科學農業（Scientific Agriculture ,Taiwan）42（9,10）:274-279, 1994

體細胞變異在香蕉育種上的應用***

鄧澄欣 黃新川*

關鍵字：香蕉、育種、突變、體細胞變異。

Key words：Bananas; Musa; Breeding; Mutation; Somaclonal Variation.

摘要

經組織培養培育的植株，出現異型株的現象稱之為體細胞變異（somaclonal variation）。此種變異在香蕉組織培養苗中普遍存在。從本省的研究顯示，體細胞變異在幼苗期及成長期的出現率分別為 0.37 及 2.43%。近年來利用體細胞變異進行香蕉育種，已獲得若干具體成果。

自 1984 年台灣香蕉研究所開始以體細胞變異進行抗黃葉病（Fusarium wilt, race 4）的選種研究。從本省最重要栽培種”北蕉”中選出 10 個抗病品系。再從這些品系的組織培養世代繼續改良，其中以 GCTCV-215-1 及 GCTCV-105-1 最具商品價值。GCTCV-215-1 具中等抗病程度，於 1992 年命名推廣，現今種植面積達 1,200 公頃左右。GCTCV-105-1 具高抗病能力及優良園藝性狀，現正擴大試種中。除應用在抗病選種之外，體細胞變異近來亦利用於選育矮性、早花及豐產品系。最近從 GCTCV-215-1 植株中選得矮性之優良系（TC1-229）經試種表現良好，深具推廣潛力。從 39 個早花品系的無性世代中，4 個品系繼續維持早花特性。藉著組織培養無性世代的輪迴選擇，可逐漸改良抗病品系的園藝性狀及單株產量。1990 年從農民蕉園中選出豐產品系 GCTCV-216，平均單株果重為 34.7 公斤，比對照”北蕉”重約 10 公斤左右，現正深入研究其實用價值。從體細胞變異選出的抗病品系，其香蕉後熟品質常有改變，在選育過程中必需留意。

---

* 台灣香蕉研究所研究員。

** 台灣香蕉研究所研究員兼所長。

***計畫承行政院農業委員會經費補助（83 科技-2.2-糧-40（2）），謹此致謝。

前言

利用植物營養器官培植體，在控制環境下進行細胞或組織培養，經不斷的增殖及再生，可培育出大量具有相同基因型的植株，稱為微體繁殖法（micropropagation）。微體繁殖為無性繁殖法之一。根據各種植物培養週期的特性，能迅速增殖。此技術已被廣泛應用在不同作物中，尤其是不易或不能藉種子繁殖的作物，例如香蕉、蘭花、馬鈴薯等，均普遍採用不同的組織培養技術達到大量繁苗的目的[9]。

理論上，經微體繁殖培育的植株，其遺傳特性應與其親本完全一致。但實際上，異型株（variant）常常出現在經由組織培養培育之無性世代中，這種變異稱之為體細胞變異（somaclonal variation）。從繁殖種苗的立場來說，體細胞變異的發生會改變原有品種的特性，極為不利，必需加以控制。但對品種改良而言，體細胞變異則成為變異的新來源，提供選種的機會。1981 年 Larkin 和 Scowcroft[17]根據甘蔗等十多種作物的研究，認為體細胞變異普遍發生。因此不必經由不同基因型的雜交而能育成新的品種的機會大大提高。

香蕉組織培養繁苗技術早於 1971 年建立[2]。從 1983 年開始應用於大量蕉苗生產上，每年繁苗由 50 萬株增至 2 百萬株[13,18]。此繁苗技術已廣泛地應用在不同地區，包括以色列、澳洲及非洲等地[6,7,8,10,19]。

而體細胞變異普遍存在於香蕉組織培養苗中[3,11,16,22,23]。本省自 1984 年開始，利用體細胞變異進行香蕉育種研究，選出抗黃葉病（*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*, race 4）品種[12,14,15]。近年來，更篩選出矮性、早花及豐產品系。本文報導此項研究之最新進展。

體細胞變異的種類

自從香蕉組織培養建立之後，即被利用作誘變育種的研究。高氏[1]報告以伽瑪射線（鈷 60）劑量 2.5 krad 照射香蕉生長點並置於培養基中再生植株。從 377 個培植體中，經處理後，約有 8.5~18.1%成功地再生植株。其中出現不同類型的突變，包括白化、矮性植株、早生吸芽、黃綠色假莖及紅色中肋等。1986 年，組織培養被應用在繁殖大量蕉苗，從調查 3 萬株香蕉組織培養幼苗及 4 萬多成熟植株，體細胞變異頻率分別為 0.37 及 2.43%[3]這些變異包括葉綠素、葉型、株型、假莖顏色及果型等。除葉綠素變異外，其餘變異均具遺傳穩定性。

抗黃葉病品系的選育

黃葉病為屬真菌的鐮刀菌（*Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*）引致的病害。1967 年在本省種植的”北蕉”（屬華蕉系, AAA）首次發現感染黃葉病，經研究證明為黃葉病菌第四生理小種[21]。自此以後，黃葉病成為本省香蕉產業的最嚴重問題。直至 1984 年，台灣香蕉研究所開始利用體細胞變異進行抗病育種研究。把假植後兩個月大的組織培養苗密植於重病園。從三萬多株”北蕉”苗中選出 10 個具抗病特性的品系[14]，其中 5 個（GCTCV-40, 44, 104, 105 及 119）具高抗性，其餘 5 個（GCTCV-46, 53, 62, 201 及 215）則為中抗性。這些第一代的抗病系均具不良園藝性狀，例如植株過高、生育期太長、果指過於短小、及產量太低等。然而，從其組織培養無性世代中，可選得改良型的變異系[15]。其中以 GCTCV-215-1 及 GCTCV-105-1 兩品系，深具商業生產潛力，茲介紹如下：

GCTCV-215-1 品系於 1988 年選出[4]。1990 年至 1993 年，在不同蕉園中，其發病率為 4.8~8.6%（表一），而對照”北蕉”則為 33.6~45.5%，抗病程度屬中抗性。其園藝性狀與”北蕉”相似，但比”北蕉”略高；假莖較細小；其生育週期較長約一個月（表二）。同時在無病蕉園，其單株產量較”北蕉”減少 10%左右。但其果房上下整齊，果實於催熟後，轉色均勻為其優點。該品系已於 1992 年通過命名為”台蕉一號”，正式推廣種植。目前在本省高屏蕉區種植面積達 1,200 公頃左右。”台蕉一號”為經人工選育，成功推廣種植的第一個香蕉品種。

GCTCV-105-1 品系具高度抗性，於 1991 年選出。其園藝性狀優良，株高與北蕉相似，約為 250~270 公分。其葉片則較短而直立，適合密植。其單株果重（表三）雖較北蕉稍輕，但果把整齊，果指較短，適合消費者的需要，現正擴大試種中。

表一　二一五品系與”北蕉”黃葉病發病率之比較
Table 1. Disease incidence in GCTCV-215-1 and “Pei-Chiao”.

Year	Cultivar	No. of orchard[1]	Disease incidence (%)
1990/91	GCTCV-215-1	50	4.8
	“Pei-Chiao”	23	39.1
1991/92	GCTCV-215-1	256	6.4
	“Pei-Chiao”	57	33.6
1992/93	GCTCV-215-1	235	5.6
	“Pei-Chiao”	45	45.5

表二　二一五品系與"北蕉"園藝性狀之比較

Table 2. A comparison of agronomic characteristics between GCTCV-215-1 and "Pei-Chiao".[1]

Cultivar	Plant Height （cm）	Girth （cm）	No. of hands/ bunch	No. of fingers/ bunch	Finger length[1] （cm）	Bunch weight （kg）
GCTCV-215-1	288	33.8	8.0	136.0	17.7	24.0
"Pei-Chiao"	270	70.5	7.9	136.8	18.5	26.3

1) Data are average of 200 plants for each cultivar.

表三　一O五品系與"北蕉"果房性狀之比較

Table 3. A comparison of bunch characteristics between GCTCV-105-1 and "Pei-Chiao", 1993

Month harvested	Cultivar	No. of hands	No. of fingers per hand	Finger length[1] （cm）	Bunch weight （kg）
April	GCTCV-105-1	8.0a[2]	17.9a	21.3a	23.3a
	"Pei-Chiao"	7.3a	16.3b	25.8b	25.6b
May	GCTCV-105-1	7.7a	16.3b	22.8a	24.9a
	"Pei-Chiao"	7.0a	17.4b	28.9b	27.0b

2) Average of the length of 2 middle fingers of 3rd hand from the top.
3) Means followed by the different letters in each column are significantly different by Duncan's multiple range test.

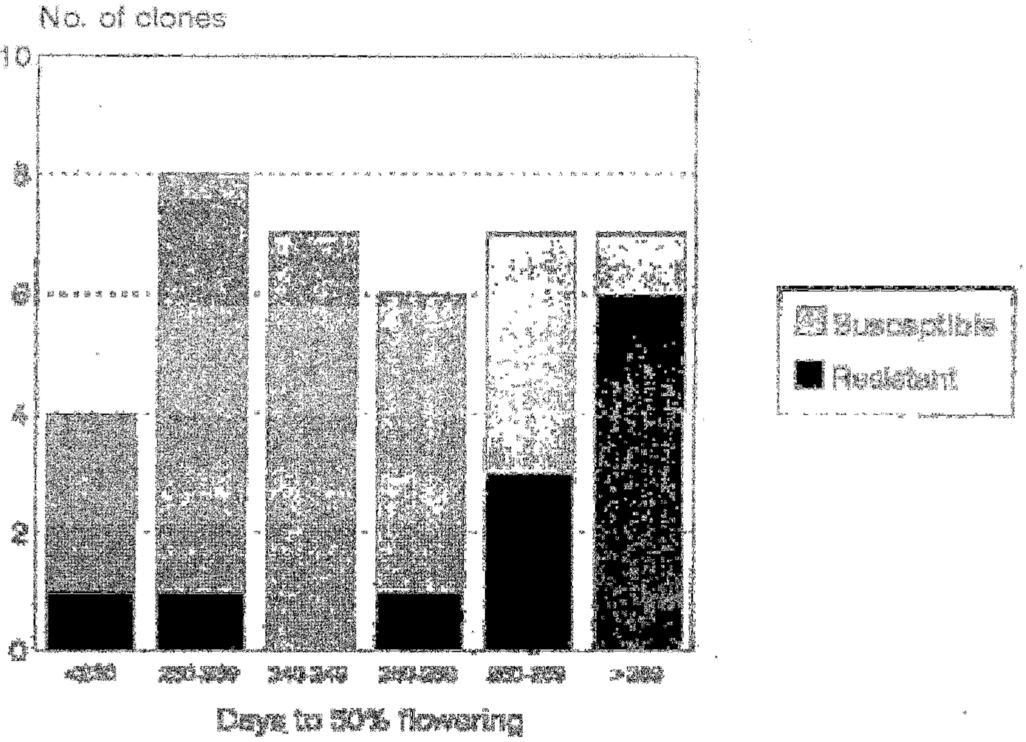
矮性品系的選育

本省蕉區位於颱風吹襲地帶，種植高大的"北蕉"常受風害損失。最近從引進的品種中選育出來自巴貝多的半矮性品種，已登記命名為"台蕉二號"[5]。矮性變異經常出現於體細胞變異中，據調查[3]，矮性變異（植株矮於 180 公分）的出現頻率為 1.3%。在 1991~92 年，從以組織培養建立的"北蕉"蕉園選出 16 個矮性品系，其中 7 個屬中矮（2~2.5 公尺）而其它 9 個為矮腳蕉（<2 公尺）。經組織培養繁苗後，在 1993 年種植觀察。資料顯示，所有矮腳蕉的品系，其子代的表現型均為同一類型，故其遺傳性狀非常穩定。至於母株屬中矮型，7 個品系中只有一個品系的子代維持中矮型，其餘均不屬矮性。可見株高的表現可能受環境（micro-environment）因素影響而呈不穩定性，以至選育中矮性的成功率減少。

GCTCV-215-1 品系比北蕉略高，而假莖亦較細小，故開花後較易倒伏。在 1992 年，從農民蕉園中，自 GCTCV-215-1 品系選出中矮性優良系（TC1-229）。經繁苗得植株 300 株，於 1993 年種植。據初步調查顯示，TC1-229 品系的中矮性為穩定遺傳性狀，比母株（GCTCV-215-1）矮 50~60 公分。同時保持其高度抗病能力及產量潛力。

早花品系的選育

本省香蕉外銷有季節性，每年三至六月的外銷期間，蕉價較高，故農民必需調節產期，以獲取較高收益。GCTCV-215-1 品系生育期為 13 個月，比"北蕉"多一個月，故必需提早種植以調節產期。自 1991~92 年，從 GCTCV-215-1 品系的新植蕉園中選出 39 個明顯早花的品系，以組織培養作少量繁苗，並於 1993 年種植觀察。結果顯示各品系自種植至半數植株抽穗的天數由 217 至 274 天不等。其中 4 個（10.3%）顯現特早開花（<230 天）；而 8 個（20.6%）則開花早於其它品系，約需 230~239 天（圖一）。值得注意的是在選育早花過程中，所選之品系大部份失去抗病能力。能維持抗病性的只有 2 個品系落在早花的類別。從抗病程度的不同，證明早花品系間有遺傳差異；同時亦顯示選擇早花兼具抗病特性的品系是可行的。



圖一 39 個早花品系半花期的分佈

Fig 1 Frequencies of flowering days among 39 clones selected for earlines.

