



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：香蕉為世界重要水果之一，更是台灣最重要外銷水果。因香蕉為三倍體植物，其高度不稔性，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為最積極。育種目標以抗病及矮化為主。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，惟至目前。仍未育成優良之四倍體或三倍體足以取代現有的商業化品種。本省以組織培育法繁殖，從體細胞變異 (somaclonal variation) 中進行抗黃葉病 (Fusarium wilt, race4) 的篩選，選出 10 個中等至高抗病品系，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。

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。



Variety Improvement of Bananas

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

Taiwan Banana Research 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 made good Progress in diploid breeding. However, no promising tetraploid or triploid was developed so far to replace the existing commercial varieties. The tissue culture method for micropropagation of banana Plantlets was developed in Taiwan, and it has been widely applied for Producing disease-free seedlings for commercial Planting and for using in the disease resistance screening Program in recent Years. Nine 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. Possibility of using cell fusion and another culture in the banana variety improvement is discussed.

前言

以廣義而言，香蕉包括鮮食蕉和煮食蕉兩種。香蕉為熱帶及亞熱帶作物，為許多地區之重要鮮食水果，消費者遍及溫帶和寒帶，因而成為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，其高度營養價值，因而成為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為主。

本省香蕉以鮮食蕉為主。早自民國初年即開始外銷日本，至1967年為外銷顛峰期（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，黃葉病為害，栽培方式落後，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。

香蕉為二倍體植物，其高度不育特性。但藉著無性繁殖，分佈各地。因此，全球外銷鮮食蕉品種為數不多。在1968年以前，中南美洲均以高大的大米七（Gros, Michael）為主，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，主要為抗病及矮化。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。

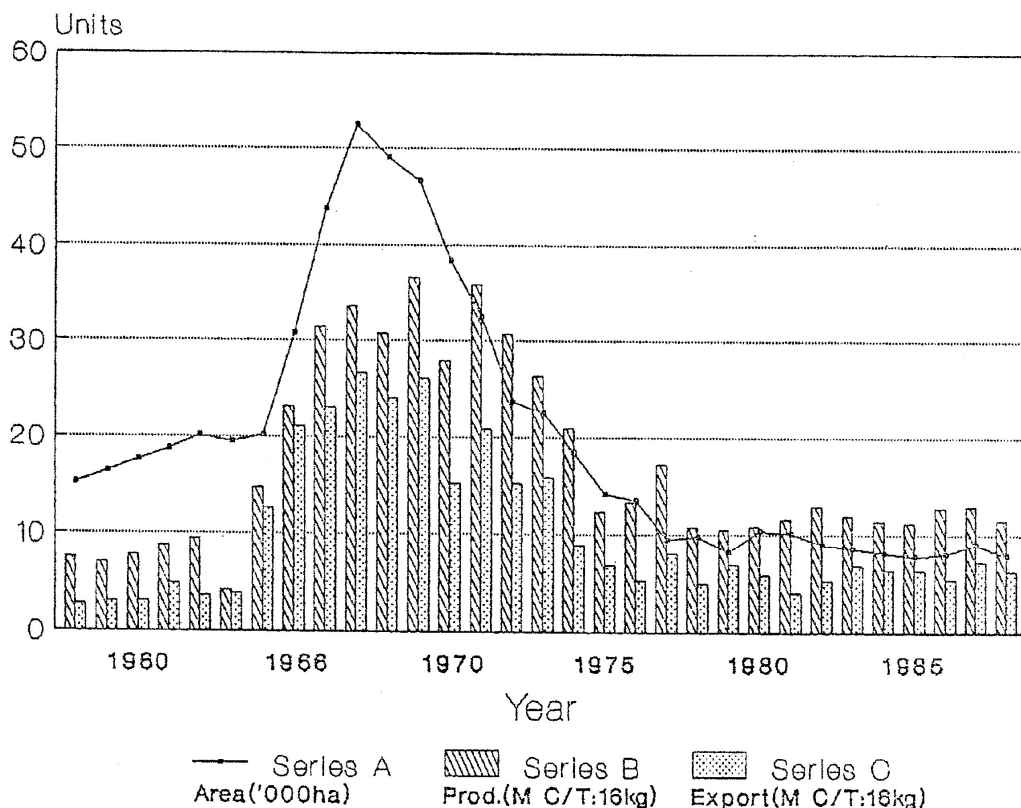


圖1. 台灣香蕉生產與外銷數量（1958~1988）

Fig. 1. Production and export of bananas, Taiwan, 1958-1988

(Source: Taiwan Fruit Yearbook, 1989)



