

第九章 設施與生物技術

9.1 生物技術的定義及其發展的背景

1) 何謂生物技術？

「生物技術」一詞可依不同的界定方式而有不同的意義，並涵蓋不同的內容。廣義言之，任何應用生物系統以從事生產的技術，皆可稱為生物技術，因此舉凡醫學、農耕、畜牧、食品加工等技術皆屬之。但時下所謂生物技術，通常指的是應用微生物學、生物化學、遺傳學、以及分子生物學等知識，以從事於研發和生產的技術體系，屬於狹義的生物技術。在狹義的界定方式下，所謂農業生物技術，可分為植物組織培養和基因操控等兩大體系，前者包括微體繁殖、細胞培養、胚培養、花藥培養、細胞融合等，後者則包括遺傳標誌鑑定、基因選殖與轉殖、以及基因轉殖等技術體系。

2) 生物技術的發展與現今各國的態度

上述所謂狹義的生物技術大約發端於二十世紀七十年代，此新科技一開始即因其高度的應用潛力而廣受矚目，成為繼資訊科技之後的一顆閃亮新星。其中，基因選殖與轉殖技術，可將任何來源之遺傳物質導入任一生物體中，使生物遺傳特性之改造不受血緣限制，不但有助於提高品種改良之效率，甚至可依據吾人意志創造出新的物種。因而只要運用適當基因，則可隨意將生物體改造成特殊「工廠」，以生產吾人所需之物質，或令其具備前所未有的功能。應用此新科技，使人們能夠以生物繁殖力為基礎去從事生產，成為最不受資源限制的生產方式，為人類未來發展許下一個前所未有的願景，其應用潛力遂廣受矚目。然而由此所衍生的問題亦不可忽視，例如隨意「研發」的新物種對自然生態可能產生的影響，便是時下廣受討論與爭議的焦點。近年來生物技術的發展，不但使得人們對生命的認知產生深刻變化，超乎先前之想像；另一方面，其廣大的應用性對人類社會的影響亦日益明顯，並逐漸帶來前所未有的衝擊。演變結果，已使得生物技術的影響層面超乎科技範疇，而涵蓋社會、文化、倫理、道德等各方面。現今世界各國一方面受到生物技術的廣大實用性之吸引，在研發工作上無不傾力以赴；另一方面，則對其可能產生的巨大衝擊，極力採取各種策略，試圖加以管理與規範，以防止可能帶來的副作用。

9.2 生物技術有別於其他科技的特點

1) 兼具空前破壞力與強大拯救力的新科技

生物技術作為一種威力強大的工具，無疑的將對人類社會產生巨大的影響，但其影響方式如何？目前尚難論斷。但若以歷史發展之脈絡作為切入點，並就科技演化趨勢與影響力加以思考，則不難發現生物技術對人類前途之重要性與特殊性。有史以來，人類一直生存在兩個對立的層面中，其一為自然生態系中的生物層面，另一為超越自然生態系的經濟層面。由於至今為止，吾人所創造的經濟層面，皆非以自然生態體系為基礎之經濟運作，對大自然而言常屬掠奪性之行為。尤其近三百年來，人類社會的

發展和命運，與科學技術之間產生前所未有的密切關連，從最先的鋼鐵和能源技術所帶動的工業革命，進一步促進多種基礎科學的研究，以及各種應用科技的突飛猛進。這些進步的結果雖為多數人帶來福祉，徹底改變了生活方式，並導致世界人口大幅成長，同時也為地球生態環境造成極大壓力與迫害，此等現象充分顯示出科學與技術對人類社會作用的兩面性。生物技術亦然，經由操控遺傳物質以隨意改造生命體所產生的效果，雖可在應用上產生強大經濟利益，其對地球生命圈可能帶來的衝擊，則是一值得探究的未知數。

所幸從另一方面而言，由於生物技術同時也是一門研究生物科學及瞭解生命奧秘的基本工具，因此也是一門能促進人類反思的知識體系。藉由生物技術的發展和啟發，未來人類若能摒棄前此對科技的功利心態，改以虔敬之心面對，進而善用此尖端技術，以調和前述「自然生態體系」和「人類經濟體系」間的對立與矛盾，利用可以再生的「生物」作為資源，便有可能與地球本身所具有的自然淨化能力和平共存，使人類社會的繁榮得以和地球環境永續相處。如此，則此新科技不但可望帶來更大發展，更可望成為全人類的救贖工具，此為生物技術有別於其他科技之一大特色。

