

基因轉殖植物之 全球發展趨勢

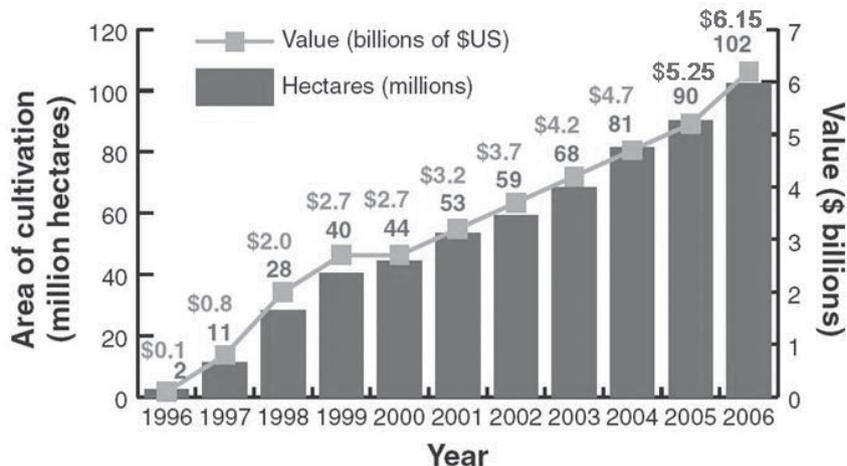
撰文/余祁暉

一、全球基因轉殖植物發展現況

基因轉殖植物（基改種子）核准上市行銷的十一年內（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（如圖一），佔全球商用種子市場的21%。

在基因轉殖植物目標性狀方面，如圖二所示，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

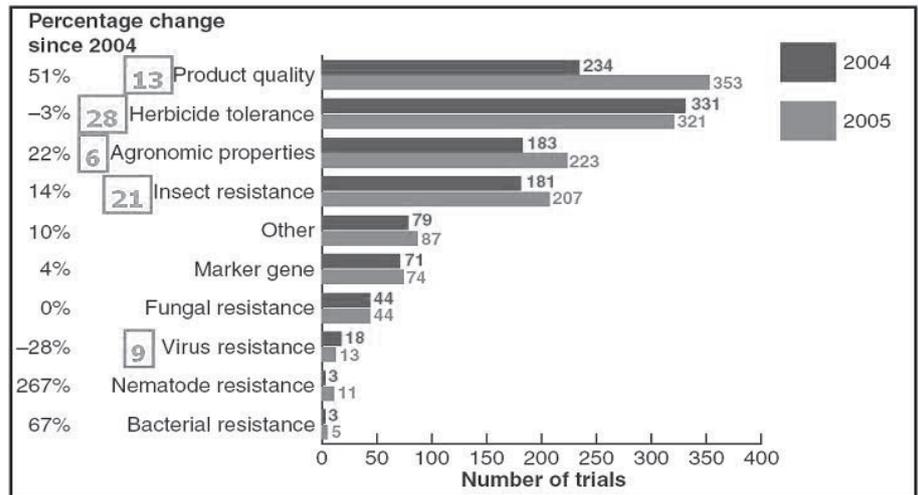
草劑性狀轉為提升產品品質性狀（如保鮮熟控及提高營養成份等），而農藝性狀種子（提升產量及抗寒等）之成長率也高達22%，因此預計未來此二類基因轉殖植物將會有更多產品上市。而在基因轉殖應用品種部分，由經濟合作暨發展組織（OECD；Organization for Economic Cooperation and Development）的基因轉殖植物資料庫統計，如表一，2006年2月之前，共有96種成功商業化之基因轉殖植物產品供OECD會員國進口加工、食用、飼用或種植。



