

全球農業生技產業發展 現況與趨勢

撰文/余祁暉

全球基因改造產品市場發展現況

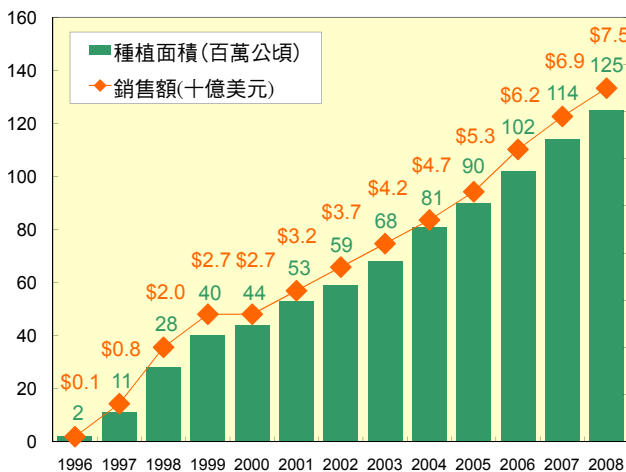
2008 年全球可耕地面積為 15 億公頃，基因改造種子占了 8%，達到 1.25 億公頃，從 1996 年基改種子商品化以來，種植面積已成長 74 倍。其中以大豆、棉花、油菜及玉米等四種大宗作物約占了全球基改植物種植面積的九成，而其所轉殖的基因以耐殺草劑以及抗蟲二種性狀為主。另外抗病、延遲老化、生產疫苗或者其他藥用蛋白質等植物，目前也有相當多的產品進行開發中，如利用基因轉殖苔蘚生產抗癌藥物紫杉醇 (Taxol)；其中以美國最為積極，該國防先進研究計畫署 (Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA) 於 2009 年投入 1,200 億美元發展植物製藥平台。台灣除了共有 23 種基改玉米與黃豆可進口做為食品或飼料之原料用之外，目前未有相關產品核准可上市種植，而已在進行隔離田間試驗之生物安全評估之植物有水稻、木瓜、番茄及青花菜等。

種植基改種子因具有環境保護及經濟上的明顯助益，因此種植面積從 1996 年至 2008 年每一年皆有約 10% 的成長，歸納其具體效益包括：(1) 1996 年至 2007 年，種植基改種子產生的永續性經濟效益 (sustainable economic benefits) 共約 440 億美元，其中 44% 為產量增加，56% 為成本降低；(2) 2007 年單一年度，基改作物的耕種，共減少 142 億公斤的二氧化碳排放（包括減少燃油使用及減少翻土），

相當於 630 萬台汽車的排放量；(3) 1996 年至 2007 年之十二年間共節省 35.9 萬公噸的農藥使用；(4) 由於基改作物可提升農耕的產量及效率，2007 年單一年度對全球農民產生的淨經濟效益 (net economic benefits) 達 100 億美元，其中 60 億美元產生自開發中國家，而累計 1996 年至 2007 年，則共產生 440 億美元的淨經濟效益，其中開發中國家占 220 億美元。

除了上述量化效益外，種植基改種子亦能增加農業管理彈性、減少耕作投入、減少收成風險、提升產物品質等不可量化之助益。又面臨未來全球人口爆炸性成長、可耕地減少、氣候變遷加劇等因素，為滿足全體人類對糧食作物之需求，科學上使用快速有效益的基因改造技術進行作物育種，以及農民選擇種植基改種子，必將成為未來農業上的二大主流趨勢。

依國際農業生物技術應用推廣協會 (International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications, ISAAA) 統計，基因種子核准上市行銷已十三年（1996 年至 2008 年），2008 年底之實際種植面積達 1.25 億公頃，年成長率 9.4%，占全球作物面積的 8%，從 1996 年基改種子上市以來已成長 74 倍。2008 年市場規模達 75 億美元（圖一），年成長率 8.7%，約占全球 22% 的商用種子市場或全球 14% 的植物保護市場規模。估計 2009 年市場規模將提升至 83 億美元，年成長率超過 10%。



資料來源：ISAAA；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心整理。

圖一 1996-2008年全球基改種子概況

若以更精準的性狀種植面積 (trait hectares) 來看 (即累計個別性狀種植面積)，全球基改種子種植面積為 1.66 億公頃，年成長率為 15%。在美國有 78% 的基改玉米為雙重或三重基改性狀，而轉殖八種基因的基改玉米 SmartStax 也將在 2010 年上市。除此之外，在美國、澳洲和南非分別有 75%、81% 及 19% 的基改棉花為雙重或三重基改性狀，顯示多重性狀 (stacked trait) 將成為未來基改作物的重要特徵。

(一) 作物分析

在基因改造種子九成以上為大豆、棉花、玉米及油菜，其中又以基改大豆發展最為傑出。無論總

體市場價值及全球種植面積，基改大豆皆為基因改造種子之最大宗，在 2007 年已占全球 70% 的大豆種子市場；其它基改作物如棉花、玉米和油菜則分別占該類種子市場銷售之 46%、24% 及 20%。

在基改稻米方面，具備抗蟲性與高營養價值的基改稻米，預計 2011-12 年間將在印度上市，且該品種的收成率高，栽種過程中所需灌溉用水較少，對氣候變化的適應力較強，能在乾旱的環境中存活，此將可協助印度解決糧食不足的問題。另外在 2008 年甜菜首次有基改產品上市，其具有抗殺草劑的特性，在美國和加拿大已可種植，在美國甚至有 59% 的甜菜係來自此基改種子，為目前基改種子首次上市選用率最高的品種。

