



全球基因轉殖動植物 科技發展趨勢

余祁暉

「基因轉殖動植物目標性狀」及「基因轉殖應用動植物品種」為掌握全球基因轉殖動植物發展重要的指標，本文將由此角度切入基因轉殖動植物產品之重要發展程序：科學研究及專利申請，並利用文獻分析法描繪勾勒未來全球基因轉殖動植物發展趨勢。

全球基因轉殖植物發展現況

基因轉殖植物（基改種子）核准上市行銷的11年內（1996年至2006年），依ISAAA（國際農業生物技術應用推廣協會）統計，全球每年種植面積皆以2位數的百分比成長，至2006年結束，種植面積已達1億公頃，市場規模高達約61.5億美元（如圖1），占全球商用種子市場

的21%。

在基因轉殖植物目標性狀方面，如圖2所示，由2004年發展至2005年，依APHIS田間試驗核准數及年度成長比例，可發現市場主流由抗殺草劑性狀轉為提升產品品質性狀（如保鮮熟控及提高營養成份等），而農藝性狀種子（提升產量及抗寒等）之成長率也高達22%，因此預計未來此二類基因轉殖植物將會有更多產

圖1 1996年至2006年基改種子全球概況

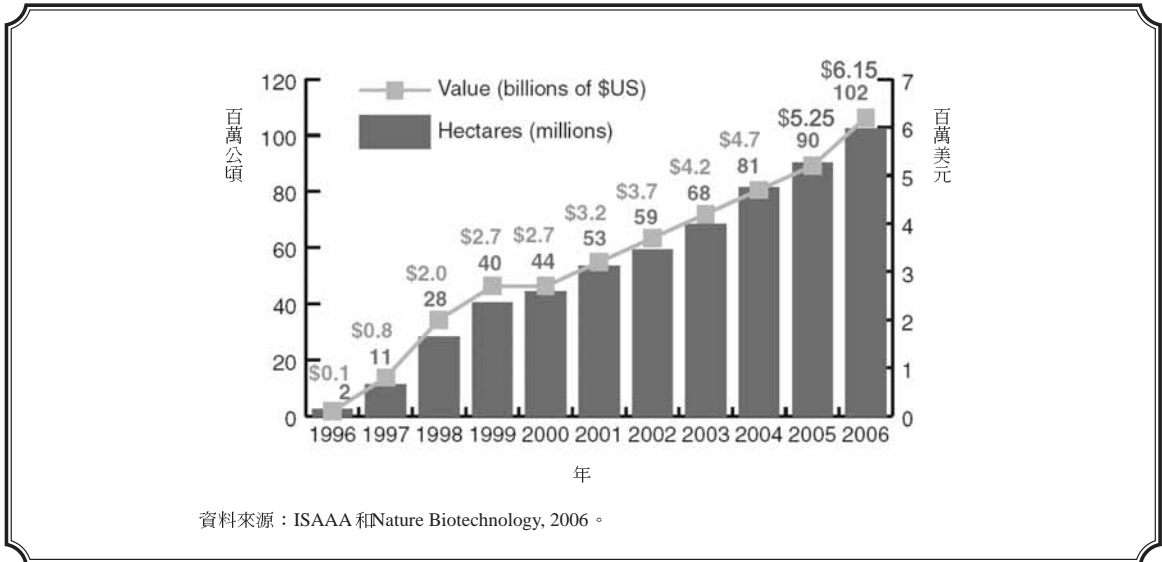


圖2 APHIS基改種子田間試驗案核准數（性狀別）

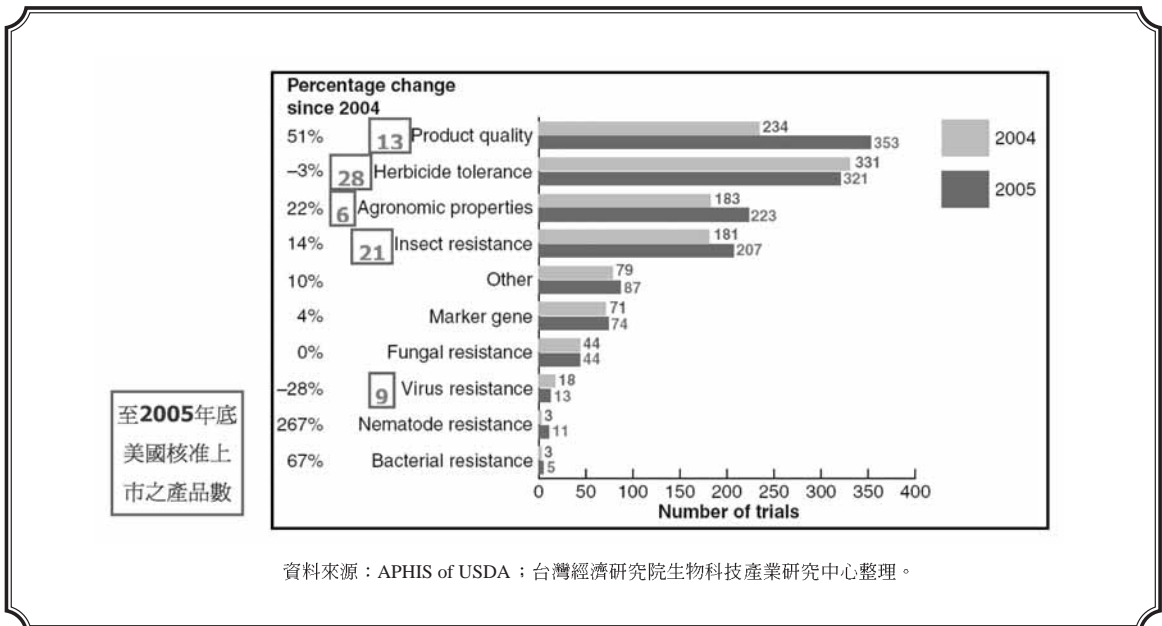




表1 OECD會員國成功上市之基因轉殖植物品種（統計至2006年2月）

國家	康乃馨	棉花	亞麻	玉米	油菜	馬鈴薯	稻米	大豆	甜菜	蕃茄	總計
美國		8	1	19	12	20	2	8	1	2	73
加拿大		7	1	14	11	20		4	1	1	59
日本	1	5		13	10	4	1	5	2		41
澳洲	4	6		8	9	10		2			39
紐西蘭		5		8	9	10		2			34
歐盟	11			5	7			1			24
