香蕉品種改良之研究

鄧澄欣　黃新川　朱慶國

台灣香蕉研究所

關鍵字：香蕉、育種、種源、雜交育種、體細胞變異。

摘要：香蕉爲世界重要水果之一，更是台灣最重要外銷水果。因香蕉爲三倍體植物，具高度不稔性，靠無性繁殖，因此造成雜交育種上的困難。本文討論香蕉栽培種的分類和演變假說，進而報導國內外有關香蕉品種種源之收集，保存和利用。牙買加／千里達於1922年開始奠定香蕉雜交育種之方法，目前以宏都拉斯的育種研究爲最積極。育種目標以抗病及矮化爲主。育種方法分：二倍體的改良，初級四倍體及次級三倍體的選育。宏都拉斯的研究在二倍體改良已有良好成果，唯至目前，仍未育成優良之四倍體或三體倍足以取代現有的商業化品種。本省以組織培養法繁苗，從體細胞變異（somaclonal variation）中進行抗黃葉病（Fusarium wilt, race 4)的篩選，選出10中等至高抗病品系，其中以GCTCV－215最具推廣潛力。最後，本文對傳統及利用體細胞變異作選種的方法加以比較，並探討細胞融合及花藥培養對香蕉品種改良的可行性。

前　　言

以廣義而言，香蕉包括鮮食蕉和煮食蕉兩種。香蕉爲熱帶及亞熱帶作物，爲許多地區之重要鮮食水果，消費者遍及溫帶和寒帶，因而成爲國際重要水果貿易之一。香蕉含大量澱粉，礦物元素（例如磷、鈣、鉀等）及豐富的維他命C，具高度營養價值，因而成爲許多熱帶國家的主要糧食之一。據估計，全球香蕉產量超過6千萬公噸（FAO Production Yearbook, 1988)，供國際外銷貿易約佔7百萬公噸，佔11%左右。可見，香蕉消費量仍以產地消費爲主。

本省香蕉以鮮食蕉爲主。早自民國初年即開始外銷日本，至1967年爲外銷顚峰期（圖１），栽培面積達5萬3千公頃，外銷數量達2千6百萬箱（16公斤／箱），佔日本市場百分之九十左右。此後，因菲律賓香蕉的競爭，加上本省工資上揚，黃葉病爲害，運銷方式落後，以致成本偏高，品質不均，因此，外銷市場每況愈下。近十年來，只佔日本市場百分之十左右，栽培面積減至8千公頃。去年外銷數量降至最低點，僅及3百萬箱，無法滿足外銷需求。

１）本文於1991年5月21－22日，在台中台灣省農業試驗所舉行之「果樹育種工作研習會」宣讀。

香蕉爲三倍體植物，具高度不育特性。但藉著無性繁殖，分佈各地。因此，全球外銷鮮食蕉品種爲數不多。在1960年以前，中南美洲均以高大的大米七（Gros Michael）爲主，後因巴拿馬病（Panama disease, Fusarium oxysporum, race 1），改植華蕉（Cavendish)品系。數十年來，香蕉品種改良的目標，主要爲抗病及矮化。本文目的在介紹國內外香蕉品種改良的方法和成果，以供有關人士參考。

香蕉栽培品種的分類和演化

一、香蕉在植物分類學的地位：

香蕉爲大型多年生的草本植物。地上部爲假莖，由葉鞘構成；花序由地下莖莖端分化，向上伸長，通過假莖及葉叢中間，向外伸出，形成巨大複穗狀花序，遠軸部分爲雄花，向軸部分爲雌花。食用蕉的雌花經單性結實（Parthenocarpy)發育成無核漿果，可供食用。

按植物分類學，香蕉屬於芭蕉群（Scitamineae)的芭蕉科（Musaceae）。芭蕉科有兩屬：衣蕉（Ensete）及芭蕉（Musa）。食用蕉爲芭蕉屬。除澳蕉(Australimusa)外，所有食用蕉均爲正蕉宗（Eumusa），花序下垂爲其特徵（Simmonds,1960)。

二、香蕉栽培品種的分類：

香蕉栽培品種繁多，品名因各地而異，常有同種異名或異種同名的混亂。E. E. Cheeseman於1920年在千里達皇家熱帶農學院（Imperial College of Tropical Agriculture）創立香蕉標本園，搜集各地香蕉品種，並加以鑑別，對不少品名加以澄清。把香蕉栽培種有系統地加以整理和分類，始於Simmonds及Shepherd（1955）所採用的記點法(Scoring Method)。此法以「雙種來源」（Bispecific origin)爲假說，以15項蕉株性狀，與尖蕉（Musa accuminata）及拔蕉（Musabalbisiana），逐項比較，按其異同分別記點給分。此法被廣泛採用。Simmonds於1984年爲IBPGR(International Board of Plant Genetic Resources）撰寫「香蕉特性記錄」(Descriptor)均以此爲基礎。近年來，從同功異構梅的分析（Jarret and Litz, 1986)及Numerical taxonomy 的分析（Simmonds and Weatherup, 1990）皆證明以記分法分類的可靠性。

除上述以15項形態學的性狀分類，染色體的數目及來源也是食用蕉分類的重要依據。據上述的雙種源說認爲所有食用蕉（除斐蕉外），都是由野生尖蕉和拔蕉演化而來。尖蕉染色體設定爲AA基因組（Genome），而拔蕉爲BB基因組。由此，食用蕉可按其染色體倍性分爲8組（表1）。其中以AAA及AAB組分佈最廣並種類繁多（Stover and Simmonds, 1987)。本省鮮食蕉的主要品種

