



香蕉育種歷史*

鄧澄欣**譯

關鍵詞：香蕉育種；雜交育種；抗病育種；多倍體；生物技術

Key words : Banana breeding ; Hybridization ; Resistance breeding ; Polyploid ; Biotechnology

一、前言

多年來國際供出口貿易用的香蕉種植品種，多以單作 (monoculture) 為主，起初在中美洲主要種植品種為 AAA 群的“大米七” (Gros Michel)。1960 年後，改以遺傳背景大致相同的華蕉系 (Cavendish) 栽培種。單作所隱藏的危機是眾所週知，流行病害一旦發生，在同一地區的大部分單一作物將被摧毀。

鐮胞菌萎縮病 (Fusarium wilt, 又稱黃葉病) 曾在拉丁美洲及加勒比海地區對“大米七”果園造成巨大傷害。因而引起成立第一個香蕉育種研究計畫的需要。鐮胞菌屬土壤傳染真菌，用作新園種植的蕉苗，無可避免地帶有病原菌。種植後不久，黃葉病便急速蔓延，使產量下降，無法獲利。鐮胞菌可在土壤中長期生存，除了換地種植外，別無他法。所以，在 1920 年代，種植出口香蕉，常以移墾方式進行。因此，急需尋求解決此困境的途徑。

二、從西印度群島開始

香蕉育種研究於 1922 年在千里達的 Imperial College of Tropical Agriculture (ICTA) 開始。其後，於 1924 年在牙買加的研究相繼成立 (Cheesman, 1931; Larter, 1947)。雙方進行合作計畫，其目的乃以育成抗黃葉病的“大米七”品種為主。兩研究中心各自成立香蕉種原庫，並互相交流有用種原。在 ICTA，早期以研究香蕉品種及栽培種分類、細胞學及細胞遺傳為主 (Shepherd, 1968)。重要成就包括確定正蕉宗 (Eumusa) 香蕉的基本單倍體染色體數為 11。“大米七”及許多栽培種均為三倍體，其染色體數為 33。而正蕉宗的野生蕉屬二倍體，真染色體數為 22。再者，若對“大米七”的雌花進行授粉，可產生少量種子，能發育成為四倍體雜交種，具染色體數為 44。此發現打開香蕉雜交育種之門，藉此，可產生兼具“大米七”優良特性及源自二倍體親本的抗病特性的雜交種。至 1928 年，由 ICTA 育成第一個 AAAA 雜交種，名叫“I.C.2”是由“大米七”與二倍體尖蕉 (*Musa acuminata*) 雜交而成。該種曾廣為分佈，其後，改名為“Goden beauty”在宏都拉斯推廣，卻表現感染黃葉病，因而停止作商業生產。

* 本文譯自 Jones, D. R. 1999, “History of banana breeding” In: Diseases of Banana, Abaca and Enset.” (ed. D. R. Jones), CABI Publishing, Oxon. PP. 425-434.

**台灣香蕉研究所研究員



自從香蕉葉斑病 (Sigatoka) 於 1933 年傳至千里達之後，所有收集的種原及在 ICTA 育成的四倍體均進行病害反應檢定。結果顯示，在野生蕉中有對葉斑病呈高度抗性，其中包括在育種研究中被用作花粉來源的尖蕉亞種。此外許多雜交種亦具抗性，與其母本“大米七”不大相同。由此推論，採用抗黃葉病雜交種相同的選育策略，應可產生抗葉斑病雜交種 (Cheesman and Wardlaw, 1937)。

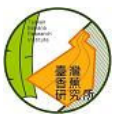
ICTA 育成少許“大米七”的四倍體雜交種之後，這部分的工作便移交牙買加 Bodies 繼續進行。在第二次世界大戰後，ICTA 著重兩倍體雜交及選育。因為以“大米七”為母本，其遺傳特性是固定，雜交選育能否成功，全靠花粉所攜帶之遺傳特性是否優越 (Dodds, 1943)。乃於 1948 及 1954/55，先後從東非及亞太地區收集香蕉種原，以加強兩倍體改良研究。

