

美國基因改造作物的發展現況分析

陳雅琴

摘要：1996 年基因改造作物開始在美國商品化上市，此後，美國農民作物生產採用基因改造品種的比例即呈現直線上升的趨勢。目前美國最廣泛採用的基因改造作物品種為具有抗除草劑(Ht)基因的棉花與大豆，其次為具有抗蟲(Bt)基因的棉花與玉米。美國農業部(USDA)國家農業統計服務局(National Agricultural Statistics Service, NASS)，在 2000 年、2001 年、2002 年、2003 年、至 2004 年，針對美國農民，隨機抽樣調查其所種植的棉花、大豆、與高地棉種子是否透過生物科技而具有抗除草劑或抗蟲害的轉殖基因。調查結果顯示，自 1996 年至 2004 年為止，美國種植基因改造作物的比例呈現持續成長的趨勢，而農民採用抗除草劑(Ht)品種的比例則是遠高於採用抗蟲(Bt)作物品種的比例。

在大豆生產方面，美國基因改造大豆生產面積占大豆總生產面積的比例從 2003 年的 81%增加為 2004 年的 85%；其中，南達科塔州所生產的大豆有 95%為基因改造品種。在棉花生產方面，2004 年，基因改造棉花占棉花總生產面積的比例由從 2003 年的 73%增加為 2004 年的 76%，其中在密西西比州所生產的棉花有 97%為基因改造品種。在玉米生產方面，2004 年，Ht 玉米占玉米總耕地面積的比例為 18%，Bt 玉米占玉米總生產面積的比例平均為 32%。綜合來看，近幾年來，美國生產基因改造大豆、棉花、玉米等作物的比例一直呈現持續成長的現象。在此同時，全球許多國家生產基因改造作物的比例也同樣呈現大幅成長的趨勢，目前全球已有高達 167 百萬英畝的農地面積生產基因改造作物，其中又以大豆的基因改造比例最高且成長最快。儘管基因改造作物在歐盟仍有許多爭議，但從美國以及全球的角度來看，基因改造作物具有審慎樂觀的前景；預估 2004 年至未來的五年，全球基因改造作物的生產面積將持續成長達到 247 百萬英畝，從事生產的農民將達到 10 百萬人，而生產基改作物的國家數目也將增加為 25 個以上。

關鍵詞：基因改造(genetically engineered)；抗除草劑(Herbicide-tolerant, Ht)；抗蟲(Insect-resistant)；抗蟲蘇力菌(*Bacillus thuringiensis*, Bt)；國家農業統計服務局(National Agricultural Statistics Service, NASS)；混和型基因改造品種(Stacked gene varieties)

一、前言

自 1996 年以來，美國農民開始廣泛採用基因改造(genetically engineered, GE)

作物，儘管如此，消費者對基因改造作物的接受度以及基因改造作物對經濟與環境的衝擊仍有很大的不確定性。目前美國最廣泛採用的基因改造作物品種為具有抗除草劑基因的棉花與大豆，其次為具有抗蟲基因的棉花與玉米。本文將深入探討美國自 1996 年基因改造作物開始商品化上市以來，其發展狀況與趨勢，並進一步比較目前世界各國生產基因改造作物的進展現況。

二、歷年美國基因改造作物的調查資料

美國主要的基因改造作物品種包括大豆、玉米、棉花等，自 1996 年起開始商品化上市。此後，美國農民作物生產採用基因改造品種的比例即呈現直線上升的趨勢，包括 2004 年的情況也是如此。目前美國最常見的基因改造作物品種包括具有抗除草劑基因與具有抗蟲基因的棉花、大豆、與玉米。所謂抗除草劑基因作物(Herbicide-tolerant, Ht)乃是在農民施作除草劑以摧毀某些雜草的情況下，仍可存活的基因轉殖作物品種。由於雜草是種植大豆、玉米、棉花時相當普遍的有害植物，因此，近年來，在生產這些作物時，有 90%的生產面積均有施作除草劑。先前農民施作除草劑時，可能會將部分作物與雜草一併剷除，而帶有 HT(抗除草劑)之轉殖基因的作物品種則可以在除草劑的施作下繼續存活。因此，此種基因改造作物品種對農民而言，可說是控制雜草相當有用的一種新利器。至於抗蟲害(Insect-resistant)基因作物則是含有一種來自土壤的桿菌——蘇力菌(*Bacillus thuringiensis*, Bt)，由於蘇力菌含有殺蟲毒蛋白結晶，可對特定的病蟲害產生抑制作用。

