中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 48(4) 1～22 (1999)

山藥之品種特性、生產潛力、物化性質與抗氧化研究[1]

劉新裕 張同吳 林義恭 陳淑芬[2]
王昭月[3] 朱戩良[4] 王順成[5]

摘要：本研究針對13種山藥不同品種系塊莖之性狀與產量進行調查與比較，同時進行不同山藥塊莖物理與生化性質以及RAPD之分析，配合不同品種系塊莖抗氧化酵素活性之比較，可明確區分山藥品種系間各項特性之差異。本研究另以強迫餵食方式，進行台農2號山藥嫩芽之急性毒性測試，可確知山藥嫩芽是否安全無慮。本研究之試驗結果可供山藥品種篩選、栽培生產、加工與醫藥利用之參考。山藥不同品種系中以台農2號、大葉壽豐品系、二刺品系、大汕三品系及中國長品系等之塊莖產量表現最爲優異，公頃產量皆達34 t/ha以上，其中大汕三品系及二刺品系另具有很高之過氧化酵素活性；青森品系含有高量之P、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn，且塊莖亦具頗高之過氧化酵素活性，惟其產量僅爲8 t/ha。由山藥台農2號嫩芽對造成白鼠急性毒性之試驗結果可知，強迫餵食組之鼠隻均不產生任何臨床症狀，亦不造成白鼠死亡，台農2號之嫩芽可歸類爲無毒或少毒性類。利用篩選之隨機引子primer #31：5'TGTCCGGGTG3'，可在DNA層次明確區分山藥各品種系。經由RAPD分析所得之23條DNA片段中，其中3條，即587bp、834bp及1,045bp，在參試山藥15樣品之出現率依次爲73.3%、66.7%及80.0%，其他20條具有多型性差異特色，有11條僅存於單一山藥品種系中，可藉以鑑別山藥不同品種系；而片段587bp不存於青森、黃藥及大汕品系；基隆品系獨具956bp及1,123bp；黃藥品系獨具556bp及802bp，且強度皆在22以上，皆可利用來與其他山藥品種系區隔及判別。

關鍵詞：山藥、品種特性、生產、逢機增殖多型性DNA、抗氧化作用、急性毒性。

前　言

近年來，由於發現大部分的合成藥劑都有副作用，而且對於幾種慢性疾病如肝炎、癌症、高血壓及糖尿病等，仍無法達到根治可能，因此，天然藥用植物的開發與利用正受重視，傳統醫藥與民間驗方的價值與重要性，再度引起世人的普遍重視。山藥爲薯蕷科(Dioscoreaceae)薯蕷屬(*Dioscorea*)多年生

1. 行政院農業委員會農業試驗所 研究報告第 1996 號。
2. 本所農藝系研究員、助理、助理研究員、計畫助理。台灣省 台中縣 霧峰鄉。
3. 本所作物種原室助理研究員。台灣省 台中縣 霧峰鄉。
4. 本所農化系助理。台灣省 台中縣 霧峰鄉。
5. 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所副所長。台灣省 台中縣 霧峰鄉。

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、強壯及止瀉功效，爲常用藥用與保健用生藥材料。薯蕷屬植物除了係吾人糧食中澱粉及蛋白質之重要供源[6,21,23,24]外，在傳統醫藥方面，則係藥用植物相當被重視之一群植物。

山藥分佈極廣，遍及熱帶、亞熱帶及其他地區，物種十分繁雜[15,35,36,39]，栽培生產方式亦因地區或品種而異。山藥被栽培與利用之歷史極早，如「山海經」、「本草衍義」、「圖經本草」、「新修本草」、「本草綱目」及「齊民要術」等本草典籍均曾記載；最早之本草藥典「神農本草經」且列山藥爲上品藥材。全球山藥之年產量在1998年約爲30×10^6公噸，爲熱帶地區生產量僅次於樹薯及甘薯，且富營養價值之重要根莖作物，亦爲國際性重要糧食作物之一[27]。由於世界人口仍持續增長，人口成長快速，糧食益形不足，對於根莖作物，尤其是具有高產量及高營養價值之山藥之需求量似將愈大，因在單位時間及單位面積內，根莖作物及甘蔗同爲熱量能源生產最有效率之作物種類。若能及早選育山藥優良新品種，並建立其栽培技術，同時開發多元化新產品，似極符合目前正發展之農產品少量多樣化之農業政策，有助提高農民所得。

山藥由於栽培歷史悠久，許多種原係由原產地之地方品種演變而來，故種類很多，品系繁雜，形態變異頗大，生產力之差異亦大。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。此外，世界上仍有不少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，多源自下列五種：(1)大薯又稱田薯(*D. alata*)，大薯原爲所有山藥中分佈最廣者，廣泛栽培於非洲、東南亞、中南美洲及局部歐洲；(2)長薯又稱家山藥(*D. batatas*)，原產大陸，較爲耐寒，可供藥用；(3)山薯又稱日本山藥(*D. japonica*)，原產日本，現栽培於大陸、日本及東南亞一帶；(4)條薯又稱紫田薯(*D. alata* L. var. *purpurea*)，現栽培於台灣中部；(5)恆春山藥又稱戟葉田薯(*D. doryophora*)，原產於台灣恆春半島一帶[19,20]。

我國農業正處於一轉型期之關鍵階段，在經濟與貿易自由化的趨勢之下，爲了順應潮流及加入世界貿易組織，國內現有栽培的作物種類，將受到國外相關產業不小的衝擊，其結果將造成農業經營上很大的困難。我們國內之農業結構必須加以調整，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，似極符合此種趨勢。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、金線連、山葡萄及麥門冬等。惟依據行政院衛生署85,5,25衛署食字第85024204號函，以及前農林廳86,3,20八六農特字第30713號函特別指明，各單位於引進供人食用之植物新品種前，應先了解並進行安全性評估後，再予推廣。爲保障消費者之權益，針對重要保健植物之開發與利用，實應先行評估並進行安全性測試，再考慮後續之研究與推廣工作。此外，衛生署初步研議45種可供膳食用的藥材，若廠商在產製食品中僅摻加這類藥材，可一律視爲食品，不再以藥品管理。這45種藥材分別是：人參、枸杞子、當歸、川芎、白芍、熟地、生地、黃耆、黨參、天麻、淡菜、蓮子、芡實、山藥、茯苓、山楂、烏梅、胡桃、松子、胖大海、百合、銀耳、白果、薤白、薏苡仁、黑棗、丁香、山奈、花椒、大茴、小茴、桂枝、桂皮、橘皮、冬蟲夏草、甘草、豆蔻、砂仁、紅棗、菊花、黃精、白朮、荷葉、酸棗仁、雞內金等。雖然山藥之塊莖已被視爲食品，安全無疑，但由塊莖所萌發之芽是否安全無慮，或是會像馬鈴薯般於萌芽時可能產生有毒物質，應先進行安全性測試，再考慮後續之研發與利用事宜。

生物細胞核的染色體係由不同的DNA緊密排列組合而成，其中某一段可能轉錄、轉譯、控制某個蛋白質之合成，進而控制某項生理機制的表現，我們稱之爲基因。DNA之鹽基雖只有A, T, C, G四種，但是經由不同之排列組合，每三個連續鹽基控制一種胺基酸之合成，不同胺基酸能製造各色各樣且功能各異之蛋白質，進而負責調控不同生理反應的進行。在DNA層次上可極穩定且明確區分生物之多樣

性差異特色。

控制蛋白質合成之基因，若受到體內自由基(free radical)，或環境及外在因子如輻射線、大氣污染物質如NO_2或O_3等、有機化合物如PCB或TCDD等、重金屬、化學物質或病毒等之攻擊[11]，會產生突變。由於基因之DNA產生變化，所合成之蛋白質就有可能產生變異，有些變異似乎無傷大雅，但有時只因一個胺基酸的改變，會發生極大之影響，例如正常紅血球細胞之血色素突變成鐮刀狀細胞(sickle cells)；目前所瞭解的老年性癡呆現象，也是因某個蛋白質產生變異所導致。若調節細胞分裂的基因產生變異而失控，細胞會不規則且不斷地進行分裂，即會產生所謂之癌症。

生物體內所產生的自由基對細胞或組織具有極大的殺傷力，幸而體內擁有分解及抑制其形成的防禦系統，例如細胞內含有如superoxide dismutase(SOD)、catalase、glutathione peroxidase 等抗氧化酵素群，能有效消除活性氧的活性，使之還原成安定之化學物質如H_2O等，惟此等修護作用會隨著年齡之增加而衰退；在細胞外另有不少抗氧化物質，可有效抑制自由基之產生與危害，例如Vit. E (tocopherol), Vit. C(ascorbate), tannin, alkaloids, chlorophyll, amino acids, amines, glutathione, carotenoids, flavonoids, phenolic acids, other phenols等[11,26,33]，上述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脂質過氧化物及自由基等有害物質。所有的抗氧化劑都有一共同點，即是可提供一個 .H，且提供後自身還大致安定。如果能控制過氧化物及自由基等有害物質，或控制導致氧活性化的物質的形成，將可使我們的壽命延長，更年輕、更健康、更強壯。

本研究之主旨在針對山藥不同品種系塊莖之性狀與產量進行調查比較，同時進行不同品種系塊莖物理與生化性質以及逢機增殖多型性DNA(random amplified polymorphic DNA, RAPD)之分析，配合不同品種系塊莖抗氧化酵素活性之評估比較，以明確區分山藥品種系間之差異。本研究另以強迫餵食方式，進行山藥嫩芽之急性毒性測試，藉以評估山藥嫩芽之安全性，供爲山藥品種篩選、栽培生產、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種原，如*Dioscorea alata* L., D. *alata* L. var. *purpurea*(Roxb.) M. Pouch., *D. batatas* Decne., *D. esculenta*(Lour.) Burk., *D. rotundata*(L.) Poir., *D. bulbifera* L., *D. japonica* Thunb., *D. japonica* Thunb. var. *pseudojaponica*(Hay.) Yamam., *D. doryophora* Hance等約100品種系，由其中篩選下列18品種系(表1)，其中之1~13品種系爲主要供作試驗、分析與比較之材料，14~18供爲進行RAPD分析之對照材料。參試山藥名稱如下：1.中國長品系*(D. alata)*、2.二刺品系*(D. alata)*、3.大淮品系*(D. batatas)*、4.青森品系*(D. japonica)*、5.大葉壽豐品系*(D. alata)*、6.台農2號*(D. alata)*、7.大汕二品系*(D. alata)*、8.大汕三品系*(D. alata)*、9.基隆品系*(D. peudojaponica)*、10.北投品系*(D. alata)*、11.名間長紅品系*(D. purpurea)*、12.紫玉血薯品系*(D. purpurea)*、13.黃藥品系*(D. bulbifera)*、14.大汕一品系*(D. alata)*、15.屏地品系*(D. doryophora)*、16.法山品系*(D. esculenta)*、17.大蜜品系*(D.esculenta)*、18.青島品系*(D. batatas)*。