資料來源：ISAAA和Nature Biotechnology, 2006

圖一 1996年至2006年基改種子全球概況

至2005年底
美國核准上市之產品數



資料來源：APHIS of USDA；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心整理

圖二 APHIS基改種子田間試驗案核准數（性狀別）

表一 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

註：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

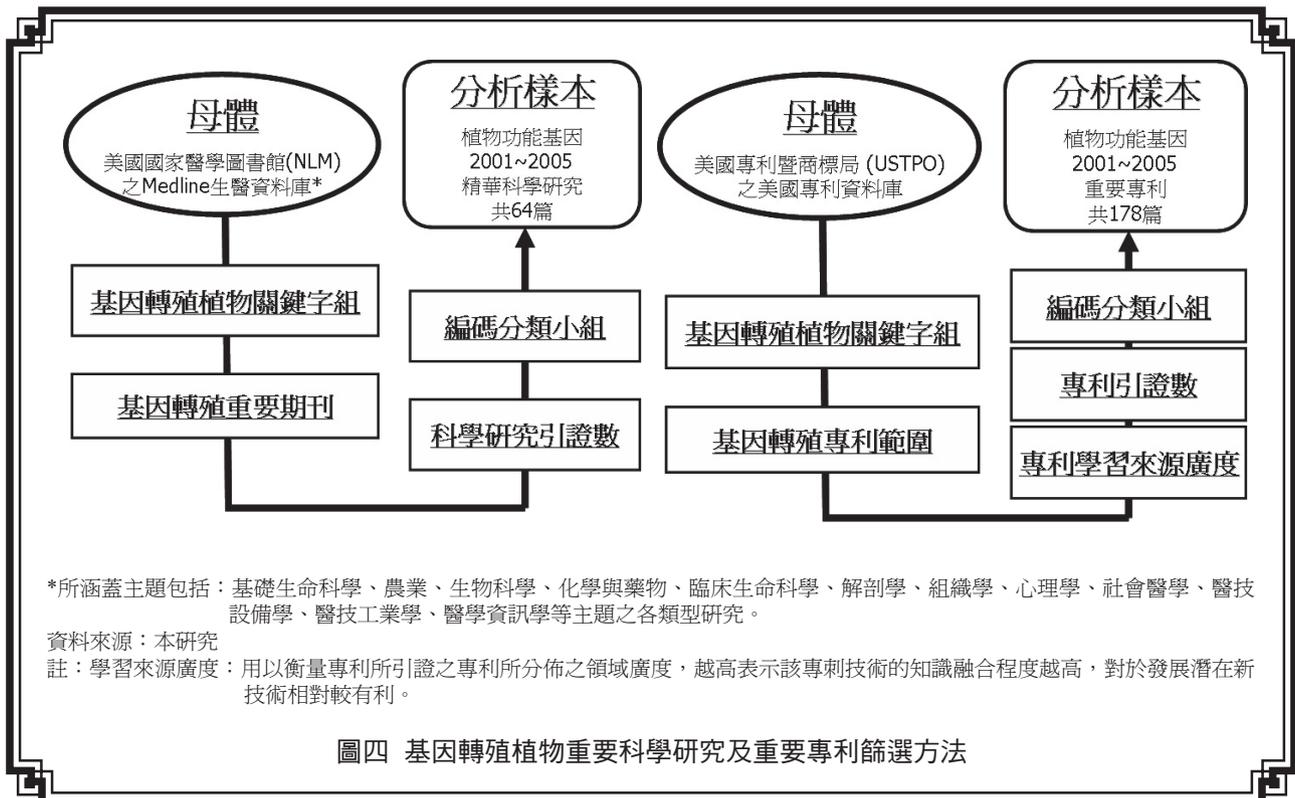
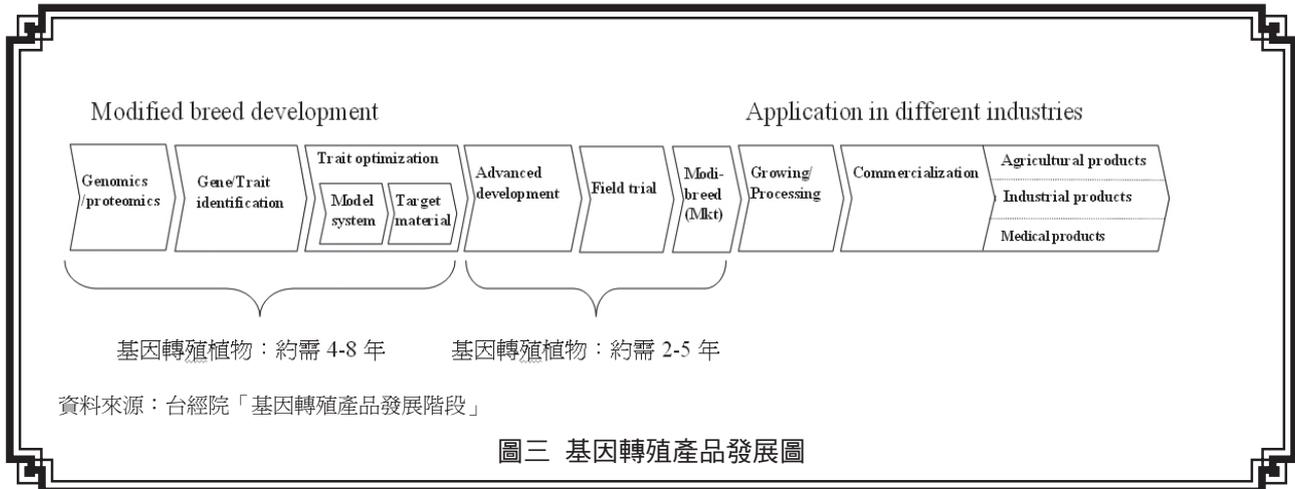
資料來源：OECD；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心整理

