



香蕉黃葉病抗病選種之進展

黃新川

一、前言

高屏地區香蕉自民國五十六年發生黃葉病，迄今已有二十年的歷史，前十年間，發病蕉株由1株增加達五十萬株，發病面積由0.27公頃提高為1,200公頃（表1）。當時雖然香蕉主要產區如旗山、里港等尚未被波及，但已對台蕉產業造成很嚴重的威脅，蕉農們莫不憂心忡忡，企盼香蕉研究所及早提供有效防治對策。筆者於六十五年底參與本病防治研究工作，匆匆已屆十年，此其間目睹黃葉病陸續擴大遍及全高屏蕉區，自感壓力沈重。自七十年起每年因病廢耕面積約有500~800公頃，為穩住香蕉面積確保產量，乃著手擬定拓展新蕉區計劃，於無病地區或水稻田推廣植蕉。

表1 1967~1976年間台灣香蕉黃葉病之發生情形

年期	面積（公頃）	發病株數
1967	0.27	1
1968	0.27	27
1969	25.41	5,536
1970	53.66	7,430
1971	130.51	16,195
1972	132.54	14,255
1973	466.20	145,771
1974	962.78	310,000
1975	1,070.88	460,000
1976	1,200.00	500,000

*根據台灣省青果運銷合作社之調查資料



自病區採種為香蕉黃葉病主要傳播媒介之一。在新植蕉區必須採用健康蕉苗種植始可遏止本病蔓延；惟當時全高屏蕉區已淪為疫區，要大量得到健康吸芽苗已很困難，因此影響拓展計畫的推展，每年增闢蕉園面積有限。至七十二年利用組織培養方法大量培育健康蕉苗之技術開發成功，才使拓展計畫得以順利推展。七十二年至七十六年期間共培育組織培養蕉苗 440 萬多株，推廣面積達 2,200 公頃。五年之間計於嘉南地區推廣 450 公頃，花蓮、台東地區 250 公頃，台中地區 50 公頃，以上皆屬無病區域。在高屏地區推廣 1,450 公頃，大部分種植於經水稻輪作後之病園。經研究證實病園經輪作水稻兩年以後，恢復植蕉時發病率可由原先之 30~40% 降至 5% 以下，因此近年來南部地區蕉農已普遍採用水稻輪作方式克服黃葉病的問題，使每年的發病程度得以控制在 10~15% 的水準。以目前高屏蕉園 5,000 公頃估算，每年約有 100 萬多株得病，損失金額高達新台幣 2 億元，數字仍然龐大驚人。

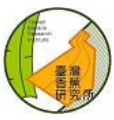
上述病園與水稻輪作，配合推廣組織培養蕉苗之措施，在尚無其它有效防治對策之情況下，的確發揮了相當的功效，就整體而言，它穩定了香蕉種植面積，使近年來之外銷數量得以維持在每年 600 萬箱左右。但就個別蕉農而言，仍飽受黃葉病的威脅，平均失收 10~15%，減少一成以上的植蕉利潤，也影響到植蕉的意願。種植抗黃葉病之香蕉品種為全體蕉農之希望。

香蕉屬三倍體，很少產生種子，故傳統的雜交育種相當困難。因此蕉研所在尋找抗病品種方面之研究，乃採取（一）病區選種，（二）國外引種，（三）至七十二年開發成功組織培養育苗技術後，開始以組織培養蕉苗做抗病篩選。本文報告有關抗病選種工作之進展情形。

二、病區選種

為探討本省蕉園中是否有抗病變異株存在，特從嚴重病園選得 3,000 株以上的健康蕉株，取其吸芽苗種在有添加大量病組織的病園，一年後，淘汰出現黃葉病徵的蕉株，並將未得病株系之吸芽（每株系 2~5 個吸芽）種植在同一病園繼續觀察，第二年結束再淘汰得病株系，未得病者繁殖更多的吸芽繼續測定。到第五年只殘留 8 個株系似具有抗病性，但到第六年複選測定中，所有 8 個株系的吸芽苗都嚴重發病，至此本項抗病選種工作遂告中斷。

上述測定係以選得能夠長期具有抗病性之株系為目標，嗣後檢討認為台灣南部香蕉栽培採每年更新種植方式，若能自種植吸芽之蕉園找到短期（1~2 年）抗病的株系，也可以達到防治目的，因此於七十五年又恢復病區選種工作，頃正積極進行中。



三、國外引種

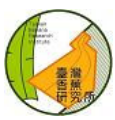
台灣香蕉研究所自國外引進約有 170 個香蕉品種，其中屬經濟栽培品種 30 餘個，經過測定後，對黃葉病病原菌生理小種第四型都呈感病性（表 2）。

屬於 AAA 基因型諸栽培品種如”Gros Michel”、”Cocos”、”Idzo”等對病菌生理小種第二型和第四型都不具抗病性，抗生理小種第一型之華蕉系統（Cavendish）品種如”越南蕉”、”Dwarf Cavendish”、”Giant Cavendish”、”Grand Nain”、”Robusta”、”Valery”、”Veimama”、Williams Hybrid”等對生理小種第四型皆呈感病性。美國聯合水果公司（United Fruit Company）於宏都拉斯育成之四倍體 I. C. 2、SH 2742、Hybrid 972、SH 3436，對生理小種第一型雖具抗病性。由此也顯示利用雜交育種欲獲得抗黃葉病之香蕉品種，的確相當困難。

表 2 不同香蕉品種發生黃葉病之調查

基因型	抗 病 品 種	抗 病 品 種
AA	(Pisang Lilin) 印尼密林蕉	Musa acuminata Musa formosana
BB	(Musa balbisiana) (Americaine), (Banano Morado), *Bungulan, *Cocos, (Dwarf Cavendish), Embum, (Grande Naine), (Giant Cavendish), (*Gros Michel), *Green Red, *Golden King, (Horn Kheo), Horn Tong, (*Idzo), (Kisukari), (Kabuthu)	
AAA	*KlueTendosang, (Klue Namwa Keau), (*Lacatan), *Mosak Hijau, (Nadi), (Nanica), (Petite Naine), (Poyo), (Robusta), Rouge, (Sandiago), (Seredah), (Valery), (Williams Hybrid), (Veimama), 北蕉、仙人蕉、越南蕉、矮腳蕉、三尺蕉、多哥矮蕉	
AAB	*Assam, Argentee, (Boyang), Brazilian, Horn Plaintain, *Kilicng, (*Latundan), *Malaca, Puerto Rico, Raja, (Saba), (Saribu), *Spain, 馬尼拉	Java, Kabok
ABB	(Apple), *Hybrid Ducase, Ice Cream, *Klue Namwa Khao, Klue Hakmuk, (Maun), Medine, Monkey, *Nani Var, Nibah, Panchghol, *Paruk, Pipah, *Pitogo, *Popul, Pisang Awak	Awak, Cooking
AAAA	(Hybrid 972), (I.C.2), (SH 2742), (SH 3436)	

註：有*符號之品種表示對黃葉病病原菌生理小種第一型呈感病性，() 者表示對生理小種第四型呈感病性。



四、利用組織培養蕉苗抗病篩選

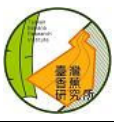
香蕉屬無性繁殖草本植物，發生自然突變微乎其微。在種植傳統吸芽苗之蕉園調查 40,000 棵蕉株，未發現到外觀異常者，但是在種植組織培養苗之蕉園，卸發現外觀呈現異常者高達 3%，變異性狀包括植株大小、假莖和葉片顏色、以及葉片和果房性狀等。利用其高變異率的特點，自七十三年起開始以組織培養蕉苗做抗病篩選的材料，以期提高獲得抗病株系的機會。抗病測定於溫室內的痛土或自然發病園進行，種植前將帶有大量病菌的痛組織加入病土，並用耕耘機打碎攪拌均勻，以提高發病率，組織培養蕉苗移出試管後，先移植到假植鉢生長兩個月，待苗高約 15 公分左右才定植到抗病檢定園，種植四個月後檢查塊莖內部病徵，淘汰被感染者，塊莖內部無褐化跡象者則保留繼續觀察。兩年中共測定 17,979 株，獲得 6 個株系呈抗病性。為進一步觀察其抗病性之穩定程度，第三年將抗病株系分別以吸芽苗和組織培養苗種植於 8 筆病園，至採收期之發病調查結果顯示 GCTCV-40、-44、-46、-53、-119 等 5 個株系之發病率仍維持在 0~2%，GCTCV-62 之發病率 9.1~11.1%，均顯著低於一般北蕉對照蕉株之發病率 39.5~59.7% (表 3)。從本試驗結果方可看出抗病株系之組織培養苗和吸芽苗具有相同的抗病程度，以 GCTCV-40 株系為例，吸芽苗之發病率為 1.4%，組織培養苗為 0.3%。

表 3 抗病株系之抗病性測定 (第三年)

株系代號	種苗類別	種植株數	病株數	*發病率 (%)
**GCTCV-40	TC 苗	965	3	0.3
	吸芽苗	291	4	1.4
GCTCV-44	TC 苗	50	0	0
	吸芽苗	98	1	1.0
GCTCV-46	TC 苗	593	3	0.5
	吸芽苗	216	1	0.5
GCTCV-53	TC 苗	467	6	1.3
	吸芽苗	173	1	0.6
GCTCV-62	TC 苗	45	5	11.1
	吸芽苗	33	3	9.1
GCTCV-119	TC 苗	18	0	0
	吸芽苗	72	0	0
一般北蕉	TC 苗	863	515	59.7
	吸芽苗	271	107	39.5

* 本試驗於本所農場、新園及洛陽等 8 筆病園進行，各株系之發病率為平均值。TC 苗為組織培養苗之簡稱。

**GC 代表北蕉，TC 組織培養苗，V 變異株。



六個北蕉抗病株系均屬變異株，其植株外觀具有明顯變異性狀，果房均較正常者小，單株產量僅 10~20 公斤，僅有正常株產量之 50~80%，故不具推廣價值。六個抗病株系之農藝特性敘述如下：

GCTCV-40：假莖細長，葉片狹長下垂，葉形比（長/寬）3.41，果指細長。

GCTCV-44：植株墨綠，葉片較正常者下垂，使莖較細小，果指短小，僅有 4~6 個雌花發育成果實。

GCTCV-53：植株墨綠，葉片較正常者下垂，果房小。

GCTCV-46：葉片較直立，葉柄及中肋至抽穗期轉呈黑色，果房小（圖 1）。

GCTCV-62：植株黃綠色，易被日燒，生長遲緩，吸芽再生能力差，果房較正常者稍小。

GCTCV-119：幼期葉片扭曲不整形，紫斑特多，中株後植株呈淺綠色，葉鞘排列鬆散，假莖上有細長黑色條紋，果房小。

五、抗病株系之改良

以劣變抗病株系之吸芽苗或組織培養苗種植，在後代蕉株中可發現到少數蕉株具有較其母系良好之農藝性狀，其所結果實亦趨近正常大小，即出現所謂回復變異（Back mutation）。至目前在六個抗病株系發現到的回復變異株數目如表 4。回復變異株之農藝性狀是否具有遺傳性了又回復變異株是否仍具有抗病性？乃香蕉黃葉病抗病選種能否成功必須探討的兩個關鍵問題，茲以 GCTCV-119 之回復變異株為例，試驗結果如下：

1. 抗病株系 GCTCV-119 之回復變異穩定性：本株系經連續三年試驗均呈現高度抗病性，其母系植株幼期葉片扭曲不整形，紫斑特多，葉柄常對生兩側做扇形，植株淺綠，發育遲緩，約需 16 個月才可採收，果把雖多但果指短，單株產量僅 12 公斤左右。以其組織培養苗種植，18 株中出現 4 株回復變異株；另在 72 株吸芽苗中出現 1 株。回復變異株之發育較具母系快速，假莖高大粗壯，葉片寬廣，果實不遜於正常者（圖 2），單株產量達 25~30 公斤。利用組織培養方法培育蕉苗 869 株，田間種植調查發現有 26 株（佔 3%）之葉片直立、發育遲緩，其餘 97% 蕉株均維持回復變異株之優良農藝性狀，顯示回復變異具有穩定之遺傳特性（Stable heritability），農藝特性是可以遺傳給後代蕉株的。

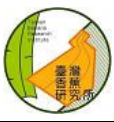


表 4 六個抗黃萎病株系後代蕉株中出現回復變異株情形

株系代號	種苗類別	種植株數	回復變異株數 (變異率)
GCTCV-40	TC 苗	1,038	105 (10.1%)
	吸芽苗	310	2 (0.6%)
GCTCV-44	TC 苗	104	9 (8.6%)
	吸芽苗	95	4 (4.2%)
GCTCV-46	TC 苗	592	8 (1.3%)
	吸芽苗	277	0
GCTCV-53	TC 苗	220	22 (10.0%)
	吸芽苗	178	4 (2.2%)
GCTCV-62	TC 苗	45	0
	吸芽苗	35	1 (2.8%)
GCTCV-119	TC 苗	45	4 (8.9%)
	吸芽苗	72	1 (1.3%)

2. 回復變異株之抗病測定：將回復變異株編號 GCTCV-119-1 之組織培養苗分別種植於 6 筆不同發病程度之病園，以一般北蕉之組織培養苗和吸芽苗做對照，第一年種植結果顯示 GCTCV-119-1 具有高度之抗病性，其組織培養苗發病率僅 1%，吸芽苗 0%；而一般北蕉組織培養苗及吸芽苗之發病率分別高達 75% 和 46% (圖 3)。