南韓		4		10	1	8		1			24
墨西哥		3		5	3	6		3		1	21
挪威	11										11
瑞士				3				1			4
捷克								1			1
總計	27	38	2	85	62	78	3	28	4	4	331

注：成功上市表示該基因轉殖植物已受該國核准，而可進口、食用、飼用或種植。
資料來源：OECD；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心整理。

品上市。而在基因轉殖應用品種部分，由OECD的基因轉殖植物資料庫統計如表1，2006年2月之前，共有96種成功商業化之基因轉殖植物產品供OECD會員國進口加工、食用、飼用或種植。

全球基因轉殖動物發展現況

1970年代初期，科學家們即曾應用大腸桿菌及其他微生物，成功地開創基因重組技術，此後便陸續有應用此等經過重組之基因，開始進行基因轉殖動物之試探性試驗。由1966年首度開發原核基因注射技術之基改鼠至今，分子生物學、遺傳工程、基因轉殖及生殖技術等之快速精進，許多基因轉殖動物，自以往基礎研究階段逐漸邁入實際應用之境界。目前基改動物發展，已實際應用於農業（如提升生產效能、生殖能力、抗病能力和畜產品品質）及生物醫學領域（如分子牧場、異種器官移植和動物疾

病模式）。在農業應用市場，據FAO統計，2005年全球畜產品消費市場量為7.84億公噸，年增率約1.3%。而在生技藥品市場，2008年全球可達712億美元銷售額（年成長率約11%），依BCC (Business Communications Company, Inc.) 估計其中將有10億美元為利用基因轉殖方式生產（年成長率約為80%），以成長率初估，在2016年將有60%以上的生技藥品由基因轉殖生物生產（不同的基因轉殖平台，在不考量成本及風險下的生技藥品生產效益比較如表2）。