二、試驗步驟與方法

(一) 山藥不同品種系之品種特性與生產潛力之分析與比較：

1. 山藥不同品種系塊莖性狀與產量之比較：

1998年於本所農場進行前述材料1~13種山藥不同品種系比較試驗。種植方式爲塑膠穴管誘導法，半圓形穴管長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：牛糞肥：蔗渣＝1：2，再於與地表僅有10^0 斜度之穴管前端種植薯塊，距穴管頂端約5 cm，種後覆

土。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。種植後之田間管理悉依本所建議方式進行。調查項目爲單株塊莖收量、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。

2.山藥不同品種系病蟲害罹病率之調查與比較：

病蟲害罹病率之調查與計算[23,24]：取樣方法爲每田區沿二對角線任取5點，計算距該點50cm範圍內所有罹病之病葉率。距該點50cm範圍內所有葉片之總數經估計後以550葉計。罹病率=罹病葉數/葉片總數×100%。

表1. 參試18種山藥品種系植物性狀簡介

Table 1. Introduction of botanical characters of 18 different *Dioscorea* spp.

No.	Var. & Lines	Chinese name	Tuber length	Flesh colour	Origin	Scientific name
1	80W02	中國長品系	long	white	China	*D. alata*
2	70W47	二刺品系	long	white	Taiwan	*D. alata*
3	70W59	大淮品系	long	white	China	*D. batatas*
4	70W49	青森品系	long	white	Japan	*D. japonica*
5	70W42	大葉壽豐	long	white	Taiwan	*D. alata*
6	TNG2	台農2號	middle	white	Taiwan	*D. alata*
7	70W34	大汕二品系	middle	white	China	*D. alata*
8	70W35	大汕三品系	middle	white	China	*D. alata*
9	70W43	基隆品系	long	white	Taiwan	*D. peudojaponica*
10	70W48	北投品系	long	white	Taiwan	*D. alata*
11	70R20	名間長紅	middle	red	Taiwan	*D. purpurea*
12	70R16	紫玉血薯	middle	red	Taiwan	*D. purpurea*
13	70W37	黃藥品系	short	yellow	Taiwan	*D. bulbifera*
14	70W33	大汕一品系	short	white	China	*D. alata*
15	70W20	屏地品系	long	white	Taiwan	*D. doryophora*
16	86W01	法山品系	short	white	France	*D. esculenta*
17	70W19	大蜜品系	short	white	Africa	*D. esculenta*
18	70W71	青島品系	middle	white	China	*D. batata*

(二) 山藥不同品種系之物理與生化性質之測定與比較：

1. 山藥不同品種系物性測定與比較[16]：

利用英製Stable Micro System 食品物性測定儀(Texture Analyzer)進行測試，其物性測定之條件如下：Probe NO.P/2N，測定之薯塊高度爲1㎝(不包括薯皮)，Graph Type：Force v Time，Force Threshold 20g，Acquisition Rate 200pps，Force Units Grams，Contact Area 1.00(㎟)，Contact Force 5.0g， Pro-Test speed 3.0(㎜/s)，Test speed 1.0(㎜/s)， Post-Test speed 10.0(㎜/s)， Distance 2.0(㎜)，Time 3(s)，Trigger Type Auto 5(g)。分析項目爲：塊莖之彈性(springiness)，凝集性(cohesiveness)，咀嚼感(chewiness)，膠質感(gumminess)與硬度(hardness)等。分析過程中每處理3重複，以平均值表之，並以LSD法比較其差異之顯著性。

2.山藥不同品種系塊莖肉質部分礦物質含量之測定與比較：

礦物質含量之測定乃樣品於灰化(灰化溫度爲550℃)後，以3N HCl溶解並以0.2N HCl定量至50ml，利用感應耦合電漿-原子發射光譜分析儀，即ICP(Inductively Coupled Plasma-Atom Emission

Spectrophotometer, ICP-AES, Jobin-Yvon JY 38type III)分析，分析項目分爲(1)必需元素，即P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Cr, Ni等共10種，(2)有害重金屬元素，即 Cd, Pb等共2種。分析過程中每處理隨機取樣山藥塊莖乾粉2g，2~3重複，再以平均值表示之。

3. 山藥抗氧化特性之測定與比較[3,17,26,29]：

(1)塊莖L、a、b值係利用Color Difference Meter(Tokyo Denshoku Inc, Co., LTD, Japan)測定。L值代表明亮度，+a值代表紅色度，+b值代表黃色度。

(2)酵素萃取：稱取山藥塊莖鮮重2 g，加入5ml萃取緩衝液(0.1M 磷酸緩衝液，pH=7.0)，及少許海砂，在冰浴下研磨。之後在2℃、12,000rpm下離心20分鐘，取上澄清液備用。

(3)過氧化酵素(Peroxidase, PO)活性測定：取上澄清液0.5ml，加入3.6×10^{-3} M guaiacol 緩衝液(0.04 ml guaiacol 原液加入100 ml 0.1 M 磷酸緩衝液，pH=6.0)及0.0135 M H_2O_2，迅速混合後，放入Spectrophotometer中測其在470nm 波長下之反應速率(ABS/min)。

(4)多酚氧化酵素(Polyphenol oxidase, PPO)活性測定：取上澄清液0.2ml，加入0.1M 磷酸緩衝液(pH=8.0)及0.5 M Catechol 0.2ml，迅速混合後，放入Spectrophotometer中測其在420nm 波長下之反應速率(ABS/min)。

(5)總酚類化合物含量測定：取上澄清液 0.2ml，加入去離子水 0.8ml，再加入Folin Ciocalteus reagent 0.1 ml，20％Na_2CO_3 2ml，去離子水8.7ml，充分混合均勻後，在沸水浴中加熱三分鐘，取出後迅速冷卻，放入Spectrophotometer中測其在660nm 波長下之吸收值。標準溶液爲20~120 ug/ml之caffeic acid 。

(三)不同山藥品種系RAPD分析與鑑別：

參試材料共計15樣品，依次如下：1.青森A品系(代號70W49A)、2.大淮A品系(代號70W59A)、3.青森B品系(代號70W49B)、4.大淮B品系(代號70W59B)、5.屏地品系(代號70W20)、6. 基隆A品系(代號70W43A)、7.基隆B品系(代號70W43B)、8.法山品系(代號86W01)、9.中國長品系(代號80W02)、10.二刺品系(代號70W47)、11.台農2號(代號TNG2)、12.大蜜品系(代號70W19)、13.黃藥品系(代號70W37)、14.大汕品系(代號70W33)、15.青島品系(代號70W71)。

1. 山藥DNA之萃取：取不同山藥品種系之葉片0.2g，加入液態氮研磨成粉末，再加入600ul的CTAB(hexadecyltrimethyl-ammonium bromide) extraction buffer(1.4M NaCl、2 ％CTAB、100mM Tris-HCl pH8.0、20mM EDTA及0.2％ β- mercaptoethanol)，置於65℃水浴中30分鐘，再加入600ul chloroform/ isoamyl alcohol(24:1,V/V)，於20℃離心14,000 rpm 10分鐘後，取上清液加入十分之一倍體積的10％CTAB混合均勻，重複水浴後之步驟，再加入等倍體積的CTAB precipitation buffer(1％ CTAB、50mM Tris pH8.0、10mM EDTA pH8.0)，置於冰上30分鐘。離心後pellet再溶於high-salt TE buffer(10mM Tris-HCl pH8.0、1mM EDTA pH8.0、1M NaCl)，加上二倍體積95％酒精混合均勻，離心後再以80％酒精清洗一次，經眞空乾燥後溶於TE緩衝液，保存於4℃，供RAPD分析之用。
2. 聚合酵素連鎖反應(PCR)：將萃取得之DNA濃度先稀釋成5ng/ul，置於-20℃下，供進行PCR時，作爲模版DNA。利用10個核啓酸序列的隨機引子35種(國立台大農藝系林順福博士提供)，進行聚合酵素連鎖反應。反應總體積爲25ul，內含1 unit Taq polymerase(Promega)，1xPCR buffer(50 mM KCl、10 mM Tris-HCl pH9.0、0.1％Triton 100)(Promega)、2.5mM MgCl2、0.2mM dNTP、0.2uM primer及25ng template DNA。PCR儀器爲Touch Down(HYBAID)，反應溫度設定：第1個cycle含94℃ 3分鐘、37℃ 1分鐘及72℃ 1分鐘，接著39個cycle含94℃1分鐘、37℃1分鐘、72℃2分鐘，第41個cycle含94℃1分鐘、37℃1分鐘及72℃10分鐘。反應結束時保存於4℃，以備電泳分析。

3. 電泳分析與DNA多型性片段檢視：經PCR增殖之DNA，取12ul加入6倍的電泳緩衝液(6x loading buffer:0.25% bromophenol blue、xylene cyanol、40%w/v sucrose)、以2%的agarose在TAE buffer(40mM Tris acetate pH 8.0、1mM EDTA)中進行電泳。電泳儀器採用Mupid-2，電壓設定100伏特，電泳時間約30分鐘，結束後置於0.5mg/ml 的ethidium bromide中染色20-30分鐘，再置於UV光箱中，檢視agarose 膠體上DNA多型性片段，之後照相，並貯存膠片影像於IS1000 Digital Imaging System(Alpha Innotech Corporation)中，進行影像分析。
4. 山藥不同品種系之鑑別：利用具有多型性表現之引子，分析各品種系間DNA條帶數目與位置之差異性，可藉由特殊的DNA片段來明確區別及鑑定各品種系(38)，供日後育種與生產利用研究之重要參考。

