

# 2011 年商業生技作物與基改作物的全球現況

## 一、緒論

2011 年 10 月 31 日，全球人口抵達歷史里程碑，總共七十億人，生技作物栽種面積多達一億六千萬公頃，2010 年至今，總共成長了八個百分點，增加了一千兩百萬公頃。

2011 年是生技作物上市的第十六個年頭(1966 至 2011 年)，栽種面積連續成長十五年；光是 2011 年，就增加一千兩百萬公頃，成長率百分之八，總面積達到一億六千萬公頃。

## 二、生技作物，推行最快的栽種技術

1996 年栽種面積只有一百七十萬公頃，但邁入 2011 年，變成一億六千萬公頃，整整增加九十四倍。生技作物堪稱是現代農業史上，推行最快的栽種技術。

## 三、全球幾百萬農民選擇栽種生技作物，因為獲利甚豐

生技作物最強而有力的證明，就是 1996 至 2011 年，十六年來總共有二十九個國家，幾百萬農民自願選擇栽種與持續栽種生技作物，十六年來累積的耕作面積，超過十二億五千萬公頃，大小是美國或中國國土的二十五倍。趨吉避凶的農民，對生物科技信心滿滿，這才是他們選擇栽種生技作物的主要原因。生技作物提供實質利益，有利永續經營，對社會、經濟、環境都有好處。2011 年，歐洲研究也證實，生技作物是安全的動物飼料。

## 四、栽種最多生技作物的前十個國家，栽種面積都超過一百萬公頃

2011 年，二十九個國家栽種生技作物，其中十九個是發展中國家，其餘十個才是工業國家(參見表一與圖一)。栽種最多生技作物的前十個國家，栽種面積都超過一百萬公頃，替多角化栽種的目標，奠定穩固的全球基礎；前九個國家的栽種面積，甚至都超過兩百萬公頃。這二十九個栽種生技作物的國家，總共住了四十億人，超過全球一半人口。

## 五、2011 年，一千六百七十萬農民栽種生技作物，比 2010 年增加一百三十萬人-其中一千五百萬人，亦即其中九成，都是開發中國

## 家資源缺乏的農民

2011年，一千六百七十萬農民栽種生技作物，比2010年增加一百三十萬——其中一千五百萬人，亦即大約九成，都是開發中國家資源缺乏的小農。農民最懂得趨吉避凶，2011年，七百萬中國小農，加上七百萬印度小農，總共栽種一千四百五十萬公頃的生技作物，創下紀錄。Bt棉花種子可以大幅提高農民的收入，每公頃農地增加兩百五十美金的盈收，殺蟲劑用量減半，農民大可不用接觸過多殺蟲劑。

## 六、 全球大半的生技作物，都是發展中國家所栽種的

1996年以前，生物科技還沒上市，某些評論家言之過早，以為生技作物只適合工業國家，開發中國家絕對不會栽種。2011年，開發中國家生技作物栽種面積，成長11%，總面積達到八百二十萬公頃，工業國家成長5%，總面積達到三百八十萬公頃，不論成長率或栽種面積，開發中國家都是工業國家的兩倍。說到1996至2010年生技作物累積的經濟效益，開發中國家也是大勝工業國家。光是2010年，開發中國家就從生技作物獲得七千七百萬美金的經濟效益，高於工業國家六千三百萬美金。

## 七、生技作物栽種面積一千六百萬公頃，混合型基改作物就佔了25%

混合型基因是生技作物的一大特色。2011年，有十二個國家栽種混合型基因生技作物，其中九個是發展中國家，這很振奮人心。2011年，生技作物栽種面積一千六百萬公頃，混合型基改作物就佔了25%，四千兩百二十萬公頃，還記得2010年，生技作物栽種面積一億四千八百萬公頃，混合型基改作物只佔22%，三千兩百二十萬公頃。

## 七、 栽種最多生技作物的發展中國家，分別是中國、印度、巴西、阿根廷、南非，生技作物產量是全球的44%，人口也是全球的40%

栽種最多生技作物的發展中國家，分別是亞洲的中國與印度，南美洲的巴西與阿根廷，以及非洲的南非，總裁種面積高達七千一百萬公頃(佔全球的44%)，人口也是全球的40%(全球人口目前七十億，不到2100年就會達到101億)。不到2100年，光是非洲就可能從現在的十億人口(佔全球人口15%)，增加到三十六億人(佔全球人口35%)。屆時糧食價格必定水漲船高，全球糧食安全會是天大的難題，這時候生技作物可能有所貢獻，卻不是萬靈丹。

## 八、 巴西，生技農業的成長引擎

巴西生技作物的栽種面積，總共三千零三十萬公頃，排名全球第二，僅次於美國，堪稱是生技農業的後起之秀。巴西連續三年都是全球生技農業的成長引擎，生技作物栽種面積的成長率勇奪第一，增加了四百九十萬公頃，破了記錄，這等於一年成長兩成。全球生技作物栽種面積一億六千萬公頃，巴西就貢獻了19%，還不斷拉近和美國的差距，鞏固巴西生技農業龍頭的地位。巴西靠著快速審核制度，2010年核准八個項目，2011年10月15日以前，又核准六個項目。巴西首次核准混合型基改黃豆，2012年上市，這款黃豆能夠抗蟲害、抗除草劑。巴西政府研究機構 EMBRAPA，每年提撥十億美元，獨力研發國產基改豆類，可以抗病毒，最後批准上市(稻米和豆類是拉丁美洲的主食)，由此可見，巴西擁有傲人的研發技術，還可以快速核准上市先進的生技作物。

## 九、美國生技作物的產量世界第一，栽種面積六千九百萬公頃(佔全球的43%)

美國依然是生技農業的老大哥，栽種面積六千九百萬公頃。2011年成長最多的是玉米和棉花，同年，紫花苜蓿再度復耕，栽種面積二十萬公頃，排名第四，僅次於玉米、黃豆與小麥，大約2015年，紫花苜蓿的採用率可能高達35%至50%，往後還會節節攀升。其中推行最快的生技作物，就是甜菜，採用率95%，相當於四十七萬五千公頃。美國研究計畫與合作研究計畫都發現，生技作物不怕玉米根蟲。此外，生技農業也應該鼓勵優良的栽種方式，例如輪耕。最後，美國所研發的抗病木瓜，2011年12月1日，在日本合法上市，作為新鮮水果與食物。

## 十、 Bt 棉花改變印度的棉花栽種情況

2011年，印度棉花已經連續豐收十年，從此變成印度最有生產力、最賺錢的作物，這可是天大的成就。Bt棉花很特別，這是雜交種，而非變種。2011年，印度Bt棉花的栽種面積，突破一千萬公頃歷史大關，佔棉花總栽種面積一千兩百一十萬公頃的88%。主要受惠者是七百萬的農民，每位農民平均栽種1.5公頃的棉花。回顧2002年，Bt棉花的栽種面積只有五萬公頃，2011年增加到一千零六十萬公頃，等於十年內增加212倍，破了紀錄。Bt棉花提升農民收入，2002至2010年間，收入增加九十四億美金，光是2010年就增加25億美金(Brookes and Barfoot, 2012)。因此，Bt棉花改變印度的棉花栽種情況，產量大幅提升，殺蟲劑用量減半，再加上福利津貼，資源缺乏的小農與家人脫離赤貧。Bt茄子正在印度等候批准，在菲律賓，準備2012年3月核准上市，茄子在印度有「蔬菜皇后」之稱，深受大家喜愛，但容易有病蟲害，而Bt茄子能夠減少殺蟲劑用量，實為消費者的福音。

