



## 香蕉黃葉病抗病育種之研究

台灣香蕉研究所所長 黃新川

按：香蕉黃葉病被視為香蕉之「癌症」、發生已有二十年，早期各種防治試驗如土壤消毒、土壤改良等效果不彰，致病菌擴散迅速，民國六十六年已波及全高屏蕉區。七十二年起採行病園與水稻輪作措施，配合大量培育組織培養蕉苗供應蕉農種植，以穩住台蕉產業，然每年因病嚴重蕉園廢耕轉作面積仍達 500 公頃以上，平均發病率 15% 左右，造成損失達新台幣二億元。香蕉研究所於七十三年起著手進行組織培養抗病育種計畫，已得到幾個抗病品系，七十六、七十一年在病區試種 100 公頃，此項突破性的發展，引起國際間的重視，我們的蕉農更是關心。目前雖未臻完全成功，但四年來的進展帶來莫大的希望，特撰此文，報告研究的經過、結果、及未來應努力的方向。

### 前言

近年來台灣香蕉主要栽培品種—北蕉、仙人蕉嚴重罹患黃葉病(病原菌 *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* 生理小種第四型)，本病首於民國五十六年在本省被發現，至六十六年已蔓延高屏蕉區，每年因發病嚴重而被迫廢耕轉作之蕉園達五百公頃以上。其後澳洲、南非、加拿利島及菲律賓等國家栽植之華蕉亦相繼發生黃葉病。早在西元 1960 年以前，香蕉黃葉病曾在中南美洲肆虐成災，使四萬多公頃蕉園淪為病區，其病菌屬生理小種第一型，在全面改植具抗病性之華蕉品種 (Cavendish) 代替原先感病品種大七後，才挽救中南美洲的香蕉產業再次蓬勃發展。本病菌生理小種第二型亦會感染 Bluggoe (ABB) 香蕉，第三型僅感染野生芭蕉，兩者不具重要性。

黃葉病在本省南部發生初期首使用田間消毒，土壤燻蒸、和施用石灰等防治方法，但沒有效果。雖然病園與水稻輪作其有防治效果，但輪作地恢復植蕉至多只能維持兩年的香蕉生產，第三年發病率隨即升高，因此為達到全面防治，目前迫切需要找到抗病品種，取代現有感病台蕉品種。

以往試驗結果顯示世界各地現有栽培香蕉品種對本菌生理小種第四型均呈感病性。自本省南部病園篩選未得病蕉株也未找到抗病品系。由於香蕉經組織培養育苗長成之植株中，約有 3% 變異蕉株出現，獲得抗病品種之機會較大，台灣香蕉研究所自民國七十三年起成立抗病育種計畫，大量生產組織培養蕉苗供做篩選材料。本文報告抗病育種計畫之進展情形。



### 組織培養蕉苗培育及篩選過程

取北蕉吸芽之莖頂分生組織置於MS培養基誘發不定芽，不定芽經6~7次繼代培養增殖芽體數目，然後移植到添加有活性炭之MS培養基促進發根成長小植株，小植株經分切成單株、浸漬於0.3%大生M-45殺菌劑液、假植在裝有砂土之盆鉢內(高9公分、寬10公分)，假植後立即施用仙肥(14N-14P-14K)，每株3公克，在網室中培育兩個月後，株高達10公以上，長出5~6張葉片，即可移到抗病檢定圃種植。

抗病檢定圃設在重病蕉園，其發病率約60%，為提高土壤內所含病原菌密度，整地前將大量病組織切碎混入土中攪拌混合均勻，試驗期間每克病土含有病原菌密度維持在300~1,000左右，每公頃種植蕉苗20,000株，種植後3~4個月，砍除沒有出現外部病徵的蕉株，檢查塊莖基部，淘汰塊莖維管束褐色者，塊莖內未出現褐化病徵者則以組織培養育苗，供進一步抗病測定之用。採用吸芽種植時，種植前先經檢疫確定塊莖未被病菌感染者才當做種苗；若有輕微感染則用刀將褐化部位削除才種植。

### 成功獲得抗病品系

至目前共計篩選20,000株組織培養蕉苗，獲得6個品系具有高度抗病性(表1)，第一年種植，所有6個抗病品系之吸芽苗長至成株均未得病，而對照組之一般北蕉發病率則高達60%。第二代及第三代吸芽苗均維持高度抗病性，以組織培養蕉苗種植亦得到相同結果。溫室內盆栽試驗發現6個抗病品系對病原菌生理小種第一型亦有抗病性。