於 1950 年代，在牙買加育成的 AAAA 四倍體雜交種，都是由“大米七”或具矮性變異種“Highgate”與仍未改良之二倍體雜交而成。例如“Bodies Altafort”或稱“1847”是“大米七”×“Pisang Lilin”，“2390-2”是“Highgate”×“Pisang Lilin”的雜交種。兩者均兼具抗黃葉病及“大米七”特性，並曾予以推廣。至今，“2390-2”，在澳洲仍有少數農民種植。只因其果指短小，以外銷為主的拉丁美洲及加勒比海地區，對其種植之考量較為慎重。

自 1960 年起，由 K. Shepherd 領導之西印度群島育種研究以 Bodies 為中心，並由牙買加香蕉協會 (Banana Board of Jamaica) 接管。起先，他們以由西薩摩亞群島 (Western Samoa) 收集，稱為“Samoa”的 *M. acuminata* ssp. *banksii* 為母本與尚西巴 (Zantibar) 收集之 AA 兩倍體“Paka”為父本進行雜交，再以之為父本提供花粉與“Highgate”雜交產生 AAAA 四倍體，包括“T6” (61-86) 及“T8” (61-882-1)。很可惜，這些四倍體對葉斑病及黃葉病之抗病能力不高。同時，果房上下把之果實大小差異太大，因而沒有成為商業性品種。但在 1980 年代，“T6”及“T8”Cook Islands 試驗中，對黑葉斑病具有高抗性 (Gonsalves, 1987)。因此，“T8”曾被引進澳洲之 Torres Strait-Cape York 地區，供當地農民種植，作為防止黑葉斑病蔓延的緩衝區 (Jones, 1990)。其後，更引種至南太平洋國家，用作香蕉改良研究 (Jones, 1993)。

於 1960 年代早期，在華蕉 (Cavendish) 中找到具有抗黃葉病 (第一生理小種) 特性的栽培種，取代“大米七”成為中南美地區外銷主要品種。因此黃葉病問題不如以前之重要，但華蕉對葉斑病不具抗性，問題日益嚴重。不幸的是，華蕉栽培種具高度不育性，使傳統育種方法難以進行。因此，在西印度群島的育種研究仍以改良“大米七”作為選育優良外銷鮮食用品種的主要途徑。

於 1960 年代中期，由 *M. acuminata* ssp. *Malaccensis* (從西馬來西亞 Kedak 州收集) 與 *M. acuminata* ssp. *Banksii* (Samoa) 雜交產生具單雌結實特性的野生種，經常被用作父本與“Highgate”雜交產生 AAAA 四倍體，對葉斑病及黃葉病均具高度抗性，同時具有可接受的風味。只是在模擬船運試驗中，發現嚴重缺失。果實貯存壽命 (green-life) 短，成熟過於快速；加上果梗軟弱，熟後造成斷指情況。因此，這些四倍體雜交種從未成為商用品種。但這些後熟特性卻成為日後外銷新品種檢定的標準。雖然如此，根據 Cook Islands 報導 (Gonsalves, 1987)，“Calypso” (65-3405-1) 對黑葉斑病具中度抗性。經菲律賓試驗，被考慮作為外銷栽培種。再者“Buccaneer” (65-168-12) 在 Cook Islands 對黑葉斑病表現高度抗性 (Gonsalves, 1987)。在巴西及澳洲均被考慮用作緩衝區種植，以控制黑葉斑病之擴散。



這些第二輪在牙買加培育的四倍體品種中，其青綠果實有良好烹調特性，可作為可口之小吃。經切成薄片，油炸後，與洋芋脆片的口感相似。此外“Ambrosia” (64-2596) 在熟後風味品評中獲得好評。可惜，因抗黑葉斑病能力不高，使其種植面積受到限制 (K. Shepherd, Portugal, 1997, 私人通訊)。

在 1970 年以後，牙買加育種研究因經費問題而延緩，至 1980 年已幾乎停頓。在其後期研究中，繼續改良二倍體品系。並以上述改良二倍體再與各種二倍體進行雜交，包括 *M. acuminata* ssp. *banksii* (Samoa) × “Paka”。由此育成“M53”二倍體，算是成功的例子，被用在喀麥隆 (Cameroon) 菜蕉改良研究中。這些優良二倍體與 “Highgate” 雜交後產生最後一批四倍體。經評估後選出“72-1242”品系，具葉斑病及黃葉病抗性。其果把及果指大小整齊，只有少許斷指趨勢。其後推廣給買加蕉農用作內銷品種。