爲北蕉及仙人蕉，均屬AAA組的Giant Cavendish。

三、香蕉栽培種的演化和分佈：

按香蕉單性結實及不稔性的遺傳研究，加上香蕉種源的自然分佈，Simmonds在1962年綜合以上資料提出香蕉栽培種的演化假說，大概分爲四個階段：

㈠食用特性的發育：從野生具種子的AA型尖蕉中，經人爲的選擇，選出無種子可食用的香蕉，其果實的發育乃依靠單性結實而不須授精，其後加上染色體結構的變異（包括倒位或易位），形成異型接合性（Heterozygosity），引至配子體不育。

㈡三倍體的形成：在自然情況下，由野生及可食用AA型的兩倍體雜交，因染色體的異常分裂，產生可食用的三倍體香蕉，因具優良的生長優勢及較大的果實而被選擇栽培利用。

㈢AB型雜交種的形成：可食用的AA型品種從種源中心外移至BB型種源中心，經雜交及多倍化形成各種雜交類型，例如AB、AAB、ABB等。

㈣香蕉品種的擴散：可食用香蕉可能公元第五世紀由馬來西亞傳到馬達加斯加島，再由此傳至東非高地，經過大湖地帶，約在第十世紀傳達剛果。其後在第十五世紀傳至西非。大約在同期，葡萄牙人把香蕉帶到加那利群島並於第十六世紀初傳至新世界(Simmonds,1979）。據我國古藉記載，香蕉在我國的種植已有二千年以上的歷史（孫，1989），在一千五百年前已普遍栽培，至於香蕉如何傳至中國則無稽可考。

香蕉種源搜集、保存和利用

一、國外香蕉種源的管理和利用：

香蕉品種的遺傳分岐性（Genetic Diversity)以東南亞爲最高，一般被公認爲香蕉的初級種源中心；其次爲非洲，最低爲中南美洲。然而在國際蕉貿上，中南美洲卻佔全球87.9%（Stover and Simmonds, 1987），首屈一指。因此，爲了改良香蕉品種，必須從香蕉原產地引進大量野生或栽培種。早於1920年千里達開始建立香蕉標本園，搜集各國品種。在本世紀50－60年代，於宏都拉斯及牙買加前後進行了三次有系統的採種，特別在西太平洋及東南亞一帶進行，宏都拉斯共採得 850不同品系（Rowe and Richardson, 1975)，其中574 種加以保存並進行抗病觀察獲得不少抗病材料。國際植物種源協會（IBPGR)於1974年成立，推動搜集，保存和鑑定重要作物種源的工作。曾於1977年首次召開香蕉種源會議。近年來，在IBPGR的贊助下，曾於泰國、菲律賓、越南及新畿內亞等國分別進行野生蕉的採集。

香蕉品種保存以田間保存爲主，在菲律賓、宏都拉斯、牙買加及金馬倫等國均設有田間基因

庫，保存所收集的品種。INIBAP (International Network for Improvement of Bananas and Plantains)於1984年成立，於1987年積極推動香蕉品種保存及交換計劃。並據1989年INIBAP年報，全球分設五個地區支部及收集中心，加强品種的搜集保存和交換。並在歐洲「中立」地區（比利時）成立種源轉輸中心（Transit Center），對一切洲際交換的種源，以組織培養植株寄往轉輸中心，經溫室種植，檢疫後再以組織培養繁殖，加以保存及送往目的地。又在全球三個地方，包括法國、澳洲及菲律賓設立病毒檢疫中心（Virus indexing center)加强檢疫措施。因此，大大促進國際間的種源交換活動。

二、本省香蕉引種及選種研究：

㈠昔時香蕉品種保存與引種

本省目前栽培之香蕉品種約在 240年前自華南引入。初期香蕉大部份集中於北部，北蕉之名乃因此而來。及至1898年林傳先生於台中頭汴坑之北蕉蕉園發現抗萎縮病之芽變種，救了萎縮病日益嚴重之危機，因感仙人所賜，遂將該芽變種命名爲仙人蕉，以後此二品種即廣泛地混植於中南部蕉園。

香蕉研究及香蕉品種保存始於日據時代。光復時，士林、嘉義、鳳山試驗分所與昔日高雄青果合作社香蕉試驗場（目前國立屏東商專校地）各保存少數幾十品種，其後嘉義分所與鳳山分所自其他場所引進該所沒有的品種，並加以品種特性記載，嘉義分所完成53品種極爲詳細特性記載，1971年以後，除嘉義分所成立以後，先後自鳳山、嘉義分所引進66品種，於鳳山後庄設立品種保存園，以後遷到九如本所。香蕉研究所成立以前自國外引進香蕉品種不多，除農業人員出國考察順便引種外，如蔣彥士先生引進 Golden Beauty，其他人士尙引進非洲矮蕉，夏威夷Williams等。

㈡有計畫自國外引種

農委會於1967及1970先後派遣園藝考察團赴東南亞、南太平洋、中南美洲考察與新品種搜集，香蕉部份計自七個國家引進14個品種，本所成立後開始有計畫自國外大規模蒐集品種，透過外交部駐外使館農技團考察人員協助引進。自1970－1980年本所先後自國外34地區（包括大洋洲、中南美洲、非洲、東南亞）引進 160種香蕉品種，國外引種均經二年隔離觀察（早期在檢驗局汐止隔離苗圃，後期在小琉球）確定無病才放行，並自國內引進野生、理化誘變及突變選種。1976年以後全省僅有本所與嘉義農試分所保有香蕉品種。1985—86年本所先後自澳洲再引進品種組織苗計有27品種，使本所保存品種增加至 180品系（表２）。

㈢香蕉品種種源庫之建立

早期本所種源庫建立於鳳山後庄，僅有國內搜集之66品種，九如本所於1973年成立後才遷到本所，當時保存於田間，嗣後本所黃葉病日益嚴重，曾租地保存。爲避免因病蟲害、天然災害而遭品種遺失，本所同時採用組織培養、水泥槽暨溫室盆栽等不同方法保存，並自19

