

生物科技與Bt玉米

對於一般國人來說，生物科技是新起之秀，是明日之星，一切似乎還只在起步階段。事實上，一場激烈的生物科技攻防戰，已經全面展開。這場爭執的結果，很可能對某些生物科技發展，具有指標作用。雖然過程中並沒有直接觸及環境工程，但在環境和生態的意義上，應該值得每一個從事環境工作的人，深切玩味。

這件事其實還得從一萬年前說起。那時候墨西哥人首先種植玉米，因此墨國有「玉米少女」的神話，和我國的神農氏，嫫祖等傳說，極其相仿。後來玉米逐漸傳播到全球各地，成為人類三大主食之一。玉米的另一項龐大用途是作為家畜飼料，據說台灣就每年向美國進口大量玉米，供養豬之需。至於目前世界上的玉米王國，無疑是美國，產量約佔全球的一半。美國中西部有好幾個州，天氣炎熱，雨量充沛，非常適合玉米成長，從這些州被統稱為「玉米帶」一點上，可以看出玉米生產在地區經濟上的份量。

玉米在各地落地生根後，也發展出各種不同品種。其中有一種歐洲玉米品種，在收穫玉米後，剩下的枝桿，可以做成很管用的掃把，西元二十世紀初，有些美國農民特意引進這種玉米品種，目的是取得製造掃把的原料。想不到無意中也帶進了這玉米的頭號害蟲，歐洲玉米螟（European Corn Borer），學名 $\text{Ostrinia nubilalis}$ ，是一種鱗翅的蛾，背上有鑽石形花紋。這種玉米螟會在玉米植物莖上產卵，幼蟲孵化後侵入莖內，造成蟲害¹。歐洲玉米螟入侵美國後，立

刻普遍蔓延，為害之烈，遠超過本土原有蟲害，據估計每年穀物損失，和花在控制這種害蟲上的費用，約達美金十億元。西元一九九五年只是明尼蘇達州一地，由於這種病蟲害流行，損失就高達美金二點八五億元，極其驚人²。

後來有人發現，美國本土有一種土壤細菌，學名叫做*Bacillus thuringiensis*，簡稱Bt，會產生一種叫「吡啶」(Cry)的蛋白質毒素，對撲殺蝶和蛾類幼蟲，具有神奇功效，農民就拿來控制歐洲玉米螟。這種毒素殺蟲劑壽命很短，不會發生殘留問題，加上提取費用很高，農民也捨不得濫用，因此產生害蟲抵抗力的機率非常之低。有機農場業者，對Bt毒素顯得格外歡迎，因為按照規定，有機農場是絕對不得使用人造殺蟲劑的。不過由於成本實在太高，業者不到最後關頭，不是情況實在嚴重，通常不會祭出這終極武器³。就這樣，人和歐洲玉米螟之間的阻嚇平衡狀態，在美國維持了將近四十年。

到西元二十世紀末期，生物科技在很多領域已漸趨成熟，有些生物科技公司成功地把Bt產生毒素的基因，移植到玉米種子的DNA裡，使得長出來的玉米植物，具有自備歐洲玉米螟殺蟲劑，成效很好，可以減少化學殺蟲劑量至少一半（另一半是因為還有其他病蟲害要控制），同時玉米單位面積收穫量也大幅增加，深受農民歡迎。這種基因改變玉米（Genetically Modified Corn），有時簡稱GM玉米或Bt玉米。Bt玉米種子於西元一九九六年在美國推出後，僅僅兩年，到西元一九九

八年時，種植面積已達250~300萬公頃，佔全美種植玉米農地面積的15%²。

Bt玉米植物幾乎每一部份都含有Bt毒素。由於玉米花粉，是利用氣流散播，玉米田附近往往到處都是含有Bt毒素的花粉。有人擔心花粉所含Bt毒素很可能殺死北美洲最大型、最美麗的帝王蝶（Monarch Butterfly），從墨西哥過冬經「玉米帶」飛返美國北部途中產卵所孵化出來的幼蟲。因為這些幼蟲所吃的乳草（Milk weed）大多長在玉米田附近。為了求證這種想法，康乃爾大學幾位學者，拿沾有Bt玉米花粉的乳草葉子餵食帝王蝶幼蟲，結果大部很快死亡。這個消息經媒體渲染，頓時在全球引起軒然大波。

生物科技工業組成的農業生技管理技術委員會立刻採取對應行動，委託由伊利諾大學主導，邀請美國知名生物學家，作深入研究。經過兩年努力，這些學者提出六篇論文，在美國國立科學院學報發表。主要是指出康大的研究過程，有重大瑕疵。不同玉米品種花粉所含的「吶喊」量並不同。康大採用的樣品偏偏是含「吶喊」最高的。這種品種只佔全部Bt玉米品種的2%，而且生產公司已正在回收這種品種的種子。其次是散播的Bt玉米花粉大部聚積在乳草頂部以下的葉子上面，而帝王蝶幼蟲通常只吃頂部葉子，因此受到影響比較輕微。同時在自然界乳草葉子上累積的Bt玉米花粉濃度，遠比康大試驗中塗上去的為低。因此試驗結果並不能代表事實真相，而且如果農民不採用種Bt玉米，以化學殺蟲劑控制歐洲玉米螟，對帝王蝶的傷害可能會更大。

