中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 50(3): 40～58 (2001)

山藥之生產潛力與抗氧化酵素活性之比較[1]

劉新裕[2] 賴瑞聲[2] 林義恭[2] 陳淑芬[2] 羅惠齡[2] 王昭月[3] 高瑞隆[2]

摘要：本研究針對15個山藥品種系之植株及塊莖特性、不同海拔對其塊莖性狀與產量之影響、以及其塊莖內五種抗氧化酵素活性之差異，進行調查、分析、探討與評估，同時爲開發多元化山藥優良品種系，進行四種不同類別山藥塊莖性狀與產量之比較試驗，所得結果可供選育兼具生產與抗氧化潛力之山藥優良品種系，及供進一步栽培、加工與醫藥利用之參考。由多元化山藥優良品種系之開發結果顯示，中型山藥類中特三品系(70W06)、特七品系 (70W17)、特11品系 (70W08)、大葉壽豐品系 (70W42)、J07品系(70W72) 及泰雅品系 (83CM121) 之表現優異；長型山藥類中基隆大葉品系 (70W75)、北投品系 (70W48)、陽明品系 (70W70) 及F155品系 (70W73) 之塊莖產量表現可高達50 t/ha以上；紅肉山藥類中除紫玉血薯品系(70R16)及名間長紅品系 (70R20) 之產量可達40 t/ha以上外，其餘僅埔一品系 (70R01)、松柏長紅品系 (70R22) 及紅毛薯 (83CM302) 之塊莖產量有30 t/ha以上之潛力。由不同海拔試區對山藥塊莖性狀與產量之比較結果可知，六處試區中名間試區之平均產量可達45 t/ha，較羅娜與尖石二試區高達2倍以上；參試山藥中二刺品系（代號70W47）、台農1號 (TNG1)、台農2號 (TNG2)、汕二品系(70W34)、汕三品系 (70W35) 及中國長品系 (80W02) 等之塊莖產量皆有達40 t/ha以上之記錄。由15個不同山藥塊莖內抗氧化酵素之活性比較結果可知，汕三品系塊莖中PO、PPO、SOD及CAT等抗氧化酵素之活性頗高，汕二品系在PO、PPO及SOD，台農2號在PO、SOD及GR，以及二刺品系在PPO、SOD及CAT等三酵素有較高活性，70W47之SOD活性尤其明顯高過其他參試品種系。綜合比較15個山藥之生產潛力與SOD酵素活性顯示，70W47、70W35、70W34、TNG2及F155品系(70W73)等之表現最優異。

關鍵詞：山藥、植株生育特性、生產、抗氧化、酵素活性。

前　言

在經濟與貿易自由化的趨勢下，我國農業正處於一轉型期之關鍵階段，爲了因應加入世界貿易組織，可能受到國外相關產業的衝擊，國內之農業生產結構勢須加以調整，或可朝向高價值、精緻化及多元化的方向發展；特用、藥用與保健植物之開發與利用，頗符合此種趨勢。台灣藥用與保健植物總數達二千種以上，其中不乏可資利用之種類，如山藥、高氏柴胡、金線連、山葡萄及麥門冬等。以山藥爲例，若能開發多元化山藥優良品種系，選擇種植高產優質之山藥品種如台農2號等，建立適宜之栽培技術，同時開發多元化粉狀、粒狀、液狀或其他精緻加工產品，應可減低入會衝擊，有助提高農

1.行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2078號。

2.本所農藝系研究員、助理、助理研究員、計畫助理、計畫助理、助理。

3.本所作物種原室助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

民所得。

山藥爲薯蕷科 (Dioscoreaceae) 薯蕷屬 (*Dioscorea*) 多年生蔓性根莖類植物，可供食用、藥用或保健利用，具高產及富含營養之特色。其利用部位爲塊莖（又稱擔根體），有滋養強壯、促進消化及增強免疫之功效[6, 8-10]，爲常用藥食兼用材料。山藥之分佈極廣，遍及熱帶、亞熱帶及其他地區，物種十分繁雜[8, 19, 26, 28, 42, 43, 45]，品系眾多，形態變異與生產力之差異極大，栽培生產方式可因地區或品種而異。在全球眾多山藥種原中，最具生產力的爲*D. alata* L.、*D. esculenta* (Lour.) Burk.、*D. rotundata* (L.) Poir.、*D. cayenensis* Lam.及*D. bulbifera* L.等，其他重要之山藥種原如*D. dumetorum* Pax.、*D. japonica* Thunb.、*D. opposita* Thunb.、*D. pentaphylla* L.及*D. trifida* L.等。台灣較常見之山藥品種，多源自(1)大薯 (*D. alata*)，又稱田薯，原爲所有山藥中分佈及栽培最廣者，廣泛栽培於非洲、東南亞、中南美洲及部分歐洲；(2)長薯 (*D. batatas*)，又稱家山藥，原產大陸，植株較爲耐寒，常供作藥用；(3)山薯 (*D. japonica*)，又稱日本山藥，原產於日本，現今栽培於大陸、日本及東南亞一帶；(4)條薯 (*D. alata* L. var. *purpurea*)，又稱紫田薯，現栽培於台灣中部一帶；(5)恆春山藥 (*D. doryphora*)，又稱戟葉田薯，原產於台灣恆春半島一帶[28]；(6)基隆山藥 (*D. pseudojaponica*)，原產於台灣北部及西部丘陵地一帶。山藥爲農業試驗所正發展之重點作物之一，多年來本所特用作物研究室即不斷進行山藥種原之引進、繁殖、評估與篩選工作，同時針對優良品系進行觀察、比較、特性調查、區域試驗、品質分析、病蟲害防治、栽培技術提升與多元化產品之開發與利用研究[1, 2, 29-36]。由本所經多年之觀察與比較結果，篩選首批15個品種系，初步證實在台中地區頗具高產、優質及各自植株特色，有關其生長情形、葉片、莖蔓與塊莖之形態、以及在台灣其他地區之產量表現如何，值得深入調查、分析與探討。

生物體內控制蛋白質合成之基因，若受到新陳代謝所產生的自由基 (free radical)，或環境因子如輻射線、大氣污染物質如NO_2或O_3等、有機化合物、重金屬、有毒物質或病毒等之攻擊，可能會產生突變[10, 37]。自由基對細胞或組織雖有直接且極大的殺傷力，幸而體內具有可以化解或抑制自由基形成的防禦系統，其一爲細胞內具有多種抗氧化酵素群，如超氧歧化酶 (superoxide dismutase)、觸酶 (catalase)、麩胱苷肽還原酶 (glutathione reductase) 等，可有效消除活性氧的活性，使之還原成安定之物質如H_2O等；其二爲細胞另含有不少抗氧化物質，可有效抑制自由基之產生與危害，例如生育醇 (tocopherol)、抗壞血酸 (ascorbate)、單寧 (tannin)、生物鹼 (alkaloids)、葉綠素 (chlorophyll)、氨基酸 (amino acids)、胺類 (amines)、麩胱苷肽 (glutathione)、類胡蘿蔔素 (carotenoids)、類黃酮 (flavonoids)、酚酸 (phenolic acids)、多醣體 (polysaccharides) 及其它酚類 (other phenols) 與礦物元素 (minerals) 等[4, 5, 7, 10-18, 20-27, 39-41]，上述抗氧化酵素與抗氧化物質能迅速中斷脂質過氧化連鎖反應，分解並消除已形成的過氧化物及自由基等有害物質，惟此等修護作用會因年齡之增加而衰退。如果能清除過氧化物及自由基等有害物質，或抑制會導致氧活性化的物質的形成，將可使人類更健康，壽命更加延長。山藥經證實確具提升抗氧化酵素活性、增強免疫之能力[26]，惟前述之15個山藥品種系具備多少抗氧化酵素，其活性又如何，值得進行深入分析與比較。

本研究之主旨在針對經篩選之15個山藥品種系之植株及塊莖特性、不同海拔對塊莖性狀與產量之影響，以及塊莖內五種抗氧化酵素活性之差異，進行調查、分析、探討與評估，同時爲開發多元化山藥新優良品種系，將進行四種不同類別山藥之比較試驗，所得結果或可供選育兼具生產與抗氧化潛力之山藥優良品種系，及供進一步栽培、加工與醫藥利用之參考。

材料與方法

一、 試驗材料

本所蒐集之薯蕷科薯蕷屬山藥物種，如*Dioscorea alata* L., *D. alata* L. *var. purpurea* (Roxb.) M. Pouch., *D. batatas* Decne., *D. japonica* Thunb., *D. japonica* Thunb. *var. pseudojaponica* (Hay.) Yamam., *D.*

doryphora Hance等約160品種系，經由多年之觀察與比較，由其中篩選15品種系，供進行植株生育與健康狀態之調查與比較、不同海拔地區對塊莖性狀與產量之影響、以及塊莖內抗氧化酵素活性之測定與比較之試驗材料，其中文名稱與學名如下：1. 台農1號 (*D. alata*)、2. 台農2號 (*D. alata*)、3. 汕二品系 (*D. alata*)、4. 汕三品系 (*D. alata*)、5. 台東品系 (*D. alata*)、6. 中國長品系 (*D. alata*)、7. 二刺品系 (*D. alata*)、8. 大葉壽豐 (*D. alata*)、9. F155品系 (*D. spp.*)、10. 陽明品系 (*D. spp.*)、11. 大淮品系 (*D. batatas*)、12. 恆春山藥 (*D. doryphora*)、13. 青森品系 (*D. japonica*)、14. 紫玉血薯品系 (*D. purpurea*) 及15. 名間長紅品系 (*D. purpurea*)。此外，爲開發多元化山藥新優良品種系，另將進行四種不同類別山藥塊莖性狀與產量之比較，試驗材料除前述之品種系外，另增加如下：特三品系 (*D. alata*)、特七品系 (*D. alata*)、特11品系 (*D. alata*)、J07品系 (*D. alata*)、花壽品系 (*D. alata*)、泰雅品系 (*D. alata*)、基隆大葉品系 (*D. alata*)、北投品系 (*D. alata*)、屏地品系 (*D. batatas*)、自然品系 (*D. japonica*)、茨城品系 (*D. japonica*) 及自然品系 (*D. japonica*) 等試驗材料。

二、試驗方法與步驟

(一) 山藥不同品種系之植株生育特性、不同海拔之適應性與生產潛力之比較：

於1999年在台中本所農場進行15種山藥不同品種系之植株生育特性、健康狀態之調查與比較；1998年在台灣六處不同海拔地區，進行山藥塊莖性狀與產量之比較，試驗項目如下：(1)於台中本所農場（平地）進行山藥13品種系塊莖性狀與產量之比較[34]，(2)於南投縣名間鄉（平地）進行山藥7品種系塊莖性狀與產量之比較，(3)於南投縣南投市（平地）進行山藥6品種系塊莖性狀與產量之比較，(4)於南投縣信義鄉羅娜村（海拔850m）進行5種山藥品種系塊莖性狀與產量之比較，(5)於新竹縣尖石鄉（海拔500m）進行7種山藥品種系塊莖性狀與產量之比較，及(6)於新竹縣關西鎮（海拔200m）進行山藥5品種系塊莖性狀與產量之比較。