83年與嘉義農試分所合作田間保存，1986－87年，本所大量繁殖組織培養品種苗各 178品系供嘉義農試分所與省農試所成立種源庫，前者每株系 4 株，後者 5 株，本所於1986年開闢專室，供香蕉品系組織培養保存。

四種源利用：

香蕉品種種源的保存乃供⑴觀察研究特性，以期選出優良品種以供試種、繁殖、推廣。⑵育種材料。⑶學術研究機構作教學研究材料。⑷國際種苗交換。

本省目前重要商業品種仍屬於Cavendish 之北蕉與仙人蕉（Robusta），此外民間尚有少數栽培屬AAB 之呂宋蕉（Latundan）、粉蕉、色澤鮮紅之紅皮蕉暨矮腳蕉等。爲選出更好的商業品種及探討特殊風味的香蕉，本所從種源庫進行下列選種工作：

1.矮性蕉的選育

昔日世界經濟栽培高大之Gros Michel 因易受風害，管理不便，易羅黃葉病，已逐漸遭淘汰，屬於Cavendish及Robusta（仙人蕉）植株仍嫌高大，很多國家正淘汰中。世界經濟栽培品種勻朝向矮化、耐風、耐病、省工之品種，故中南美洲、菲律賓、加勒比海均紛紛改種矮性品種Grand Nain與Umalag。本所成立引進矮性品種甚多，十幾年來本所與嘉義分所曾從事矮性品種試驗。於民國1987年正式選出矮性品種 4 種，即自巴貝多引進之Cavendish B.F.、菲律賓之Umalag、宏都拉斯之Grand Nain與哥斯達黎加之矮性蕉Valery，並以北蕉、Williams爲對照，經三年比較試驗，矮性品種中以Cavendish B.F.最優，單株平均產量與北蕉相似，株高Cavendish B.F.比北蕉矮42.3cm，但莖周大 1.9cm，故比北蕉矮壯，耐風、方便疏果、套袋、病蟲害防治及採收，可達省工目的，且可採用較短防腐支柱，節省器材。其次爲Grand Nain與Umalag，但產量不如B.F.，不過植株比B.F.矮， 3 年平均矮 9 －10cm，果房上下整齊，果把較輕，故合格率比B.F.及北蕉高，生育日數較短，具矮壯優點，不失爲優良矮性品種。自1988－1990年在全省擴大試種，其結果與試驗相同，仍以Cavendish B.F.最優，其次爲Umalag與Grand Nain。近年已推廣試種，深受農民歡迎。

2.新開發品種的探討

近年來試種世界各國當地消費不同風味之品種如Cocos、Lady Finger、Mysore、Latundan、Mas等，其中以Cocos 之產量最高，惟糖度較低，不很適合東方人之嗜好，後者 4 種果肉甜中帶酸，風味甚佳，爲部份人士所喜愛，但植株太高，達350－442cm，加以生育日數長達15個月以上，風險太高。Latundan與Mas 果皮很薄，尤以夏天果皮易裂開影響商品價值，在台北市場銷售未盡理想，雖然Latundan市場價格二倍於北蕉但產量偏低、生育期長、易遭風害，未必符合經濟效益，僅可在避風地帶少量栽培。

香蕉雜交育種研究

香蕉因其生物學上的特異性，進行傳統的雜交育種，非常困難。自1922年開始千里達及牙買加首先進行香蕉雜交育種工作，經過許多的研究，對香蕉的分類、不稔性及單性結實的遺傳機制，細胞遺傳等漸漸瞭解，從而奠定香蕉雜交育種的基礎。其後在宏都拉斯、巴西及印度等地的育種工作，基本上採用相似的步驟。Simmonds(1966、1977)對此有所報導，基本步驟可分爲三個階段。

一、兩倍體育種：以野生尖蕉與食用二倍體進行雜交，選擇優良的子代繼續輪迴選擇。已改進的二倍體必需具高產、抗病、無籽的優點，並具多量花粉以供進一步雜交之用。

二、初級四倍體的育成：其法有二，可以秋水仙素，把優良二倍體的染色體加倍成爲同源四倍體；或以優良二倍體爲父本，與大米七或由大米七衍生的品系，進行雜交，利用大米七品系的染色體異常行爲（Reconstitution），產生沒有減數的卵細胞（3A'），進而形成3A'＋A的四倍體種子。此法爲千里達、牙買加及宏都拉斯所取用。

三、次級三倍體的育成：以優良的四倍體與二倍體進行回交或雜交，形成次級三倍體。千里達、牙買加的早期研究育成I.C.2和S19，具高產和抗巴拿馬病的四倍體品種，曾在宏都拉斯試種，因其果串細小而不受市場重視。其後在1964－65年間，曾進行大規模雜交工作，從 667個四倍體中選出 7 個優良品系，具高產及抗巴拿馬和葉斑病。但經船運測試，發覺其耐儲能力太低而遭失敗命運（Menendez and Shepherd, 1975），該計畫自1980年後，因經費困難而漸漸停頓。

宏都拉斯的香蕉育種研究始於1960年，原屬於聯合水果公司。於1983年，聯合水果公司把整個研究計畫及設備贈給FIAH(Fundacion Hondurenade Investigacion Agricola)。其育種方法與千里達和牙買加大同小異。但對二倍體育種特別重視，並獲得巨大進展。該計畫首先進行搜索優良矮化二倍體，結果從三倍體〝Valery〞與野生尖蕉雜交後代中選出比Valery矮 1 公尺左右的二倍體。同時，在許多野生二倍體中鑑定各種抗病種源（表 3 ）。再經無數雜交和選拔，育成許多園藝性狀良好並具各種抗病能力的優良二倍體（表 4 ）。其中最早的佼佼者爲SH2095，是從雙雜交選育而成。其親本分別從新幾內亞、爪哇、馬來西亞及菲律賓而來，具巨大果串，果指長而不易脫落，惜其花粉高度不育，難作父本（Rowe and Richardson, 1975）。