Bt玉米接著面對的是，產生歐洲玉米螟抵抗力問題。一種藥劑如果不斷大量在環境中使用，遲早終會使受控制的生物產生抵抗力，肇致這種藥劑不再有效。DDT和不少藥用抗生素都遭受到這項命運。Bt玉米植物不斷向環境釋出Bt毒素，無疑將使歐洲玉米螟產生抵抗力的機率大增。其實害蟲產生抵抗力，頗像是遵照達爾文「物競天擇」的說法。在隨時充滿某種殺蟲劑的環境裡，能耐受住這種殺蟲劑的少數害蟲存活下來，互相交配，繁殖出具有更堅強抵抗力的後代，形成新的族群，使殺蟲劑完全失去效用。

對於這種歐洲玉米螟可能產生對Bt毒素抵抗力現象，最著急的是有機農場業者，如果沒有了Bt毒素這項終極武器可用，對他們來說，後果實在不堪設想，因為按照規定，有機農場也不得使用基因改變種子。因此這些業者聯合了環境活動份子和食品安全團體，在西元一九九九年2月向法院狀告聯邦環保署，促其立刻禁止農民種植Bt玉米。針對抵抗力問題，有些學者曾經提出過所謂高劑量／庇護所策略。就是在種植Bt玉米的田區，四週圍繞一條種植傳統玉米的庇護帶，使得在Bt玉米田區存活下來具有抵抗力歐洲玉米螟，和庇護帶沒有抵抗力歐洲玉米螟交配，不致繁殖具有強烈抵抗力的後代。

另外一個辦法是，把Bt的DNA中能產生不同作用毒素的兩個基因一起移植，因為要對兩種不同毒素同時產生抵抗力，機會相當少。挨告的環保署在這場糾紛中其實也是一肚子委屈。按照美

國科學院發佈的指引，引進基因改變種子，必須採取一步一步漸進方式，從實驗室走向實地試驗，再行推廣。可是Bt玉米卻完全沒有經過這個程序，就大量推廣種植。生物科技業者的答辯是，目前美國國內還有很廣大不是種植Bt玉米的玉米田，可以作為庇護所，達到防止歐洲玉米螟產生抵抗力的目的。因此應該有充分時間來發展新的更好防止歐洲玉米螟產生抵抗力科技。

Bt玉米引起的另一個問題是污染天然玉米品種。農作物品種需要時時予以更新，才能維持高度生產力，更新時需要引進其他天然品種交配，因此天然品種必須受到保護，以維持物種多樣性。玉米天然品種多在墨西哥，為了避免天然品種受Bt玉米污染，墨國政府在西元一九九八年就立法嚴禁農民種植Bt玉米。但是在利之所在誘惑下，這種禁令很難徹底做到。目前墨西哥已經陸續發現有人種植Bt玉米，引起全球農業界人士的密切注意。不過推廣Bt玉米的生物科技公司卻認為這是過度反應。因為玉米的DNA中有五萬到六萬個基因，只改變了一個，應該不是非常嚴重的事⁴。但是有些科學家認為問題並不是如此單純，更值得擔心的是，Bt玉米可能以優勢產生對本土純種玉米排擠作用，使其難以生存。

歐盟對基因改變農作物，一開頭就持有懷疑態度。Bt玉米和帝王蝶的紛爭一起，立刻趁機凍結批准有關Bt玉米的案子。此後並有意進一步停止批准所有牽涉到基因改變動物及植物的案子，肇致大西洋兩岸Bt玉米大戰，一觸即發。

生物科技發展，雖然看來像是必然趨勢，但是未知數也著實不少，值得警惕。就以Bt玉米來看，上面所說的三項紛爭，第一項目前似乎Bt玉米是稍佔上風，但長期影響及對其他蝶、蛾類的衝擊，尚有探討空間。第二項即使按照生物科技公司的說法，也不過只是給了Bt玉米一點時間來發展必要的新科技。至於第三項好像還在爭議階段，是否會成為一個潛在的地雷，還是未知數。

（本文原刊環境工程會刊第13卷第2期，民國91年5月出版）

參考文獻

- 1 林政行編，「植物抗蟲學」，台灣省立博物館，台北市，民國76.4。
- 2 Rebecca Renner, "Will Bt-Based Pest Resistance Management Plans Work?", *Environmental Science & Technology/News*. U.S.A., Oct. 1, 1999, pp.410A-415A.
- 3 "Butterfly Balls", *The Economist*, London, Sept. 22nd, 2001, p.70.
- 4 "The Tale of the Mystery Corn in Mexico, s Hills", *Newsweek*, Jan. 28, 2002, pp.50-51.