業應用在畜產與不分類領域(如生態或綜合性等)之分布比例的確較傳統農業為高（圖 4A），顯示生技確實可以開拓不同的產品類別。即使就農作類而言，生技農業與傳統農業技術所相關連的產品亦有明顯不同。最明顯的是在生技農業中「花卉」與「其他非特定作物」占全部農作物產品的

比例明顯高於傳統農業；而生物技術在食用類作物（特別是水果與稻米）的應用分布比例明顯較傳統農業偏低（圖 4B），表示生技農業有產品對象的偏好與限制。其中顯示台灣目前應用生物技術於花卉最多的是蘭花、菊花、百合等的基轉或組織培養技術，以改進其繁殖力與花色等。生物技術在水果與稻米類的應用比例相對偏低的原因，有可能是與國內對 GMO 食品的疑慮有關。

### (三) 生技農業對農產品功能之影響：

最後深入探討台灣農業生技對農產品特性所產生的功能與影響。由技術功效分析可分成消費者、社會性、產銷者之三個需求層面。目前傳統農業著重於社會性功能，包括透過栽培養殖與原物料加工技術以避免環境污染及生態維護的功效，例如森林集水區低水流量與貯蓄量關係之探

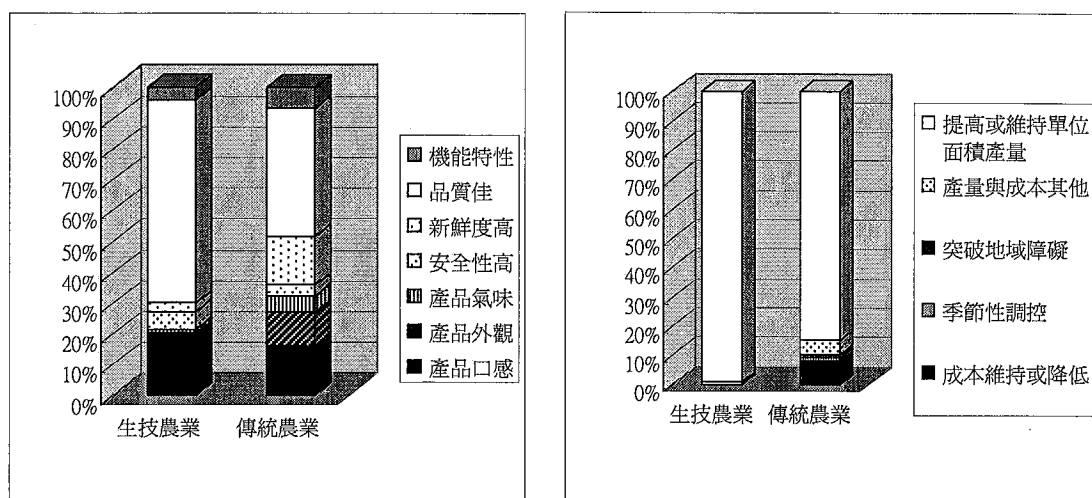


圖 5 台灣農業生技於各類農產品中消費者需求(A)及產銷層面(B)之功效分布情形。  
(資料來源：國科會科技政策關鍵議題研究計畫)

討、防止入侵火蟻等推廣類文獻，與網格運算技術在生態研究上應用等技術類文獻，然而目前台灣生技農業在此社會功能上的貢獻較少。在消費者需求方面（圖 5A），與傳統農業比較，目前生技類在農產品之口感/外觀/氣味等感官特性的表現上並未突出，較為著重在提高農產品之安全性與品質一致的功效，唯一例外的是茶類，其生物技術開發的重點在於茶葉品質的管控以及氣味的提升等，這可能亦反應台灣茶佔有高度競爭力。再者在產銷者需求方面，生技類目前似乎只能滿足農產品產量上的維持或提升，對於產地產季的調控乃至成本控制等尚未能明顯支持（圖 5B）。事實上，進一步檢驗各農產品與生技相關之功效時可明顯發現，幾乎各類產品之生技都著重於產量的維持與提升，就現況而言，似乎與傳統農業發展少量多樣

化的目標並不十分吻合。

## 討 論

透過台灣農業試驗單位之農業技術專刊結構性剖析，了解農業生物技術在台灣農產品的應用現況與可能發展瓶頸。然而生物技術已是知識經濟體系下必然發展的科技趨勢，考慮國際農業未來可能面臨的情境，現階段生物技術如何與台灣的農業現況得以銜接，才能減少花費更多的人力及經費，進而提升台灣在農業的競爭力，以促使農業真正轉型。由本研究分析結果，根據技術製程、產品開發與功效應用之層面，提供幾個可發展之重點及相關策略建議：