2)對設施具有特殊倚賴性的科技

生物技術另一項有別於其他科技的特色則是其對於設施具有特殊的倚賴性，設施對生物技術的各個層面均有極高的重要性。生物技術是一種集多種基礎科學的整合體，作為一種尖端的科技而言，它也是一種典型的複合技術。詳言之，生物技術至少是生命、電子資訊、機械等三種重要學科互相結合發展的結果，其本身即蘊含多角化和多樣化之特色。生物技術之研究發展，除了需倚賴各種精密儀器設備，對於設施亦具有極密切關係與高度的需求。在此所謂「設施」泛指人工環境控制之設備，包括各種常見的溫室、網室、生長箱等。此外，由於研發與應用過程的特殊需要，常需特別的溫室、網室以及環控設施等，以供應用。除了研發階段與應用階段的特殊需求，近年來為檢測生技產品之生態與食品安全性問題，更在研發階段進入應用階段的過程中間，衍生出對特殊功能設施的需求，此種專供各種安全評估用之設施，不只其精密程度為前所未見，其設計與研發儼然成為一新興學門與技術，廣受各國重視。

3)生物技術與設施 - 不同階段的特色與需求

舉凡技術複合時，其相應之產業亦自然趨於複合，殆無疑義。如前所述，生物技術是一種複合性的技術，不僅其研究發展需要和各種技術與設施結合，當其應用時，為走上產業化途徑，更需與各種設施和設備確實結合，以切實發揮其生產效能。此原則將有助於瞭解未來應用於生物技術之設施所需具備的複雜性與進步性。茲分為研發階段、檢測與評估階段、應用階段等三方面討論之。

(1)研發階段

前所述及生物技術是一種科技整合的尖端技術，所涉及之學科至少包括微生物學、植物學、動物學、生物化學、以及資訊學等，其研究方法極為精密，所用材料多屬極特殊精微之生物活體，因此對於試驗材料與精密儀器設備有極高的倚賴性，同時為延續活體物質的生存與發展，對環控條件要求極高，因此各種設施便成了必備之條件。一般而言，為了試驗材料之培養，一般生物技術研究室必須具備的設施至少包括

生長箱、培養室、溫室、網室。茲分述如下：

1 生長箱

為初期進行生物材料之培育、觀察與處理之需，具有可調空溫度、濕度、光照、光週等之環境條件全部或局部功能，一般所佔體積較小，易於採取隔離，且為符合初期試驗需要，其環境調控要求極為嚴格而準確，一般置於實驗室中或與實驗室新近之地點，較少放置於露天環境中。

2 培養室

對組織培養而言，培養室是使培植體發育成瓶苗，或從瓶苗長成健康植株所必須仰賴之場所，對其他試驗（例如基因轉殖試驗）則是培植、觀察與篩選之場所；培養室通常設於室內，需有溫度、光週、光照甚至光質之調控，並且具有防塵功能。

3 溫室

為小量試驗材料之隔離栽培場所，一般屬於小面積而精緻之設施，且須有良好隔離，以防轉基因材料與其他材料混雜，且當轉基因材料開花時須移至具有嚴格隔離之生長箱中，溫室須嚴格管制人員進出，此為與一般溫室在設計上和使用上最大區別者。

4 網室

亦為小量試驗材料之隔離栽培場所，以保證生物技術所培育之試驗材料能夠順利發育，成為初步成品或先驅成品。

(2) 檢測與評估階段

在作物的品種改良上，為了輔助傳統育種的不足，藉由生物技術基因轉殖工程，已陸續的開發出具有抗病、蟲害、抗殺草劑或延緩黃化、老化的新品種（系），以減少農藥和殺草劑的使用，提升農產品的品質；或當生物反應器（Bioreactor）來生產蛋白質、酵素、維生素和醫療用疫苗等，以提高產品附加價值。這些基因工程所改造的植物稱為「基因改造作物」（Genetically modified crops）或「轉基因植物」（transgenic plants）。自1994年首宗基因改造番茄“Flavr Savr™ tomato”獲准上市以來，到目前為止全球已有數百種基因改造作物上市，種植面積達五千萬公頃以上。由於基因改造作物，跨越了物種的障礙，引入許多外來基因，增強了作物的適應性，而其抗殺草劑特性及強勢競爭力，是否會藉由花粉將其新基因傳給地方種或野生種，因而衍生出超級野草（Super weed）；抗病、蟲害特性是否會影響作物病害相、虫害相、微生物相或土壤微生物相等的改變，進而影響生態平衡或衝擊物種的多樣性；外來基因是否會使新品種產生新物質，影響人體的健康...等等。