山藥之種植方式除台農一號、黃藥品系採用高畦種植外，其餘皆爲塑膠穴管誘導法，半圓形之塑膠穴管長100cm，周長20cm，以繩綁緊使上方開口約3cm寬，其內先裝填栽培介質，配方爲牛糞肥：蔗渣＝1：2，再於與地表僅有10°~15°斜度之穴管前端，約距穴管頂端5cm處種植薯塊，種後覆土。種植行株距爲140 × 30cm，即每公頃約23,800株，行長4m。種植後之田間管理悉依本所建議方式進行。試驗設計爲RCBD，三重複。植株生育與健康狀態之調查與比較項目爲：植株生長勢、零餘子之有無、開花與否、（配合植病研究人員進行調查）毒素病、病害、蟲害及紅蜘蛛之危害[31, 32]、分蘗數、莖徑、節間長、蔓之左右旋、莖色、莖刺之有無、莖形、稜翼之有無、葉柄長、葉脈數、葉序、葉色、葉緣、葉基、葉柄色、單株塊莖收量、最大粒重、塊莖之粒數、長度、寬度、厚度及塊莖公頃產量等。不同海拔地區對山藥塊莖性狀與產量之影響試驗之調查項目爲：單株塊莖收量、最大粒重、塊莖之粒數、長度、寬度、厚度及塊莖公頃產量等。調查株數爲每品種系隨機取樣10株，重複3次，以平均值表之，並以LSD法比較其差異之顯著性。

(二) 不同類別多元化山藥新優良品種系之開發：

1999年在台中本所農場進行四項不同類別山藥塊莖性狀與產量之比較試驗：(1)中型山藥13品種系塊莖性狀與產量之比較，(2)長型山藥8品種系塊莖性狀與產量之比較，(3)圓莖山藥8品種系塊莖性狀與產量之比較，及(4)紅肉山藥10品種系塊莖性狀與產量之比較。種植方式、半圓形穴管、栽培介質、薯塊種植與田間管理方法等，悉如前項。種植行株距爲140 × 30cm，即每公頃約23,800株，行長4m，試驗設計爲RCBD，三重複。調查項目爲單株塊莖收量、最大粒重、塊莖之粒數、長度、寬度、厚度及塊莖公頃產量等。調查株數爲每品種系隨機取樣10株，重複3次，以平均值表之，並以LSD法比較其差異之顯著性。

(三) 山藥塊莖抗氧化酵素活性之分析與比較[3, 5, 16, 17, 21, 22, 27, 38, 44]：

1. 過氧化酶 (peroxidase; PO) 活性之測定：

取0.5g山藥塊莖樣品，以液態氮研磨成粉末後，加入0.1M磷酸鹽緩衝液 (1.5 ml, pH = 7.0)，在2℃下以12,000g離心20min，取0.5ml上清液，加入2ml含有3.6×10^{-3}M guaiacol緩衝液（0.04ml guaiacol原液+100ml 0.1M磷酸鹽緩衝液，pH = 6.0）及0.2ml 13.5mM H_2O_2，混合均勻後，以分光光度計在470 nm波長下，測反應初期吸收度之變化 (Δ OD / min)。

2. 多酚氧化酶 (polyphenol oxidase; PPO) 活性之測定：

取0.5g山藥塊莖樣品，以液態氮研磨成粉末後，加入0.1M磷酸鹽緩衝液1.5ml (pH = 7.0)，在2℃下以12,000g離心20min，取0.2ml上清液，加入0.1M磷酸鹽緩衝液2ml (pH = 8.0) 與0.2ml Catechol (0.5M)，迅速混合後，以分光光度計在420nm波長下，測反應初期吸收度之變化 (Δ OD / min)。

3. 超氧歧化酶 (superoxide dismutase; SOD) 活性之測定：

取0.1g山藥塊莖樣品，以液態氮研磨成粉末後，加入1.5ml磷酸鹽緩衝液 (50mM, pH=7.4)，在4℃下以15,000g離心3分鐘後，取0.2ml上清液加入1.6ml Tea-Dea buffer (triethanolamine-diethanolamine, 100mM, pH = 7.4)，0.08ml NADH reduced form (nicotinamide adenine dinucleotide, 7.5mM)，0.05ml EDTA / $MnCl_2$ (100mM / 50mM, pH = 7.0)，與1ml β-mercaptoethanol (10mM)。依序加入並混合均勻後，以分光光度計在波長340nm下，連續記錄10分鐘內吸光值之變化。空白試驗：空的石英管歸零，以不含酵素抽取液者爲酵素活性計算之基準值（起始OD）。

4. 觸酶 (catalase; CAT) 活性之測定：

取0.1g山藥塊莖樣品，以液態氮研磨成粉末後，加入1.5ml磷酸鹽緩衝液 (50mM, pH = 7.4)，在4℃下以15,000g離心3分鐘後，取0.2ml上清液加入0.1ml過氧化氫 (1M)，2.7ml磷酸鹽緩衝液 (100 mM, pH = 7.0)，混合均勻後，以分光光度計在波長240nm下，測定1分鐘內吸光值之變化。空白試驗是以0.2ml之磷酸鹽緩衝液50mM (pH = 6.8) 代替萃取液，酵素活性是以每克鮮重樣品中所具有的單位活性來表示，每單位活性 (Unit) 表示每分鐘消耗1μmole之H_2O_2。

5. 麩胱苷肽還原酶 (glutathione reductase; GR) 活性之測定：

取0.1g山藥塊莖樣品，以液態氮研磨成粉末後，加入1.5ml磷酸鹽緩衝液 (50mM, pH = 7.4)，在4℃下以15,000g離心3分鐘後，取0.2ml上清液加入1ml Tris-HCl buffer (trizma hydrochloride, 150 mM, pH = 7.5)，1 ml NADPH reduced form (nicotinamide adenine dinuclecotide phosphate, 0.45mM)，0.5ml GSSG (oxidized glutathione, 3mM) 與0.3ml $MgCl_2$ (30ml)，於石英管中依序加入並混合均勻後，以分光光度計在波長340nm下，測定1分鐘內吸光值之變化。空白試驗爲不加酵素萃取液，僅含上述5藥劑。每單位酵素活性 (Unit) 是以NADPH的消耗量來計算，以每分鐘Δ OD的變化爲1表示之。

結　果

一、山藥品種系之植株生育特性、不同海拔試區之適應性與生產潛力之比較

(一) 山藥植株生育特性之比較：

由本所現有160種山藥品種系所篩選首批15種優良品種系，其來源與學名如表1所列，其中之F155品系 (*D. spp.*) 及陽明品系 (*D. spp.*) 之葉形似*D. alata*，但莖形則似*D. batatas*，除此之外，大多具備高產、優質及各自植株特色，有關其生長情形、莖蔓與葉片之形態，以及塊莖之外形、顏色與產量等之差異很大，敘述如下：

1. 在植株生育性狀與健康狀態方面：台農1號、台農2號、汕二品系、汕三品系、台東品系、中國長品系、陽明品系、紫玉血薯品系及名間長紅等9品種系，在種植三個月後之生長勢十分旺盛，相較之下，大淮品系則屬纖弱。15種優良品種系除中國長品系外，在本所農場未見有零餘子，除恆春品系外，都不開花，恆春品系之開花以雄花爲主。在抗毒素病方面，除台農2號、汕二品系及F155品系屬中等外，其餘皆未見毒素病入侵現象；在病害方面，除二刺品系、F155品系、大淮品系、紫玉血

表1. 參試15種山藥品種系植物特性簡介

Table 1. Introduction of botanical characteristics of 15 *Dioscorea spp.*

No.	Var. & Lines	Chinese name	Tuber length	Flesh colour	Origin	Scientific name
1	TNG1	台農1號	short	white	Trinidad	*Dioscorea alata*
2	TNG2	台農2號	middle	white	Taiwan	*Dioscorea alata*
3	70W34	汕二品系	middle	white	China	*Dioscorea alata*
4	70W35	汕三品系	middle	white	China	*Dioscorea alata*
5	70W03	台東品系	middle	white	Taiwan	*Dioscorea alata*
6	80W02	中國長品系	long	white	China	*Dioscorea alata*
7	70W47	二刺品系	long	white	Taiwan	*Dioscorea alata*
8	70W42	大葉壽豐	long	white	Taiwan	*Dioscorea alata*
9	70W73	F155品系	long	white	Taiwan	*Dioscorea spp*
10	70W70	陽明品系	long	white	Taiwan	*Dioscorea spp*
11	70W59	大淮品系	long	white	China	*Dioscorea batatas*
12	70W20	恆春品系	long	white	Taiwan	*Dioscorea doryphora*
13	70W49	青森品系	long	white	Japan	*Dioscorea japonica*
14	70R16	紫玉血薯	middle	red	Taiwan	*Dioscorea purpurea*
15	70R20	名間長紅	middle	red	Taiwan	*Dioscorea purpurea*

薯品系及名間長紅品系屬中等外，其餘皆未見眞菌性或細菌性病害之侵害；在蟲害方面，除大葉壽豐品系較易遭致蟲害外，其餘皆屬中等或未見蟲害發生現象；此外，15品種系在種植後三個月皆未發生紅蜘蛛之危害現象（表2）。

表2. 不同山藥植株生育特性之比較

Table 2. Comparison on the plant growth characteristics among 15 different varieties and lines of *Dioscorea spp.*

No.	Chinese name	Var. & Lines	Growing	Bulbil	Blooming	Virus	Diseases	Pests	Red spider mite
1	台農1號	TNG1	vigorous	no	no	R	R	R	R
2	台農2號	TNG2	vigorous	no	no	M	R	M	R
3	汕二品系	70W34	vigorous	no	no	M	R	R	R
4	汕三品系	70W35	vigorous	no	no	R	R	R	R
5	台東品系	70W03	vigorous	no	no	R	R	M	R
6	中國長品系	80W02	vigorous	yes	no	R	R	R	R
7	二刺品系	70W47	common	no	no	R	M	R	R
8	大葉壽豐品系	70W42	common	no	no	R	R	S	R
9	F155品系	70W73	common	no	no	M	M	R	R
10	陽明品系	70W70	vigorous	no	no	R	R	R	R
11	大淮品系	70W59	weak	no	no	R	M	R	R
12	恆春品系	70W20	common	no	male	R	R	R	R
13	青森品系	70W49	common	no	no	R	R	R	R
14	紫玉血薯品系	70R16	vigorous	no	no	R	M	M	R
15	名間長紅品系	70R20	vigorous	no	no	R	M	M	R

R: resistant; M: medium; S: susceptible.

