生物技術在畜產上之應用

戴　謙
國立成功大學生物科技研究所

引　言

畜牧生產事業爲我國農業生產中極爲重要的一環，在民國 86 年豬口蹄疫尚未爆發之前，其總值占農業總產值 30%以上，其中養豬產業之生產總值即占農業總產值的　以上（請參見表一），惟在 86 年 3 月 20 日我國向國際畜疫協會（OIE）發佈爲豬口蹄疫疫區之後，養豬產業即大幅滑落，於 86 年之總產值僅占農業總產值之 15.9%，此一國際惡性傳染病，給我國畜產業帶來了歷史性的重大傷害。近年來我國積極推動成爲世界貿易組織（WTO）之會員國，面對世界貿易之自由化與國際化之衝擊下，對畜產事業更是一極大的挑戰。同時國內環保意識高漲，對農業的永續經營的要求日益迫切。因此在跨越廿世紀之時，加速我國畜產事業的轉形，以因應國內外情勢的變遷，實爲無可選擇的唯一途徑。

生物科技爲廿一世紀明星產業的基礎，生技產業不但產品附加價值高且回收期長，它也是污染性低及能量依存度低的產業（田，1998）。生物科技應用於畜產業者非常廣泛，自 1979 年以來，美國農部（USDA）已核發 59 項有關動物生技的新產品上市及 43 項診斷試劑（其中 16 項爲疫苗）。迄至 1997 年底尚有 99 項畜用生技產品正在農部審查中（田，1998）。

在國內則由各畜產研究機構（台灣省畜產試驗所、台灣省家畜衛生試驗所、台灣養豬研究所及台糖畜產研究所），各大專院校之畜產學系及生物技術中心（DCB）等研發單位多年來致力於生物技術相關之研究，從豬、牛、羊、家禽、牧草、加工、飼料及廢棄物處理等技術領域內，累積有相當成果。例如胚移置、胚冷凍、胚體外受精及體外培養、性別鑑定、診斷試劑開發、疫苗製作，遺傳標記研究、緊迫基因篩選及牧草抗病基因選殖等已經建立相當成效。最近台大畜產系鄭登貴教授在乳鐵蛋白及人類第九號凝血因子的基因轉殖成功及畜產試驗所乳牛生物工廠之推動更爲生物科技研發及落實於產業打了一針強心劑。有關國內畜產生技之研發成果，分別在農委會出版的中華民國農業科技研究成果（1996）及 1998 全國農業科技展專刊中已有刊載，另戴（1993,1995）及楊等（1998）亦已撰