於 1980 年以後，在 R. A. Gonsalves 領導下，牙買加育種研究雖然繼續，但因經費遽減，其成果亦跟著減少。他們以四倍體與改良二倍體雜交，產生二次三倍體 (詳見本文三倍體育種)。其中一個 AAA 三倍體編號“RG1”被認為具有良好貯存壽命、耐線蟲、抗葉斑病及黃葉病等特性。在青綠期，更可作為煮食用。不過“RG1”的果指太長，不適合現行之裝箱運作，為其主要缺點。使用組織培養技術，“RG1”現已繁殖，供牙買加蕉農種植及作更深入研究 (R. A. Gonsalves, Jamaica, 1998, 私人通訊)。

Simmonds (1966), Shepherd (1968, 1974), Menendez and Shepherd (1975) 及 Gonsalves and Dixon (1990) 對加勒比海香蕉育種早期研究成果均有報導。

三、宏都拉斯

早在 1920 年代聯合水果公司 (The United Fruit Co.) 在巴拿馬曾有短暫的香蕉育種研究。種原均採自古巴、哥斯大黎加及巴拿馬。其後，在 1921 至 27 年間，由德國鐮胞菌專家 O. A. Reinking 主持，再從東南亞、印度、澳洲及紐幾內亞進行種原收集共 133 個。在 1930 年，該研究因經濟大蕭條而停頓。所有種原移交在宏都拉斯的 Tela (Rowe and Richardson, 1975)。

在 1950 年代中期，聯合水果公司以 Reinking 所收集的種原進行抗黃葉病 (第一生理小種) 選種，期望選出能取代“大米七”的栽培種。結果發現於 1925 年由越南引進之 AAA 華蕉系“Valery”具抗病性，因而選作商業性生產。

因此，在 1950 年代後期，香蕉育種研究得以在聯合水果公司恢復，並以 La Lima 的農場為試驗基地。其長遠育種目標為聚合所有優良特性於一個商用品種中。這些特性包括病蟲害抗性、優良株型、較佳水果品質及其他有利性狀。為達成這目標，需要更廣泛的遺傳基礎，乃於 1958 年將 72 個種原從 Tela 移至 La Lima。再於 1959-61 年間，由 P. H. Alien 在西太平洋及東南亞進行種原收集，種原數目遂得以擴充。這些從海外收集的品種，其塊莖先送至設在美國馬利蘭的美國農業部進行首次檢疫，再送至宏都拉斯之外島 Utila Island 進行一段隔離檢疫期。後來，所收集之品種則直接送往 Utila 島檢疫。至 1964 年，在 La Lima 只收集 850 個種原。明顯地，有不少是重複者。後因黃葉病及 Moko 病的發生，失去部分種原。經 1972 年重整後，保存品種數降至 574 個 (Rowe and Richardson, 1975)。

其後，這些種原均用作對各種病蟲害反應之評估，包括番茄 *Ralstonia solonacearum* (Budden-hagen, 1962)、穿孔線蟲 (Walnut et al., 1965, 1978)、葉斑病 (Vakili, 1968) 及 Moko (Stover, 1972)。並進行抗黃葉病 (Vakili, 1965) 及葉斑病



(Vakili, 1968) 之遺傳研究。

在 1960 年之前，其育種目標為育成抗黃葉病的“大米七”品系。與牙買加研究相似，使用抗病之 AA 二倍體“Pisang Lilin”與“大米七”雜交，產生四倍體。可是，在 1960 年早期，具黃葉病抗性的華蕉系品種迅速成為香蕉產業的標準品種。因華蕉系種植密度較高，吸芽生長快速，其單位面積產量因而比“大米七”高。因此，育種目標轉而以減少風害損失之矮性植株為重要需求。

但以“大米七”育成之四倍體卻是高大易受風害。因此，具矮性的變異種，例如中矮性的“Cocos”、更矮的“Highgat”（牙買加）及“Lowgate”（宏都拉斯）均用作母本來進行育種，希望選出株型較理想的品種。回顧當時情況，要從“大米七”系育成商業用的成功雜交種，必須具備華蕉系的所有優點，再加上需要的抗病性，是不易達成的目標。從“Cocos”×“Pisang Lilin”的抗黃葉病雜交系中，最佳的產量只有“Valery”的八成五左右（Rowe and Richardson, 1975）。明顯地，要育成具商業價值的雜交種，其二倍體父本必須具有各種抗病能力，同時其園藝性狀要比現有之二倍體更加優良，才有成功的機會。

