

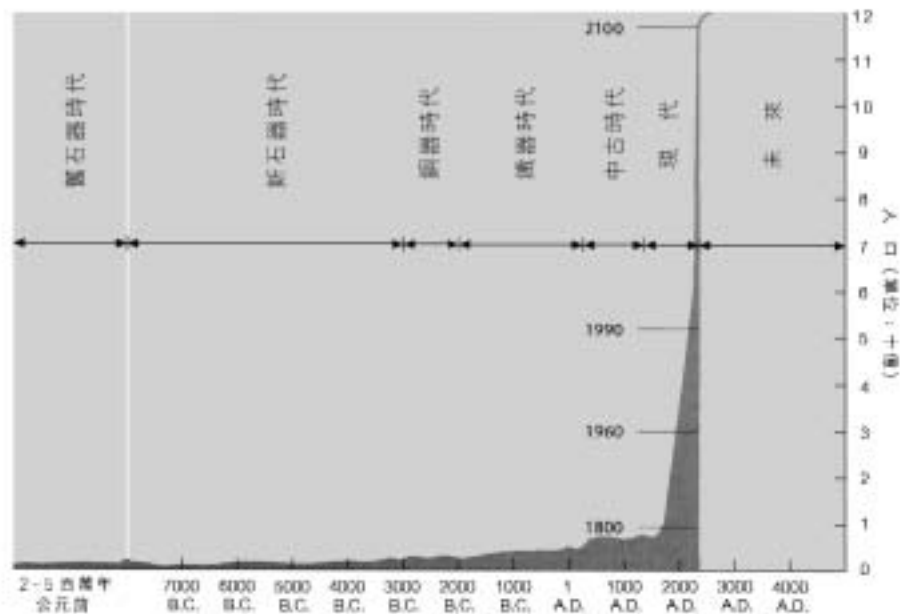
# 現代農業： 從育種到生物技術

• 孔憲鐸

## 一 前言

世界人口激增，是農業增產的主要原動力。1900年，世界人口數目是16億；到1960年，就超過30億。換言之，在60年內增加了1倍。據目前的估計，到公元2000年，全球人口將突破60億。亦即是說，現在只須40年，人口就能倍增。事實證明，中國人口從1949到1989年短短40年間，由5億增至11億多，增幅超過1倍。現在中國每年人口增加達1,500萬以上，幾乎每秒鐘就有1個嬰兒誕生，所以下一次人口倍增所需的時間將會短於30年。果真如此，在2000-2030年的30年間，世界人口將由60億再增加1倍，這實在是一個驚人的推論。然而，人口要再倍增是不太可能的，因為將來的增幅不會像以前那麼大，過去人口增

圖1 世界人口增長圖



加的最大原因，是嬰兒死亡率降低和老年人壽命延長，這些都是由於近代醫藥衛生發達和食物營養提高的結果。

目前控制人口的最有效措施是節育。但由於各國文化背景不同，節育的手段也不一樣。至於嬰兒死亡率，目前除了少數落後地區之外，已減至最低程度。老年人壽命從1936年的41歲延長到1956年的61歲，幾乎每年增加1歲；可是從1956年到1996年的40年間，則由61歲延長到76歲，只增加15歲，以後也許還會增加，但幅度一定較低。

生活品質提高是另一個農業增產的原動力，其主要結果是令肉類消費大增。僅就中國而言，從1950年到現在，家禽和魚肉的消費量幾乎增加了4倍，蛋的消費量則增加了8-9倍。人們對這些家畜食物的需求，大大加強了糧食消費量的壓力，造成在有些情況下人畜爭地爭糧，因為人畜的食物都要靠土地上生出來的農產品。一般而言，動物蛋白質是由植物蛋白質轉化而來，在正常情況下，每形成1磅動物蛋白質要消耗許多磅植物蛋白質。譬如說，每生產1磅雞肉需要2磅植物蛋白質，豬肉要4磅，牛肉則要7磅。所以，肉類消費愈多，植物蛋白質的需求也就愈大。因此，同樣一幅土地，以前可以養7個吃豆類產品的人，現在只能養1個吃牛肉的人了。此外，人均酒類消費量從1950年到現在也增加了12倍。酒是由穀物釀製出來的，因此它又形成了額外的糧食支出。