這些許許多多的疑慮，均需要新的基因改造作物還沒育成，推廣栽培種植販賣之前，也就是在先期培育的過程就要予以隔離，依轉入基因的不同、作物的種類，在不同的培育、繁殖階段，須要有不同的隔離設施，如密閉式溫室、半密閉式溫室、隔離溫室、隔離網室與隔離田等，進行一系列必要的試驗、成份分析、特性調查與檢定，及對整體生態環境影響的安全風險評估工作；瞭解是否會影響人類的健康、物種是否會有基因流佈（gene flow）的現象及對具生物多樣性（biodiversity）的動、植物生態環境之影響。

政府也意識到其重要性，針對基因改造作物，需要制訂適合本國又符合國際標準的轉基因植物管理規範。因此廣邀美加及澳洲等專家學者，前來我國演講該國的轉基因作物之管理與法規，並指導如何建立生態安全評估隔離試驗田及執行規範。由於日

本與我國國情類似，都是屬於轉基因大豆、玉米、小麥...等大宗糧食作物的重要進口國，在基因轉殖作物安全性試驗設施及實施規範上，有許多值得學習與借鏡之處，因此政府多次派員前往日本考察學習；除了瞭解日本對基因轉殖作物的管理與實施規範，並實地考察其密閉溫室（照片 9-1）、半密閉溫室（照片 9-2）及隔離試驗田等生態安全性試驗設施，將做為我國設立國際標準化之轉基因作物生態安全評估設施的參考。除了在實驗室階段的管理，行政院國家科學委員會（NSC，以下簡稱國科會）已頒定「實驗室管理手冊」，而離開實驗室後的田間試驗隔離流程，將依據行政院農業委員會（COA，以下簡稱農委會）業已於 1998 年所頒訂的「基因轉移植物田間試驗管理規範」與「行政院農業委員會基因轉移植物審議小組設置要點」及 2000 年制訂的「基因轉移植物委託田間試驗作業要點」，做為最高指導原則與規範。依照所訂定的「基因轉殖植物田間試驗管理辦法」（由農委會草擬，目前正在立法院審議當中），由「基因轉殖（移）植物審議小組」（以下簡稱審議小組），審定國內培育或國外引進之基因轉殖植物，應在農委會認證合格的隔離設施或隔離試驗田中（照片 9-3, 照片 9-4），依植物種類與轉殖基因來源，進入不同之環境試驗，進行必要的遺傳性狀調查、特性分析與環境安全影響評估試驗。這對於促進我國生物技術之研究、發展和國際化，是非常需要且急迫的，因此就其所需不同之試驗環境的設施做一簡單介紹：

1 密閉式溫室（close green house）：

指以透明玻璃或塑膠材質覆蓋之設施，溫室內空氣不直接與外界交換，配備獨立空氣過濾（能過濾花粉），獨立灌溉、排放水系統及廢水收集、消毒過濾系統；能讓作物在合適的光線、空氣、溫度、水份和養份下的栽培生長，可防止動、植物、小型昆蟲及其殘體自由進出，和栽培介質或排放水中的微生物及花粉外洩的高度密閉性設施，稱之為密閉式溫室（照片 9-1）；由於台灣地處亞熱帶，夏天高溫炎熱，密閉式溫室的降溫冷卻系統是必要的，若能具有自動溫控、灌溉和排水系統及備用發動機等設計更佳。其目的在嚴格管制轉基因作物及其產物在密閉溫室區外的存活及擴散。其主要栽培保存的對象，是直接來自國內轉基因實驗室初期培育階段的轉殖作物；於密閉式溫室培育期間，經成份、毒理等試驗分析，證明不含特殊或有害成份或分泌物，並進行作物基本特性調查，選拔除了多出所轉入基因的性狀表現外，其餘性狀與供應親本表現都相近的轉殖後裔，再移入半密閉式溫室，進行進一步的隔離調查。