Rowe於1982年報導從Highgate X SH3142 獲得四倍體SH3436，具抗葉班病特性，果串巨大，品質和風味均屬良好，且保青壽命（green life）較長。其後於1986年選出SH3445及SH3446（表 4 ），具15把以上的果串，重達60公斤以上。然至目前爲止，仍未育成商業化新品種，原因未詳。

除上述兩個較大規模的香蕉育種工作外，在巴西（Shepherd, Dantas Alves 1986年)及印度

對AAB 品種有雜交育種的研究。最近奈及利亞的IITA (International Institute of Tropical Agriculture)對煮食蕉Plantain進行改良工作，其採用方法未詳見報導。

台灣香蕉研究所早於 1975 年曾進行小規模之雜交工作 (陳 1977, 楊 1980)， 以果型佳的 Pisang lilin X M. accuminata，獲得少量二倍體植株。可惜在進一步回交，未能成功。其後，擬將台灣芭蕉 (M. formosana) 的抗病因子導入Cocos 及Pisang lilin，亦未成功。

香蕉組織培養變異之研究

一、變異之種類及發生頻率：

㈠幼苗期之變異：組織培養蕉苗向在試管內時偶而可見到葉綠素變異者，除此之外其他變異不能辨認。移出試管經假植兩個月後可看到外觀形態具有明顯變異特徵者，從調查30,000株蕉苗所發現到的變異性狀可歸納下列四種：

1.葉綠素變異，此類蕉苗之葉片呈現白色或淡黃色條斑，出現頻率爲最高，佔0.25%。種植於田間後，在强烈陽光照射下，葉片缺少葉綠素部位往往褐變死亡，植株生長遲緩，抽穗後亦在果指上出現白色或淡黃色條紋。

2.葉片畸型扭曲、肥厚，出現頻率0.04%。

3.葉片狹長，假莖呈淡紅色，出現頻率0.03%。

4.葉片狹長肥厚，其上密佈白色細條紋，葉鞘排列鬆散，出現頻率0.05%。

㈡成株期之變異：從各區50批種植組織培養蕉苗之蕉園，調查46,260株中所發現到的變異株主要有四種類型，即矮化型、葉形變異、假莖顏色變異、及果房變異，其中以矮化變異之出現頻率最高。在矮化型中又以一種類似本省原有的矮腳蕉最普遍，其出現頻率最高達1.3% ，此類變異株之假莖粗短，株高僅 180cm，較正常北蕉矮80cm左右，葉柄短，兩葉柄間的距離很短，故使葉片在假莖頂端作叢生狀，抽穗有窒息現象 (choking)，果軸很短而使果房不易下垂，果手排列緊密。其次爲呈葉形變異之植株，葉片狹長肥厚作直立狀，葉片上散佈有嵌紋狀之透明班塊爲最明顯之變異特徵，出現頻率0.42%。在果房變異型中，以葉片墨綠下垂，果把數少者居多，出現頻率0.40%。其餘變異株之頻率都很低在0.01－0.05%之間。在田間抽穗期所發現到的變異頻率爲2.43%，合併上述在幼苗期之變異0.37%，共計2.80%。另外在田間還有不少蕉株與正常者外觀稍有不同者，因其差異微小且種類繁多，不在此一一列敘。調查用傳統吸芽苗種植之蕉園40,000餘株，則未發現到變異株。

㈢變異穩定性觀察：將上述組織培養蕉苗在田間發現到的變異株取其吸芽 (每株1－5個) 種植，連續進行兩年，結果顯示除葉綠素變異外，其餘所有類型的變異株之第二和第三代吸芽種植後皆維持原有的變異特徵。取葉綠素變異株之吸芽莖頂分生組織培養繁殖，在所得之60株

苗中，有15%葉片呈現葉綠素變異，其餘恢復正常。

二、香蕉組織培養在抗病育種之應用：

自Carlson 首於1973年報告利用組織培養方法，可篩選得到抗病菌毒素（toxin)之細胞或原生質體，進而再生具有抗病能力之植體以來，組織培養應用於抗病育種，立即成爲熱門之研究課題，其根據的理論，在於植物的細胞、組織經培養後，可出現較多的變異體，故獲得抗病植株的機會較大。與傳統的雜交育種方法比較，組織培養抗病育種較爲快速經濟。廣義言之，組織培養應用在抗病育種之技術，包含分生組織培養（Meristem culture）、癒合組織培養(callus culture）、細胞培養（cell culture）、細胞及原生質體融合（cell and protoplast fusion）、胚珠及胚培養（ovule and embryo culture）、以及抗病基因轉移生物遺傳工程技術等。抗病篩選之方法，有試管培養階段接種病原或添加病毒素、代謝物者，或育成小植株後在田間接種篩選等。利用上述方法至目前至少已在若干作物如番茄、馬玲薯、甘蔗、煙草、苜蓿等獲得抗病品系的報告，並證實所獲得的抗病因子具有遺傳性，惟至目前爲止，研究均仍停留在實驗室或溫室階段，能夠取代罹病品種而達到經濟栽培的抗病變異體者，僅有甘蔗（抗Fiji disease）一個成功的例子，顯示利用組織培養所得到的抗病品系，可能有農藝性狀的缺陷、或田間抗病力不高。在國內組織培養利用在香蕉抗黃葉病篩選則已有顯著成果。