第三個農業增產的原動力是耕地減少。在都市化的浪潮下，大量設立工廠、興建房屋以及發展交通網，在需要土地，而這些很可能是從耕地搶過來的。目前由於上述原因而減少的耕地面積，在中國每年達600萬畝之多。

由於上述三個原因，人類對農業生產的需求越來越大。農業增產最初是靠自然選擇，接着是靠植物育種技術，它為農業的增產與改良帶來了莫大貢獻。但一般植物育種技術費時費力，未能趕上不斷膨脹的時代需求，因而將嶄新的生物技術應用於農業增產與改良上，也就成為熱門課題了。

下面我將從植物育種、組織培養到生物技術的發展過程，作一個概括介紹。

## 二 植物育種

植物育種 (Plant Breeding) 的技術、操作和方法很多，但都離不了以下四個基本原則，這都是根據染色體的異同和親合性而決定，從而選定育種的可行性與方法。當然植物育種是從整個植株下手的，時期是在開花的季節。

### (1) 純系育種

將遺傳性質相近或相同而質量優良的純系選出來(例如植株的高低可以分開)，使其代代自交相傳，是基於其染色體相同及其所帶的基因相同的緣故。這是最早採用的育種方法：它先是在自然界選擇優良特性，將之分離，然後大量

推廣，但整個過程並沒有用人為的方式改良既有或自然的遺傳性狀。

純系育種 (Pure Line Selection) 的選擇容易，所以很早就被廣泛使用，因而很快就把自然界的優良純系都一一篩選出來了。但因為自然界的優良純系有限，這方法很快就遇到限制，等到再沒有優良純系可以選擇的時候，就只有另謀出路。此外，純系育種的另一特性是優良的純系傾向於變得更好，而較差的純系傾向變得更壞，所以需要特別注意。

## (2) 雜交育種

從事植物育種的人，很早就懂得利用雜種優勢 (hybrid vigor) 的原理來改良作物，這種方法和純系育種的原理相反。純系育種是靠自交分離而選擇，而雜交育種 (Hybridization) 則是靠雜交混合來達到目的。最顯著的例子是目前推行的雜交玉米，其單位產量是1930年左右沒有實行雜交時的4、5倍。由於雜交種子有退化現象，所以每次都需要準備雙雜交的種子，這為種子公司帶來無限的機會。

一般來說，雜種優勢的原理雖然仍未被切實證明，但在農業上的應用則非常普遍，其唯一限制是兩個雜交的品種必須是在遺傳上相近，否則就會產生不稔性，無法結成種子達到雜交的目的。雜交玉米的種子每年由種子公司以企業化規模大量生產及分銷，是農業商品化的典範。

## (3) 突變育種

突變 (Mutation) 是育種的方法之一，但它在育種上的應用和貢獻並不大，原因是大部分突變都不是良性的，所以用途不廣。此種育種方式多被用於觀賞性而非食用性的植物。

突變的成因有兩種：一種是自然界的突變，其機率不高；另一種是人為的突變。後者多用化學處理或X光照射種子引起染色體的突變，從而由眾多突變中選擇有用的加以應用，這種方法在大麥育種上曾產生良好成效。

## (4) 多倍體育種

植物不同於動物的其中一個特性是有多倍體 (Polyploidy)，一般多倍體植株和花葉都有增大趨勢，這在園藝作物上很有價值，所以實用的例子很多。其中之一就是用3倍體不稔的原理來生產無子西瓜，這種西瓜大受市場歡迎，經濟價值很高。無子西瓜是50年代由台灣鳳山園藝試驗所成功培育的，在育種過程中，以2倍體的西瓜與4倍體雜交，得到3倍體的種子。由3倍體種苗結出來的西瓜因其染色體的倍數是單數，所以在細胞分裂時不能配對而無法結種子，遂形成現在暢銷的無子西瓜。