二、全球基因轉殖植物研發趨勢

由上述全球基因轉殖植物發展現況可得知，「基因轉殖植物目標性狀」及「基因轉殖應用植物品種」為掌握全球基因轉殖植物發展重要的指

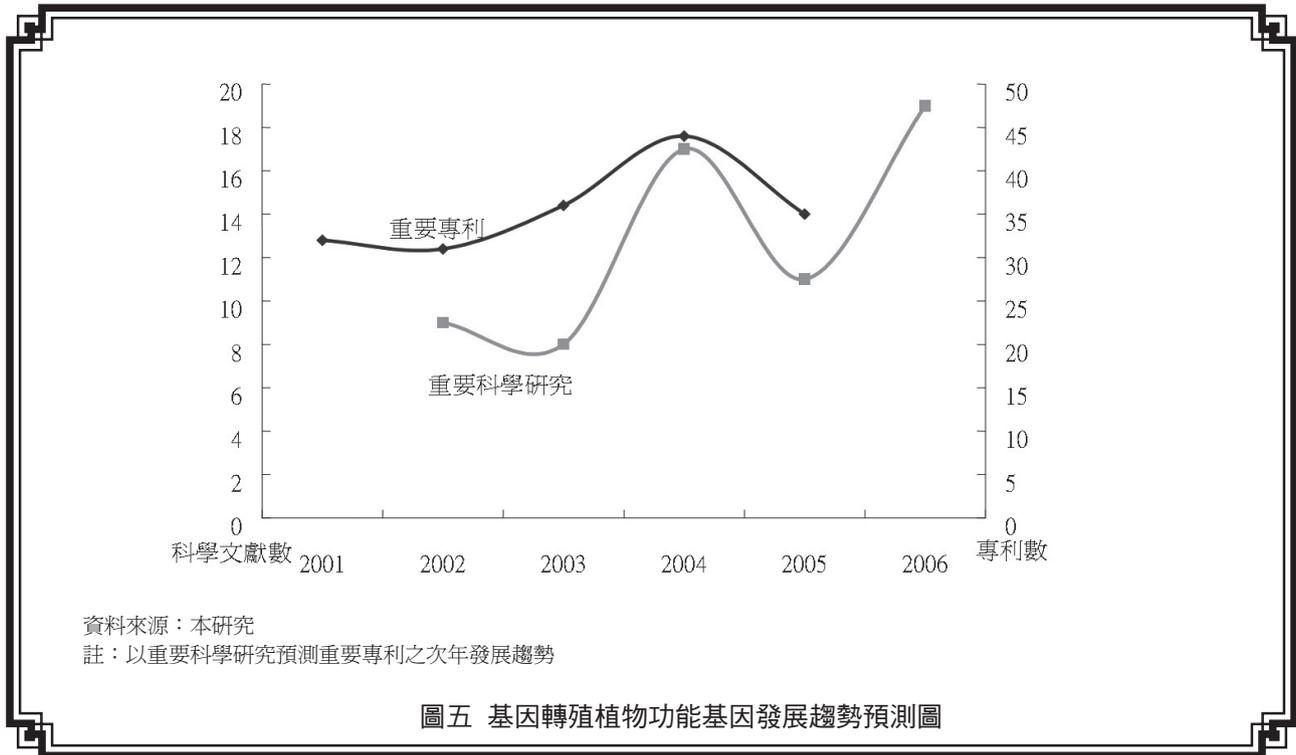
標，本文將由此角度切入基因轉殖植物產品之重要發展程序：科學研究及專利申請，利用文獻分析法描繪未來全球基因轉殖植物發展趨勢。

基因轉殖產品的發展可以圖三表示，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植株的快速大量篩選。而近五年與植物基因轉殖相關功能基因的發展，經過以下篩選方法（圖四），共篩選

出64篇重要科學研究及178篇重要專利。另外，由圖三可知，基因轉殖植物發展至有初步研究成果及專利保護後，距離產品成功上市約需2-5年的時間，因此進行此篩選樣本的分析，將可掌握到2003-2010年的產品發展趨勢。



(一) 年度發展趨勢

筆者觀察1976年至2005年基因轉殖相關科學文獻及專利的發展中曾發現，整體科學文獻領先專利的時間隨著科技的快速發展從3年逐漸縮小到2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1年，也就是說利用該科學文獻可預知未來1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（如圖五），而從產品上市的角度來看，2007年因2005年核准專利量數下滑，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2-5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。

(二) 國家別分析

2001年至2005年重要研究之所屬國家別分析如表二所示，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，未來將具有一定之發展優勢。