香蕉栽培品種的分類和演化

- 一、香蕉在植物分類學的地位：香蕉為大型多年生的草本植物。地上部為假莖，由藥鞘構成；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，遠軸部分為雄花，向軸部分為雌花。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*）。食用蕉為芭蕉屬。除澳蕉（*Australimusa*）外，所有食用蕉均為正蕉宗（*Eumusa*），花序下垂為其特徵（Simmonds, 1960）。
- 二、香蕉栽培品種的分類：香蕉栽培品種繁多，品名各地而異，常有同種異名或異種同名的混亂。且 E. E. Cheeseman 於 1928 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「變種來源」（Bispecific origin）為假說，以 15 項蕉株性狀，與尖蕉（*Musa accuminata*）及拔蕉（*Musa balbisiana*），逐項比較，按其異同分別記點給分。此法被廣泛採用。Simmonds 於 1984 年為 BPGR（International Board of Plant Genetic Resources）撰寫「香蕉特性記錄」（Descriptor）均以此為基礎。近年來，從同功異構酶的分析（Jarret and Litz, 1986）及 Numerical taxonomy 的分析（Simmonds and Weatherup, 1998）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。據上述的變種源說認為所有食用蕉（除斐蕉外），都是南野生尖蕉和拔蕉演化而來。尖蕉染色體設定為 AA 基因組（Genome），而拔蕉為 BB 基因組。由此，食用蕉可按其染色體倍性分為 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為北蕉及仙人蕉，均屬 AAA 組的 Giant Cavendish。



表 1. 主要食用蕉分類

基因組	品種	例
1.AA	(1) Sucrier	Sucrier(西印度群島)
		Pisang mas(馬來亞)
2.AAA	(1) Gros Michael	Gros Michael(西印度群島)
	(2) Cavendish	(a) Dwarf Cavendish Dwarf Cavendish(澳)
		(b) Giant Cavendish William(澳洲), Valery(中美洲), Robasta(中美洲), Pei chiao(台灣)
	(c) Grand Nain, Umalag	Grand Nain(中南美洲)
		Umalag(菲律賓)
	(d) Pisang masak hijau	Lacatan(中南美洲)
		Bungulan(菲律賓)
	(3) Red, Greenred	(a) Red Marado(菲律賓)
		(b) Green red Redraja(澳洲)
3. AAAA		I. C.2(千里達)
		Bodles Altafort(牙買加)
4.AB	(1) Ney pooven	Lady's Finger(夏威夷)
		ple(西印度群島)
5.AAB	(1) Pisang raja	Pisang raja(馬來西亞)
	(2) Plantain	(a) French Plantain Tiger Plantain(牙買加)
		(b) Horn Plantain Tundoc(菲律賓)
	(3) Pisang kelat	Pisang kelat(馬來亞)
	(4) Mysore	Mysore(印度)
	(5) Silk	Silk(巴西)
	(6) Pome	Pome(巴西)
	(7) Maia maoli	moali(夏威夷)
6.AAB	(1) Bluggoe	Bluggoe(西印度群島)
	(2) Pisang awak	Pisang awak(馬來亞)
7.BBB		Saba(菲律賓)
8.ABBB	(1) Klue teparod (ABBB)	Klue teparod(泰國)
AAAB	(2) Atan (AAAB)	
AABB	(3) Kalamarol (AABB)	

註：請參考 Stover and Simmonds, 1989.



三、香蕉栽培種的演化和分佈：從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，大概分為四個階段：

- (一) 食用特性的發育：從野生具種子的 AA 型尖蕉中，經人為的選擇，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。
- (二) 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，產生可食用的二倍體香蕉，因具優良的生長優勢及較大的果實而被選擇栽培利用。
- (三) AB 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。
- (四) 香蕉品種的擴散：可食用香蕉可能在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）。據我國古籍記載，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籍可考。

香蕉種源搜集、保存和利用

一、國外香蕉種源的管理和利用：香蕉品種的遺傳分歧性（Genetic Diversity）以東南亞為最高，一般被公認為香蕉的初級種源中心；其次為非洲，最低為中南美洲。然而在國際蕉貿上，中南美洲卻佔全球 87.9%（Stover and Simmonds, 1981），首屈一指。因此，為了改良香蕉品種，必須從香蕉原產地引進大量野生或栽培種。早於 1928 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為主，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 1931 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，加強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）加強檢疫措施。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：

- (一) 昔時香蕉品種保存與引種：本省目前栽培之香蕉品種約在 248 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，遂將該芽變種命名為仙人蕉，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 品種極為詳細特性記載，1971 年以後，除嘉義分所繼續保存近百種外，其他場所品種均已陸續廢耕。香蕉研究所成立以後，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，其他人士尚引進非洲矮蕉，夏威夷 Williams 等。
- (二) 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 168 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，並自國內引進野生種、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）。