### (一) 技術製程上，建立完善風險安全評估機制與產品監控體系

由研究結果顯示，目前農業生物技術



在台灣應用之目的，大多以病蟲害防治、品種開發之項目為主。聯合國專家預估在2050年時，因全球人口持續增加、農業資源分配不均、氣候異常所產生的糧食供應問題，將有再度發生「糧食危機」的可能。因此利用生物技術進行動、植物基因改造，使經濟性動、植物具有抗病蟲害、抗生長逆境或增添營養成分等物質，對農、漁、畜產業之經濟發展具有相當大的正面效益<sup>(12,13)</sup>。目前各先進國家無不致力於開發基因轉殖動、植物品種，但可能導致環境安全和食品安全的問題而造成大眾的疑慮<sup>(14)</sup>。在糧食安全的考量下，基改作物在未來應不是各國(包括台灣)選擇是否接受的問題，而是如何使其更安全的問題。藉於此，先進國家對於基因轉殖作物皆制定一套完整的法規管理機制，以利基轉作物檢測及順利推動上市<sup>(15)</sup>。反觀台灣之基改產品雖已進入日常生活中，目前至少有11種基改食品通過查驗登記，其中以玉米為最大宗。外加台灣正全力發展生物科技，研發過程及結果將產生為數眾多的基改產物。但台灣現行相關法規過於分散或無法源依據，亟需建立一套適合之管理法規及安全風險評估機制，以在研究與產業發展之同時，人民健康與生態安全亦能獲得保障，並與國際接軌，使基因科技所生之效益最大化。

## (二) 產品開發上，需針對具有利基及本身優勢，採重點式發展

由研究結果分析得知，目前台灣的生物技術應用對象，大多為初級農產品，農用品的開發偏低。另外與傳統農業不同者，為生物技術應用在花卉的比例較高，而在水果、水稻的應用較少。凸顯台灣花

卉生技在國際的競爭優勢，即利用生物技術改變花色及花香，並以組織培養技術增加生產效率。台灣因地理環境之利，熱帶水果亦是農業發展之利基農產品，未來在政府尚未修定基因轉殖管理制度前，可將生物技術重點針對易損害之熱帶、亞熱帶水果，利用基因工程技術改造其熟變作用之生理特性，操控相關產品之熟變作用，減少採後損失及強化保鮮處理，以延長運送時間而增加產品國際競爭性。另一方面，屆於目前台灣邁入已開發國家的行列，工商業高度發展，因此國人對農產品的消費型態將會有急遽的轉變<sup>(16)</sup>。加上農產品貿易自由化，消費者對農產品的需求趨向多元化，講究高品質及衛生安全，尤其更重視產品與服務。面對此一新情勢，國內農產品的產銷，需有一套完整嚴格的檢驗、檢疫、品牌、標章機制，才能樹立台灣農產品安全衛生、優良品質的新形象，更能獲取國內、外消費者的支持與信賴。因此未來可加強生物技術在農用品之開發，例如因應國際疫情來改進動物用藥品質及其檢驗技術，研發本土性、多價、多效性混合疫苗及遺傳工程疫苗，進行開發動、植物有害生物之檢測診斷技術，同時開發高敏感度、特異性及符合經濟效益之藥物殘留檢測技術與快速檢驗試劑，以建立迅速有效的管控機制，使農產品達到安全農業之目標。

## (三) 功效應用上，需強化機能的多樣化以提高農業附加價值

藉由技術功效圖表分析結果(圖5)顯示，目前國內生物技術應用在農業社會功能上的貢獻較少，例如環境污染防治、廢棄物資源回收處理、生態維護等功能。在

其他功效方面，生技農業較著重於提高農產品之品質一致性及農產品產量上的提升。然而農業在過去是一種具有生產、生活、生態的三生功能性產業，欲透過生物技術來升級傳統農業，應配合農業的多樣性進行發展，將具完整的農業競爭力。重要的是，健康是未來農業重要的價值觀。由日本科技前瞻中，諸多強調社會老年化的問題，同時對營養需求提供「客製化」量身訂做的新概念，包括根據個人體質不同（例如過敏、不同型態之慢性病）或不同族群（例如老年人）所設計之各種機能性食品，用以預防疾病。除了能降低農業資源之非必要浪費，更可減輕未來政府對國民健康保險上的支出<sup>(17)</sup>。針對飲食多元化的亞洲國家而言，除了以分子生物學探討營養基因體學(nutrigenomic)層次的研究<sup>(18)</sup>，並強化利用生物技術開發萃取具有正面生理機能的農產品活性物質，以增進消費者的健康並提昇農產品附加價值，將視為一個重要的發展策略方向。