因此，育成兼具優良園藝性狀及各種抗病性之二倍體，遂成為聯合水果公司的主要育種目標。這些抗病性包括黃葉病、穿孔線蟲及自 1972 年入侵中美洲之黑葉斑病。由授粉、評估至成為可使用的二倍體，約需三年的時間。這個耗時的研究在 1960 年代由 D. L. Richardson 開始，其後由 P. R. Rowe 繼續其工作。

至 1984 年，氣餒的聯標公司（前聯合水果公司）把整個育種研究計畫捐贈給宏都拉斯農業研究基金會（FHIA）。在國際支援下，該研究計畫的目標有大幅度改變。從不易育成比華蕉更佳的外銷品種，改為選育具抗病特性的雜交種，可供在發展中國家永續經營的農民（subsistence farmers）在本地使用。在這前題下，自 1960 年以來育成之改良二倍體發揮其功用。近年來，不少具發展潛力的四倍體雜交種陸續出現（Rowe and Resales, 1994 及詳見本書 440~448 頁）。

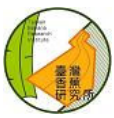
於 1991 年，在聯合國發展計畫（UNDP）資助下，由國際香蕉菜蕉改良協會（INIBAP）執行第一期國際香蕉品種比較試驗（IMTP）。FHIA 優良雜交種首次在全球不同地區進行等葉斑病抗性鑑定。三個編號為，“FHIA-01”（AAAB）、“FHIA-02”（AAAA）、“FHIA-03”（AABB）的四倍體雜交種表現出高抗特性（Jones, 1994b）。其後，這些雜交種在不同地區繼續深入試驗及評估（Jones, 1994c）。“FHIA-01”更在澳洲表現抗黃葉病第四生理小種特性。其果實甜中帶酸，像“Pome”（AAB）的風味。“FHIA-03”為粗壯的煮食蕉，耐乾旱，其果實成熟時亦可作鮮食用。在非洲地區將會有所貢獻。由此可見，長期的二倍體育種研究，終於開花結實。

自從第一期 IMTP 之後，其他 FHIA 抗黑葉斑病雜交種漸為人所知曉。這些品種包括“FHIA-21”（AAAB），為菜蕉類食用蕉，具碩大果房，已在幾個中美洲國家的部分市場顯出真重要性。與“FHIA-01”同親本的“FHIA-18”（AAAB），因其風味較佳，在巴西廣被接受。

有關 FHIA 育種研究的成果，參閱本書 435-449 頁的報導。

四、巴西

除了於 1949 年在印度開始小規模香蕉育種研究外（Sathiamoorthy, 1994），在 1980 年以前，重要的育種研究只集中在牙買加及宏都拉斯。但從 1982 年，位於巴西 Bahia 州 Cruzdas Almas 的國家農業研究中心（EMBRAPA-CNPMF）開始香蕉育種研究。



其目標是改良當地重要栽培種，包括屬 AAB“Pome”亞群的“P rata”及屬“絲蕉”(Silk)的“Maca”。並以抗黃葉病、葉斑病及可能在巴西擴散的黑葉斑病為重點研究。前牙買加育種家 K. Shepherd 被聘為顧問，從建立種原庫開始，進行傳統之雜交育種工作。種原收集在 1982 年進行，涵蓋印度、菲律賓、巴布亞紐幾內亞及夏威夷等地。又於 1983 年從厄瓜多爾，瓜得魯普島 (Guadeloupe)，泰國及印尼再行收集。

“Prata”是巴西最普遍的香蕉品種。因此，他們的首要任務是要選育兼具抗病與“Prata”特性的四倍體雜交種。“Prata”園藝性狀也不佳，因此，預期新品種的產量亦會增加。與西印度群島及宏都拉斯的育種研究相似，以改良二倍體作為父本是成功之關鍵。

鑑定二倍體、合成二倍體及四倍體雜交種對黃葉病及葉斑病的工作在 Cruzdas Almas 進行。育成的四倍體曾在哥斯大黎加進行抗黑葉斑病試驗。其後又在 INIBAP 的 IMTP 中於不同地區繼續測試。其中一個編號為“PA 12-03”(AAAB)的四倍體，係由“Prata Ana”(矮性 Prata) × “Pisang Lilin”雜交而成；具有抗葉斑病特性。同時，其產量比現有之“Prata”品種為高。“PA 12-03”已命名為“Pioniera”在巴西推廣。