香蕉屬無性繁殖草本植物，發生自然突變微乎其微。而傳統的香蕉雜交育種，因母本不稔性（sterility)所限，要獲得理想的抗病品種相當困難，在過去六十多年的努力進展極其有限。爲育成抗黃葉病品種，及利用香蕉組織培養容易產生變異的特性，自七十三年起，開始以組織培養蕉苗做抗病篩選的材料，以期提高獲得抗病株系的機會。抗病測定於溫室內的病土或自然發病園進行，種植前將帶有大量病菌的病組織加入病土，並用耕耘機打碎攪伴均勻，以提高發病率，先移植到假植缽生長兩個月，待苗高約15公分左右，才定植到抗病檢定園，種植四個月後檢查塊莖內部病徵，淘汰被感染者，塊莖內部無褐化跡象者，則保留繼續觀察。

利用上述篩選方法，從3萬多株北蕉（Giant Cavendish)培養苗中獲得10個品系對黃葉病菌（Fusarium oxysporum f. sp. cubense, Race 4)呈抗病性反應。其中5個品系具高度抗病性，5個品系具中度抗病性（表5），有關各抗病品系之實用價值現正探討中。

討論與建議

香蕉育種研究有60年的歷史，唯直至目前仍未育成優良的品種足以代替由自然演化而選育成功的品種。究其原因，主要爲香蕉本身在生殖系統和染色體數的特異，造成育種技術的困難。傳統的四倍體育種方法，利用大米七染色體的異常行爲，經與改良二倍體雜交，育成四倍體，此法缺點甚多（Stover and Buddenhagen, 1986），例如(一)大米七品系的可稔性很低，平均每把授粉

之果串只產生1－3粒種子，須靠大量勞力進行授粉和選取足夠的種子以便選擇。加上種子發芽率低，只有20－30%，需經胚胎培養以增加發芽率，可見工作極其繁重。㈡大米七品系在抗病及園藝性狀均具缺點，經傳統的四倍體育種，產生之四倍體具三組大米七的染色體，因而在許多性狀與大米七相似。因此造成改良的極限，與回交育種雷同。㈢四倍體本身具有園藝性狀的缺點，例如葉片較厚而下垂，葉柄容易因風折斷並可能產生少量種子，失去商業價值。

Vakili於1967年以秋水仙素處理，把香蕉二倍體加倍成爲同源四倍體。並提出以同源四倍體與遠緣的二倍體雜交的方法，選育優良三倍體。如此，可利用更廣泛的種質資源，增加育成優良新品種的機會。然至目前，此法仍未被普遍採用。

宏都拉斯的二倍體育種非常成功。其育種步驟與譜系（Pedigree）選育法相似。首先選擇優良而具有高度特殊配合力（Specific combining ability）的親本，育成抗病及高產的子代，如此重覆交配與選擇，育成許多優良二倍體。此法證明可藉輪迴選擇法，把有利基因累積，以達改良二倍體親本，增加育成優良三倍體或四倍體的機會。

台灣香蕉研究所藉組織培養大量繁殖，從而以體細胞變異進行抗病選種。目前已選出10個抗黃葉病品系，其中以耐病品系 GCTCV－215 最具潛力。該品系在產量、園藝性狀及品質與北蕉相似，在黃葉病區具有推廣潛力。香蕉的體細胞變異屬何種變異，仍需進一步探討。然此法爲本省香蕉選育的主要途徑，特別對單基因變異，例如抗病、及矮化等性狀，效果良好。預期在抗殺草劑、及抗鹽鹼性等選擇會有相似效果。唯一缺點爲這些單一主要基因的選擇，往往有基因多效性（Pleiotrophism)的現象，影響其他園藝性狀或品質，是其美中不足。再者，除非藉體細胞變異選出單基因以增加果把數，否則對數量遺傳的性狀，例如產量，此法效果有限。

Krikorian and Cronauer(1983)建議利用生物技術把外界（exotic)DNA導入香蕉原生質體或把不同的二倍體品系經原生質融合，成爲四倍體雜交品系。這些新方法，需賴進一步的分子生物學研究，細胞和原生質體培養及植株再生技術的建立和記號基因（Marker genes）的鑑定，才能獲得成功。

花藥培養在香蕉育種上有其重要性。從花藥培養可產生不同倍性的細胞和植株，進而培育成細胞系（Cell line)再與二倍體的細胞系進行融合，可產生三倍體或四倍體（圖２）的品系，此法的可行性值得探討。華蕉（Cavendish)爲全球外銷香蕉的重要品系，但具高度不稔性，雖經無數授粉試驗，罕見成功例子。若以上述方法，先從優良二倍體育成單倍體細胞系，再與華蕉三倍體細胞系進行細胞融合，可望把有利基因導入華蕉品系，合成優良品種，值得一試。

參 考 文 獻

1.台灣香蕉研究所　1972　國外引種報告　台灣香蕉究所印行　9頁。
2.朱慶國　1967　香蕉品種特性研究　嘉義農試專刊第七號。

3.朱慶國、楊紹榮 1975 台灣外銷用香蕉品種之研究 中華農業研究 24(1,2):57—74。

4.孫校元 1989 香蕉、龍眼、沙田柚栽培法 五洲出版社 台灣。

5.馬溯軒、許圳塗 1972 香蕉幼莖切頂組織培養應用於不定芽誘發之研究 中國園藝18(3):135-142。

6.陳敏祥 1977 香蕉抗病品種育成之研究—親本抗病性測定，生育特性調查及雜交 中國園藝23(6):287-294。

7.黃新川 1986 香蕉組織培養植株之變異。中國園藝32(2):117-125。

8.楊紹榮 1980 品種改良 台灣香蕉研究所十年工作報告 台灣香蕉研究所印行40—56頁。

9.楊紹榮 1980 台灣香蕉品種改良之回顧與展望（上） 果農合作403:20—27。

10.楊紹榮 1980 台灣香蕉品種改良之回顧與展望（下） 果農合作404:21—27。

11. Hwang, S.C., C.L. Chen, J.C. Lin and H.L. Lin. 1984. Cultivation of banana using plantlets from meristem culture. HortScience 19:231-233。

12. Hwang, S.C. and W.H.Ko. 1988. Mutants of Cavendish banana resistant to race 4 of Fusarium oxysporum f. sp. cubense. Plant Protection Bulletin (Taiwan) 30:386-392.