2 半密閉溫室（semi-close green house）

指覆蓋透明玻璃或塑膠材質之設施，能供應合適的光線、空氣、溫度、水份和養份，讓作物正常的栽培生長，具獨立排放水收集（可消毒或過濾）系統，可與外界直接空氣交換，但要有 32 目以上的細網、罩等隔離措施，以防止動、植物、授粉昆蟲及其殘體和栽培介質自由進出，稱之為半密閉式溫室（照片 9-2）；台灣夏天高溫炎熱，半密閉式溫室的降溫冷卻系統也是必要的，若能具有自動溫控、灌溉和排水系統及備用發動機等設計更佳。設施目的在管制轉基因作物及其產物在半密閉溫室區外的進出與擴散。其主要栽培保存的對象，是來自密閉式溫室培育的轉殖材料，或是由國外引入之基因轉殖植物，經審議小組審定仍需在半密閉溫室，進行隔離觀察者。

3 簡易隔離溫室（green house）

覆蓋透明玻璃或塑膠材質（如透明塑膠布）之大型簡易溫室，出入口設置雙重管制門，與外界空氣交換均有 32 目以上的細網隔離，具有能讓作物正常栽培生長的合適

光線、溫度，兼具擋風防雨功能，可隔絕授粉昆蟲及一般小型昆蟲進出，可有限度的防止花粉飛散，具排、放水收集系統，集中存放後再定期排放。可採 Fan 和 Pan 系統及噴霧系統等進行降溫、噴藥及灌溉的工作。其主要針對仍需進行較大面積的隔離調查，不能讓花粉任意飛散，且不耐高溫、高濕較需要環境控制的轉基因作物（例如：蘭花），及其大量的繁殖、採種之用。

2 簡易隔離網室（net house）

外圍均覆蓋 32 目以上的細網之大型簡易網室，出入口設置雙重管制門（照片 9-5），能讓作物正常的栽培生長，可隔絕一般授粉昆蟲及小型昆蟲進出，可有限度的防止花粉飛散，細網可以依季節、授粉的需求而安裝或拆卸，具排、放水收集系統，集中存放後再定期排放。主要供應對象為，仍需進行隔離調查，不能讓花粉任意飛散，及大量繁殖、採種之轉基因作物。

這幾種隔離設施加上隔離試驗田，均是基因轉殖作物隔離試驗不可缺少的項目，依照「基因轉殖植物田間試驗管理辦法」的設置條件，只要試驗研究機關（構）或法人（民間團體）有意願，均可向農業委員會申請設置並經審議小組認證核可後，即可接受委託執行「基因轉殖植物田間試驗」。惟其中密閉式溫室和半密閉式溫室，功能及用途不同於一般的人工氣候室或精密溫室，要密閉隔離具有過濾花粉功能，可防止動植物、小型昆蟲及其殘體自由進出，又要有移除積熱的降溫冷卻系統，因此面積不大但所需的電費、維修保養等費用卻很高，這類建築成本高，用途受限，加上昂貴的維持費，民間設立意願不高，若有面積也不可能太大，因此初期須由政府補助支持，先由農業試驗單位設立，再慢慢轉移、鼓勵民間投資設置，建構一完整的基因轉殖植物生產體系，才能擴大生物技術產業的發展。

(3) 應用階段

在此階段首先是對於優良生物技術產品之大量培育，以及量產後的商品化，其最終之境界則是建立產業體系。當論及生物技術將成為二十一世紀許多產業技術的核心與要角，與其說生物技術將滲透到各個領域，倒不如說生物技術將與其他技術體系確實結合，以發揮嶄新的力量。在此所說的其他技術體系主要指的是醫學、工業和農業而言。其中農業勢將扮演極為重要的角色，本來現代農業本身即是整合生物學、生態學、土壤學、氣象學、以及經濟學等多種科技的高度複合的技術體系。過去農業曾經歷機械化、精緻化、以及資訊化等階段；今後在生物技術的影響與衝擊下，農業勢需採取某種程度的「工業化」。對此，生物技術正在將傳統的農作物改造成轉基因作物或者特殊的轉基因細胞系（transgenic cell line）以作為各種生物反應器（bioreactor），用來生產特定的物質原料，例如可分解的塑膠、特殊藥物以及工業原料等。此種生產方式不但較為省時省力，所需之能源與物質原料亦將大為節省並單純化，因而具有最高環保功能；有別於過去利用石化資源進行大量生產的高污染及耗能的工業方式。若能利用生物反應器以建立「植物工廠」，則不僅可以達到農業的「工業化」，同時也使工業在某種意義上亦採用「農業化」模式，有助於調和目前工業與農業間的對立與矛盾，並走上合作與整合之途。這些進展皆須藉由生物技術產品的量產及產業化以予達成。當然，生物技術產品在大量化與產業化過程中，並不一定需要用到設施，例如將來許多獲准推廣的轉基因作物皆可直接在農地上生產，但除此之外必有許多種類須倚重設施以達到生產目的，且所需之設施將因狀況與目的而有不同的設計和功能需求，