若以生質能源的角度來看，以美國發展最為搶眼，2008 年將約有 8,700 萬公頃的基改玉米用於生質酒精的生產，約 350 萬公頃的基改大豆及 5,000 公頃的油菜用於生產生質柴油。而依英國經濟學人 (The Economist) 於 2007 年底之報告指出，全球玉米轉作乙醇的產量，由 2000 年的 1,500 萬公噸，成長至 2007 年的 8,500 萬公噸，因此全球生質酒精政策的推動，與基改玉米的應用增長比率有極大的關係。

截至 2008 年年底，全球已有 24 個作物通過上市核准，共計 144 種品系獲得 670 項產品銷售權，此數字在 2007 年分別為 23 個作物、124 種品系及 615 項產品銷售權。

表一 2008年全球基因改造作物栽種概況

	種植面積 (百萬公頃)	佔全球基改作物種植面積比率	種植面積年增率	佔全球該作物之比率*	市場價值 (億美元)	市值/面積比 (美元/公頃)
大豆	65.8	53%	12%	70% (64%)	26	44.4
棉花	15.5	12%	3%	46% (43%)	9	60
玉米	37.3	30%	6%	24% (24%)	32	90.9
油菜	5.9	5%	7%	20% (20%)	2	36.4

註1：*為2007年資料，括弧內為前一年資料。

資料來源：ISAAA；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心整理。

(二) 國家分析

基因改造種子要成功上市須經過嚴謹的開發程序，而各國不同產品法規的制定，也反應每個國家對於基因改造種子的接受程度。2008年已有55個國家核准基因改造種子上市，而其中農民可在當地直接種植的有25國，顯示這些國家對於發展基因改造科技的態度最為積極；另外30國則只開放食品及飼料的使用及進口，相信在體驗基因改造作物的優勢後，將成為第二波推升基因改造種子需求的助力。其中，值得注意的是，日本和南韓為首次核准進口基改玉米做為食品用，此事件將衝擊原本以保守之姿面對基改產品的國家，尤其是歐盟。

截至2008年底，全球共有25個國家種植基因改造種子（見表二），包含10個已開發國家及15個開發中國家。前六大種植國依序為美國、阿根廷、巴西、印度、加拿大和中國，合計種植面積超過1億公頃，占全球93%。其中以印度成長23%最高，更因此擠下了加拿大，上升至第四位。另外，一向保守的歐盟國家如西班牙、捷克、羅馬尼亞、葡萄牙、德國、波蘭和斯洛伐克7國，都已核准使用基改抗蟲玉米，種植面積已超過10萬公頃，年成長幅度高達為21%，其中以西班牙最為積極發展，基改玉米種植面積一直為歐盟之首。

2008年新增加的3個國家為非洲的埃及和布及納法索，以及拉丁美洲的玻利維亞。非洲擁有全球約14%的人口，約9億人，每三個人就至少有一人是處於飢餓或營養不良的狀態，為解決糧食不足的問題，許多人認為基因改造技術為重要解決之道。但從1996年開始，非洲國家只有南非種植，一直到2008年埃及和布及納法索加入此行列，這是個重要的里程碑，因為這三個國家分別位於非洲北部、東部、和南部，其將有帶頭作用，強化基改作物在此三個區域的發展，如肯亞已於2008年12月通過生物安全法案，未來將可種植基改種子。而這樣的帶頭作用也在拉丁美洲發酵，玻利維亞為全球第八大大豆種植國，其農業地位因巴西和巴拉圭種植基改

作物而面臨相當大的威脅，所以在2008年開始栽種抗殺草劑的基改大豆，成為第九個加入種植基改種子的拉丁美洲國家，種植面積現已達60萬公頃，首次種植便超過墨西哥、智利、哥倫比亞和宏都拉斯，頗有加快腳步迎頭趕上之勢。

全球種植基因改造種子的農民約1,330萬人，2008年為1,200萬人，超過90%為開發中國家農民，估計種植超過全球三分之一的基因改造作物，其中，中國和印度各有710萬位及500萬位農民以小農的方式選種基改作物。主要原因為發展中國家的農耕技術較為落後，使用基因改造種子則能快速提升產量，同時提高農民收入，彌補與已開發國家的差距，因此使用基因改造種子是開發中國家加速經濟成長的最佳利器。且依統計，種植基改種子的農民有將近100%會再選擇使用基改種子，由此可知農民對於基改種子具有相當高的使用滿意度。