註：Susceptible 及 resistanrt 乃指黃葉病的抗病能力。

豐產品系的選育

第一代選出的抗黃葉病品系，均具園藝性狀的缺點，包括單株產量偏低。從其組織培養的子代中，可發現接近母株產量的變異品系。表四為不同選育世代中，各品系單株果重的比較。從表中可知第一代抗病品系的單株果重為 13.8~18.6 公斤；而第二代則為 21.5~26.5 公斤，與原來母株（”北蕉”）的產量（25.9 公斤）接近。可見透過體細胞變異的選擇可選出較高產量的品系。值得注意的是 GCTCV-40-1 品系為第二代選擇，其產量雖有增加但抗病性卻不復存在。故在產量選種過程中，不可忽略其抗病性，是否仍然保留。

在 1990 年，屏東一農民在其蕉園選獲一來自”北蕉”的豐產抗病品系（GCTCV-216）。從初步試種觀察，該品系植株粗壯高大、果房巨大、果把數達 10~12 把，單株果重達 34.7 公斤，比其母株”北蕉”高出 10 公斤左右，將深入研究其實用價值。

表四　不同選擇世代中，不同抗病品系的單株果重及發病率之比較
Table 4. The bunch weight and disease incidence（%）of various clones in different selection cycles.(1)

Cultivar	Bunch weight（kg）		disease incidence（%）	
	C1(2)	C2	C1	C2
GCTCV-40	17.0	24.0	0.3	44.4
GCTCV-44	18.6	25.0	0.0	4.5
GCTCV-53	13.8	21.5	3.9	6.2
GCTCV-119	17.2	26.5	2.2	4.8

1) Data were compiled from different experiments.
2) C1 and C2 are cycle 2.
3) “pei-Chiao” which is the parental clone of other clones had an average bunch weight of 25.9 kg and disease incidence of 63.3%.

香蕉後熟品質的改變

果實品質之良窳為新品種能否推廣種植的關鍵。表五列出各抗病品系的後熟品質調查資料。以"北蕉"為標準，可見部份品系（GCTCV-44 及 GCTCV-215-1）的風味與北蕉相似。GCTCV-215-1 的兩段著色發生率明顯低於北蕉。又 GCTCV-105 及 GCTCV-119 兩品系果實水份含量較低，糖度較高，果肉具粉質口感，因而風味獨特，能否為顧客所接受仍需查證。至於 GCTCV-53 為各品系中風味最差，並且兩段著色發生情況嚴重。故在選育過程中必需留意新品種的風味及其它後熟品質。

表五　不同抗病品系果實品質及特性調查
Table 5. Fruit quality of various clones resistant to race 4 Fusarrium wilt.

Clones	Resistance level	Taste[1]	Ripening Disorder[2]	Remarks on texture	Remarks on finger characteristice
GCTCV-40	High	+	—	Soft	Short
GCTCV-44	High	+	—	Soft	Long & slender
GCTCV-46	Moderate	++	++		Short
GCTCV-53	Moderate	+	+++		Short
GCTCV-62	Moderate	+	—		Fewer
GCTCV-104	High	++	—		Fewer
GCTCV-105	High	+++	++	Granular	Short
GCTCV-119	High	+++	+++	Granular	
GCTCV-201	Moderate	++	++		
GCTCV-215	Moderate	++	+		Slender
"pei-Chiao"	Moderate	++	++		

1) +, ++, +++ indicates that the taste is fine, good, and very good, respectively.
2) Unevening ripening occurred between April-May; —, +, ++, +++ represent no, slightly, moderatly and heavily disorder, respectively.

