中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 42(3)：280～291 (1993)

山藥不同品系間之變異性研究[1]

王昭月[2]、劉新裕[3]、宋麗梅[3]、高介志[3]

摘要：由本所1991年山藥品系產量比較試驗中，篩選七種高產質優而性狀互異之山藥品系，進行初步品系間變異性研究，其中四種白肉山藥爲山藥臺農1號、70W02、70W04與81W06，三種紅肉山藥爲80R04、70R09及70R01。此七品系除了塊莖顏色分成紅白兩類外，在植物特徵及電泳分析上分別具有不少之差異性。

依據田間植物特徵之調查結果可知，山藥臺農1號具有典型田薯(*Dioscorea alata* L.)之特性，而70R01及70R09則具備典型紫田薯(*D. alata* L. var. *purpurea* (Roxb.) M. Pouch.)之特性。另外三種白肉山藥之特性較接近於田薯，而另一紅肉品系80R04則近似紫田薯。

根據同功異構酶電泳分析結果可知，就過氧化酶 (PRX) 而言，屬於 *D. alata* 及 *D. alata* var. *purpurea* 之山藥品系在 Rf=0.2處具有相同條帶，而 *D. esculenta* (Lour.) Burk. 在 Rf=0.2 及 Rf=0.28 處各具一條帶。就草醯乙酸轉胺酶 (GOT) 而言，同屬於 *D. alata* 之70W04 較山藥臺農 1 號在 Rf=0.45 處多一條帶。此二品系共同在Rf=0.2及0.6有條帶，而同屬於 *D. alata* var. *purpurea* 之70R01及80R04則在 Rf=0.17及0.63處有條帶，前後互異。

七品系之田間成熟度似與塊莖顏色有關，屬於 *D. alata* var. *purpurea* 之紅肉三品系較具早熟趨勢，而 *D. alata* 四品系則趨向晚熟。此外，屬於 *D. alata* 之白肉四品系具有較高單株塊莖收量、田間成活率及塊莖公頃產量之特點，其塊莖粘度較大，且顏色不易褐變。而 *D. alata* var. *purpurea* 之三品系則具較高蛋白質與澱粉含量之傾向。

關鍵詞：山藥、遺傳變異、同功異構酶、塊莖品質。

山藥爲薯蕷科(*Dioscoreaceae*)薯蕷屬(*Dioscorea*)之多年生蔓性植物，在全世界至少有600種，中國大陸約有65種，劉棠瑞等人(1962)謂本屬植物在本省有15種及4變種[2]，而那琦等人(1978)認爲應在30種以上[1]。山藥種原中最具生產力的爲 *D. alata* L.、*D. cayenensis* Lam.、*D. esculenta* (Lour.) Burk. 及 *D. rotundata* (L.) Poir. 等種[18]，國內則以田薯或紫田薯(*D. alata* L.或 *D. alata* var. *purpurea* Burk.)、黃藥(*D. bulbifera* L.)、基隆山藥(*D. japonica* Thunb. var. *pseudojaponica* (Hay.) Yamam.)及恒春山藥(*D. doryophora* Hance)爲主。本省第一個山藥推廣品種山藥臺農1號即爲 *D. alata* 之優良品種[3]。本所山藥之研究始自1960年，至今種原蒐集總數共60品系，就塊莖肉部顏色區分，其中40品系屬於白肉山藥系統，20品系爲紅肉山藥系統；另就塊莖形狀區分，有長形白薯8品系、短形白薯32品系、長形紅薯1品系、短形紅薯19品系。短形白薯及紅薯之形狀差異甚大，有圓形、橢圓形、瓶子狀、掌狀、掃帚形及其他不規則形。由於山藥植株各部位之形狀與顏色之變異很大，爲了鑑定各品系間之血緣關係，以加強種原之利用效益，除了應加強田間植株性狀與產量之調查比較外，在實驗室內進行品質比較分析，及生化鑑定如同功異構酶之電泳分析等，應屬必要措施。

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告第 1677 號。
2. 本所作物種原室助理研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。
3. 本所農藝系研究員、約僱助理、約聘助理。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

同功異構酶“isozyme”係由 Markert 和 Moller 於1959年首先提出，意指具有相似或相同之受質專一性（substrate specificity），但分子型態（molecular form）不同的一群酵素而言[11]，係生物體在演化過程中爲因應生存環境的適應方式之一。其之形成可能基於下列原因：㈠由於多胜肽（polypeptide）的序列改變，產生蛋白質二、三及四級結構之改變。㈡由於酵素的次級單位（subunit）之構造改變，如二元體（dimeric）或四元體（tetrameric）等。㈢由於多胜肽轉譯作用（translation）發生改變，形成形態同功異構酶（conformational isozyme）或聚合同功異構酶（aggregational isozyme）。同功異構酶存在於不同物種間及生物個體內，具有種間、組織部位及發育時期之特異性[13,15]。利用同功異構酶電荷及分子形狀與大小之差異，以電泳方式（electrophoresis）使這群酵素在電場中展現不同的移動速率，再將電泳分離後的膠體（resolving gel），置於某一特殊受質（染劑）中，使膠體上的酵素呈色，形成不同的條帶（bands），即可得到不同物種組織之特定同功異構酶電泳圖譜（或稱酶譜），供進一步分析利用。