(四)山藥嫩芽急性毒性測試：

針對山藥嫩芽造成白鼠之口服急毒性試驗，期間起自1998年三月至同年五月，地點在農業試驗所與農業藥物毒物試驗所同時進行，所有試驗流程均依循美國環保署毒物藥物試驗準則，及試驗優良規範程序處理[28,30,31]。

1. 供試藥劑：秤取台農2號山藥嫩芽鮮重100g，加純水400cc，煮沸二小時，其濾液呈淺褐色液劑。
2. 供試動物：五週齡大之Wistar品系白鼠，購自國科會動物中心，在農業藥物毒物試驗所動物飼育室觀察一週，經檢疫後，取體重相近之健康成鼠進行試驗。試驗動物除了在處理前3小時及處理後4小時禁食外，平時每籠放置2隻，給與充足之飼料(Rodent Laboratory Chow 5001#)及飲水。動物飼育室之環控狀況爲溫度25±1℃、濕度50-70%及12小時光/12小時暗之光照週期。
3. 步驟與方法：
   (1) 試驗包括對照組及單一濃度之試驗組，測試濃度以最高限劑量5,000 mg/kg處理，對照組僅含蒸餾水，不含任何藥劑。
   (2) 以塑膠針管套上胃管(直徑2.25㎜，長度95.0㎜)，將試劑強迫餵食白鼠。
   (3) 在處理後1/2、1、2及4 小時，記錄體重變化或中毒症狀、症狀發生、復原及死亡時間；自處理後第2天起，每日觀察1次，至處理後第14天止。
   (4) 死亡鼠隻立即進行解剖，並進行肉眼病理檢查。
   (5) 各試驗組所得數據以Probit analysis分析，求取LD_{50}，另比較試驗組與對照組之體重變化，及分析其顯著性差異($p<0.05$)。

結　果

(一)山藥不同品種系之品種特性與生產潛力之分析與比較

1.山藥不同品種系塊莖性狀與產量之比較：

於1998年在台中本所農場進行不同品種系山藥塊莖性狀與產量之比較，結果如表 2及圖 1所示。單株薯塊收量最大者爲二刺品系(70W47)、台農2號(TNG2)、大汕三品系(70W35)及中國長品系(80W02)，此4品種系塊莖之收量介於1,680~2,329g；其次爲大葉壽豐品系(70W42)之1,592g，最小者爲大淮品系(70W59)之222g，其間之差異顯著。單株薯塊數目最多者爲中國長品系之6粒，台農2號爲2.4粒，粒數最少者爲大汕二品系(70W34)之1.4粒及黃藥品系(70W37)之1.3粒。塊莖最長的爲二刺品系(70W47)之59.7cm，最短的爲黃藥品系(70W37)之13.7cm。塊莖最寬的爲黃藥品系之17cm，其次爲名間長紅品系(70R20)之11.1cm，最窄的爲大淮品系之1.7cm，僅爲黃藥品系之1/10寬。塊莖最厚的爲黃藥品系之67.4mm，較薄的爲基隆品系(70W43)、青森品系(70W49)及大淮品

系。在這些山藥品系中，有6品系之塊莖單粒最大收量高於1,000g，最大粒爲台農2號之1,403g(表2)。在公頃產量方面，13種山藥參試品種系中，有3品系之塊莖公頃產量高於41t/ha，有2品系之塊莖公頃產量高於33t/ha，有5品系之塊莖公頃產量介於25.5~29.2t/ha，另有3品系之塊莖公頃產量低於10t/ha，公頃產量最高者爲台農2號之45.6 t/ha，最低者爲大淮品系之4.4 t/ha，產量之差異顯著(圖 1)。

表2. 山藥不同品種系塊莖性狀與收量之比較

Table 2. Comparison on the tuber characters and yield among different varieties and lines of *Dioscorea* spp.

No.	Var. & Lines	Tuber (No./pl.)	Tuber wt. (g)	Tuber length(cm)	Tuber width (cm)	Tuber thick.(mm)	Largest tuber wt. (g)
1	80W02	6.0 a[z]	1,680 a	31.3 bcd	6.2 def	44.6 de	838 abc
2	70W47	3.7 bc	2,329 a	59.7 a	7.0 cde	42.9 e	1,297 a
3	70W59	1.3 d	222 c	21.6 de	1.7 g	14.5 f	212 c
4	70W49	2.1 cd	366 bc	32.5 bcd	2.5 fg	22.7 f	268 bc
5	70W42	2.2 cd	1,592 ab	32.9 bcd	8.9 bcde	63.7 ab	1,205 a
6	TNG2	2.4 cd	2,042 a	33.7 bcd	10.1 bcd	62.0 ab	1,403 a
7	70W34	1.4 d	1,273 abc	44.2 b	6.1 ef	51.3 bcde	906 abc
8	70W35	2.3 cd	1,860 a	34.1 bcd	7.9 bcde	57.0 abcde	1,212 a
9	70W43	1.6 cd	327 bc	36.9 bc	2.4 fg	19.7 f	291 bc
10	70W48	5.3 ab	1,461 abc	26.0 cde	6.8 cde	45.1 cde	760 abc
11	70R20	2.2 cd	1,435 abc	22.9 cde	11.1 b	58.2 abcd	984 ab
12	70R16	2.0 cd	1,325 abc	20.8 de	10.2 bc	59.0 abc	1,069 ab
13	70W37	1.3 d	1,160 abc	13.7 e	17.0 a	67.4 a	1,013 ab

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

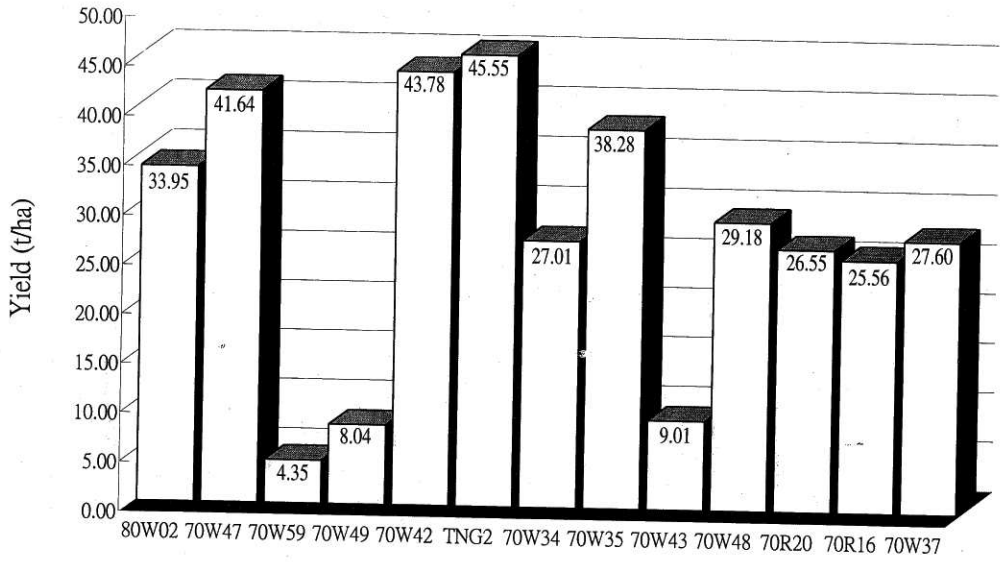


圖1. 不同山藥塊莖產量之比較。

Fig. 1. Comparison on tuber yield of various yams.

2. 山藥不同品種系病蟲害罹病率之調查：

山藥之主要病害有炭疽病、莖枯病、雲紋病等。氮肥施用過量且排水不良時，易於引發炭疽病，炭疽病爲目前台灣山藥最常見且最嚴重的病害；莖枯病一般經由水傳播病原，長期下雨後易發病，病徵爲由莖基部呈黑褐色環狀病斑，嚴重時破壞輸導組織，全株枯死；雲紋病之病徵爲葉片上呈雲白色病斑。在參試之13種山藥品種系中，以二刺品系(70W47)及大汕三品系(70W35)之病害罹病率較高，達12.9%；其次爲紫玉血薯品系(70R16)之11.1%，及大汕二品系(70W34)與名間長紅品系(70R20)之9.1~9.3%；而以黃藥品系(70W37)、中國長品系(80W02)、大淮品系(70W59)、青森品系(70W49)及大葉壽豐品系(70W42)之病害罹病率較低，其中之黃藥品系僅2.3%(圖 2)。

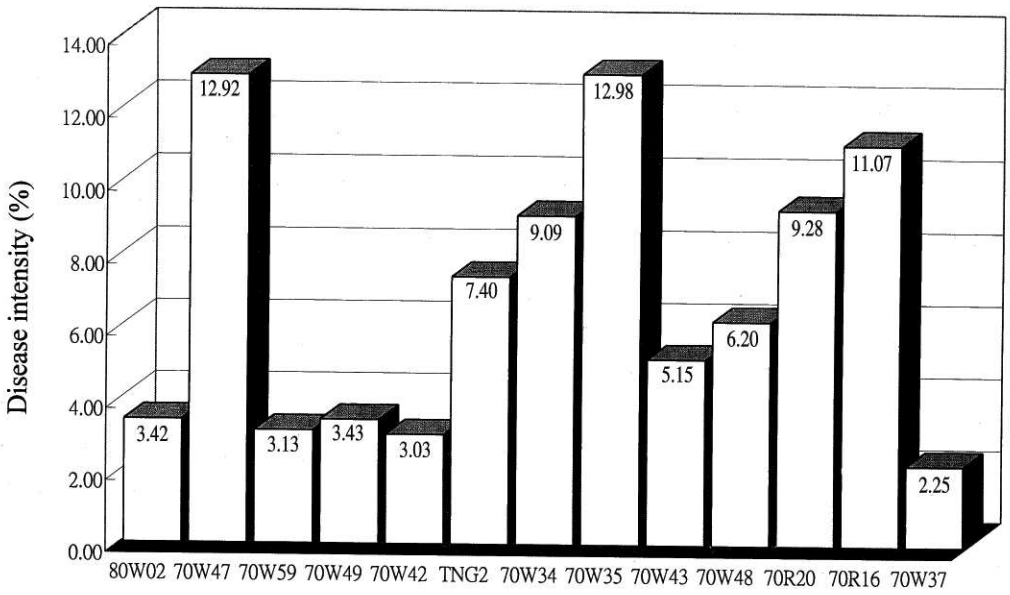


圖 2. 不同山藥炭疽病罹病率之比較。

Fig. 2. Comparison on anthacnose intensity (%) of various yams.