台灣香蕉研究所網址：www.banana.org.tw e-mail 信箱：tbri@mail.banana.org.tw

討 論

體細胞變異在許多作物中均有報導。在香蕉不同栽培種中，體細胞變異亦普遍發生。從本研究，證明體細胞變異可提供遺傳差異性，在定向的選擇下可作品種改良之用。此育種方法，對香蕉的品種改良，尤為重要，因為：

1.傳統的香蕉雜交育種複雜而不容易成功。但從體細胞變異中可選出有利基因，方法較直接而簡單。

2.香蕉為無性繁殖作物，任何遺傳突變均可固定及增殖，加以評估及利用。

3.從體細胞變異選出的有利基因可透過組織培養子代，逐步累積，成為輪迴選擇的途徑。在台灣，香蕉組織培養繁苗系統已經建立，每年繁苗達百萬株以上，供農民種植。此有效率的繁苗系統每年提供大量的組織培養苗，成為體細胞變異的重要來源，達到品種改良目的。這種選育可透過選擇壓力（selection pressure）的應用，例如在重病園篩選抗病品種，或藉研究人員與廣大農民的緊密合作，選出有用的變異，改善現有品種。

利用體細胞變異作香蕉育種，方法雖然比較簡單，但仍需注意下列要點：

1.因變異發生的頻率很低，為選出有用的突變體，供選種的樣品數必須夠大。對一些具有有利特殊性狀的品系，雖然有其他園藝性狀的缺點，不要隨便放棄，因可從其組織培養世代中繼續選擇改善。

2.供選擇之蕉園必需以組織培養苗建立；同時，蕉園土壤肥力力求均一，管理一致，才容易偵察任何變異體的出現。特別是早花、產量及中矮等性狀，環境因素常常影響該性狀的表現，故必需注意田間的一致性。

3.突變基因的多效性往往使有利基因的實用性降低。型態的變異，對果實的品質常有影響。因此，在選種過程中，切需注意。

體細胞變異提供變異的來源，便利達成香蕉品種改良的目的。近年來，利用此法已育成黃葉病抗病新品種，對減輕黃葉病損失及穩定本省香蕉產業效果顯著。

參考文獻

1.高典林　1979　中國園藝25:197-206。
2.馬溯軒、許圳塗　1972　中國園藝18:135-42。
3.黃新川　1986　中國園藝 129:56-66。
4.黃新川、柯文雄、趙治平　1992　病蟲害非農藥防治技術研討會專刊259-280頁。
5.鄧澄欣、朱慶國　1993　台灣農業 29（4）:89-96。
6.Arias, O. 1993. Biotechnology Applications for Banana and Plantain Improvement. p.139-142. INIBAP.
7.Banerjee, N. and E. De Langhe. 1985. Plant Cell Rep. 4:351-354.
8.Cronauer, S. S. and A. D. Krikorian. 1984. HortScience 19（2）:234-235.
9.Debergh, P. C. and R. H. Zimmerman（eds）. 1991. Micropropagation Technology and Application. Kluwer Academic Publishers, the Netherlands.
10.Drew, R. A. and M. K. Smith. 1990. Aust. J. Exp. Agri. 30:569-574.
11.Drew, R. A. and M. K. Smith. 1993. Proceedings : International Symposium on Recent Developments in Banana Cultivation Technology. p.162-171. TBRI/INIBAP.
12.Hwang, S. C. 1991. Plant Prot. Bull.（Taiwan）33:124-132.
13.Hwang, S. C., C. L. Chen, J. C. Lin and H. L. Lin. 1984. HortScience 19（2）:231-233.
14.Hwang, S. C. and W. H. Ko. 1988. Plant Prot. Bull.（Taiwan）.30:380-392.
15.Hwang, S. C. and W. H. Ko. 1989. Plant Prot. Bull.（Taiwan）.31:131-138.
16.Israeli, Y., O. Reuveni and E. Lahav. 1991. Scientia Hortic. 48:71-88.
17.Larkin, P. J. and W. R. Scowcroft. 1981. Theore. App. Gene. 60:197-214.
18.Lee, S.W. and S. C. Hwang. 1993. Proceedings: International Symposium on Recent Developments in Banana Cultivation Technology. p.172-178. TBRI/INIBAP.
19.Marteille, T. and B. Foncelle. 1988. Trop. Agric.（Trinidad）65（4）:325-328.
20.Stover, R. H. 1987. Banana and Plantain Breeding Strategies p.136-139. ACIAR.
21.Su, H. J., S. C. Hwang and W. H. Ko. 1980. Plant Dis. 70:814-818.
22.Vuylsteke, D., R. Swennen and E. De Langhe. 1991. Fruits 46:429-439.
23.Vuylsteke, D., R. Swennen, G. F. Wilson and E. De Langhe. 1988. Scientia Hortic. 36:79-88.