表二 2008年種植基因改造種子的國家

單位：百萬公頃

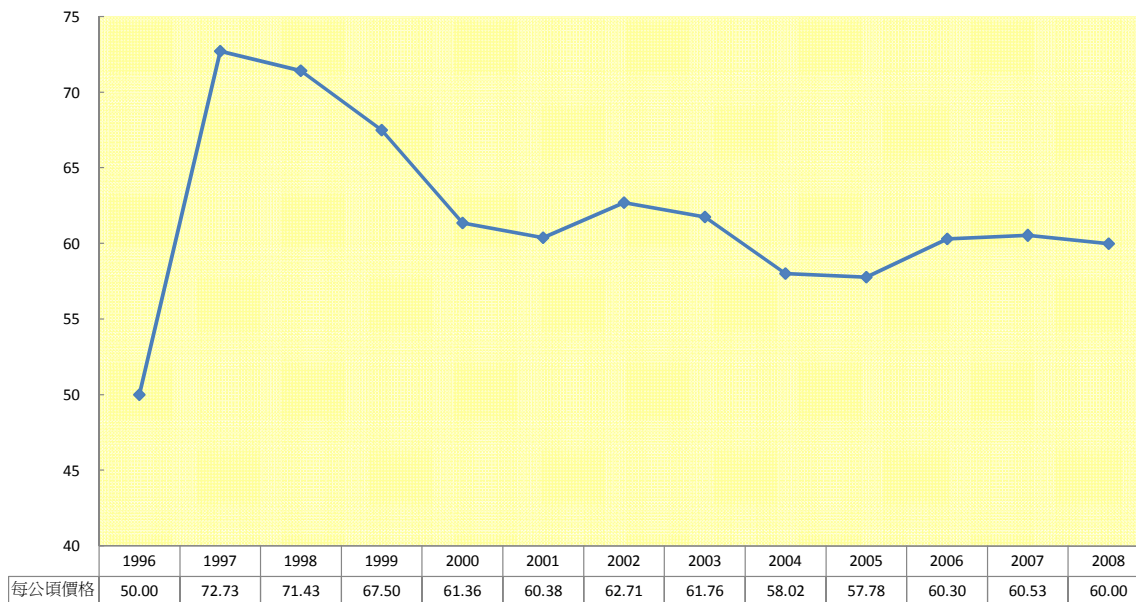
基因改造種子種植面積超過5萬公頃的國家			
美國	62.5 (57.7)	南非	1.8 (1.8)
阿根廷	19.1 (21.0)	烏拉圭	0.7 (0.5)
巴西	15.8 (15.0)	玻利維亞*	0.6
印度	7.6 (6.2)	菲律賓	0.4 (0.3)
加拿大	7.6 (7.0)	澳洲	0.2 (0.1)
中國	3.8 (3.8)	墨西哥	0.1 (0.1)
巴拉圭	2.7 (2.6)	西班牙	0.1 (0.1)
基因改造種子種植面積少於5萬公頃的國家			
智利	哥倫比亞	宏都拉斯	布及納法索*
捷克	羅馬尼亞	葡萄牙	德國
波蘭	斯洛伐克	埃及*	

註1：刮弧中為該國於2007年的種植面積。

註2：*為2008年開始種植基因改造種子的國家，過去有種植之法於2008年已無種植基改種子。

資料來源：ISAAA；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心整理。

每公頃平均價格（美元）



註1：全球99.6%的基改種子為大豆、棉花、油菜及玉米。
資料來源：ISAAA；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心整理。

圖二 基改種子全球平均價格走勢

（三）價格分析

由圖二可知，基改種子每公頃的平均市場價值，的在1997年因新科技帶來的市場願景而達最高峰，為每公頃平均72.73美元。後因市場開始產生使用安全疑慮，供應商需以降低價格，以及擬定進入開發中國家的市場行銷策略，來提升傳統種子之替代率，讓市場了解基改種子帶來的優點。以利潤換取市場占有率的行銷手法，造成基改種子每公頃平均售價逐年下滑，2005年每公頃已降為57.78美元。但在消費端逐漸充份認識到基改種子的益處及朝向無安全疑慮的基改技術發展後，基改種子價格已在2006年呈現向上走揚，並呈現穩定之價格趨勢。

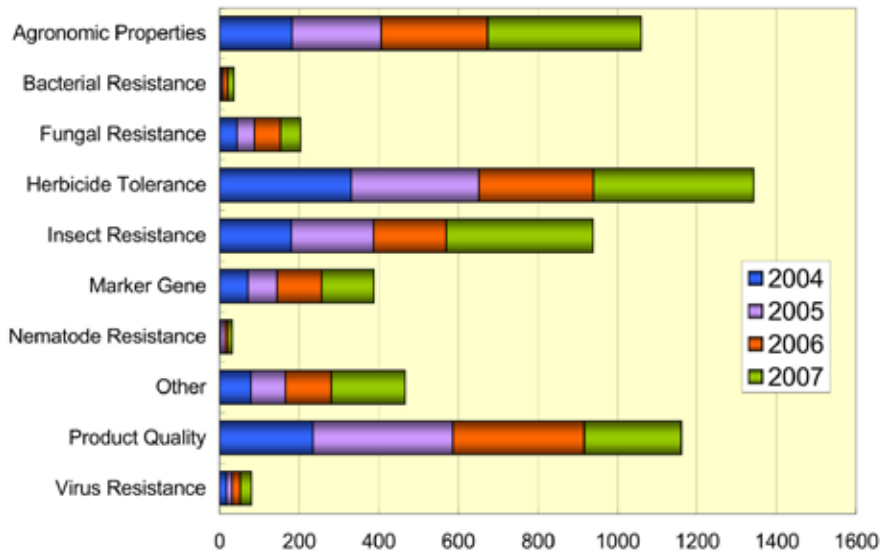
（四）性狀分析

在基改種子目標性狀方面，依ISAAA 2008年的資料顯示，目前仍以抗殺草劑性狀應用最多，占全球基改作物種植面積的63%，而具抗蟲抗殺草劑之雙抗性狀或多重性狀者占22%，而抗蟲性狀則

為15%。其中，因多重性狀的應用對生產者所帶來的便利性更多，因此在2008年，其年成長率高達23%，遠遠超過單一抗殺草劑性狀及單一抗蟲性狀9%及-6%的年成長率。

多重性狀應用的基改種子將為未來發展方向，已有10國採用相關基改種子，其中7國為開發中國家，2008年的多重性狀基改種子種植面積為2,690萬公頃，2007年為2,180萬公頃，美國為發展中最為快速的國家，已有41%的採用率，而基改棉花為75%，基改玉米為78%。

而依美國農業部動植物檢疫局(Animal and Plant Health Inspection Service, APHIS)2004~2007年田間試驗核准數(圖三)，整體而言仍以抗殺草劑性狀為主，但市場主流在2005年到2006年時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)在此四年內則呈現穩定的成長，此二類性狀在田間試驗的申請數在2007年累計超過1,000案，