表 2.台灣香蕉研究所之香蕉品種保存基因型品系數

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



- (三) 香蕉品種種源庫之建立：早期本所種源庫建立於鳳山後座，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。為避免因病蟲害、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 1983 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 175 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 (1) 觀察研究特性，以期選出優良品種以供試種、繁殖、推廣。(2) 育種材料。(3) 學術研究機構作教學研究材料。(4) 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。為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，易罹黃葉病，已逐漸遭淘汰，屬於 Cavendish 之 Robusta (仙人蕉) 植株仍嫌高大，很多國家正淘汰中。世界經濟栽培品種均朝向矮化、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從事矮性品種試驗。於 1957 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 為對照，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。其次為 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，果房上下極齊，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，不失為優良矮性品種。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，其次為 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，為部份人士所喜愛，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 (1986, 1977) 對此有所報導，基本步驟可分為三個階段。

- 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。已改進約二倍體必需具高產、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為周源四倍體；或以優良二倍體為父本，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為 (Reconstitution)，產生沒有減數的卵細胞 ($3A'$)，進而形成 $3A'+A$ 的四倍體種子。此法為千里達、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，其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的命運 (Menendez A and Shepherd, 1975)，該計畫自 1988 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 1968 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 Hondurena de 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)。其中最早的佼佼者為 SH 2095，是從雙雜交選育而成。其親本分別從新畿內亞、爪哇、馬來西亞及菲律賓而來，其巨大果串，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 SH 3142 獲得四倍體 SH 3436，其抗葉斑病特性，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 SH 3445 及 SH 3446 (表 4)，具 15 把以上的果串，重達 60 公斤以上。然至目前為止，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. acuminate*，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。

表 3. 香蕉抗病種質資源品系抗病能力

品 系	抗病能力
<i>Musa acuminata malaccensis</i>	Fusarium wilt race 1 and 2
	Sigatoka (spot)
<i>Musa acuminata banksii</i>	Fusarium wilt race 1
<i>Musa acuminata errans</i>	Fusarium wilt race 2
Diploid SH 3142	Fusarium wilt race 4
	Burrowing nematode
Pisang lilin	Fusarium wilt leaf spot
<i>Musa acuminata burmannica</i>	Black sigatoka ; Black leaf streak
Diploid SH 2989	Black sigatoka ; Black leaf streak
Pisang Jari Buaya	Burrowing nematode
Diploid SH 669	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
SH 2095 (1973)	(Smwobogi x Tjau Lagada) x (Wild malaccensis x Guyod)	優良園藝性狀；花粉不育
SH 2989 (1976)	Burmannica	抗葉斑病
SH 3142 (1977)	Pisang Jari Buaya	抗線蟲、葉斑病及黃葉病 (race 4)；花粉豐富
SH 3176 (1978)	SH 2095 x SH 2989	抗葉斑病、果串巨大、果指飽滿
SH 3248 (1979)	SH 3142 x SH 2989	抗葉斑病和線蟲、巨大果串、良好風味
SH 3249 (1979)	SH 2095 x SH 3049	矮性
SH 3217 (1979)	SH 2095 x SH 2766	優良園藝性狀、花粉豐富
SH 3273 (1980)	SH 3142 x SH 3062	抗葉斑病
SH 3371 (1981)	SH 2095 x SH 3142	優良園藝性狀
SH 3393 (1981)	SH 3142 x SH 3217	抗葉斑病
SH 3320 (1981)	SH 3142 x SH 3180	對葉斑病免疫
SH 3437 (1983)	SH 2989 x SH 3217	抗葉斑病
SH 3436 (1982)	Highgate x SH 3142	四倍體、抗葉斑病、果串巨大
SH 3445 (1986)	Highgate x SH 3413	四倍體、果串達 61kg、抗葉斑病
SH 3446 (1986)	Highgate x SH 3362	四倍體、果串達 71kg、優良品質

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

註：所有品系均抗巴拿馬病 (race 1)。



香蕉組織培養變異之研究

一、變異之種類及發生頻率：

- (一) 幼苗期之變異：組織培養蕉苗尚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，出現頻率為最高，佔 0.25%。種植於田間後，在強烈陽光照射下，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%。
- (二) 成株期之變異：從各區 58 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。其次為呈葉形變異之植株，葉片狹長肥厚作直立狀葉片上散佈有嵌紋狀之透明斑塊為最明顯之變異特徵，出現頻率 0.40%。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為 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。
- (三) 可變異穩定性觀察：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為熱門之研究課題，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為快速經濟。廣義言之，組織培養應用在抗病育種之技術含分生組織培養 (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、馬鈴薯、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，惟至目前為止，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。為育成抗黃葉病品種，乃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，並用耕耘機打碎攪拌均勻，以提高發病率，先移植到假植鉢生長兩個月，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 9 個品系對黃葉病菌（*Fusarium oxysporum*, f. sp. *Cubense*, Race 4）呈抗病性反應。其中 4 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。