## 十一、 七百萬中國小農，栽種三百九十萬公頃的 Bt 棉花，獲益甚豐

七百萬中國小農，栽種三百九十萬公頃的 Bt 棉花(每個農民平均栽種半公頃棉花)，採用率創下歷史新高，達到 71.5%。中國政府再三申明，研發生技作物，必須遵守嚴格的生物安全標準。2009 年，中國確認植酸酶玉米與 Bt 稻米不會危害生物安全，並定期展開田間試驗。基改玉米向來是當紅炸子雞，因為肉類需求增加，國產基改玉米可以作為動物飼料。只要國產基改玉米產量增加，就不用依賴進口玉米。2013 年，菲律賓即將核准黃金米上市，這項決定對中國、越南、孟加拉影響很大，這三國都正在評估當中。

## 十二、 墨西哥希望基改棉花能夠自給自足，也希望提升國產玉米的產量，以免過度依賴進口玉米

2011 年，墨西哥栽種十六萬一千五百公頃的基改棉花，採用率 87%。基改大豆栽種面積十七萬五千五百公頃，但回想 2010 年，明明只有七萬一千公頃，整整增加 1.46 倍，成長率驚人。墨西哥後續幾年的目標，就是棉花自給自足。經過私部門、公民社會、公部門不斷討論，終於建立「最優良的管理制度」，協助墨西哥農民栽種基改棉花，墨西哥北方幾州，每年核准栽種並販賣三十四萬公頃某種基改棉花(Bollgard II/ Flex and RR Flex)。近來最重要的發展，就發生在 2009 年，基改玉米終於邁入田間試驗階段，試驗一直持續到 2010 年 11 月。墨西哥栽種七百萬公頃的玉米，但每年進口一千萬噸的玉米，跨國交易成本高達 25 億美金。只要墨西哥北方的國產混種玉米產量增加，就能省下跨國交易成本。1996 至 2010 年間，墨西哥農業收入預估增加一億兩千一百萬美元，光是 2010 年，就增加一千九百萬美元。未來前景看好(Brookes and Barfoot, 2012)。

## 十三、 非洲大有斬獲，三個國家開始栽種基改作物，另有三個國家邁入田間試驗階段

2011 年，非洲的生技農業，不論從栽種、管制與研究三個層面來看，都是穩定成長。三個非洲國家核准基改作物上市(南非、布吉納法索、埃及)，三國生技作物的栽種面積共有兩百五十萬公頃。另外三個非洲國家(肯亞、奈及利亞、烏干達)邁入田間試驗階段，馬拉威等國的田間試驗正在等候批准。田間試驗鎖定非洲窮人的主食，例如玉米、木薯、香蕉、番薯，全都大有斬獲。非洲省水玉米計畫所研發的耐旱玉米，在肯亞、南非與烏干達都進入第二季的試驗階段。

## 十四、 阿根廷與加拿大分別排名第三與第五，仍然不斷成長

阿根廷排名第三，加拿大排名第五，名次和去年一樣，但栽種面積再度創下新高，阿根廷兩千三百七十萬公頃，加拿大一千零四十萬公頃。阿根廷成長最多的是基改玉米，增加九十萬公頃，加拿大抗除草劑油菜籽的栽種面積，也增加了

一百六十萬公頃。

## 十五、澳洲棉花栽種面積創下歷史新高，其中 99.5% 都是基改棉花

澳洲歷經三年乾旱與洪水肆虐，棉花栽種面積終於創下歷史新高，其中 99.5% 都是基改棉花。澳洲還栽種十四萬公頃的抗除草劑油菜籽，兩種基改棉花和基改油菜籽的栽種面積，加起來就超過七十萬公頃。澳洲也投注不少心力研發基改小麥與甘蔗。

## 十六、歐盟栽種 114490 公頃的 Bt 玉米，採用率 23~26%，比 2010 年增加 297 公頃

六個歐盟國家(西班牙、葡萄牙、捷克、波蘭、斯洛維亞、羅馬尼亞)總共栽種 114490 公頃的 Bt 玉米，採用率 23~26%，比 2010 年增加 297 公頃，其中西班牙就多了 85 公頃，採用率 28%，創下紀錄。另外兩國(瑞典與德國)還栽種少量新研發的高級基改馬鈴薯「Amflora」，目的是供應「種子」，供應對象是歐盟 114507 公頃的基改農田。Bt 玉米產量最多的前三個國家，西班牙、葡萄牙與捷克，栽種面積有所增加，但波蘭維持不變，羅馬尼亞與斯洛維亞反而下降。羅馬尼亞和斯洛維亞出現邊際遞減，栽種面積增加幅度不到一千公頃，這原因很多，例如申請程序繁瑣、呈報規定複雜。新研發的基改馬鈴薯「Fortuna」，能夠抵抗晚疫病(馬鈴薯的重大疾病)，所以是重要產品，目前還在等候批准，預定 2014 年上市。這項產品可望達成歐盟的政策目標與環保需求，避免使用過多的殺菌劑，也可以減少損失(否則光是歐盟，一年就有 15 億美金的農業損害，全世界就有 75 億的農業損害)，馬鈴薯農業也會變得更永續經營。

## 十七、歐洲中心的大事-四十一位支持生技／基改作物的科學家發出措辭強硬的公開信，這份請願書還有英國科學家的背書。另外，非洲生物科技利害關係人論壇成員，批評歐盟面對基改作物時，既偽善又傲慢。

2011 年 10 月，四十一位優秀的瑞典生物學家，遞給政治人物與環保人士措辭強硬的公開信，呼籲修改歐洲法律：只要生物技術通過科學評估，社會就有權利享受基改作物的好處。其他英國科學家也支持瑞典的請願書。肯亞籍的費力克斯姆波伊博士(Felix M'mboyi)，同時也是非洲生物科技利害關係人論壇成員，他抨擊歐盟既偽善又傲慢，也呼籲歐洲發展機構開放非洲自由運用基改作物，增加糧食產出，否則 2011 年底，全球人口達到七十億人，糧食勢必不足。費力克斯姆波伊博士說：「富裕西方國家擁有多種栽培技術，卻仗勢欺人，阻撓發展中國

家使用這些技術，不然糧食產量應該會提高。這種偽善與傲慢的態度，來自歐洲人「豐衣足食的生活」。2011年，肯亞政府頒布基改作物的施行條例，2009年《生物安全法案》列出其中要點，從此以後，肯亞可以栽種商業基改作物，成為第四個開放栽種基改作物的非洲國家。