同功異構酶在農業上的應用日漸廣泛。由於同功異構酶是基因的產物，且具有共顯性（codominance），可直接作爲品種與種子之純度與特性等之鑑定工具，在農業上具有下列多方面之利用意義，如㈠作爲原生種原、物種親源或血緣關係之證明：Van Tuyl等人（1986）利用過氧化酶（PRX）可簡易且正確的判別百合種間什交種之血緣關係[17]。Hauagge（1987）等人則以 PGI（phosphoglucoisomerase）及 PGM（phosphoglucomutase）將76個杏仁栽培種區分成40群（class），並溯源獲知，這些栽培種乃源自1900年 Texas Prolific 的後裔[8,9]。㈡鑑別栽培品種或新育成品種：Degani 和 Blumenfeld（1986）利用 SKDH（shikimate dehydrogenase）、PRX 及 PGI 等同功異構酶的分析，用以辨識枇杷的栽培種[7]。Kobayashi等（1987）利用火鶴花葉子之 PRX、PGI 及 MDH（malate dehydrogenase）的同功異構酶，測定分析其栽培種[10]。此外，Parfitt 及 Arulsekar（1989）也藉由葡萄葉子之 PGI 及 PGM 在等酵素的測定，將145個栽培種區分成52個族群（groups）[12]。㈢種子品質或純度鑑定：Tanksley等(1983)在蕃茄種子純度檢測上，應用 Alcohol dehydrogenase（ADH）的測定，結果與田間檢查結果相同，更具節省人力及時間的效用[16]。Arus 等人（1982）在十字花科蔬菜（花椰菜及甘藍）利用 PGM 及 PGI 的酵素測定，同樣可測得種子純度[4]。㈣組織培養培植體或多倍體的鑑定：Colby 及 Peirce（1988）在蘆筍花藥組織培養上，藉由 PRX（PER）同功異構酶的測定，可將單倍體與雙倍體區分出來，較傳統的後裔性別或配子型鑑定更具時效及意義[6]。Quiros 及 McHale（1985）在馬鈴薯上也可藉由 PRX 區分2倍體與4倍體[14]。㈤同功異構酶標示特殊育種性狀：某些抗病、抗蟲或耐逆境的基因可藉由同功異構酶的測定，而快速的被選拔或檢測出來[5]。

本所現有山藥種原之植物特性變異性甚大，本研究將藉助電泳同功異構酶之分析，配合植株農藝性狀、產量與品質之調查，確定部分山藥種原間血緣之親疏關係，供山藥育種、栽培與生產利用之參考。

材料與方法

一、材　料

本研究取用白肉山藥四品系（種），即山藥臺農1號、70W02、70W04及81W06，以及紅肉山藥三品系，即70R01、70R09及80R04，共七品系。它們係由1991年本所山藥品系產量比較試驗中挑選而得，同具高產及品質優異之特點，惟七品系之植株與薯型間均具差異性。

二、方　法

㈠山藥品系間性狀、產量及品質之差異性比較：

於1992年4月在臺中本所農場進行，取用參試七品系之種薯，種植行株距爲100×30cm，行長4m，每一品系3行植，試驗設計爲 RCBD，三重複。肥料用量爲牛糞有機肥5,000kg/ha

，及化學肥料硫銨430kg/ha、過磷酸鈣330kg/ha與氯化鉀150kg/ha。1/3量硫銨與全量之牛糞、磷肥及鉀肥於整地時混施土中，供作基肥，另兩次氮肥量施於萌芽後2及4個月。試驗區畦面在種植前先覆蓋銀黑色塑膠布，先依株距打洞再種植。生育期間悉依山藥臺農1號管理方式進行，並適時進行炭疽病等病害之防治工作[3]。

於試驗進入9月時，調查七品系之植株地上部特徵，如莖蔓、葉及葉柄之形狀及顏色，有無稜線或翼狀物、葉長、葉寬、主脈及支脈數、葉柄及節間長度等，每品系逢機調查20株，三重複。由9月至12月調查七品系之田間成熟度。於12月底同時採收，並進行塊莖性狀與產量調查，調查項目爲田間成活率、單株塊莖粒數、重量、長度、寬度、厚度及產量。每品系調查15株，三重複。採收後於實驗室進行山藥品系塊莖皮部與肉部鮮重比率調查。取用塊莖肉部進行粘度及色度測定，並於烘乾後打粉，供進行粗蛋白質及澱粉之測定。測定方法如下：黏度以100g去皮山藥加3.5倍水後，以果汁機打1分鐘，利用 Brookfield viscometer 測定10分鐘。顏色變化測定乃利用日本 Tokyo Denshoku 公司出品之 Color Difference Meter (Model TC-6FX) 色差儀，測定山藥塊莖肉色之 L、a、b 值變化。蛋白質之測定採用 semi-micro Kjeldahl 法，經分解、蒸餾及滴定後，計算出總氮量，再換算成粗蛋白質，所乘之係數爲6.25。澱粉之測定採用 HCl 酸水解法，以 Somogyi 法測定葡萄糖含量，再換算成澱粉，所乘之常數爲0.925。上述分析過程中每處理皆隨機取樣，3—4重複，調查分析後再以平均值表示之，同時進行變方分析，並利用 LSD 法比較平均值差異之顯著性。

㈡山藥品系同功異構酶之分析：

取用70W02、70W04與山藥臺農1號三白肉山藥品系，及70R01、70R09與80R04三種紅肉品系爲材料，進行同功異構酶之分析工作，另以 *D. esculenta* 爲電泳分析之比較標示種。