六、抗病株系進入試種階段

為進一步瞭解各抗病株系之抗病穩定程度及產量品質，農林聽惠撥經費擬定擴大試種計畫，並已於七十六年五、六月間

完成蕉苗分發及種植作業。該計畫之內容如下：

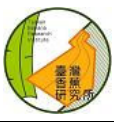
1. 試種材料：選取優良北蕉變異株系，經兩年測定具有抗病性者六個株系，編號 GCTCV-53, GCTCV-101, GCTCV-107, GCTCV-119, GCTCV-123, GCTCV-209

2. 試種面積及地點：高雄、屏東分社各 10 公頃，台中分社 3 公頃共計 23 公頃。

3. 試種園選定條件：

(1) 於高屏地區選取發病率 10% 以上且未經輪作之蕉園，每筆蕉園面積以 0.1 公頃 ~0.5 公頃為限，並考慮交通便利及蕉農合作程度等條件。為避免試驗蕉株感染嵌紋病，試種蕉園不得緊鄰瓜、豆類蔬菜園，或間作上述蔬菜。

(2) 付按上述條件及試種面積，各分社於五月五日以前完成初選試種蕉園，於五月六~十日間由農林廳、青果社總社及蕉研所會同複選。經複選合格之蕉農訂於五月中旬舉辦講習會。



4. 試種田間設計：每筆蕉園種植抗病株系一~二個，株數佔面積之 80%，於蕉園中間種植一般北蕉組織培養苗做對照，株數佔 20%，排列方式依每行中種植對照蕉苗一行。
5. 成效調查：於七十六年五、六月間定植後三個月，每個月調查抗病株系及對照株之發病率，於抽穗期間調查各抗病株系之農藝特性包括株高、莖周。果把數、果重、及果實品質，並舉辦觀摩會。

七、研究進展與展望

從前在中南美洲曾發生嚴重的香蕉黃葉病，數十年間摧毀了大約四萬公頃蕉園，使許多產蕉國家經濟陷於危機，當時栽植的香蕉品種是 Gros Michel，病原菌屬生理小種第一型，雖經長期廣泛深入的研究，並未找到經濟有效的防治方法，至一九六〇年代被迫改種抗病品種~華蕉 (Cavendish)，黃葉病隨即銷聲匿跡，也挽救了中南美洲的香蕉產業。台灣種植的北蕉、仙人蕉亦屬華蕉系統，對生理小種第一型具有高度抗病性，但由於在本省出現新的生理小種 (第四型)，致使台蕉也發生嚴重的黃葉病，自民國五十六年本病首被發現以來，已陸續傳遍全高屏蕉區，蕉農的損失每年高達新台幣二億元左右，對台蕉產業構成相當大的威脅。本病之最佳防治方法為改種抗病品種，但從世界各地收集諸經濟栽培品種，在南部病園種植結果對生理小種第四型皆呈感病性。從南部病區選種也未找到抗病株，而過去六十年在國外雜交育成的幾個優良四倍體如 Hybrid 972、I. C. 2、SH 2742、SH 3436 等經測定結果對生理小種第一型呈抗病性，但對生理小種第四型則不抗病。

自從以組織培養方法大量繁殖蕉苗之技術開發成功後，改用組織培養苗做抗病篩選的材料，在短短約三年中，已從將近二萬株中找到六個抗病株系，證實這是一條可行的捷徑，雖然在其它作物已不乏從組織培養變異中發現抗病株的例子，但在香蕉黃葉病則屬首創。最初發現到的抗病株系均屬劣變株，產量偏低，不具經濟價值，但最近在其後代蕉株中又找到回復變異株，有較良好的農藝性狀，產量較其母系顯著提高，更珍貴的是它們仍維持原母系的抗病性，比項研究進展令人鼓舞。為進一步瞭解回復變異株系之抗病穩定程度及產量品質，本年度已在各疫區擴大試種二十餘公頃，希望能從這些回復變異株系中找到具有經濟價值的抗病蕉株。即使農藝性狀仍有缺陷，今後仍可利用回復變異途徑予以改良。

即使從以上的研究途徑無法獲得其有經濟價值的抗病品種，但在研究過程中可以鑑定出與抗病性相關之農藝性狀，目前利用原生質體融合，或基因轉化而達成體細胞雜交之生物科技日新月異，這些與抗病性有關之因子將可被利用於基因遺傳工程，而發展出兼具有經濟價值和抗病性之香蕉新品種。

(作者現任台灣香蕉研究所所長)