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。

圖三 APHIS基改種子田間試驗案核准數（性狀別）

預計未來此二類性狀種子將會有更多產品上市。至於在 2004 年前的二大主流：抗殺草劑性狀及抗蟲性狀，也因多種性狀整合性基改種子的發展，而在 2007 年產生田間試驗需求反彈，預計在此趨勢下，輸出型性狀未來都會結合輸入型性狀，以強化農民生產效率，並滿足消費者的需求。

代表性公司發展現況

（一）農業生技重要跨國企業

全球基因改造植物市場目前由六家公司主導，分別為美國的 Dow Chemical、DuPont 和 Monsanto、瑞士的 Syngenta 以及德國的 BASF 和 Bayer，其中 Monsanto 為全球生技種子第一大廠，且持續加速其市場擴張速度，2006 年及 2007 年此領域之營收成長率為 23% 及 18%。由表三可知，Monsanto 和 Syngenta 較專注於生技種子領域發展，相關營業比重於 2007 年各占約 58% 及 22%，遠超過其它四家公司。而 DuPont、Dow Chemical、BASF 和 Bayer 四家公司因本業為材料、化學及製藥公司，所以生技種子領域在 2007 年占其營業額

比重分別約只有 11%、7%、5% 和 1%。其中以 Bayer 和 DuPont 最為積極經營發展此領域，2007 年年成長率高達約 21%。

Monsanto、Syngenta 和 DuPont 是以生技種子市場為主，而 Syngenta 除了在生技種子領域外，也和 Bayer 一樣在植物保護劑的投入相當多資源進行開發，其在 2007 年植物保護劑營業額約共為 148 億美元，佔全球總市場的 34%。除此之外，此二家公司具有很強大的農業生技

領域資源，對於所有發展農業生技的廠商皆具有一定的威脅性；而 BASF 在動物生技領域相對投入較多，且和 Dow Chemical 一樣仍是以化學相關本業為主，所以此二家公司在生技種子領域起步較晚，目前經營比重仍以本業為主。

1. Monsanto

Monsanto 過去已在玉米種子市場搶得半邊天，為達成 2012 年之目標，遂開始積極進行同業間併購，持續鞏固其市場地位，如 2007 年 6 月宣佈以 15 億美元正式完成併購 Delta and Pine Land 公司。過去由於美國司法部認為雙方合併將導致特殊性狀棉花種子 (traited cotton seed) 的價格上漲，並阻礙或延遲競爭對手的開發，因此要求 Monsanto 與 Delta & Pine Land 需分割部分資產才能進行併購，如 Monsanto 轄下的棉花種子公司 Stoneville 和 NexGen，所以 Monsanto 隨後便將 Stoneville 出售給 Bayer 作物科學。

此外，Monsanto 期望將其基因改造種子之專長應用於蔬果種子市場，遂於 2005 年以 10.7 億美元併購當時全球第一大蔬果種子公司 Seminis，取得該公司 3,500 種蔬果品種及相關技術。更於 2008 年

表三 全球植物生技六大廠商之農業生技領域營收比較

單位：百萬美元

公司	營收項目	2007			2006		2005
		營業額	營業比重	年成長率	營業額	年成長率	營業額
Monsanto	生技種子	4,694	57.97%	18.00%	3,978	23.04%	3,233
DuPont	生技種子	3,353	11.41%	21.31%	2,764	0.55%	2,749
Syngenta	生技種子	2,018	21.84%	15.78%	1,743	-3.01%	1,797
Bayer	生技種子	523	1.18%	21.91%	429	5.15%	408
BASF	植物生技	4,294	5.41%	11.16%	3,863	-5.90%	4,105
Dow	農業生技	3,779	7.06%	11.18%	3,399	1.04%	3,364

註1：生技種子包含基改種子及雜交育種法所產生之種子；植物生技含生技種子及植物保護；農業生技則包含植物生技及動物生技。

註2：BASF及Dow並無公佈生技種子項目之營收。

註3：BASF及Bayer原始資料為歐元，此以台灣中央銀行公佈2007、2006、2005年歐元與美元年匯率1.3687、1.2545、1.2436進行轉換。

資料來源：各公司各年年報；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心整理。

3月底宣布以 5.46 億歐元收購荷商 De Ruiter Seeds 蔬菜種子公司，Monsanto 視收購該蔬果種子公司為達成 2012 年目標營收之重要關鍵，未來將結合 Seminis 業務取得更進一步的發展機會。

而在生質能源上，Monsanto 於 2008 年 4 月 28 日宣布和孟德爾生技 (Mendel Biotechnology) 一同開發可用於製造生質酒精及生質柴油的禾本科植物，希望能找出合適的品種以取代玉米，舒緩發展生質酒精對飼料及食品領域所造成的嚴重排擠效應。並於該年 12 月 4 日以 2.9 億美元併購 CanaVialis 和 Alellyx 二家巴西甘蔗公司，此併購在在展現出其進軍生質酒精的企圖心。

2. DuPont

DuPont 於 1999 年併購全球最大的種子公司 Pioneer Hi-Bred International 後正式踏入生物科技領域，並由 Pioneer 專責抗病蟲害及增加營養的基改種子之開發。Pioneer 為全球頂尖的種子品牌商，為提升作物產量，利用雜交、突變或基改技術使作物具有抗蟲、耐除草劑…等特性。Pioneer 的主要產品為玉米及大豆種子，兩者分別占該事業群 2007 年營收之 36% 和 8%。而 2007 年受惠於該公司玉米種子於全球銷售長紅，銷售額增加 19%，部分抵銷北美地區因大豆種子種植面積減少所造成的銷售業績