2. 在植株莖蔓性狀之比較方面：植株分蘗數在4以上者爲台農1號、台農2號、台東品系、二刺品系、F155品系及名間長紅品系，分蘗數爲1~2者爲青森品系、汕三品系、大淮品系及恆春品系。莖徑在6mm以上者爲台農1號及汕二品系，莖徑在3mm以下者僅青森品系之2.8mm而已。節間長在20cm

以上者爲名間長紅品系之27.9cm，在10~20cm者爲台農1號、台東品系、二刺品系、F155品系及陽明品系，節間最短者爲大淮品系之3.7cm。在莖蔓之旋轉性方面，除大葉壽豐品系爲右旋外，其餘皆屬左旋性。除了大淮品系及恆春品系之莖色爲紫色，以及青森品系爲紫中帶綠外，其餘之莖色皆爲綠色。在莖刺之有無方面，除F155品系屬莖基部及先端皆有刺，以及陽明品系屬莖先端有刺外，其餘皆無莖刺。在莖之形狀方面，除F155品系、陽明品系、大淮品系、恆春品系及青森品系爲圓莖外，其餘皆屬方莖，惟陽明品系之莖頂部偶爲方莖。15品種系中除F155品系、陽明品系、大淮品系、恆春品系及青森品系外，其餘之莖部皆帶綠色或紫色或綠色紫邊之稜翼，翼寬介於1~3mm（表3）。

表3. 不同山藥莖蔓性狀之比較

Table 3. Comparison on vine characteristics among 15 different varieties and lines of *Dioscorea spp.*

No.	Chinese name	Var. & Lines	Tiller (No.)	Vine diam.(cm)	Internode (cm)	Vine twining	Vine color	Vine thorn	Vine shape	Membranous wings (color & width)
1	台農1號	TNG1	5.2	6.15	16.04	left	green	no	square	Green,1mm
2	台農2號	TNG2	6.0	4.81	7.05	left	green	no	square	Purple,1mm
3	汕二品系	70W34	3.0	6.27	7.02	left	green	no	square	Purple,1mm
4	汕三品系	70W35	2.0	5.00	4.33	left	green	no	square	Purple,1mm
5	台東品系	70W03	7.0	3.56	11.08	left	green	no	square	Green,3mm
6	中國長品系	80W02	2.5	4.47	4.77	left	green	no	square	Green,1mm
7	二刺品系	70W47	4.5	5.72	11.00	left	green	no	square	Green,2mm
8	大葉壽豐品系	70W42	3.5	5.40	4.78	right	green	no	square	Green,1mm
9	F155品系	70W73	4.0	5.89	10.33	left	green	yes	circle	no
10	陽明品系	70W70	2.5	4.77	10.77	left	green	yes	circle	no
11	大淮品系	70W59	2.0	3.19	3.73	left	purple	no	circle	no
12	恆春品系	70W20	2.0	3.80	6.20	left	purple	no	circle	no
13	青森品系	70W49	1.0	2.75	5.37	left	purple green	no	circle	no
14	紫玉血薯品系	70R16	3.0	5.29	5.78	left	green	no	square	Green,2mm
15	名間長紅品系	70R20	4.5	4.38	27.92	left	green	no	square	Green,1mm

3. 在葉片性狀之比較方面：葉柄長度在10cm以上者爲二刺品系之10.8cm，而在5cm以下者爲大淮品系、恆春品系及青森品系。15品種系之主脈數皆爲7。在葉序方面，除台東品系及青森品系爲對生外，其餘皆爲基部互生而先端對生。在葉色方面則或爲深綠色或爲淺綠色，葉緣之色澤除大淮品系、恆春品系、青森品系、紫玉血薯品系及名間長紅品系爲紫色外，其餘皆屬綠色。在葉基之形狀方面，除大淮品系、恆春品系及青森品系爲三角狀戟形，台農1號、台農2號、汕三品系、陽明品系及名間長紅品系爲長心形外，其餘或爲長箭鏃形或爲寬箭鏃形。在葉柄之顏色方面，15品種系皆爲綠色或紫中帶綠，而葉柄之先端或兩端有的帶紫色（表4）。
4. 在塊莖性狀之比較方面：

方莖稜翼白肉類之山藥大致上屬於*D. alata*物種，在15品種系中共有8品種系屬之，其塊莖性狀如下：台農1號之塊莖爲圓形或橢圓形，褐皮白肉，具很高的生產能力，產量可達40 t/ha[31, 34]。台農2號之塊莖屬中或長柱形，淺褐皮白肉，具很高的生產能力，產量可達40-60 t/ha[32-34]。汕二品系之塊莖屬中或長柱形，深褐皮白肉，具很高的生產能力，產量可達40-60 t/ha。汕三品系之塊莖屬中或長柱形，深褐皮白肉，具很高的生產能力，產量可達40-60 t/ha。台東品系之塊莖屬中柱形，褐皮白肉，具

表4. 不同山藥葉片性狀之比較

Table 4. Comparison on the leaf characteristics among 15 different varieties and lines of *Dioscorea spp.*

No.	Chinese name	Var. & Lines	Petiole length(cm)	Petiole color	Venation (No.)	Leaf growing form	Leaf blade color	Leaf border color	Leaf shape
1	台農1號	TNG1	8.96	green	7	Opposite &alternate	dark green	green	Long cordate
2	台農2號	TNG2	7.55	green	7	Opposite &alternate	green	green	Long cordate
3	汕二品系	70W34	7.30	green	7	Opposite &alternate	dark green	green	Sagittate
4	汕三品系	70W35	8.02	green	7	Opposite &alternate	dark green	green	Long cordate
5	台東品系	70W03	9.87	green	7	Opposite	green	green	Sagittate
6	中國長品系	80W02	5.97	green mostly	7	Opposite &alternate	green	green	Sagittate
7	二刺品系	70W47	10.83	green	7	Opposite &alternate	dark green	green	Sagittate
8	大葉壽豐品系	70W42	8.98	green	7	Opposite &alternate	green	green	Sagittate
9	F155品系	70W73	8.08	green	7	Opposite &alternate	dark green	green	Sagittate
10	陽明品系	70W70	7.78	green	7	Opposite &alternate	dark green	green	Long cordate
11	大淮品系	70W59	3.45	green mostly	7	Opposite &alternate	dark green	purple	Three cornerd
12	恆春品系	70W20	4.22	green mostly	7	Opposite &alternate	green	purple	Three cornerd
13	青森品系	70W49	3.10	green mostly	7	Opposite	dark green	purple	Three cornerd
14	紫玉血薯品系	70R16	9.08	green & red	7	Opposite &alternate	dark green	purple	Long cordate
15	名間長紅品系	70R20	8.05	green & red	7	Opposite &alternate	green	purple	Long cordate

很高的生產能力，產量可達40 t/ha。中國長品系之塊莖屬長柱形，紅皮白肉，具頗高的生產能力，產量可達30-40 t/ha。二刺品系之塊莖屬長柱形，褐皮白肉，具頗高的生產能力，產量可達30-40 t/ha。大葉壽豐品系之塊莖屬長柱形，褐皮白肉，具很高的生產能力，產量可達40 t/ha[34]。

圓莖白肉類之山藥有5品系參試如下：F155品系之塊莖屬長柱形，淺褐皮白肉，具很高的生產能力，產量可達40 t/ha[34]。陽明品系之塊莖屬長柱形，褐皮白肉，具很高的生產能力，產量可達40 t/ha。大淮品系之塊莖屬細長柱形，淺褐皮白肉，具開發潛力，產量約達20 t/ha。恆春品系之塊莖細長柱形，淡褐皮白肉，具開發潛力，產量約達20 t/ha。青森品系之塊莖細長柱形，淡褐皮白肉，具開發潛力，產量約達20 t/ha[34]。

紅肉類之山藥共有2品系參試如下：紫玉血薯品系之塊莖屬中柱形，紫紅皮紫肉，產量可達30 t/ha。名間長紅品系之塊莖屬中柱形，紅皮紫肉，產量可達30 t/ha[34]。

(二)不同海拔試區對山藥塊莖性狀與產量之影響：

於1998年在台灣6處不同海拔地區，進行多種山藥塊莖性狀與產量之比較試驗，簡介如下：(1)於台中本所農場（海拔85m）進行山藥13品種系塊莖性狀與產量之比較，(2)於南投縣名間鄉(屬平地)進行山藥7品種系塊莖性狀與產量之比較，(3)於南投縣南投市（屬平地）進行山藥6品種系塊莖性狀與產量之比較，(4)於南投縣信義鄉羅娜村 (850m) 進行5種山藥品種系塊莖性狀與產量之比較，(5)於新竹縣尖石鄉 (500m) 進行7種山藥品種系塊莖性狀與產量之比較，及(6)於新竹縣關西鎮 (150m) 進行山藥5品種系塊莖性狀與產量之比較。除第(1)項於台中本所農場進行之試驗結果已發表外[34]，其餘(2)~(6)項之結果列於表5、6、7、8及表9。

由表5之結果可知，南投縣名間鄉7種山藥之單株塊莖平均收量爲1,867g，收量在2,000g以上者爲TNG1（台農1號）及70W47（二刺品系），其次爲70W34（汕二品系）、70W35（汕三品系）、80W02（中國長品系)及TNG2（台農2號），最小者爲70R20（名間長紅品系）之1,380g。單株薯塊數目最多者爲TNG1之3.5粒，其次爲TNG2之1.3粒，其餘品系都是1.0粒。參試品種系塊莖之平均長度爲44.7cm，最長的爲70W47之101.6cm，其次爲80W02之49.0cm、70W35之45.0cm、70W34之

表5. 不同海拔對山藥塊莖性狀與收量之影響（名間）

Table 5. Effects of different elevations on tuber characteristics and yield of *Dioscorea spp.* among 7 different varieties and lines at Ming-Gieng area

No.	Var. & lines	Tuber					Largest tuber(g)	Yield (t/ ha)
		(no./pl.)	wt. (g)	length(cm)	width (cm)	thick.(mm)		
1	70W34	1.0 b[z]	1,855 ab	43.0 bc	8.5 a	65.92 abc	1,855 ab	44.15 ab
2	70W35	1.0 b	1,668 ab	45.0 b	7.4 a	66.28 abc	1,668 ab	39.70 ab
3	70W47	1.0 b	2,758 a	101.6 a	7.2 a	56.39 bc	2,758 a	65.64 a
4	80W02	1.0 b	1,675 ab	49.0 ab	8.9 a	51.03 c	1,675 ab	39.87 ab
5	70R20	1.0 b	1,380 b	25.0 d	9.2 a	64.33 abc	1,380 b	32.84 b
6	TNG1	3.5 a	2,050 ab	20.4 d	8.5 a	75.29 a	1,018 b	48.79 ab
7	TNG2	1.3 b	1,683 ab	30.2 cd	9.5 a	67.79 ab	1,569 b	40.06 ab

[z] Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by the LSD Test.