蟲害中以盲椿、蚜蟲、甲蟲、夜盜蟲、螻蛄、天蛾幼蟲、毒蛾幼蟲及紅蜘蛛爲主，以盲椿、夜盜蟲及紅蜘蛛之危害較嚴重，但一般而言並不構成大害。在13種山藥品種系中，以二刺品系(70W47)之蟲害罹病率較高，達34.9%；其次爲中國長品系(80W02)之29.7%及黃藥品系之29.4%，以及紫玉血薯品系(70R16)之19.3%；其餘有8品種系如台農2號(TNG2)等之蟲害罹病率介於12.4~15.1%之間，而以名間長紅品系(70R20)之蟲害罹病率最低，僅11.1%(圖 3)。

(二)山藥不同品種系之物理與生化性質之測定與比較

1.山藥不同品種系塊莖之物性測定：

利用英製Stable Micro System 食品物性測定儀，進行山藥去皮塊莖物性結構之測試結果如表3所示。參試山藥13品種系塊莖之彈性(springiness)介於0.29~0.96之間，凝集性(cohesiveness)介於

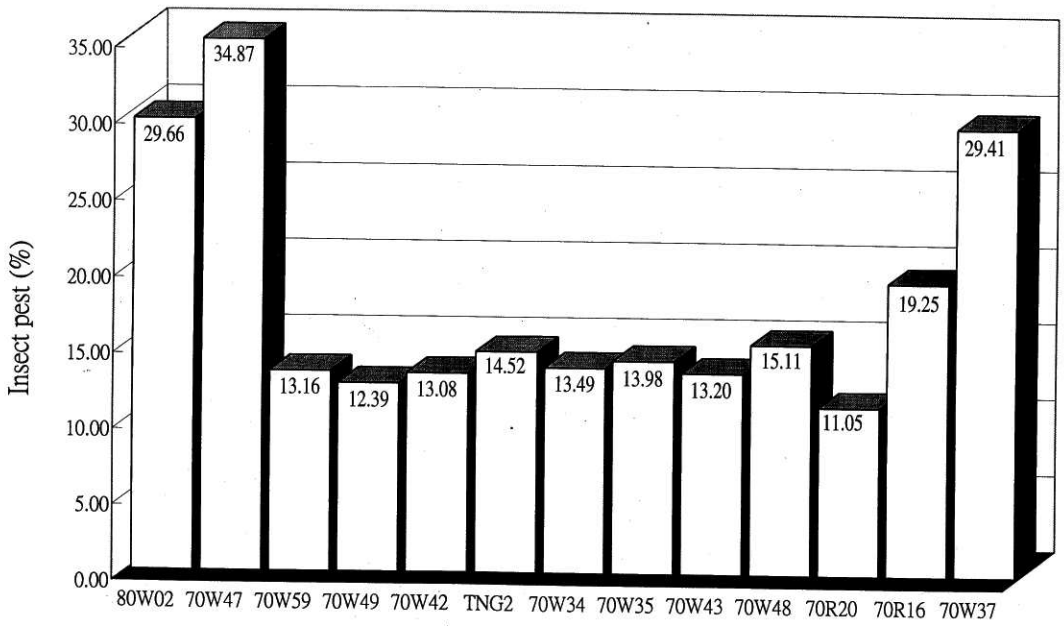


圖 3. 不同山藥蟲害罹病率之比較。

Fig. 3. Comparison on insect pest intensity of various yams.

0.17~0.41之間，此二者在13種山藥品種系間之差異皆不顯著。但在咀嚼感(chewiness)方面，則以黃藥品系(70W37)之33.2最高，其次爲大汕二品系(70W34)之15.1，兩者差異顯著，其餘值更小，介於10.8～4.0之間。在膠質感(gumminess)方面，亦以黃藥品系之66.4最高，其次爲大汕二品系之31.5，兩者差異顯著，其餘則介於28.4～13.7之間。在硬度(hardness)方面，亦以黃藥品系之224.8最高，其次爲大汕二品系之143.5，兩者差異顯著，其餘之硬度值更小，介於124.6~70.5之間(表3)。

表3. 不同山藥品種系塊莖物性結構之比較

Table 3. Comparison on the tuber texture among different varieties and lines of *Dioscorea* spp.

No.	Var. & Lines	Springiness	Cohesiveness	Chewiness	Gumminess	Hardness
1	80W02	0.34	0.20	7.70 bc [z]	22.21 bcd	111.13 bcd
2	70W47	0.30	0.20	4.12 c	13.73 d	71.43 d
3	70W59	0.96	0.17	4.01 c	13.76 d	80.70 cd
4	70W49	0.33	0.24	10.81 bc	28.35 bc	122.73 bc
5	70W42	0.37	0.17	7.72 bc	20.48 bcd	124.60 bc
6	TNG2	0.29	0.19	4.31 c	13.77 d	70.47 d
7	70W34	0.43	0.21	15.12 b	31.46 b	143.47 b
8	70W35	0.32	0.41	5.65 c	17.84 bcd	89.97 cd
9	70W43	0.32	0.20	6.86 bc	21.44 bcd	107.43 bcd
10	70W48	0.29	0.35	5.80 c	18.04 bcd	89.07 cd
11	70R20	0.30	0.19	4.68 c	15.82 cd	85.80 cd
12	70R16	0.41	0.22	9.74 bc	24.09 bcd	110.70 bcd
13	70W37	0.50	0.29	33.24 a	66.44 a	224.83 a

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

2.山藥不同品種系塊莖肉質部分礦物質含量之比較

利用感應耦合電漿-原子發射光譜分析儀，進行10種必需元素及2種有害重金屬元素分析之結果如表4a與4b所示。在P、K、Ca、Mg方面，參試山藥品種系塊莖乾粉P之含量以青森品系(70W49)最高，達0.22%，其次爲台農2號(TNG2)之0.21%，含量最低者爲北投品系(70W48)之0.07%及名間長紅(70R20)之0.09%；K之含量以台農2號(TNG2)最高，達1.52%，其次爲青森品系(70W49)之1.48%，含量最低爲二刺品系(70W47)之0.96%；Ca之含量以大淮品系(70W59)之0.15%最高，其次爲青森品系(70W49)之0.13%，含量最低爲二刺品系(70W47)、大汕三品系(70W35)、北投品系(70W48)、名間長紅(70R20)及紫玉血薯(70R16)，低至無法偵測；Mg之含量以大淮品系(70W59)及青森品系(70W49)之含量最高，達0.12%，其次爲大葉壽豐品系(70W42)及基隆品系(70W43)，含量爲0.1%，其餘含量介於0.08~0.04%(表4a)。

表4a. 不同山藥品種系塊莖必需礦物元素含量之比較

Table 4a. Comparison on the essential element contents of each tuber among different varieties and lines of *Dioscorea* spp.

No.	Var.& lines	Plant part	P%	K%	Ca%	Mg%	Fe(ppm)	Mn(ppm)	Cu(ppm)	Zn(ppm)
1	80W02	Tuber	0.12	1.04	0.02	0.08	43.75	0.25	6.13	12.65
2	70W47	Tuber	0.11	0.96	2	0.04	59.50	0.50	4.03	9.85
3	70W59	Tuber	0.18	1.24	0.15	0.12	173.25	10.50	3.35	18.80
4	70W49	Tuber	0.22	1.48	0.13	0.12	211.25	10.25	4.13	26.23
5	70W42	Tuber	0.15	1.10	0.07	0.10	200.75	4.50	3.58	14.80
6	TNG2	Tuber	0.21	1.52	0.04	0.06	97.25	1.75	9.85	11.95
7	70W34	Tuber	0.12	1.20	0.04	0.05	59.00	4.25	4.18	11.68
8	70W35	Tuber	0.11	1.34	-[z]	0.05	51.25	0.75	2.68	11.30
9	70W43	Tuber	0.16	1.13	0.09	0.10	106.00	2.50	3.88	16.58
10	70W48	Tuber	0.07	1.09	-	0.04	38.50	0.75	4.40	14.70
11	70R20	Tuber	0.09	1.23	-	0.05	21.50	0.50	2.98	12.40
12	70R16	Tuber	0.10	1.15	-	0.04	47.50	0.25	3.30	11.48
13	70W37	Tuber	0.15	1.21	0.01	0.08	1,504.50	15.00	4.40	16.23

[z]not detected.(N.D. means concentration under detectable limit.)

在Fe、Mn、Cu、Zn方面，參試山藥品種系塊莖乾粉Fe之含量以黃藥品系(70W37)最高，高達1,505ppm，其次爲青森品系(70W49)之 211ppm，含量最低爲名間長紅(70R20)之21.5ppm；Mn之含量亦以黃藥品系(70W37)最高，達15 ppm，其次爲大淮品系(70W59)之10.5 ppm與青森品系(70W49)之10.3 ppm，含量最低爲中國長品系(80W02)與紫玉血薯(70R16)之0.25 ppm；Cu之含量以台農2號(TNG2)最高，達9.85 ppm，其次爲中國長品系(80W02)，含量達6.13 ppm，含量最低爲名間長紅(70R20)之2.98 ppm； Zn之含量以青森品系(70W49)最高，達26.23 ppm，其次爲基隆品系(70W43)及黃藥品系(70W37)，含量皆達16 ppm以上，含量最低爲二刺品系(70W47)之9.85 ppm(表4a)。

在Cd、Cr、Ni、Pb方面，參試13種山藥塊莖乾粉中Cd之含量以黃藥品系(70W37)最高，達0.18ppm，其次爲青森品系(70W49)之0.10 ppm，其餘之含量皆不高，含量低至無法偵測者爲北投品系(70W48)及名間長紅(70R20)；Cr之含量以黃藥品系(70W37)最高，達5.7 ppm，其次爲大葉壽豐品系(70W42)之2.45 ppm，含量最低爲北投品系(70W48)之0.46 ppm及二刺品系(70W47)之0.48 ppm；Ni之含量亦以黃藥品系(70W37)最高，達4.28 ppm，其次爲青森品系(70W49)與大葉壽豐品系(70W42)，含量約2.5~2.7ppm，含量最低爲二刺品系(70W47)之0.45 ppm； Pb之含量以中國長品系(80W02)較高，達0.78 ppm，其次爲大汕二品系(70W34)之 0.16 ppm，其餘之含量皆不高，大部分低至無法偵測(表4b)。

表4b. 不同山藥品種系塊莖重金屬元素含量之比較

Table 4b. Comparison on the contents of heavy metal elements of different varieties and lines of *Dioscorea* spp.