低落之衝擊。

在北美方面，由於農民偏好基改玉米種子，而 Pioneer 在供應有限的狀況下，估計其 2007 年於北美玉米種子市場的占有率約為 30%。2008 年 Pioneer 將增加基改玉米種子的供應量，同時推出將近 30 個新大豆品種及 60 個新玉米品種，使北美市場能在 2006~2008 年間以 13% 的複合年成長率成長，以持續鞏固市場地位。

至於在全球營運表現方面，Pioneer 已於全球銷售將近 25 個新大豆品種及 130 個新玉米品種，廣受市場好評。其中，新玉米品種主要為 Herculex® 系列產品，包含抗玉米螟、抗玉米根蟲、耐除草劑性狀等不同組合之種子。估計 2006~2008 年間，Pioneer 於全球種子銷售額將以 22% 的複合年成長率成長。

3. Syngenta

Syngenta 從 2004 年開始調整其種子業務，為加速生技種子的研發，隨後於美國成立玉米及大豆性狀之技術平台，時至 2007 年已具有完整的產品線。且近年來全球玉米價格昂貴及種植面積增加等因素影響，使得玉米種子的銷售額上揚。另外，Syngenta 具有 Agrisure™ 玉米螟及玉米根蟲之雙抗性狀玉米於 2007 年獲得美國 EPA 的許可，預料將

可在 2008 年大幅提升部門業績。

有關蔬菜及花卉種子的開發則透過產品創新及收購等策略，如 Syngenta 看重以色列種子商 Zeraim Gedera 於高經濟價值之蔬菜作物的實力，遂收購之；另外又收購花卉種子商 Fischer 以強化 Syngenta 於全球花卉種子之地位。

4. Bayer

2007 年 5 月底 Bayer 為擴張其美國棉花種子事業，以 3.1 億美元（約 2.3 億歐元）買下 Monsanto 的美國棉花種子公司 Stoneville，成為全美第一的棉花種子公司。Stoneville 的產品與事業範圍與 Bayer 作物科學互補，此併購案不但使 Bayer 獲得高品質的棉花產品，包括 Monsanto 的抗蟲與耐殺草劑性狀棉花，更讓 Bayer 一躍成為全球第二大的棉花種子供應商。

隨後，Bayer 作物科學旗下負責蔬菜種苗業務的子公司 Nunhems，於 2007 年 7 月中收購南韓的蔬菜種苗公司 SeedEx，該公司專攻於辣椒及芸苔屬植物 (brassica) 品種之育種、生產及行銷。這兩類型作物占亞洲蔬菜作物市場最大的使用量及栽種面積，此收購案提高 Nunhems 於此種作物之亞洲市場地位。

5. BASF

BASF 視植物生物技術為 21 世紀的關鍵技術，故積極投入相關研究。BASF Plant Science 擁有一跨國（歐洲與北美地區）的技術平台團隊，與全球許多學術機構、生技公司進行策略研發合作。同時透過集團建構之技術網絡系統，致力整合應用內部與外部關鍵知識的最大利益化，除此之外，尚併購 Metanomic 公司獲得作物基因組學的關鍵技術，其技術平台乃應用系統研究植物生理的代謝功能與代謝化合物變化來驗證特定農作物基因的功能。在 2006~2008 年間，BASF 預計投資超過 4 億歐元在植物生物技術領域。

而這些投資已看見初步成果，因歐盟將可能批准 BASF 的第一項基因改造作物—基因轉殖馬鈴

薯「Amflora」在歐洲種植。Amflora 的澱粉組成只包含支鏈澱粉，而不是支鏈澱粉和澱粉酶的混合，因此對紙業和紡織工業特別有價值。等待迅速批准 Amflora 的同時，BASF 尚宣布一系列新的田間試驗與另外兩個基因轉殖馬鈴薯，將於 2008 年至 2012 年間在德國四個地點釋出。其中一個基因改造的馬鈴薯類似 Amflora，但是以不同的傳統品種為材料而育成。另一個基因轉殖的馬鈴薯，則是從南美洲野生馬鈴薯所發現的抗真菌病害的基因，育成抵抗馬鈴薯疫病 (phytophthora) 之基改品系，可以減少栽種損失及田間殺菌劑的使用。

6. Dow AgroSciences

現階段 Dow AgroSciences 的營運策略，不僅持續專注於農藥產品的銷售，更著重於研發與農藥相互鏈結配搭之基因改造作物，以擴大農業科技領域的營收。此外，更透過授權、策略聯盟及購併等企業手段提高其自身優勢，譬如 Dow AgroSciences 在 2007 年與 Monsanto 簽署一項關於玉米的基因堆疊 (gene stacking) 技術商業化之交互授權協議，更與巴西乙醇製造商 Crystalsev 簽訂合作備忘錄，合資成立專門利用甘蔗製造聚乙烯 (polyethylene) 的公司。而為搶攻玉米種子市場，Dow AgroSciences 收購 Agromen Tecnologia，擴大其巴西玉米種子之業務，隨後又收購荷商 Duo Maize 及澳洲生技公司 Maize Technologies International 強化其全球玉米種子平台。

（二）潛力分子育種利基小廠

1. Diversity Arrays Technology Pty Ltd (DArT)

DArT P/L 為一家位於澳洲坎培拉 (Canberra) 的私人公司，由 Andrzej Kilian 成立於 2001 年，他同時為 DArT 技術發明人，該技術為 Dr. Kilian 於 1996 年擔任 CMBIA（為一家國際性非營利研究機構，專注於生命科學相關新科技、工具的發展）基因體部門主管時所研發出來的技術。公司成立之初，即受到 CMBIA、澳洲政府生技創新基金