43.0cm及，最短的爲70R20之25.0cm，及TNG1之20.4cm。塊莖之平均寬度爲8.5cm，最寬的爲TNG2之9.5cm，最窄的爲70W47之7.2cm。塊莖之平均厚度爲63.9mm，最厚的爲TNG1之75.3 mm，較薄的爲80W02之51.0mm。在參試之中型山藥品種系中，最大單粒塊莖之平均收量爲1,703g，70W47則高達2,758g，其餘品系介於1,018~1,855g。在塊莖公頃產量方面，7種山藥參試品種系之平均公頃產量爲44.5 t/ha，其中70W47之公頃產量高達65.6 t/ha，另有3品系之產量高於40 t/ha，有3品系之塊莖公頃產量高於32 t/ha，台農1號之公頃產量 (48.8 t/ha) 高於台農2號 (40.1 t/ha) 及中國長品系 (39.9 t/ha)，但差異不顯著（表5）。

由表6之結果可知，南投縣南投市6種山藥之單株塊莖收量平均量爲977g，不同品種系間之差異極爲顯著 ($p < 0.01$)，收量較高者爲80W02（中國長品系）之1,986g，及70W47（二刺品系）之1,661g，其次爲70R16（紫玉血薯品系）之1,120g，最小者爲70W49（青森品系）、70W59（大淮品系）及TNG2，此3品種系單株塊莖之收量介於234~484g。單株薯塊數目最多者爲70W47之2.3粒，其次爲80W02之1.7粒，及TNG2之1.3粒。塊莖之平均長度爲45.9 cm，最長的爲80W02、70W47、70W59及70W49，長度介於47~57 cm，其次爲70R16之38.6cm，最短的爲TNG2之25.3cm。塊莖之平均寬度爲5.2cm，最寬的爲70R16之7.3cm，最窄的爲70W59之2.5cm。塊莖之平均厚度爲42.3mm，最厚的爲70R16、80W02及TNG2，厚度在52mm以上，最薄的爲70W59之23.1mm。參試山藥最大單粒塊莖之平均收量爲782g，80W02達1,533g，其餘品系介於231~1,105g。在塊莖公頃產量方面，6種山藥參試品種系之平均公頃產量爲23.3 t/ha，其中80W02之公頃產量高達47.3 t/ha，其次爲70W47之39.5 t/ha，有3品系之塊莖公頃產量低於12 t/ha，其中台農2號之產量爲11.5 t/ha（表6）。

表6. 不同海拔對山藥塊莖性狀與收量之影響（南投）

Table 6. Effects of different elevations on the tuber characteristics and yield of *Dioscorea spp.* among 6 different varieties and lines at Nan-Tou area

No.	Var. & lines	Tuber					Largest tuber(g)	Yield (t/ ha)
		(no./pl.)	wt. (g)	length(cm)	width (cm)	thick.(mm)		
1	70W47	2.3 a[z]	1,661 ab	53.9 a	5.1 bc	41.84 ab	979 abc	39.53 ab
2	70W49	1.0 b	377 c	47.0 a	4.0 cd	30.84 bc	377 cd	8.97 c
3	70W59	1.1 b	234 c	54.1 a	2.5 d	23.14 c	231 d	5.57 c
4	80W02	1.7 ab	1,986 a	56.7 a	6.9 ab	52.26 a	1,533 a	47.27 a
5	70R16	1.1 b	1,120 b	38.6 ab	7.3 a	53.32 a	1,105 ab	26.66 b
6	TNG2	1.3 b	484 c	25.3 b	5.5 abc	52.15 a	469 bcd	11.52 c

[z] Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by the LSD Test.

由表7之結果可知，南投縣信義鄉羅娜村5種山藥之單株塊莖平均收量爲797g，不同品種系間之差異顯著 ($p < 0.05$)，收量較高者爲70R16（紫玉血薯品系）之1,058g，及70W47（二刺品系）之1,002g，收量最小者爲80W02（中國長品系）、TNG1及TNG2，三品種系單株塊莖收量介於596~691g。單株薯塊數目最多者爲70R16之3.1粒，其次爲80W02之及TNG1之2.7粒。塊莖之平均長度爲32.1cm，最長的爲70W47之63.3cm，其餘之長度顯著短小，介於13~29cm。塊莖之平均寬度爲5.4cm，最寬的爲70R16及TNG1之6cm左右，其餘之寬度介於4.6~4.8cm。塊莖之平均厚度爲45.5 mm，最厚的爲TNG1之63mm，其餘之厚度介於39~43mm。參試山藥最大單粒塊莖之平均收量爲596g，70W47可達982g，其次爲70R16之690g，其餘品系介於376~476g。在塊莖公頃產量方面，5種參試品種系之平均公頃產量爲19.0 t/ha，其中70R16之產量可達25.2 t/ha，其次爲70W47之23.9 t/ha，其餘3品系之產量介於14~17 t/ha，其中台農2號爲16.5 t/ha，中國長品系爲14.2 t/ha（表7）。

表7. 不同海拔對山藥塊莖性狀與收量之影響（羅娜）

Table 7. Effects of different elevations on tuber characteristics and yield of *Dioscorea spp.* among 5 different varieties and lines at Lo-Na area

No.	Var. & lines	Tuber					Largest tuber(g)	Yield (t/ ha)
		(no./pl.)	wt. (g)	length(cm)	width (cm)	thick.(mm)		
1	70W47	1.2 b[z]	1,002 ab	63.3 a	4.6 b	42.16 b	982 a	23.85 ab
2	80W02	2.7 a	596 c	21.4 b	4.8 b	39.86 b	376 c	14.18 c
3	70R16	3.1 a	1,058 a	33.7 b	6.2 a	42.40 b	690 b	25.18 a
4	TNG 1	2.7 a	638 c	13.8 b	6.9 a	63.01 a	455 bc	15.18 c
5	TNG 2	2.1 ab	691 bc	28.4 b	4.7 b	40.03 b	476 bc	16.45 bc

[z] Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by the LSD Test.

由表8之結果可知，新竹縣尖石鄉7種山藥之單株塊莖平均收量爲742g，不同品種系間之差異極爲顯著 ($p < 0.01$)，收量較高者爲80W02（中國長品系）及TNG1，可達1,100g以上，其次爲TNG2、70R16（紫玉血薯品系）及70W47（二刺品系），收量最小者爲70W51（恆春品系）之143g。單株薯塊數目最多者爲80W02及TNG1之2.2粒，70R16爲1.9粒，其餘品種系皆爲1粒。塊莖之平均長度爲44.9cm，最長的爲70W70（陽明品系）之85.7cm，其餘之長度介於18~61cm。塊莖之平均寬度爲5.5 cm，最寬的爲TNG1之10.1cm，其餘之寬度介於2~7cm。塊莖之平均厚度爲41.8mm，最厚的爲TNG1之78.5mm，其餘之厚度介於16~51mm。參試山藥最大單粒塊莖之最大收量爲80W02之983g，及TNG1之962g，其餘品系介於143~808g。在塊莖公頃產量方面，7種山藥參試品種系之平均公頃產量爲17.8 t/ha，其中TNG1之產量可達31.9 t/ha，其次爲80W02之27.3 t/ha，其餘品系之公頃產量低於20 t/ha，台農2號之產量爲19.2 t/ha，而70W51只有3.4 t/ha（表8）。

由表9之結果可知，新竹縣關西鎮5種山藥之單株塊莖平均收量爲1,043g，不同品種系間之差異極爲顯著 ($p < 0.01$)，收量較高者爲80W02（中國長品系）之2,154g，及TNG2及70R20（名間長紅品系）約爲1,000g，其次爲70R16（紫玉血薯品系）之596g，收量最小者爲70W47（二刺品系）之397 g。單株薯塊數目最多者爲80W02之3.6粒，其餘品種系介於1.0~2.3粒。塊莖之平均長度爲30.3cm，最長的爲80W02之43cm，其餘之長度介於21~32cm。塊莖之平均寬度爲5.9cm，最寬的爲TNG2之7.3cm，其餘之寬度介於4.0~6.0cm。塊莖之平均厚度爲51.4mm，最厚的爲TNG2之60.6mm及70R16之58.7mm，其餘之厚度介於37~53mm。參試山藥單粒塊莖之最大收量爲80W02之1,039g，及TNG2之931g，其餘品系介於397~729g。在塊莖公頃產量方面，5種山藥參試品種系之平均公頃產量爲24.8 t/ha，其中80W02之公頃產量高達51.3 t/ha，其次爲70R20及TNG2之24 t/ha左右，70R16之公頃產量

表8. 不同海拔對山藥塊莖性狀與收量之影響（尖石）

Table 8. Effects of different elevations on tuber characteristics and yield of *Dioscorea spp.*among 7 different varieties and lines at Gieng-Sie area

No.	Var. & lines	Tuber					Largest tuber(g)	Yield (t/ ha)
		(no./pl.)	wt. (g)	length(cm)	width (cm)	thick.(mm)		
1	70W47	1.0 a [z]	660 b	48.3 bc	4.3 d	33.88 de	660 abc	15.71 b
2	70W51	1.0 a	143 c	60.3 b	2.0 e	16.61 f	143 d	3.40 c
3	70W70	1.0 a	414 bc	85.7 a	3.1 e	25.37 ef	414 cd	9.85 bc
4	80W02	2.2 a	1,148 a	46.4 e	5.6 c	48.19 bc	983 a	27.32 a
5	70R16	1.9 a	730 b	26.2 d	6.3 bc	39.10 cd	580 bc	17.37 b
6	TNG1	2.2 a	1,340 a	18.7 d	10.1 a	78.54 a	962 a	31.89 a
7	TNG2	1.0 a	808 b	28.9 d	7.0 b	50.58 b	808 ab	19.23 b

[z] Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by the LSD Test.