呈現極大的多樣性。例如以大量生產優良種苗為目的之組織培養微體繁殖技術而言，其所需之設施將為大規模之溫室、塑膠溫室或網室，以形成植物工廠，作為大量苗木培養場所。至於作為生產特殊生化產物的轉基因細胞系，則需在特殊設施中進行培養以達到生產目的，例如具有包括溫度及光照調控功能以及特殊旋轉設備之「廠房」。

9.3 生物技術之作物育種與設施環境之關係

作物育種即品種(系)改良，以人工方法迫使植物推向人類需要的目的而演化或進化(evolution)。不論傳統或生物技術的育種必須經過擴大遺傳變異、選拔與固定三個步驟才能竟其功。而其生物技術育種操作進行的舞台則是設施環境，是故設施環境如何供給生物技術育種完善美好的舞台，為生物技術育成優良品種不可或缺的環境條件。

1) 生物技術之作物育種的步驟

傳統或生物技術育種，甚至動植物育種都要經過下列步驟。

(1) 擴大遺傳變異

品種改良最初的觀念，則是育出與現在的品種具有不同的遺傳特性之個體群，即必需擴大遺傳變異的個體群。接著再自遺傳變異的個體群裡選拔出優良的個體。因此要進行育種之前，必需準備育種材料，即引種或引進具有不同遺傳變異的個體群。自國內各地收集在來種，並由不同生態環境裡的世界各地引進栽培種、野生種或近緣種。而引進的個體群經適應性試驗若優於現行品種，則可選拔成為栽培品種。例如自日本引進的水稻品種豐錦，經適應性試驗已正式命名為我們的栽培品種。擴大品種(系)或個體群的遺傳變異方法，有下列 4 種：

① 品種(系)間雜交

育種擴大遺傳變異的方法，大部份用具有不同的遺傳特性之品種(系)作雜交，後代出現種種不同個體而進行選拔優良品種(系)。因雜交產生的遺傳變異，是由於染色體的重組(recombination)與互換(crossover)所產生的。在不同環境下經自然淘汰而適應、分化的各各地方栽培種間的雜交，會產生極為廣大的變異，栽培品種不但會得到優良的性狀，並可能會產生對不同環境適應的新的地方栽培種個體。現在的栽培品種大部分因雜交而來，其理由是因雜交能產生具有多數遺傳因子控制的有適應性個體。

② 種間雜交

由栽培品種找不出適當的遺傳資源時，嘗試與近緣野生種進行種間雜交，但常發生雜交不和合性，若要取得雜交個體，其克服方法則是放射線照射，受精卵的培養等。而遠緣植物間則以胚培養或試管內授精，提高雜交的成功率。園藝作物曾利用細胞融合解決遠緣個體間的雜交困難，作成雜種細胞，例如番茄與馬鈴薯的細胞融合育成所謂的 pomato，這對於細胞融合的生物技術育種起了很大的鼓舞。

③ 倍數性植物的育成

雜交育種之外，誘導染色體變異的技術也是育種的方法之一。利用染色體組(genome)的倍加，形成倍數化；若是同一種染色體組倍加的個體稱為同質倍數體(autopolyploid)，而由異種染色體組的組合所產生的倍數體謂之異質倍數體(allopolyploid)。自秋水仙鹼(colchicine)處理植物能誘導倍數化之後，已育成不少的倍

數體植物。倍數化植物體的特徵是巨大型，通常是根、莖、葉、花等各器官的增大。曾經育成以莖葉為利用對象的4倍體牧草品種，例如 red clover, Italian ryegrass 及 perennial ryegrass 等，另一方面以種子為利用對象的作物，因抽穗、成熟期的延遲，及稔實障礙的缺點，則沒被廣泛的利用。