(Biotechnology Innovation Fund) 及澳洲首都行政區地方政府 (ACT Government) 等資金挹注，目前員工人數約 20 人。

DArT 技術為公司主要核心，以達到「增加農作物多樣性」的目標，故該公司以開發提供低成本的全基因圖譜分析、IT 支援和公私立機構的諮詢服務為主要營運內容，使農作物基因研究更有效率。目前該公司較為成熟的研究作物為大麥和小麥，此二種作物之分析服務已轉由 DArT 公司轉投資公司 Triticarte Pty Ltd 提供，平均分析一個標誌的成本約 0.014 美元，其餘約有 40 種作物則在 DArT 執行，目前海外服務已遍及 25 個國家。

其企業經營模式包括：(1) 企業資本無創投資金，多為政府基金或學術研究經費，藉由來自不同單位的資金注入，加速 DArT 公司在特定作物上研發；(2) 利用非專屬授權保護企業核心技術，對於 know-how 等智財權則是在合作夥伴進入網絡組織時提供，藉以強化並建立企業對外策略聯盟關係；(3) 累積的網絡組織關係，可輕易的整合其中的合作研發成果，達到技術開發成本低目的；(4) 子公司的建立為夥伴關係的延伸，如 Triticarte Pty Ltd 為 DArT 和 Cooperative Research Centre for Value Added Wheat (VAWCRC) 合資成立，DArT 對於大麥和小麥基因型服務是透過 Triticarte Pty Ltd 行銷與執行；(5) 企業發展進程係從核心技術發展建立，並提供基因型服務，隨著附加價值服務的建立，其能提升現代作物育種之效率。

2. KeyGene

KeyGene 為一家荷蘭公司，總部設於瓦赫尼恩 (Wageningen)，1989 年由荷蘭數家蔬果生技公司共同成立，以發展分子育種 (molecular breeding) 相關的促成技術 (enabling technologies) 為主要目標，知名的擴增片段長度多型性 (amplified fragment length polymorphism, AFLP) DNA 指紋技術便是其所發明。目前員工超過 125 人，並由 Takii、ENZA zaden、Vilmorin & Cie、Rijk Zwaan 和 De Ruiter

Seeds 五家公司分別擁有股權，以維持穩固的合作及技術交流關係。其主要業務有三：(1) 提供植物、動物、微生物「功能基因體篩選與確認」的 CRO 服務；(2) 銷售「功能基因體篩選與確認」的軟硬體；(3) 提供中小企業分子育種的全方位平台。客戶除了植物育種公司外，還包含了學校、醫院、動物育種公司、醱酵公司及食品公司。

其營運的策略有以下四點：(1) 利用股權整合五家基因公司的遺傳技術。由於 Takii、ENZA zaden、Vilmorin & Cie、Rijk Zwaan 和 De Ruiter Seeds 五家以基因遺傳技術為主的生技公司為 KeyGene 的公司擁有者，因此必須提供相關優勢技術，以協助 KeyGene 建立自身的服務競爭力；(2) 與尖端的公 / 私立研究計畫或機構合作，藉提供其服務以參與相關計畫執行，強化自身基礎實驗研究能力；(3) 公司內部透過持續的實驗設計研究及組合各種基因體研究相關技術，以減少功能基因體篩選與確認所需的時間及投入之資源，並將其轉化成產品或服務，藉以提升服務效率；(4) 2008 年 4 月該公司以服務中小企業為主，推出名為 KeyGene InnovatorsClub 的分子育種的全方位平台，建立中小企業共享育種平台。參與之會員以一期三年之會員制維持與 KeyGene 及平台上的廠商緊密的關係，並可與平台上的廠商或 KeyGene 直接進行交流及合作，會員年費則視會員於平台上取得 KeyGene 的專門技術 (know-how) 或諮詢來計價。會員可得到 KeyGene 的協助進行新計畫的可行性評估和建議，以及解決研究上的瓶頸。對 KeyGene 來說，不但可利用此平台將中小企業較少的研發委託經費化零為整，以切入此市場區塊，還可由此得到更多技術交流的機會及新技術開發的構想，可說是一舉數得的商業模式。

3. TraitGenetics GmbH

TraitGenetics GmbH 是一家提供分子標誌開發服務的德國公司，成立於 2000 年，創辦人與執行長為 Martin Ganai，目前員工共 25 人。TraitGenetics

的核心技術為微衛星 (microsatellite) 標誌及單核苷酸多型性 (SNP) 標誌開發，結合大量快速篩選系統 (high throughput systems) 縮短開發時程，於短時間內處理大量檢體，篩選所需的標誌。公司將自行開發的分子標誌當作商品授權給客戶使用，或是協助客戶發展特定的分子標誌，其分子標誌輔助育種分析一次可處理一萬件植物樣本。TraitGenetics 定位為技術服務業，發揮本身的專門技術，協助育種單位快速找出所需的工具，加速品種的育成。此外，公司亦逐步建立多種作物的資料庫。

TraitGenetics 的營運模式是將其自行開發的分子標誌授權給客戶使用，賺取授權金；或是以合約委託的方式接受客製化服務，替植物育種公司發展其研發計畫所需的分子標誌。因為可在短時間內處理大量的檢體與數據，加上歷年來累積的研發經驗，使該公司可縮短開發時程並提高成功率，替下游廠商節省大量的儀器設備及技術人員設置成本，顯現出商業化服務的效益。其客戶包括國內外的植物育種公司、生技公司、研究機構等，歸納經營模式包括：(1) 以大宗作物為標的，開發專利分子標誌，以授權方式供客戶使用；(2) 提供客製化的合約委託開發服務；(3) 提供分子標誌開發、生物資訊相關諮詢服務；(4) 建立自有資料庫，提升核心競爭力；(5) 除了分子標誌分析，同時也提供更上游的基因體相關技術服務。