專利代表將基因轉殖植物產品化的能力，2001年至2005年重要專利之所屬國家別分析如表三所示，依專利數進行排序，前五名依次為美國、加拿大、法國、日本、德國和英國，與重要研究國家別分析相較，可知法國在基因轉殖領域將逐漸喪失優勢，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

表二 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	2062	32.22

資料來源：本研究

國家。利用引證率可了解各國家所掌握專利之重要程度，在專利數量前六大國中，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，此表示這三個國家正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。

(三) 公司別分析

將基因轉殖植物2001年至2005年重要專利

進行公司別分析，可發現專利數前十名中（如表四），有六家廠商及四家學研單位，基因轉殖植物六大公司除了BASF外，全部都在此十名中，其中以Monsanto及DuPont的表現最為突出，其除了專利數外，引證率及平均學習廣度都具有一定水準。而Syngenta的引證率最高，代表其具有不可小覷之產品化能力。利用平均學習廣度可看出各單位之產品發展策略，最高三名依序為BASF、Large Scale和Dow Chemical，基因轉殖植物六大公司中的BASF和Dow Chemical因為本身為傳統化學品公司，進入基因轉殖作物領域也較晚，為提升市場競爭力，因此需要從其它領域來發展基因轉殖作

表三 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

資料來源：本研究

物，而Large Scale主要業務為發展分子農場，因此也相當需要進行跨領域的整合。

（四）基因轉殖植物之功效分析

將目標轉殖基因進行功效分析發現，如表五所示，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。

（五）內外源基因之應用趨勢

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者進行分析，結果如表六所示，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（如表七），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

表四 重要專利公司別分析

	專利數	專利數名次	引證數	引證率	學習廣度	平均學習廣度
Monsanto	42	1	17	0.40	24.47	0.58
Du Pont	30	2	12	0.40	16.35	0.54
Dow Chemical	11	3	0	0.00	7.01	0.64
Cornell Research Foundation	10	4	2	0.20	5.55	0.55
Syngenta	5	5	4	0.80	2.81	0.56
Bayer	5	6	1	0.20	2.71	0.54
Canada Minister of Agriculture	4	7	1	0.25	1.75	0.44
North Carolina State University	4	8	1	0.25	1.73	0.43
Large Scale	3	9	0	0.00	2.00	0.67
U.S. Department of Agriculture	3	10	0	0.00	1.75	0.58
BASF	1	21	0	0.00	0.68	0.68

資料來源：本研究

註：粗體斜字為全球基因轉殖植物六大公司

表五 重要研究數、重要專利數之功效分析

	重要研究數	重要專利數
基礎研究	53	19
抵抗疾病	4	26
抵抗害蟲		30
抗殺草劑		11
生物性農藥相關		9
生物性肥料相關		
提升產量	1	5
控制成熟	3	3
提升環境抗壓性	7	8
提升所需營養成份	1	14
生產異源成份		28
提升加工效率		1
生物性材料		2
生物能源		1
環保相關		

資料來源：本研究

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，將可避開專利保護以開創新品種及進行專利佈局，累積優勢。

將基因轉殖經濟作物之重要專利展開如表八，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。如表九所示，在經濟作物的15項專利中，有13項屬於美國，2項屬於日本，專利權人中以DuPont擁有8項重要專利，使DuPont成為此類別中最有發展潛力的廠商。

三、結語

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

表六 基因轉殖植物內/外源基因的應用分析1

		轉殖對象	
		植物(科學文獻)	植物(專利)
基因來源	植物	3	39
	動物	1	3
	微生物	2	50
	其它		47

資料來源：本研究
註：灰底為同屬植物來源者

化能力上，皆具相當發展潛力，雖目前仍處於蛻伏階段，但可預期未來在基因轉殖植物領域上將會有所表現。而在此領域的公司中，Monsanto和DuPont仍會主導基因轉殖植物市場的發展，但仍需注意BASF、Large Scale和Dow Chemical利用差異化特色，放大或切割原有的市場。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。

AgBIO

余祁暉 台灣經濟研究院 生物科技產業研究中心
助理研究員

表七 基因轉殖植物內/外源基因的重要專利應用分析

		轉殖對象				
		經濟作物	蔬菜	水果	觀賞植物	其它植物
基因來源	經濟作物	15	1	1		10
	蔬菜		1			2
	水果					1
	觀賞植物					
	其它植物	4	1			7
	人類					1
	畜牧					
	水產					
	寵物/觀賞動物					
	鼠					
	昆蟲	2				
	其它動物					
	微生物	10	2	4		40
	其它	8	2	1	1	38

資料來源：本研究
註：灰底為可能同源者