④突變種之育成

突變可分為自然與人工，前者機率(1/10)非常低，後者較高。各種的放射線、化學物質，甚至這兩種的組合處理亦能誘導突變。無論自然或人工誘變都會出現有用及無用的變異，以往的經驗出現無用的性狀情況較多，因此突變所產生的遺傳因子在育種是否能利用，需經過選拔才能決定。

有關突變誘導源(γ -ray, γ -ray 及化學物質等)的種類、處理方法的不同會對於特定性狀誘導出有用的突變體，而放射線或化學物質對於突變誘導的處理效率大致確立，給予實際育種的廣泛應用，例如大麥的早熟性變異、雄不稔性的突變體等的育成。

誘導突變處理的對象材料，有種子(分為乾燥與浸濕狀態)，營養器官及生殖器官等。而照射時期即植物全生育期間，或特定生育期(如減數分裂期、開花期等)之照射，照射場地有露地的 γ 線照射，稱為 γ 圍園(γ field)，在溫室內的 γ 線照射，謂之 γ 溫室(γ house)。

由放射線或化學物質誘導的突變體之利用法，誘導後的優良性狀固定後，成為直接使用的品種，稱為直接法，例如日本的水稻品種黎明(短桿，抗倒伏及高產等)。得到的突變體當作交配親本作雜交用，自後代育成優良品種的方法，謂之間接法，例如番茄的強力大型玲光品種。

若以培養細胞進行誘導突變，會有很大的方便，則是操作場地不必很廣，普通的實驗室即可，而動用的人力亦不會像露地栽培那樣龐大。但是誘導突變的操作就比較費事，為要直接選拔隱性突變，必須培養單倍體(haploid)，分離細胞或原生質體(protoplast)選出適當的突變細胞要成為營養系(clone)而增殖，因此必須建立培養環境。需要建立自選拔的突變營養系再分化成為植物體的方法。而由培養細胞選拔的突變性狀，與植物個體所發現的同樣可當為育種材料。

有關細胞培養遺傳變異的實例，Shepard 等(1980)自易罹病的馬鈴薯品種 Russet Burbank 的葉肉之原生質體(protoplast)培育成體細胞營養系，然後由夏疫病菌與疫病菌的接種，並選拔對該病具有抗性，且具抗性遺傳的營養系。

(2)選拔

育種的目的則是育成具有優良遺傳性狀的個體(群)，其操作方法，如上述具有遺傳變異的族群，從中選拔優良個體(群)。而選拔的方法，因植物的種類不同而分，由自交作物、異交作物及營養繁殖作物而分為下列的育種選拔法，及其他之培養細胞的選拔法，並說明如下：

①自交作物

a.系統育種選拔法 此法是自雜種的初期世代(F₂ 或 F₃)開始個體選拔，次代以後繼續行系統及個體選拔，而育成優良系統。

b.族群育種選拔法 在初期世代 F₂~F₃ 不作個體選拔，而利用溫室、暖地及寒冷地 1 年 2~3 世代的促進繁殖，即進行遺傳性的固定，於後期世代依照系統育種法進行選拔。

c. 衍生系統育種選拔法 F₂ 進行個體選拔，次代以後 2、3 世代只有系統間作選拔，選拔系統之所有個體作混合採種，成為次代系統。之後的操作依照系統育種法進行。

不論何種育種法，系統選拔的階段於特殊環境條件下，進行對於病蟲害或逆境 (stress) 的抗耐性之特性檢定。並且把選出的良好系統在推廣的預定地區，進行系統適應性檢定試驗。

② 異交作物

異交作物以各種各樣的雜交方式作遺傳基因的累積、重組 (recombination)，則需要進行選拔 (selection) 才能達到育種的目的。而異交性植物最重要的選拔為輪迴選拔 (recurrent selection)，其功用可增加遺傳基因庫中優良基因之頻度，亦可增加發生基因重組之機會。輪迴選拔可分 4 種如下說明 (盧, 1978)：