1. 樣品備置：

秤取0.5g山藥塊莖上的嫩芽或植株葉片，加入少許 PVP 及 1ml 之萃取緩衝液 (0.1M Tris-HCl pH7.5，0.002% β-Mercapto ethanol，25% glycerol，6%PVP-40，0.05% Triton-100及0.03mM EDTA) 磨成均質後，經三次離心 (14,000rpm，15分鐘)，做爲同功異構酶分析之樣品。

2. 電泳備置：

電泳的設備是以 Bio-Rad 直立式平板電泳裝置，膠體爲10cm×7.2cm×0.7mm之7.5%聚丙烯醯胺 (polyacrylamide) (3M Tris-HCl，pH8.9) 的分析膠體 (resolving gel) 及3.1%聚丙烯醯胺的堆積膠體 (stacking gel, 0.5M Tris-HCl, pH6.7)。將 15μl 之樣品點樣後，加入追蹤染劑 (Bromophenol Blue 0.2mg 溶於50%甘油 v/v 中)，並進行電泳分析。開始時電源固定爲 8mA，待跑完 stacking gel 後，電流調到12mA，待追蹤染劑之標記線到達膠體底部時，關掉電源，即可進行酵素活性染色。

3. 酵素活性染色：

以下之酵素活性染色係採 Tanksley 及 Orton 氏 (1983) 之方法[16]。

⑴過氧化酵素 (Peroxidase, PRX) 活性之染色：

將膠體加入反應溶液，即0.15g O-Dianisidine, 0.09g β-Naphthol, 60ml acetone 及30 ml peroxidase buffer (1M Tris-HOAC pH4)，加水到300ml，於黑暗中放置30分鐘，後加入反應基質 (3ml H_2O_2)，經呈色後倒出反應溶液，使停止呈色。

⑵酯酶 (Esterase, EST) 活性之染色：

將膠體加入反應溶液，即100mg Fast Blue RR salt, 40ml H_2O, 10ml 0.2M Na_2HPO_4 (pH8.8)，50ml 0.2M NaH_2PO_4 (pH4.6) 及20mg α-Naphthyl acetate, 放置於37°C黑

暗中，經7—8小時呈色。

(3)草醯乙酸轉胺酶（Glutamate oxaloacetate transaminase, GOT）活性之染色：

將膠禮加入反應溶液，即 A 液：100mg α-Ketoglutaric acid, 200mg aspartic acid, 100ml 0.1M Tris-HCl (pH8.5)，及 B 液：10mg pyridoxal-5-phosphate，150mg Fast Blue BB salt，A 液與 B 液於使用前混合，放置於黑暗中使呈色20分鐘。

(4)酸性磷酸酶（Acid phosphatase, APS）活性之染色：

將膠體加入反應溶液，即100ml 0.2M Na-acetate buffer (pH4.0), 1ml 0.1M $MgCl_2$, 10mg Fast Garnet GBC salt 及 10mg α-naphthyl acid phosphate, 於黑暗中經7～8小時呈色。

結果與討論

一、植株特徵之比較：

本研究取用之七種山藥品系在塊莖肉部之顏色方面分成紅白兩類，山藥臺農1號、70W02、70W04及81W06四品系同屬於白肉山藥，70R01、70R09及80R04三品系則爲紅肉山藥。在其他植株特徵之比較方面，七品系呈現下列或多或少之差異現象：山藥臺農1號具綠色莖蔓，方形螺旋狀，蔓有4稜翼，淡綠色，葉及葉柄綠色，葉柄基部有淡綠色翼。70W04具綠色莖蔓，方形或圓形，多數呈螺旋狀，4稜翼淡綠色，葉及葉柄綠色，葉柄具淡紫色翼或無翼。70W02具綠色莖蔓，方形，少數螺旋狀，4稜翼淡紫色或紫色，少數淡綠色，葉及葉柄綠色或綠帶紫色，基部有翼，翼紫色、淡紫色或淡綠色。81W06具綠色莖蔓，螺旋方形，蔓有4稜翼，紫色或淡綠色，葉及葉柄綠色，少數綠中帶紫色，葉柄基部有翼，淡綠色，偶爲淡紫色或綠紫色。80R04具綠色莖蔓，方形，少數圓形，螺旋狀，有紫色、淡綠色或綠帶紫色翼，少數無翼，葉及葉柄綠色、紫色或綠帶紫色，柄有翼或無翼，翼紫色或淡綠色。70R09具綠色莖蔓，方形有翼，翼紫紅色，葉及葉柄綠色，柄有紫紅色翼。70R01幼株莖蔓爲紫紅色，成株莖蔓綠色，方形，偶而呈螺旋狀，有4稜紫紅色翼，幼葉紫紅色，成熟葉綠色，葉柄紫色，基部有紫色翼。

根據劉棠瑞及黃增泉之報告[2]指出，薯蕷屬植物之莖蔓及葉柄有稜翼或四稜線，葉對生，其中稜翼、葉柄及葉顏色淡綠，且擔根體白色的爲 *D. alata*。稜翼、葉柄基部及近擔根體之嫩葉帶紫色，擔根體外皮及肉紫紅色的爲 *D. alata* var. *purpurea*。莖蔓及葉柄既無稜翼亦無稜線者爲其他山藥之 species。