13. Hwang, S.C. and W.H.Ko. 1990. Tissue culture plantlets as a source of resistance to fusarial wilt of Cavendish banana. In: Biological control of soil-borne plant pathogens. C.A.B. International. U.K. pp. 478-353.

14. IBPGR. 1978. Genetic resources of bananas and plantains. IBPGR, Rome.

15. IBPGP. 1983. Descriptor list of bananas. IBPGR, Rome.

16. INIBAP. 1989. Annual Report. INIBAP. Montpellier.

17. Jarret,R.L. and R.E.Litz. 1986. Isozymes as genetic markers in bananas and plantains. Euphytica 35: 539-550.

18. Krikorian, H.D. and S.S.Cronauer. 1984. Aseptic culture techniques for banana and plantain improvement. Economic Botany 38:322-311.

19. Menendez,T. and K.Shepherd. 1975. Breeding new bananas. World Crops 27:104-112.

20. Rowe, P.R. 1984. Breeding bananas and plantains. Plant Breeding Reviews 2:135- 155.

21. Rowe,P.R. and D.L.Richardson. 1975. Breeding bananas for disease resistance, fruit quality and yield. Bull.2, Tropical Agriculture Research Services, La Lime, Honduras.

22. Simmonds,N.W. 1962. The evolution of the bananas. Longmans, London.

23. Simmonds,N.W. 1966. Bananas (2nd ed.). Longmans, London.

24. Simmonds,N.W. 1976. Bananas. In:The Evolution of Crop Plants (Simmonds,N.W. ed.). Longmans, London. pp.221-215.

25. Simmonds, N.W. 1987. Classification and Breeding of bananas. In: Banana and plantain Breeding

Strategies (Parsley, G.J. and E.A.De Langhe, ed.). Australian Center for International Agri. Res., Canberra. pp.69-73.

26. Simmonds,N.W. and K. Shepherd. 1955. The taxonomy and origins of the cultivated bananas. Journal of the Linnean Society of London, Botany 55:302-312.

27. Shepherd,K, 1987. Banana Breeding-past and present. Acta Horticulture 196:37-43.

28. Shepherd,K., I.L.L. Dantas and E.J. Alves. 1986. Banana breeding in Brazil. In: Banana and plantain breeding strategies (Parsley, G.J. and E.A.De Langhe, ed.). Australian Center for International Agri. Res., Canberra. pp.78-83.

29. Stover,R.H. and I.W.Buddengagen. 1986. Banana breeding: polyploidy, disease resistance and productivity. Fruits 41(3) :175-191.

30. Stover, R.H. and N.W.Simmonds. 1987. Bananas (3rd ed.) Longman Scientific & Technical, New York.

31. Turner, D.W. 1979. Banana Varieties. Horti. Research Tropical Fruit. New South Wales.

32. Vakili,N.G. 1967. The experimental formation of polyploidy and its effect in the genus Musa. Amer.J. Bot. 54(1) :24-36.

討　　論

黃子彬：215 品系對黃葉病的耐病力確實比其他品種明顯，但發現215 品系有輕微硬心及青丹的問題，請教各專家的意見各不相同，認爲青丹及硬心的原因是由於一、氮肥之問題，也就是氮肥用的太多、太慢；二、殺草劑使用過量；三、果實發育期溫度太低，細胞分裂或增大受阻，使細胞變的太緊密，才會發生硬心及青丹問題；四、原來沒抗病性，經組織培養之後變異成爲有抗病性，也許本來沒有硬心、青丹問題，經組織培養以後而變異成有硬心及青丹問題，不曉得您對硬心及青丹的原因看法如何？

鄧澄欣：據個人看法，青丹發生於北蕉較多，而在215 品系發生則是較少，但硬心的問題在215 試種園偶有發現。二者發生時間及地點沒有明顯相關，作成原因大致不相同。有關硬心的問題，目前有的推測可能是農民在施殺草劑過量，影響香蕉發育情況或可能是某種元素缺乏而造成硬心的問題。最近我們參考一些國外文獻，在澳洲二十年前會議裡有一篇簡單文章曾經報告硬心的問題。他們發現硬心香焦鈣含量比較低，缺鈣是否造成硬心蕉是我們研究方向之一。在大把蕉飽度高，發生硬心比較多，飽度不高則硬心較低。是否在控制飽度方面可減少硬心的問題，是目前探索的重點。

施昭彰：兩串蕉之形成原因如何？其遺傳性如何？

鄧澄欣：這是在兩年前於農民田裡收集的兩串蕉，我們拿回來用組織培養分切和吸芽來種植，三年連續種植之後，發覺基本上是由於遺傳之特性，但不穩定。現在正擴大組織繁苗以進一步觀察其遺傳的特性。

