紅肉山藥70R16品系之選育

張同吳[1] 王昭月[1] 曾慶瀛[2] 鄭可大[3] 劉新裕[1]

摘 要

利用營養系之選拔方法，發現源自嘉義地區的地方品系紅肉山藥 70R16 品系之農藝性狀及產量表現優異，且品質優良，符合山藥之育種目標。在 1981 年於本所以 10 個紅肉山藥品系爲材料，作品系之觀察試驗，發現 70R16 品系之表現優於其他紅肉山藥品系。在 7 個 *D. alata* 山藥品種（系）之比較試驗中，70R16 品系之平均公頃產量爲 23.02 t/ha，高於其他紅肉山藥品系。由成分分析與加工品質等試驗，皆顯示出紅肉山藥 70R16 品系具備高產與質優之特性。在一般營養品質、加工特性以及耐病蟲害方面，70R16 品系之表現皆相當優異。70R16 品系之塊莖除可供鮮食及加工外，尚可作爲保健之用，用途甚廣。70R16 品系之適應性良好，產量高且穩定，因此值得作更進一步之試驗，以選育作爲優良之紅肉山藥品種。

關鍵字：紅肉山藥、品種選育

---

1. 臺灣省農業試驗所助理、助理研究員、研究員
2. 國立嘉義技術學院教授兼系主任
3. 臺北醫學院副教授

前　言

山藥原名薯蕷，中藥名稱淮山，爲薯蕷科（Dioscoreaceae）薯蕷屬(*Dioscorea*)之蔓性多年生草本植物（那等， 1978 ），主要分佈於熱帶及亞熱帶地區，目前全世界薯蕷屬植物約有 750 種之多，全球山藥之年產量在 1991 年經 FAO 之統計約爲 24 × 10^6 公噸，爲重要之國際性根莖類作物之一。山藥之營養成分甚爲豐富，其塊莖富含多種必需氨基酸，蛋白質及澱粉，另具粘液質（mucin）、尿囊素(allantoin)、膽鹼（choline）、纖維素、脂肪、維生素A、 B1 、 B2 、C、及鈣、磷、鐵、碘等礦物質。特殊的山藥品種如 *D. colettii* 尚含有 diosgenin 等類似類固醇皂元結構，爲合成重要醫療用類固醇(Medicinal steroids)的原料。由於具高產及富含營養價值之特色，在歷代本草中即被視爲重要之補虛佳品，「神農本草經」更將山藥列爲上品藥用植物，具滋補強壯及止瀉之作用（林， 1986 ），久服耳聰目明，補脾胃、強肝腎、生津止渴及平喘澀精之效用，因此可作爲目前重要之保健食品。

山藥之栽培歷史悠久，種類繁多，品系複雜，形態變異頗大，其中最重要者爲 *Dioscorea alata* L. 、 *D. esculenta* (Lour.) Burk. 、 *D. rotundata* (L.) Poir. 、 *D. cayenensis* Lam. 及 *D. bulbifera* L. (Martin,1976)。此外，世界上仍有不少其他重要山藥種原，如 *D. dumetorum* Pax. 、 *D. opposita* Thunb. 、 *D. pentaphylla* L. 及 *D. trifida* L. 等 (Onwueme, 1978)。分佈於台灣的山藥種類有 15 種及 4 變種（劉和黃， 1962），其中主要栽培品種爲大薯 (*Dioscorea alata* L.) 、恆春薯蕷 (*D. doryphora* Hance ， *D. benthamii* Prain et Burkill) 、紫田薯 (*D. alata* var. *purpurea* (Roxb.) M. Pouch) 以及基隆山藥 (*D. japonica* Thunb. var. *pseudojaponica* (Hay.) Yamam.) 等。其中農試所育成之山藥臺農 1 號（劉等， 1992 ）與臺農 2 號（劉等， 1996 ）皆屬於高產之 *D. alata* 。

台灣近年來之山藥栽培面積有逐漸增加之趨勢，栽培面積大約在 500 公頃以上，栽培範圍遍佈台灣全島，北部栽培品種大都屬於基隆山藥，宜花地區爲壽豐山藥，中部南投名間、竹山地區以紅肉山藥爲主，南部則以恆春山藥爲主，其他地區亦有以地方品種或野生種之零星栽培。

本所近年來致力於山藥優良品種之選育，除了不斷改進栽培技術外，並加強山藥種原之蒐集與保存（表 1 ）。歷年來育成了山藥台農一號與台農二號品種。另針對不同之消費形態及市場需求，選育多樣化之品系，例如紅色肉質之山藥、長形山藥等，以合乎農民之種植需要及滿足消費大衆之需求。中部地區之山藥栽培主要以紅色肉質之品種爲主，有鑑於此，本所自嘉義地區引進紅肉山藥 70R16 地方品系，觀察其農藝性狀及產量表現，是否值得選定爲優良之育種材料，以進行品種（系）

比較試驗、區域試驗、品質成分分析與加工等試驗，以選育優良之紅肉山藥品系供農民栽培利用。

材料與方法

㈠品系來源：

1981 年本所特用作物研究室自嘉義、南投及彰化等地區引進多種山藥地方品系，經本所隔離栽培種植與檢定無病蟲害感染源後，篩選優良單株，利用其塊莖繁殖，並進行多年之觀察、馴化及適應性試驗，初步發現來自嘉義地區之紅肉山藥 70R16 品系之農藝性狀及產量表現皆優於其他地區之地方品系，且品質優良，其他特性亦符合山藥之育種目標，值得選定爲優良之育種材料。