綜合上述七品系之植物特徵可知，山藥臺農1號之莖蔓及葉柄具淡綠色4稜翼，葉對生，其塊莖（擔根體）圓球形至長圓形，肉色白，應屬於 *Dioscorea alata* 之品種。70R01及70R09之莖蔓及葉柄具紫紅色4稜翼，葉對生，其塊莖肉色紫紅，應屬於 *D. alata* var. *purpurea* 之品系。在白肉山藥中，70W04之莖蔓雖亦具淡綠色4稜翼，但葉柄之稜翼爲淡紫色，甚或無稜翼；70W02莖蔓及葉柄之4稜翼則爲淡紫色、紫色或淡綠色；81W06莖蔓4稜翼爲紫色、淡紫色或淡綠色，而葉柄之多數稜翼爲淡綠色，偶爲淡紫色或綠紫色。上述三種白肉品系之血緣近似 *D. alata*，惟有或多或少之變異。在紅肉山藥中80R04莖蔓4稜翼色紫、淡綠色或綠帶紫色，雖近似 *D. alata* var.*purpurea* 之特徵，但亦具差異性。這些差異現象或可利用電泳分析加以區分鑑別。

參試山藥七品系在葉長、葉寬、主脈數及葉柄長度四方面之差異皆未達顯著水準。七品系葉長介於8.78～12.52cm間，以山藥臺農1號之葉片較長，70W02及70R09較短。葉寬介於6.12～8.86cm間，亦以山藥臺農1號較大，70R01較小。七品系中除了80R04外，主脈數同爲7條，80R04多數爲 7 條，少數則爲 8 條或 9 條，支脈數在70R01及70R09同爲 2 條，81W06爲2或3條，山藥臺農1號、70W04及70W02爲 2 或 4 條，80R04則有 2 、 3 或 4 條之別。葉柄長度介於5.28～8.96cm間，以山藥臺農1

號之葉柄較長，70R09 較短。在節間長度方面，亦以山藥臺農 1 號最長，達16cm，除了與70W04之12.8cm 及 81W06 之 12.2cm 差異不顯著外，明顯較其他品系爲長，節間長度最小的爲 70W02，只5.7cm（表1）。

表1. 山藥品系間植株葉部、葉柄及節間性狀之比較

Table 1. Comparison on the characteristics of leaf, petiole and internode among seven yam genotypes

Genotype	Leaf			Petiole length (cm)	Internode length (cm)
	Length (cm)	Width (cm)	Venation (No.)		
Tainung No. 1	12.52 a*	8.86 a	7 a	8.96 a	16.04 a
70W02	8.78 a	6.22 a	7 a	6.18 a	5.72 c
70W04	9.88 a	7.64 a	7 a	6.68 a	12.80 ab
81W06	10.06 a	7.90 a	7 a	5.72 a	12.20 ab
80R04	10.50 a	8.12 a	7 a(8,9)	6.86 a	10.26 bc
70R09	8.80 a	6.54 a	7 a	5.28 a	9.66 bc
70R01	10.00 a	6.12 a	7 a	5.72 a	9.28 bc

* Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by the LSD test.

上述 7 品系（種）在全生育期只有81W06及70W02會開花。此外，只有81W06及80R04二品系於葉腋間有零餘子之生成。

二、同功異構酶之分析：

在山藥葉片之同功異構酶分析方面，參試山藥4品系之葉片經四種同功異構酶之分析結果如下。除過氧化酶（PRX）有明顯條帶（band）出現外，其餘如酯酶（EST）、草醯乙酸轉胺酶（GOT）及酸性磷酸酶（APS）均無明顯條帶可供鑑別。比較4品系葉片中 PRX 之活性可知，無論是白肉山藥之山藥臺農1號及70W02，或是紅肉山藥之70R01及70R09，在 Rf＝0.2 處均有相同的一條 band，而另一對照標示種，源自非洲之 *Dioscorea esculenta*，則在 Rf＝0.2 及 Rf＝0.28 處各有一條 band（圖1）。

在山藥初萌芽體之同功異構酶分析方面，由過氧化酶（PRX）、酯酶（EST）、草醯乙酸轉胺酶（GOT）及酸性磷酸酶（APS）等四種同功異構酶之分析結果可知，只有草醯乙酸轉胺酶（GOT）具有明顯條帶差異（圖2）。其中白肉之山藥臺農 1 號具有 4 個條帶，分別在 Rf 0.2、0.5、0.6 及 0.73處各有1個條帶；70W04有5個條帶，其位置在 Rf 0.2、0.45、0.5、0.6 及 0.73。紅肉山藥70R01之4個條帶分別位於 Rf 0.17、0.5、0.63 及 0.73；80R04也有4個條帶，分別位於 Rf 0.17、0.5、0.63 及 0.73（圖2）。