No.	Var. & Lines	Plant part	Cd(ppm)	Cr(ppm)	Ni(ppm)	Pb(ppm)
1	80W02	Tuber	0.03	1.01	0.86	0.78
2	70W47	Tuber	0.03	0.48	0.45	-[z]
3	70W59	Tuber	0.06	0.88	1.05	-
4	70W49	Tuber	0.10	1.53	2.68	-
5	70W42	Tuber	0.03	2.45	2.45	-
6	TNG2	Tuber	0.04	1.55	1.35	0.05
7	70W34	Tuber	0.02	1.10	1.11	0.16
8	70W35	Tuber	0.03	0.65	0.77	-
9	70W43	Tuber	0.03	1.00	1.85	-
10	70W48	Tuber	-	0.46	1.11	-
11	70R20	Tuber	-	1.38	1.08	-
12	70R16	Tuber	0.03	0.93	1.57	-
13	70W37	Tuber	0.18	5.70	4.28	-

[z]not detected(N.D. means concentration under detectable limit.)

3.山藥抗氧化特性之測定與比較：

(1)塊莖L、a及b值：山藥13品種系塊莖之L值一般介於70-80之間，以基隆品系(70W43)之L值最大(83)，其次爲二刺品系(70W47)、大淮品系(70W59)、青森品系(70W49)及台農2號(TNG2)，L值皆達79以上，而以名間長紅(70R20)之L值最小(49)，其次之黃藥品系(70W37)之L值爲68，而同爲紅肉之紫玉血薯(70R16)之L值爲75，不低於白肉之大汕三品系(73)。去皮30分鐘後，L_0與$L_{1/2}$變化最小者爲青森，其L值不降反升，大汕三品系(70W35)、大汕二品系(70W34)、基隆品系(70W43)、大葉壽豐品系(70W42)與紫玉血薯(70R16)等5品種系L值之降幅亦小(圖7)。

參試山藥白肉類塊莖之a值一般介於-3～-9之間，紅肉類塊莖之a值介於9～3之間，黃肉類塊莖之a值爲-9。以名間長紅(70R20)之a值最大，以北投品系(70W48)之a值最小。去皮30分鐘後，a_0與$a_{1/2}$變化最小者爲大汕三品系(70W35)，變化最大者爲黃藥品系(70W37)(圖8)。

參試山藥白肉類品種系之b值一般介於15～8之間，紅肉類塊莖之b值介於3～-2之間，黃肉類塊莖之b值則爲20，以黃藥品系(70W37)之b值最大，以名間長紅(70R20)之b值最小。去皮30分鐘後，b_0與$b_{1/2}$變化最小者爲大淮品系(70W59)，變化最大者爲二刺品系(70W47)與黃藥品系(70W37)(圖9)。

(2)山藥塊莖過氧化酵素(PO)活性之比較：山藥13品種系塊莖PO活性之差異頗大，PO活性最大者爲黃藥品系(70W37)之1.54(ΔOD/ g. fw/min)，其次爲大汕三品系(70W35)之1.42、青森品系(70W49)之1.36、二刺品系(70W47)之1.34與名間長紅(70R20)之1.33；PO活性最小者爲台農2號(TNG2)之0.09，黃藥品系之PO活性約爲台農2號之17倍(圖4)。

(3)山藥塊莖多酚氧化酵素(PPO)活性之比較：參試山藥塊莖PPO活性之差異亦大，PPO活性最大者爲二刺品系(70W47)之21.9(ΔOD/ g. fw/min)，次爲紫玉血薯(70R16)之19.6，以及北投品系(70W48)之17.4與台農2號(TNG2)之17.1；PPO活性最小者爲青森品系(70W49)之0.76，二刺品系之PPO活性約爲青森品系之28.8倍(圖5)。

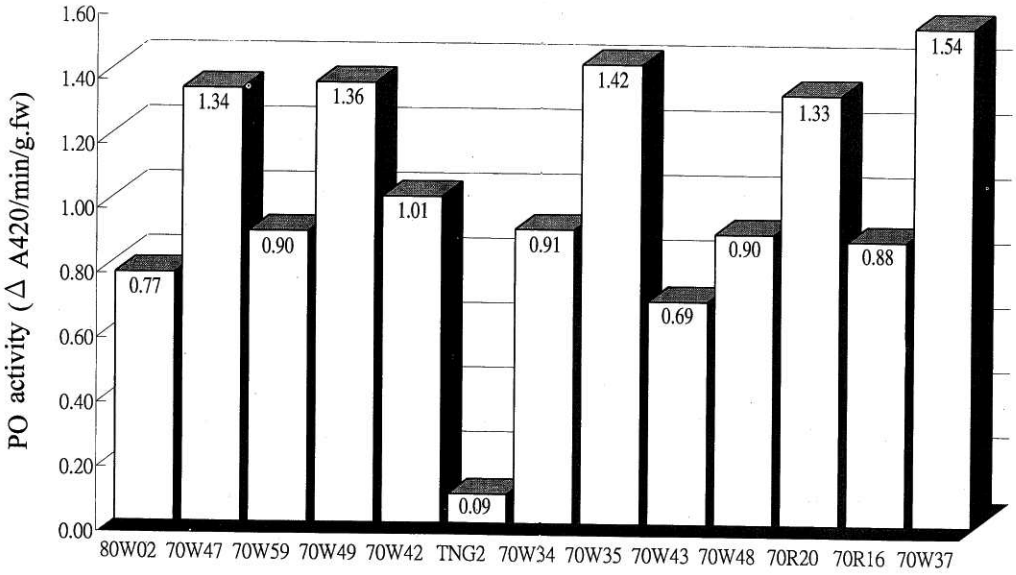


圖 4. 不同山藥過氧化酵素活性之比較。

Fig. 4. Comparison on peroxidase(PO)actvity of various yams.

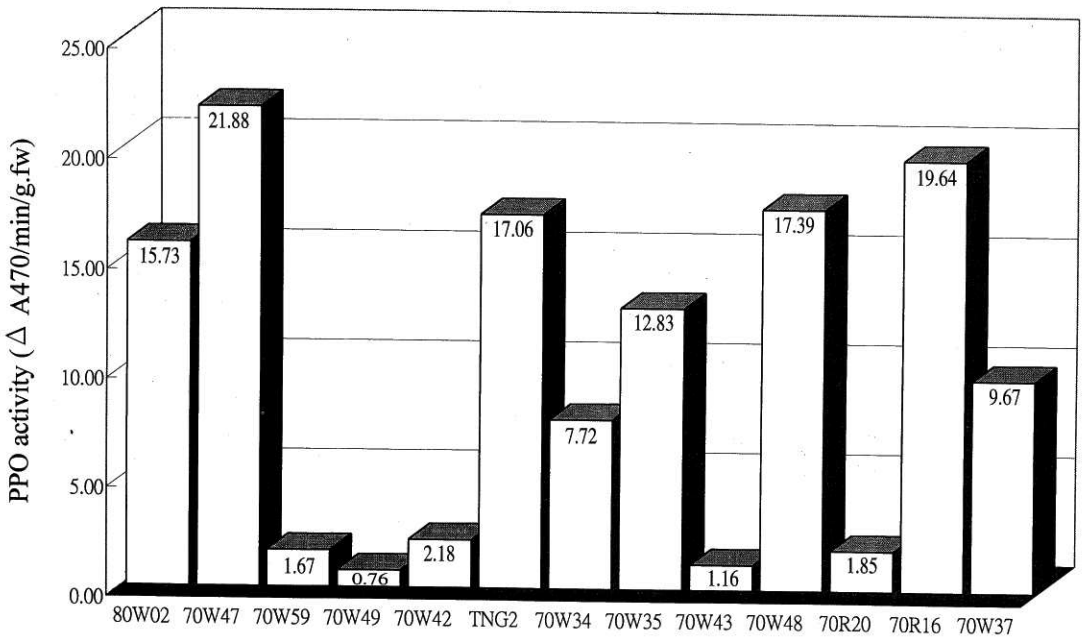


圖 5. 不同山藥多酚氧化酵素活性之比較。

Fig. 5. Comparison on polyphenol oxidase(PPO)activity of various yams.