㈡育種方法：山藥地方品系之營養系選拔。

㈢選育經過：70R16品系選育之相關試驗。

1. 山藥之成分分析與加工品質之研究：

⑴試驗材料：以山藥台農 1 號、台農 2 號與 70R16 品系爲材料。

⑵試驗方法：山藥經洗淨、去皮、切片後，經由不同浸漬處理：

以 1 %檸檬酸 (citric acid , CA) 、 1 %檸檬酸 -1 %抗壞血酸 (ascorbic acid, AC) 、 0.5 %檸檬酸 -0.5 %亞硫酸氫鈉 ($NaHSO_3$) 等溶液浸漬 15 分鐘，再分別經冷凍乾燥機、熱風乾燥 (55 ℃) 、日光乾燥及滾筒乾燥等處理，分析山藥在不同處理之加工品質變化。

2. 品系觀察、比較及區域試驗：

⑴品系觀察：

於本所農場進行品系觀察試驗，參試材料爲 70R16 等 10 個紅肉山藥品系。田間設計採 RCBD ，三重複，行株距爲 120 × 30cm 。

⑵品系比較試驗：

於本所農場進行品系比較試驗，參試材料爲臺農 1 號、70R16 品系等 7 個山藥品種 (系) 。田間設計採 RCBD ，三重複，行株距爲 120 × 30cm 。

⑶不同地區產量比較試驗：

於本所、雙溪及金山三個山藥主要產區進行試驗，參試品種 (系) 爲 70R16 等 4 品種 (系) ，田間設計採 RCBD ，四重複，行株距爲 120 × 30cm 。

3. 外表型性狀調查與遺傳變異之探討

⑴外表型性狀調查：

於本所農場調查70R16等7品種（系）之重要農藝性狀，包括植株之地上部葉部形態、莖蔓色、莖蔓形狀、稜翼數等，地下塊莖之肉色、長、寬、厚等性狀。

⑵同功異構酵素（Isozyme）分析

利用同功異構酵素分析70R16等品種（系）之親緣關係與遺傳變異性。稱取0.5 克之山藥葉片組織，以液態氮研磨葉片組織，加入萃取緩衝液（0.1 M Tris-HCl pH7.5，0.002% β -Mercaptoethanol，25% glycerol，6% PVP-40, 0.05% Triton-100，0.03mM EDTA），經二次離心，作爲分析之樣品。電泳設備爲 Bio-Rad 直立式平板電泳裝置，膠體爲 10 ㎝× 7.2cm × 1.0mm 的 7.5% 聚丙烯醯氨的分析膠體及 3.1% 聚丙烯醯氨的堆積膠體，加入樣品15μl，加入追蹤染劑（Bromophenol Blue），進行電泳層析。膠體之酵素活性染色係採 Tanksley 及 Orton 之分析方法。試驗採用之同功異構酵素爲SkDH、PGI、PGM、GOT、PRX 及 ACP 等六種。

⑶ RAPD 分析

A. DNA 的萃取：取山藥葉片組織 0.2 克，以液態氮研磨成粉末，加入 CTAB (hexadecyltrimethyl-ammonium bromide) 萃取液 (2% CTAB; 1.4MNa Cl ; 20mM EDTA; 100 mM Tris, pH8.0 ; 0.2% β-mercaptoethanol) 0.6ml ，經離心、沉澱等步驟，將萃取之 DNA 溶在 50 (l TE(10 mM Tris-HCl, pH 8.0; 1 mM EDTA, pH8.0) 中備用。

B. PCR 反應之過程：模板 DNA(template DNA) 5ng ，0.2μM 引子 (primer) (Operon) ，1 × PCR buffer (Boehringer Mannheim) ，0.1 mM dNTP ，0.625 units Taq 聚合酵素 (Boehringer Mannheim) ，反應體積爲 25μl 。PCR 反應之機器爲 Perkin-Elmer Cetus DNA-Thermocyler 。反應之過程爲 94 ℃ 2 分鐘，36 ℃ 2 分鐘，72 ℃ 2 分鐘，2 個 cycles ；94 ℃ 1 分鐘，45 ℃ 1 分鐘，72 ℃ 2 分鐘，42 個 cycles ；94 ℃ 1 分鐘，45 ℃ 1 分鐘，72 ℃ 7 分鐘，1 個 cycle ，總共進行 45 個 cycles 。

C. RAPD 放大產物之分析：經由 PCR 反應後之產物以 2% 之瓊脂膠體 (Agarose) 電泳分離，分離後之產物以 Ethidium Bromide 染色，產生之條帶，以具多形性之條帶利用 PAUP(phylogenetic analysis using pairsmony) 分析品種之親緣關係。

結果與討論

一、70R16之成分分析與加工品質：

1. 70R16 之成分分析：

以山藥臺農一號、臺農二號與血薯爲材料，作成分分析。在水分含量上以臺農一號最高，再依次爲臺農二號與血薯。而在粗纖維、蛋白質、脂肪的成分比較上，紅色山藥血薯品系之含量較高於其他二品種，其值分別爲0.34 、5.80及0.39（表 2）。除了上述之成分外，另含有粘液質 (mucin) 、尿囊素 (allantoin) 、膽鹼 (choline)、纖維素、脂肪、維生素A 、 B_1 、 B_2 、C 、及鈣、磷、鐵、碘等礦物質，顯示出山藥的營養成分極爲豐富。

2. 70R16 塊莖肉部黏度、顏色及褐化時間：

參試之山藥品系其塊莖肉部之黏度值以臺農一號、臺農二號、 70R01 、 81W06 、 70W02 及70R16 較高，黏度值介於 82~128 之間，異不顯著，而 70R09 之黏度則明顯偏低。在明亮度方面，白色肉質之山藥其明亮較高於紅色山藥品系。a 值最大者爲 70R16 與 70R01 ，表示其肉色較紅。 b 值之大小則以白色肉質者較大，70R09 及 70R16 次之，而以 70R01 最小（表 3 ）。