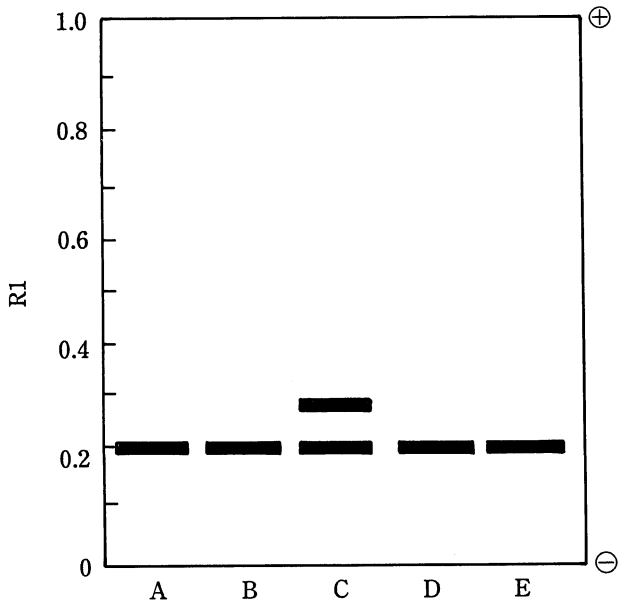


圖1. 不同山藥種原葉片之過氧化酶 (PRX) 圖譜. A : Tainung NO. 1, B : 70W02, C : *D. esculenta,* D : 70R09, 及 E : 70R01.

Fig. 1. Isozyme patterns of peroxidase (PRX) obtained for leaves of different yam genotypes. A : Tainung NO. 1, B : 70W02, C : *D. esculenta,* D : 70R09, and E : 70R01.

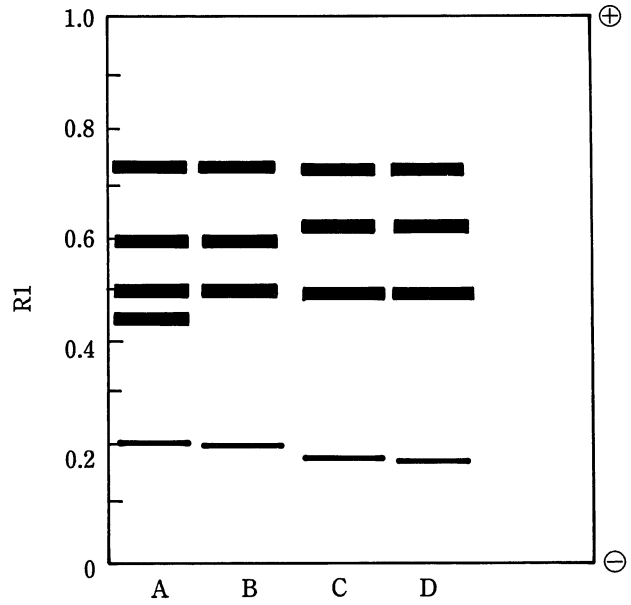


圖2. 不同山藥種原芽體之草醯乙酸轉胺酶 (GOT) 圖譜. A : 70W04, B : Tainung NO. 1, C : 70R01, 及 D : 80R04.

Fig. 2. Isozyme patterns of glutamate oxaloacetate transminase obtained for sprouts of different yam genotypes. A : 70W04, B : Tainung NO. 1, C : 70R01, and D : 80R04

根據同功異構酶電泳分析結果可知，與 *D. alata* 特性相同或近似之山藥臺農1號與70W02，及與 *D. alata* var. *purpurea* 特性相同之70R09與70R01在 Rf＝0.2處具有相同之過氧化酶（PRX）條帶。此四品系（種）之 PRX 圖譜在 Rf＝0.28 處則缺少如 *D. esculenta* 之條帶。由草醯乙酸轉胺酶（GOT）之分析圖譜可知，屬於或近似於 *D. alata* 之70W04與山藥臺農1號有類似之 GOT 圖譜，惟在 Rf＝0.45 處互異，70W04 有條帶，而後者則無。此二白肉山藥品系（種）與紅肉之 70R01 及80R04有兩條相同之 GOT 條帶（Rf＝0.5及0.73），但亦有互異之條帶產生，二白肉品系在 Rf＝0.2及0.6處有條帶，而二紅肉品系則在 Rf＝0.17及0.63處。

過氧化酶應可利用於不同種間之鑑定工作，如 *D. alata* 及 *D. esculenta*。唯對於相同 species 或變種間之鑑別可能尚須修正萃取方式（Ramiret et al., 1987），藉改善解析能力，以供鑑別。草醯乙酸轉胺酶應可利用於種內或不同變種間之鑑定，因其圖譜清晰明確，可利用來鑑定本所其他山藥種原，以判別現有種原之原生來源，期更有效於進行育種工作及提升生產力。

三、成熟度之差異：

在田間成熟度之比較方面，於1991及1992年之4月份種植參試山藥後，山藥臺農1號及70W04二品系於12月份或翌年元月份其地上部蔓葉方見枯黃掉落，可進行採收，表示其全部生育期爲8個月或9個月，屬於晚熟山藥類。70W02、81W06及80R04可於11月份採收，生育期約7個月，屬於中熟山藥類。而70R01及70R09二品系早在10月份地上部即已枯萎，生育期約6個月，屬於早熟山藥類。

綜合比較參試山藥品系間之成熟度可知，屬於或近似於 *D. alata* 之白肉品系具較晚熟之傾向，而紅肉品系（*D. alata* var. *purpurea*）具較早熟之趨勢。