文論述。本文旨在探討如何應用生物科技來面對畜產業的未來挑戰。

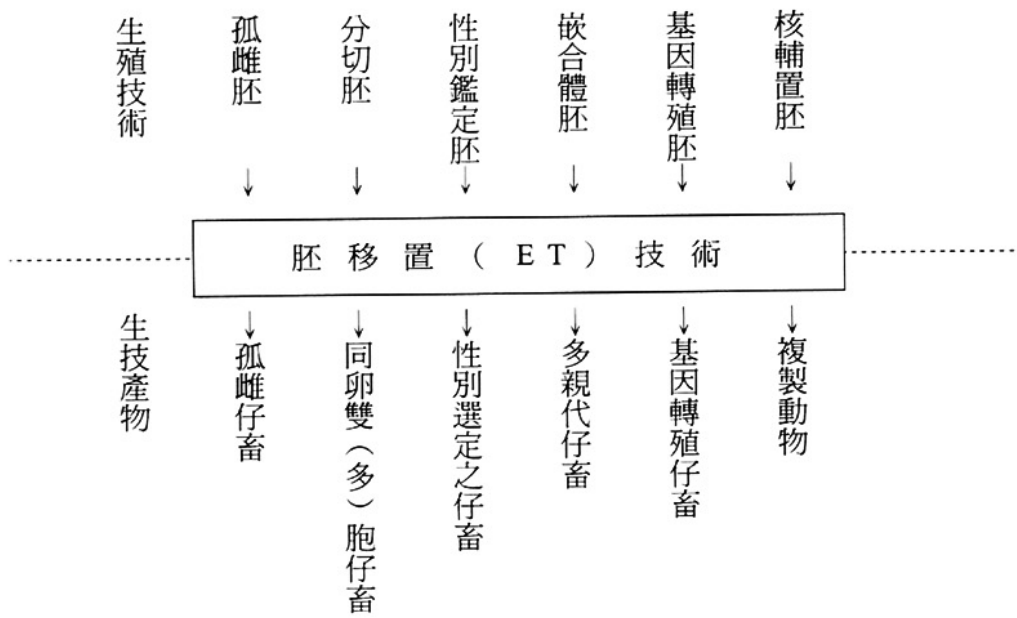
生殖科技之應用

經由生殖科技之操作可以生產孤雌仔畜，同卵雙胞（或多胞）仔畜，性別選定之仔畜，多親代仔畜，基因轉殖仔畜及複製動物等動物（圖一）。

應用生殖技術（如胚移置，胚體外熟成，胚體外受精，胚性別鑑定及

表一、畜牧產業產值變化

年	農業生產總值 台幣× 1000	畜產總值	養豬生產總值	養豬產值占農業生產總值%
83	375081060	124558720	75279426	26.43
84	411139578	141113261	88986590	28.74
85	420121140	149318880	88607520	27.51
86	379552036	107312464	44701680	15.90



圖一、生殖科技之應用

胚幹細胞株培養等）的利基，在楊等（1998）的報告中已有具體的論述。本省地處熱帶及亞熱帶地區，適應本省環境之優良畜禽品種，必然可以在東南亞地區的國家環境下，有良好的生產性能表現。因此在本省選育之優良畜禽品種，可藉由生殖科技予以大量增殖銷售國內農戶飼養，甚至可以透過冷凍保存技術推廣至東南亞國家及中國大陸。將過去大量飼養肉用畜禽以提供外銷的模式，轉型爲高價值之畜禽種原外銷，不但可以提高外匯收益，最重要的是減少畜禽飼養頭數後，對本省環保染污的壓力可以大幅的舒解。最近畜產試驗所提出的生物工廠的理念，即是結合胚移置及胚性別鑑定等技術，擬自優良乳牛群大量生產單一（雌）性別之胚供酪農生產女仔牛。同時也擬自屠宰場取得卵巢，以胚體外受精，體外熟成及性別鑑定等生殖科技，把這些無窮盡的廢棄生命資源予以活化利用。畜試所在這方面技術應屆成熟，如何結合產業力量以促成生殖科技在畜產上的應用，期待在不久即可落實。

基因轉殖動物之應用

轉殖家畜之應用主要著眼於與經濟相關的重點：　畜禽之生長及屠體組成　生化代謝徑路與產品品質　基因農場（gene farming）－利用家畜禽生產高價值之蛋白質　抗病等四大方向。基因轉殖動物在國內外均有成功的案例，楊等（1998）已有論述。在國內對基因轉殖家畜之研發成果最近有令人鼓舞的成果，台大畜產系鄭登貴教授轉殖成功的豬及牛即很值得肯定。最近英國 Roslin 研究所將取自綿羊之乳腺細胞以生物技術複製出一頭綿羊"桃莉"（Wilmut et al.,1997），此種不經有性生殖而能大量增殖同一個體的技術，使科學家掌握前所未有的能力來改變生命，對全球也造成了極大的震撼。在此同時，美國複製猿猴與乳牛，紐西蘭複製綿羊等利用先進生殖技術的成功，使科學家們在未來能夠隨心所欲的複製猶如藥用蛋白質生產工廠的基因轉殖羊，進而生產人類所需之高價值醫藥產品，或改善家畜禽的各種生產性狀，使畜牧生產邁向新的分子牧場領域，創造難以估計的經濟利益。

基因轉殖家畜擬在畜牧產業實際應用，仍有漫長的路要走。但最大的問題在於國內產業對這方面研發的支持與興趣相當有限，因此建議國內各大飼料及動物藥品公司擴大參與政府推動的產學計畫，利用部分的財力來支持這項研發工作。一方面可以加速基因轉殖動物之本土化，同時業界也可優先取得技術轉移權，落實高科技與產業結合。最近大春飼料公司轉投資於生物技術產業，是一件值

得業界注目的大事，寄望該公司新設立的崧歡行企業體在不久即可投入畜產相關之生技產業。

遺傳標記基因之應用

分子遺傳標記的發展，可偵測到 DNA 層面之變異，建立家禽正確的基因圖譜，基因庫圖譜可作爲畜禽純種程度之鑑定及遺傳優劣之判定，同時偵測並除去可能之遺傳缺陷。這些遺傳基因之技術包括 DNA 多型性（如 AFLP、RFLP、RADP、VNTR 等）PCR 之應用及標記基因輔助選拔技術等。