土壤中病菌密度之高低會影響抗病品系之抗病程度。在每克土壤病菌密度低於300之情況下，抗病品系GCTCV-53、GCTCV-119之組織培養苗均不發病，對照北蕉苗之發病率為65%。從接種試驗結果研判，一般北蕉、GCTCV-53、GCTCV-119之發病率達到百分之五十之土壤病菌密度分別是100、850和1,000。GCTCV-119之抗病程度較GCTCV-53為高。

6個抗病品系皆屬變異株，具有植株太高、葉柄下垂、生育期延長及果實太小等農藝性狀上的缺陷。

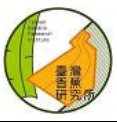


表 1. 篩選北蕉組織培養苗所得 6 個抗病品系之發病調查：

品 系	種植材料	發病率 (%)
GCTCV-40	組織培養苗	1.4
	吸 芽	0.3
GCTCV-44	組織培養苗	1.0
	吸 芽	0.0
GCTCV-46	組織培養苗	0.5
	吸 芽	0.5
GCTCV-53	組織培養苗	0.6
	吸 芽	3.9
GCTCV-62	組織培養苗	9.1
	吸 芽	11.1
GCTCV-119	組織培養苗	0.0
	吸 芽	2.2
一般北蕉	組織培養苗	39.5
	吸 芽	59.7

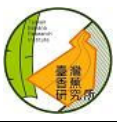
\*採用第三代吸芽苗之調查結果。

### 抗病品系之改良

已得到的 6 個抗病品系的香蕉產量均達不到最起碼的要求，不具商業價值，故必須設法改良始可達到實用目的。改良的方法是從抗病品系的後代植株中再尋找農藝性狀變好且仍維持抗病性之品系。後代植株採用組織培養方法育成，至抽穗階段調查發現，每一個抗病品系之植株中均出現少數幾株外觀趨近正常者，較其原母系生長較快、提早抽穗、假莖較粗、果實增大（圖 1），在各抗病品系後代植株出現改良變異型的機率為 0.2~10.1%（表 2）。

表 2. 抗病品系後代植株出現改良異型之機率：

品 系	調查株數	改良型株數	機率 (%)
GCTCV-40	1,040	105	1.4
GCTCV-44	1,219	3	0.3
GCTCV-46	592	8	1.0
GCTCV-53	220	12	0.0
GCTCV-62	45	2	0.5
GCTCV-119	45	4	0.5



抗病測定結果顯示，GCTCV-44、GCTCV-53、GCTCV-119 三個抗病品系之改良變異株仍保持高度抗病性，GCTCV-40 之改良型蕉株則呈感病性（表 3）。在南部病區試種 20 公頃，GCTCV-44-1、GCTCV-53-1、GCTCV-119 之平均發病率分別為 1.1、6.3 及 3.9%，一般北蕉（對照）則高達 60.9%（圖 2），三個改良型抗病品系之抗病力高低依序為 GCTCV-44.1、GCTCV-119-1、GCTCV-53-1。

表 3. 抗病品系後代改良變異型之抗病測定結果：

品 系	種植材料	測定株數	發病率 (%)
GCTCV-40-1	組織培養苗	47	57.1
	吸 芽	45	44.4
GCTCV-44-1	組織培養苗	81	3.2
	吸 芽	219	4.5
GCTCV-53-1	組織培養苗	300	4.7
	吸 芽	118	6.2
GCTCV-119-1	組織培養苗	376	3.1
	吸 芽	900	4.8
一般北蕉	組織培養苗	157	50.9
	吸 芽	150	63.3

改良型抗病品系之果實已較具原劣變母系增大許多（表 4），例如 GCTCV-119 在六、七月份採收單株果重僅 17.2 公斤，改良型 GCTCV-119-1 同期間採收的單株果重高達 26.5 公斤，提高 54.1%。GCTCV-44-1 和 GCTCV-119-1 之平均單株果重不遜於一般正常北蕉，GCTCV-53-1 較正常北蕉減產 17% 左右。三個改良型抗病品系香蕉經乙烯催熟後，轉色正常，除 GCTCV-119-1 香蕉果肉糖度較高之外，其它特性如果肉水分含量，櫛架壽命等，抗病品系大致與正常香蕉無明顯差異，不過各項香蕉品質仍有待進一步採樣分析。