四、塊莖性狀與產量之比較：

採收參試山藥後，其塊莖性狀之比較結果列如表2。平均單株薯塊超過3粒的，只有山藥臺農1號之3.2粒，在2～3粒間者有70W04及70R09二品系，在2粒以下者則有80R04之1.5粒、70W02之1.3粒、70R01之1.1 粒以及 81W06 之 1.0 粒。塊莖長度以 80R04 最長，達 28.3cm，其他在20cm以上的包括81W06、70W02及70W04三品系。塊莖寬度以81W06之22.4cm最大，70R01之13.7cm次之，其他品系介於5.4～9.2cm間。塊莖厚度以70R01之70.2mm最厚，山藥臺農1號及81W06二品系次之，上述三品系間之差異不顯著，但都明顯厚於其他四品系，最薄的70W02塊莖只有41.3mm。長寬比值（L/W）超過3的包括70W04及80R04二品系，L/W值接近1的包括81W06之1.07、70R01之1.12及山藥臺農1號之1.56，其他三品系則介於其中（表2）。

表2. 七種山藥塊莖性狀之比較

Table 2. Comparison on tuber characteristics among seven yam genotypes

Genotype	Number (No./pl.)	Length (cm)	Width (cm)	Thickness (mm)	L/W
Tainung No. 1	3.2 a*	13.1 c	8.4 bc	67.2 a	1.56 bc
70W02	1.3 c	23.2 b	9.2 bc	41.3 c	2.52 b
70W04	2.3 b	23.1 b	6.5 bc	51.6 b	3.55 a
81W06	1.0 c	23.9 b	22.4 a	66.4 a	1.07 c
80R04	1.5 bc	28.3 a	7.8 bc	54.3 b	3.63 a
70R09	2.2 b	11.3 c	5.4 c	55.1 b	2.09 bc
70R01	1.1 c	15.3 c	13.7 b	70.2 a	1.12 c

* Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by the LSD test.

參試山藥塊莖單株收量及公頃產量之比較結果列如表3。山藥臺農1號及70W04之平均單株塊莖收量最高，依次爲931g及941g，顯著高於其他品系，其次爲81W06之847g，及80R04之814g，70R01、70W02、70R09之收量最低，介於499～593g之間。山藥臺農1號單株塊莖最大收量達 1,897g，比70W04增重達487g，亦爲收量最低之70R09之2.53倍重。山藥臺農1號及70W04之田間成活率同爲100%，配合其甚高之平均單株塊莖收量，二者之塊莖公頃產量依次爲31.03t/ha及31.37t/ha，其間差異不顯著，但明顯高於其他品系。70W02及81W06之田間成活率亦不低，依次爲97.9%及96.5%，惟因81W06之平均單株收量遠高於70W02，故其公頃產量28.23t/ha顯著高於70W02之18.31t/ha。80R04之田間成活率爲85.7%，略低於70R09，亦因前者有較大之平均單株收量，故其公頃產量高出後者達10.5t/ha。70R01之田間成活率只72.5%，且因其單株收量不高，故其公頃產量與70W02及70R09同爲參試山藥中產量最低者（表3）。

表3. 山藥塊莖單株收量及公頃產量比較

Table 3. Comparison on tuber yield per plant and per hectar among seven yam genotypes

Genotype	Tuber weight		Survival (%)	Yield (t/ha)
	mean (g/pl)	max. (g/pl)		
Tainung No. 1	931 a*	1,897 a	100.0 a	31.03 ab
70W02	561 c	780 c	97.9 ab	18.31 d
70W04	941 a	1,410 ab	100.0 a	31.37 a
81W06	847 ab	1,130 bc	96.5 ab	28.23 bc
80R04	814 b	1,270 bc	85.7 b	27.13 c
70R09	499 c	750 c	86.5 b	16.63 d
70R01	593 c	860 c	72.5 c	19.77 d

* Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by the LSD test.

綜合表3之結果可知，四種白肉山藥（*D. alata*）之平均單株塊莖收量、田間成活率及公頃產量之表現較優，其平均值依次爲820g、98.6%及27.24t/ha，而三種紅肉山藥（*D. alata* var. *purpurea*）依次只爲635g、81.6%及21.18t/ha。

五、塊莖組成與成分之比較：

塊莖皮部比重最大的爲70R09之17.3%及80R04之16.1%，70W02、81W06及70R01三品系之皮重約佔14%左右，皮部較薄的爲山藥臺農1號及70W04，以後者皮重最小，只約10.9%。在皮部含水率方面，除了 81W06 最少外，其餘品系介於 72.2～82.8 %間，差異不顯著。塊莖肉部比重最大的爲70W04之89.2%，及山藥臺農1號之87.4%，肉部比重最小的爲80R04及70R09二品系，其他品系約爲85%。81W06之肉部含水率最少，只62.7%，其他品系則介於68.7～72.1%間。由於81W06塊莖肉部含水率最低，雖然其田間公頃產量低於70W04及山藥臺農1號（表3），但仍具最大之公頃乾肉產量，達9.02t/ha，70W04之肉部含水率最高，惟因其肉部比重最大及公頃產量最高，故其乾肉產量居次，達7.8t/ha，此與山藥臺農1號之7.7t/ha及80R04之7.1t/ha相差不多，70W02、70R09及70R01三品系之乾肉產量則偏低，介於3.98～4.79t/ha間（表4）。

表4. 山藥品系塊莖皮部與肉部鮮重比率及乾肉產量比較

Table 4. Comparison on the partition ratios of fresh weight between skin and flesh of tuber and yield of dried tuber meat among seven yam genotypes

Genotype	Tuber skin		Tuber flesh		Yield of dried tuber meat (t/ha)
	Weight (%)	H_2O (%)	Weight (%)	H_2O (%)	
Tainung No. 1	12.57 cd*	78.84 ab	87.43 ab	71.66 a	7.69 b
70W02	14.25 bc	74.82 ab	85.75 bc	68.71 a	4.71 c
70W04	10.85 d	76.98 ab	89.15 a	72.12 a	7.80 b
81W06	14.32 bc	68.62 b	85.68 bc	62.72 b	9.02 a
80R04	16.06 ab	72.18 ab	83.94 c	68.79 a	7.11 b
70R09	17.27 a	82.80 a	82.73 c	71.06 a	3.98 c
70R01	14.81 bc	80.10 a	85.19 bc	71.53 a	4.79 c

* Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by the LSD test.