全球基因轉殖動植物研發趨勢

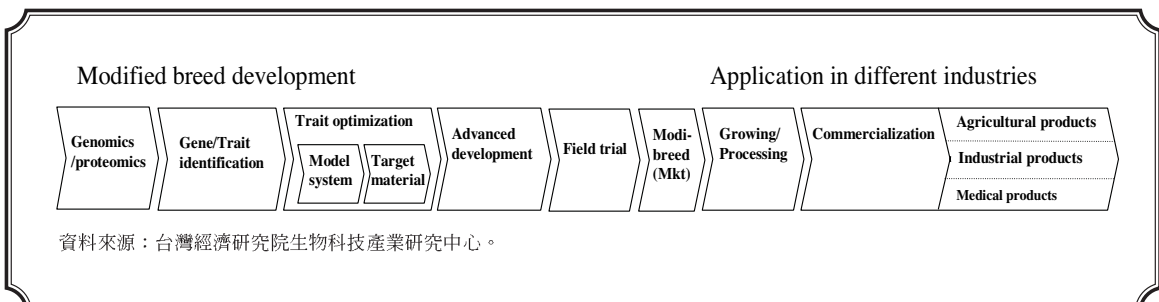
由上述全球基因轉殖動植物發展現況可得知，「基因轉殖動植物目標性狀」及「基因轉殖應用動植物品種」為掌握全球基因轉殖動植物發展重要的指標，本文將由此角度切入基因轉殖動植物產品之重要發展程序：科學研究及專利申請，利用文獻分析法描繪未來全球基因

表2 不同基因轉殖平台生產生技藥品之效益比較

	產量	可萃取性	生物活性
細菌	++++	++	+
酵母菌	++++	+++	++
真菌	++++	+++	++
基因轉殖植物	++++	++?	++
桿狀病毒	++++	+++	+++
哺乳類細胞	+	++++	++++
基因轉殖動物	++++	++++	++++

資料來源：Houdebine, 1994。

圖3 基因轉殖產品發展關鍵程序鏈



轉殖動植物發展趨勢。

基因轉殖產品的發展可以圖3表示，由該圖可知，掌握基因轉殖產品一開始的關鍵在於功能基因的確認，有利功能基因的確認不但可做為轉殖用基因，更可做為分子標記以進行品種的快速大量篩選。而近五年與植物基因轉殖相關功能基因的發展，從美國生醫資料庫及專利資料庫，以科學期刊影響力指標、科學引證率、專利引證率及專利學習廣度（注1），配合人工分類整理，共篩選出64篇重要科學研究及178篇重要專利。而近五年與動物基因轉殖相關功能基因的發展，則以相同方式篩選出541篇重要科學研究及152篇重要專利。以下就以

此重要科學文獻及專利進行分析。

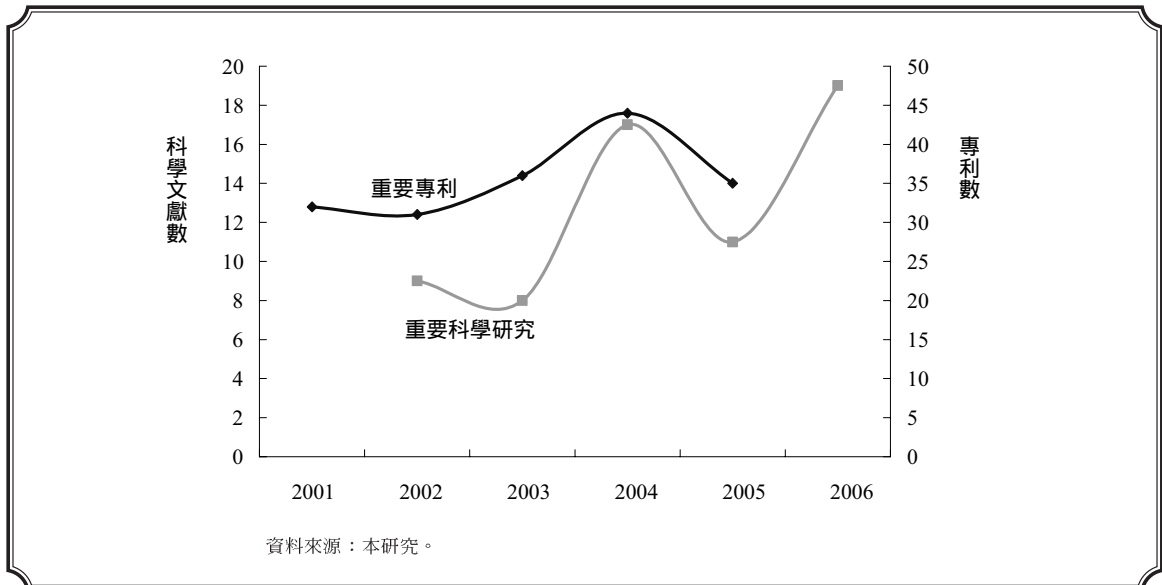
(一) 年度發展趨勢

1. 基因轉殖植物

從1976年至2005年基因轉殖相關科學文獻及專利觀察發現（余祁暉，2006），整體科學文獻領先專利的時間隨著科技的快速發展，從三年逐漸縮小到兩年，而基因轉殖植物在此領域的技術因發展較為成熟，所以基因轉殖植物科學文獻領先專利的時間將可能只有一年，也就是說利用該科學文獻可推論未來一年該領域專利之發展。由此分析概念可知2006年將可能會有許多重要的核准專利（如圖4），而從產品上市的角度來看，2007年因2005年核准專利量