法國中央行政法院，是法國最高的行政訴訟法院，支持歐盟法院九月的判決：2008年法國嚴禁孟山都 MON810 品種，此舉違反程序正義。中央行政法院判決，法國農業部「沒有提供足夠證據，證明 MON810 品種對人類動物健康或環境有重大危害」。

2011年，瑞丁大學探討歐盟對基改作物的管制，如何影響農民收入，結果發現，「如果栽種基改玉米、棉花、黃豆、油菜籽與甜菜的地方，本來就有這個農業需求或農業效益，農民利潤率每年會增加 5 億 7 千 5 百萬至 12 億美金」，但別忘了「這種利潤率是有前提的：核准國家不能太多，栽種面積成長率不能太高，新基改項目一上市，別國農民也紛紛採用」。

## 十八、 生技作物促進糧食安全

1996 至 2010 年，生技作物提高農產量，總計有七百八十億美金；生技作物也有利環保，減少四億四千三百萬公斤的活性成分；光是 2010 年，就減少一百九十億公斤的二氧化碳排放量，相當於少了九百萬輛車；生技作物可以維持生物多樣性，省下九千一百萬公頃的土地；生技作物可以解決貧窮問題，幫助一千五百萬小農，其中一些小農，正是世界最貧窮的一群。

## 十九、 生技作物的採用率-基改黃豆依然領先群雄

2011 年，基改黃豆依然是主要的生技作物，栽種面積七千五百四十萬公頃，佔全球生技作物的 47%，第二名是基改玉米(五千一百萬公頃，佔 32%)，第三名是基改棉花(兩千四百七十萬公頃，佔 15%)，第四名基改油菜籽(八百二十萬公頃，佔 5%)。

## 二十、 基因特徵的採用率-抗除草劑基因依然是主流

基改作物 1996 年至 2011 年上市以來，抗除草劑基因一直是主流。2011 年，大豆、玉米、油菜籽、棉花、甜菜、紫花苜蓿都有轉殖抗除草劑基因。生技作物的栽種面積一億六千萬公頃，抗除草劑基因就遍及五千九百萬至九千三百九十萬公頃的土地。2011 年，混合型(混合兩三種基因)基改作物的栽種面積(四千兩百二十萬公頃，佔全球生技作物的 26%)，多於抗病蟲害的品種(兩千三百九十萬公頃，佔 15%)。2010 年至 2011 年，混合型基改作物普及率最高，高達 31%，抗除草劑和抗病蟲害基改作物分別只有 5% 和 10%。由此可見，農人比較喜歡混合

型基因特徵。混合型基因是生技作物的一大特色。2011年，有十二個國家栽種混合型基因基改作物，其中九個是發展中國家。

## 二十一、 我們的管理制度必須以科學為本，節省成本與時間，可靠嚴謹卻不繁瑣。建立這種制度，所需資源並不多，也沒有超出發展中國家的能力範圍

小而窮的發展中國家，急需建立以科學為本、節省成本與時間、可靠嚴謹卻不繁瑣的管理制度。窮國欠缺合適的管理制度，就無法適時採用生技作物，解決迫切的糧食安全問題(雖然不是萬靈丹)，尤其是非洲之角等國，2011年歷經旱災，一千萬人有飢荒的危險，再加上零零總總的原因，情勢益加惡化。

## 二十二、 2011年，光是生技種子市場的產值，就有一百三十二億美元，玉米、黃豆與棉花商品的產值，甚至超過一千六百億美元

2011年，光是生技種子市場的產值，就有一百三十二億美元，玉米、黃豆與棉花商品的產值，甚至超過一千六百億美元。2011年研究估計，一項新研發的生技作物／基因特徵，大概要耗費一億三千五百萬美金，從事研發與授權。

農業諮詢公司 Cropnosis 估計，2011年生技作物的全球市值，大約是一百三十二億美元(2010年是一百一十七億美金)，佔了全球農作物保護市場的22%(農作物保護市場總產值五百九十六億美金)，佔了商業種子市場的36%(商業種子市場總產值三百七十億美金)。說到全球產地利潤，商業「成品」(包括生技穀物等收割後的產品)遠高於生技種子(一百三十二億美金)-根據2008年的資料外推，2010年生技作物「成品」的全球產值，大約一千六百億美元，而且估計每年成長10%~15%。

## 二十三、 核准項目對生技作物的影響

2010年，有二十九個國家栽種商業生技作物，加上另外三十一個國家，在這六十個國家，只要符合法律規定，就可以進口生技作物，作為糧食與飼料，並釋放到環境中。2011年，土耳其首度核准生技作物進口，1045件核准案，核發196個項目、25種作物。因此，總共有六十個國家核准生技作物進口，作為糧食與飼料，並釋放到環境中，其中包括主要糧食進口國日本，日本國內沒有栽種生技作物。六十個國家裡面，核准最多生技作物的國家依序如下：美國、日本、加拿大、墨西哥、南韓、澳洲、菲律賓、紐西蘭、歐盟、台灣。核准項目最多的作物依序如下：玉米(65項)、棉花(39項)、油菜籽(15項)、馬鈴薯與黃豆(各14項)。最多國家核准的項目依序如下：抗除草劑的黃豆項目 GTS-40-3-2(25國核准，歐

盟全體併為一國)、抗昆蟲的玉米項目 MON810(23 國核准)、抗除草劑的玉米項目 NK603(22 國核准)、抗昆蟲的棉花項目 MON1445(14 國核准)。

## 未來

2011 年 10 月 31 日，聯合國宣布，全球人口突破七十億大關，但明明十二年前，1999 年 10 月 31 日才剛出現第六十億個人，阿德南納維克。不到 2050 年，人類所需糧食就是現在的 1.7 倍，為了發展中國家二十五億資源不足的農民著想(世界最窮的人)，糧食產量必須加倍。可惜目前發展中國家的農業投資不足，每年只有一千四百二十億美元，但從現在開始，直到 2050 年，每年都應該投注兩千零九十億美元才夠，所以還要補足六百七十億美金。過去的作為，是預測未來的重要指標，1996 年生技作物上市以來，這十六年所犯的錯誤、所作的貢獻，我們都會一一回顧，並根據全球生技作物的挑戰與機會，評估未來糧食的供應情況。

## 挑戰

印度糖廠協會(ISMA)的主要目標，就是緩解貧窮與飢餓的問題。貧窮與飢餓危害十億人的生活，這是道德所不能容忍的人類苦難。如今，貧窮主要發生在農村，但未來就難說了，因為都市人口持續增加，佔全球人口半數以上。2011 年，五成窮人是資源不足的小農，其餘兩成是沒有土地的農村居民，只能仰賴農耕維生。因此，七成窮人依賴農業。有人認為這是問題，也有人發現契機，因為傳統農耕技術與先進生物科技，都可以緩解貧窮與飢餓的問題，不到 2050 年，糧食、飼料與纖維產量都可望倍增。