3. 不同浸漬處理及不同乾燥方法所製成粉末之色澤變化：

山藥經各種不同浸漬液 (1)1% 檸檬酸（ citric acid , CA ）、(2) 1% 檸檬酸-1 % 抗壞血酸 (ascorbic acid , AC) 、(3)0.5% 檸檬酸- 0.5% 亞硫酸氫鈉 ($NaHSO_3$) 等溶液處理 15 分鐘後之色澤變化。由表 4 之結果顯示對三品種（系）而言，無論何種處理其明亮 (L 值）皆較無經過處理者爲佳。 70R16 品系經浸漬處理後之紅色 (a 值）相當高，其值爲 21.35 ，雖然浸漬處理結果亦會使其顏色較白，但其色澤之紅色度吸引消費者，故無浸漬的需要。而台農一號與台農二號之白色山藥之處理，皆以 0.5%CA-0.5%$NaHSO_3$ 液及 1% AC-1%CA 之效果較佳，但二者間差異不大。

不同浸漬處理 (1% CA 液及 0.5 %CA-0.5 % $NaHSO_3$ 液）及乾燥方法（鼓形乾燥、冷凍乾燥、熱風乾燥與日光乾燥）所製得之山藥粉末之色澤變化結果（表5)。70R16 品系以 1%CA 液浸漬處理再經冷凍乾燥之製品其色澤最類似新鮮者。經 0.5%CA-0.5%$NaHSO_3$液處理再經滾筒乾燥之製品，由於$NaHSO_3$具漂白之作用，造成L 值（明亮度）增加，失去原有之色澤，臺農一號與臺農二號山藥粉末之色澤以鼓形乾燥經 0.5%CA-0.5%$NaHSO_3$ 液處理者較佳，顏色較白但略帶黃色，其次爲冷凍乾燥處理，但其浸漬處理間無差異。故整體言之，經熱風及日光乾燥者，不論那種處理，顏色容易變成褐色，不適於山藥粉末之製造，且將使製品不易被接受。

4. 不同處理與乾燥法對山藥硬度之影響：

三個山藥品種（系）經不同浸漬液及冷凍乾燥、熱風乾燥與日光乾燥之處理，結果顯示三種山藥製品皆以0.5% citric acid-0.5% $NaHSO_3$ 經冷凍乾燥處理者最脆，其次爲經 1% citric acid 處理冷凍乾燥者。日光乾燥及熱風乾燥之製品硬度較硬，尤其是熱風乾燥者因其表面有hard-case 之形成，故硬度較硬（表 6 ）。

*5.*不同山藥粉末製品經貯藏 0 、 2 、 5 個月後顏色及水活性之變化：

山藥分別經過冷凍、滾筒及熱風乾燥處理後之產品，於 25 ℃室溫下密閉於塑膠袋中，貯藏 0 、 2 、 5 個月，測定其顏色、 Aw 值之變化及吸濕情形（表 7 ），結果顯示產品經過貯藏後，其顏色變化不大，水份含量低於 10% 以下，顯示製品經貯藏後品質相當安定。

二、品系觀察、比較及區域試驗：

*1.*品系觀察：

品系觀察試驗於 1985 年在本所進行，參試之紅肉山藥品系共有 10 個，單行植，行長 4m 。試驗設計採用順序排列，三重複，行株距爲 100 × 30cm ，試驗結果如下：

在紅肉山藥之觀察試驗中，在塊莖數的比較上以70R12的平均個數 5.3 最多，其次爲70R16與70R13之 3.5 個，而70R04之塊莖數最少僅爲 1.5 個。在塊莖長度上以70R16的長度 17.17 ㎝最大， 70R02最小。在塊莖重上以70R19之重量最大，其平均重量爲 820g ，其次爲70R16之 730 g ，最小者爲70R02 ，其塊莖重量爲 170g。以總體表現觀之70R19與70R16之表現最優（表 8 ）。

*2.*品系比較：

山藥品系比較試驗於 1988 年在本所進行，針對七個品系作試驗，單行植，行長 4m 。試驗設計採用順序排列，三重複，行株距爲 100 × 30cm ，試驗結果如下：

總產量之比較以山藥臺農二號之產量最高，每公頃產量達 31.05 公噸，其次爲臺農一號的 30.72 公噸，而在紅肉山藥品系之塊莖產量上以 70R16 品系之產量較高，每公頃達 23.02 公噸，高於其他二紅肉山藥品系 70R09 及 70R01 之 14.24 與 14.19 公噸。在塊莖的中平均重量之比較方面，以臺農一號與臺農二號的 931g 及 941g 最高，而在紅肉山藥的塊莖平均產量上，仍然以 70R16 品系的產量於較高，其重量爲 814g ，高於其他二個紅肉品系 70R01 及 70R09 的 593g 與 499g （表 9 ）。