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*

強抗品系** 發病率 < 10%	中抗品系 發病率 > 10%	感病品種 發病率 > 60%
GCTCV-44、104 、105、119	GCTCV-46、53 、62、201、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苗種植。

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



討論與建議

香蕉育種研究有 60 年的歷史，惟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，主要為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為，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。（二）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。（三）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為同源四倍體。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。宏都拉斯約二倍體育種非常成功。其育種步驟與譜系（Fedigree）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 9 個抗黃葉病品系，其中以抗病品系 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。然此法為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。唯一缺點為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 (exotie) 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為四倍體雜交品系。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) 為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。

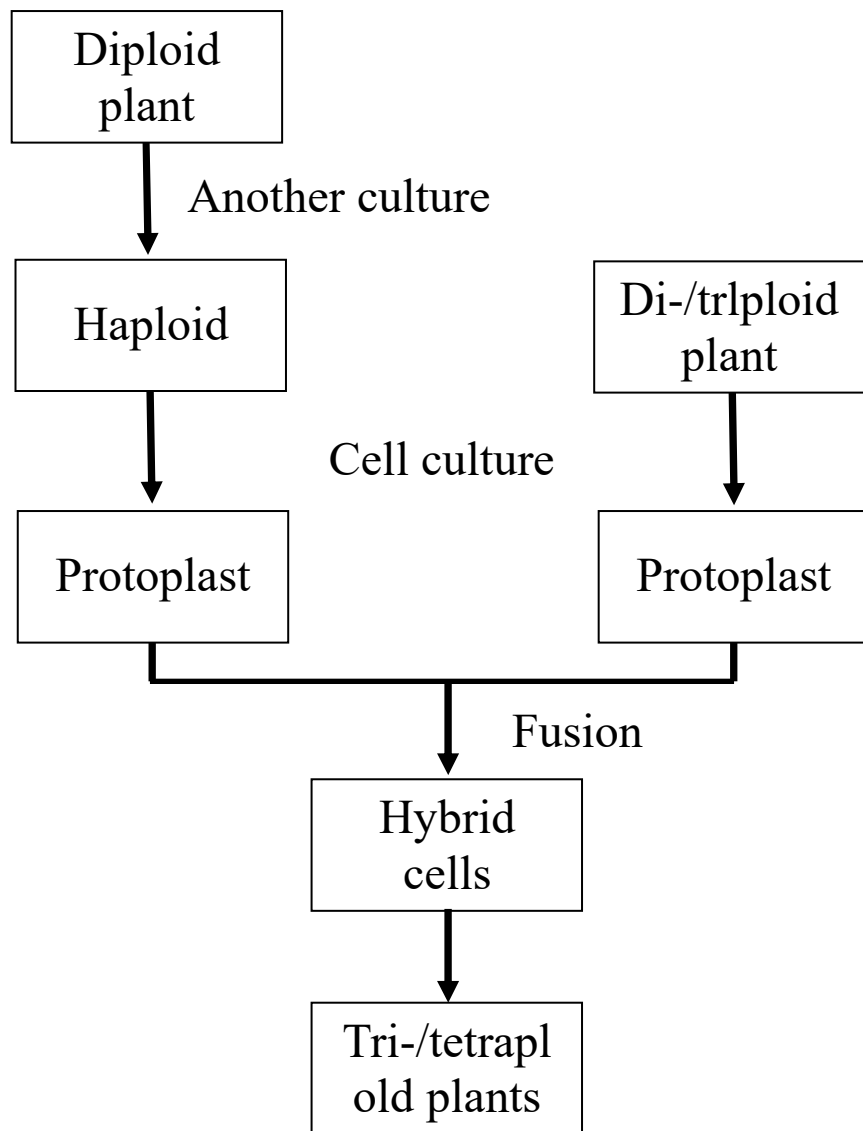


圖 2. 香蕉花藥培養的應用

Fig. 2. Application of another culture in banana breeding



參考文獻

- 1.台灣香蕉研究所。1972。國外引種報告。台灣香蕉研究所印行。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 (一) 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. Cultivation 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. 1998. Tissue culture plantlets as a source of resistance to fusarial wilt of Cavendish banana. In : Biological control of soil-home plant pathogens. C.A.B. International, U. K. pp. 478-353.
- 14.IBPGR. 1978. Genetic resources of bananas and plantains. IBPGR, Rome.
- 15.IBPGR. 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 : 539-558.
- 18.Krikorian, H. D. and S. S. Cronauer. 1984. Aseptic culture techniques for banana and plantain improvement. Economic Botany 38 : 322-331.
- 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 Lima, Honduras.
- 22.Simmonds, N. W. 1962. The evolution of the bananas. Longmans, London.