(4)山藥塊莖總酚類化合物(TPC)含量之比較：參試山藥白肉類品種系塊莖之總酚類化合物含量介於1,365-2,427(ug caffeic acid/g. fw)之間，紅肉類品種系塊莖之總酚類化合物含量介於2,620~3,194之間，黃肉類塊莖之含量爲2,755。參試山藥中以紫玉血薯(70R16)之TPC含量最大，以青森品系(70W49)最小(圖6)。

(三)山藥不同品種系之RAPD分析及鑑別

利用本所現有10個核苷酸序列的隨機引子35種，進行聚合酵素連鎖反應，初步發現隨機引子primer #31：5'TGTCCGGGTG3'，可大致分辨山藥各品種系間之差異(圖10)。山藥不同品種系植株之DNA經萃取後，利用primer #31進行PCR反應，參試山藥不同品種系各別呈現之DNA條帶數介於4-8條(表5)。經由RAPD分析所得之DNA片段總數爲23條(表 6)，其中3條之出現率較高且清晰，即587bp, 834bp及1,045bp，在參試山藥15樣品之出現率依次爲73.3%、66.7%及80.0%，以前2條DNA片段較爲清晰，其條帶強度最高可達52(序號12之大蜜品系)或51(序號1之青森A品系)；1,045bp以後之條帶不清晰強度概在14以下。其他20條DNA片段較具多型性差異特色，其中有11條僅存在於單一山藥品種系中，雖然有些條帶強度不夠，仍可藉此與其他山藥樣品區隔；587bp之片段不存於青森、黃藥及大汕品系；基隆品系獨具956bp及1,123bp，雖然有些後者之強度只爲3；黃藥品系獨具556bp及802bp，且強度皆在22以上(表 6)，這些條帶皆可利用來判別不同山藥品種系。

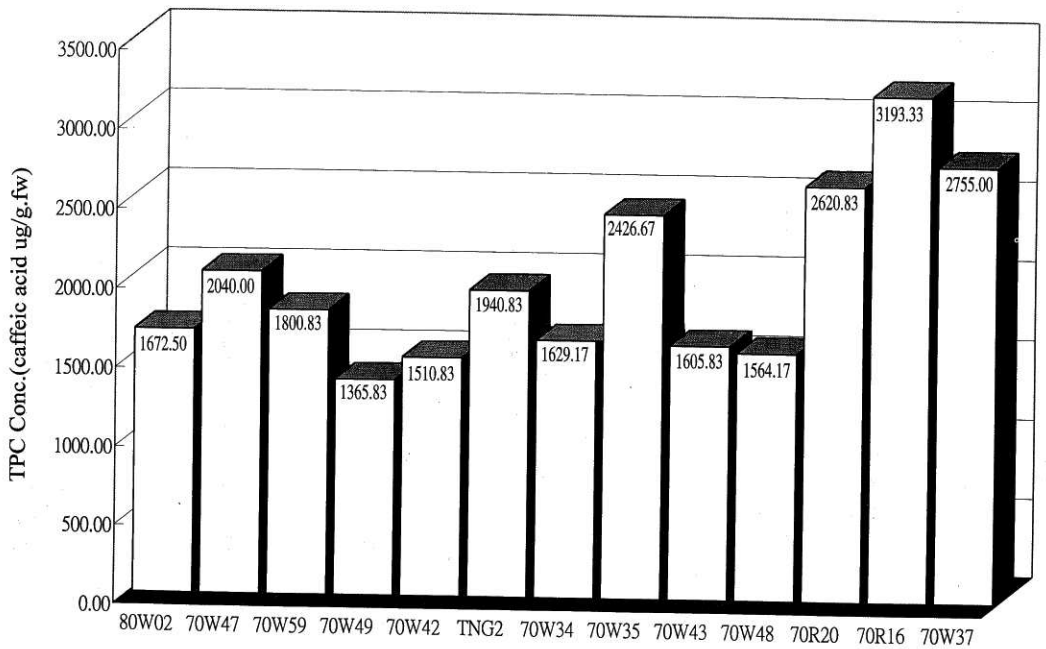


圖 6. 不同山藥總酚類化合物之比較。

Fig. 6. Comparison on total phenolic compound(TPC)of various yams.

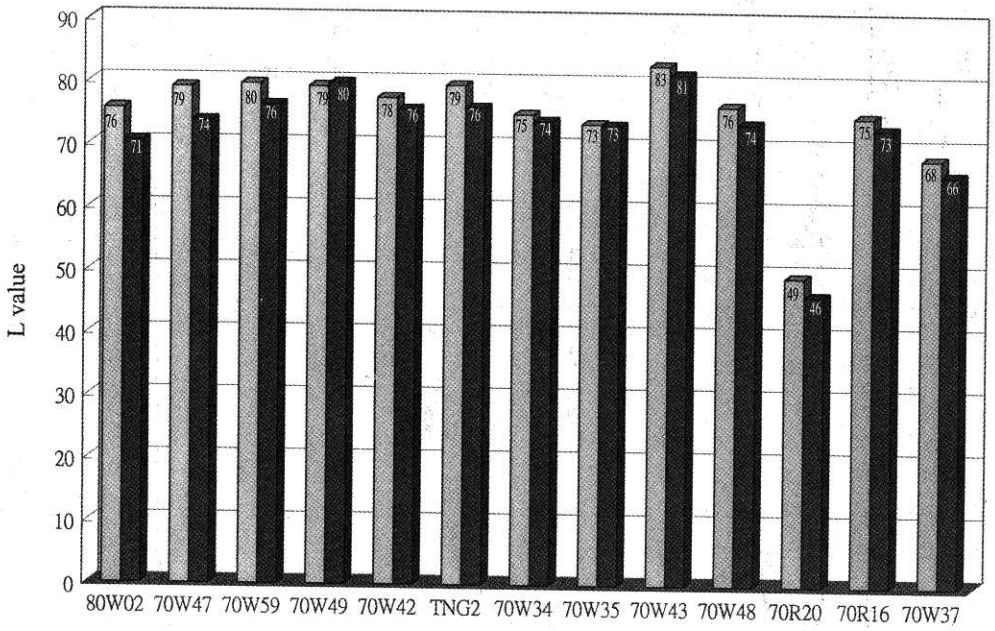


圖 7. 不同山藥塊莖肉部明亮度之比較。

Fig. 7. Comparison on flesh L value of various yams.

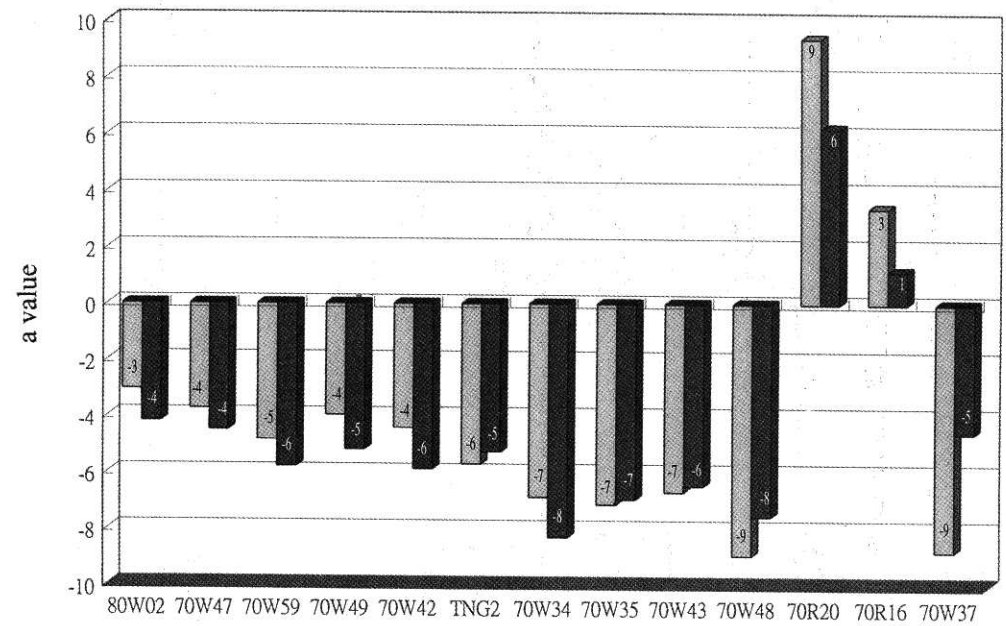


圖 8. 不同山藥塊莖肉部紅色度之比較。

Fig. 8. Comparison on flesh a value of various yams.

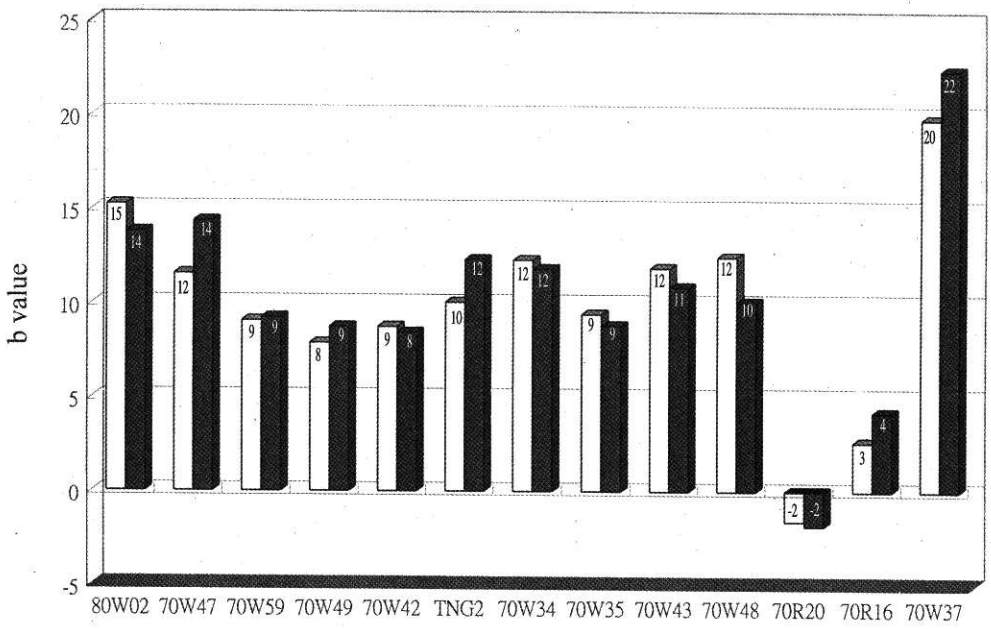


圖 9. 不同山藥塊莖肉部黃色度之比較。

Fig. 9. Comparison on flesh b value of various yams.

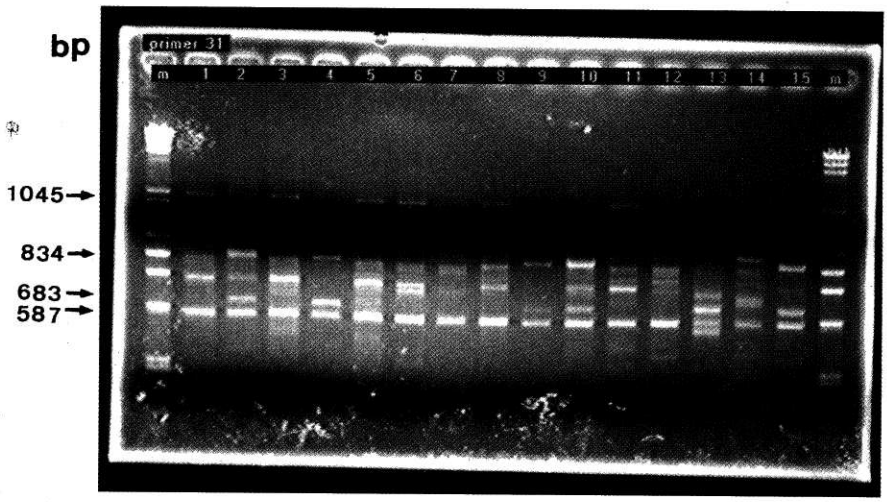


圖10.不同山藥品種系利用primer # 31及PCR技術分析之RAPD圖譜。圖譜上方橫標號碼表示不同山藥品種系，依試驗材料所示。

Fig.10. RAPD profile of *Dioscorea* spp. generated by primer # 31. Numbers on the top refer to the respective *Dioscorea* materials as indicated in material.