改良型抗病品系蕉抹在外觀上異於正常北蕉，GCTCV-119-1 植株高大，較正常北蕉株高 260 公分高出約 40~50 公分，生育期延長 2~3 個月，從種植到採收的需 15 個月之久。GCTCV-44-1 之株高近似正常，但葉片下垂。蕉株太高或葉片下垂，遇風較易倒伏或折斷，故視為缺陷。GCTCV-53-1 蕉株較矮，僅有 230 公分左右，具有抗風優點，但果指較正常稍短，為美中不足之處。從上述抗病品系之後代植株尋找更好的抗病植株頃正積極進行中。





表 4. 改良型抗病品系之香蕉產量：

品 系	果重 (公斤/株)	
	原來母系	改良型品系
GCTCV-44	18.6	25.0
GCTCV-53	13.8	21.5
GCTCV-119	17.2	26.5
正常北蕉	25.9	

每品系調查 30 株，於 6~7 月間採收。

### 結語

自香蕉黃葉病最初於 1967 年在台灣被發現以來，華蕉品種受黃葉病病菌生理小種第四型感染已在台灣、澳洲、南非、加拿利島和菲律賓等地造成嚴重的損失。生理小種第四型的致病力較第一型強，寄主範圍也較廣，世界現有香蕉栽培品種對第四型病菌都呈感病性，在缺乏抗病品種情況下，世界各產蕉國家無不憂心忡忡，耽心病原菌一旦出現將成脅蕉業的生存，目前最迫切需要的是積極研究選育抗病品種，取代現行感病品種。

傳統上選育抗黃葉病的香蕉品種的方法是把三倍體（母本）和二倍體（父本）交配，從子代四倍體個體中尋找抗病性品種，但因當做母本的四倍體香蕉具有不稔性，授粉後可產生種子的品種僅限於大米七及其矮佔變異少數幾個品種，故香蕉雜交育種的進展緩慢，經過六十多年的努力迄今尚未育成一個具有商品價值的栽培品種。最近 Stover & Buddengagen (1986) 曾發表專文詳細討論香蕉傳統雜交育種失敗的原因，基於相同的理由，筆者認為若從傳統雜交育種途徑找尋抗黃葉病的品種會有更大的困難，蓋因生理小種第四型病菌之毒性較強，感染更多的香蕉品種，二倍體品種具有抗病因子者更形缺乏。

最近宏都拉斯的香蕉育種中心育成雜交二倍體品種 SH 3142，據報告具有很好的農藝特性，對黃葉病病菌生理小種第四型有抗病性；但是當 SH 3142 和三倍體交配所得之四倍體 SH 3436 送到本省測定結果，對生理小種第四型卻呈感病性，顯示二倍體的抗病基因並未成功地導入四倍體。

香蕉栽培已有很長的歷史，一般咸認自然界存在有不少栽培品種的變異型，在本省曾進行病區選種工作，從嚴重病園採集健康蕉株的吸芽苗 3,000 餘株，經連續六年測定結果未找到抗病品系。以往中南美洲許多國家也曾試徒感病品種大米七尋找抗生理小種第一型的變異型，也沒有成功。這些經驗顯示香蕉以無性繁殖綿延後代，在自然界發生遺傳變異的機率微乎其微，故想從田間栽培的感病品種蕉株中找到抗病變異株非常困難。調查本省蕉園四萬多株用吸芽種植長大的蕉株沒有看到彼此之間有顯著的差異。



反之，作物利用組織培養繁殖出現變異的機率較高，台灣香蕉研究所自 1982 年起大量培育組織培養蕉苗，供應農民種植，在種植組織培養蕉苗的蕉園調查發現約有 3% 蕉株發生變異，變異性狀有穩定的遺傳特性，可遺傳至後代植株。因此，在抗病篩選組織培養蕉苗是很理想的材料。篩選二萬多株結果發現有 6 株對黃葉病菌生理小種第四型具有很高的抗病性，其抗病性可穩定地遺傳至後代蕉株。