表9. 不同海拔對山藥塊莖性狀與收量之影響（關西）

Table 9. Effects of different elevations on tuber characteristics and yield of *Dioscorea spp.* among 5 different varieties and lines at Quan-Si area

No.	Var. & lines	Tuber					Largest tuber(g)	Yield (t/ ha)
		(no./pl.)	wt. (g)	length(cm)	width (cm)	thick.(mm)		
1	70W47	1.0 c	397 c	30.2 bc	4.0 c	37.61 c	397 b	9.45 c
2	80W02	3.6 a	2,154 a	43.0 a	5.5 b	47.62 b	1,039 a	51.27 a
3	70R16	1.8 bc	596 bc	21.7 c	6.6 ab	58.65 a	553 b	14.18 bc
4	70R20	2.3 b	1,044 b	25.7 bc	6.0 ab	52.34 ab	729 ab	24.85 b
5	TNG2	1.4 bc	1,026 b	31.2 b	7.3 a	60.62 a	931 a	24.42 b

[z] Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by the LSD Test.

爲14.2 t/ha，而70W47則只有9.5 t/ha（表9）。

綜合比較表5~9及1998年在台中之山藥公頃產量結果[34]可知，不同海拔6處試區參試山藥品種系之平均公頃產量差異很大：台中本所試區13種山藥爲27.7 t/ha，名間鄉7種山藥爲44.5 t/ha，南投市6種山藥爲23.3 t/ha，羅娜村5種山藥爲19.0 t/ha，尖石鄉7種山藥爲17.8 t/ha，關西鎮5種山藥爲24.8 t/ha；海拔較高之羅娜村及尖石鄉之山藥公頃產量皆在20 t/ha以下，產量最高之試區爲名間鄉，其次爲台中本所試區，南投市及關西鎮之山藥公頃產量介於23~25 t/ha，名間鄉之山藥公頃產量約爲羅娜村及尖石鄉之2.3及2.5倍。針對6處不同海拔試區兩個共同品種系：80W02（中國長品系）及TNG2（台農2號）而言，台農2號在台中、名間、南投、羅娜、尖石及關西6試區之公頃產量依次爲45.6、40.1、11.5、16.5、19.2及24.4 t/ha，台中及名間試區之台農2號產量可達40 t/ha以上，約爲羅娜村之2.8及2.4倍；中國長品系在台中、名間、南投、羅娜、尖石及關西之公頃產量依次爲34.0、39.9、47.3、14.2、27.3及51.3 t/ha，台中及名間試區中國長品系之產量介於34~40 t/ha間，而關西及南投試區之產量卻高達47 t/ha以上，關西試區中國長品系之產量約爲羅娜村之3.6倍。此外，由不同山藥在6處海拔試區塊莖產量之比較結果可知，二刺品系（70W47，在名間及南投試區）、台農1號（TNG1，在名間）、台農2號（TNG2，在名間）、汕二品系（70W34，在名間）、汕三品系（70W35，在名間）及中國長品系（80W02，在名間、南投及關西）等之塊莖產量表現極爲優異，公頃產量皆有達40 t/ha以上之記錄（表5~9）。

二、多元化山藥新優良品種系之開發：

於1999年在台中本所農場進行四項不同類別山藥塊莖性狀與產量之比較試驗：(1)中型山藥13品種系塊莖性狀與產量之比較，(2)長型山藥8品種系塊莖性狀與產量之比較，(3)6種圓莖山藥及2對照品種系塊莖性狀與產量之比較，及(4)紅肉山藥8品系及2對照品種系塊莖性狀與產量之比較，結果列如表10、11、12及表13。

由表10之結果可知，13種中型山藥（50cm>塊莖長度>20cm）之單株塊莖平均收量爲1,764g，不同品種系間之差異不顯著 ($p > 0.05$)，收量在2,200g以上者爲70W17(特七品系)及70W34（汕二品系），其次爲70W42（大葉壽豐品系）、70R16（紫玉血薯品系）及TNG2（台農2號），此3品種系塊莖之收量可達1,900g以上，最小的70W03（台東品系）也有1,320g。單株薯塊數目最多者爲70W06（特三品系）、70R16及70R20（名間長紅品系）之3.1~3.3粒，TNG2爲2.0粒，粒數最少者爲70W17之1.4粒。塊莖之平均長度爲28.1cm，最長的爲70W34之43.2cm，最短的爲70W03之20.0cm。塊莖之平均寬度爲10.4cm，最寬的爲70W08（特11品系）之13.8cm，最窄的爲70W35（汕三品系）之8.5cm，及70R20之8.6cm，差異顯著。塊莖之平均厚度爲63.9mm，最厚的爲70W17之72.9mm，較薄的爲70R20之55.4mm。在參試之中型山藥品種系最大單粒塊莖之平均收量達1,298g，除了最輕之70R20爲978g外，其餘品系皆高於1,000g。在塊莖公頃產量方面，13種山藥參試品種系中，有2品系之塊莖公頃產量高於54 t/ha，有7品系之公頃產量高於40 t/ha，有4品系之塊莖公頃產量達31.4 t/ha以上，公頃產量最高者爲70W17及70W34，高達54.6~55.0 t/ha，此外，產量高於台農2號之45.3 t/ha者爲70R16之47.3 t/ha及70W42之46.2 t/ha，產量最低的70W03亦可達31.4 t/ha，13參試品種系之平均公頃產量高達42.9 t/ha，惟品種系產量間之差異未達顯著水準 ($p > 0.05$)（表10）。

表10. 中型山藥不同品種系塊莖性狀與收量之比較（台中）

Table 10. Comparison on the characteristics and yield of *Dioscorea spp.*of middle-shaped tubers among 13 different varieties and lines at Taichung area

No.	Var. & lines	Tuber					Largest tuber(g)	Yield (t/ ha)
		(no./pl.)	wt. (g)	length(cm)	width (cm)	thick.(mm)		
1	70W03	2.6 a[z]	1,320 a	20.0 d	11.2 ab	58.7 ab	1,036 ab	31.42 a
2	70W06	3.1 a	1,827 a	22.9 cd	9.6 ab	65.2 ab	1,091 ab	43.48 a
3	70W08	2.1 a	1,760 a	21.1 cd	13.8 a	68.9 ab	1,307 ab	41.89 a
4	70W17	1.4 a	2,310 a	37.1 ab	12.0 ab	72.9 a	2,160 a	54.98 a
5	70W23	2.0 a	1,492 a	24.3 bcd	10.3 ab	67.9 ab	1,150 ab	35.51 a
6	70W34	1.9 a	2,293 a	43.2 a	8.9 ab	60.6 ab	2,067 ab	54.57 a
7	70W35	2.1 a	1,684 a	33.8 abc	8.5 b	59.6 ab	1,301 ab	40.08 a
8	70W42	2.4 a	1,940 a	27.4 bcd	10.7 ab	68.3 ab	1,474 ab	46.17 a
9	70W72	2.5 a	1,663 a	26.0 bcd	11.2 ab	65.8 ab	1,080 ab	39.58 a
10	83CM121	2.8 a	1,827 a	26.2 bcd	9.9 ab	66.4 ab	1,133 ab	43.48 a
11	70R16	3.3 a	1,987 a	28.2 bcd	12.8 ab	62.3 ab	1,317 ab	47.29 a
12	70R20	3.3 a	1,446 a	26.8 bcd	8.6 b	55.4 b	978 b	34.41 a
13	TNG2	2.0 a	1,905 a	33.3 abcd	10.1 ab	66.6 ab	1,453 ab	45.34 a

[z] Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by the LSD Test.

由表11之結果可知，6種長型山藥（塊莖長度> 50cm）及2對照品種系（台農2號及名間長紅品系）單株塊莖之平均收量高達2,547g，不同品種系間之差異不顯著 ($p > 0.05$)，收量在3,200g以上者爲70W47（二刺品系），其次爲70W75（基隆大葉品系）及TNG2（台農2號），此2品種系塊莖之收量皆

在2,700g以上，最小者爲70R20（名間長紅品系）之2,040g。單株薯塊數目最多者爲70W48（北投品系）之8.3粒，粒數最少者爲70W73（F155品系）之3.6粒，及TNG2之2.8粒，品種系間之差異顯著 ($p < 0.05$)。塊莖之平均長度爲61.0cm，最長的爲F155之78.7cm，其次爲70W70（陽明品系）、70W47及70W75，三品系皆有71cm以上之長度，最短的爲70W48、80W02（中國長品系）、70R20及TNG2，長度介於31.4~38.2cm。塊莖之平均寬度爲7.2cm，最寬的爲TNG2及70R20，寬度皆在10cm以上，最窄的爲70W75、70W47、70W70及70W73，寬度介於5.4~6.8cm，差異極顯著 ($p < 0.01$)。塊莖之平均厚度爲47.9mm，最厚的爲TNG2之65.7 mm，較薄的爲70W75、70W70及70W73，厚度介於39.1~44.5mm。8種參試山藥最大單粒塊莖之平均收量達1,253g，以TNG2之1,810g最重，其次爲70W47之1,703g，而以70W48之863g最輕。在塊莖公頃產量方面，8種山藥參試品種系之平均公頃產量高達59.8 t/ha，其中70W47高達76.8 t/ha，另有70W75、70W73及TNG2等3品種系之公頃產量高於61 t/ha，有3品系之產量高於52 t/ha，公頃產量最低爲70R20亦高達48.6 t/ha，惟品種系間產量之差異未達顯著水準 ($p > 0.05$)（表11）。

表11. 長型山藥不同品種系塊莖性狀與收量之比較（台中）

Table 11. Comparison on the characteristics and yield of *Dioscorea spp.* of long-shaped tubers among 8 different varieties and lines at Taichung area

No.	Var. & lines	Tuber					Largest tuber(g)	Yield (t/ ha)
		(no./pl.)	wt. (g)	length(cm)	width (cm)	thick.(mm)		
1	70W75	5.1 ab	2,780 a	71.5 a	5.7 d	40.69 d	1,238 bc	66.16 a
2	70W47	4.7 ab	3,225 a	75.5 a	6.8 d	50.43 c	1,703 ab	76.76 a
3	70W48	8.3 a	2,193 a	38.1 b	8.8 c	52.66 bc	863 c	52.19 a
4	70W70	4.6 ab	2,310 a	76.4 a	5.4 d	39.10 d	1,162 c	54.98 a
5	70W73	3.6 b	2,568 a	78.7 a	6.3 d	44.45 d	1,263 bc	61.12 a
6	80W02	6.2 ab	2,261 a	35.9 b	9.3 bc	56.64 b	1,095 c	53.81 a
7	70R20	5.0 ab	2,040 a	31.4 b	10.2 ab	56.41 b	1,190 c	48.55 a
8	TNG2	2.8 b	2,710 a	38.2 b	10.7 a	65.74 a	1,810 a	64.50 a

[z] Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by the LSD Test.