數量遺傳理論在過去三十年間對家畜禽經濟性狀之改良有顯著的成果，惟這些數量的經濟性狀選拔往往混雜有環境效用及基因交感等多效基因的影響，而導致育種提高態的瓶頸問題，因此以遺傳標記來協助選拔（MAS）或以遺傳圖譜來找尋與數量性狀相關的基因座（QTL）已成爲全世界改良畜禽技術的重點。我國在過去建立的國家種豬供應體系及乳牛 DHI 制度以至於家畜方面的遺傳改進，已有相當的成果，也育成了某些特殊品系提供商業生產。惟在遺傳標記的使用上仍相當有限，因此如何應用國外已研發的遺傳標記技術及成果於本土畜禽的改良上面，使本土動物的特異性與一些已知的標記基因結合，以加速本土動物之選育，提供具有市場區隔的種畜，爲今後畜產業界及研發單位應加強的重點方向。

疫苗製劑之應用

畜牧經營上，爲了增加家畜禽健康以確保生產效益，疾病防治應加強動物疾病流行病學之研究、疾病診斷技術與疫苗之開發與改良，期能迅速確診並防止疫病蔓延以維人畜安全。動物疾病的預防，使用疫苗仍是主要的方法。傳統的疫苗製造，一是直接使用活毒疫苗，二是使用物理或化學方法殺死之病毒或病菌製成的死毒疫苗，三是降低病毒或病菌之病原性所製成之減毒疫苗，這些疫苗的製造成本昂貴，穩定性不佳且可能產生副作用。最近，因分子生物學的快速進展，利用遺傳工程技術來開發所型動物疫苗如次單元疫苗及基因重組疫苗，例如疫苗載體（vaccine vector）的開發，利用弱毒的活菌或病毒爲載體，將其它病原的抗原基因殖入載體，使其能同時表現多種抗原蛋白質；若將此基因重組活菌或病毒製成疫苗便能預防多種疾病，此種疫苗稱爲基因重組型多價疫苗，具有安全性高且製造成本低的優點，能克服上述疫苗之缺點。除了以活菌爲載體

的疫苗，一種嶄新的疫苗研究，是將帶有特定病原蛋白基因且不具複製能力的重組質體 DNA（plasmid DNA）直接注入動物體的肌肉中，質體 DNA 經由肌肉細胞吸收而表現出抗原蛋白，誘發動物產生抗體與細胞性免疫反應（Wolff et al., 1990），達到保護動物對抗疾病之侵害，DNA 疫苗已成爲最熱門的新疫苗研究方向(Tang et al., 1992)。DNA 疫苗具有異於試管製造的重組蛋白者，乃在於其直接在動物活體內逕行製造質體 DNA 所帶之抗原蛋白，節省疫苗生產過程中成本昂貴的蛋白質製造及純化步驟。此外，抗原的製造持續時間相當長，因此能克服免疫系統反應弱、減少及省去需要的補強注射。核酸疫苗具有傳統疫苗的優點，故能誘發良好的免疫反應，而且更安全、容易製造且成本更便宜。在國外，由病毒引起的疾病如新城雞瘟（Sakaguchi, 1996）或牛泡疹（Cox et al., 1993），DNA 疫苗已有良好研究成果。在我國，爲了避免動物發生重大惡性傳染病對畜產業者造成嚴重的打擊，未來在豬瘟、假性狂犬病、口蹄疫或豬繁殖與呼吸道症候群（PRRS）等重大疫病，應可朝核酸疫苗方向來進行。

本省動物用生物製劑之研發及生產以經濟動物爲主，而國內現有之疫苗廠主要產品供內銷，總產值約佔國內市場之 15%，其餘均爲外國產品，故本省生物藥品製造業仍有相當的研究潛力與商機、動物用疫苗的研發是國家生物技街產業發展之重點項目之一（古，1997)。目前，使用之疫苗大部分爲傳統疫苗，然而可以預見，未來的基因工程疫苗將成爲市場之主要產品。以基因轉殖技術製造疫苗正值萌芽階段，而研發之重點對象有豬瘟、豬假性狂犬病疫苗、豬水泡病疫苗、新城雞瘟基因重組疫苗、牛傳染性氣管炎株基因缺損疫苗與豬繁殖與呼吸道症候群等。疫苗製造關鍵技術除抗原本身外，佐劑技術及劑型均值得開發，利用基因工程研發之新疫苗產品，未來除著重效果與成本之改善外，疫苗新劑型的研發也是疫苗產業的發展目標（古，1997)。我國在疫苗技術上稍落後歐美等國，然而國內擁有生物科技的人才與技術，健全的畜用疫苗學研單位，同時已建立遺傳工程關鍵技術，若能結合這些有利因素，國內疫苗工業將可進入嶄新的產產業時代，並可能成爲亞洲畜用疫苗研究與供應中心。

