

抗 Y 毒素馬鈴薯族羣之篩選試驗¹

曹幸之 陳進分 李碩朋²

摘要：自國際馬鈴薯中心引入 50 個對馬鈴薯 Y 病毒 (PVY) 具有免疫性的分離薯球族羣 (tuber family)，共 2,810 個薯球 (每一薯球為不同的營養系)，各族羣大小不一，自 8 個薯球到 127 個薯球不等，分別在農業試驗所的田間與網室試種，並以人工汁液接種 PVY 觀察。田間種植者只有 66% 的採收率，其餘營養系 (Clone) 或不發芽或生長勢不良；採收時已生育 114 天，但仍有許多植株莖葉仍綠，依植株早生性，薯球性狀與產量，選留 14% 共計 192 個營養系，各族羣的單株平均產量最低為 190g/pl，最高為 915g/pl。

網室種植者有 85% 的採收率，發芽情況均較田間者為佳，種植後一個月接種嵌紋系的 PVY，由於品種的不同，對 Y 病毒反應也有所不同，接種後四週陸續在感病株上呈現葉片嵌紋、繃縮、捲葉、黃化及頂梢壞死等不同程度的病徵，各族羣的免疫株與感病株成 3 : 1 或 1 : 1 之分離情形，採收時，117 天生育，仍有營養系莖葉仍綠，且有二次生長情形；由於已淘汰病株，選留營養系比率較低，僅 8 % 共 131 個營養系，各族羣的單株平均產量最低為 150g/pl，最高為 1100g/pl，各族羣在田間或網室的平均產量呈不相關。

選留的三百餘營養系將在不同地點與不同季節就其抗病性與薯球性狀做更進一步的評估與篩選。

據記載馬鈴薯的病蟲害多達 265 種⁽¹⁾，其中屬世界性的有真菌類的晚疫病以及毒素 Y、X 及捲葉毒素 (PVY, PVX, PLRV) 等，而造成「品種退化」的最嚴重因素當推毒素病，因此在進步的國家均有檢疫制度配合種薯生產。本省每年栽培馬鈴薯約二、三千公頃，以臺中縣與雲嘉一帶為主要產區，品種簡單，但均不耐毒素病，而有關抗毒素病的篩選工作尚付厥如；由於馬鈴薯為異形質的四倍體，使育種工作倍增困難，而設於秘魯的國際馬鈴薯中心 (CIP)，不但廣為收集保存中南美洲原產地的種源，包括野生種及未經改良的栽培種 (primitive cultivated spp.)，並積極利用這些種源從事育種⁽⁷⁾，其中抗 PVY，抗 PLRV 即為十大育種目標之首 (International Potato Center Annual Report)，以輪迴選拔的方式來改進種羣 (population) 的抗病性，適應性與農藝性狀，每年以育成的品系 (advanced clone)，或薯球或實生種子 (true seed) 或試管苗，試管小薯球 (in vitro tuberlet) 的方式，或薯球族羣 (tuber family) 提供世界各國從事馬鈴薯的生產改進與研究工作⁽⁵⁾；現已有八十餘國家或地區使用過 CIP 的育種材料，其中有 22 國家由這些材料中已選育成新品種推廣⁽⁴⁾。

PVY 為本省最嚴重的馬鈴薯毒素病，乃由蚜蟲非永續性的媒介及接觸傳染所以即使蚜蟲羣落低時，亦極易傳播毒素病，造成莖葉壞疽或嵌紋及落葉減產；CIP 的研究發現野生種 *Solanum stoloniferum* 與栽培種 *S. tuberosum* ssp. *andigena* 對 PVY 具有免疫性 (immunity)^(1,2)，且由一個單顯性因子 (simplex gene) 控制，利用這些種源及種羣育種 (population breeding) 法，增進種羣

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告第 1374 號。本研究承國立中興大學盧耀村教授提供病毒接種源並協助接種、檢定病徵，本所園藝系楊偉正先生、林春花小姐之協助試驗，謹此誌謝。
2. 分別為本所園藝系研究員、計畫助理。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