圖4 基因轉殖植物功能基因發展趨勢推測



數下滑，將可能造成2007年的基因轉殖植物產品上市量較少（產品成功上市約還需二至五年的時間），但至2008年後，將可能因2006年重要核准專利量上升，而有較多的產品上市。

2. 基因轉殖動物

同樣觀察1976年至2005年基因轉殖相關科學文獻及專利的發展，雖然整體科學文獻領先專利的時間隨著科技的快速發展從平均三年逐漸縮小到平均兩年，但基因轉殖動物因涉及較多的道德議題，且在專利審核上也需面對比基因轉殖微生物及基因轉殖植物更多的考量，因此基因轉殖動物科學文獻領先專利的時間反而可能延長到四年，甚至也可能因其動物專利目前仍多以人用藥物高價市場（由表3可知以人類和鼠類之重要科學研究及專利比例較大）為主，而使得二者之間的時間差距拉得更大（如

圖5），同時利用科學研究領先專利之特性，以2003年至2005年科學研究預測2006年至2008年專利之發展，將可發現2006年後基因轉殖動物專利核准數將會逐步止跌趨於平穩，但也表示至少到2008年後，基因轉殖動物產品才有加速發展的可能。

由平均專利學習廣度進行分析，發現前五名皆非重要專利數量前五大國，其中以印度、芬蘭和挪威最高，此表示這三個國家積極從各種不同科技領域來發展基因轉殖植物，如此不但可開發出具有特色的基因轉殖植物，還可以避開此領域的專利障礙。