未來展望

(一) 發展趨勢

從各國政府對基改種子發展的態度來看，G8 高峰會¹、歐盟和世界衛生組織 (WHO) 皆對外聲明基因改造技術對於解決糧食危機的重要性，而開發中國家的中國、印度、阿根廷、巴西和南非，更展現了其積極發展的態度，未來將成為引導全球使用基改種子 5 個主要國家。此 5 國人口共 26 億，占全球人口 40%，且其中有 13 億人口依賴農業為生，面對貧瘠的土地和資源，透過基因改造科技可以快速

強化其農業發展。其決心可從政府高層的宣誓中看到，如中國總理溫家寶於 2008 年正式對外宣佈將在 12 年內投入 35 億美元，要利用基因改造等生物科技來解決糧食問題，而印度和巴西也增加基改種子的相關研究經費，印度甚至和中國保持緊密的合作關係，核准中國首度開發完成之基改棉花於境內使用。

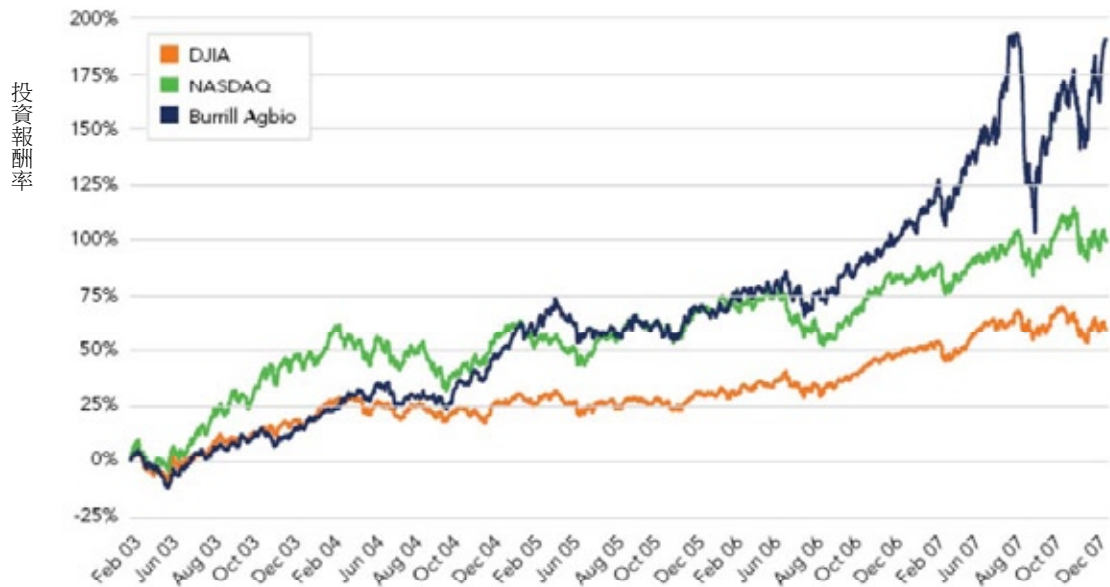
由投資者觀點來看，以 2003 年一月為基期，可看到以投資基改種子為主的 Burrill 農業生技指數² 績效至 2007 年底 (圖四)，其投資報酬率超過道瓊工業指數及那斯達克指數約二倍，徹底打破大盤，可知投資者相當看好基因改造種子的未來發展性，而在食品原物料日趨重要的氛圍下，以農業生技突破供不應求的問題，將會是延續此多頭行情的重點題材。

此外，基因改造技術除了能解決糧食的問題外，也能充分解決四大需求，即生質能源、生物材料、環境保護和保健養生。換言之，基改種子科技已從原來農業本身的輸入型性狀 (input traits) 實際擴散到整體產業應用的輸出型性狀 (output traits)。此四大議題代表的是「全新」清楚可見之「全球」需求缺口和高度的成長潛力，而除了基改種子六大跨國公司每年共投入 10 億美元之研發費用外，新興國家如中國和巴西每年也投入約 10 億美元、印度每年投入 2.5 億美元，加上其智財保護規定也越來越完整，相信不久後，投資者將會挹注更多資金來加速基因改造種子之發展，也將觸發全球基改種子之投資熱潮。

ISAAA 針對 2006~2015 年進行十年的預測中，其中有六大趨勢值得注意：(1) 多種性狀整合性基改種子將為主流，2008 年的使用種植面積約達 2,690 萬公頃，占全球基改種子種植面積的 21.5%，性狀則以提升營養品質及抗旱為主要趨勢；(2) 基改種子第二個十年將以亞洲為主，以中國和印度及新起國家如越南、巴基斯坦成長最快；(3) 拉丁美洲最有發展潛力的國家為巴西；(4) 非洲會適度發展，整體以

¹八國集團高峰會，包括美國、日本、德國、法國、英國、義大利、加拿大和俄羅斯，2008年7月於日本北海道召開。

²Burrill為一家創投公司，也是全球第一家看好農業生技而進行投資的公司，其所投資的農業生技公司（尤其是基改作物公司）的績效指數，多年被公認為最具代表性的農業生技發展指標。



資料來源：Burrill & Company.