雖然最初找到的 6 個抗病品系的蕉株農藝特性不良，產量偏低，但是經過組織培養育苗，其後代植株中出現少數農藝性狀較好的變異株，選自 GCTCV-44、GCTCV-53、GCTCV-119 的改良型變異株也維持很高的抗病性，多區域大面積試種結果顯示發病率平均僅 1.1~6.3%，而對照一般北蕉之發病率高達 60.9%。以上試種結果可知在不同環境條件下改良型變異品系之抗病程度相當穩定。在溫室盆栽接種條件下，抗病品系之抗病程度與土壤所含病原菌密度有很密切的關係，病菌密度低於 300/克土壤，抗病品系不會發病，超過這個密度則也會發病，但發病程度要比感病品種減輕許多。

由於雜交育種的困難，吾人對香蕉的基因遺傳的瞭解非常有限，有關黃葉病抗病遺傳學的知識更是缺乏。不像小麥銹病的病菌生理小種的致病基因與寄主品種抗病基因有特殊的相關性，香蕉黃葉病的病菌生理小種是由幾個彼此間遺傳相關性不明的香蕉品種的反應而定名的，故不具遺傳學的意義。生理小種第四型的致病力最強，它為害華蕉品種之外，也感染 Gros Michel、Bluggoe、Pisang Lilin 以及 Latundan 等幾個用來區分病菌生理小種的香蕉品種。從香蕉組織培養得到的抗病品系能抗生理小種第一型和第四型，是否能抗黃葉病菌的其它生理小種，則有待測定。

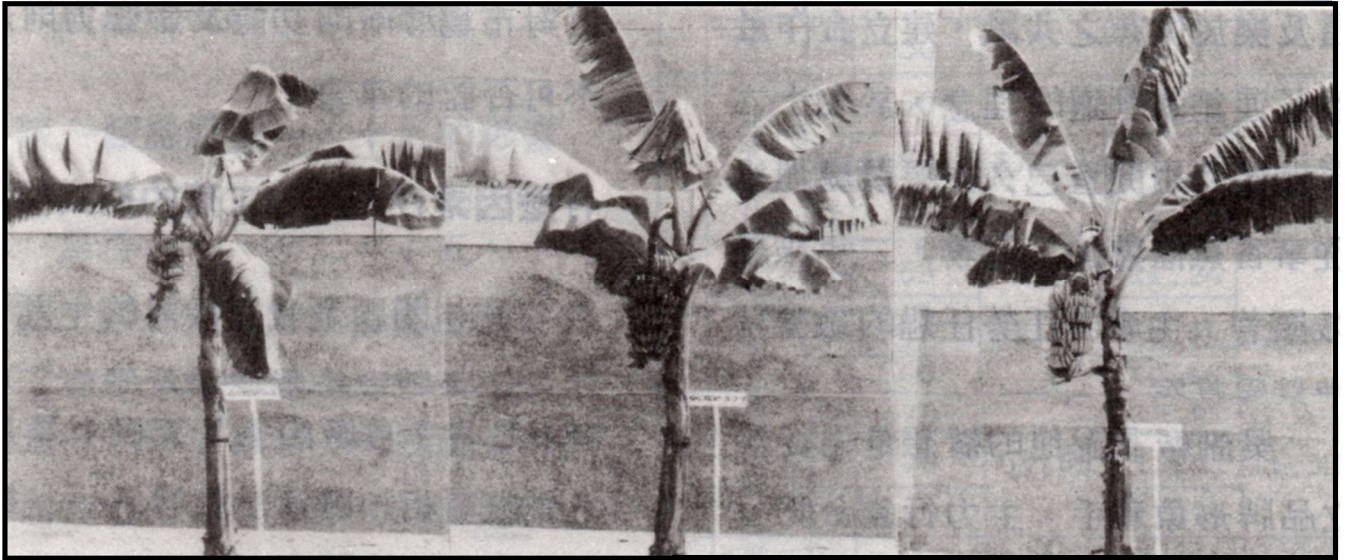
在本研究的幾個抗病品系之中，GCTCV-40 的抗病性的轉變是一個很有趣的現象，該品系原先植株的葉片狹長而下垂，在後代植株中出現的改良型變異株，葉片寬廣直立有如正常北蕉，但在葉片形態恢復正常後對黃葉病的抗病力卻減弱了。其它三個抗病品系的後代改良型變異株仍維持原有的高度抗病力，在蕉株外觀上它們有一個共同的特性，它們的葉片形態與正常北蕉有顯著的差異。由此推論這些品系的抗病基因可能與控制葉片形態的基因有密切的關連。今後從組織培養得到的許多不同類型的抗病品系，分析其變異行為與抗病性之間的關係，將有助於探討香蕉黃葉病的抗病遺傳知識。