表5. 不同山藥品種系利用primer # 31進行RAPD分析之條帶數與分子量比較

Table5. Comparison on band number and position of RAPD profile of different *Dioscorea spp.* generated by using primer # 31

No.	Var. & lines	Band No.	Band position
1	青森A品系	5	603,834,1045,1154,2311
2	大淮A品系	5	587,683,8341045,1154
3	青森B品系	5	603,744,834,1045,2311
4	大淮B品系	4	587,683,834,1045
5	屏地品系	7	472,587,683,834,1004,1154,2311
6	基隆A品系	7	587,774,834,956,1045,1123,2311
7	基隆B品系	5	587,774,956,1004,1123
8	法山品系	5	587834,1045,1154,2311
9	中國長品系	4	166,587,683,1045
10	二刺品系	6	587,683,774,834,1045,1.85E+4
11	台農2號	8	347,440,587,834,903,1045,1154,2311
12	大蜜品系	5	392,587,903,1045,1154
13	黃藥品系	5	556,603,683,802,1004
14	大汕品系	7	424,603,774,903,1045,1154,1357
15	青島品系	4	587,683,834,1045

表6. 利用primer # 31進行山藥RAPD分析之電泳條帶分子量(bp)與強度之比較

Table 6. Comparison on band molecular weight(bp)and strength degree of RAPD profile obtained from different varieties and lines of *Dioscorea* spp. generated by primer # 31

No. / bp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Present rate%
166									25							6.7
347											7					6.7
392												11				6.7
424													9			6.7
440											7					6.7
472					8											6.7
556													22			6.7
587		46		26	26	32	47	39	27	31	36	52			23	73.3
603	30		29										6	28		26.7
683		17		26	9				30	11			27		31	46.7
744			10													6.7
774						14	21			8				30		26.7
802													23			6.7
834	51	19	48	40	38	16		29		12	19				13	66.7
903											7	13		11		20.0
956						17	21									13.3
1004					8		8						24			20.0
1045	8	14	7	8		7		16	18	23	12	17		11	33	80.0
1123						3	3									13.3
1154	4	4			3			5			3	7		8		46.7
1357														3		6.7
2311	7		7		8	12		10			9					40.0
18500										14						6.7

(四)山藥嫩芽之急性毒性測試

山藥台農2號爲目前山藥之推廣品種之一，於1999年已推廣至21鄉鎮。取其嫩芽製備煎液，並以最高限劑量(5,000mg/kg)強迫餵食白鼠，不會造成白鼠死亡(表7)。處理後第7及14天，參試雌雄鼠之平均體重與平均增重百分率均出現明顯變化(表8、表9)，對照組雄與雌鼠之平均增重百分率依次如下：第7天約爲10.1%與3.4%，第14天約爲20.8%與9.1%；5,000mg/kg處理組雄與雌鼠之平均增重百分率，依次約爲第7天之12.8%與9.6%，及第14天之17.1%與14.5%(表9)。除了第14天雄鼠處理組之體重略遜於對照組外(表8)，其餘各5,000 mg/kg處理組之平均體重於處理後第7及14天均較對照組顯著增加(表8)，增重百分率亦同(表9)。以台農2號山藥嫩芽之最高限劑量5,000 mg/kg 強迫餵食白鼠，處理組鼠隻均不產生任何臨床症狀(表10)，大體解剖各器官亦無明顯肉眼病變現象。

表7. 強迫餵食台農2號山藥嫩芽造成白鼠死亡之分佈數之比較

Table7. Comparison on the death distribution of rats treated with young shoots of yam TNG2

Sex type	Days after treatment and death number of rats									Total death
	0	1	2	3	4	5	6	7	14	No.
Male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Female	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表8. 強迫餵食台農2號山藥嫩芽對白鼠平均體重之影響

Table 8. Changes in body weight of rats treated with young shoots of yam TNG2

Sex type	Concentration (mg/kg)	Body weight(g)		
		0 day	7 days	14 days
Male	0	176.0± 7.4 a[z]	193.4±9.7 a	212.0±16.8 a
	5,000	177.2±14.7 a	199.8±15.8 b	207.6±20.2 b
Female	0	170.0± 9.3 a	175.8±18.4 a	185.4±22.6 a
	5,000	191.1±14.2 b	208.8±22.3 b	217.4±24.5 b

[z] Means followed by the same letter within the column of each rat sex type are not significantly different at 5% level by the F- test.

表9. 強迫餵食台農2號山藥嫩芽白鼠體重7天及14天增重百分率之變化比較

Table 9. Changes in increase rate(%)of rat body weight after 7 and 14 days of treatment with young shoots of yam TNG2

Sex type	Concentration (mg/kg)	Body weight increase rate(%)	
		7 days	14 days
Male	0	10.1± 7.7 a[z]	20.8±13.5 a
	5,000	12.8± 6.8 b	17.1± 5.8 b
Female	0	3.4± 8.8 a	9.1±12.0 a
	5,000	9.6± 13.4 b	14.5±18.0 b

[z] Means followed by the same letter within the column of each rat sex type are not significantly different at 5% level by the F- test.

表10.以台農2號山藥嫩芽進行白鼠口服急毒性處理14天內之臨床症狀觀察

Table 10. Maximum symptoms of rats observed within 14 days after being treated with young shoots of yam TNG2

Symptoms	Dose(mg/kg)			
	0		5,000	
	Female	Male	Female	Male
昏眩	0	0	0	0
過度敏感	0	0	0	0
間歇抽搐	0	0	0	0
遲鈍	0	0	0	0
後弓反張	0	0	0	0
俯臥	0	0	0	0
側臥	0	0	0	0
活動增加	0	0	0	0
活動減少	0	0	0	0
疲軟	0	0	0	0
僵直	0	0	0	0
抽搐	0	0	0	0
運動失調	0	0	0	0
麻痺	0	0	0	0
痙攣	0	0	0	0
突眼	0	0	0	0
淚眼	0	0	0	0
瞳孔放大	0	0	0	0
瞳孔縮小	0	0	0	0
眼皮下垂	0	0	0	0
流涎	0	0	0	0
皮毛粗剛	0	0	0	0
豎毛	0	0	0	0
呼吸急迫	0	0	0	0
呼吸困難	0	0	0	0
咳血	0	0	0	0
發紺	0	0	0	0
肺水泡音	0	0	0	0
鼻分泌物	0	0	0	0
下痢	0	0	0	0
排尿失禁	0	0	0	0

討 論

山藥在歷代本草中都被視爲補虛佳品，「神農本草經」等本草典籍謂其性平、涼潤、味甘而無毒，能健脾胃、補肺腎及收澀固精，主治泄瀉久痢、消渴、虛勞、咳嗽、遺精、帶下及小便頻仍等[5,7,10]，另具祛痰功效；民間用爲滋養強壯藥[25]，古代名方如六味丸、八味丸、參苓白朮散、無比山藥丸、大山藇丸以及坊間之四神湯中即有山藥。根據「醫學衷中參西錄」，利用山藥組配的方劑多達47方；根據歷代醫藥名方所載，利用山藥組配的方劑共達333方。清末民初的河北名醫張錫純，不僅稱讚山藥能滋潤血脈，固攝氣化，寧咳定喘，強志育神，性平可以常服多服，而且指出宜用生者煮汁飲之，不可炒用，以其含蛋白質甚多，炒之則蛋白質焦枯，服之無效。

由現代研究報告發現，山藥含有皂苷、粘液質、膽鹼、澱粉、糖蛋白、鞣質、多種胺基酸、維生素C及鈣、磷、鐵等[27]，具有增強機體的免疫功能[18]，改善冠狀動脈及微循環的血流，有鎮咳、祛

痰、平喘等藥理作用；山藥皂苷(diosgenin)是激素的原料之一，其藥用價值似具有科學根據。臨床實驗另外證實，山藥確有增進食慾、改善人體消化功能及增強體質等多種功能。近來還發現山藥和黃耆、黨參、何首烏、巴戟天、靈芝、人參等生藥相似，有誘生干擾素的作用。

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；以往產量不高之因，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[1,2,21,22]。就本研究13種山藥品種系而言，若能選擇高產優質之品種如山藥台農2號(產量高達45.6t/ha)、大葉壽豐品系(產量達43.8t/ha)、二刺品系(產量達41.6t/ha)、大汕三品系(產量38.3t/ha)或中國長品系(產量34.0t/ha)等，且管理得宜，並能開發多元化加工產品，則塊莖收量將不至太差，可因此提高農民不少收益(圖 1)。

在本研究13種參試山藥品種系中，除了名間長紅與紫玉血薯兩品系之塊莖肉質爲紅色外，其餘11種皆屬白色。在塊莖長度方面一般雖分成三類：如中國長品系、二刺品系、大淮品系、青森品系、大葉壽豐品系、基隆品系及北投品系等7種應爲長形(長度>50cm)；台農2號品系、大汕二品系、大汕三品系、名間長紅品系與紫玉血薯品系等5種應爲中形(20cm<長度<50cm)；黃藥品系則爲短形(長度<20cm)(表 1)，惟由表 2之結果可知，實際生產之塊莖長度除受品種特性影響外，栽培地區之氣候土質及田間管理等因素確有很大之影響。