### 一、 人口、貧窮與飢餓

2011 年 10 月 31 日，是重要的日子，地球第七十億人誕生了。聯合國人口部門原本預測，2050 年全球有九十二億人，後來上修到九十三億人。更重要的是，聯合國原本以為 2050 年全球人口就會持平，但後來又改口，全球人口會持續攀升到二十一世紀末。2100 年，全球會有一百零一億人。非洲人口成長率高居不下，糧食本來就供不應求，但不到 2100 年，非洲人口會從十億人(佔全球百分之十五)，增加到三十六億人(佔全球百分之三十五)。非洲國家的「高生育率」，給非洲造成前所未有的難題，糧食不足的非洲國家，例如索馬利亞、肯亞、衣索比亞與吉布地，一千多萬人可能鬧飢荒，主因是非洲人長久以來的天敵——可怕的旱災。所幸目前有完整的糧食安全計畫，各種推廣策略(政策、穩定人口、減少糧食浪費、妥善分配糧食)善用傳統技術與生物技術，努力達成不可能的任務——在 2100 年養活一百零一億人，其中三分之一是非洲人。

## 二、商品價格

2008年中發生糧食危機，糧食價格創下歷史新高，數億窮人生活困苦，因為糧食佔窮人日常花費的七八成。三十個國家發生糧食暴動，兩個政府因此垮台，主要糧食出口國紛紛禁止出口，確保國內糧食供應無虞。2011年初，2008年糧食危機再度重演，聯合國糧食暨農業組織的糧食指數，竟然比2008年還高。來到政治最前線，法國總統薩柯奇與G20把穩定糧食價格視為當務之急。慈善家比爾蓋茲也把更多資源，投注在開發中國家的農業上。觀察家認為，糧食低廉的時代宣告結束，因為亞洲出現富裕的中產階級，糧食與肉品需求都會增加，飼料需求也跟著大增。

## 三、 聯合國千禧年發展目標(MDG)

貧窮與飢餓密不可分，目前有十億人身陷貧窮與飢餓，主要都分佈在發展中國家。不過，每當爆發經濟危機，就連美國，就連全球最先進、最強盛的經濟體，貧窮人口也高達全國的15.1%(1993年以來的最高點)，相當於四千六百二十萬人失業，創下歷史新高。十年前，也就是2001年，全球社會立下誓言，也就是聯合國千禧年發展目標，發誓不到2015年，貧窮人口就會減半，以1990年作為基準點。1990年，開發中國家的貧窮人口佔全國的46%(世界銀行估計)，不到2005年降到27%，所以2015年應該可以降到23%，距離現在還有四年。許多觀察家都出言提醒，發展中國家貧窮人口減半，不能只歸功於聯合國千禧年發展計畫，主要還是因為中國的貧窮率從1990年的60%，降到2005年的16%-竟然減少72%。

## 四、 黃金米，上市之路

經過十多年耕耘，黃金米正努力滿足菲律賓與孟加拉的法律規定。黃金米富含β胡蘿蔔素。在菲律賓，國際稻米研究機構(International Rice Research Institute, IRRI)把黃金米的基因特徵，轉植到IR64等亞洲稻米品種，例如菲律賓的PSBRc82稻米品種、孟加拉的BRRI dhan 29稻米品種。2010年，國際稻米研究機構，完成IR64-GR的第一季田間試驗，2011年菲律賓稻米研究機構(PhilRice)，完成PSBRc82的有限田間試驗。國際稻米研究機構科學家把黃金米基因轉植到孟加拉的稻米，方便孟加拉稻米研究機構(BRRI)從事有限田間試驗。目前有關黃金米是否安全的田間試驗與合法實驗資料，2013年都會交給菲律賓政府，2015年都會交給孟加拉政府。黃金米基因只存在於近親交配的品系，所以黃金米品種可以一再栽種，成本就和傳統稻米差不多。2013/2014年，菲律賓可望栽種第一批黃金米。

## 五、 生技作物對環境永續的貢獻

生技作物對環境永續有五種貢獻：

1. 對糧食的貢獻：穩定供應糧食與纖維，自給自足，例如糧食價格合理，農民不斷提升生產力與經濟利潤。

1996 年至 2010 年，十五年來，全球農民的經濟利潤累計七百八十億美元，其中四成來自成本降低(減少犁田，減少殺蟲劑用量、減少人力需求)，六成來自產量增加(增加兩億七千六百噸)。根據 2010 年的數據，76%的利潤來自產量增加(增加四千四百一十萬噸)，24%來自成本降低(Brookes and Barfoot, 2012)。

2. 保留生物多樣性：生技作物可以節省土地

生技作物可以節省土地，目前十五億公頃的生技作物耕地，生產力不斷提高，這可以減少伐林、維護森林的生物多樣性。開發中國家每年大約有一千三百萬公頃的熱帶森林消失。如果 1996-2010 年間，沒有生技作物多生產兩億七千六百萬噸的糧食、飼料與纖維，我們必須額外栽種九千一百萬公頃的傳統作物，才会有相同的產量。為了九千一百萬公頃的土地，我們勢必會翻動不宜農耕的邊際地，砍伐熱帶森林，轉為刀耕火種之用，破壞生物多樣性。

3. 緩解貧窮與飢餓的問題

在開發中國家，例如中國、印度、巴基斯坦、緬甸、玻利維亞、布吉納法索、南非，生技產品上市還不到二十年，拜生技棉花所賜，一千五百萬資源不足的小農，收入提高不少，2012 年至 2015 年，除了生技棉花，還會有生技玉米與稻米。

4. 減少農業的生態足跡

傳統農業對環境影響甚鉅，但高科技可以減少農業的生態足跡。目前為止，生技農業發展如下：減少殺蟲劑用量、減少石化燃料用量、減少二氧化碳排放量(因為減少犁田)、保護土壤與保持水份(運用抗除草劑基因，減少犁田)。1996 年至 2010 年間，總共減少四億四千三百萬公斤的活性成分(相當於減少 9.1%的殺蟲劑)。殺蟲劑對環境的影響降低 17.9%，這是根據農業環境指數(Environmental Impact Quotient, EIQ)估計出來的，EIQ 指數考量各種因素，這些因素會影響個別活性成分對環境的淨影響。光是 2010 年就減少四千三百二十萬公斤的活性成分(相當於節省 11.1%)，EIQ 指數降低 26.1(Brookes and Barfoot, 2012)。

水資源使用效率提升，主要可以保護水資源，以免水資源枯竭。目前全球七成淡水，都用在農業，加上不到 2050 年，全球人口會增加 50%，衝破九十億大關，水資源顯然無法細水長流。2013 年，首批生技混種耐旱玉米，即將在美國上市。2017 年，首批生技熱帶耐旱玉米，即將在非洲次撒哈拉地區上市。耐旱基因可以催生更加永續經營的農耕體系，開發中國家特別需要，因為那裡的乾旱問題比工業國家嚴重。