a. 簡單輪迴選拔法 此法在能作表現型精確評價之場合均可應用之。例如玉蜀黍種實油份含量之選種，最初在混合集團中選 100 株或更多之異接合植株各使自交，其選株之自交穗作油份分析，選取含油量最高之 10 或較多之自交系，在隔離區分別用適當排列，多次重複之自交株行後裔，促其自由受粉，或以人工控制授粉，完成此種雜交。所的雜交種子相混合成立新集團，以供第二輪迴選種之材料，重複上述各步驟之方法，如此反覆選種，直至達成育種目標為止。

b. 改進一般組合力之輪迴選拔法 改進一般組合力之輪迴選拔法與簡單輪迴選拔法之不同點，在於原始異型集團中所選之植株，約 100 株或更多，每株須與檢驗親相雜交，同時進行自交。檢驗親須用遺傳基礎廣之合成品種，或自然受粉之普通品種。次年舉行檢交雜種約 100 種或較多之產量試驗。根據試驗結果，選拔少數 (10 系或較多) 檢交產量最高之自交系。第三年分別種植選出之自交系，人工舉行可能各自交系間之相互雜交。所得之雜交種子混合之，以供第二次輪迴選種之材料，重複上述各步驟。

c. 改進特殊組合力之輪迴選拔法 其步驟與改進一般組合力之輪迴選拔法相同，所異者為所用之檢驗親不同。此法之檢驗親須用特殊之自交系。

d. 交互輪迴選拔法 其目的在一般組合力及特殊組合力之最大改進。

③ 營養繁殖作物之選拔法

多年生植物如果樹、林木、花木、茶等，及 1、2 年生作物如甘藷、草莓、球根花卉等為營養繁殖作物，由於作物的種類不同繁殖器官有很大的差異。因此，選拔時期或選拔方法亦因作物的不同而有差異。營養繁殖作物只要不發生芽條變異，繁殖並不會有遺傳變異發生，則一旦選出優良個體，能立即當為品種使用。這種作物不必固定，則育種操作比較簡單，但選拔的困難情況較多。其理由主要是多年生或繁殖率的關係，各性狀的調查需要經年累月，而個體所佔的面積亦大。

營養繁殖作物與種子繁殖作物的選拔理論基本上是相同，因此前者的選拔法應用在後者的情況相當多。營養繁殖作物同一品種含有不少的變異體，能夠從中選出優良的個體當為親本，又要提高選拔效果，選拔材料儘可能擴大範圍收集各地方種及在來種，從中選出優良個體，其營養分體集中在同一場地，在相同的栽培條件下種植，比較個體間的性狀，而選出優良個體。在選拔過程上值得注意的是早期檢定。

早期檢定大致可分為兩種，一種是生育促進法，另外一種是生育初期與後期的性狀間相關 (遺傳相關) 作為幼植物檢定法。生育促進法是接木法，特別是由於高接法的

開花結實之促進效果顯著，在果樹、花木的選拔受到廣泛的利用。而桃子的除核播種之發芽促進法在育種已被利用。其他溫度、日長及激勃素(gibberellin)等處理之生育促進法，亦被利用於選拔。此種生育促進法應用於選拔則是觀察作物早期的各性狀是否正常，即幼植物檢定法對於選拔的育種場、勞力的節省，及育種年限的縮短，產生了莫大的效果，在育種的選拔已被廣泛的利用。

④細胞培養(Cell culture)的選拔法

細胞培養的選拔，時常以逆境的方法刺激該等細胞，然後在殘存的細胞裡進行選拔，這些被選拔的耐寒性個體，若能再生的話，其選拔效果非常高。例如上述 Shepard 等(1980)以病原體接種的方法，選拔抗夏疫病與疫病的馬鈴薯品系。另有以紅蘿蔔進行抗寒性的細胞選拔，在-2 的環境裡作 3 週的處理，選拔抗寒性的癒傷組織(callus)，並能再生分化成植物體。

(3)固定

自交作物異品種雜交後之 F1 成為異結合狀態，F2 開始基因分離，行單株選拔，次代分別行系統栽培，單株種植，復行單株選拔；如此重複施行，直至 F5 或 F6，一族中各植株性狀一致，毫無差異而達到固定，如此的個體，始稱為固定品系(盧，1978)。

異交作物的個體群要達到育種目的性狀之固定較難，在遺傳上無法達到純系(pure line)的情況下，至少能固定至後代的分離幅度最少的範圍。

以往如上述自交作物異品種雜交後之 F1，要經過經年累月才能達到固定的純系。當今生物技術的發達，花粉培養方法之進步，單倍體能夠以人工產生，作為育種材料的利用性高，極易用秋水仙鹼使其染色體倍加，能使一單倍體作物立即成為同質二倍體，在育種上縮短固定的年限，可保一優良品系之純質性；同時並易於自單倍體獲致真正具有優良特性之植株，例如煙草、水稻的育種亦利用此方法。