在楊與蘇（1994）的畜用疫苗產業昇級規畫報告中，對本省疫苗產業之現況及未來展望有深入之探討。表二爲他們提出在本省有關疫苗產品技術研發需求的順序。同時他們也建議　近程工作：應以產、官、學、研團隊選擇重點自行研發新產品，農委會應注重研發題目之支持及管理。工業局應負責產程輔導、人才培訓及重點技

術之引進。　遠程之規畫：應以工業局、經濟部爲主，來推動建立亞洲畜用疫苗供應中心的目標，以國家經建前提，推動畜用疫苗產業生根於台灣。方法則以技術引進及國際合作爲主，輔以自行研發地域性產品，建立以爭取亞洲市場爲商業目標的基礎產業。

表二、疫苗產品技術研發需求順序表（以優先順序排序）

學　界	業　界
1.豬假性狂犬病（PR）基因工程疫苗	1.傳統佐劑：如油質佐劑之製備及使用法
2.以 ND（新城雞瘟）爲主之混合雞用疫苗	2.新型佐劑
3.國內外疫情、疫苗市場調查	3.油質佐劑之穩定性
4.PR 檢驗試劑	4.混合式多價疫苗
5.細菌性混合疫苗（如 AP＋Sal＋Pas）	5.豬假性狂犬病基因工程疫苗
6.HC、PR、TGE 檢驗試劑	6.以 PR 爲載體之多價疫苗
7.產程改良	7.次單元疫苗：如 AP、JE、IBD
8.減少注射次數之劑型研究	8.內毒素純化
9.禽病疫苗（如 Marek's 疫苗）	9.減少注射次數之劑型研究
10.PRRS（藍耳病）基礎研究高密度醱酵	

檢驗試劑之開發

一、單株抗體:

利用傳統方法來診斷動物的疾病，對病原的分離與鑑定相當費時且很少能直接確定病原。應用生物技術開發出能與外來抗原在單一特定位置上產生免疫結合反應的單株抗體，對於診斷、治療、純化生化物質及科技研究等方面均有很大的助益。配合酵素免疫反應（ELISA），能迅速而準確地鑑定病原，很適合大量的檢驗。目前，養豬科學研究所已成立融合瘤中心，提供融合瘤及單株抗體之研究與製作服務。

二、利用 PCR 進行疾病之研究：

由於 PCR 分析技術十分敏感，可以在病原未大量增殖之前早期診斷而防止疾病的擴散。配合核酸探針進行原位（in situ）雜交或原位 PCR，則甚至可以直接在病變組織中偵測到病原。台灣地區牛型結核病的研究，依據台灣省農林廳資料指出，雖經多年之清除撲殺，乳牛感染分枝桿菌情況反有增無減且日趨

嚴重。利用 RFLP 方法分析台灣地區 TB 陽性牛之分枝桿菌的 RFLP 圖譜，並嘗試以 PCR 研發適用於本省乳牛分枝桿菌之快速檢驗法。目前已建立結核桿菌培養方法、RFLP 分析之完整系統與關鍵技術，並建立可檢測牛型分枝桿菌之引子及 PCR 反應條件。試驗結果顯示，臺灣地區由乳牛或鹿分離之分枝桿菌與由人分離之分枝桿菌有完全不同的 DNA 相，證明人類之結核病菌並非來自乳品之感染，顯示政府乳牛結核菌防治之成果。而由目前運用核酸探針及限制酵素分析所得初步結果顯示，臺灣地區牛型分枝結核桿菌分離株之 DNA 相十分一致。PCR 技術也應用在血吸蟲症、豬瘟、其他家禽病毒感染診斷試劑的開發與乳房炎鏈球菌的分析，期能在最短時間內偵測出病原而加以防治。