為了瞭解農民種植基因改造作物的狀況，美國農業部(USDA)國家農業統計服務局(National Agricultural Statistics Service, NASS)，在 2000 年、2001 年、2002 年、2003 年、至 2004 年，針對美國農民，隨機抽樣調查其所種植的棉花、大豆、與高地棉種子是否透過生物科技而具有抗除草劑或抗蟲害的轉殖基因。根據調查資料，自 1996 年以來，具有抗除草劑與抗蟲害之轉殖基因的大豆、棉花、與玉米占其總生產面積比例的變化趨勢如圖 1 所示。而 2000 年至 2004 年美國各州採用基因改造品種之大豆、棉花、玉米占其總生產面積的比例，統計結果如表 1、表 2、表 3 所示。

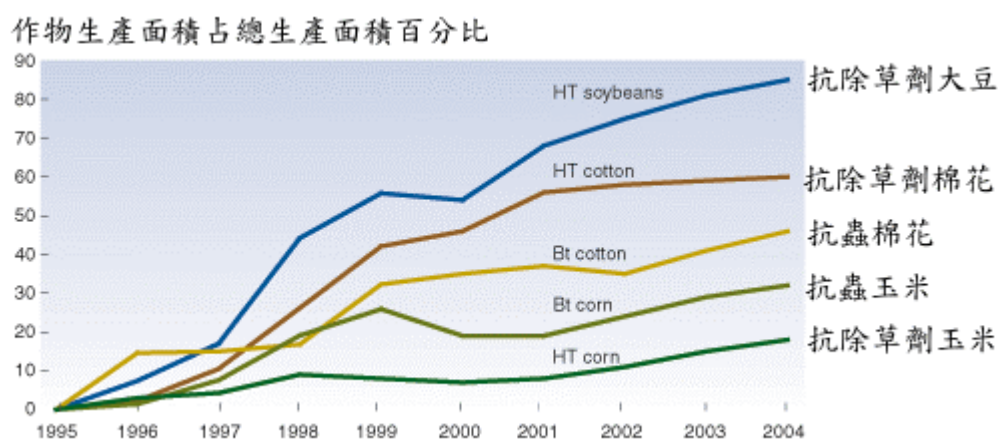


圖 1：歷年美國基因改造作物生產面積占總生產面積的比例變化趨勢

表 1 美國各州基因改造大豆品種占大豆總生產面積的比例

	抗除草劑(HT)大豆					所有基因改造大豆品種				
	2000	2001	2002	2003	2004	2000	2001	2002	2003	2004
州名	基因改造大豆占大豆總生產面積的百分比									
阿肯色州	43	60	68	84	92	43	60	68	84	92
伊利諾州	44	64	71	77	81	44	64	71	77	81
印第安那	63	78	83	88	87	63	78	83	88	87
愛荷華州	59	73	75	84	89	59	73	75	84	89
堪薩斯州	66	80	83	87	87	66	80	83	87	87
密西根州	50	59	72	73	75	50	59	72	73	75
明尼蘇達	46	63	71	79	82	46	63	71	79	82
密西西比	48	63	80	89	93	48	63	80	89	93
密蘇里州	62	69	72	83	87	62	69	72	83	87
內布拉斯	72	76	85	86	92	72	76	85	86	92
北達科塔	22	49	61	74	82	22	49	61	74	82
俄亥俄州	48	64	73	74	76	48	64	73	74	76
南達科塔	68	80	89	91	95	68	80	89	84	95
威斯康辛	51	63	78	84	82	51	63	78	84	82
其他州	54	64	70	76	82	54	64	70	76	82
全美總計	54	68	75	81	85	54	68	75	81	85