(二) 國家別分析

1. 基因轉殖植物

圖5 基因轉殖動物功能基因發展趨勢推測

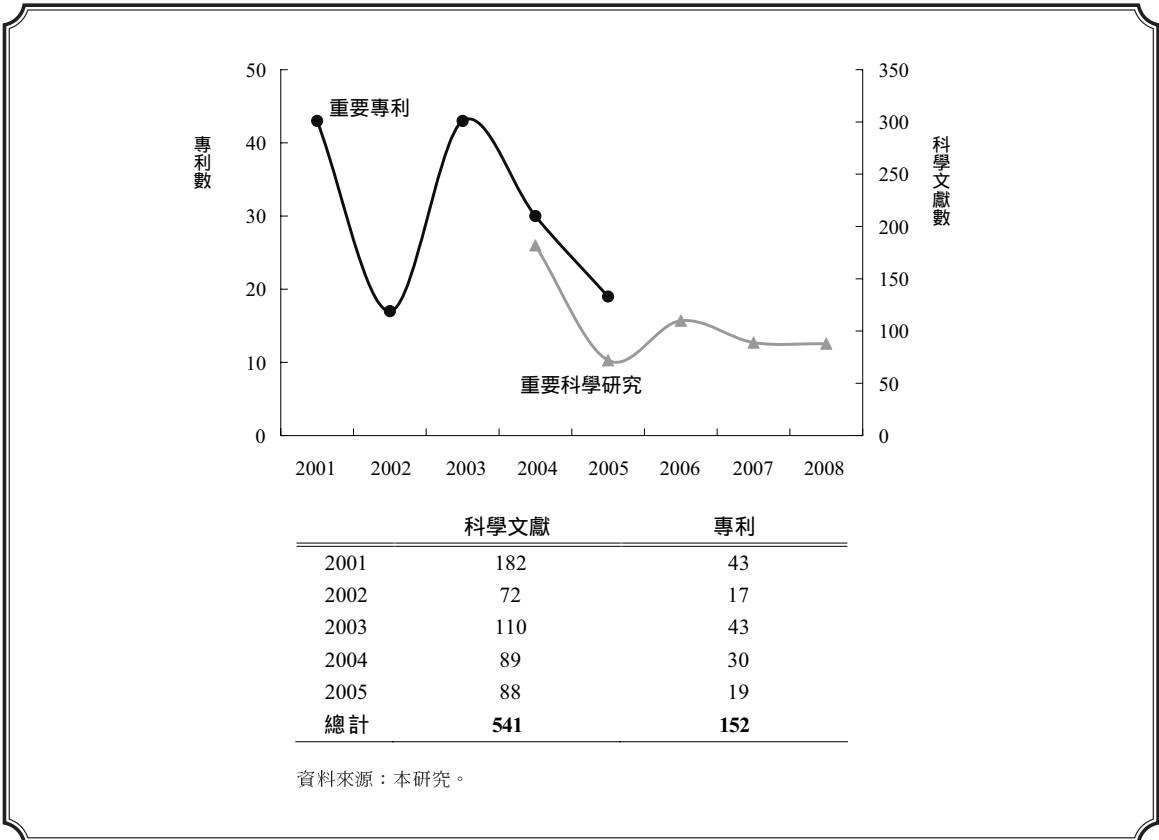


表3 分析樣本之動物種類分布

	科學文獻	專利
人類	246	54
畜禽	7	7
水產	13	3
寵物/觀賞動物	-	3
鼠	112	11
昆蟲	50	6
其他動物	195	85
總計	541	152

資料來源：本研究。

2001年至2005年重要研究之所屬國家別分析如表4所示，依研究數進行排序，前五名依次為美國、德國、日本、英國和加拿大，在此領域中具有一定程度研究能力之亞洲國家為日本、中國、印度和南韓。配合引證率可了解各國家之研究重要程度，在研究數量前五大國中，英國、美國及日本皆往重量及重質的方向發展，值得注意的是，葡萄牙、芬蘭、義大利、瑞士及印度這五個國家，其在基因轉殖植物領域，都有很強的研究能力，未來將具有一



表4 重要研究國家別分析

	研究數	引證數	引證率
USA	22	949	43.14
Germany	11	158	14.36
Japan	5	196	39.20
UK	5	432	86.40
Canada	3	29	9.67
Belgium	2	36	18.00
China	2	7	3.50
Italy	2	42	21.00
Netherlands	2	32	16.00
Switzerland	2	42	21.00
Australia	1	2	2.00
Finland	1	22	22.00
France	1	14	14.00
Greece	1	6	6.00
India	1	21	21.00
Israel	1	18	18.00
Korea	1	2	2.00
Portugal	1	54	54.00
總計	64	2,062	32.22

資料來源：本研究。

定之發展優勢。

專利可視為將基因轉殖植物技術產業化的能力，2001年至2005年重要專利之所屬國家別分析如表5所示，依專利數進行排序，前五名依次為美國、加拿大、法國、日本和德國，但與重要研究國家別分析相較，可知法國在基因轉殖領域已逐漸喪失優勢，而德國、日本及英國則加緊腳步在此領域深耕。在此領域中具有一定程度產品化能力之亞洲國家為日本、中國和印度，而日本和印度在重要研究國家別分析中，為具有相當研究實力的國家，配合其優秀的產品化能力，在未來相當有可能成為亞洲發展基因轉殖植物的重要國家。利用引證率可了解各國家所掌握專利之重要程度，在專利數量

前五大國中，英國及加拿大有較高的引證率，而澳洲、比利時及瑞士雖專利數量不高，但所掌握的專利具有相當的重要性。由平均專利學習廣度進行分析，發現前五名皆非重要專利數量前五大國，其中以印度、芬蘭和挪威最高，此表示這三個國家積極從各種不同科技領域來發展基因轉殖植物，如此不但可開發出具有特色的基因轉殖植物，還可以避開此領域的原有專利障礙。

2. 基因轉殖動物

2001年至2005年重要研究之所屬國家別分析如表6所示，依研究數進行排序，前五名依次為美國、英國、日本、德國和法國，為此領域中具有一定程度研究能力之國家。配合引證率可了解各國家之研究重要程度，在研究數量前五大國中，除了美國以量及質並重的方向發展外，值得注意的是，以色列、瑞典、愛沙尼亞、瑞士及丹麥這五個國家，其在基因轉殖動物領域，都有很強的研究能力，未來將具有一定之發展優勢。

2001年至2005年重要專利之所屬國家別分析如表7所示，依專利數進行排序，前五名依次為美國、法國、加拿大、瑞士及日本，與重要研究國家別分析相較，可知加拿大在這五年來，基因轉殖動物領域的發展較無日本及德國積極。在此領域中具有一定程度產品化能力之國家為瑞士和丹麥，而這二個國家在重要研究國家別分析中，為具有相當研究實力的國家，配合其優秀的產品化能力，在未來相當有可能成為發展基因轉殖動物的重要國家。在專利數量前五大國中，只有美國有較高的引證率，而瑞士、南韓、英國及瑞典雖專利數量不高，但