*3.*不同地區之產量比較：

以山藥臺農一號、臺農二號、70R16與 70W02 四品種（系）爲材料，在山藥之重要產區臺中本所、雙溪與金山地區進行試驗，結果在不同地區的產量表現，如

表 10 。在臺中地區以臺農二號之產量 25.1 t/ha 最高，其次爲 70W02 品系的 21.23 t/ha ，70R16 品系之 20.48 t/ha 與臺農一號之 18.55 t/ha 。在雙溪地區以臺農二號之產量最高達 17.95 t/ha ，其次爲 70R16 品系之 15 t/ha ， 70W02 品系的 11.7 t/ ha 與臺農一號之 9.8 t/ha 。在金山地區以 70R16 品系之表現最佳，產量達 23.75 t/ha ，其次爲臺農二號之 22.9 t/ha ，臺農一號之 20.85 t/ha 與 70W02 品系的 16.2 t/ha 。四品種（系）在三個不同地區之產量表現經由綜合變方分析之結果顯示：品系與地區之交感效應不顯著，而品種（系）之間則有顯著性之差異（表 11）。總體而言，以山藥臺農二號之塊莖平均產量最高達 21.98 t/ha ，其次爲紅肉山藥 70R16 品系之 19.74 t/ha ，再依次爲臺農一號之 16.4 t/ha 及 70W02 之 16.38 t/ha 。

三、外表型性狀調查與遺傳變異之探討：

1. 外表型性狀之調查：

參試七品系在葉長、葉寬、主脈數與葉柄長度的外表型性狀，由表之結果並未達顯著性之差異。但 70R16 之葉脈數多數爲 7 條，少數爲 8 條或 9 條。葉柄長度以臺農一號之葉柄較長， 70R09 較短。在節間長度方面，亦以臺農一號最長，達 16 ㎝，除了與 70W04 之 12.8 ㎝及 81W06 之 12.2 ㎝差異不顯著外，明顯較其他品系爲長，節間長度最小者爲 70W02 ，其長度僅爲 5.7cm （表 12 ）。

2. 山藥植株性狀之比較：

以七個山藥品種（系），調查其植株之肉色、莖蔓色、莖蔓形狀、稜翼數、翼色、葉及葉柄色與葉基部顏色等性狀，以比較植株性狀之差異，七品種（系）之植株性狀爲，山藥臺農一號之莖蔓及葉柄具淡綠色 4 稜翼，葉對生，其塊莖圓球形至長圓形，肉色白，應屬於 *Dioscorea alata* 之品種。 70W02 莖蔓及葉柄之 4 稜翼爲淡紫色、紫色或淡綠色； 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； 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。上述之三種白肉品系之血緣近似 *D. alata* ，但有或多或少之變異。 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。 70R16 之莖蔓 4 稜翼色紫、淡綠色或綠帶紫色，雖近似 *D. alata* var. *purpurea* 之特徵，但亦具有差異性。這些差異性可利用電泳分析加以區分鑑別（表 13 ）。

3. 山藥塊莖性狀之比較：

山藥塊莖性狀之比較結果列於表 14 。平均塊莖數超過 3 粒者爲臺農一號的 3.2 粒，在 2~3 粒間者爲臺農二號及 70R09 ，在 2 粒以下者則爲 70R16 之 1.5 粒、

70W02之 1.3 粒、70R01 之 1.1 粒與 81W06 之 1.0 粒。塊莖長度以70R16的28.3cm最長，70R09之長度最短，僅 11.3cm 。塊莖寬度以 81W06 之 22.4cm 最大，70R01的 13.7cm 次之。塊莖厚度以70R01之 70.2mm 最厚，臺農一號與81W06次之。長寬比值（L / W）超過3者包括臺農二號與70R16，L / W 值接近1的有81W06 之 1.07 、70R01 之 1.12 臺農一號之 1.56 ，其他三品系則介於其中。

4.同功異構酵素圖譜之分析：

同功異構酵素“ isozyme ”係由 Markert 和 Moller 於 1959 年首先提出，係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。多位學者利用同功異構酵素在百合 (Van Tuyl et. al ,1986) 及杏仁 (Hauagge,1987) 等作物的親緣關係與遺傳變異性之分析。本試驗亦利用聚丙烯醯俊銨膠體系統，分析之酵素包括SkDH、PGI、PGM、GOT、PRX 及 ACP 等六種，針對參試之山藥品種（系）臺農一號、臺農二號、70W44、70W47 與70R16等不同品種（系）之變異性研究。結果分述如下：

在SkDH之染色條帶方面，70R16、70W44、70W47 與臺農二號具有相同之二條帶，Rf 值分別爲 0.45 及0.48，臺農一號則僅有 Rf 值爲 0.36 之一活力甚弱的條帶，70R16與 70W47 二品系在 Rf 值爲 0.45 的活力表現甚強。

在PGI之染色條帶方面，山藥台農一號之成熟葉具有六條帶，其 Rf 值分別爲0.10、0.12 、0.13、0.23 、0.30及0.37，只後者之活力表現最強。70R16、70W44、70W47 及臺農二號各具有二條帶，此二條帶在70R16品系之 Rf 值爲0.37及 0.45 ，以0.37之活力表現較強；在其他三品系之 Rf 值同爲0.35及 0.42 ，Rf 值爲0.35之活力在臺農二號之表現甚強。

在 PGM 之染色條帶方面，山藥台農一號之成熟葉具有二條帶，其 Rf 值分別爲 0.44 及0.50，二者之活力皆甚強。70R16、70W44 及臺農二號各具有相同之二條帶，此二條帶之 Rf 值分別爲 0.41 及 0.49 ，以 0.49 之活力表現較強；70W47只具 Rf 值爲 0.49 之條帶，且活力表現甚弱。

在 GOT 之染色條帶方面，山藥台農一號之成熟葉無任何條帶出現。70R16、70W47及臺農二號及具有相同之二條帶，此二條帶之 Rf 值分別爲0.47與0.67，以在70R16之活力表現最強。 70W44 品系只具 Rf 值爲0.47之條帶，其活力表現甚弱。