資料來源：2000-2001，美國農業部，國家農業統計服務局，種植面積，2001年6月29日。

2001-2002，美國農業部，國家農業統計服務局，種植面積，2002年6月28日。2002-2003，美國農業部，國家農業統計服務局，種植面積，2003年6月30日。2003-2004，美國農業部，國家農業統計服務局，種植面積，2004年6月30日。

表 2. 美國各州基因改造高地棉品種占高地棉總生產面積的比例

	抗除草劑(HT)高地棉					抗蟲(Bt)高地棉				
	2000	2001	2002	2003	2004	2000	2001	2002	2003	2004
州名	基因改造高地棉占高地棉總生產面積的百分比									
阿肯色州	23	29	37	25	15	33	21	27	24	34
加州	17	27	26	27	39	3	11	6	9	6
喬治亞州	32	43	55	32	23	18	13	8	14	13
路易斯安那	13	14	9	15	7	37	30	27	30	26
密西西比	13	15	22	16	23	29	10	19	15	16
北卡羅萊	29	37	27	29	27	11	9	14	16	18
德州	33	35	40	39	40	7	8	7	8	10
其他州	21	33	35	32	24	17	18	19	18	22
全美總計	26	32	36	32	30	15	13	13	14	16
	混和型基因改造高地棉					所有基因改造高地棉品種				
	2000	2001	2002	2003	2004	2000	2001	2002	2003	2004
州名	基因改造高地棉占高地棉總生產面積的百分比									
阿肯色州	14	28	26	46	45	70	78	90	95	94
加州	4	2	1	3	7	24	40	33	39	52
喬治亞州	32	29	30	47	58	82	85	93	93	94
路易斯安那	30	47	49	46	60	80	91	85	91	93
密西西比	36	61	47	61	58	78	86	88	92	97
北卡羅萊	36	38	45	48	46	76	84	86	93	91
德州	6	6	4	6	8	46	49	51	52	58
其他州	36	33	32	38	45	74	84	86	88	91
全美總計	20	24	22	27	30	61	69	71	73	76

資料來源：2000-2001，美國農業部，國家農業統計服務局，種植面積，2001年6月29日。
2001-2002，美國農業部，國家農業統計服務局，種植面積，2002年6月28日。2002-2003，美國農業部，國家農業統計服務局，種植面積，2003年6月30日。2003-2004，美國農業部，國家農業統計服務局，種植面積，2004年6月30日。