表5 重要專利國家別分析

	專利數	引證數	引證率	學習廣度*	平均學習廣度*
USA	134	42	0.31	76.77	0.57
Canada	10	4	0.40	5.42	0.54
France	5	0	0.00	3.28	0.66
Japan	5	1	0.20	2.41	0.48
Germany	4	1	0.25	1.93	0.48
UK	4	4	1.00	1.63	0.41
Belgium	3	1	0.33	1.31	0.44
Switzerland	3	1	0.33	1.74	0.58
New Zealand	3	0	0.00	1.70	0.57
Australia	2	1	0.50	0.58	0.29
China	1	0	0.00	0.50	0.50
Spain	1	0	0.00	0.55	0.55
Finland	1	0	0.00	0.67	0.67
India	1	0	0.00	0.74	0.74
Norway	1	0	0.00	0.67	0.67
總計	178	55	0.31	99.88	0.56

注：學習廣度：用以衡量專利所引證之專利所分布之領域廣度，越高表示該專利技術的知識融合程度越高，對於發展潛在新技術相對較有利。

資料來源：本研究。

所掌握的專利具有相當的重要性。由平均專利學習廣度進行分析，發現前五名除了加拿大外，皆非重要專利數量前五大國，其中以奧地利、南韓、澳洲和以色列最高，此表示這四個國家積極從各種不同科技領域來發展基因轉殖動物。由上述分析可知，在亞洲國家，雖日本擁有較多的專利數，但從引證率及平均學習廣度來看，南韓在專利品質上皆領先日本，所以南韓在亞洲國家中具有推動基因轉殖動物技術產業化能力之重要國家。

(三) 基因轉殖動植物之功效分析

1. 基因轉殖植物

將目標轉殖基因進行功效分析發現，除了與檢測篩選技術、基因調控研究和序列解碼技術相關之基礎研究為固定之產品重點外，未來基

因轉殖植物產品特色將往抵抗疾病、提升產量、控制成熟、提升環境抗壓性和提升所需營養成份發展。而目前發展較為成熟的產業化方向為抵抗疾病、抵抗害蟲、抗殺草劑和生產異源成份。由此分析可知，若要進入較無智財障礙的基因轉殖植物領域，可將基因功能研究朝向較未發展的生物性肥料相關、提升加工效率、生物性材料、生物能源和環保相關領域發展。

2. 基因轉殖動物

將目標轉殖基因進行功效分析發現，除了與檢測篩選技術、基因調控研究和序列解碼技術相關之基礎研究為核心之產品重點外，未來基因轉殖動物產品特色將往抵抗疾病、提升產量、控制成熟、提升環境抗壓性、提升所需營



表6 重要研究國家別分析

	研究數	引證數	引證率
USA	326	13,821	42.40
UK	37	1,290	34.86
Japan	34	877	25.79
Germany	27	758	28.07
France	21	638	30.38
Canada	17	667	39.24
Switzerland	13	615	47.31
Italy	11	327	29.73
Netherlands	9	329	36.56
Australia	7	238	34.00
Sweden	6	347	57.83
Israel	4	329	82.25
Greece	4	148	37.00
Spain	4	43	10.75
Brazil	3	70	23.33
Finland	2	46	23.00
China	2	32	16.00
Korea	2	32	16.00
Belgium	2	29	14.50
Estonia	1	50	50.00
Denmark	1	44	44.00
NewZealand	1	33	33.00
Turkey	1	27	27.00
Norway	1	26	26.00
Singapore	1	21	21.00
SouthAfrica	1	16	16.00
Russia	1	13	13.00
Argentina	1	4	4.00
Austria	1	4	4.00
總計	541	20,874	38.58

資料來源：本研究。

養成份和生產異源成份發展，尤其是「提升環境抗壓性」將是下波值得注意之發展重點。而目前發展較為成熟的產業化方向為「抵抗疾病」和「生產異源成份」，但若要進入較無智財障礙的基因轉殖動物領域，可將基因功能研究朝向較未發展的「提升加工效率」、「生物能源」和「環保相關」領域發展。

未來在基因轉殖植物上若要以差異化的方式發展，在基因來源上可往動物基因進行，而在轉殖對象上可往蔬菜、水果及觀賞植物進行，將可避開先前專利保護以開創新品種及進行專利布局，累積優勢。