由表12之結果可知，6種圓莖山藥之單株塊莖平均收量僅爲307g，而二對照品種系（70R20及TNG2）之單株塊莖平均收量則高達2,330g，品種系間之差異極顯著 ($p < 0.01$)。單株薯塊數目最多者爲70R20之5.2粒，粒數最少者爲70W51（恆春品系）之1.0粒，品種系間之差異顯著 ($p < 0.05$)。塊莖之平均長度爲34.1cm，最長的爲70W51之60.0cm，其次爲TNG2之39.1cm及70W49（青森品系）之37.9cm，最短的爲70W20（屏地品系）、70W41（自然品系）、70W44（茨城品系）、70W59（大淮品系）及70R20，長度介於17.6~31.2cm，品種系間之差異顯著 ($p < 0.05$)。塊莖之平均寬度爲7.0cm，最寬的爲TNG2及70R20，寬度皆在10cm以上，最窄的70W51寬度僅3.3cm，差異極顯著 ($p < 0.01$)。塊莖之平均厚度爲38.1mm，最厚的爲TNG2及70R20，寬度皆在54mm以上，較薄的爲70W49及70W51，厚度介於23.1~28.3mm。在參試山藥中最大單粒塊莖之平均收量以TNG2之1,760g最重，其次爲70R20之1,030g，而以70W44之172g最輕。在公頃產量方面，6種圓莖山藥之平均公頃產量介於4.05~9.21 t/ha間，而以對照品種TNG2之公頃產量最高，達63.07 t/ha，70R20次之爲47.84 t/ha，品種系間產量差異達極顯著水準 ($p < 0.01$)（表12）。

由表13之結果可知，8種紅肉山藥及2對照品種系（70R20及TNG2）之單株塊莖平均收量達1,093g，不同品種系間之差異不顯著 ($p > 0.05$)，收量在1,420g以上者爲70R22（松柏長紅品系）、

表12. 圓莖山藥不同品種系塊莖性狀與收量之比較（台中）

Table 12. Comparison on the tuber characteristics and yield of *Dioscorea spp.* among 8 different varieties and lines with circle-shaped vine at Taichung area

No.	Var. & lines	Tuber					Largest tuber(g)	Yield (t/ ha)
		(no./pl.)	wt. (g)	length(cm)	width (cm)	thick.(mm)		
1	70W20	1.3 c z	170 h	26.4 b	4.2 cd	31.14 bc	161 h	4.05 h
2	70W41	1.5 bc	290 g	31.2 b	7.3 abc	35.57 bc	264 f	6.90 g
3	70W44	3.7 ab	339 d	17.6 b	7.1 bc	33.45 bc	172 g	8.07 d
4	70W49	1.3 c	387 c	37.9 ab	7.7 abc	28.27 c	357 c	9.21 c
5	70W51	1.0 c	338 e	60.0 a	3.3 d	23.13 c	338 d	8.04 e
6	70W59	1.7 bc	315 f	29.3 b	5.3 cd	33.97 bc	269 e	7.50 f
7	70R20	5.2 a	2,010 b	30.9 b	10.1 ab	54.41 ab	1,030 b	47.84 b
8	TNG2	2.5 bc	2,650 a	39.1 ab	10.6 a	64.57 a	1,760 a	63.07 a

[z] Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by the LSD Test.

83CM302（紅毛薯品系）及TNG2，其次爲70R01（埔一品系）之1,327g，最小者爲70R20（名間長紅品系），僅爲583g。單株薯塊數目最多者爲83CM204（二紅品系）之5.9粒，粒數最少者爲TNG2之2.0粒。塊莖之平均長度爲30.7cm，最長的爲TNG2之34.8cm，其次爲70R16（紫玉血薯品系）及70R22，皆有25cm以上之長度，其餘品系之長度介於10.1~22.0cm。塊莖之平均寬度爲9.9cm，最寬的爲83CM302之14.7cm，最窄的爲83CM206（紅皮長品系）及70R20，寬度介於5.9~6.1cm，差異極顯著 ($p < 0.01$)。塊莖之平均厚度爲51.3mm，最厚的爲70R01之61.3mm，其次爲70R09（嘉扁紅品系）、70R22、83CM302及TNG2，較薄的爲70R10（竹山紫品系）及83CM206，厚度介於37.6~39.6mm。在參試山藥中最大單粒塊莖之平均收量爲625g，以TNG2之1,073g最重，其次爲70R22之893g，而以83CM204、83CM206及70R20最輕。在公頃產量方面，10種參試山藥品種系之平均公頃產量高達26.0 t/ha，其中70R22、83CM302、TNG2及70R01之塊莖公頃產量可達31 t/ha以上，另有70R09、70R10及70R16等3品種系之塊莖公頃產量可達20 t/ha以上，有3品系之塊莖公頃產量低於19 t/ha，公頃產量最低者爲70R20之13.9 t/ha，惟品種系間之產量差異未達顯著水準 ($p > 0.05$)（表13）。

表13. 紅色山藥不同品種系塊莖性狀與收量之比較（台中）

Table 13. Comparison on the characteristics and yield of *D. purpurea* of red flesh tubers among 10 different varieties and lines at Taichung area

No.	Var. & lines	Tuber					Largest tuber(g)	Yield (t/ ha)
		(no./pl.)	wt. (g)	length(cm)	width (cm)	thick.(mm)		
1	70R01	4.5 abz	1,327 ab	10.1 b	12.9 ab	61.34 a	760 ab	31.58 ab
2	70R09	4.3 abc	1,103 abc	14.4 b	12.8 ab	59.46 a	677 abc	26.25 abc
3	70R10	5.7 abc	882 abc	14.2 b	10.3 abc	39.63 c	376 bc	20.99 abc
4	70R16	3.8 ab	1,197 abc	25.4 a	9.6 abc	52.77 ab	772 ab	28.49 abc
5	70R22	3.3 bc	1,487 a	29.1 a	7.9 bc	56.07 a	893 a	35.39 a
6	83CM204	5.9 a	677 bc	13.1 b	10.0 abc	46.07 bc	330 c	16.11 bc
7	83CM206	4.9 ab	783 abc	19.7 b	6.1 c	37.55 c	339 c	18.64 abc
8	83CM302	3.9 abc	1,467 a	22.0 b	14.7 a	58.40 a	690 abc	34.91 a
9	70R20	4.3 abc	583 c	20.0 b	5.9 c	45.69 bc	337 c	13.88 c
10	TNG2	2.0 c	1,427 a	34.8 a	8.4 bc	55.98 a	1,073 a	33.96 a

[z] Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by the LSD Test.

綜合比較表10~13台中本所試區四類別山藥之公頃產量可知，參試山藥品種系之平均公頃產量如下：中型山藥類13種品種系爲42.9 t/ha，長型山藥類6種山藥不包括對照之台農2號及名間長紅品系爲60.8 t/ha，包括對照之台農2號及名間長紅品系爲59.8 t/ha，圓莖山藥類6種山藥不包括對照之台農2號及名間長紅品系爲7.3 t/ha，包括對照之台農2號及名間長紅品系爲19.3 t/ha，紅肉山藥類8種山藥不包括對照之台農2號及名間長紅品系爲26.5 t/ha，包括對照之台農2號及名間長紅品系爲26.0 t/ha；6種長型山藥之公頃平均產量60.8 t/ha，明顯高於13種中型山藥之42.9 t/ha、6種圓莖山藥之7.3 t/ha及8種紅肉山藥之26.5 t/ha。針對兩個共同品種系：70R20（名間長紅品系）及TNG2（台農2號）而言，台農2號在中型山藥類、長型山藥類、圓莖山藥類及紅肉山藥類之公頃產量依次爲：45.3、64.5、63.1及34.0 t/ha，台農2號在此四類別山藥試區之平均公頃產量高達51.7 t/ha；名間長紅品系在此四類之公頃產量依次爲：34.4、48.6、47.8及13.9 t/ha，名間長紅品系之平均公頃產量達36.2 t/ha。比較中型及長型山藥之塊莖產量可知，中型山藥以特三品系 (70W06)、特七品系 (70W17)、特11品系 (70W08)、汕二品系 (70W34)、汕三品系 (70W35)、大葉壽豐品系 (70W42)、J07品系 (70W72) 及泰雅品系 (83CM121) 之塊莖產量表現最爲優異，長型山藥以基隆大葉品系 (70W75)、二刺品系 (70W47)、北投品系 (70W48)、陽明品系 (70W70)、F155品系 (70W73)、中國長品系 (80W02) 之塊莖產量表現最爲優異，上述品系在這兩類中之公頃產量皆有達40 t/ha以上之記錄。紅肉山藥除紫玉血薯品系 (70R16) 及名間長紅品系 (70R20) 之塊莖產量有40 t/ha以上之記錄外，其他僅埔一品系 (70R01)、松柏長紅品系 (70R22) 及紅毛薯 (83CM302) 之塊莖產量可達30 t/ha以上（表10~13）。

三、山藥塊莖內抗氧化酵素性活性之比較：

(一) 山藥塊莖內過氧化酶 (Peroxidase, PO, EC 1.11.1.7) 活性之比較：山藥15品種系塊莖PO活性之差異頗大，PO活性最大者爲70W35（汕三品系）之1.36 (Δ OD/ g. fw/min)，其次爲70W34（汕二品系）之0.96及TNG2（台農2號）之0.82與70W42（大葉壽豐品系）0.80；PO活性最小者爲70W03（台東品系）之0.06及70W20（恆春品系）之0.09。70W35品系之PO活性約爲70W03之23倍，爲70W20之15倍（表14）。

(二) 山藥塊莖內多酚氧化酶 (Polyphenol oxidase, PPO, EC 1.10.3.1) 活性之比較：參試山藥塊莖PPO活性之差異亦大，PPO活性最大者爲70W20（恆春品系）之7.40 (Δ OD/ g. fw/min)，其次爲70W47（二刺品系）之6.74、TNG1（台農1號)之5.28，以及70W35（汕三品系）之4.02；PPO活性最小者爲70W49（青森品系）之0.66，以及80W02（中國長品系）之0.71、70W42（大葉壽豐品系）之0.72與70W59（大淮品系）之0.92，70W20及70W47之PPO活性約爲70W49之11及10倍（表14）。

(三) 山藥塊莖內超氧歧化酶 (SOD) 活性之比較：15山藥品種系塊莖SOD活性之差異很大，SOD活性最大者爲70W47（二刺品系）之81.9 (Δ unit/ g. fw)，其次爲70W35（汕三品系）之73.0及70W34(汕二品系）之70.7；SOD活性最小者爲70W70（陽明品系）之5.7，70W47品系之SOD活性約爲70W70之14倍（表14）。

(四) 山藥塊莖內觸酶 (CAT) 活性之比較：參試山藥塊莖CAT活性之差異亦大，CAT活性最大者爲70W35（汕三品系）之0.23 (Δ μmol/ g. fw/min) 及70R16（紫玉血薯）之0.23，其次爲70W42（大葉壽豐品系）之0.18及70W47（二刺品系）之0.18；CAT活性最小者爲70W73（F155品系）之0.05及70W59（大淮品系）之0.09，70W35及70R16之CAT活性約爲70W73之4.6倍（表14）。