表 3. 美國各州基因改造玉米品種占玉米總種植面積的比例

	抗除草劑(HT)玉米					抗蟲(Bt)玉米				
	2000	2001	2002	2003	2004	2000	2001	2002	2003	2004
州名	基因改造玉米品種占玉米總種植面積的百分比									
伊利諾州	3	3	3	4	5	13	12	18	23	26
印第安那	4	6	6	7	8	7	6	7	8	11
愛荷華州	5	6	7	8	10	23	25	31	33	36
堪薩斯州	7	11	15	17	24	25	26	25	25	25
密西根州	4	7	8	14	14	8	8	12	18	15
明尼蘇達	7	7	11	15	17	28	25	29	31	35
密蘇里州	6	8	6	9	13	20	23	27	32	32
內布拉斯	8	8	9	11	13	24	24	34	36	41
俄亥俄州	3	4	3	3	4	6	7	6	6	8
南達科塔	11	14	23	24	30	35	30	33	34	28
威斯康辛	4	6	9	9	14	13	11	15	21	22
其他州	6	8	12	17	21	10	11	14	17	19
全美總計	6	7	9	11	13	18	18	22	25	27
	混和型基因改造玉米					所有基因改造玉米品種				
	2000	2001	2002	2003	2004	2000	2001	2002	2003	2004
州名	基因改造玉米品種占玉米總種植面積的百分比									
伊利諾州	1	1	1	1	2	17	16	22	28	33
印第安那	*	*	*	1	2	11	12	13	16	21
愛荷華州	2	1	3	4	8	30	32	41	45	54
堪薩斯州	1	1	2	5	5	33	38	43	47	54
密西根州	*	2	2	3	4	12	17	22	35	33
明尼蘇達	2	4	4	7	11	37	36	44	53	63
密蘇里州	2	1	2	1	4	28	32	34	42	49
內布拉斯	2	2	4	5	6	34	34	46	52	60
俄亥俄州	*	*	*	*	1	9	11	9	9	13
南達科塔	2	3	10	17	21	48	47	66	75	79
威斯康辛	1	1	2	2	2	18	18	26	32	38
其他州	1	1	2	2	6	17	20	27	36	46
全美總計	1	1	2	4	5	25	26	34	40	45

*表示基因改造作物占總生產面積的比例未達 1%。

資料來源：2000-2001，美國農業部，國家農業統計服務局，生產面積，2001 年 6 月 29 日。
2001-2002，美國農業部，國家農業統計服務局，生產面積，2002 年 6 月 28 日。2002-2003，美國農業部，國家農業統計服務局，生產面積，2003 年 6 月 30 日。2003-2004，美國農業部，國家農業統計服務局，生產面積，2004 年 6 月 30 日。

三、美國基因改造作物的發展現況分析

由圖 1 可看出，自 1996 年基因改造作物商品化以來，至 2004 年為止，美國種植基因改造作物的比例呈現持續成長的趨勢。再進一步以基因改造的功能性來看，農民採用抗除草劑(Ht)品種，包括 Ht 大豆與 Ht 棉花的比例遠高於採用抗蟲(insect-resistant)作物品種，包括 Bt 棉花與 Bt 玉米的比例。

在大豆生產方面，由表 1 可看出，在大豆的主要生產地區，農民採用 Ht 作物品種的比例相當高，其擴張的速度要遠高於 Ht 棉花與 Ht 玉米占總生產面積的比例。2004 年，美國基因改造大豆的生產面積增加了 3.9 百萬英畝，基因改造大豆占大豆總生產面積的比例從 2003 年的 81%增加為 2004 年的 85%；其中，南達科塔州採用基因改造大豆的比例最為迅速，目前在南達科塔州所生產的大豆有 95%為基因改造品種。

在棉花生產方面，近三年來，美國棉花的生產面積首度呈現成長的趨勢，由圖 1 可看出，農民採用基因改造作物品種的比例成長相當快。而由表 2 則可看出，至 2004 年，基因改造棉花占棉花總生產面積的比例由從 2003 年的 73%增加為 2004 年的 76%，其中單獨具有 Ht 抗除草劑轉殖基因的棉花占棉花總生產面積的比例為 30%，單獨具有 Bt 抗蟲轉殖基因的棉花占棉花總生產面積的比例為 16%，同時具有 Ht 與 Bt 轉殖基因之混和型棉花品種占棉花總生產面積的比例為 30%。以 Bt 抗蟲害之棉花品種來說，它的轉殖基因可以有效控制對莖芽有害之幼蟲、以及專食棉花實、玉蜀黍的蛾幼蟲。在棉花的主要生產地區，以密西西比州採用基因改造品種的比例成長最快，目前在密西西比州所生產的棉花有 97%為基因改造品種。