在 PRX 之染色條方面，山藥台農一號之成熟葉呈現三條帶，分別出現在距負極 0.8 、1.2 及 1.7 ㎝處，此三條帶之活力表現均弱。臺農二號之成熟葉呈現四條帶，分別出現在距負極 1.4 、1.6 、2.0 及 2.2 ㎝處，與山台農一號差異頗大，此

四條帶之活力表現亦弱。其餘三品系具有相同之二條帶，此二條帶分別出現在距負極 1.4 及 2.0 ㎝處，活力表現均弱。

在 ACP 之染色條帶方面，山藥台農一號、臺農二號及 70W44 之成熟葉呈現相同之三條帶， Rf 值分別爲0.53 、 0.57 、 0.57 及0.60 ，以台農 1 號之活力表現最弱。 70W47 及 70R16 則只具有相同之一條帶，此條帶之 Rf 值爲 0.61 ，惟活力表現均甚強（表 15 ）。

5.利用 RAPD 分析山藥品種（系）之遺傳變異性：

Williams 等人於 1990 年發展出逢機擴增多形性 DNA （ random amplified polymorphic DNA ；簡稱 RAPD ）之生物技術，利用大豆爲材料，進行聚合每連鎖反應（ polymerase chain reaction ），鑑別大豆品種。多位學者亦以此技術成功的鑑別番茄 (Klein-Lankhorst et al. 1991) 、油菜 (Demeke et al. 1992) 、芹菜（ Yang and Quiros, 1993) 及水稻 (Yu and Nguyen, 1994) 等作物品種間之親緣關係與遺傳變異性。本試驗以山藥 D. alata 的 12 品種（系）爲材料（表 16 ），利用逢機擴增多形性 DNA 之技術，從分子的層次上來偵測山藥品種（系）間的遺傳變異性。並以 20 條 10-mer 的逢機引子（表 17 ）來作 PCR 分析。

經由 RAPD 之結果顯示，在 20 條引子反應中，有 14 個引子產生多形性之反應，且產生 180 個具有多形性之條帶 (bands) ，以此具多形性之條帶（圖 1 ），計算品種（系）間的遺傳距離（表 18 ）。品種（系）間之遺傳距離最大者爲 70W03 與 70R01其值爲 0.494 。遺傳距離最小者爲 70W33 與 70W35 二品系其值爲 0.317 。紅肉山藥品系之間的遺傳距離爲 0.440 。紅肉山藥 70R16 品系與臺農一號之間有最大之遺傳距離，其值爲 0.472 。與 70R16 品系之遺傳距離最小者爲 70R01 ，其值爲 0.339 。70R16 品系與其他品種（系）之平均遺傳距離爲 0.425 ，此顯示出 70R16 品系與其他品種（系）的基因組 (genome) 有相當程度之變異。

由品種（系）之間的遺傳距離，利用 UPGMA 畫出 12 品種（系）之親緣關係圖（圖 2 ），由 RAPD 之結果可得知 D. alata 的 12 品種（系）之間有較大之遺傳變異性，此對於品種選育上可避免選拔到親緣過於接近之品種，有助於瞭解作物之遺傳變異性，對於作物之育種將有極大之助益。否則，若作物作物彼此間之親緣太過接近，一旦遭逢逆境或病蟲害之侵襲，將遭致嚴重之損失，紅肉山藥 70R16 品系與其他品種（系）之平均遺傳距離爲 0.425 ，此顯示出 70R16 品系與其他品種（系）的基因組 (genome) 有相當程度之變異，此外，在品質、營養成分、產量等性狀之表現上，皆具高產質優之特性，因此，值得再進一步之試驗，以選育爲優良之紅肉山藥品種，供爲農民栽培利用。

表1.農業試驗所(TARI)收集及保存之山藥種原

Table 1. Total yam germplasm collected by TARI

薯蕷屬植物	種原數	百分比
D.alata	80	57.2
D.alata var. *purpurea*	33	23.6
D.esculenta	6	4.3
D.rotundata	5	3.6
D.bulbifera	1	0.7
D.batatas	1	0.7
D.japonica	2	1.4
D.japonica var. *pseudojaponica*	1	0.7
D.diryophora	1	0.7
D.spp.	10	7.1
Total	140	100.0

表2.山藥之成分分析

Table 2. Gross composition of tuber of yam genotypes

Genotype	Moisture content	Crude ash	Crude fiber	Crude protein	Crude fat	Carbohydrate
Tainung 1	78.93	0.61	0.23	3.18	0.30	16.76
Tainung 2	71.59	0.95	0.06	5.34	0.28	21.78
70R16	71.04	0.76	0.34	5.80	0.39	21.68

表3.山藥品系塊莖肉部黏度、顏色及褐化時間之比較

Table 3. Comparison on viscosity, color change and browning time after peeling off the skin among yam genotypes

Genotype	Viscosity (Centipoise)	Color Change			Browning (min)
		L	a	b	
Tainung 1	120 a *	75.3 ab	-4.1	9.5	>30
Tainung 2	128 a	83.1 a	-8.1	12.1	>30
70W02	97 a	77.4 ab	-2.2	9.1	>30
81W06	108 a	75.3 ab	-2.9	9.5	15-30
70R16	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.