礦物質是維繫人體內各種生理代謝運作正常之重要無機物質[34]，如P與細胞之成長與修護，以及腎功能有關；K能調節體液之pH值，影響神經傳導及心肌活動；Ca促進骨骼及牙齒發育，與肌肉收縮及神經傳導有關；Mg影響碳水化合物之代謝，與高能鍵之轉換有關；Fe增進氧氣運送，且與酵素活性有關；Mn與某些酵素之活性有關；Cu與血紅素之產生有關；Zn與一些酵素之活性有關，又是胰島素之成分之一。綜論本研究表4a及表4b之分析比較結果可知，青森品系含有頗高量之P、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn，而在Cd、Cr、Ni、Pb之含量則不高；黃藥品系含最高量之Fe、Mn、Cd、Cr及Ni，其Fe之含量比其他參試植物高出約7～70倍，Mn之含量約高出1.5～60倍。惟根據「中藥大辭典」轉載「南方主要有毒植物」[4]一書可知，誤吃黃藥可引致口、舌、喉等處燒灼痛，及流涎、噁心、嘔吐、腹痛、腹瀉、瞳孔縮小等，嚴重時出現昏迷、呼吸困難、心臟麻痺或死亡等；且有部分地區之民眾誤用黃藥之塊莖爲何首烏，消費者在取用黃藥時，不可不愼，能遵照醫生指示再使用更佳。

聯合國國際農糧組織與世界衛生組織(FAO/WHO) 於1973年制訂了人體對毒物每日可接受取食量(Acceptable daily intake, 簡稱ADI)之安全規則，其內含爲根據目前所得的安全資訊，在整個生命過程中，人體每日接受低於一定劑量之某種化學物質，不致因而會受到毒害，其單位爲每公斤體重可攝取之微克數(μ g/kg b. w. / day)[13]。例如成人每天銅的攝取量不可多於2mg、鋅爲15mg[8,9]、鎘爲48-60 μ g、鉛爲357.5 μ g[12]。在本研究13種山藥植物中，鋅、鎘、鉛最高含量依次爲 26.2, 0.2及0.8 μ g，相對應之每日可接受取食量(ADI)標準依次爲12,500,48-60,357ug,其攝食量仍應留意，不可過量(表4a及4b)。

過氧化酵素(peroxidase, PO, EC 1.11.1.7)，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[17]。多酚氧化酵素(polyphenol oxidase, PPO, EC 1.10.3.1)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[3,17]。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[26,32,37]。總酚類化合物(total phenolic compound, TPC)包括monocyclic phenol, dicyclic phenol, polycyclic phenol，以許多種形態存在於自然界中，與果實之顏色、香味、質地及褐變等有很大關係。本研究所述不同山藥之L、a、b值變化，PO及PPO酵素活性以及TPC化合物含量之差異，或多或少皆與山藥或其他天然物之自我防衛系統及抗氧化

特性有關[6,14,29]，其表現程度則依品種別而異(圖4~圖9)。

由於合成之抗氧化劑在安全上出現了問題，所以天然抗氧化劑的需求正日益殷切，近年來許多研究嘗試自天然物中分離純化抗氧化物質，已有具體分析結果的有：大豆的異黃酮素，芝麻的lignan衍生物，茶葉的兒茶素及茶黃素，野生日本葡萄及茄子的花青素，迷迭香及鼠尾草中的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，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(魚腥草)、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、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。本研究僅就13種山藥植物之部分抗氧化酵素與抗氧化物質進行初步比較，後續之研究將蒐集更多山藥品種，及進行其他相關抗氧化酵素與抗氧化物質之解析、比較及評估，俾供篩選具抗氧化效用山藥品種之參考。

本研究另針對山藥芽之安全性進行評估，以台農2號*(Dioscorea alata)*山藥嫩芽煎液最高限劑量5,000mg/kg進行強迫餵食[28]白鼠，處理後第14天雌雄鼠之平均體重均顯著增重(表8及表9)，且均不產生任何臨床症狀，各器官亦無明顯的肉眼病變或死亡現象(表10)，顯示一次服食極高劑量山藥芽葉之煎液，不致造成白鼠急性毒性現象。由於LD_{50}之劑量大於5,000mg/kg，依據Gleason等人之毒性分類可知，台農2號山藥芽可歸類屬於無毒類或低毒性類。

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：88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：NSC88-2317-B-055-002)，試驗進行期間得蒙本所張隆武、黃文玲、郭朝水、陳盛彰、白耀聰等先生、陳冠燕、賴明秀、莊淑荃、葉麗娟與張清惠等小姐之協助，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。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141-151。
4. 中藥大辭典編輯委員會。1981。黃藥子。中藥大辭典。昭人出版社。台中市。
5. 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。台北市。pp：577-579及660-664。
6. 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。
7. 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。
8. 李豔琪、王銀波。1997。銅污染土壤與作物生長關係之研究。中華農學會報 新181：48-58。
9. 李銘全、盧虎生、朱鈞。1998。 重金屬銅對植物之影響。科學農業 46： 353-360。
10. 林俊清。1986。山藥。新編生藥學(第I集)。高雄醫學院出版。高雄市。pp：116-123。
11. 林俊清。1995。應用生藥學(I)生藥與自由基。富山出版社。高雄市。
12. 林浩潭、翁慷愾、李國欽。1992。作物中重金屬含量調查及我國國民對重金屬取食量之探討。中華農業化學會誌 30：463-470。
13. 胡漢升。1989。環境醫學。科技圖書股份有限公司。pp.55-68。
14. 吳聲舜。1998。遮蔭處理與加工方法對綠粉茶品質之影響。國立中興大學碩士論文。
15. 進益。1988。山藥。經濟植物集。豐年社出版。pp：44-49。

16. 簡旭祺。1998。山藥切片在貯藏期間色澤與質地變化之研究。國立台灣大學碩士論文。
17. 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。
18. 劉鴻珠。1998。中藥免疫增強性低分子物質之初步篩選。藥草。台北市。
19. 劉棠瑞、黃增泉。1962。台灣之薯蕷屬植物。Bot. Bull. Acad. Sini. 第三卷。台北市。
20. 劉棠瑞、黃增泉。1978。Dioscoreaceae薯蕷科。Flora of Taiwan。pp：100-109。
21. 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。
22. 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。
23. 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。
24. 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。
25. 謝麗珊。1998。中草藥對前列腺素15-氫氧基去氫的影響。藥草。台北市。
26. 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.
27. Bradbury, J. H. and W. D. Holloway. 1988. Chemistry of Tropical Root Crops. Australian Centre for International Agricultural Research. Canberra. pp:27-98.
28. Chan, P.K. and A.W. Hayes. 1994. Acute toxicity and eye irritancy. In Principles and Methods of Toxicology. 3rd Edition. Raven Press. New York. pp.579-648.
29. 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.
30. Environmental Protection Agency Office of Pesticides & Toxic Substances. 1982. Acute oral toxicity. In Pesticide Assessment Guidelines. Subdivision F. Hazard Evaluation: Human and Domestic Animals. 81-1, pp. 39-43, Washington, DC.
31. Farm Chemicals Handbook. 1986. Meister Publishing Co., Willoughby, OH.
32. Ikediobi, C.O., R.L. Chelvarajan and A.I. Ukoha. 1989. Biochemical aspects of wound healing in yams(*Dioscorea* spp.). J. Sci. Food Agr. 48:131-139.
33. Larson, R.A. 1988. The antioxidants of higher plants. Phytochemistry 27:969-978.
34. Mertz, W. 1981. The essential trace elements. Science 213：1332-1338。
35. Onwueme, I.C.1978. Origin, classification, and growth cycle of the yam plant.The Tropical Tuber Crops. Pitman Press, New York. pp:3-16.
36. Tindall, H. D. 1983. Dioscoreaceae. Vegetable in the Tropics. Macmillan Press London. pp：201-224.
37. Tremolieres, M. and J.G. Breth. 1984. Isolation and characterization of the polyphenol oxidase from senescent leaf of black poplar. Phytochemistry 23:501-505.
38. Welsh, J. and M. McClelland. 1991. Fingerprinting genomes using PCR with arbitrarily primer. Nucleic Acids Res. 18：7213-7218。
39. Yamaguchi, M. 1983. Yam. World Vegetable. AVI publishing company. U. S. A. pp：139-147.

Studies on the Varietal Characters, Production Potential, Phytochemical Properties, and Antioxidant Effect of *Dioscorea* spp.[1]

Sin-Yie Liu, Torng-Wu Chang, Yi-Kung Lin, Su-Feng Chen[2], Jau-Yueh Wang[3], Gean-Liang Zu[4], and Shun-Cheng Wang [5]

Summary

A total of 13 *Dioscorea* genotypes had been cultivated, analyzed, and evaluated at Taiwan Agricultural Research Institute(TARI). The results obtained from comparison test on the varietal characters, yield potential, and phytochemical properties of these *Dioscorea* plants indicated that TNG2, 70W42, 70W47, 70W35, and 80W02 might be the most promising lines due to their high yield potential over 34 t/ha, among them 70W35 and 70W42 had a higher peroxidase activity than others. Yam line 70W49 possessed more mineral elements and also a higher peroxidase activity, but a lowest yield of 8 t/ha. The acute toxicological effects of water crude extracts of TNG2 buds administered in single dose of 5,000mg/kg(maximal test threshold) were also evaluated. No gross abnormalities were noted in any organs of the treated animals at the necropsy. The TNG2 buds belonged to one of non- or less-toxic products.

In order to assess and distinguish the genetic diversity of all the *Dioscorea* species used in this experiment at DNA level, the *Dioscorea* samples were detected by RAPD (random amplified polymorphic DNA) technique.Total 23 polymorphic DNA fragments were scored for all materials tested using primer #31 : 5' TGTCCGGGTG3', a random 10 bp primer selected from 35 primers used in TARI. Among these fragments, 11 fragments existed only in each of *Dioscorea* samples. 587 bp didn't exist in 70W49, 70W37, and 70W33. 956 bp and 1,123 bp existed only in 70W43, and 556 bp and 802 bp only in 70W37 . These fragments could be used as useful markers for distinguishing the genetic diversity of all the yam species used in this experiments.

Key words : *Dioscorea* spp., Varietal character, Production, RADP, Antioxidant effect, and Acute toxicity.

---

1. Contribution No. 1996 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.

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

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

4. Assistant, Department of Agricultural Chemistry, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan.

5. Vice Director of Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute. Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan, ROC.