(四) 內外源基因之應用趨勢

1. 基因轉殖植物

在基因轉殖植物內外源基因之應用方面，針對樣本中有清楚表示其轉殖對象進行分析，在重要科學研究部分，因其屬於較為基礎方面的研究，所以只有幾筆重要科學研究成果，其中3筆為植物類內源基因的應用，3筆為外源基因應用。在重要專利部分，有39筆是屬於植物類內源基因的應用，而有高達100筆為外源基因的應用。由此可知外源基因的應用，已跨越基礎研究門檻，直接朝向產品化的用途進行，成為基因轉殖植物的重要發展方向。

將物種分類更細分來看，在重要核准專利中，可進行清楚分類的物種中，以同屬經濟作物之基因應用最為廣泛。而異源應用以微生物基因的應用最多，動物中以昆蟲基因的應用為主。因此未來在基因轉殖植物上若要以差異化的方式發展，在基因來源上可往動物基因進行，而在轉殖對象上可往蔬菜、水果及觀賞植物進行，將可避開先前專利保護以開創新品種及進行專利布局，累積優勢。

將基因轉殖經濟作物之重要專利進一步分析，可發現大多是同源基因之轉殖應用，而大豆的同源基因為主要發展潮流，有高達9項的重要專利。而在經濟作物的15項專利中，有13

表7 重要專利國家別分析

	專利數	引證數	引證率	學習廣度*	平均學習廣度*
US	116	122	1.05	64.93	0.56
France	7	3	0.43	3.04	0.43
Canada	5	0	0.00	3.22	0.64
Switzerland	3	0	0.00	1.80	0.60
Japan	3	0	0.00	1.73	0.58
UK	3	4	1.33	1.72	0.57
Denmark	3	1	0.33	1.16	0.39
Netherlands	3	8	2.67	0.87	0.29
Australia	2	0	0.00	1.34	0.67
Sweden	2	2	1.00	1.00	0.50
Germany	2	0	0.00	1.00	0.50
Austria	1	1	1.00	0.80	0.80
South Korea	1	2	2.00	0.74	0.74
Israel	1	0	0.00	0.63	0.63
總計	178	55	0.31	99.88	0.56

注：學習廣度：用以衡量專利所引證之專利所分布之領域廣度，越高表示該專利技術的知識融合程度越高，對於發展潛在新技術相對較有利。
資料來源：本研究。

項屬於美國，兩項屬於日本，專利權人中以DuPont擁有8項重要專利為最高，使DuPont成爲此類別中最有發展潛力的廠商。

2. 基因轉殖動物

在基因轉殖動物內外源基因之應用方面，針對樣本中有清楚表示其轉殖對象進行分析，在重要科學研究部分，因其多爲基礎方面的研究，所以只有幾筆重要科學研究成果，其中15筆爲動物類內源基因的應用，6筆爲外源基因應用。在重要專利部分，有40筆是屬於動物類內源基因的應用，而有高達67筆爲外源基因的應用。由此可知基因轉殖動物目前仍並重內外源基因的應用，未來因科學研究在動物類內源基因應用所累積的研究能量較大，因此數年後基因轉殖動物將以內源基因爲主要發展方向。

將物種分類細分來看，在重要核准專利中，

可進行清楚分類的物種中，以人類及鼠在人用生醫領域之基因應用最爲廣泛。而在農業相關領域方面，畜禽類（注2）及昆蟲類（注3）有同源上之應用，在異源應用以微生物基因的應用最多，植物類的外源基因應用則無重要專利呈現。因此未來在基因轉殖動物上若要以差異化的方式發展，在基因來源上可往植物基因、水產動物及寵物／觀賞動物進行，而在轉殖對象上可往水產動物及寵物／觀賞動物發展，如此將可避開先前專利保護以開創新品種。

進一步觀察在農業相關領域的應用，可知仍以美國爲主，有33件專利，其中最多者爲Chiron，其4件專利爲應用動物細胞進行異源成分之生產。其它專利所屬國中，則以Bayer申請核准最多專利，其三項專利爲透過牛、豬及貓生產異源成分。



生技領域中，新藥開發費時約12年，至少花費8至10億美元，而成功率只有0.02%；而基因轉殖植物的開發平均只需10年，花費1億美元，成功率為5%，風險遠低於新藥開發，且價值也不輸於生技藥品，再加上毛利約高達50%以上，因此將吸引許多生技業者的投入，預期此領域之未來發展將持續蓬勃成長。