表4.山藥經各種不同浸漬液處理15分鐘後之色澤變化

Table 4.Color changes of yam soaked with various solutions for 15 minutes

Genotype	Control	soaking solution		
		1% CA	1% AC-1%CA	0.5%CA-0.5%$NaHSO_3$
Tainung 1				
L	63.36	65.29	68.54	68.31
a	3.25	1.01	0.52	0.47
b	15.85	9.67	8.00	6.69
Tainung 2				
L	59.82	62.79	63.31	60.83
a	0.79	0.70	0.85	0.48
b	7.02	5.33	5.46	5.44
70R16				
L	32.38	35.26	40.57	58.68
a	21.35	21.36	20.62	5.48
b	-6.79	-3.69	-4.80	1.54

CA：citric acid, AC:ascorbic acid

L：明亮度　　a：紅色度　　b：黃色度

表5.山藥經不同處理及加工方法所製成粉末之色澤變化

Table 5.Color changes of yam powders processed with various soaking solution and drying methods

Genotype	Freeze drying		Hot air drying		Sun drying		Drum drying
	A	B	A	B	A	B	B
Tainung 1							
L	73.10	73.42	34.08	24.21	35.75	28.72	89.21
a	1.79	1.34	2.33	2.89	7.74	1.82	0.42
b	8.91	8.67	7.74	6.14	9.63	4.72	3.20
Tainung 2							
L	73.98	69.47	33.36	30.55	44.92	33.07	1.92
a	1.67	1.24	2.33	2.28	3.78	1.97	-0.79
b	7.82	7.25	6.92	8.18	9.21	6.97	10.25
70R16							
L	38.78	60.71	20.18	27.16	22.06	25.34	68.36
a	17.78	5.49	12.29	6.85	13.97	7.30	9.16
b	-5.04	1.84	-2.24	1.40	-1.78	1.40	7.31

A：1% citric acid , and B: 0.5% citric acid - 0.5% $NaHSO_3$

表 6. 不同處理與乾燥法對山藥之硬度變化

Table 6. Tough changes of yams processed with various soaking solutions and drying methods

Genotype	Freeze drying		Hot air drying		Sun drying	
	A	B	A	B	A	B
Tainung 1	126	78	585	369	383	313
Tainung 2	114	62	454	182	292	386
70R16	93	67	516	198	409	280

A:1% citric acid, and B: 0.5% citric acid - 0.5% $NaHSO_3$

表 7. 不同山藥粉末製品經貯藏0、2、5 個月後顏色及水活性之變化

Table 7. Color and Aw changes of yam powders with different drying methods methhods for the storage of 0 , 2 and 5 months

Genotype	Freeze drying			Hot air drying			Drum drying		
	0	2	5	0	2	5	0	2	5
Tainung 1									
L	92.4	91.6	92.4	88.6	88.4	88.3	89.2	89.2	89.6
a	-1.0	-0.8	-0.3	-0.7	-0.3	-0.3	0.4	0.9	1.3
b	9.4	9.1	9.0	11.7	10.9	10.4	13.2	13.3	12.8
Aw	0.06	-	0.16	0.28	-	0.32	0.15	-	0.22
Tainung 2									
L	92.5	92.1	93.1	89.2	87.4	87.8	91.9	91.8	92.8
a	-1.1	-0.9	-0.7	-0.8	-0.6	-0.2	-0.7	-0.5	-0.2
b	9.1	8.9	8.6	10.5	9.5	10.0	10.2	10.1	9.6
Aw	0.18	-	0.31	0.21	-	0.28	0.17	-	0.24
70R16									
L	60.71	59.4	57.9	62.3	62.7	61.3	68.3	68.2	68.7
a	5.49	10.4	11.3	9.2	8.8	8.9	9.1	10.3	10.5
b	-5.04	-5.9	-6.0	-2.4	-1.6	-1.5	7.3	8.3	8.1
Aw	0.05	-	0.10	0.27	-	0.28	0.15	-	0.22

A: 1% citric acid , and B: 0.5% citric acid - 0.5% $NaHSO_3$

表 8. 山藥品系觀察試驗(1985)

Table 8. Observation trial of yam genotypes 1985

品種（系）	塊莖數 (No.)	塊莖長 (cm)	塊莖寬 (cm)	塊莖厚 (mm)	塊莖重 (g)
70R02	2.5	8.42	4.67	38.79	170.0
70R04	1.5	9.83	5.25	49.25	323.3
70R06	2.8	13.33	6.42	48.16	378.3
70R07	2.2	14.92	8.25	51.61	473.3
70R10	2.8	13.83	5.75	43.20	331.7
70R12	5.3	10.50	8.33	54.36	513.3
70R13	3.5	13.83	7.75	53.47	675.0
70R14	2.5	9.83	7.42	47.42	268.3
70R16	3.5	17.17	7.50	60.67	730.0
70R19	2.7	17.08	9.92	64.46	820.0

表 9. 山藥品系比較試驗(1988)

Table 9. Comparation trial of yam genotypes 1988

品種（系）	塊莖數 (No.)	塊莖長 (cm)	塊莖寬 (cm)	塊莖厚 (mm)	塊莖重 (g)	塊莖產量 (t/ha)
70W02	1.3 c*	23.2 b	9.2 c	41.3 c	561 c	18.12 c
70W46	1.0 c	23.9 b	22.4 a	66.4 a	847 b	26.97 b
70R01	1.1 c	15.3 c	13.7 b	70.2 a	593 c	14.19 c
70R09	2.2 b	11.3 c	5.4 c	55.1 b	499 c	14.24 c
70R16	1.5 c	28.3 a	7.8 c	54.3 b	814 b	23.02 b
Tainung 2	2.3 b	23.1 b	6.5 c	51.6 b	941 a	31.05 a
Tainung 1	3.2 a	13.1 c	8.4 c	67.2 a	931 a	30.72 a