(五) 山藥塊莖內麩胱苷肽還原酶 (GR) 活性之比較：參試山藥塊莖GR活性之差異亦大，GR活性最大者爲70W59（大淮品系）之4.64 (Δ μmol/ g. fw/min) 及70W20（恆春品系）之4.41；GR活性最小者爲80W02（中國長品系）之1.67與70W70（陽明品系）之1.74，70W59之GR活性約爲80W02之2.8倍（表14）。

表14. 參試15個山藥品種系塊莖抗氧化酵素活性之比較

Table 14. Comparison on antioxidant enzyme activity among 15 different varieties and lines of *Dioscorea spp.*

No.	Var. & Lines	Scientific name	PO A470 /g fw/min	PPO A420 /g fw/min	SOD Unit/g fw	CAT μmol /g fw/min	GR μmol /g fw/min
1	TNG1	*D. alata*	0.69+0.01	5.28+0.50	52.9+36.1	0.12+0.07	3.16+0.98
2	TNG2	*D. alata*	0.82+0.10	1.84+0.13	65.0+17.2	0.11+0.05	3.33+0.40
3	70W34	*D. alata*	0.96+0.24	3.65+2.06	70.7+ 6.5	0.10+0.07	3.24+0.51
4	70W35	*D. alata*	1.36+0.67	4.02+1.06	73.0+25.8	0.23+0.06	2.83+0.44
5	70W03	*D. alata*	0.06+0.03	2.60+2.06	45.0+16.7	0.17+0.09	2.12+1.57
6	80W02	*D. alata*	0.48+0.12	0.71+0.46	51.4+24.0	0.17+0.05	1.67+1.41
7	70W47	*D. alata*	0.12+0.04	6.74+0.05	81.9+ 8.1	0.18+0.07	2.36+0.43
8	70W42	*D. alata*	0.80+0.04	0.72+0.11	48.1+ 7.0	0.18+0.04	2.44+0.67
9	70W73	*D. spp.*	0.31+0.14	2.87+1.29	63.0+48.9	0.05+0.02	3.27+0.42
10	70W70	*D. spp.*	0.47+0.44	2.05+0.77	5.7+ 3.2	0.16+0.01	1.74+0.42
11	70W59	*D. batatas*	0.21+0.08	0.92+0.19	37.0+ 8.4	0.09+0.04	4.64+0.08
12	70W20	*D. doryophora*	0.09+0.08	7.40+2.81	47.1+ 8.1	0.13+0.05	4.41+0.17
13	70W49	*D. japonica*	0.32+0.02	0.66+0.14	47.0+22.8	0.16+0.05	3.85+0.49
14	70R16	*D. purpurea*	0.14+0.02	1.66+1.57	59.3+ 5.1	0.23+0.08	2.03+0.49
15	70R20	*D. purpurea*	0.14+0.02	2.48+0.69	61.0+12.0	0.17+0.03	1.93+1.01

比較15個參試山藥品種系之塊莖內，各種抗氧化酵素含較高活性之前5個品種系之結果可知，70W35在五種抗氧化酵素活性中，有PO、PPO、SOD及CAT等四種抗氧化酵素活性含較高活性；70W34有PO、PPO及SOD等三種抗氧化酵素含較高活性；TNG2亦有PO、SOD及GR等含較高活性；70W47在PPO、SOD及CAT等三抗氧化酵素含較高活性，其中70W47之SOD活性高達81.9 (Δ unit/ g. fw)，明顯高過其他山藥品種系。另有品種系具二種抗氧化酵素且含較高活性的如：TNG2之PO及PPO，70W73之SOD及GR，以及70W20之PPO及GR。綜合比較15個參試山藥品種系之生產潛力與5種抗氧化酵素之活性大小可知，70W47、70W35、70W34、TNG2及70W73等5山藥品種系爲兼具生產與抗氧化潛力之山藥品種系，值得探討是否進行深入開發與利用。

討 論

山藥爲國際性重要農園藝與根莖作物之一，亦爲重要之保健藥用植物，其塊莖具備高產及富含營養之特色，自古以來即被人們利用爲極佳補虛保健食品或養生治病藥材[6, 9]，行政院農業委員會亦將山藥列爲目前重點發展之特用作物。根據現代分析資料、醫藥報告與歷年本草典籍可知，山藥富含多種重要成分如抗氧化酵素、粘質多醣體及diosgenin等[26]，具有增強免疫、抗腫瘤與抗關節炎之功能，可誘生干擾素與增生T淋巴細胞，另具消除蛋白尿、抑制細胞突變及降低膽固醇等作用[10]。全球山藥眾多種原中，應有不少物種，值得進行引種、繁殖、評估、篩選與生產利用。台灣之氣候土質很適宜山藥生長，栽培管理簡單，且病蟲害不多，以往山藥產量與產值不高之因，與未能愼選品種、未能建立穴管栽培技術、及未能開發多元化加工產品有關。就1998年在台中試區之13種山藥品種系而言，下列5品種系具有高產優質之特色：如山藥台農2號（產量可達46 t/ha）、大葉壽豐品系（產量達44 t/ha）、二刺品系（產量達42 t/ha）、大汕三品系（產量38 t/ha）、或中國長品系（產量34 t/ha）等[34]；由本研究在其他5試區之參試山藥品種系之表現而言，二刺品系（在名間及南投試區），台農1號、台農2號、汕二品系及汕三品系（均在名間），以及中國長品系（在名間、南投及關西）等之塊莖產量皆有達40 t/ha以上之記錄。若能選擇種植上述高產優質之品種，且管理得宜，同時配合開發多元化加工產品，

則塊莖之產量與收益將不至太差，可使農民獲益不少。

除了上述高產優質之品種系外，本研究另針對多元化山藥新優良品種系之開發，進行四種不同類別山藥之比較，試驗結果指出，下列之新品種系亦深具開發潛力，如中型山藥類之特三品系 (70W06)、特七品系 (70W17)、特11品系 (70W08)、大葉壽豐品系 (70W42)、J07品系 (70W72)及泰雅品系 (83CM121) 等之公頃產量可高達40 t/ha以上；長型山藥類之基隆大葉品系 (70W75)、北投品系 (70W48)、陽明品系 (70W70) 及F155品系 (70W73) 等之塊莖產量表現更爲優異，公頃產量皆高達50 t/ha以上；紅肉山藥除紫玉血薯品系 (70R16) 及名間長紅品系 (70R20) 之塊莖產量有40 t/ha以上之記錄外，其他僅埔一品系 (70R01)、松柏長紅品系 (70R22) 及紅毛薯 (83CM302) 之塊莖產量具有30 t/ha以上之潛力（表10~13）。表12中6種圓莖山藥之平均公頃產量雖僅介於4.05~9.21 t/ha間，明顯低於中型及長型山藥類，亦不若紅肉山藥，惟由表14可知，3種圓莖山藥之GR活性爲所有參試山藥之前三位最高者，若能改進栽培技術，增多產量，則更具開發潛力。

過氧化酶爲一含鐵之蛋白質，參與氧化還原等催化反應，其電子接受者爲H_2O_2，而電子的供應者爲許多物質之基本成分，如phenolic compound、aromatic amines、ascorbic acid等，亦有報告指出其與catalase, IAA-oxidase, polyphenol oxidase等有關[20]。多酚氧化酶亦稱tyrosinase, cresolase, catechol oxidase或DOPA oxidase，爲一含銅之酵素，亦參與氧化還原反應，酚類化合物爲其主要受質[3, 5, 20]。多酚氧化酵素於植物體中具有重要之生理功能，與植物之防衛系統、傷口癒合及老化等有密切關係[38, 44]。超氧歧化酶爲人體內三大抗氧化酵素之一，其他尚包括catalase及GSSH-Px。SOD屬金屬酵素，遍佈於好氧性生物中，一般可分成三類：Copper(Cu^{2+}) SOD、non-heme Fe^{3+} SOD及manganese(Mn^{2+}) SOD。人體內大多以CuZn-SOD存在，Fe-SOD主要存在於原核生物，Mn-SOD則存於原核生物及粒腺體內[37]。觸酶屬於Fe III-hemeproteins，對H_2O_2及有機氫氧化物表現過氧化酵素的特性，其與heme peroxidase不同之處，在於heme peroxidase以有機氫氧化物做基質，而catalase用H_2O_2做雙分子的歧化作用，catalases一般存於植物體及好氧性微生物中[37]。麩胱苷肽過氧化酶 (glutathione peroxidase; GSH-Px) 一般存在動物組織中，並不存於細菌及高等植物。哺乳動物有兩種不同的GSH-Pxs：一種需依賴硒 (Se)，另一種不需要硒。GSHPx一般存在於血液、肝臟粒腺體及細胞溶質中，此酵素的受質是低分子量的GSH，GSH是由glycine, glutamate及cysteine三種胺基酸所構成之tripeptide，其還原態只有一個硫氫基，簡稱GSH，氧化態則兩個硫連接起來，稱GSSG。GSHPx能將GSH氧化成GSSG，在正常細胞中，經由glutathione reductase(GR) 之作用，GSSG亦可以還原成GSH[37]。抗氧化酵素superoxide dismutase(SOD)、catalase、glutathione reductase、glutathione S-transferase等酵素間的作用是息息相關的，若在體內分佈情形不同，如在腦部雖含較少量的catalase，卻含較多的GSH-Px，能合作來分解雙氧水，排除雙氧水的氧化壓力；此外，如果SOD的活性下降，以致產生過多的O_2時，catalase及glutathione peroxidase的活性也會受到抑制[37]。本研究比較15種不同山藥之五種抗氧化酵素之活性，或多或少可反應出山藥具備自我防衛系統及抗氧化特性[5, 26, 34]，惟其表現程度則依品種別而異（表14），而這些特性在細胞層次或生物體內層次之被吸收與被利用之效率如何，仍需進行深入探討。

此外，山藥亦具備不少抗氧化劑，如抗壞血酸，單寧，酚酸，多醣類，其它酚類及礦物元素等[26, 34]。抗氧化劑是一類能有效阻止或延緩自動氧化的物質，不少之合成抗氧化劑如丁基羥基甲氧苯 (butylated hydroxyanisole, BHA)、二丁基羥基甲苯 (butylated hydroxy toluene, BHT)、沒食子酸丙酯 (propyl gallate, PG) 及第三丁基對苯二酚 (tertiary butyl hydroquinone, TBHQ) 等，雖曾被廣泛應用過，但自1970年以來已被發現在安全上有問題：具有一定的毒性，甚至可能致畸或致癌，所以天然抗氧化劑的需求正日益殷切。近年來自天然物中已被分離純化出許多抗氧化物質[37]，相關之具體成果如下：大豆的異黃酮素 (isoflavonoides)，芝麻的lignan衍生物，茶葉的兒茶素 (catechin) 及茶黃素，野生日本葡萄及茄子的花青素 (anthocyanin)，迷迭香及鼠尾草的carnosol衍生物，薑的gingerol，辣椒的capsaicin