植物育種的很多貢獻都是利用上述原則操作的。植物育種的成就在60年代的中、後期達到高峰，玉米、小麥以及水稻增產了2至3倍，世人稱之為「綠色革命」，以為可以藉此解決世界糧食問題，但1970年代初期的能源危機打破了這個美夢。因為綠色革命所育成的品種需要充足的水分和肥料，而灌溉和施肥都需要能源，如果能源價格高昂，往往得不償失，無法繼續推廣；尤其是



圖2 由小麥(左)與裸麥(中)經多倍體育種方式產生的Triticale(右)

小型農場因為能源價格太貴，成本過高，受益不多，所以很多推廣綠色成果的農戶，不得不再利用昔日的品種，回到昔日的操作方式。儘管如此，今日糧食的產量無疑比以前增加了很多。就以中國為例，1949年的人均可耕地為0.18公頃，人均穀類產量為208公斤，但在1992年人均可耕地只有0.08公頃，人均穀類產量卻反而增加到378公斤，單位面積的人均產量增加了4.5倍。植物育種的貢獻，功不可沒。

植物育種的最大限制，是基因來源的大小。一般而言，野生種愈多則基因來源愈廣，否則只有幾個近親雜交，選不出甚麼好的品系來，這說明了雜交的限制。為了要突破這一困難，植物組織培養提供了一個希望，因為組織培養的植物是不需經過交配的。

### 三 組織培養

植物和動物間的重要差異之一就是植物獨具的全能性 (totipotency)。在植物細胞中，不管是取自根、莖、葉或花果，只要是成活的細胞，就可以從中培養出整棵植株。人利用植物這個特性，發展了組織培養 (Tissue Culture) 法。組織培養為植物育種提供了更多的育種原料和方法，在大量繁殖優良品種上貢獻尤多，以後更推展到培養細胞 (cell) 以及原生質 (protoplast) 上，其所涉及的範圍更大，而所獲的效果更高。1960年代的原生質培養和1970年代的原生質融合 (protoplast fusion)，為植物育種帶來更多的機會和希望。例如將蕃茄 (tomato)

和馬鈴薯 (potato) 的原生質融合而創造育成 Pomato，即是一個史無前例的了不起突破。但由於其實用價值不高，故尚須繼續研究改良才有經濟價值。若有一日，能將蕃茄、馬鈴薯和煙草三種原生質融合，而育成一種新的植物，則其根、果和葉都具有經濟實用價值，這樣就會為植物育種帶來新的面目和生機。現在這個想法好像有點天方夜譚，但假以時日，是可能實現的，雖然到目前為止，組織培養在育種上的貢獻仍很有限。在這裏，我們已從一棵植株的育種進到一個細胞的育種，下步就是從一個細胞到一個大分子，這就牽涉到下面要介紹的生物技術。

## 四 生物技術

自從1953年發現DNA的結構以來，接二連三的其他發現，包括內切酶 (restriction enzyme)、質粒 (plasmid)、Ti-Plasmid和T-DNA以及植物細胞的再生力(regeneration)等等，促成了1970年代生物技術的發展。到了1983年，第一個轉基因植物 (transgenic plant) 試驗成功，那是將豆類植物的基因轉移到煙草上，這是第一次植物基因可以跨「科」(從豇科到茄科) 結合。一年以後，動物的基因亦很成功地被轉移到植物上，這就是將螢火蟲發光的基因轉移到煙草上而使之發光。繼此之後，生物技術 (Biotechnology) 在植物上的應用可以說是日新月異、進步神速。到目前為止，轉基因植物的種類與數目不下百餘種，從雙子葉植物到單子葉植物，從茄科到十字花科，從蔬菜到花果，從喬木到灌木，洋洋大觀。