三、畜產品殘留磺胺劑檢驗試劑之開發：

在台灣，家畜禽因大規模而密集的飼養，使動物傳染病的發生日益複雜且更易蔓延，抗生素與磺胺劑應用越來越多，一旦未依規定時間停藥或使用不當，即可能造成畜產品中藥物殘留的問題。我國豬肉輸日曾發生磺胺劑殘留事件，使磺胺劑殘留受到極度重視。磺胺劑常添加於養豬飼料中以預防疾病感染並促進生長。其中，磺胺二甲嘧碇（sulfamethazine, SMT）因價格便宜效果佳，使用最爲廣泛，若豬隻屠宰前二週未依規定停用添加 SMT 飼料，即可能殘留於豬肉及內臟，有害人體健康。爲了防範磺胺劑殘留以確保消費者安全，政府與肉品業者均投下大批人力物力從事磺胺劑之殘留檢測。生物技術開發中心受農委會委託，已完成 SMT 之 ELISA 檢測套組的研發，該套組因操作簡易、準確性高且血清檢品不需前處理，可廣爲大量篩檢，爲國人食肉安全提供更嚴格的把關（劉與張，1996）。

畜產加工之應用

近年來，隨著科技的進展及潮流所趨，促使畜產加工自傳統型態轉向機能性食品的時代。在國外，生物科技在畜產加工的研究主要是利用固定化酵素或微生物之生物反應器，從畜產原料大量生產各種有用之物質；或利用酵素工程，將畜產原料成分水解或合成各種具有特殊生理機能的胜　或寡醣類。此外，自乳酸菌或發酵乳製品成分中，開發具有促進免疫力、抗惡性腫瘤及有益健康的成分，培育具有新機能性之畜產微生物來生產高附加價值之機能性畜產品營養物也頗有潛力。由於機能性寡醣頗具有改善腸內菌叢、增殖腸

內乳酸菌數、減少腸內腐敗物質之產生以及改善便性、血醣值等功能。而加強畜產副產物之充分利用並減少對環境造成污染是畜產加工之重點。乳清是乾酪製造之副產品，其內含豐富之乳醣、可溶性蛋白質與無機鹽類等，若直接丟棄將造成嚴重環保問題，利用生物技術來處理乳清可提高其利用價值，除做爲蛋白質補充物外，尚具多種機能性與加工性，可作爲甜味劑或醫藥使用（Siso, 1996）。

利用重組 DNA 技術生產乾酪業所需之凝乳酵素 chymosin，是重組 DNA 技術成功應用在乳品加工的代表例子。由於仔牛的屠宰數下降，致使自然來源的 chymosin 大爲減少，爲了增加全球之乾酪產量，利用重組 DNA 技術生產 chymosin 可以替代天然 chymosin，應用在乾酪的生產（Yu,1994）。在乾酪製造時，爲了增加乾酪風味並減少苦味，提高產品中良好風味的胜　與揮發性成分的濃度，可利用不同乳酸桿菌的添加來分解蛋白質，開發有益健康的低脂乾酪。在食物保存上，乳酸菌能經由養分競爭、產生有機酸或殺菌素等來拮抗有害細菌，達到保存食品的效果，此在肉品與乳品加工等畜產品具有相當的實用價值。在乳汁生產方面，利用生物技術修飾乳汁組成，配合基因轉殖動物或胚幹細胞研究，將新的乳蛋白基因加到泌乳動物之基因組中，修飾乳汁的組成來改變並提高其營養價值 (Bremel et al, Clark, 1996)。

畜禽營養之應用

應用生物技術來提高家畜禽產量，最好的例子是利用遺傳工程技街生產重組生長素，增加乳牛產乳量或豬的生長率，生長素能協調體內各種營養因素，使乳腺與身體組織對營養分做更有效的利用，刺激乳腺上皮細胞分泌更多乳汁而增加產乳量。乳牛注射生長素可提高產乳量約 15～20%，增加生產效率約 10%。豬隻注射生長素，可提昇飼料換肉率，使屠體中蛋白質含量增加，降低脂肪含量 70～80% ，增加生產效率約 15～35%(Baldwin and Knapp, 1993; Etherton et al., 1993)。利用生長素來增加乳牛之產乳量的報告甚多，其在畜產之應用是未來不可避免的趨勢，對畜牧業衝擊甚大(Bauman, 1992; Peel, 1996)。

在動物的腸道內，有無數的微生物存在，對維持腸內有益菌的數量與優勢、抑制病菌繁殖、維持動物健康並提高飼料效率、育成率及繁殖率等，對動物營養與生理相當重要。雖然使用抗生素能抑制體內害菌，改變動物代謝與健康，但抗生素的濫用將造成殘留及抗藥菌的產生，對人類健康及疾病控制不利，將來可能面臨無藥可

用之處境。藉由飼料中添加益菌來維持動物腸道的健康，有類似抗生素的效果卻無其害處，可減少抗生素的使用量。生物素原（probiotics）是由微生物培養所得，做爲飼料添加劑可改善家畜禽腸道內微生物菌叢之平衡與正常，用於初生或幼齡動物可避免大腸桿菌或沙門氏菌等病菌在腸道中增殖，改善養分吸收並促進生長表現。藉由生物技術改善細菌功能，例如生產消化酵素幫助動物消化吸收、生產維生素與必需胺基酸促進動物生長、表現病菌的免疫原蛋白成爲口服疫苗、分泌荷爾蒙促進動物生長而增加動物性蛋白的產量。爲了增加瘤胃的消化率，可以選殖能分解木質素與纖維素的基因導入瘤胃中的微生物來改善反芻動物營養。

酵素（如 endoxylanse, Keratinase-lyeate）等可分解飼料成分以增加利用效率，並促進養分吸收。非反芻動物不能利用飼料中之植酸磷，而需另外補充昂貴之無機磷，若於飼料中添加植酸酵素，則可增加飼料利用效率，又可減少環保問題。

在動物飼料中，玉米－大豆粕是主要成份，玉米之離胺酸組成偏低爲其營養缺失。利用基因轉殖法，可以將他種作物的高離胺酸組成基因植入玉米中，產生營養均衡且不影響產量的玉米新品種。而羊毛主要由角質蛋白組成，含有高量的含硫胺基酸如甲硫胺酸與半胱胺酸，爲了增加羊毛生產量，可將含硫胺基酸高的豆料植物基因轉殖到飼料作物中，生產高含硫胺基酸的基因轉殖植物做爲飼養綿羊的草料（Altenback et al., 1990; Rodgers, 1990）。

牧草的抗病育種對草的生產十分重要，本省栽培的牧草品種主要爲盤固草 A254，近年來因鏽病與金針蟲等問題漸趨嚴重，使得抗病育種的需要大增，爲了增加盤固草的抗病力與生產量，減少病蟲害的侵害，畜試所利用組織培養與藥劑誘變等生物技術來增加盤固草的遺傳變異，同時利用 RAPD 方法進行分析，此將有利於盤固草之抗病育種（王等，1997；陳等，1995）。

畜產廢棄資源之再利用

本省畜產業於民國 80 年曾面臨環保污染之重大壓力，由於當時台灣省畜產試驗所在過去 30 年研發成果之累積，而有三段式廢水處理技術來因應養豬廢水處理問題，使當時的危機得以順利化解，並爲本省養豬環保觀念建立了一個全民的新里程碑。利用微生物發酵處理畜產廢棄物，不但可以使排放水合於國家標準，沼氣能源的利用及堆肥資源化等更是生物技術處理神奇之處。目前畜牧廢水中氮及磷的去除問題已由數個研發單位研發後，提出了有效的處理方

法。今後畜產廢棄物的處理，不僅將它的 BOD 減至排放標準，更重要的是再生的資源如沼氣及有機堆肥如何有效的利用，使它重回自然界的循環，由土地及植物體加以消化吸收，使畜牧產業成爲非污染之產業，最重要的是達到永續經營的目的。

結　論

生物技術的開發日新月異，不但是本世紀之新興科技，也將繼電腦資訊業之後，成爲 21 世紀最具潛力之明星科技產業之一。由於生物技術具有附加價值高、技術密集、污染性低且能源依存度低的高經濟效益產業，歐美等先進國家對於生物技街之發展不遺餘力，值得國內科學家效法並急起直追。生物技術的未來發展趨勢，是將已發展之關鍵技術，實際應用在畜牧生產以改善畜牧生產效率。爲了提升生物技術之研發水準，政府相關部門應妥謀有效對策，並制訂不同時期的重點發展策略，同時整合國內之科技人才與資源，形成有力的研究團隊，以生物技術帶動畜產業的升級。在台灣，農業生物技術計畫項目中與畜產及獸醫有關之重點工作有基因轉殖動物的研究、動物用核酸疫苗、快速偵測套組與試劑的開發，可做爲將來畜產生技研究的指引。亞洲這個新興市場，因經濟及人口穩定成長，人民生活水準與品質也相對提高，對畜牧產品的消費需求亦快速成長，蛋、豬肉、及其肉製品之消費已超過全球消費量之一半以上，家禽製品也佔了三分之一，可說是最重要之家畜生產與銷售市場，同時，也是國際最有潛力的畜用疫苗市場。台灣在畜牧生產技術上已具有相當的基礎，若能急起直追，縮短與歐美先進的科技差異，將來的畜產業應能成爲立足台灣，胸懷亞洲，放眼全世界的永續性良業。