## 5. 緩解氣候變遷，減少溫室氣體排放量

迫切而重要的環境問題，也是生技作物的考量重點。生技作物可以減少溫室氣體排放量，緩解氣候變遷。首先，生技作物可以減少殺蟲劑與除草劑用量，石化燃料用量隨之減少，二氧化碳排放量自然降低，2010 年因此減排十七億公斤的二氧化碳，相當於少了八十萬輛車。其次，生技作物可以減少犁田(抗除草劑的生技作物)，2010 年，土壤的碳固存量增加，二氧化碳排放量等於減少一百七十六億公斤，等於少了七百九十萬輛車。因此，2010 年，碳固存的長期減排量加上額外減排量，總共減少了一百九十億公斤的二氧化碳，相當於少了九百萬輛車(Brookes and Barfoot, 2012)。

氣候變遷迎面而來，旱災、洪水、氣溫變化，未來會變得更普遍、更嚴重，我們必須盡快改良農作物，趕緊研發新品種，適應快速氣候變遷。我們可以運用多種生技作物技術，例如組織培養、診斷學、基因體學、分子標記輔助育種(MAS)，藉由「加速育種」，緩和氣候變遷。生技作物藉由減少犁田，減少二氧化碳排放量、保護土壤、保持水份，並降低殺蟲劑用量，增加碳固存量。

總結上述五點，生技作物確實對環境永續貢獻良多。生技作物可以緩解氣候變遷與全球暖化的可怕影響。生技作物潛力無限。生技作物可以提升生產力，大幅增加收入，堪稱是農村經濟成長的引擎，也能幫助資源不足的小農脫離赤貧。

## 六、 氣候變遷與栽種

美國環境保護署引用聯合國跨政府氣候變遷小組的報告(IPCC, 2007)，列出影響氣候變遷與農業生產力的幾個因素，摘要如下：

1. 平均溫度升高，會造成以下結果：(1)對高緯度地區有利，拉長生長季節。(2)對低緯度的亞熱帶與熱帶地區不利，因為炎熱的夏天早就不利農耕。(3)提升土壤蒸發率，降低農業生產力。(4)旱災變得更頻繁、更嚴重。
2. 降雨量和降雨模式一變，就會影響土壤侵蝕情況與土壤溼度，而農產量關乎土壤侵蝕情況與溼度。高緯度地區降水量增加，亞熱帶低緯度地區降水量減少，有些地方大減 20%。

3. 大氣二氧化碳的濃度急劇增加，某些作物因此得利，但氣候變遷還有其他層面(例如溫度升高與降水量改變)，都可能抵銷二氧化碳增加所帶來的好處。
4. 二氧化碳排放量增加，對流層臭氧污染更嚴重，氣溫升高。二氧化碳濃度提升所提高的產量，又被抵銷掉了。
5. 熱浪、乾旱、洪水、颶風的頻率與嚴重程度改變，這是未來氣候最不確定的因素。
6. 氣候變遷會影響農業體系，製造新的病蟲害與疾病。

一般來說，高緯度工業國家的農業，受到氣候變遷波及的程度，少於低緯度亞熱帶與熱帶發展中國家，因為發展中國家農民適應能力比較差。氣候變遷對農業的影響，不只要看氣候變遷的情況，還要看農業部門的應變能力、調適速度、研發先進作物的能力。同樣地，我們也必須因應氣候變遷的需求，調整農作物管理制度。低緯度開發中國家又會比高緯度工業國家，更難調整農耕技術與做法，因為開發中國家的限制比較多。因此，開發中國家最辛苦了，貧窮人口多、缺乏技術、資源不足。

雖然氣候變遷可以有利某些地區的農業，但整體來說是不利的，全球糧食安全問題可能因此惡化。開發中國家本來就三餐不繼，未來情況可能更糟。

根據國際糧食政策研究機構(IFPRI)的分析，氣候變遷會危害農業與人類幸福，開發中國家受害最深，因為：

1. 主要農作物產量降低，南亞首當其衝。
2. 農作物產量有地區之別，但南亞一律會大幅減少。
3. 最重要的農作物，例如稻米、小麥、玉米、黃豆，因此漲價。飼料漲價，肉品價格提高。
4. 2050年，開發中國家的卡洛里攝取量會低於2000年。營養不良的孩童增加兩成。為了解決這些問題，國際糧食政策研究機構建議，年度農業投資增加七十一億至七十三億美元，增加卡洛里攝取量，解決氣候變遷對孩童健康與幸福的危害。

## 七、 生技作物對氣候變遷的影響

既然農業排放不少溫室氣體，說到緩解氣候變遷，生技作物可能是解決之道。不少研究證實，生技作物可以減少二氧化碳排放量。

1. 生技作物少用殺蟲劑，少用石化燃料與牽引機，二氧化碳排放量減少。
2. 目前生技作物栽種面積十六億公頃，面積不變，生產力提升，因此生技作物可以節省土地，減少伐林與二氧化碳排放量。
3. 抗除草劑生技作物不需要犁田，還可以增加碳固存，減少二氧化碳排放。

4. 抗除草劑生技作物犁田次數較少，可以保持土壤水份，避免土壤侵蝕，形成的有機物質，有利碳固存，可以減少二氧化碳排放量。
5. 生技作物可以克服非生物壓力(旱災、鹽分)與生物壓力(雜草、病蟲害)。面對適應氣候變遷，例如氣溫改變、水位改變(導致流行病、滋生寄生蟲)，傳統作物根本無法生長。例如：螟蛉導致棉花產量大減，有幾個國家從此不再栽種傳統棉花。
6. 生技作物比傳統作物適應能力更好——以「加速育種」迎戰快速氣候變遷。

## 八、 爭取環保人士對生技作物的支持

環保人士大多反對生技作物，但氣候變遷學者(唯一任務就是減少二氧化碳排放量，因為這是避免氣候災難的不二法門)都很支持生技作物，因為他們覺得生技農業是務實的解決辦法，可以同時解決糧食安全與氣候變遷的問題，「一石二鳥」。氣候變遷學者的正面看法，連帶改變某些環保人士的觀感。本文列出生技作物對環境永續的具體貢獻(進而緩解氣候變遷)——生技作物潛力無窮。曾經是環保運動領袖的馬克林納斯(Mark Lynas)與史都華布蓮德(Stewart Brand)，目前都公開承認，如果環保運動再繼續反對生技作物，就是和現有知識背道而馳，還會阻礙生技作物促進糧食安全、緩解氣候變遷。

史都華布蓮德認為：「環保運動再繼續反對基因改造，就會鑄下天大的錯誤。我們會餓死許多人、阻礙科學發展、破壞自然環境、害農夫喪失重要的工具。我們別忘了，綠色和平與地球之友的領導人，正在極力說服非洲人，飢餓對非洲人是有利的」。史都華布蓮德的同事認為，核能也有同樣的問題。環保人士反對核能，只是在幫倒忙，畢竟核能的替代方案(例如燃煤發電)反而製造最多二氧化碳，不但沒緩解氣候變遷，反而還惡化問題。

## 機會

### 一、 生技棉花-情況、未滿足的需求、未來展望

以下簡述生技棉花十五年來的情況與重大發展，順便探討未滿足的需求與未來展望。作者特別和奈爾佛瑞斯特博士、凱特亥克博士討論過，感謝他們不吝賜教。2011年，全球棉花栽種面積高達三千六百萬公頃，1966年以來，十三個國家成功栽種一億五千萬公頃的生技棉花。