中抗病基因的頻率，每年將抗病的親本雜交，由後裔檢定選出優良的組合或族羣 (family)，族羣中每單穴一薯球，組成薯球族羣。本研究的目的即向CIP引入對PVY免疫性仍呈分離的薯球族羣 (分離比為 1 : 1 或 3 : 1)，並由其中篩選能適應本省環境，兼具抗 PVY 及優良農藝性狀的馬鈴薯，以充實本省馬鈴薯的育種工作。

材料與方法

1. 材料

試驗材料包括50個 CIP的族羣 (詳見表 1)，共2,810個薯球，每個薯球代表一個營養系 (clone) 具有不同的因子型，族羣385111最小，只有 8 個薯球，最大的族羣385129有 127個薯球，薯球乃由種在盆鉢中種子所生產，所以比較小，直徑 0.6cm 到 1.6cm 不等，平均重量為 13公克，另外以抗 PVY的兩個品種I-1039 (印度)，Pirola (德國) 以及感病的本省栽培種 Cardinal，做為對照。

Table 1. Description of potato tuber families resistant to PVY from International Potato Center

Pedigree*	Accession No. of Tuber Family	Number of Family	Total Tuber Number**
Y Series × Y Series	385037—385106	19	805
Y Series × LT-7	385109—385113	4	193
Y Series × Katahdin	385114—385120	6	252
Y Series × Atlantic	385123, 385156 385157	3	294
Y Series × 575049	385124—385126	3	320
Y Series × 377 Series	385127—385135 385148—385151	11	705
Ms × Y Series	385137, 385141 385145	3	177
Y Series × C83.551	385136	1	64
Total		50	2,810

* Y Series: PVY (potato virus Y) immune, early-maturing.
 LT-7: heat tolerant, early-maturing, high tuber yield and uniform in tuber shape.
 Katahdin: PVA, PVY resistant.
 C83.551: PVY immune and PLRV (potato leaf-roll virus) resistant.
 377 Series: heat tolerant and early-maturing.
 **All the tubers are genotypically different.

2. 方法

試驗在農業試驗所農場第20田區進行，田區上分成網室設施與無網室兩種處理，分別簡稱為網室與田間，網室內接種毒素；所有栽培管理均依一般慣行栽培法，僅株距為45公分，較一般栽培者為大。每族羣中較大的薯球切半，並標上相同的編號，分別種在網室與田間，以利識別，其餘薯球則逢機分置兩種處理。

田間處理於75年11月7日種植，並以Cardinal做為對照，於76年3月2日採收，調查各族羣產量與比重，並依各株的早生性，薯球形狀與整齊度選留單穴。

網室處理則因氣候因素延至75年12月6日種植，並以免疫品種 Pirola與I-1039為對照；76年1月7日所有植株以本省所發生的嵌紋型 PVY 系統 (國立中興大學盧耀村教授提供)，以摩擦法汁液接種，2月5日起由植株反應陸續調查發病情形與病徵，3月13日先挖除病株，其餘健株於4月3日採收，調查產量，依薯球性狀做單穴選拔。