綜合表4之結果可知，四種白肉山藥（*D. alata*）之平均乾肉公頃產量爲7.31t/ha，高於三種紅肉山藥（*D. alata* var. *purpurea*）之5.29t/ha約2t/ha。

在塊莖肉部乾粉中紅肉之70R01及70R09含最高量之蛋白質，依次爲13.72%及12.86%，明顯高於白肉山藥山藥臺農1號、70W02及70W04三品系，後三者蛋白質含量介於 10.85～11.65% 間，而81W06及80R04之蛋白質含量最低，只約7.72%或7.87%而已。在澱粉含量之差異方面，含量在70%以上者爲山藥臺農1號 74.56%、70R09 之 74.31%、70R01 之72.58%及70W04之71.43%，其次爲70W02及80R04二品系，介於62.8～67.4%間，而以81W06澱粉含量最低，只42.22%（表5）。

表5. 山藥品系塊莖肉部乾粉之蛋白質與澱粉含量比較

Table 5. Comparison on the contents of crude protein and starch among seven yam genotypes

Genotype	Protein (%, d. w.)	Starch (%, d. w.)
Tainung No. 1	11.23 b*	74.56 a
70W02	10.85 b	67.40 bc
70W04	11.65 b	71.43 ab
81W06	7.72 c	42.22 d
80R04	7.87 c	62.80 c
70R09	12.86 a	74.31 a
70R01	13.72 a	72.58 ab

* Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by the LSD test.

綜合表5結果可知，屬於或近似於 *D. alata* var. *purpurea* 之三種紅肉山藥之平均蛋白質及澱粉含量依次爲11.48%及69.98%，分別高於四種白肉山藥（*D. alata*）之10.36%及63.90%。

六、加工品質之比較：

七種山藥品系塊莖肉部之粘度比較結果列如表 6，以70W04、70R01、山藥臺農 1 號、81W06、70W02及80R04較高，粘度值（centipoise）介於82～128之間，差異不顯著，而70R09之粘度則明顯

偏低，其粘度值18只爲 70W04 之 14% 而已，差異顯著。在顏色差異方面，L值（亮度）較高的爲70W04、70W02、81W06及山藥臺農1號，其次爲70R09，較暗色的爲80R04及70R01，三類間皆呈顯著差異。a 值最大爲80R04及70R01，表示塊莖肉色較紅，肉色亦偏紅的爲 70R09，而偏離紅色的爲70W04、山藥臺農1號、81W06及70W02。後四品系之 b 值最大，70R09及80R04次之，而以70R01最小。塊莖削皮後肉色在10分鐘內褐變者爲70R01，10～15分者爲80R04，15～30分者爲81W06，於30分內未見褐化現象者爲70W04、70W02、70R09及山藥臺農1號（表6）。

表6. 山藥品系塊莖肉部粘度、顏色及褐化時間之比較

Table 6. Comparison on viscosity, color change and Browning time after peeling off the skin among seven yam genotypes

Genotype	Viscosity (centipoise)	Colour			Browning (min)
		L	a	b	
Tainung No. 1	120 a*	75.3 ab	−4.1	9.5	>30
70W02	97 a	77.4 ab	−2.2	9.1	>30
70W04	128 a	83.1 a	−8.1	12.1	>30
81W06	108 a	75.3 ab	−2.9	9.5	15—30
80R04	82 a	48.2 c	17.0	−2.9	10—15
70R09	18 b	66.4 b	4.0	2.8	>30
70R01	122 a	47.1 c	16.7	−5.8	<10

* Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by the LSD test.

綜合表6之結果可知，*D. alata* 山藥之平均粘度值爲113，較高於 *D. alata* var. *purpurea* 之74，且後者塊莖於削皮後，比前者之肉質顏色較易褐變。

誌 謝

本研究承蒙行政院農業委員會補助部分經費，謹此致謝。

引用文獻

1. 那 琦、甘偉松、楊榮季。1978。臺灣產藥材之生藥學研究（IV）臺灣產零餘子之生藥學研究。中國醫藥學院研究年報 9：330—375。
2. 劉棠瑞、黃增泉。1962。臺灣之薯蕷屬植物。Botanical Bulletin of Academia Sinica Vol. 3. Taiwan。
3. 劉新裕、王昭明、徐原田、段中漢。1992。山藥臺農1號之育成。中華農業研究 41：140-158。
4. Arus, P., S. D. Tanksley, T. J. Orton, and R. A. Jones. 1982. Electrophoretic variability as a tool for determing seed purity and for breeding hybrid varieties of *Brassica oleracea*. Euphytica 31：417-428.
5. Cap, G. B., P. A. Roberts, I. J. Thomason, and T. Murashige. 1991. Embryo culture of *Lycopersicon esculentum* × *L. peruvianum* hybrid genotypes possessing heatstable resistance to *Meloidogyne incognita*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116：1082-1088.
6. Colby, L. W. and L. C. Peirce. 1988. Using an isozyme marker to identify doubled haploids from anther culture of Asparagus. HortScience 23：761-763.
7. Degani, C. and A. Blumenfeld. 1986. The use of isozyme analysis for differentiation between loquat cultivars. HortScience 21：1457-1458.