2011年，農民紛紛栽種棉花，因為皮棉價格飆漲，一公斤飆到4.51美金，還記得兩年以前，一公斤只要1.30美金。好幾個國家的棉花栽種面積都大幅提升，舉凡印度、美國、中國、巴基斯坦、澳洲、墨西哥，他們都栽種生技棉花，生產力大幅提升，殺蟲劑只要傳統棉花的一半。

1996 年首度栽種生技棉花，1996 年也是生技作物上市的第一年。其中，抗昆蟲棉花(有 Bt 基因)與抗除草劑棉花最先上市，這對上述十三個國家影響很大，1996 年栽種面積少於一百萬公頃，2011 年竟高達兩千五百萬公頃。到目前為止，抗昆蟲的 Bt 棉花採用率比較高，2011 年一億公頃，混合型基因棉花三千八百萬公頃，抗除草劑棉花兩千兩百萬公頃。Bt 棉花的採用率和成長率向來保持第一，但未來最有潛力的，應該是混合型基因棉花(擁有抗昆蟲 Bt 基因與抗除草劑基因)。採用率可望提高。1996 年至 2011 年間，16 年所累計的栽種面積，總共一億六千萬公頃。

2011 年有十三個栽種生技棉花的國家，其中四個，栽種面積都超過一百萬公頃。印度一千零六十萬公頃，美國四百萬公頃，中國三百九十萬公頃，巴基斯坦兩百六十萬公頃。其餘九國分別是澳洲、阿根廷、緬甸、布吉納法索、巴西、墨西哥、哥倫比亞、南非與哥斯大黎加。2011 年，印度是最大的棉花生產國，生技混種棉花的栽種面積高達一千零六十萬公頃，採用率 88%。印度是唯一栽種生技混種棉花的國家，其餘國家都栽種生技變種棉花。

美國是第二大棉花生產國，率先栽種生技棉花，並不斷嘗試先進的生技棉花產品。1996 年，抗螟蛉的棉花原本只有一個 Bt 基因，不久增為兩個，抵抗力變得更強，目前甚至在研發三種基因的抗螟蛉棉花，具有多種抵抗機制。兼具三種基因，不僅可以降低抗螟蛉的失敗率，也可以控制更多種病蟲害。舉例來說，VIP3A 基因能夠控制 Spodoptera 蟲害，這種蟲害在埃及、中美洲等國家很常見。目前正在研發的幾種生技棉花產品，內含一種以上抗除草劑基因，可以抵抗多種除草劑，雜草問題就能有效控制。

1996 年至 2010 年，這十五年來，農夫收入增加兩百五十億美金，光是 2010 年就增加五十億美金(Brookes and Barfoot, 2012)。

### (一)未滿足的需求

目前尚未栽種生技棉花、尚未從中獲利的國家，主要集中在非洲次撒哈拉地區，至少有十五國，各國的棉花栽種面積都超過十萬公頃，所以未來共有四十萬公頃的棉花田，可能因此獲利。此外，埃及和北美也有潛在受益者。拉丁美洲也不例外，例如巴拉圭(2011 年剛剛核准生技棉花)，中美洲也是，中美洲本來栽種大量棉花，後來因為病蟲害回天乏術，只好停止栽種。至於東歐，例如烏茲別克，病蟲害沒那麼嚴重，生技棉花仍有經濟效益，另外，土耳其也種了六十五萬公頃的棉花。總言之，全球至少還有 20~25 個發展中國家或新興國家，棉花栽種面積超過十萬公頃，未來有可能像十三個栽種生技棉花的國家，賺得荷包滿滿，採用生技作物的國家只會越來越多，因為未來會不斷引進新的基因，如果原本採用單一抗昆蟲基因的生技棉花，未來會想辦法改種兩種基因以上的生技棉花——澳洲是模範生，短短一年就轉型成功。同樣，未來也會淘汰兩種抗昆蟲基因的生技棉花，改種三種抗昆蟲基因的生技棉花。

## (二)未來展望

中長期有幾種新產品，處於不同的研發階段。

1. 抗昆蟲：目前主要鎖定草盲與異翅目昆蟲，至於先前的頭號害蟲螟蛉，早已有效控制。
2. 抗疾病：抗病原體 Fusarium、Verticillium、Rhizoctonia、Pythium 與棉花捲葉病毒。棉花捲葉病毒在巴基斯坦與印度旁遮普(Punjab)都很常見；抗線蟲也是目前的研究重點。
3. 抵抗非生物壓力：尤其是乾旱。玉米長鬚的階段，千萬不能乾旱，期間不長，但棉花開花期可就長了。即使棉花是最耐旱的主要農作物之一，但耐旱工作仍然不可輕忽。
4. 抵抗特定非生物壓力的能力：鹽分、高溫、低溫、水災。
5. 提升營養使用效率。
6. 品質基因性徵，諸如纖維更強韌、油的品質更好、除去棉子酚的種子。
7. 長期下來，提升產量與生產力：引進上述基因、提升代謝效率(例如光合作用的效率)。

二、抵抗晚疫病的生技馬鈴薯-這是歐盟的大好機會，可以掌握研發與去管制的先機

運用野生馬鈴薯的多種抗病基因，研發出各種商業馬鈴薯品種，全球農民就有絕佳的機會，預防馬鈴薯晚疫病。1845年，晚疫病害愛爾蘭鬧飢荒，一百萬人喪生，一百五十年後的今天，晚疫病仍然是最可怕的馬鈴薯疾病(Haverkort et al., 2008)。光是這個疾病，每年害全球損失七十五億美元，其中歐洲就囊括十五億美元。五十年來，傳統馬鈴薯育種無法有效抵禦晚疫病，加上1980年代，晚疫病來勢洶洶，演化出更可怕的病株。歐盟公私部門攜手合作，組成科學網絡(Euroblight)，共享知識與技術，盡快打敗馬鈴薯的晚疫病。目前可行的作法，就是把多種抗病基因轉殖到市面主要的馬鈴薯品種。這個美好的未來，即將實現，多虧歐盟研究機構的努力，運用創新技術，以轉殖技術研發耐久的抗病基因。全球農夫每年可望減少七十五億的損失，但前提是，拿掉歐盟繁瑣的施行條例。因此，這是歐盟的大好機會，領先全球建立可行的管理架構，開放農民栽種轉殖品種，輕鬆省力，充分發揮這項科技的潛能。簡言之，基於下列原因，歐盟應該率先採用這項技術，更重要的是，開放基改作物的過程，必須以科學為本、節省成本與時間、可靠嚴謹卻不擾民。

1. 這項創新科技，有歐盟科學政策指令的背書，整個研發過程，也是歐盟科學家主導。其中最贊成研發生技馬鈴薯的歐盟國家，有荷蘭、英國、丹麥與德國。
2. 這項科技終於能長期抵抗馬鈴薯的晚疫病，一百五十年前，這種可怕疾病釀成大飢荒，如今又害全球每年損失七十五億美元，其中歐洲就囊括了十五億美元。