結 果

1. 田間處理

- (1) 生育：於田間種植者出芽與生育情形較差，薯球種植後三週，50個族羣中仍有16個族羣的發芽出土率不到50%，由於薯球小，植株多以單枝主莖發芽生長，少數植株雙主莖，更少植株三枝莖；對照之 Cardinal 則出芽率高且整齊，除因感染病毒的植株先予拔除外，其餘植穴均能生產馬鈴薯，而 CIP族羣中一些生長勢弱的植株，在結薯前即停止生育，也有一些植株感染了病毒，呈現嵌紋或捲葉的病徵；到採收時，只有66%所種植的營養系得以生產薯球（表2）。系譜Y×575049及系譜Y×Katahdin的族羣，採收率較低，約50%，其中族羣385126的採收率最低，24%，而族羣 385102與091（系譜Y×Y），141與 145（系譜 MS×Y），128和148（系譜Y×377）共6種，各有90%以上的營養系得以採收。
- (2) 產量：單株平均產量最高的族羣為385111與132，產量分別為 980g/pl與910g/pl，其他尚有系譜Y×Y的6個族羣（087, 088, 089, 095, 101, 104），Y×LT-7(385112)，Y×575049（385125）及MS×Y（385141）各一個族羣，共9族羣，產量比Cardinal高。
- (3) 選拔：就薯球大小，芽眼深淺（尤其是stolon end），形狀的整齊度，早生性及沒有二次生長情形等選擇標準，各族羣選留不同數目的營養系（單穴選拔），平均選拔強度為14%，族羣385123（系譜Y×Atlantic）的選拔率最高，達43%（表3），而385103，111，117，118及151等5個族羣或因薯球太小或因芽眼深或因有二次生長匍匐枝，沒有選留任何營養系。將選拔率

Table 2. Evaluation of potato tuber families for their resistance to PVY and yield and quality of tubers in the open field

Pedigree*	Number of Tubers Planted	Number of Clones		Yield of the Selected Families (g/plant)
		Harvested	Selected	
Y Series×Y Series	647	424(66)	55(13)	350—890
Y Series×LT-7	109	72(66)	17(24)	450—890
Y Series×Katahdin	156	85(54)	8(9)	190—520
Y Series×Atlantic	200	120(60)	23(19)	350—370
Y Series×575049	241	120(50)	19(16)	335—615
Y Series×377 Series	500	365(73)	40(11)	270—915
Ms×Y Series	147	126(86)	24(19)	465—785
Y Series×C83.551	34	29(85)	6(21)	565
cv. Cardinal (ck)	600			615
Total	2,034***	1,341(66)	192(14)	

* See Table 1 for accession numbers of tuber families for each pedigree.

** Numbers in parentheses for harvested clones are percentages relative to total number of tubers planted. Numbers in parentheses for selected clones are percentages relative to number of harvested clones.

***Excluding tuber numbers of check cultivars.

Table 3. Comparison among potato tuber pedigrees on number of families with selection efficiency over 25% cultivated in the open field

Pedigree	Number of Tuber Family		Number of Clones from Selected Families	
	Planted	Selected*	Harvested	Selected
Y Series × Y Series	19	5	72	22(30)**
Y Series × LT-7	4	1	27	8(30)
Y Series × Katahdin	6	1	7	2(29)
Y Series × Atlantic	3	1	23	10(43)
Y Series × 575049	3	1	53	13(25)
Y Series × 377 Series	11	3	36	9(25)
MS × Y Series	3	1	45	16(35)
Total	49	13	263	80(30)

* With selection efficiency over 25%.

**Numbers in parentheses are percentages relative to number of harvested clones, i. e., selection efficiency.

Table 4. Tuber specific gravity of some selected potato tuber families cultivated in the open field

Family	Specific Gravity	Family	Specific Gravity
385090	1.079	385123	1.075
385093	1.084	385124	1.075
385095	1.074	385128	1.081
385098	1.074	385129	1.075
385099	1.074	385135	1.079
385100	1.084	385136	1.076
385104	1.079	385139	1.072
385105	1.083	385150	1.083
385106	1.081	385156	1.076
385112	1.079	385157	1.078
385114	1.076	cv. Cardinal	1.074

達25%以上的13個族羣，依其系譜，綜合選拔結果，示於表3，系譜 MS×Y的族羣385141選留35%的營養系。Y×Katahdin及Y×C83.551的族羣選留較少之單穴。

- (4) 薯球顏色分離：薯球外皮多為白色，少許黃色薯，但一些紅色及深紅色的薯球，其中385141生育114天在採收時，地上莖葉仍綠。
- (5) 薯球比重：測試21個族羣的薯球比重，僅385139族羣為1.072較 Cardinal品種為低外，其他族