8. Hauagge, R., D. E. Kester, and R. A. Asay. 1987. Isozyme variation among California almond cultivars: I. Inheritance. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112 : 687-693.
9. Hauagge, R., D. E. Kester, S. Arulsekar, D. E. Parfitt, and L. Liu. 1987. Isozyme variation among California almond cultivars: II. Cultivar characterization and origins. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112 : 693-698.
10. Kobayashi, R. S., J. L. Brewbaker, and H. Kamemoto. 1987. Identification of *Anthucium andraeanum* cultivars by gel electrophoresis. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112 : 164-167.
11. Markert, C. L. and F. Moller. 1959. Multiple forms of enzyme: tissue, outogenetic, and species specific patterns. Proc. N. A. S. 45 : 753-763.
12. Parfitt, D. E. and S. Arulsekar. 1989. Inheritance and isozyme diversity for PGI and PGM among grape cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114 : 486-491.
13. Peirce, L. C. and J. L. Brewbaker. 1973. Applications of isozyme analysis in horticultural science. HortScience 8 : 17-22.
14. Quiros, C. F. and N. McHale. 1985. Genetic analysis of isozyme variants in diploid and tetraploid potatoes. Genetics 111 : 131-145.
15. Ramirez, H., A. Hussain, W. Roca, and W. Bushuk. 1987. Isozyme electrophoregrams of sixteen enzymes in five tissues of cassava (Manihot esculenta C.) varieties. Euphytica 36 : 39-48.
16. Tanksley, S. D. and T. J. Orton. 1983. Isozymes in plant genetics and breeding. part A. Elsevier Publ. Co., Amsterdam, Netherlands.
17. Van Tuyl, J. M., A. J. Van Dijk, and L. W. D. Van Raamsdonk. 1986. Identification of interspecific hybrids and determination of relationships between species in the genus Lilium by isoelectric focusing. Acta-Horticulturae 177 : 601-605.
18. Yamaguchi, M. 1983. Yam. World Vegetable. AVI publishing company. U. S. A. pp : 139-147.

Genetic and Agronomic Variation among Yam Genotypes[1]

Jau-Yueh Wang[2], Sin-Yie Liu[3], Li-Mei Son[3] and Chieh-Chih Kao[3]

Summary

A total of seven yam genotypes selected from yield trials by Taiwan Agricultural Research Institute were used to compare their genetic variability by taxonomical and electrophoretic investigation. The seven entries included four white-flesh genotypes, i. e., Tainung No. 1, 70W02, 70W04, and 81W06, and three red-flesh genotypes, i. e., 80R04, 70R09, and 70R01. Taxonomically, Tainung No. 1 is a typical *Dioscorea alata* L., and 70R01 and 70R09 are typical *D. alata* var. *purpurea.* The other three white-flesh genotypes are suggested to be under *D. alata,* whereas the red-flesh 80R04 is similar to D. *alata var. purpurea* in many of the botanical characteristics studied. Results from electrophoretic analysis indicated that both *D. alata and D. alata* var. *purpurea* had the same leaf peroxidase (PRX) isozyme banding at Rf=0.2, while *D. esculenta* had two bands at Rf=0.2 and 0.28. For sprout glutamate oxaloacetate transaminase (GOT) , although both 70W04 and Tainung No. 1 are classified as *D. alata* and possessed four same bands at Rf=0.2, 0.5, 0.6, and 0.73, the former had an additional GOT band at Rf=0.45. On the other hand, genotypes 70 R01 and 80R04, both are *D. alata* var. *purpurea,* had GOT bands at Rf=0.17, 0.5, 0.63, and 0.73. There was a close relationship between tuber flesh color and maturity grouping. Yam genotypes with red flesh (*D. alata* var. *purpurea*) were more early maturing than those with white flesh (*D. alata*) . Furthermore, genotypes of *D. alata* performed better in the field in terms of tuber yield per plant, field survival rate and yield. Their tubers were high in viscosity and showed less browning upon storage as compared to tubers of *D. alata* var. *purpurea.* However, genotypes of *D. alata* var. *purpurea* had high protein and starch contents in the tubers.

Key words : Yam (*Dioscorea alata* var. *purpurea* M. Pouch, *D. alata* L, and *D. esculenta* (Lour.) Burk.) ,Genetic variation, Isozyme, Tuber quality.

---

1. Contribution No. 1677 from Taiwan Agricultural Research Institute. This project was support in part by a grant from the Council of Agriculture, Executive Yuan, ROC.
2. Research assistant, Office of Plant Germplasm, TAR1, Wufeng, Taichung, Taiwan 413, ROC.
3. Respectively, senior agronomist, project assistant, and project assistant, Department of Agronomy, TAR1, Wufeng, Taichung, Taiwan 413, ROC.