3. 成功的話，殺蟲劑用量就會降低，自然環境就會更安全、更永續發展。最大受惠者就是密集農業國家，例如荷蘭（殺菌劑用量很高）。
4. 馬鈴薯產量增加，全球糧食安全就有了保證，馬鈴薯是全球第四大主食。有了這項科技，非密集農業（殺菌劑的成本太高）的生產力提高最多，例如波蘭。未來歐盟可以藉由國際發展計畫，教導其他馬鈴薯生產國，如何提升產量、如何控制晚疫病，最後緩解貧窮，增進糧食安全，達成人道目標。
5. 傳統育種的馬鈴薯，耗費大量時間與資源就算了，還無法長期抵抗晚疫病。不過，結合生物科技與傳統育種技術，卻可以大幅節省成本與時間。
6. 轉殖技術所研發的生技作物／基改作物，內含多種無標示的抗病基因，可以轉移長期的抗病力，也可以共存。在歐盟，馬鈴薯無法和野生親屬交叉育種，馬鈴薯和油菜籽不同，馬鈴薯是無性生殖，不可能發生交叉授粉。
7. 氣候變遷的問題迫在眉睫，我們必須盡快結合傳統育種技術與生物科技，研發更高級的農作物。氣候變遷迫使我们應付更頻繁、更嚴峻的流行病、病蟲害與旱災。
8. 成功的晚疫病防疫計畫，也是迅速增加利潤的大好機會，你可以順勢添加別種抗病基因與抗昆蟲基因。
9. 國際認可的歐盟公私機構與公司行號，已經開始研發長期抗晚疫病的基改產品，第一項產品「Fortuna」，2014/2015年即將問世。現在最需要政治領袖與歐盟的支持。整個去管制過程，必須以科學為本、節省成本與時間，五億歐盟公民會因此受惠；重要的是，有了歐盟的支持，歐盟政府機構與私人公司就會積極研發糧食技術，展開各種糧食安全計畫。
10. 轉殖技術不同於基改技術，所以就算是管制物，也適用寬鬆的法規，但切記，一定要以科學為本，然後加速去管制化。適當的管制，對歐盟層級分明的政府機構影響很大，對全球資源不足的發展中國家更是貢獻良多，因為發展中國家急需新科技確保糧食安全，卻沒有能力從事轉殖研究與基改研究。

最近歐洲幾個團體呼籲重新評估基因改造法規。2011年10月，四十一位優秀的瑞典生物學家，遞給政治人物與環保人士措辭強硬的公開信，呼籲修改歐洲法律：只要生物技術通過科學評估，社會就有權利享受基改作物的好處。其他英國科學家也支持瑞典的請願書。

最近一份歐洲文獻(Tait and Barker. 2011)也呼籲歐盟修改基因改造法規；通篇探討全球糧食安全，以及歐盟對現代生物科技的管理，並獲得以下結論：

1. 「未來農業是否會以科技解決問題，端視歐洲管理體系，而非科學進展
2. 基改作物確實提升了產量，農耕變得更容易、更穩定

3. 由下而上的治理，取代由上而下的治理
4. 治理途徑與警戒途徑交互影響，所以基因改造法規會受到各方政治角力的影響
5. 基改作物的決策，必須考慮民意調查、焦點團體研究與公民陪審團的意見
6. 歐盟的主要目標，應該是運用科學與技術促進糧食安全。如果歐洲想達成糧食安全的目標，改善世界其他地方的糧食法規，歐盟勢必率先修法」。

### 三、公私部門協力，以及三種生技作物——私部門研發、公私部門合作研發、公部門研發

公私部門協力的主題，自然引發不少討論。目前有幾項計畫正在執行，其中一個計畫和蔬菜有關，這裡特別提出來討論。雖然蔬菜是高成本的農產品，卻很有潛力降低成本。蔬菜的栽種面積沒有玉米、黃豆、棉花、油菜籽那麼大，也不是跨國公司的研究重點。不過，這應該是契機，而非阻礙，因為開發中國家的公私部門就有機會替國內與區域市場，研發適合的基改技術。最棒的例子就是印度 Mahyco 公司。這個公司在印度展開 Bt 茄子計畫，樂善好施又創意十足，為了行銷 Bt 混種茄子，Mahyco 公司把 Bt 技術免費提供給印度政府機構，進行茄子開放授粉，而茄子正是印度的蔬菜皇后。Mahyco 公司的善行不只如此，還把 Bt 技術免費提供給菲律賓與孟加拉的政府機構——這就是所謂的雙贏！

可惜印度法律跟不上變化，阻礙農民與消費者適時採用 Bt 茄子，並享受 Bt 茄子的好處；但菲律賓和孟加拉就不同了，他們正在加速核准過程。Mahyco 公司還有研發別種基改蔬菜，例如秋葵、高麗菜、花椰菜、馬鈴薯，都可以提高生產力，有利環境保護(少用殺蟲劑)，也有經濟效益。印度政府本身也支持幾項基改蔬菜計畫，包括芸苔屬、番茄、高麗菜、花椰菜。因此，印度等發展中國家，都有能力展開公私部門合作計畫，利用各方的比較優勢，同時研發出三種生技作物：

#### 1. 私部門研發的生技作物(例如跨國公司與國內公司)：

分成全球市場、國內／區域市場，目前栽種面積一億六千萬公頃的第一代生技玉米、黃豆、棉花、油菜籽，通常都是私部門研發的。

#### 2. 公私部門合作研發的生技作物：

印度 Mahyco 公司的 Bt 茄子；孟山都與蓋茲芭菲特基金會合作，預計 2017 年，在非洲推出耐旱玉米；巴西 BASF 公司與 EMBRAPA 機構合作，推出抗除草劑的黃豆，已經核准上市。

#### 3. 公部門研發的生技作物：

中國農業科學院研發 Bt 融合基因棉花；植酸酶玉米與 Bt 稻米正在中國進行田間

測試；康乃爾大學岡薩維茲博士研發抗病毒木瓜，在夏威夷上市；巴西 EMBRAPA 機構獨力研發 phaseo/us 基改豆類，可以抵抗豆類黃化鑲嵌病毒(BGMV)。

上述計畫都是生技農業的一大進步，尤其當我們看到，開發中國家金磚四國之列的巴西、印度與中國，竟然擠身火車頭的位置。幾個開發中國家，例如中國與巴西，大幅提高政府機構的生物科技預算(巴西 Embrapa 機構的年度預算十一億美金)，自行研發並核准國產基改作物，前途一片光明。中國如同印度，也有各種基改蔬菜計畫，例如番茄、馬鈴薯、高麗菜、甜椒、辣椒。我們最後別忘了，南方國家開始密切合作，分享知識與經驗。另外，巴西和中國也逐漸肩負振興非洲農業的責任，提供非洲合適的生物技術，況且南方熱帶國家研發的技術，也比溫帶農業環境研發的技術更適合非洲，加上非洲與巴西都是熱帶環境，未來有機會開啟合作計畫，共同解決新的農業問題，例如氣候變遷導致熱帶地區溫度升高。非洲少不了這些夥伴，因為 2100 年，非洲人口會變成現在的三倍，2010 年只佔全球人口六分之一，到了 2100 年，就會變成全球的三分之一。