另一方面，過去在經濟發展過程中，機械革命帶來的工業用品，包括現代化農用化肥、農藥與農用機械的使用、農牧廢棄物之污染，同時林地及山坡地過度或違法開發利用，嚴重影響土壤涵養水源及水土保持的功能，破壞自然生態<sup>(19, 20)</sup>。為減少人為生態對於自然環境所造成的負面影響，實有必要推廣生物性農業資材與探討農業廢棄物之資源化，以提高土壤生產力以及妥善利用農業廢棄物，達到環境保育的目的。另外透過開發檢測技術、生物多樣性的分子工具、復育森林、海洋、沼澤低地、清除農業污染等技術，以減少環境污染，兼顧農業生產與自然生態。

## 結 論

藉由農業技術專刊資料庫之建置乃至其資料的分析，可以一窺台灣農業生技的優缺點與潛力，提供未來農業生技落實產業化之規劃參考。然而生物技術雖為大幅度提升生產及研發效率最具潛力的工具，但迄今生物技術在農業上的應用僅為傳統技術之輔助工具，並不能完全取代傳統技術，仍必須有傳統技術的配合才得以健全開發創新產品。就以農業目前最重視的基改作物為例，生物技術在品種開發的過程中，並無法取代傳統育種的應用程序，因此通常生物技術占研發成本的三成，而近七成的成本則屬於傳統育種技術的開發。由於農業生技是一門跨領域的新興產業，因此在發展農業生技的同時，也需考慮農業相關技術智財權保護、跨領域人才之整合、行銷通路，及建構具有市場競爭力之產業化整合平台，以強化宣傳溝通機制。所以未來如何建構完整之農生產業價值鏈，有賴健全法規體系，配合完整政策配套措施及執行力來共同建立，才能開發符合市場需求的產品，提升市場的競爭力及創造農業的新價值。

## 誌 謝

本研究蒙行政院農業委員會經費補助（計畫編號：94 農業科學-5.1.3 科-a5）與國科會計畫補助(NSC94-3114-P492-001Y)得以順利完成，特此感謝。再者，本文撰稿期間，蒙各農業試驗單位惠贈有關研究資料，與農業資訊中心主任王峻禧博士、陳昭芬組長與吳致維組長等研究團隊大力協助資訊的分類及整理，謹致謝意。

## 引用文獻

1. Castle, L. A. *et al.* 2006. *Curr. Opin. Biotechnol.* 17(2):105-112.
2. McLaren, J. S. 2005. *Trends Biotechnol.* 23(7):339-342.
3. Tengerdy, R. P. and G. J. Szakacs. 1998. *Biotechnol.* 66(2-3):91-99.
4. Ramirez, J. L. *et al.* 2005. *Trends Biotechnol.* 23(12): 584-588.
5. Yamanouchi, K. 2005. *Rev. Sci. Tech.* 24(1):109-115.
6. Mitchell, P. 2003. *Nat. Biotechnol.* 21(5):468-469.
7. 鄔宏潘。2004。作物、環境與生物資訊，p141-162。
8. 張燕妮、孫智麗。2005。臺灣經濟研究月刊，p53-61。
9. 江晃榮。2005。化工資訊與商情，p56-62。
10. 呂秀英。2005。農政與農情，p56-61。
11. 王俊雄、陳尚蓉。2004。農林學報，p155-172。
12. 葉錫東。2004。國家政策季刊，p77-101。
13. 陳守泓、姚銘輝、申雍。2005。全球變遷通訊雜誌，p7-13。
14. 陳烈夫、陳邦華、呂秀英。2004。技術服務，p29-32。
15. 張有明、林俊義、陳邦華。2004。技術服務，p6-11。
16. 楊寧蓀。2002。農政與農情，p43-46。
17. 潘子明。2005。生物產業，p3-25。
18. 陳怡宏。2003。營養基因體學--前瞻的食品科技。食品工業，p51-57。
19. 藍敏全。2001。農政與農情，p73-75。
20. 黃山內、謝明憲。1999。中華民國農學團體 88 年聯合年會中心議題討論：跨越千禧年農業新紀元--兼論 921 地震災後。農業復建論文集，p7-23。