＊：同一直列平均值所附英文字母相同者，係經LSD(5%)測定差異不顯著

表 10. 70R16等山藥品種（系）之塊莖產量比較

Table 10. Comparation of tuber yield of yam genotypes

Variety(Line)	Schan-Shi yield(t/ha)	Gin-San yield(t/ha)	Taichung yield(t/ha)
70R16	15.00	23.75	20.48
70W02	11.70	16.20	21.23
Tainung 1	17.95	22.90	25.10
Tainung 2	9.80	20.85	18.55

表11.70R16等山藥品種（系）在不同地區產量試驗綜合變方分析

Table 11. Combined analysis of variance of tuber yield subjected to different locations

Source	DF	Mean Square	F value
Local	2	302.18**	28.92
Block	9	10.45	
Line	3	90.15**	4.93
Line × Local	6	18.81	1.03
Error	20	18.27	

** : significantly different at 1% level.

表12.山藥品系間植株葉部、葉柄及節間性狀之比較

Table 12. 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 1	12.52	8.86	7	8.96	16.04 a *
Tainung 2	9.88	7.64	7	6.68	12.80 ab
70W02	8.78	6.22	7	6.18	5.72 c
81W06	10.06	7.90	7	5.72	12.20 bc
70R16	10.50	8.12	7	6.86	10.26 bc
70R09	8.80	6.54	7	5.28	9.66 bc
70R01	10.00	6.12	7	5.72	9.28 bc

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

表13.山藥植株性狀之比較

Table 13.Comparison on plant characteristics among seven yam grnotypes

品種(系)	肉色	莖蔓色	莖蔓形狀	稜翼數	翼　色	葉及葉柄色	葉基部色
Tainung 1	白色	綠色	方形螺旋	4	淡綠	綠	淡綠色
Tainung 2	白色	綠色	方或圓形	4	淡紫或紫	淡紫色	淡紫色
70W02	白色	綠色	多數方形	4	淡綠	淡紫色	淡紫色
81W06	白色	綠色	螺旋形	4	紫或淡綠	綠色	淡綠或淡紫
70R01	白色	綠色	多數方形	4	紫紅色	紫色	紫色
70R09	白色	綠色	方形	只有翼	紫紅色	綠色	紫色
70R16	紅色	綠色	多數方形	少數無翼	紫或淡綠	紫或紫	紫色

表14.山藥塊莖性狀之比較

Table 14.Comparison on tuber characteristics among seven yam grnotypes

	Number (No./pl.)	Length (cm)	Width (cm)	Thickness (mm)	L/W
Tainung 1	3.2 a *	13.1 c	8.4 bc	67.2 a	1.56 bc
Tainung 2	2.3 b	23.1 b	6.5 bc	51.6 b	3.55 a
70W02	1.3 c	23.2 b	9.2 bc	41.3 c	2.52 b
81W06	1.0 c	23.9 b	22.4 a	66.4 a	1.07 c
70R16	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.

表15.不同山藥品系同功異構酵素圖譜條帶Rf值之比較

Table 15. Comparison on Rf values of six isozymes among five yam genotypes

Genotypes	SkDH	PGI	PGM	GOT	PRX	ACP
Tainung 1	0.36	0.10	0.44	—	0.8	0.53
		0.12	0.50		1.2	1.57
		0.13			1.7	0.60
		0.23				
		0.30				
		0.37				
Tainung 2	0.45	0.35	0.41	0.47	1.4	0.53
	0.48	0.42	0.49	0.46	1.6	0.57
					2.0	0.60
					2.2	
70R16	0.45	0.37	0.41	0.47	1.4	0.61
	0.48	0.45	0.49	0.46	2.0	
70R47	0.45	0.35	0.49	0.47	1.4	0.60
	0.48	0.42		0.46	2.0	
70W44	0.45	0.35	0.41	0.47	1.4	0.53
	0.48	0.42	0.49		2.0	0.57
						0.60

Table 16. 山藥*Dioscorea alata*利用RAPD分析之品種（系）

Table 16. *Dioscorea alata* lines used in this stuby

Variety(Line)	Species	Sources
70W02	*Dioscorea alata L.*	Chiayi, Taiwan
70W03	*Dioscorea alata L.*	Taitung, Taiwan
70W33	*Dioscorea alata L.*	Shantou, China
70W35	*Dioscorea alata L.*	Shantou, China
70W46	*Dioscorea alata L.*	Chiayi, Taiwan
70W48	*Dioscorea alata L.*	Peitou, Taiwan
70R01	*Dioscorea alata L.* var. *purpurea* M. Pouch	Puli, Taiwan
70R04	*Dioscorea alata L.* var. *purpurea* M. Pouch	Chiayi, Taiwan
70R07	*Dioscorea alata L.* var. *purpurea* M. Pouch	Nantou, Taiwan
70R16	*Dioscorea alata L.* var. *purpurea* M. Pouch	Chiayi, Taiwan
Tainung 1	*Dioscorea alata L.*	Trinidad
Tainung 2	*Dioscorea alata L.*	Nantou, Taiwan

表17.利用RAPD技術分析山藥DNA呈現多形性差異之14條隨機引子之核酸序列

Table 17. Nucleotide sequences of the random primers giving polymorphic markers with DNA of *Diocorea alata* L.