Shepherd et al. (1994) 與 de Oliveira 及 Silva et al. (1997a,b) 對該育種研究的進展已作簡略報導。

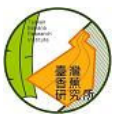
五、非洲

在 1980 年代，有關香蕉的研究，特別是育種方面的研究再受到重視。主要原因為黑葉斑病已傳到非洲，對無數以種植菜蕉為生的農民生計造成嚴重威脅。此外，包括南非在內的亞熱帶地區，發現華蕉系栽培種亦受黃葉病感染，也是另一重要原因。

非洲的國家鑑於病害情況日益嚴重，乃於 1984 年在國際基金支援下，成立國際香蕉菜蕉改良協會 (INIBAP)。其任務為協調及促進國際間有關香蕉的研究，以幫助小規模的香蕉生產者。乃於 1986 年，由澳洲國際農業研究中心 (ACIAR) 及昆士蘭初級工業部 (QDPI) 組辦一次工作研習會議，使全球香蕉育種家及相關人士共聚一堂。會議的結果為擬定全球性及地區性的研究需求 (Persley and De Langhe, 1987)。菜蕉亞群 (Plantain, AAB)、地區性 AAB 重要鮮食栽培種 (包括“絲蕉”及“Pome”) 以及外銷用的華蕉系品種，均列為優先研究對象。自此以後，不少重要的香蕉育

種會議先後舉行，例如 1992 年任法國 (Ganry, 1993)，1994 年在宏都拉斯 (Anon, 1994; Jones, 1994a)。在這些會議中，育種目標得以重新擬定 (Jones, 1994d)。

菜蕉亞群的種原收集及特性鑑定在法屬喀麥隆的區域香蕉菜蕉研究中心 (CRBP) 及在尼日利亞的國際熱帶作物研究所 (IITA) 進行。其後，以改良菜蕉抗黑葉斑病為目的傳統育種計畫先後在這兩所研究中心成立。起初，他們的研究策略均以具可孕性的菜蕉與二倍體進行雜交，產生具抗病性及菜蕉特性的四倍體。在 CRBP，研究者利用 EMBRAPA-CNPMF 獲得的牙買加改良二倍體進行連續自交，以增加其純合性。然後以之為父本與菜蕉栽培種雜交 (Jones et al., 1994)。在 IITA 的研究者則以三倍體“Obino I’Ewai”(尼日利亞) 及“Babby Tannap”(喀麥隆) 為母本，與屬 *M. acuminata* ssp. *burmannicoides* 的兩倍體“Calcutta 4”進行雜交，產生抗黑葉斑病的四倍體 (Ortiz and Vuylsteke, 1994)。除四倍體之外，他們更以育成之四倍體與二倍體雜交，產生具抗性的三倍體 (Ortiz et al., 1998, 詳見本文三倍體育種)。並且



在尼日利亞 Onne 的育種家亦注重菜蕉根系的選育。TTTA 現已開始一個新的研究計畫，以改良 ABB 煮食蕉及東非高原地區的香蕉栽培種（AAA Lujugira-nnutika 亞群）為目標。研究基地設在烏干達的 Namuionge。

六、三倍體育種

有一些學者對選育四倍體作為商用栽培種的策略有所懷疑（Stover and Buddenhagen, 1986）。一般而言，四倍體植株的葉柄較弱，造成葉片下垂情況，在強風下容易折斷。同時，經授粉後，往往產生種子。對食用香蕉而言，是極大不利。另一些學者則認為這樣的缺點不致把四倍體育種途徑棄之不用（Shepherd, 1994）。無論如何，在自然界中，四倍體品種只屬少數。三倍體則在食用蕉品種中非常普遍。在自然演化過程中，香蕉三倍體可算是最佳的倍數。因此，三倍體雜交種的選育應走合理的育種目標。

在宏都拉斯的研究，曾以四倍體與改良二倍體雜交，產生幾可用作商業生產的三倍體雜交種（Rowe and Richardson, 1975）。此法的優點為兼具不同抗性的二倍體可被連續使用兩次：首次是與三倍體雜交產主四倍體（ $3X \times 2X = 4X$ ）；第二次是與所產生的四倍體再行回交產主二次三倍體（ $4X \times 2X = 3X$ ）。其缺點則為失去原來三倍體母本的優良特性。在四倍體育種中，三倍體母本的許多特性均可保留。但在二次三倍體中，遺傳物質重新組合。原來在母本中的優良特性，未必能夠保留。

另一個新的三倍體育種步驟是採用秋水仙素進行染色體加倍，使優良合成的二倍體成為同源四倍體，再與優良二倍體雜交產生三倍體（Vakili, 1967；Stover and Buddenhagen, 1986）。理論上，利用同源四倍體可把二倍體親本的遺傳組合保留在三倍體雜交種中。因而具優良性狀也得以保存。另一優點是可使用廣泛的二倍體種原，融合更多遺傳歧異性，使三倍體的合成更具彈性。在此法中，三倍體的變異性可來自三個不同的二倍體親本。若有新的選育標準，例如對不同病害小種的抗性，此法均可迅速將之納入選育程序中。

七、瓜得魯普島（Guadeloupe）

上述的三倍體育種途徑成為位於瓜得魯普島果樹研究所（IRFA）的香蕉育種研究之根據。於 1980 年代早期 IRFA 在瓜得魯普島的 Neufchateau 成立，現改名為法國國際農業研究發展合作中心（CIRAD）屬下的果樹園藝生產系（FLHOR）。該研究的長遠策略是改良二倍體群體（Tezenas du Montcel et al., 1996）。利用連續的自花受粉，產生純系，使優良特性成為純合（homozygous）狀態。因著新技術的發展，利用包括花藥培養新技術，可獲得單倍體。目前，以不同純系進行雜交，已產生許多優良二倍體，可作為同源四倍體之用。再使用這些四倍體與其他純系雜交，最後產生三倍體供選育之用。曠景未來，利用此法更能掌控選育三倍體的遺傳組合。CIRAD-FLHOR 準備對當地慣用的煮食及鮮食蕉品種進行研究，使用此法予以改良（Bakry and Horry, 1994；Tezenas du Montcel et al., 1994）。為配合上述育種策略，CTRAD 同時進行香蕉亞種及栽培種的起源研究，以鑑定其野生先祖。根據這些研究結果，使選育香蕉新品種更具科學基礎。例如為要取代屬“Pome”亞群的感病栽培種，可選取具該亞群各種優良特性的二倍體，予以組合成為新的抗病三倍體。為支援該育種研究，CTRAD 同時進行有關的重要計畫，例如芭蕉屬基因組圖譜（mapping）研究以確定抗病基因的位置；黑葉斑病原菌 *Mycosphaerella fijiensis* 遺傳歧異性研



究，線蟲 *Radopholus similis* 病原性變異研究及探討病毒與種原安全交換等相關問題。

CIRAD 及 CRBP 的育種研究在法語系統下密切連繫，成為全球性查蕉改良的巨大力量。根據這全面性的研究策略，將會有更多具體的成果，是可預期。

八、生物技術創新研究

第一個在否蕉研究中造成重大影響的生物技術就是組織培養繁殖技術。在無菌狀態下進行莖頂培養，加速香蕉營養系的繁殖。此方式很快便納入育種研究程序中。與此發展有關的技術，包括使用胚培養拯救不易發芽的香蕉種子，已成為香蕉育種的日常作業之一。近年的研究方向乃是建立花藥培養，細胞懸浮液，單細胞及原生質體培養等技術。這些均為發展先進育種技術的前奏。

如上述，華蕉系因高度不育而無法以傳統育種技術來改良。因此，許多新的生物技術皆以改良華蕉系為目標。位於屏東的台灣香蕉研究所 (TBRI) 已發展一套技術，利用組織培養所產生的體細胞變異 (somaclonal variation) 育成抗黃葉病 (第四生理小種) 的華蕉品系 (Tang and Hwang, 1994; 詳見本書 449~458 頁)。在台灣種植香蕉，多以一年耕作方式進行。每年定期種植可減低颱風損害，並可望在經濟收益最佳季節進行採收。每年以組織培養苗更新種植，可減少病害傳播。種植新的抗病品種，更可使黃葉病為害減至最低限度。

於 1970 年代後期，在菲律賓 De Monte 公司以組織培養苗進行化學藥劑 MS 及伽瑪射線誘變育種，嘗試從華蕉系中育成抗黃葉病品系 (Epps, 1987)。當時，黃葉病在蕉園中發生，對位於 Mindanao 的 De Monte 公司之香蕉出口事業造成潛在威脅。研究結果，從“Umalag”中選出四個比對照具高抗性的品系。可惜在 1980 年代早期，經重新評估後，該研究被認為不值得繼續而終止。

利用伽瑪射線進行誘變育種是位於奧地利 Seibersdorf 的國際原子能委員會 (IAEA) 屬下之研究實驗室的重點工作之一 (Novak, 1991; Afza et al., 1994; Jamaiuddin, 1994; Roux et al., 1994)。這方面的研究在其他地方亦有嘗試 (de Beer and Visser, 1994; Smith et al., 1994; Bhagwat and Duncan, 1998)。至今，利用此法雖未育成可供產業使用的優良抗病種，但不失為有效的育種途徑。目前仍繼續進行。

有一些研究者嘗試利用含有致病毒性的病原菌濾液處理組織培養苗，藉以篩選香蕉抗病品系。因此法相當簡便，可加強選擇壓力，並在癒合組織或經誘變處理的材料中進行抗病篩選 (Escalant, 1990; Novak et al., 1993)。由鐮孢菌產生的 Fusaric acid (Matsumoto et al., 1995) 及由 *M. fijiensis* 分離帶有植物毒素 (phytotoxin) 的提萃液 (Okole and Schulz, 1993, 1997; Garciaetal., 1997) 均被用作類似的研究。使用此法，選出能耐高濃度植物毒素的存活組織，再誘導成植株。只是，這些能耐植物毒素的品系雖被稱具有較高的抗病性，但仍未見育成可供產業使用的品種。

Daub (1986) 評論以組織培養技術進行抗病選種的有關問題。他指出人們對真菌代謝物在寄主與病原菌之間的交感作用 (interaction) 仍須更多了解，才能有效地利用此等選種技術。Molina and Krausz (1989) 雖曾評估由 *M. fijiensis* 所產生的毒素對香蕉的反應，但其結果並未證明該毒素與病原性有關 (Lepoivre et al., 1993)。Hareli-mana (1997) 更報導 *M. fijiensis* 的毒素可能與發病性及高抗系的過敏性反應 (hypersensitive reaction) 無關。根據這些作者的觀察，從毒素對葉綠素的螢光反應，顯示其作用點是在葉綠體。因此，在試管中利用毒素反應以進行抗病篩選未必合宜。毒素的作用最多只能看作病原性的次因，控制病徵的擴散，結果只是導致部分抗性



而已。

利用遺傳工程以改良香蕉品種為明日之希望。植株再生技術已在香蕉中建立，可從原生質體 (Megia et al., 1993)、細胞懸浮液 (Dhed'a et al., 1991) 及體胚 (Escalant et al., 1994) 再生植株，使得全裸植體遺傳轉型的可能性大大提高。在比利時的 Leuven 天主教大學 (KUL) 已開發粒子鎗射擊胚性細胞懸浮液或體胚的技術。他們已成功地將帶有報導基因 (reporter genes) 及抗微生物蛋白 (antimicrobial protein) 的代碼基因注入轉型組織中，並經再生成為植株。目前，正進行把其他基因導入基因組中，包括抗真菌蛋白質基因 (antifungal protein) 或能阻止香蕉苞片嵌紋病毒 (BBMV) 擴散之基因 (詳見本書 471-472 及 492 頁)。此外，Escalant (1994a) 對法語系研究機構所採用的生物技術改良策略有詳細報導。

應用生物技術在香蕉品種改良研究的未來影響及可能途徑已有不少評論報告 (Dale, 1990; Novak, 1992; Anon, 1993; Sagi et al., 1995 and Sagi et al., 1998)。近年來，應用生物技術進行作物改良研究雖受到重視，不過，亦有不少反對聲浪。一些香蕉研究者認為在有限的財力資源，若用以支持現已表現有成果的傳統育種研究，效果可能更佳 (Simmonds, 1997; Rowe, 1998)。

九、致謝

本文之原文版權為 CABI Publishing 所有。得該公司及作者 Dr. D. R. Jones 允許翻譯，謹此致謝。

十、引用文獻 (請參考原文)