施昭彰：剛才你分析的好幾種型裡面，有沒有發現兩串蕉的先例？

鄧澄欣：目前我們只有幾株，無法回答你的問題，明年希望能種幾十株的時候，來看他的遺傳分佈。然後再回答你的問題。

葉節耀：蕉研所是否有將台蕉後熟性狀作爲選種目標之一,因爲Cavendish系統在20度C 以上無法黃熟變青膨蕉若可能的話是否可以減少不少的生產成本？

鄧澄欣：你所指的大概是青丹蕉。我們沒有特別對香蕉後熟性狀作選種，是因爲技術上的困難。但對任何新選出品種，我們都作後熟品質鑑定，以維持或提高原有品質。

表1 主要食用蕉分類

組	別	例
1.AA	(a) Sucrier	Sucrier (西印度群島)
		Pisang mas (馬來亞)
2.AAA	(a) Gros Michel	Gros Michel (西印度群島)
	(b) Cavendish (1) Dwarf Cavendish	Dwarf Cavendish (澳洲)
	(2) Giant Cavendish	Williams (澳洲) Valery (中美洲)
		Robusta (中美洲) Peichiao (台灣)
	(3) Grand Nain,Umalag	Grand Nain (中南美洲)
		Umalag (菲律賓)
	(4) Pisang masak hijan	Lacatan (中南美洲)
		Bungulan (菲律賓)
	(c) Red,Greenred (1) Red	Morado (菲律賓)
	(2) Green red	Red raja (澳洲)
3.AAAA		I.C.2 (千里達)
		Bodles Altafort (牙買加)
4.AB	(a) Ney pooven	Ladys' Finger (夏威夷)
		Apple (西印度群島)
5.AAB	(a) Pisang raja	Pisang raja (馬來西亞)
	(b) Plantain (1) French Plantain	Tiger Plantain (牙買加)
	(2) Horn Plantain	Tundoc (菲律賓)
	(c) Pisang kelat	Pisang kelat (馬來西亞)
	(d) Mysore	Mysore (印度)
	(e) Silk	Silk (巴西)
	(f) Pome	Pome (巴西)
	(g) Maia maoli	Maia moali (夏威夷)
6.AAB	(a) Bluggoe	Bluggoe (西印度群島)
	(b) Pisang awak	Pisang awak (馬來西亞)
7.BBB		Saba (菲律賓)
8.ABBB	(a) Klue teparod (ABBB)	Klue teparod (泰國)
AAAB	(b) Atan (AAAB)	
AABB	(c) Kalamagol (AABB)	

註：參考 Stover and Simmonds, 1989.

表 2　台灣香蕉研究所之香蕉品種保存

基因型	品系數
AA	12
AB	2
BB	3
AAA	88
AAB	36
ABB	19
BBB	1
AAAA	7
本地野生蕉	4
雜交種	6
其　他	3
合　計	180

表 3　香蕉抗病種質資源

品系	抗病能力
Musa acuminata malaccenensis	Fusarium wilt race 1 and 2; Sigatoka (leaf spot)
Musa acuminata banksii	Fusarium wilt race 1
Musa acuminata errans	Fusarium wilt race 2
Diploid SH3142	Fusarium wilt race 4
	Burrowing nematode
Pisang lilin	Fusarium wilt leaf spot
Musa acuminate burmannica	Black sigatoka; Black leaf streak
Diploid SH2989	Black sigatoka; Black leaf streak
Pisang Jari Buaya	Burrowing nematode
Diploid Sh669	Moko bacterial wilt.

來源：Stover and Simmonds, 1986.

表 4　由宏都拉斯育成的優良二倍體及四倍體

品系及年份	來　　源	特　　性
SH2095 (1973)	(Sinwobogi x Tjau Lagada) x (Wild malaccensis x Guyod)	優良園藝性狀；花粉不育
SH2989 (1976)	Burmannica	抗葉班病
SH3142 (1977)	Pisang Jari Buaya	抗線蟲、葉班病及黃葉病（race 4）；花粉豐富
SH3176 (1978)	SH2095 x SH2989	抗葉班病、果串巨大、果指飽滿
SH3248 (1979)	SH3142 x SH2989	抗葉班病和線蟲、巨大果串、良好風味
SH3249 (1979)	SH2095 x SH3049	矮性
SH3217 (1979)	SH2095 x SH2766	優良園藝性狀、花粉豐富
SH3273 (1980)	SH3142 x SH3026	抗葉班病
SH3371 (1981)	SH2095 x SH3142	優良園藝性狀
SH3393 (1981)	SH3142 x SH3217	抗葉班病
SH3320 (1981)	SH3142 x SH3180	對葉班病免疫
SH3437 (1983)	SH2989 x SH3217	抗葉班病
SH3436 (1982)	Highgate x SH3142	四倍體、抗葉班病、果串巨大
SH3445 (1986)	Highgate x SH3413	四倍體、果串達61Kg、抗葉班病
SH3446 (1986)	Highgate x SH3362	四倍體、果串達71Kg、優良品質

來源：Stover and Buddenhagen 1986, Rowe and Richardson, 1975 ,Rowe, 1986.

註：所有品系均抗巴拿馬病（race 1）。

表 5　從北蕉組織培養苗獲得之抗病品系，對黃葉病菌抗病程度之比較*

** 强抗品系 發病率 < 10%	中抗品系 發病率 < 10%	感病品種 發病率 < 60%
GCTCV-40,-44 -104 -105, -119	GCTCV-46, -53 -105,-119,-215	北蕉、仙人蕉及其他華蕉、栽培品種