2008年後基因轉殖動植物之發展趨勢

1. 基因轉殖植物

經由以上分析可發現，2008年後基因轉殖植物產品將有另一波引人注目之發展，但仍會以歐、美、日為主要發展區域。在亞洲國家中，除了日本之外，印度在基因轉殖植物研究能力及產品化能力上，皆具相當發展潛力，雖目前仍處於蟄伏階段，但可預期未來在基因轉殖植物領域上將會有所表現。而在基因轉殖植物領域差異化之方式，建議朝三方向進行：(1)以動物外源基因之應用為主，雖技術上較難突破，但卻是在此領域中取得獨特競爭力之重要方式；(2)朝向目前基因功能研究較無成果的生物性肥料、提升加工效率、生物性材料、生物能源和環保相關功效領域發展；(3)轉殖對象上可往蔬菜、水果及觀賞植物進行。

生技領域中，新藥開發費時約12年，至少花費8至10億美元，而成功率只有0.02%；而基因轉殖植物的開發平均只需10年，花費1億美元，成功率為5%，風險遠低於新藥開發，且價值也不輸於生技藥品，再加上毛利約高達50%以上（統計自Monsanto及Syngenta年報），因此

將吸引許多生技業者的投入，預期此領域之未來發展將持續蓬勃成長。

2. 基因轉殖動物

經由分析發現，在2008年之前，基因轉殖動物產品的發展將呈現趨緩之勢，主要發展區域仍以歐、美、日為主，其中以美國具有最強的研發及產品化能力。在此領域的新興國家中，瑞士和丹麥在基因轉殖動物研究能力及產品化能力上，皆具相當發展潛力，可預期未來在基因轉殖動物領域上將會有所表現。本研究建議在未來要發展具獨特性的基因轉殖動物產品，可往三個方向進行：(1)發展以內源基因為主要應用；(2)朝向目前基因功能研究較無成果的提升加工效率、生物能源和環保相關功效領域發展；(3)轉殖對象上可往水產動物及寵物/觀賞動物進行。

基因轉殖動物應用，以基因轉殖小鼠被生物科學家使用得最廣泛，不過未來最具經濟價值之基因轉殖動物，仍是基因轉殖家畜，其在改變家畜經濟性狀、生產具醫療價值及高單價蛋白質和異種器官移植上極具市場需求。雖然在利用基因轉殖家畜生產蛋白質的荷蘭Pharming公司及英國PPL Therapeutics公司，仍處於長期營運資金的壓力中，但利用基因轉殖山羊生產的抗凝血酵素（Anti-thrombin，商品名為ATrynR）的GTC公司，在2006年8月獲得歐盟醫藥署(European Medicines Agency, EMEA)的核准，該公司在經過13年後所獲得的正面肯定，給基因轉殖動物的發展打了一劑強心針。相信在社會以理性面對動物基因轉殖科技之下，將促使更多改善人類生活品質的產品上市。■

(作者為台灣經濟研究院助理研究員)

■ 注釋

1. 學習廣度：用以衡量專利所引證之專利所分布之領域廣度，越高表示該專利技術的知識融合程度越高，對於發展潛在新技術相對較有利。
2. 該畜禽類同源應用專利為2004年Bayer所申請核准，主要是開發一新質體技術，讓畜禽可以抵抗疾病並生產異源成分。
3. 該昆蟲類同源應用專利為2005年CuraGen所申請核准，主要是開發一新載體系統，以用於疾病之抵抗。

■ 參考文獻

1. APHIS : www.aphis.usda.gov
2. ISAAA : www.isaaa.org
3. FAO : www.fao.org
4. Houdebine, L. M. 1994. Production of pharmaceutical proteins from transgenic animals. *J. Biotechnol.* 34: 269-287.
5. 台灣經濟研究院，2006年，「農業生物技術國家型科技計畫績效評估與技術鑑價計畫」，農委會委託計畫。
6. 台灣經濟研究院，2005年，「農業生物技術產業發展模式與技術鑑價研究計畫」，農委會委託計畫。
7. 台灣經濟研究院，2005年，「產業創新系統之能量與競爭態勢分析—以專利分析為基礎」，經濟部技術處委託計畫。
8. 余昇輝，2003年，整合專利分析及基刊論文分析以建構技術分析模式，淡江大學企業管

理學系碩士論文。

9. 余祁暉，2006年，“以技術推力預測全球農業生技GMO產業發展趨勢”，台灣經濟研究月刊，No.29-3，頁35。
10. 鄭登貴、吳信志，2004，“基改動物的現況與前景”，基因改造議題：從紛爭到展望，行政院農業委員會委託計畫。