羣均在1.074以上，與 Cardinal相同或更高（表4），385093與100更高達1.084，顯示這些族羣具有相當高的乾物量。

2. 網室處理：

- (1) 生育：網室內發芽情形較好，平均85%的植株得以生育到採收，其中385094，101及111三個族羣發芽率 100%，且植株均能長成，385111較早生，採收時地上部莖葉已死，也有一些族羣—385088，090，092及145—採收率不到65%，各組合中以系譜MS×Y的採收率較低，72%（表5）。生育期中，僅少數植株（約1%）開花，另有 1.5%的植株有花芽分化，但落苞；網室內也不着果。
- (2) 發病：植株接種嵌紋系 PVY 病毒後四週，即可在感病株上見到葉片呈現嵌紋，而在385095，097兩族羣中分別有 50%及28%的植株因接種毒素造成頂梢壞死，下位葉逐漸萎黃而植株枯死，但植株自種植到發病，已有兩個月的生長，地下着生薯球。除前述兩種病徵表現外，尚有葉片內捲，葉面繃縮（rugose）、黃化、葉片褐斑等病徵；嵌紋病徵在後期或因氣候因素溫度回升，有些變成不明顯。綜合同系譜的族羣資料（表5）顯示Y×Y，Y×LT-7，Y×Atlantic，Y×377系，及MS×Y的無病徵株：罹病株成3：1的分離比，而Y×C83.551的分離比符合1：1，其他Y×Katahdin及Y×575049的分離比不符合3：1也不符合1：1。
- (3) 產量：單株平均產量最高的族羣385097，099，均為系譜Y×Y，分別為 1100g/pl與910g/pl，對照的免疫品種Pirola與 I-1039則分別為 555g/pl與 580g/pl，其他尚有 9 個族羣的產量在 600g/pl以上，分別為系譜Y×Y的385093，094，095，100，101，102，106七種，Y×Katahdin的385114及Y×377系列的385127；最低產量的族羣為385111，只有150g/pl，另有 5 個族

Table 5. Evaluation of potato tuber families for their resistance to PVY and yield and quality of tubers cultivated in the screen house with artificial inoculation

Pedigree*	Number of Tubers Planted	Number of Clones			Yield of the Selected Families (g/plant)
		Harvested	Susceptible	Selected	
Y Series×Y Series	532	441(83)*	124(28)**	42(9)**	425— 1,100
Y Series×LT-7	137	117(85)	34(29)	12(10)	150— 480
Y Series×Katahdin	163	148(91)	48(32)	18(12)	300— 760
Y Series×Atlantic	194	158(81)	44(28)	17(11)	310— 370
Y Series×575049	228	204(89)	81(40)	15(7)	350— 530
Y Series×377 Series	465	394(85)	94(24)	30(8)	250— 630
Ms×Y Series	104	75(72)	20(27)	6(8)	265— 560
Y Series×C83.551	52	49(94)	22(45)	1(2)	280
cv. Pirola (ck)	10				555
cv. I-1039 (ck)	20				580
Total	1,875***	1,586(85)	467(29)	131(8)	

* See Table 1 for accession numbers of tuber families for each pedigree.

** Numbers in parentheses for harvested clones are percentages relatives to total number of tubers planted. Numbers in parentheses for susceptible and selected clones are percentages relative to number of harvested clones.

***Excluding tuber numbers of check cultivars.

羣平均產量低於300g/pl (表 5)。

- (4) 選拔：網室內由於較嚴重的病株先予淘汰，選拔強度較田間為高，選留單穴較少，平均僅選留 8 % 具有可接受的薯球品質與產量的營養系 (表 5)。族羣385101的營養系有 3 被選留，而其他選留率在15%以上的族羣計有 5 個 Y×Y 族羣 (385088, 089, 092, 094, 097)，1 個 Y×LT-7 族羣 (385109)，2 個 Y×Katahdin 族羣 (385114, 116)，2 個 Y×Atlantic 族羣 (385123, 156)，及 1 個 Y×377 族羣 (385127) 見表 6。選留的營養系不一定產量高，自 270 公克 (單穴) 至 2930 公克不等，但其薯球芽眼一定較淺，外形較好。
- (5) 薯球分離：系譜中有 MS clone 的族羣385131與385141分離出紅色或深紅色薯球，但同系譜之 385145 在網室種植的營養穴沒有紅色的薯球。