在玉米生產方面，大多數的基因改造玉米種子產自夏威夷；而在美國本土，最快採用基因改造玉米的南達柯塔州，所生產的玉米已有 79%為基因改造玉米。由表 3 可看出，基因改造玉米占玉米總生產面積的比例遠小於大豆與棉花的情況。2004 年，Ht 玉米占玉米總耕地面積的比例僅有 18%，但已較 2003 年的 15%有略微成長。至於 Bt 玉米，原先是為了控制歐洲玉米穿孔蟲而進行基因改造。採用 Bt 品種作物的地區大多集中在受到特定病蟲害嚴重侵襲的州；2004 年，美國 Bt 玉米占玉米總生產面積的比例平均為 32%，較 2003 年的 24%更為成長，其主要原因在於 2003 年至 2004 年間引進商業化的新 Bt 品種玉米，可以抵抗比歐洲玉米穿孔蟲更具破壞力的玉米食根蟲。

四、美國基因改造作物現況與其他各國現況之比較

綜合來看，近幾年來，美國生產基因改造大豆、棉花、玉米等作物的比例一

直呈現持續成長的現象。據統計，在美國境內，有 60% 的食品含有基因改造成分，而其中約有 60% 的基因改造成分來自於玉米與大豆，其次則是棉花與油菜籽。在此同時，全球許多國家生產基因改造作物的比例也同樣呈現大幅成長的趨勢，目前全球已有高達 167 百萬英畝的農地面積生產基因改造作物，其中又以大豆的基因改造比例最高且成長最快。目前全球各國生產基因改造作物的發展現況歸納如下幾點所示。

1. 2003 年，全球基因改造作物的生產面積已連續第七年呈現二位數的成長。在 1996-2003 年間，全球基因改造作物的生產面積成長將近 40 倍，其中開發中國家在 2002 年與 2003 年間基因作物生產面積的成長率(28%)是工業化國家(11%)的兩倍以上。
2. 2003 年全球基因改造作物生產面積最多的國家為美國，占全球基因改造作物生產面積的 63%，其次依序為阿根廷(占 21%)、加拿大(占 6%)、巴西(占 4%)、中國(占 4%)、與南非(占 4%)。
3. 1996 年，全球生產基因改造作物的國家有 6 個，1998 年增加為 9 個，2001 年增加為 13 個；2003 年，巴西與菲律賓首度核准基因改造作物的生產，使得全球生產基因改造作物的國家增加為 18 個，其中 7 個為工業化國家，11 個為開發中國家。
4. 以全球的角度來看，已經商品化的基因改造作物中，呈現持續成長趨勢者包括基因改造大豆(其生產面積占全球基因作物生產面積的 61%)、基因改造玉米(占全球基因作物生產面積的 23%)、基因改造棉花(占全球基因作物生產面積的 11%)、以及基因改造油菜籽(占全球基因作物生產面積的 5%)。
5. 在 1996 至 2003 年間，抗除草劑的基因改造作物品種占全球基因作物生產面積的比例(約為 73%)遠高於抗蟲基因作物品種(約為 18%)。而兼具抗除草劑與抗蟲轉殖基因的混和型基因玉米與棉花的比例則持續成長，至 2003 年時混和型基因作物占全球基因作物生產面積的比例已達 8%。

綜合來說，儘管基因改造作物在歐盟仍有許多爭議，但從美國以及全球的角度來看，基因改造作物具有審慎樂觀的前景；預估 2004 年至未來的五年，全球基因改造作物的生產面積將持續成長達到 247 百萬英畝，從事生產的農民將達到 10 百萬人，而核准生產基改作物的國家數目也將增加為 25 個以上。

資料來源

1. Clive James, Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2003, International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications, 2003.
2. Jorge Fernandex-Cornejo, Genetically Engineered Corp Varieties Gain Further Acreage Share in 2004, [online]
<http://www.ers.usda.gov/AmberWaves/September04/Findings/GEcorpvarieties.htm>
3. Data: Adoption of genetically engineered crops in the U.S., Economic Research Service, USDA, [online] <http://www.ers.usda.gov/data/biotechcrops/>