參考文獻

王紓愍、成游貴、陳嘉昇。1997。盤固草 A254 懸浮細胞系的建立及誘變條件探討。畜產研究 29：13～22。

古德業。1997。台灣農業生物技術之現況與產業發展。生物產業 8：15～20。

行政院農業委員會。1996。中華民國農業科技研究成果。P676-693。台北市。

行政院農業委員會。1998。全國農業科技展專刊。P186-189。台北市。

田蔚城。1998。生物技術與生物產業。生物產業與製藥產業（上冊）P1-15。九州圖書文物公司。台北市。

楊惠郎、蘇文瑩。1994。畜用疫苗產業昇級規畫。財團法人生物技術中心。

楊惠郎、蕭振文、戴謙、宋永義。1998。生物科技在畜產上之應用。畜產研究 31:197-210。

劉涓、張東玄。1996。小分子藥物之免疫檢測試劑。生物產業 5：35～37。

戴謙。1993。台灣省畜產試驗所生物技術研究現況。生物產業 4：143～153。

戴謙。1995。生物技術在畜牧上之應用。中華農學會年會中心議題，pp. 39～50。

Altenback, S. B. and R.B. Simpson. 1990. Manipulation of methionine-rich protein genes in plant seeds Trends Biotech. 8：156～160.

Baldwin, R. L. and J. R. Knapp. 1993. Recombinant bovine somatotropin's effects on patterns of nutrient utilization in lactating dairy cows. Am. J. Clin. Nutr. 58：282～286.

Bauman, D. E. 1992. Bovine somatotropin: review of an emerging animal technology. J.Dairy Sci. 75：3432～3451.

Bremel, R. D., H. C. Yom and G. T. Bleck. 1989. Alteration of milk composition using molecular genetics. J. Dairy Sci. 72：2826～2833.

Clark, A. J. 1996. Genetic modification of milk proteins. Am. J. Clin. Nutr. 63：633S～638S.

Cox, G. J. M., T. J. Zamb and L. A. Babiuk. 1993. Bovine herpesvirus 1: immune responses in mice and cattle injected with plasmid DNA. J. Virol. 67：5664～5667.

Etherton, T. D., P. M. Kris-Etherton and E. W. Mills. 1993. Recombinant bovine and porcine somatotropin: safert and benefits of these biotechnologies. J. Am. Diet Assoc. 93：177～180.

Peel, C. J. 1996. The role of industry in international animal agriculture. J. Anim. Sci 74：1382～1385.

Rodgers, G. E. 1990. Improvement of wool production through genetic engineering. Trends Biotech. 8：6～11.

Sakaguchi, M., H. Nakamura, K. Sonoda, F. Hamada and K. Hirai. 1996. Protection of chickens from Newcastic disease by vaccination with

a linear plasmid DNA expressing the F protein of Newcastle disease virus. Vaccine 14 : 747～752.

Siso, M. I. G. 1996. The biotechnological utilization of chese whey: a review. Bioresource Technol. 57 : 1～11.

Tang, D. C., M. Devit and S. A. Johnston. 1992. Genetic immunization is a simple method for eliciting an immune response. Nature 356 : 152～154.

Wilmut, I., A. E. Schnieke, J. Mc Whir, A. J. Kind and K. H. Campbell, 1997. Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells. Nature 385 : 810～813.

Wolff, J. A., R. W. Malone, P. Williams, W. Chong, G. Acsadi, A. Jani and P. L. Felgner. 1990. Direct gene transfer into mouse muscle in vivo. Science 247 : 1465～1468.

Yu, P. L. 1994. Production of chymosin for the dairy industry by recombinant DNA technology. Australas Biotech. 4 : 19～23.