Primer	Nucleotide sequence 5' to 3'	No. of Polymorphic Markers
P-02	TCGGCACGCA	14
P-05	CCCCGGTAAC	15
P-06	GTGGGCTGAC	12
P-07	GTCCATGCCA	6
P-09	GTGGTCCGCA	13
P-11	AACGCGTCGG	15
P-12	AAGGGCGAGT	10
P-13	GGAGTGCCTC	11
P-14	CCAGCCGAAC	7
P-15	GGAAGCCAAC	9
P-16	CCAAGCTGCC	15
P-17	TGACCCGCCT	18
P-18	GGCTTGGCTT	19
P-19	GGGAAGGACA	16
Total		180

18. *Dioscorea alata* 12品系之遺傳距離

Table 18. The distance matrix between 12 lines of *Dioscorea alata* L. using PAUP analysis

	Tainung No.2	70W02	70W48	70W33	70W35	70W46	Tainung No.1	70R16	70W03	70R01	70R04	70R07
TainungNo.2	—	0.444	0.411	0.439	0.389	0.428	0.394	0.400	0.394	0.378	0.383	0.456
70W02		—	0.467	0.428	0.433	0.383	0.428	0.411	0.406	0.444	0.428	0.467
70W48			—	0.461	0.433	0.372	0.417	0.433	0.450	0.467	0.450	0.378
70W33				—	0.317	0.456	0.322	0.43.9	0.400	0.483	0.400	0.394
70W35					—	0.428	0.383	0.389	0.394	0.478	0.406	0.411
70W46						—	0.478	0.428	0.367	0.472	0.422	0.450
TainungNo.1							—	0.472	0.378	0.428	0.356	0.406
70R16								—	0.439	0.456	0.339	0.467
70W03									—	0.494	0.411	0.406
70R01										—	0.472	0.456
70R04											—	0.450
70R07												—

引用文獻

林俊清。 1986 。山藥。新編生藥學（第1集） 116-123 頁。高雄醫學院出版。高雄市。

那琦、甘偉松、楊榮季。台灣產藥材之生藥學研究 (IV): 台灣產零餘子之生藥學研究。中國醫藥學院研究年報 9 : 330-375 。 1978 。

劉棠瑞、黃增泉。 1962 。臺灣之薯蕷屬植物。 Botanical Bulletin of Academia Sinica Vol. 3. Taiwan 。

劉棠瑞、黃增泉。 1978 。 Flora of Taiwan: Dioscoreaceae 薯蕷科。 pp.100-109 。

劉新裕、王昭月、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 。

劉新裕、王昭月、徐原田、胡敏夫、楊宏仁、何琦琛。山藥新品種臺農 2 號之育成。中華農業研究45:260-284 。

Demeke, T., R. P. Adams, and R. Chibbar. 1992. Potential taxonomic use of random amplified polymorphic DNA(RAPD): a case study in Brassica. Theor. Appl. Genet. 84:990-994.

Food & Agriculture Organization. 1993. Yams. FAO Quarterly Bulletin of Statistics 6: 96.

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.

Hauagge, R., D. E. Kester, S. Arulsekar, D. E. Parfitt, and L. Liu. 1987. Isozyme variation among California almond cultivars:II. Cultivar characterization and orgins. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112:693-698.

Klein-Lankhorst, R. M., A. Vermunt, R. Weide, T. Liharska, and P. Zabel.1991. Isolation of molecular markers for tomato(L. esculentum)using andom amplied polymorphic DNA (RAPD). Theor. Appl. Genet. 83:108-114.

Markert, C. L. and F. Moller. 1959. Multiple forms of enzyme :tissue, outogenetic, and species specific patterns. Proc. N. A. S. 45:753-763.

Martin, F. W. 1976. Tropical yams and their potential series. Part 1:Dioscorea esculenta, D. bulbifera; Part 3:D. alata; Part 4:D. rotundata and D. cayenensis. In:Agriculture Handbook No. 457,466,495, and 502. Martin F. W. (ed.). United StatesDepartment of Agriculture, Washington, D. C., USA.

Onwueme, I.C.1978. Origin, Classification, and Growth Cycle of the Yam Plant. The Tropical Tuber Crops. Pitman Press , New York. pp.3-16.

Van Tuyl, J. M., A. J. Van Dijk, and L. W. D. Van Raamsdonk. 1986. Identification of interspecific hybrids and determination of relationships bbetween species in the genus Lilium by isoelectric focusing. Acta-Horticulture 177:601-605.

Williams, J. G. K., A. R. Kubelik, K. J. Livak, J. A. Rafalski, and S. V. Tingey. 1990.

DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. Nucleic Acids Res. 18:6531-6535.

Yang, X.and C.Quiros. 1993.Identification and classification of celery cultivars with RAPD markers. Theor. Appl. Genet.86:205-212.

Yu, L. X. and H. T. Nguyen. 1994. Genetic variation detected with RAPD markers among upland and lowland rice cultivars(Oryza sativa L.). Theor. Appl. Genet. 87:668-672.

Selection and Development of Red Flesh Yam 70R16 Line

Torng-Wu Chang[1] Jau-Yueh Wang[1] Chin-Yin Tseng[2]
Kur-Ta Cheng[3] and Sin-Yie Liu[1]

Summary

The red flesh yam line, 70R16, was originated from Chia-Yi, Taiwan, and was introduced to TARI in 1981. After a series of selection and adaptive comparation including acclimatization, observation, and preliminary, advanced, 70R16 line was proved and recommended to be a better yam line than the other red flesh lines. The mean tuber yield of 70R16 line was 23.02 t/ha, higher than the yield of the other red flesh lines. The 70R16 line possessed a lot of superior characteristics such as high nutrition value in the flesh, high viscosity, and more resistant against to anthracnose etc. Experimental results showed that 70R16 line had wide adaptability, high and stable yield potential.

Key words : Yam (*Dioscorea* spp.), Selection.

---

1. Respectively, Assistant, Assistant Researcher, and Senior Researcher, Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Professor, National Chia-Yi Institute of Agricultural.
3. Associate Professor, Taipei Medical College.