討 論

本試驗將國際馬鈴薯中心的分離族羣，分置田間與網室兩種處理，可以比較田間自然感病以及網室內接種發病的植株生育情形及評估之效果；由於天雨，田間處理種植後隔一個月才進行網室處理的種植，但兩種處理均在一般馬鈴薯的栽培適期內，唯網室處理的到四月採收時，氣溫已漸升高，少數植株表現 heat stress 的二次生長匍匐枝。從產量上，各族羣在不同時間但同一田區的兩種處理下表現不同，兩種處理的產量結果也無相關，有些族羣在田間比在網室產量高，有些族羣則相反，網室內產量較高，這由於同族羣兩種處理中所包含的營養系不同，而營養系間的差異很大，但在一般育種過程中，初期的篩選卻只針對質的性狀，而不注意量的性狀如產量的選拔；在馬鈴薯從薯球族羣中選抗病毒的營養系，在最初三季都只選拔抗病性及薯球性狀，如芽眼淺與外形，到第四季有重複小區的篩選後，才行產量調查與選拔⁽¹⁾，因此本試驗中，無論田間或網室處理，不針對產量做選拔，選留的單株產量有 300 公克的，也有 2900 公克的，在田間因無接種，只能就自然感染淘汰生育不良和或病株，並不發病調查，選拔時，選擇薯球着生整齊，大小比較一致而且芽眼較不明顯的單穴，並注意 Stolon end (即匍匐枝與薯連接的一端) 不要深凹；系譜 Y×Atlantic 的族羣選拔率較高，是因 Atlantic 自 1978 年由美國農部育成推廣⁽²⁾後，已成為最主要的薯片品種 (leading chipping variety)，由於它優良的薯球品質又抗瘡痂及 PVX 以及組合力高，多用在 CIP 的育種親本，以改善抗病材料的薯球性狀，而它的後裔也有較高比率的優良單株。多數營養系的薯球為橢圓形，少數為長形，為針

Table 6. Comparison among potato tuber pedigrees on number of families with selection efficiency over 15% cultivated in the screen house

Pedigree	Number of Tuber Family		Number of Clones from Selected Families	
	Planted	Selected*	Harvested	Selected
Y Series×Y Series	19	6	87	18(21)**
Y Series×LT-7	4	1	32	5(16)
Y Series×Katahdin	6	2	58	11(19)
Y Series×Atlantic	3	2	101	17(17)
Y Series×377 Series	11	1	25	4(16)
Total	43	12	303	55(18)

* With selection efficiency over 15%.