這些改良的抗病品系可否推廣種植，而達到防治香蕉黃葉病的目標？這是目前大家最關心的問題。能否達到實用目的，要看抗病品系的農藝性狀、香蕉產量品質是否達到蕉農和市場消費者的要求標準。往所獲得的抗病品系之中；比較好的如 GCTCV-44-1 和 GCTCV-119-1 的香蕉產量已符合標準，但蕉株仍帶有若干農藝上的缺陷。從這些抗病品系的後代植株中找尋沒有缺陷的抗病蕉株應是今後研究的方向。





圖 1.



註：自北蕉組織培養苗初選得到之抗黃葉病品系之一 GCTCV-53（左），植株較正常株稍矮、果實小；GCTCV-53-1（中）為自前者後代組織培養苗中找到的改良抗病品系，果實增大許多，右邊一株是一般北蕉。

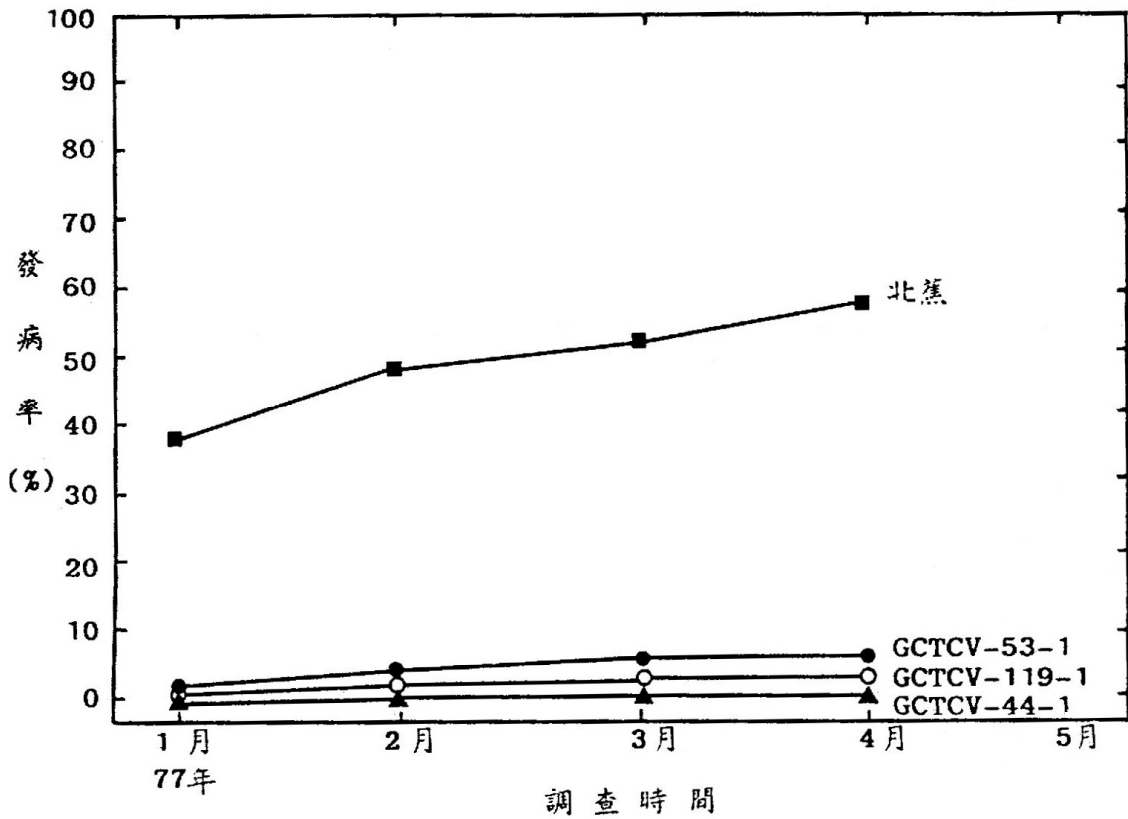


圖 2. 抗香蕉黃葉病株系田間試種發病調查