#### 四、 2012 至 2015 年的未來展望，千禧年發展目標年

2012 至 2015 年生技作物的採用情況，取決於下列三個因素。首先，盡快建立適當、節省成本／時間、可靠的管理制度。其次，政府意志堅定，提供財務與實質支持。第三，持續改良生技作物，滿足工業國家與開發中國家的需要。

生技作物上市至今尚未二十年，說到 2012 至 2015 年，可以樂觀看待，但也別得意忘形。2010 年是豐收的一年，生技作物栽種面積創下歷史第二個的新高，2011 年正式邁入穩定成長的階段，成長態勢可望延續到 2012 年，未來會有新國家採用生技作物，成為第三十個栽種生技作物的國家。2011 至 2012 年穩定成長以後，後勢看俏，預計會有十個國家初次採用生技作物，2015 年，栽種生技作物的國家數目突破四十大關，其中可能是三個亞洲國家，七個非洲次撒哈拉地區的國家，也可能有拉丁美洲／中美洲與西歐／東歐國家加入。不過，西歐情勢難以預測，因為生技農業的議題，不只涉及科學與科技，還是政治議題，社會團體都想左右輿論。抵抗晚疫病的生技馬鈴薯，給歐盟一個絕佳的機會，趁勢加入獲利甚豐一族。

目前四大生技作物(玉米、黃豆、棉花、油菜籽)的採用率八成會提高，2011 年栽種面積總計一億六千萬公頃，但全球生技作物栽種面積可望達到三億兩千萬公頃，所以大約有一億六千萬公頃的拓展空間，其中三千萬公頃落在中國，那裡對玉米的需求與日俱增(作為飼料，因為肉類需求增加)。中短期來看，種植生技玉米與稻米，並殖入耐旱基因(先轉殖到玉米，再轉殖到其他作物)，能夠鼓勵全球更多人栽種生技作物。第一代生技作物，幫助作物對抗病蟲害與雜草，提高農產量與生產力，第二代生技作物提供農民別的誘因，改良農作物的品質。舉例來說，品質基因性徵，例如增加稻米所含的維他命、去除黃豆的反式脂肪、降低飽

合脂肪、增加黃豆所含的 Omega-3，這些產品會更加普遍，一來有消費者喜愛的基因性徵，二來有更多的輸入基因性徵(input traits)。五年前，北美決定延緩引進抗除草劑的生技小麥，但這項決議重新被提起。目前不少國家與公司，正在快速審查一系列小麥基因性徵的研發計畫，舉凡抗旱基因、抗病基因、品質基因。第一批生技小麥，可望在 2017 年左右上市。

總而言之，從目前到 2015 年，甚至更往後的未來，生技作物的前景可說一片光明：未來會有十個開發中國家，加入栽種生技作物的行列，主要是亞洲與拉丁美洲國家。我對未來審慎而樂觀。非洲會是未來的主角，第一批耐旱小麥，2013 年在美國上市，2017 年在非洲上市。2013/2014 年，黃金米會釋放到菲律賓的環境。中國生技小麥的栽種面積可能高達三千萬公頃，說到 Bt 稻米，光是亞洲窮人，就可能從中獲利十億美金。雖然生技作物不是萬靈丹，卻有可能對千禧年發展目標貢獻良多，貧窮人口因此減半，農業生產力因此提升，如果公私部門攜手合作，還會加分不少，另外，新一代的慈善基金會也開始資助貧窮發展中國家的農業，例如蓋茲巴菲特基金會。

## 五、全球糧食安全危機與全球經濟危機的共通點

目前全球經濟危機和即將到來的全球糧食安全危機，剛好有五個共通點：

1. 背後主要是政治障礙，而非技術障礙
2. 必須盡快採取行動，所需的金錢與資源，前所未有的多，如果少了適當而及時的補救行動，危機可能會蔓延，甚至造成社會動盪。
3. 主要的新興國家，例如巴西與中國會安然度過風暴，比西方領導的全球政治組織更有調適能力。
4. 化解危機的意志不夠強烈，彷彿隨便貼上 ok 繃，可惜傷勢如此嚴重緊急，非得馬上動大手術不可：可惜動作太沒魄力、太慢了。
5. 全球行動缺乏帶頭的領導者，領導者必須很可靠、有能力、獲得全球社會的信任，還能夠把失序的世界濟弱扶正，化解危機。

化解危機的三大步驟：

1. 全球社會必須發現問題在哪，彼此有共識，也懂得分析問題的來龍去脈——彼此共享知識。
2. 先確定問題，找出大家都同意的解決辦法——解決問題的兩大步驟，定義問題、思考解答。
3. 工業國家、新興國家與發展中國家的公私部門，必須有共識，合力執行同一個計畫。

## 結論

未來五十年，全球消耗的糧食，會是一萬年前(農業創始)至今消耗量的兩倍。太驚人了！可惜全球大多數人，還不知道未來有難題等著我們(餓飽一百零一億的人口)，也不知道新生物科技的貢獻，生技作物的栽種面積已有一億六千萬公頃，佔全球可耕地的 10%。

既然大家不瞭解問題，也不清楚生物科技的貢獻，ISAAA 早在十年前就展開計畫，跟全球社會分享生技作物的科學知識，也不忘尊重各個社會深思熟慮以後的決定。其中兩項計畫特別成功，一個是 ISAAA 的年度報告，主題是生技作物與現況與影響。2010 年 ISAAA 年度報告，大約有十八億讀者(將近全球人口的四分之一)，遍及七十五國，譯成四十種語言。ISAAA 年度報告是全球最多人引用的生技作物文獻。第二項格外成功的計畫，就是每週電子通訊，我們會簡述生技作物的幾項發展，特別和開發中國家有關。免費的每週電子通訊，名為「生技作物新知」(Crop Biotech Update, CBU)，目前有十二億訂戶，遍及兩百個國家，譯成十多種語言，例如中文、阿拉伯文、西班牙文、葡萄牙文、法文等。2011 年，「生技作物新知」訂戶不斷增加，平均每個月增加一萬五千名，由此可見，大家都很想瞭解生技作物。大約八成訂戶來自發展中國家。訂戶群主要有幾種：學生(35%)、教師與教員(32%)、科學家與研究員(12%)、私部門(9%)、政府官員(6%)、非政府組織與媒體(6%)。

ISMA 是二十多年前創立的，目標是建立夥伴關係，方便工業國家(尤其是私部門)把生物技術，轉移給開發中國家資源不足的小農(這群人是世界主要的貧窮人口)。1990 年 ISMA 創立以來，我們逐漸發現，民眾不瞭解生技作物，才是推展生技作物的一大阻力。

資料來源：Clive James. (2011). Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2011. ISAAA Brief No.43. ISAAA: Ithaca, NY.