**Numbers in parentheses are percentages relative to number of harvested clones, i. e., selection efficiency.

對製做薯條的需要也選拔了一些長形薯。

網室內則因接種，並減少了昆蟲傳遞其他病毒的機率，從發病調查中，凡病徵明顯者，一律先行淘汰，而一些原本表現嵌紋病徵，但後期却因氣溫回升而病徵不明顯（mask）的植株，除非薯球形狀很好，也不予保留；接種時用PVY的mosaic strain，是因目前本省栽培Cardinal馬鈴薯，容易遭受嵌紋型Y病毒及壞疽型Y病毒為害，前者，每年均可發生而後者雖然影響馬鈴薯的生長較為嚴重，但不常發生，或發生比例較低，因此為篩選抗病性而選用發生較普遍之mosaic strain，然而病徵表現則因品系的不同，反應也不一，除mosaic外尚有rugose, leaf rolling以及top necrosis等，其中一些捲葉情形因不易辨別屬發病反應，抑或植株後期生理自然現象，因之對捲葉情形，並不嚴格淘汰，僅就併有其他如嵌葉紋病徵者予以淘汰。總計田間選拔率為14%，網室選拔率8%，共計323營養系，由於部分營養系（總計共937個），在田間與網室均有種植（種薯切成兩半），並有編號可以識別，在田間選留的99個營養系，經網室的發病資料核對，有8個是感病的 $8/99=8\%$ ），但在田間自然感病下並未遭淘汰，另外，有18個營養系是同時在網室，田間均被選留的，重覆獲選的機率僅 $18/99=18.2\%$ ，因之顯示田間選留的其他（ $192-99=93$ ）93個營養系也會有部分的感病株可能，薯球族羣的初步篩選並不絕對，還必需由更多的試種觀察，才能確定抗病性以及tuber type，唯本試驗的選拔強度符合一般選拔強度的5—20%範圍，而且薯球族羣的系譜不但對PVY免疫，還有耐熱或抗PLRV, PVX的特性^(2,5,6)（並見表1附註），故薯球族羣不但具有對病毒的抗性，同時薯球的產量大小，形狀，以及比重均能合乎消費者要求。

此次的選出的三百餘營養系，奠立一個好的開始，再經數季的選拔，應該可以選出於本省栽培環境下抗毒素病，兼具良好薯形及產量的品種。

參考文獻

1. Brown, C. R., E. N. Fernandez-Northcote, U. Jayasinghe and L. Salazar. 1984. Breeding virus-resistant potato cultivars for developing countries. CIP Circular 12(3): 1-4.
2. Brown, C. R. 1985. Genetic studies and breeding of resistance to PLRV, PVY and PVX. In: Present and Future Strategies for Potato Breeding and Improvement. Report of the 26th Planning Conference, Dec. 12-14, 1983. Lima, Peru. pp. 17-44.
3. Chase, R. W. 1984. North America potato variety inventory. U. S. Dept. Agri., Beltsville, MD.
4. International Potato Center. 1985. Annual Report for 1984. 167p. Lima, Peru.
5. Mendoza, H. A. 1983. Breeding of potato populations at the International Potato Center. CIP Circular 11(3): 1-5.
6. Mendoza, H. A. 1985. Selection of parental stocks for heat tolerance and earliness. In: Present and Future Strategies for Potato Breeding and Improvement. Report of the 26th Planning Conference, Dec. 12-14, 1983. Lima, Peru. pp. 7-16.
7. Rhoades, R. E. 1982. The incredible potato. Natl. Geograph. Magz. 161(5): 668-694.

Evaluation of Potato Tuber Families Immune to Potato Virus Y¹

S. J. Tsao, C. F. Chen and S. P. Lee²

Summary

Fifty potato tuber families segregating for potato virus Y (PVY) resistance from International Potato Center were planted at Taiwan Agricultural Research Institute and evaluated for virus resistance and yield and quality of tubers. Each family has half of its clones planted in open field and the rest in screen house where inoculation of PVY-mosaic strain was conducted one month after planting. Different types of symptoms including top necrosis, leaf rolling, mosaics and combination of the above, were shown in different clones starting one months after inoculation. The segregation of immune and susceptible clones in each family was either 1:1 or 3:1.

Clones grown to harvest were 66% in open field and 85% in screen house of those planted. Based on the selection criteria of yield, tuber shape and uniformity and earliness, selection rates of clones were 14% and 8% in the field and screen house, respectively. The lower selection rate in screen house was due to the elimination of symptomed clones. Tuber yield ranged from 190 to 915 g/plant in the open field and from 150 to 1,000 g/plant in the screen house, showing significant variation among families and clones. No correlation was observed in tuber yield between field and screen-house experiments. Tuber specific gravity was similar for some selected families. The selected clones will be further evaluated in different site and season for their agronomic characters.

1. Contribution No. 1374 from Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Senior horticulturist, and research assistants, respectively. Department of Horticulture, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 41301, ROC.