衍生物，鬱金的curcumin衍生物，百里香的類黃酮素 (flavonoids)，銀杏葉的ginkgolide，蜂膠的類黃酮素，米糠的oryzanol，花生殼的luteolin，稻穀的isovitexin，黃芩、陳皮、營實、十藥、葛根、桑白皮等的類黃酮素，五倍子、訶子、石榴皮、芍藥、牡丹皮、山茱萸的單寧，紫蘇的咖啡酸衍生物，決明子的anthracenedione衍生物，紫地丁的沒食子酸 (gallate acid)、黃烷酮及單寧等衍生物，羌活的phenethy ferulate，補骨脂的bakuchiol，草果的多酚化合物，翠玉茶梗的類黃酮素，肉豆蔻的丁香酚衍生物及雙聚物，鳳凰花的類黃酮素及沒食子酸十七酸酯等皆是。本研究僅就15種山藥之5種抗氧化酵素之活性進行初步分析與比較，後續之研究將分析更多山藥，進行其他相關抗氧化酵素與抗氧化物質之分析、比較及評估，更希望能與其他學術及醫藥研究單位合作，進行山藥在細胞層次或生物體內層次之分析與探討，俾供篩選確具抗氧化效用山藥品種之參考。

誌　謝

本研究承蒙行政院國家科學委員會補助計畫經費（計畫名稱：89年度藥用及保健植物-抗氧化山藥品種之引進、篩選、栽培與利用研究，計畫編號：NSC89-2317-B-055-008），試驗進行期間得蒙本所陳盛彰、白耀聰、郭朝水等先生，李秀美、賴美文、陳玫汶與林嘉凌等小姐之協助，謹致衷心謝意。

引用文獻

1. 山藥促銷與編輯小組。1993。山藥之利用與栽培。台灣省農業試驗所及花蓮區農業改良場編印。台中縣及花蓮縣。
2. 王昭月、賴永昌、譚增偉、劉新裕。1992。山藥之生產促進及省工栽培研究。中華農業研究41: 43-52。
3. 王俐婷、宋賢一、張珍田。1999。基隆山藥塊莖多酚氧化酵素之純化及性質研究。中國農業化學會誌37: 141-151。
4. 王伯徹。2000。食藥用菇保健食品之開發。科學與技術32: 18-27。
5. 王俐婷、張珍田、宋賢一。1999。基隆山藥塊莖多酚氧化酵素之動力學機制研究。中國農業化學會誌37: 455-461。
6. 行政院衛生署中藥典範編輯委員會。1985。山藥。中華民國中藥典範第一輯。577-579及660-664頁。台北市。
7. 朱汎琪、王俐婷、宋賢一、張珍田。1998。基隆山藥塊莖採收後之生化學研究。中國農業化學會誌36: 547-554。
8. 那琦、甘偉松、楊榮季。1978。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。
9. 林俊清。1986。山藥。新編生藥學（第I集）。116-123頁。高雄醫學院出版。高雄市。
10. 林俊清。1995。應用生藥學 (I) 生藥與自由基。富山出版社。高雄市。
11. 吳景陽。1999。燕麥之機能成份。科學與技術31: 34-41。
12. 吳景陽。2000。大麥之機能成份。科學與技術32: 16-23。
13. 金毅、郭成浩、李廣生。1999。補充硒和維生素E對大鼠心肌腺甘酸含量及抗氧化損傷的研究。營養學報21: 168-171。
14. 和紅、王福儉、蔡梅雪。1999。抗氧化維生素對內皮細胞增殖及凋亡的影響。營養學報21: 444-449。
15. 姜紹通、潘麗軍、龐思平、鄭志。1999。茶多酚—豬油乳化体系的抗氧化效果。Food Science 5: 9-11。
16. 涂瑞澤、黃政弘、陳惠婷。1999。豬紅血球中超氧歧化酵素的分離與性質鑑定。中國農業化學會誌37: 225-236。
17. 晏紹慶、華澤釗、劉寶林、周培根。2000。玻璃化保存草莓多酚氧化酵素和過氧化物活性變化的實驗研究。食品科學1: 58-62。
18. 馬希漢、尉芹。1999。銀杏葉提取物對食用油脂抗氧化作用的研究。食品科學6: 21-23。
19. 張進益。1988。山藥。經濟植物集。44-49頁。豐年社出版。
20. 黃文玲。1997。楊桃果實褐化潛勢與多酚氧化酵素活性、過氧化酵素活性、酚類化合物濃度及可溶性蛋白質濃度之關係。國立中興大學碩士論文。
21. 黃進發。2000。天然抗氧化物—麩胱甘肽之生理機能。科學與技術32: 39-46。
22. 黃進發。2000。食藥用菇的抗氧化SOD之研發與利用。科學與技術32: 43-53。
23. 郭玲、薛安娜、王淑琴、陳晉彥、吳元德。1999。氧自由基誘導細胞凋亡及硒與維生素E的防護作用。營養學報21: 163-167。

24. 陳介武。1999。機能性食品的現況與展望。Chinese Food 3: 70-77。
25. 陳明造、劉登城、胡素娟、許振忠、郭秀蘭。1998。抗壞血酸及α-生育醇之浸漬對鴨胸肉色澤安定性及脂質氧化之影響。中國畜牧學會會誌28: 125-132。
26. 都恆青、陳家暢、趙曦、李樹英、賈士奇、鄭清瑗、張留記。1995。山藥類之研究。pp: 1089-1131。摘自樓之岑、秦波主編之常用中藥材品種整理和質量研究北方編。
27. 楊棋明、楊智旭、趙璧玉。1999。市售黑豆與黃豆抗氧化力之灰預測比較。Nutrit. Sci. J. 2: 201-214。
28. 劉棠瑞、黃增泉。1978。Dioscoreaceae薯蕷科。pp: 100-109。Flora of Taiwan。
29. 劉新裕。1989。千里達山藥之生產能力與品質分析研究。中華農業研究38: 312-325。
30. 劉新裕、呂秀英、王昭月、賴永昌。1990。環境因子對山藥生長與產量之影響。中華農業研究39: 287-296。
31. 劉新裕、王昭月、徐原田、段中漢。1992。山藥台農1號之育成。中華農業研究41: 140-158。
32. 劉新裕、王昭月、徐原田、胡敏夫、楊宏仁、何琦琛。1996。山藥台農2號之育成。中華農業研究45: 260-284。
33. 劉新裕、張同吳、王昭月、徐原田、胡敏夫。1997。山藥台農2號之生產促進。中華農業研究46: 249-261。
34. 劉新裕、張同吳、林義恭、陳淑芬、王昭月、朱戩良、王順成。1999。山藥之品種特性、生產潛力、物化性質與抗氧化研究。中華農業研究48: 1-22。
35. 劉新裕、朱戩良、林義恭、張同吳、王昭月。2000。保健用藥用植物之重金屬分析。中華農業研究49: 1-11。
36. 賴宏亮、鄧秀玫、劉新裕、許博文。1999。山藥藥材鑑別之研究。藥物食品分析7: 313-325。
37. 顏國欽。2000。自由基、抗氧化劑種類及作用機制。自由基醫學與抗氧化技術之介紹與應用專刊。pp: 1-34。彰化縣大葉大學。
38. Bouthyette, P.Y., N. Eannetta, K.J. Hannigan, and P. Gregory. 1987. *Solanum berthaultii* trichomes contain unique polyphenol oxidase and peroxidase. Phytochemistry 26: 2949-2954.
39. Bradbury, J. H., and W. D. Holloway. 1988. Chemistry of Tropical Root Crops. Australian Centre for International Agricultural Research. pp: 27-98. Canberra.
40. Cheng, G.W., and C.H. Crisosto. 1995. Browning potential, phenolic composition, and polyphenoloxidase activity of buffer extracts of peach and nectarine skin tissue. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120: 835-838.
41. Larson, R.A. 1988. The antioxidants of higher plants. Phytochemistry 27: 969-978.
42. Onwueme, I.C.1978. Origin, classification, and growth cycle of the yam plant.The Tropical Tuber Crops. pp: 3-16. Pitman Press, New York.
43. Tindall, H. D. 1983. Dioscoreaceae. Vegetable in the Tropics. pp: 201-224. Macmillan Press London.
44. Tremolieres, M., and J.G. Breth. 1984. Isolation and characterization of the polyphenol oxidase from senescent leaf of black poplar. Phytochemistry 23: 501-505.
45. Yamaguchi, M. 1983. Yam. World Vegetable. pp: 139-147. AVI publishing company. U. S. A.

Comparison on Production Potential and Antioxidant Enzyme Activity of Different *Dioscorea* spp. [1]

Sin-Yie Liu[2], Ruey-Sheng Lai[2], Yi-Kung Lin[2], Su-Feng Chen[2], Hui-Ling Lo[2] and Jau-Yueh Wang[3]

Summary

A part or total of 15 *Dioscorea* genotypes had been cultivated, analyzed, and evaluated at six counties in Taiwan in 1998. The results obtained from comparison test on the plant growth characteristics and yield potential of these *Dioscorea* plants indicated that 70W47, TNG1, TNG2, 70W34, 70W35, and 80W02 might be the most promising lines due to their high yield potential over 40 t/ha. Besides, the following *Dioscorea* genotypes could also be recommended as superior yam lines, such as 70W06, 70W17, 70W08, 70W42, 70W72, 83CM121, 70W75, 70W48, 70W70, 70W73, 70R22, 83CM302, 70R16 and 70R20. Experimental data also indicated that 70W35 had high enzyme activity of peroxidase (PO), polyphenol oxidase (PPO), superoxide dismutase (SOD)and catalase (CAT), 70W34 had high activity of PO, PPO and SOD, TNG2 had high activity of PO, SOD and glutathione reductase (GR), and 70W47 had high activity of PPO, SOD and GR. The activity of SOD expressed by 70W47 is particularly higher than other genotypes. The results suggested that the following five yam lines, i.e. 70W35, 70W34, TNG2, 70W47 and 70W73, which possessed both properties of high yield potential and high SOD enzyme activity, could be developed for wider and further purposes.

Key words : *Dioscorea* spp., Plant growth characters, Production, Antioxidant effect, Enzyme activity.

---

1. Contribution No.2078 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.

2. Respectively, Senior Agronomist, Assistant, Research Assistant, Project Assistant, and Project Assistant, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan.

3. Assistant Researcher, Office of Plant Germplasm, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan.