

全球基因轉殖作物之 生產與台灣基因改造 食品之管理規範

撰文/潘子明

當農民預期新的技術與使用習慣可以帶來效益時會更願意接受它，所謂效益可能為金錢方面，但有時也可能為容易操作、節省時間、減少化學物質暴露和其他因素等，農民依據偏好、農地特性、產品需求和成本等原因，來選擇所需技術和使用習慣並預期產生最大的效益。根據2001~2003年間美國農業部Agricultural and Resource Management Surveys (ARMS) 的管理結果發現，多數的農民正慢慢採用基改玉米、棉花和大豆等品種，顯示出他們藉害蟲控制而達到增加產量目的。其他採用基改作物的一般原因，包括節省管理時間、使用上更為容易及降低農藥成本，上述這些原因確認了其他研究結果，發現農民預期透過高產量和低成本（勞力、農藥）來增加利潤的想法，是正面影響著農業創新的接受度。

為保護植物不受某些有害物影響，基改農作物相較於非基改混合作物可預防產量損失，特別是受到高度特定蟲害的地區內，而此影響結果在抗蟲 (Bt) 作物特別重要。舉例而言，在1996年Bt玉米商品化之前，歐洲玉米螟蟲只會受到化學殺蟲劑部份控制住，然化學物質的使用並非完全有利且難掌握使用的適時度，使許多農民寧願接受產量的流失勝於金錢支出和化學物質控制的不確定性，對那些農民而言，選擇使用Bt玉米而獲得高

產量是更優於節省農藥。此外，最近上市的Bt玉米具有抗玉米根蟲性徵，在過去多是使用化學殺蟲劑控制的栽種習慣，現在更可節省大量殺蟲劑使用。

許多田間試驗和農地調查針對使用基改作物後影響的產量和成本進行分析，主要的結果大多顯示基改農作物較傳統作物有高產量。一個2002年之研究發現，1997年在東南部棉花產量的增加與接受使用基因轉殖棉花有相關，增加10%的HT基因轉殖棉花種植地可使產量增加1.7%，而增加10%的Bt棉花種植地則可使產量增加2.1%；大豆產量的增加與HT大豆的接受度有統計上的顯著相關性但值卻不高。更多最近的研究則透過2001年調查資料發現，平均而言，Bt玉米比傳統玉米每英畝產量多12.5 蒲式爾 (bushels)，約增加9% (Fernandez-Cornejo and Li, 2005)。

美國農民被發現採用HT大豆與顯著增加農業外家庭收入有關聯，來自農地的家庭收入並不顯著地與採用基改作物有關，但採用者的總農業家庭收入是顯著較高，則發現採用HT大豆農民大部分節省的管理時間是挪用於農業外的工作以增加總收入 (Fernandez-Cornejo and Li, 2005)。

2006 年為基因轉殖作物商業化的第十一個年頭。2006 年一年內種植了 2.5 億英畝，即 1 億 2

百萬公頃的基因轉殖作物，成長速率高達 13%，首次一年內種植超過 1 億公頃的基因轉殖作物。自 1996 年基因轉殖作物開始商業種植以來的 11 年間，其種植面積每年都以兩位數字的速度增長，而種植這種作物的國家也從 6 個增至 22 個。在商業化的第一個十年裏，這種作物的全球種植面積增加了 60 倍。台灣地區基因改造食品之管理已進入第六個年頭，基本上應可謂順利。茲將全球基因轉殖作物之生產與台灣基因改造食品之管理規範分述如下。

一、2006年全世界基因轉殖作物之種植面積

2000年世界人口為60億，預計到2050年將達90億，其中90%集中在亞洲、非洲及拉丁美洲等開發中國家。目前在開發中國家中有8億1500萬人營養不足，13億人陷入貧窮。基因轉殖作物一般被認為可以改善世界食物、飼料及纖維之供應，並提高世界人們之財富。

2006年全世界基因轉殖作物之種植面積達到一新的里程碑，首次在一年期間就足足增加了1千萬多公頃，比起2005年栽種面積增加率高達13%，且約有1030萬個農民從事栽種基因轉殖作物 (Clive James, 2006)。2005年在21個國家約850萬農民共種植了9000萬公頃的基因轉殖作物 (Clive James, 2005)。在2004年有17個國家約825萬農民共種植了8100萬公頃的基因轉殖作物 (Clive James, 2004)；在2003年有18個國家約700萬農民共種植了6770萬公頃的基因轉殖作物 (Clive James, 2003)。從 1996 年到 2006 年，基因轉殖作物的種植面積空前地增加了 60 倍，也就是從170萬公頃增加到 1 億 2 百萬公頃 (表一)。

1996 至2006 年間，發展中國家種植的基因轉殖作物在全球所占的比例一直處於穩步上升的趨勢，2006 年達 4090 萬公頃，比起 2005 年之 3390 萬公頃增加了 21%，比例也由 38% 上升至 40%。

表一 1996 到 2006年全世界基因轉殖作物之種植面積

年 代	百萬公頃	百萬英畝
1996	1.7	4.3
1997	11.0	27.5
1998	27.8	69.5
1999	39.9	98.6
2000	44.2	109.2
2001	52.6	130.0
2002	58.7	145.0
2003	67.7	167.2
2004	81.0	200.0
2005	90.0	220.0
2006	102.0	252.0
總計	576.6	1,425.3

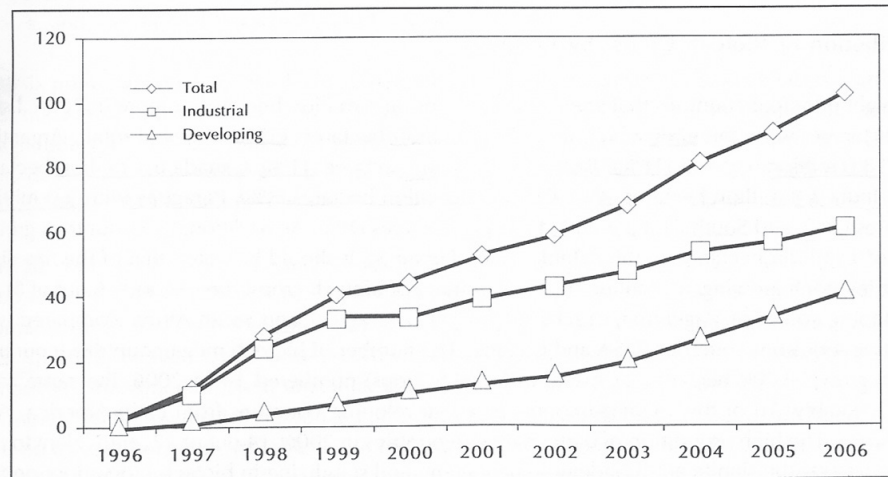
資料來源：Clive James, 2006

2005 至2006 年間，發展中國家的增長速度 (增加了 700 萬公頃，增長率為 21%) 遠高於工業化國家 (增加了 500 萬公頃，增長率為 9%) (圖一)。亞洲之印度與菲律賓、拉丁美洲之烏拉圭與巴西和非洲的南非等發展中國家的成長率大幅增加。這一重大趨勢方興未艾，必將促使基因轉殖作物在全球獲得認可與種植 (Clive James, 2006)。

此高幅度成長顯示不論在開發中國家或已開發工業化國家，農民對基因轉殖作物有極高的接受度。種植基因轉殖作物之國家，從1996年的6個國家，增加到1998年的8國、1999年的12國、2002年的16國、2004年的17國及2005年的21國，2006年新增的1個歐盟國家，即斯洛伐克，目前一共有22個國家。

二、基因轉殖作物種植面積在各國家之分布

前八大主要栽種基因轉殖作物之國家，其中美國占 53% (5460 萬公頃)，阿根廷占 18% (1800 萬公頃)，巴西占 11% (1150 萬公頃)，加拿大占



Source: Clive James, 2006

圖一 1996至2006年世界發展中國家 (△) 及工業化國家 (□) 與加總 (◇) 基因轉殖作物種植面積

6% (610 萬公頃)，印度占 4% (380 萬公頃)，中國大陸約占 3% (350 萬公頃)，巴拉圭及南非各約佔 2% 及 1% (200 萬及 140 萬公頃)。2006 年全球生產基因轉殖作物 22 個國家，於1996 至 2006 年間基因轉殖作物所種植之面積詳列於表二。比較前八大基因轉殖作物生產國 2005 與 2006 年之種植面積，以印度及南非增加百分率最大，分別增加約 192% 及 180% (表三)。至2006 年 22 個種植基因轉殖作物的國家包括 11 個發展中國家和 11 個工業化國家。按種植面積的大小順序排列，它們分別是美國、阿根廷、巴西、加拿大、印度、中國、巴拉圭、南非、烏拉圭、菲律賓、澳洲、羅馬尼亞、墨西哥、西班牙、哥倫比亞、法國、伊朗、宏都拉斯、捷克、葡萄牙、德國和斯洛伐克，其中印度栽種了 380 萬公頃的抗蟲 (Bt) 棉花超越了中國 (350萬公頃) 躍升至第五位；2006 年基因轉殖作物仍主要集中種植於前 8 個國家，每個國家均達 1 百萬公頃以上。

斯洛伐克於 2006 年首次種植 Bt 玉米。這使得歐盟內商業種植 Bt 玉米的國家增加到了 6 個，

即西班牙、德國、葡萄牙、法國、捷克和斯洛伐克，其中西班牙栽種面積於 2006 年更種植了 6 萬公頃，而其餘國家於2006年也增加為五倍，由原本的 1500 公頃增加為 8500 公頃。

自 2005 年伊朗種植了大約 4 千公頃的 Bt 水稻，揭開了伊朗商業種植 Bt 水稻的序幕，並於 2006 年全面商業種植生產 Bt 水稻的種子。伊朗和中國是 Bt 水稻商業化進展最快的兩個國家。水稻是世界上最重要的糧食作物，也是世界上 13 億最貧困民眾，多為自給農民的主要食物。全世界種植水稻的農民高達 2.5 億人。因此，商業種植 Bt 水稻對於擺脫貧困、饑餓和營養不良都具有十分重要的意義。這不僅有利於亞洲的水稻生產和消費國，也有利於所有的基因轉殖作物在全世界範圍內獲得認可。中國已對 Bt 水稻進行了產前試驗，預計將很快批准種植 (Clive James, 2006)。

2006 年美國、阿根廷、巴西、加拿大、印度和中國仍是全球主要的基因轉殖作物種植國。美國種植的 5460 萬公頃基因轉殖作物 (占此類作物全球種植面積的 53%) 中，大約有 28% 為包含

表二 1996 至 2006 年全球各國家基因轉殖作物種植面積

(單位：百萬公頃)

國家	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
美國	1.5	8.1	20.5	28.7	30.3	35.7	39.0	42.8	47.6	49.8	54.6
阿根廷	0.1	1.4	4.3	6.7	10.0	11.8	13.5	13.9	16.2	17.1	18.0
巴西	--	--	--	--	--	--	--	3.0	5.0	9.4	11.5
加拿大	0.1	1.3	2.8	4.0	3.0	3.2	3.5	4.4	5.4	5.8	6.1
印度	--	--	--	--	--	--	<0.1	0.1	0.5	1.3	3.8
中國大陸	--	0.0	<0.1	0.3	0.5	1.5	2.1	2.8	3.7	3.3	3.5
巴拉圭	--	--	--	--	--	--	--	--	1.2	1.8	2.0
南非	--	--	<0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.5	1.4
烏拉圭	--	--	--	--	--	--	--	0.1	0.3	0.3	0.4
菲律賓	--	--	--	--	--	--	--	<0.1	0.1	0.1	0.2
澳洲	<0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2
墨西哥	--	--	--	--	--	--	--	<0.1	0.1	0.1	0.1
羅馬尼亞	--	--	--	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.1	0.1
西班牙	--	--	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.1	0.1
哥倫比亞	--	--	--	--	--	--	--	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
宏都拉斯	--	--	--	--	--	--	--	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
德國	--	--	--	--	--	--	--	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
伊朗	--	--	--	--	--	--	--	--	--	<0.1	<0.1
葡萄牙	--	--	--	--	--	--	--	--	--	<0.1	<0.1
法國	--	--	--	--	--	--	--	--	--	<0.1	<0.1
捷克	--	--	--	--	--	--	--	--	--	<0.1	<0.1
斯洛伐克	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	<0.1

資料來源: Clive James, 2006

2 種或 3 種基因的混合型基因改造產品(Stacked Traits)。混合型基因改造產品將是未來的一個重要發展趨勢。美國、加拿大、澳洲、墨西哥、南非和菲律賓已種植此類作物。

2006 年發展最為迅速的國家是美國，估計其增加值為 480 萬公頃 (2005 年為 220 萬公頃)，其後為印度 (增加 250 萬公頃)、巴西 (增加 210 萬公頃)、阿根廷和南非亦皆增加 90 萬公頃。印度的年度增長比率是最快的，幾乎增長了 2 倍，從 2005 年的 130 萬公頃增加至 2006 年的 380 萬公頃 (表

三)。

三、各類基因轉殖作物之種植面積

表四為 1996-2006 年全球各種基因轉殖作物之種植面積。其中 2006 年耐除草劑大豆種植面積達 5860 萬公頃 (2005 年為 5440 萬公頃，2004 年為 4840 萬公頃)，佔世界基因轉殖作物總種植面積的 57%，此數字比 2005 年高 8%。其次為玉米 (種植面積 2520 萬公頃；2005 年為 2120 萬公頃，2004 年為 1930 萬公頃) 則佔世界基因轉殖作物總種植

表三 2001至2006年全球各主要國之基因轉殖作物種植面積

(單位：百萬公頃)

國家	2001	%	2002	%	2003	%	2004	%	2005	%	2006	%	+/-*	%*
美國	35.7	68	39.0	66	42.8	63	47.6	59	49.8	55	54.6	53	+4.8	+10
阿根廷	11.8	22	13.5	23	13.9	21	16.2	20	17.1	19	18.0	18	+0.9	+5
巴西	--	--	--	--	3.0	4	5.0	6	9.4	0	11.5	11	+2.1	+22
加拿大	3.2	6	3.5	6	4.4	6	5.4	7	5.8	6	6.1	6	+0.3	+5
印度	--	--	<0.1	1	0.1	1	0.5	1	1.3	1	3.8	4	+2.5	+192
中國	1.5	3	2.1	4	2.8	4	3.7	5	3.3	4	3.5	3	+0.2	+6
巴拉圭	--	--	--	--	--	--	1.2	2	1.8	2	2.0	2	+0.2	+11
南非	--	--	--	--	--	--	--	--	0.5	1	1.4	1	+0.9	+180
烏拉圭	--	--	--	--	--	--	--	--	0.3	<1	0.4	<1	+0.1	+33
菲律賓	--	--	--	--	--	--	--	--	0.1	<1	0.2	<1	+0.1	+100
澳洲	--	--	--	--	--	--	--	--	0.3	<1	0.2	<1	-0.1	-33
總計	52.6	100	58.7	100	67.7	99	81.0	100	90.0	97	102.0	100	+12.0	+13

* 2005與2006年之比較

表四 1996 至 2006 年全球各類基因轉殖作物種植面積

(單位：百萬公頃)

作物種類	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
大豆	0.5	5.1	14.5	21.6	25.8	33.3	36.5	41.4	48.4	54.4	58.6
玉米	0.3	3.2	8.3	11.1	10.3	9.8	12.4	15.5	19.3	21.2	25.2
棉花	0.8	1.4	2.5	3.7	5.3	6.8	6.8	7.2	9	9.8	13.4
油菜	0.1	1.2	2.4	3.4	2.8	2.7	3	3.6	4.3	4.6	4.8
苜蓿	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	<0.1
稻米	--	--	--	--	--	--	--	--	--	<0.1	<0.1
南瓜	--	--	0	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	--
木瓜	--	--	0	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	--
馬鈴薯	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	--	--	--	--	--
總計	1.7	11	27.8	39.9	44.2	52.6	58.7	67.7	81	90	102

資料來源: Clive James, 2006

面積的 25%，比2005年高了19% (潘，2006；潘，2005)。棉花種植面積為 1340 萬公頃 (2005年為980萬公頃，2004年為900萬公頃) 則佔世界基因轉殖作物總種植面積的13%。其他油菜種植面積為480萬公頃 (2005年為460萬公頃，2004年為430萬公頃)，佔全世界基因轉殖作物總種植面積的5%。表五則特別將 2001至2006年全球各類基因轉殖作物種植面積變化做較詳細之比較，以 2006 年種植面積與 2005 年者比較，棉花大增37%，其次為玉米 (增加19%)，大豆增加 8%，油菜增加4%。

四、各類特性基因轉殖作物之種植面積

從 1996 至 2006 十一年間，耐除草劑一直是最重要的特性，隨後是抗蟲特性和混合基因。2006 年基因轉殖作物全球種植面積達 1億200 萬公頃，其中耐除草劑的大豆、玉米和油菜占 68% (6990 萬公頃)；抗蟲作物占19% (1900 萬公頃)，混合型基因轉殖作物占 13% (1310 萬公頃)。混合型基因轉殖作物是 2005 至 2006 年間發展最快的，增長率分別達 49%與 30%，另2006年耐除草劑的增長率為 10%，抗蟲性的增長率為 17% (表六及表

七)。

2006年種植最多之作物種類與品系依然為耐除草劑大豆與Bt玉米，前者種植面積達5860萬公頃 (佔全部基因轉殖作物的57%)，共有9個國家種植。後者種植面積達1110萬公頃 (佔全部基因轉殖作物的11%)，共有13個國家種植。同時具耐除草劑與抗蟲特性之玉米維持在第三位，並且由650萬公頃上升至900萬公頃(佔全部基因轉殖作物的9%)，年度成長了38%，主要在美國、加拿大及菲律賓耕種；混合型作物種植面積顯著增加，反映出含多重基因之基因轉殖作物正受到高度重視 (表八)。

五、2006年基因改造大豆、玉米、棉花及油菜各占該類作物總種植面積之百分比

2006年基因改造大豆種植面積為5860萬公頃 (2005年為5440萬公頃，2004年為4140萬公頃) 占世界大豆總種植面積 (9100萬公頃) 的64%，此數字比2005年的60%增加了4%。基因改造玉米種植面積為2520萬公頃，占世界玉米總種植面積 (14800

表五 2001至2006年全球各類基因轉殖作物種植面積

(單位：百萬公頃)

種類	2001	%	2002	%	2003	%	2004	%	2005	%	2006	%	+/-*	%*
大豆	33.3	63	36.5	62	41.4	61	48.4	60	54.4	60	58.6	57	4.2	+8
玉米	9.8	19	12.4	21	15.5	23	19.3	24	21.2	24	25.2	25	4.0	+19
棉花	6.8	13	6.8	12	7.2	11	9	11	9.8	11	13.4	13	3.6	+37
油菜	2.7	5	3	5	3.6	5	4.3	5	4.6	5	4.8	5	0.2	+4
苜蓿	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	<0.1	<1	--	--
稻米	--	--	--	--	--	--	--	--	<0.1	<1	<0.1	<1	--	--
南瓜	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	<1	(--)	--
木瓜	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	<1	(--)	--
總計	52.6	100	58.7	100	67.7	100	81	100	90	100	102	100	+12.0	+13

* 2005與2006年之比較

表六 1996 至2006年全球各種特性基因轉殖作物種植面積

(單位：百萬公頃)

基因轉殖作物特性	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
耐除草劑	0.6	6.9	19.8	28.1	32.7	40.6	44.2	49.7	58.5	63.7	69.9
抗蟲害	1.1	4.0	7.7	8.9	8.3	7.8	10.1	12.2	15.7	16.2	19.0
混合型	--	<0.1	0.3	2.9	3.2	4.2	4.4	5.8	6.8	10.1	13.1
其他	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
總計	1.7	11	27.8	39.9	44.2	52.6	58.7	67.7	81.0	90.0	102.0

資料來源: Clive James, 2006

表七 2001至2006年全球各種特性基因轉殖作物種植面積

(單位：百萬公頃)

作物特性	2001	%	2002	%	2003	%	2004	%	2005	%	2006	%	+/-*	%*
耐除草劑	40.6	77	44.2	75	49.7	73	58.5	72	63.7	71	69.9	68	+6.2	+10
抗蟲害	7.8	15	10.1	17	12.2	18	15.6	19	16.2	18	19.0	19	+2.8	+17
混合型	4.2	8	4.4	8	5.8	9	6.8	8	10.1	11	13.1	13	+3.0	+30
其他	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	--	<0.1	--	<0.1	--	<0.1	<1	<0.1	<1
總計	52.6	100	58.7	100	67.7	100	81.0	100	90.0	100	102.0	100	+12.0	+13

萬公頃) 的 17%。基因改造棉花種植面積為1340萬公頃占世界棉花總種植面積 (3500萬公頃) 的 38%。油菜種植面積為480萬公頃，則占世界油菜總種植面積 (2700萬公頃) 的18% (表九)。

六、基因轉殖作物之貢獻

2006 年Stern Report重要的議題，即二氧化碳

所帶來嚴重的全球溫室效應與氣候變遷，種植基因轉殖作物已被認為將能以三種方式降低大氣中二氧化碳之濃度，第一，固定性地節省石化燃料的使用加上減少殺蟲劑與除草劑之噴灑，2005年估計已減少了 962 百萬公斤二氧化碳的排放量，相當於 43 萬輛汽車二氧化碳年度排放量。其次為自然保護耕種方式，於2005年種植耐除草劑

表八 1996 至2006年全球各種特性基因轉殖作物種植面積

(單位：百萬公頃)

作物特性種類	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
耐除草劑大豆	0.5	5.1	15	21.6	25.8	33.3	36.5	41.4	48.4	54.4	58.6
抗蟲害(Bt)玉米	0.3	3.0	7	7.5	6.8	5.9	7.7	9.1	11.2	11.3	11.1
耐除草劑及抗蟲害玉米	--	--	--	2.1	1.4	2.5	2.2	3.2	3.8	6.5	9.0
抗蟲害棉花	0.8	1.1	1	1.3	1.5	2.1	2.4	3.1	4.5	4.9	8.0
耐除草劑油菜	0.1	1.2	2	3.5	2.8	2.7	3.0	3.6	4.3	4.6	4.8
耐除草劑及抗蟲害棉花	0.0	<0.1	--	0.8	1.7	1.9	2.2	2.6	3.0	3.6	4.1
耐除草劑玉米	0.0	0.2	2	1.5	2.1	2.4	2.5	3.2	4.3	3.4	5.0
耐除草劑棉花	<0.1	0.4	--	1.6	2.1	1.8	2.2	1.5	1.5	1.3	1.4
耐除草劑苜蓿	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	<0.1
抗蟲害(Bt)稻米	--	--	--	--	--	--	--	--	--	<0.1	<0.1
總計	1.7	11	27.8	39.9	44.2	52.6	58.7	67.7	81.0	90.0	102.0

資料來源: Clive James, 2006

表九 2006年全球各類基因轉殖作物種植面積及其佔該類作物之百分比

(單位：百萬公頃)

作物種類	全球總種植面積*	基因轉殖作物種植面積	基因轉殖作物種植面積%
大豆	91	58.6	64
棉花	35	13.4	38
油菜	27	4.8	18
玉米	148	25.2	17
總計	301	102	34

資料來源: Clive James, 2006

*FAO 2005 hectarage

之飼料作物與纖維作物，腐化後由土壤接收之碳源高達 80 億 5 千 3 百萬公斤之二氧化碳，相當於移除路上360萬輛車子。最後在未來基於生物技術開發之能源作物，發展與生產酒精能源與生物性

燃料，另一方面取代石化燃料將重新接收大氣中的二氧化碳。近來研究指出，生物性燃料將會補償65%能源之消耗，基於生物技術開發之能源作物也將在未來大量被栽種，對於氣候變遷之貢獻也

將愈顯著。

自 1996 年至 2006 年，22 個國家種植基因轉殖作物的農民約為 1030 萬人，值得注意的是，90% 的受益農民是發展中國家的貧農，基因轉殖作物所增加的收入有助於他們擺脫貧困。基因轉殖作物對於在 2015 年實現貧困人口下降 50% 的發展目標的初期貢獻雖然不大，但是在 2006 至 2015 年基因轉殖作物商業化的第二個十年間，這一重要進展具有廣闊的發展前景。基因轉殖作物的持續、快速發展反映出，無論是發達國家還是發展中國家的大小農戶、消費者和社會，此類作物在產量、環境、經濟和社會等方面的效益都得到了明顯改善。

在 1996 至 2006 年間，基因轉殖作物全球累計種植面積為 5.77 億公頃，幾乎相當於美國或中國陸地面積的 1/2 以上，是英國陸地面積的 24 倍 (Clive James, 2006)；最近具基因轉殖作物的全球影響力的一項調查估計，2015 年基因轉殖作物種植面積將達到 2 億公頃，2 千萬名農民投入栽種，以及種植之國家數目將可能高達 40 個或者更多。而 2006 年全球淨收益已達到 61 億美元，1996 至 2006 年間的累計淨收益近乎 400 億美元。

基因轉殖作物的強勁增長趨勢將在商業化的第二個十年間 (2006-2015) 繼續保持，甚至可能會有所提高。隨著第一代基因轉殖作物的廣泛種植以及第二代作物對輸入和輸出特性的逐漸應用，種植當前 4 種主要基因轉殖作物的國家預計將會有所增加，此類作物的全球種植面積以及耕種人數也會不斷增長。除了食品、飼料和纖維等傳統農業產品以外，全新的農業產品將不斷湧現，包括藥品、口服疫苗、特殊和精細化工產品等。同時，可再生的作物資源將取代不可再生、日益昂貴的污染性化石燃料。與第一個十年一樣，作物的良好耕種尤為重要，特別是發展中國家，必須繼續執行認真、負責的農業實踐，因為他們將是未來 10 年中主要的基因轉殖作物種植國。

七、基因轉殖作物的全球市場價值

2006 年，依據 Cropnosis 估算，基因轉殖作物的全球市場價值為 61.51 億美元，相當於 2006 年全球作物保護市場 (385 億美元) 的 16%，以及全球商業種子市場 (300 億美元) 的 21%。價值 61.51 億美元的基因轉殖作物市場包括 26.8 億美元的 Bt 大豆 (占基因轉殖作物全球市場的 44%)、23.9 億美元的 Bt 玉米 (39%)、8.7 億美元的 Bt 棉花 (14%) 以及 2.1 億美元的 Bt 油菜 (3%)。基因轉殖作物全球市場價值是根據 Bt 種子銷售價加上所有適用技術之費用進行計算的。自 1996 年基因轉殖作物的首次商業種植以來，11 年間累計的全球市場價值約為 355 億美元。2007 年預計將超過 68 億美元 (Clive James, 2006)。

八、台灣基因改造食品之人體食用安全及管理監測

(一) 食品衛生管理法

「食品衛生管理法」於 64 年 1 月 28 日公布，經 72 年、86 年、89 年及 91 年陸續修訂，目前依據該法第十四條於 90 年 2 月 22 日公告「基因改造之黃豆及玉米」應向衛生署辦理查驗登記；並依據該法第十七條公告以基因改造之黃豆及玉米為原料之食品標示事宜。

配合擴大全面辦理基因改造食品查驗登記，增修「基因改造食品安全性評估方法」指針，以與國際規範調合。

「基因改造食品安全性評估方法」已完成第一次修訂，委託食品工業發展研究所擬定之新評估辦法業已完稿。衛生署將以之為藍本繼續進行修訂，以因應國際規範之最新發展。

(二) 基因改造食品查驗登記與標示

本項業務主辦單位為衛生署食品衛生處。於 90 年 2 月 22 日公告「基因改造之黃豆及玉米」應向衛生署辦理查驗登記。同日公告以基因改造黃豆

及基因改造玉米為原料之食品標示事宜及基因改造食品申請查驗登記作業流程。

92年11月7日公告基因改造食品辦理全面查驗登記草案，預告增列基因改造木瓜、基因改造馬鈴薯、基因改造蕃茄及基因改造稻米及其他未特別指定之基因改造食品應向衛生署辦理查驗登記。因增列食品查驗登記項目，範圍及於所有基因改造食品項目，各單位意見不一致，尚需整合，故仍未公告。

修訂「基因改造食品安全性評估方法」：依據聯合國食品標準委員會92年7月新公布基因改造食品國際規範，參酌世界衛生組織及各國採取措施研究辦理。目前已完成第一次修訂，委託食品工業發展研究所擬定之新評估辦法業已完稿。衛生署將以之為藍本繼續進行修訂，以因應國際規範之最新發展。

至95年底，歷經24次審查會議，完成基因改造食品申請查驗登記案計14件。

(三) 基因改造食品風險溝通

衛生署食品衛生處於90年5月1日推動行政透明化及民眾宣導，「基因改造食品網頁」正式上線；92年1月1日申請農業生物技術國家型科技計畫，改善「基因改造食品網頁」，加強民眾宣導風險溝通計畫。

89年及91年委託蓋洛普民意調查計畫以做為國內施政參考，並做為我國執行風險管理現況之國際宣導基本指標。

加強國際交流：92年完成第12屆台美農產品檢驗檢疫技術工作小組諮商會議、第8屆台澳經濟諮商會議、第15屆台歐盟諮商會議、WTO食品安全檢驗與動植物防疫檢疫措施(SPS)協定第27次會議、第4屆台美貿易暨投資架構協定會議、第7屆APEC農業生物技術安全技術合作與資訊交換研討會等，促進雙邊具體合作關係方面並應韓國食品藥物管理廳(KFDA)邀訪，並請韓國農林部來華互訪，交換兩國基因改造食品管理法規建置以及食

品標示等相關措施實施情形，以積極參與韓方推動東亞區域性基因改造食品國際規範調合計畫。

下列為後續擬進行之工作：(1) 建立基因改造食品過敏性評估決策樹評估模式：參酌世界衛生組織專家諮商會議專題研討，研擬我國政策立場、對應評估模式及建立關鍵評估技術內結構。(2) 建立前瞻性安全性評估模式：針對國外及國產第二代及第三代工業原料及醫藥使用為目的之基因改造食品，建立安全性評估模式、關鍵評估技術內結構及跨部會管理機制。(3) 建立市場監測管理機制：依據聯合國食品標準委員會頒布風險管理規範，規劃審查許可之基因改造食品上市後食品安全監測計畫，以及未經許可(含非刻意流出)之基因改造產品之食品安全監測計畫。此部分衛生署藥物食品檢驗局每年均訂定監測計畫，針對市售含基因改造成分之食品，以及未經許可(含非刻意流出)之基因改造產品持續進行監測，以避免未經核准之產品流入市面，並保障消費者的權益。(4) 基因改造食品標示政策研究：包含食品衛生管理法第十七條規定以外之散裝食品及農產品(含蔬果)標示可行性研究，免標示項目檢討，穀類為原料之食品標示容許量檢討，穀類以外為原料之食品標示容許量訂定。容許量定量參考基準指針及文件追蹤管理(traceability)制度研究，聯合國食品標準委員會及各國標示規範與執行政策研究，WTO/TBT基因改造食品標示議題追蹤研究。(5) 基因改造活生物體食品管理辦法：參酌生物安全議定書國際規範，研擬跨部會管理協調機制。(6) 持續辦理民意調查：我國對新興基因改造食品管理政策參考，及國內與國際宣導基本資料。此部分93年已進行線上民意調查，針對網友對國內基因改造食品之概念及管理工作的了解進行調查。調查結果顯示：有92% 受調查者曾經聽過基因改造食品，70% 受調查者瞭解什麼是基因改造食品，95.1% 受調查者覺得政府應研發基因改造食品之檢驗方法，並且進行市場監測工作，以保障消費者

的權益。此一調查之抽樣係以上網族群為對象，然而由結果尚能發現大部分民眾對基因改造食品之管理已有足夠的認知。(7) 辦理基因改造食品風險溝通計畫：加強民眾宣導、業者輔導與產官學研溝通，以及行政程序透明化。(8) 國際合作：持續辦理APEC及WTO多邊國際業務，加強雙邊、複邊、區域性國際合作交流，促進各國標準、技術規定及符合性評估程序之國際調合，相互承認，以協助國產基因改造食品產業國際化。

(四) 基因改造食品之檢驗

行政院衛生署藥物食品檢驗局(簡稱藥檢局)配合基因改造食品標示制度之施行，自90年度開始執行衛生署中綱科技計畫，另外，自91年度開始亦執行農業生物技術國家型科技計畫，二者計畫皆以建立基因改造食品之檢驗系統為目標。截至目前，執行情形簡述如下。

1. 建立與公開檢驗方法

藥檢局自90年起致力於基因改造食品檢驗方法之開發，累計共建立基因改造大豆、玉米、木瓜、蕃茄及馬鈴薯等共22品項具構造特異性(construct-specific)之定性及基因改造大豆與玉米共11品項具構造特異性之定量檢驗方法(潘，2005)，以及基因改造大豆、玉米與木瓜共7品項之具轉殖品項特異性(event-specific)檢驗方法。公開13篇定性與9篇定量基因改造食品參考檢驗方法於衛生署基因改造食品網站<http://gmo.doh.gov.tw/>。

2. 評估、測試與推展檢驗方法

(1) 檢驗方法實驗室間共同試驗(collaborative study)

藥檢局為測試及評估自行研發檢驗方法之準確性，分別於92及93年舉辦國內首創之基因改造大豆及玉米檢驗方法實驗室間共同試驗。測試方法為藥檢局自行研發之針對八種基因改造玉米(Event176、Bt11、MON810、T25、GA21、NK603、TC1507及MON863)與一種基因改造大豆(GTS 40-3-2)之檢驗方法，包括定性與定量。試驗

項目含儀器精度測試、殖入基因與內生性基因比值的內標比測試及不同濃度樣品之盲樣測試等三階段。測試之即時PCR機型有ABI PRISM 7700、ABI PRISM 7000及Roche LightCycler三種儀器。92及93年分別計有國內8間及16間實驗室參加，包括台灣大學、經濟部標準檢驗局、食品工業發展研究所等單位。同時，藥檢局亦參加日本「農林水產省獨立行政法人食品總和研究所」舉辦之基因改造大豆及玉米定量檢驗方法實驗室間共同試驗(潘，2004；潘，2003)。

(2) 檢驗方法精準度測試

藥檢局自90年度起持續開發基因改造食品檢驗方法，為測試與評估自行研發檢驗方法之準確性與實驗室之能力，於91年5月開始參加由美國農業部GIPSA (Grain Inspection Packers and Stockyards Administration)舉辦之國際性基因改造大豆及玉米檢驗方法精準度測試。91及92年度分別參加3次定性及3次定量檢驗測試，測試品項包括大豆1種及玉米7種。93及94年度則分別參加3次及2次定量檢驗測試，包括大豆1種及玉米9種轉殖品項。累計共11次之測試結果皆獲優良成績，充分肯定本方法之適用性與實驗室之能力，該結果並公佈於GIPSA網站<http://www.usda.gov/gipsa/biotech/>，目前藥檢局仍持續參加該項計畫。

3. 基因改造食品市場或港口調查

藥檢局自91年起分別執行市售基因改造產品，包括大豆、玉米、木瓜、蕃茄、馬鈴薯及其加工產品等之調查，該調查結果皆陸續公開於衛生署基因改造食品網站。

(1) 比較歷年基因改造食品之市場調查結果，發現94年不符合規定之產品已大幅下降，由93年之14%下降為94年之2%。顯示經衛生機關之積極合作，加強對業者稽查與輔導，大多數業者已遵守衛生署規定，正確標示基因改造食品。

(2) 國內出現標示為「基因改造」之產品明顯增

多。

- (3) 應標示而未標示之產品皆為大豆類產品。
- (4) 未自願標示之罐頭及冷凍玉米粒產品皆能符合規定。
- (5) 歷年基因改造食品標示常見問題為
 - (i) 標示錯誤，(ii) 標示誤導，(iii) 應標示而未標示，(iv) 標示文字不完全正確。

另為配合行政管理需求，實際瞭解從美國輸入台灣之進口玉米原料含基因改造玉米狀況，藥檢局自92年起亦執行進口玉米之港口監測調查。94年10月至12月間針對進口之裝載玉米貨輪進行採樣調查，抽驗十船裝載進口玉米貨輪之玉米粒檢體，共計30件檢體。證實自美國輸入台灣之玉米原料可檢出14種轉殖品項基因改造玉米，其中以MON810品項為主，NK603品項次之，已停產之轉殖品項Event176仍可檢出，新量產品項MON863及TC1507已逐漸增加，同時亦發現進口玉米原料可檢出混合型轉殖品項基因改造玉米，而且反應出美國種植混合型基因改造玉米有增加趨勢。

4. 辦理基因改造食品之查驗登記檢驗：累計已辦理基因改造大豆及玉米共15種品項之查驗登記鑑別檢驗。

5. 基因改造食品—平面出版品與網站建置及管理：建置衛生署基因改造食品網站<http://gmo.doh.gov.tw/>及發行平面出版品五款，以加強宣導及教育民眾。

6. 專利申請一件「玉米檢測用之參考質體及方法」。

7. 研討會或其他：89至94年間辦理「基因改造食品之檢驗與管理研討會」、「基因改造食品標示與管理說明會」、「檢驗方法實驗室間共同試驗說明會與研習會」及參加展覽活動等，共計12次。

(五) 基因改造食品之安全性評估

94年新增基因改造食品之安全性評估計畫，由農業生技國家型科技計畫辦公室主辦。衛生署

補助經費，首期計畫包含青花菜及植酸酶稻米兩項國產基因改造產品獲得補助，進行食用安全性評估試驗。目前已有台灣大學、中興大學、弘光科技大學與亞洲蔬菜中心等單位正執行相關研究。

九、結論

國內市面上沒有自行生產的基因改造食品，都是國外進口而來，以玉米及大豆為主。衛生署於2001年由國內各學會推薦學者專家組成基因改造食品審議委員會，對廠商提出之基因改造食品進行審查。至2006年底為止共接受1件大豆17件玉米之審查申請，通過14件基因改造食品(1件大豆13件玉米)之申請，准許其在國內流通、販賣、加工等。所以國內對基因改造食品的把關十分嚴謹。

以美國於1996年即已通過審查的耐嘉磷賽除草劑黃豆(Roundup Ready Soybean, RRS)為例，在國內提出申請時，即因未提供抗塵蟎過敏之資料，審查了八個月才通過。孟山都公司向台灣申請許可時只附原向美國申請資料之抗花粉過敏資料，審查委員認為國內主要過敏症為塵蟎過敏而非美國的花粉過敏，乃要求補做不會引起塵蟎過敏之實驗。雖然當時已有16個國家許可RRS黃豆，審查委員仍以國內之特殊狀況，要求針對國內最重要過敏症提出安全無虞之證據後才給予許可。

由以上實例可以證實，這些核准進口基因改造食品都經過基因改造食品審議委員會嚴密的評估，確認食用安全。在嚴格的把關之下，民眾大可放心地食用這些原料加工過的食物。 **AgBIO**

潘子明 國立台灣大學 生命科學院微生物與生化學研究所
教授兼所長
行政院衛生署 基因改造食品審議委員會主任委員

參考文獻

1. 潘子明 2005年全球生物技術作物之種植現況 生物產業 2006 第17卷 54-61 頁
2. 潘子明 全球基因改造作物之種植現況安全評估與檢驗 生物產業 2005 第16卷 142-162 頁
3. 潘子明 2003年全球基因改造作物之發展 生物產業 2004 第15卷 37-50 頁
4. 潘子明 2002年全球基因改造作物之發展 生物產業 2003 第14卷 44-51 頁
5. Clive James, Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2006. ISAAA.
6. Clive James, Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2005. ISAAA.
7. Clive James, Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2004. ISAAA.
8. Clive James, Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2003. ISAAA.
9. Fernandez-Cornejo, J., & Caswell, M. (2005) The First Decade of Genetically Engineered Crops in the United States. USDA.