圖四 Burrill農業生技指數

布吉納法索為首，北非則以埃及，東非則以肯亞為主；(5) 歐盟仍發展緩慢，有潛力的地方為東歐地區；(6) 基改種子在生質能源的應用將以美國和巴西為主。

(二) 挑戰與策略

良好的科技產品管理法規通常會達成二個目的，第一，在科學的基礎上避免「真正」的威脅；第二，在政治的功能上會減輕民眾的疑慮並增加人民對該管理標的的信心。而目前基因改造產品法規體制大多無法達成此二個目的，因為其法制上多具有以下七大迷思：

1. 食用安全評估應以產品為主而非程序導向

大部分法規以程序角度認為基因改造程序本身即具高度風險，因此基因改造產品上市前應進行嚴密評估。但由程序觀點來看，許多科學研究指出，傳統育種方式，如放射線突變法，隱含的食用安全風險更高，且食品安全本身應強調評估該產品中是否含有實質引發威脅的物質，如大腸桿菌或放射線同位素等。因此，基因改造產品應從其是否與同種

產品的組成具顯著改變，以進行相關的風險評估便可。

2. 並非只有基因改造產品為非自然基因混合產品

基因改造產品因人為混合了其它來源的基因而被稱為非自然的產品，所以被認為具高度風險。但基因在自然界本就會自然轉移及結合，而消費者在調製食物時會同時使用許多食材造成基因間的人為混合，所以無需強調基因改造產品的非自然性而造成民眾恐慌。但若要就其非自然性而進行規範，則傳統的人為雜交的產品也需受同等規範。

3. 過於偏頗的法制規範

產品管理法制上，具相同風險等級的產品應受相同規範，然而在科學的角度中，突變調控 (mutagenesis) 和使用重組基因具有相同等級的風險，但前者卻無需進行生物安全評估，此已明顯違背了法制原則，對於基因改造產品實屬不公平。

4. 過度要求絕對安全

風險本身是相對的而非絕對的，每樣物品（包括非基改食品及基改食品）皆無法以科學證明其絕對無害，因此風險管理應以比較性風險評估為主，

但目前的法規只卻針對基因改造產品要求其需具有絕對的安全。舉例來說，同樣帶有 Xa21 基因的抗病稻米，若是以傳統方式（包括突變方式）育種，其上市要求相對的安全且只需進行少量安全試驗即可，但若是以基因重組技術進行育種，則被要求提出絕對安全的證據。

5. 評估缺乏科學有效性而造成的資源耗損

在風險評估的程序中，法規制定者多將「技術有效性」與「科學有效性」混淆，舉例來說，「技術有效性」是指可精準的檢驗出食品中是否含有天然毒素的能力，而「科學有效性」則是可以證明該食品是否會產生天然毒素。因此在「科學有效性」上，基因改造程序中使用的重組基因只要與產生自然毒素的基因無關，便無需耗費資源進行相關檢驗。然而有少數的人提出問題：「如果基因改造的程序無意間重新啟動生物產生天然毒素的基因那該怎麼辦」？在此問題下，因為科學家無法充分證明不會發生的事會發生，所以為了滿足提出此疑慮的團體，基因改造產品上市就得投入無謂的資源以檢驗其本身所不會產生的天然毒素。

6. 過度評估反而破壞評估本身為提升消費者信心的目的

基因改造產品規範多要求「大量」的評估數據，而非「足夠」的評估數據，以消費者的觀點來看，

其對產品的信心決定於該產品上市前所需進行的試驗，須越多的試驗通常會被消費者歸類為高風險性的產品。基因改造產品被要求過多莫須有的檢驗，已經引發消費者不必要的恐慌，因此法制體系在要求基因改造產品進行各式各樣風險評估時，須確認所有評估得到的資訊是否能增加該產品在安全上的信賴度，若答案是無法增加，則應相對減少評估要求，以避免造成消費者的誤解。

7. 政治性因素不適當地影響風險評估規範

風險評估規範中最重要的部分是科學概念而非政治性意圖（包含社會、倫理、文化和經濟），且政治因素若涉入科學活動為主的法制規範，將嚴重影響風險評估該有的獨立性及合法性，目前基因改造產品的風險評估便是政治介入過多，而使得科學失焦。二者最適宜的搭配應是由科學的角度先進行主要規範之設定，然後再進行政治上的政策決定。

因此，基因改造產品在食品安全上，確認其是否與傳統品種組成不同，而不同的組成物是否有安全上的問題便可；在生態安全上，進行風險評估前須先確認該基改品種的重組基因具有基因流佈 (gene flow) 的可能性後再執行該評估即可。科學的產品應以科學的角度進行管理，以節省不必要耗費的資源，並將資源用於真正的威脅上。

AgBio

余祚暉 台灣經濟研究院 生物科技產業研究中心 組長

參考文獻

1. McHughen, A. (2008) *Ag-biotech regulations and biosafety*. Agricultural Biotechnology International Conference 2008.
2. McHughen, A. (2007) *Fatal flaws in agbiotech regulatory policies*. Nature Biotechnology 25: 725-727.
3. APHIS. From www.aphis.usda.gov
4. ISAAA. From www.isaaa.org
5. OECD. From www.oecd.org
6. Shimoda, S. M. (2007) *Ag Biotech is About to Move to the Center Stage - Move over Medical Biotech*. Agricultural Biotechnology International Conference 2007.
7. USDA. From www.usda.gov
8. 余祚暉等人 (2009) 全球農業生技產業趨勢分析-代表性個案研究。台灣經濟研究院。
9. 余祚暉 (2008) 全球基因改造種子產業現況與趨勢。農業生技產業季刊，第十三期，頁1-10。
10. 農業生技產業資訊網，From agbio.coa.gov.tw