*
在同一重病蕉園經連續三年測定結果。
各品系採用組織培養蕉種植。

**
GC：Giant Cavendish（北蕉），TC：Tissue culture（組織培養），V：Variant（變種）

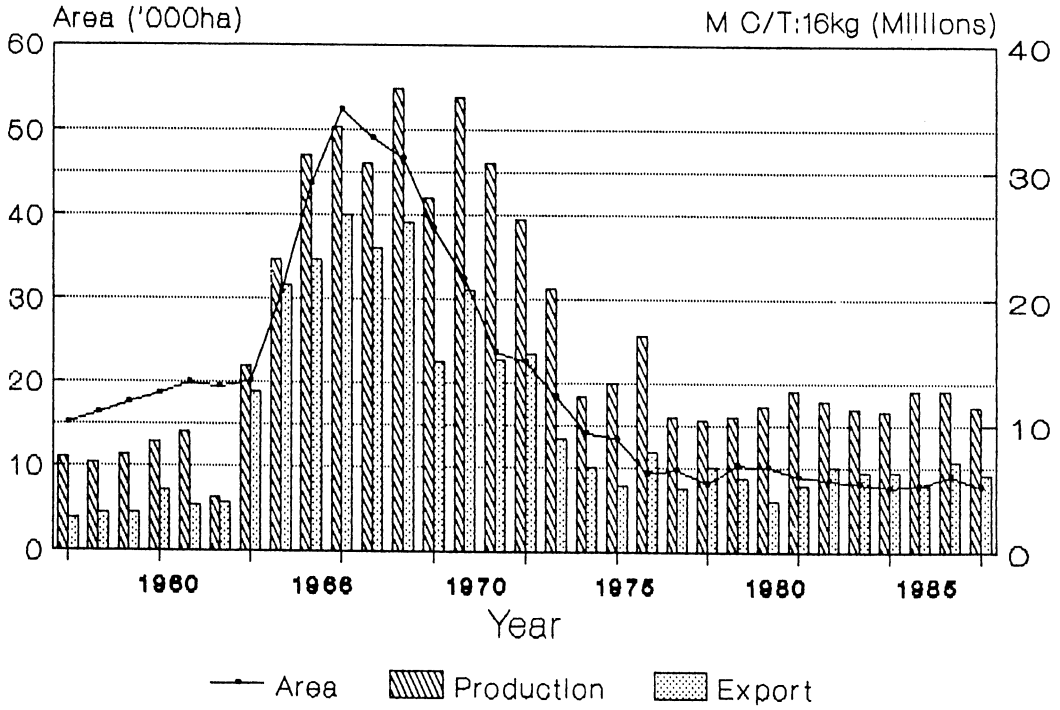


圖1 台灣香蕉生產與外銷數量（1958－1988）

Fig.1. Production and export of bananas, Taiwan, 1958－1988
(Source: Taiwan Fruit Yearbook, 1989)

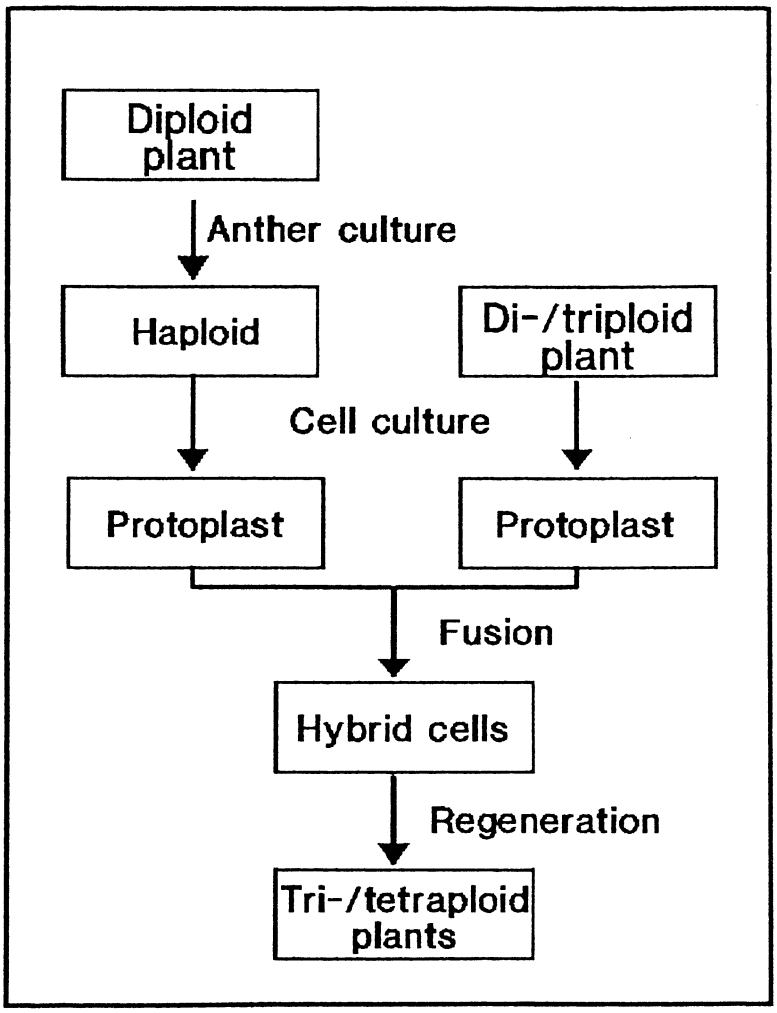


圖 2　香蕉花藥培養的應用

Fig.2. Application of anther culture in banana breeding

Variety Improvement of Bananas

Ching-yan Tang, Shin-chuan Hwang and Ching-Kuo Chu

Taiwan Banana Reseach Institute, Pingtung, Taiwan, Republic of China

Key words : Musa, bananas, breeding, germplasm, hybridization, somaclonal variation

Summary

Banana is one of the most important fruit crops in the world and is the most important fruit crop for export in Taiwan. Due to the triploid nature of bananas which is highly sterile, asexual propagation is the method for reproduction. Because of this, the breeding work of bananas is some how difficult. This paper reviews the classification and the hypothesis of evolution of cultivated bananas. Germplasm collection, preservation and utilization are also reported. The earliest banana breeding program was started in Jamaica and Trinidad in 1922. At present the program in Honduras is the most active. The objectives of banana breeding are disease resistance and reduction of plant height. The method consists of improvement of diploids and development of primary tetraploid and secondary triploid. The program at Honduras has good progress in diploid breeding. Some promising tetraploids developed are being evaluated for their commercial value. The tissue culture method for micropropagation of banana plantlets was developed in Taiwan, and it has been widely applied for producing disease-free plantlets for commercial planting and for using in the disease resistance screening program in recent years. Ten clones with moderate to high level of resistance to Fusarial wilt (race 4) were obtained through somaclonal variation. Among them, GCTCV-215 has the greatest potential in commercial production. Finally, the traditional breeding methodology and the noval approach using somaclonal variation is compared. Possiblity of using cell fusion and anther culture in banana variety improvement is discussed.