而生物技術育成之植物體，生殖機能常有不健全的情況發生，不能延續後代等缺陷，正為當今生物技術植物育種研究應改善的地方。

2) 作物育種與設施環境之關係

通常生物技術育成的品種(系)，比較不適合於露地栽培。其理由是因為生物技術所導入異質的遺傳物質，對於品種(系)會產生遺傳性的不安定或不平衡現象，致使植物體對於環境的適應性降低，其植物體的栽培需要設施環境的保護，否則植物體容易枯死。因此現階段的生物技術之作物育種需要有良善的設施環境配合，才能育成良好的品種(系)，則兩者的關係實為密切。

而生物技術於試管內或培養器內，育成作物體是普遍的。該試管、培養器是屬於低照度、高濕度等特殊的環境，而該育成之植物體若立即移到不同的自然環境或人工環境，就如上述會受到逆境而枯萎的命運。因此需要進行馴化(acclimation)的作業，利用設施(裝置)採漸進式以適應環境。例如該設施(裝置)環境為光照度數千尺燭光(lux)，相對濕度 80~90% 左右，使育成之植物體慢慢適應不同的環境(自然或人工控制的環境)。若設施環境要配合生物技術之植物育種，則務必如上述之構想流程，研發新的植物體適應設施(裝置)環境才是。

其他若有完善的人工設施環境(如植物工廠等)，可作植物體的生長促進，能提早

促進世代繁殖，進而縮短育種年限。

由此可知設施(裝置)環境的完善與否，對於生物技術之作物育種的成敗具有重要的關鍵，這需要農業與工業的專家學者攜手合作才能竟其功。如農業方面的試驗研究植物的生理(發育、生長等)與設施環境之關係的試驗結果，供給工業方面的軟硬體之設施(裝置)環境的研發設計，如此的進行相信在這領域裡將會有豐碩的成果出現。

未來展望

生物技術為一新興之科技，目前其發展尚處在突飛猛進階段，但吾人已可看出藉由此新興科技而興起的產業將與設施技術密切結合。尤有進者，吾人尚可預見未來生物技術與設施技術兩者之間的關係應是雙向而且互動的，其中之重要意義至少包含如下三者：（一）生物技術從研發階段、產品評估、以至產業化等各個階段，皆需仰仗設施技術的協助，且唯有與設施技術緊密結合始能有所進展並發揮功能；（二）由於生物技術的特殊性，其對於設施的需求將激發設施技術的研發熱潮，因此將促進設施技術的進步，例如轉基因作物安全評估用的精密溫室設計即為明顯事例；（三）未來藉由生物技術的發展，將可生產全新的生物物質，以供各項需要，此將包括建構各種設施所需之資材，例如更經濟耐用，且具環保效益之材料，因此將可改良設施之功能，從而促進設施技術的發展。由此觀之，未來生物技術與設施技術之間將會產生具有良性互動關係的交互影響，並且一起帶動農業進步。（劉邦基•張有明•蔡金川）

引用•參考文獻

1. 行政院 國家科學委員會。2000。「實驗室管理手則」。
2. 行政院 農業委員會。1998。「基因轉移植物田間試驗管理規範」。
3. 行政院 農業委員會。1998。「行政院農業委員會基因轉移植物審議小組設置要點」。
4. 行政院 農業委員會。2000。「基因轉移植物委託田間試驗作業要點」。
5. 行政院 農業委員會。2003。「基因轉殖植物田間試驗管理辦法」草案。
6. 林俊義、張有明、陳邦華。2004。日本基因轉殖作物安全性試驗設施及實施規範之考察。技術服務 57：6-11。
7. 盧守耕 1978。中正科技大辭典。台北 PP.72-128。
8. Shepard, J. F., D. Bidney, and E. Shahin. 1980. Potato protoplast in crop improvement. Science 208：17-24
9. Traynor, P. L., D. Adair, and R. Irwin. 2001. A practical guide to containment – Greenhouse research with transgenic plants and microbes. Virginia Tech, US. 74 pp.