到目前為止，轉基因植物的產生多用於基礎研究上，其經濟效益多在於病蟲害的防治和除草劑對植物的差別效用。目前已有多種抗病和抗蟲的轉基因植物上市，加上耐藏的蕃茄已在市場上推銷，顯示生物技術在農業上已開始作出貢獻了。

## 五 生物技術在農業改良上的前景

生物技術是利用生物過程和方法來製造商業產品，這一商品化過程為生物研究帶來無限的刺激與鼓舞，但同時亦帶來劇烈競爭，令許多有用資料不再像以前那樣可以公開交換和發表。再者，這項新穎技術對大眾來說是太陌生了，所以往往不被市場接受，甚至受到不公正的指責與杯葛，這是十分可惜的。生物技術應用於農業改良上，目的在於提高自然演變或進化過程的速度，並沒有創造任何不存在於自然界的基因而令其自由表達，有人指控這是「替天行道」、「充當造物主」，實在是一知半解的情緒性反應。但要一般人對這一技術有理解和採取客觀的態度，恐怕仍需假以時日。

農業改良的進展較工業為慢，有天然也有人為因素。就天然因素而言，生長季節長短、日照、雨量和濕度都靠「老天」調節；人為因素是，保守的農民會認為「人力不能勝天」，致令他們固步自封而不去尋找甚至創造機會，即使是已經由科學工作者創造或引進的新事物，他們亦不會輕易接受。最顯著的例子就是生物技術的推廣：不懂生物技術的人不知道應否接受，懂得一點的人又怕它會取代實施多年而成效頗著的「植物育種」。其實，這些顧慮都是不必要的，需要大家努力克服。值得再三強調的是，生物技術是對植物育種最新、最有效的輔助而不是代替。

生物技術的進步可以說是日新月異，我們應該選擇已具有實用價值的而優先應用在農業上，因為從長遠效果來看，農業上的效果遠較醫學上的來得重要。如果農業界有一天能栽種用生物技術培育出來的抗病、抗蟲、抗旱、抗鹼和抗寒的優良種子，產量不但可以馬上提高30%以上，成本亦會大幅降低；如果在寒帶和鹼土都可以耕種，而且沒有病害和蟲害的損失，又不須使用昂貴的藥物，那該是多麼理想。果真如此，不單能解決因人口增長而出現的糧食問題，同時亦不必擔心土地會因藥物、肥料以及其他化學品的污染而失去自然平衡。惟有這樣，人類目前的生活才能維持，而後代也不必因我們這一代的自私而受害了。

### 參考資料

- Committee on a National Strategy for Biotechnology in Agriculture: *Agricultural Biotechnology* (Washington D.C.: National Academy Press, 1987).
- S.D. Kung & C.J. Arntzen eds.: *Plant Biotechnology* (U.S.A.: Butterworths, 1989).
- K. Lindsey & M.G.K. Jones eds.: *Plant Biotechnology in Agriculture* (U.S.A.: Prentice-Hall, 1990).
- I.K. Vasil ed.: *Biotechnology: Science, Education and Commercialization* (U.S.A.: Elsevier Science Publishing Co. Inc., 1990).
- 盧繼傳、李健新：《未來社會經濟的支柱——生物技術》(中國新華出版社，1992)。
- S.D. Kung & R. Wu eds.: *Transgenic Plants, Volumes I & II* (U.S.A.: Academic Press, 1993).
- 季烽主編：《生物工程進展》(中國科學技術文獻出版社，1994)。

**孔憲鐸** 早年獲得多倫多大學植物生理及生化博士學位，曾在馬利蘭大學任職教授、代理系主任、副院長、農業生物工程中心主任及代理副校長等職，於1991年任職香港科技大學，現為該校生物系教授及學術副校長。研究領域為植物分子生物學及生物技術，曾發表論文120多篇，編著書籍十多冊。