

臺灣日本山薯 (*Dioscorea japonica* Thunb.) 植株性狀遺傳變異研究¹

龔財立²、林順福³

摘 要

藉由臺灣野生之日本山薯種原 8 個質量性狀及 9 個數量性狀調查，以評估其種原遺傳變異。結果顯示，8 個質量性狀以葉基性狀頻度分布較均勻，可供遺傳變異評估及種原鑑定參考，輔以 9 個數量性狀，以增加種原評估或鑑定效果。9 個數量性狀以葉長度、葉柄長度、葉長前寬比及葉長中寬比等 4 個性狀適合作為辨識種原重要指標。以群聚分析評估日本山薯種原植株外表性狀遺傳歧異性，結果顯示地區族群相互重疊。本研究對臺灣野生之日本山薯種原植株性狀進行調查，並建立其種原蒐集、評估及利用上重要資訊。

關鍵詞：遺傳歧異性、種原收集、植株外表性狀

前 言

臺灣地處亞熱帶與熱帶，由於地形因素跨熱、暖、溫與寒帶不同氣候區，地理與氣候的多樣性豐富了臺灣植物資源，重要作物之野生近緣種至少有 200 種。基於本土作物遺傳資源保護立場，對於該等原生於臺灣且在農園藝上可利用的種原，更應積極加以蒐集、保存與利用（邱和許，2007）。植物族群長時間受氣候環境因素的影響，分布於廣大地區之族群，易造成種內及不同地區族群間變異，致因種內遺傳分化，而形成不同生態型（Mclaughlin, 1986）。植物數量性狀，對其是否能在環境中生存，有很大的影響，常因適應某一特定環境，而形成具某些特定性狀之生態型（Rezai and Frey, 1989），例如生長於臺灣的五節芒族群（Chou *et al.*, 1987）與香附子族群（陳和曾，1990），亦發現不同地區族群有分化現象。

¹ 行政院農業委員會桃園區農業改良場研究彙報第 529 號。

² 桃園區農業改良場副研究員兼站長。

³ 國立臺灣大學農藝學系副教授(通訊作者，shunfu@ntu.edu.tw)。

薯蕷屬 (*Dioscorea*) 為多年生蔓性植物，分類上屬於薯蕷科 (*Dioscoreaceae*)，可供食用及藥用 (蕭, 2001; Huber, 1998)，主要用途為地下塊莖或根莖 (那等, 1978)；為營養體繁殖作物，部分種 (*species*) 可行有性繁殖，目前主要分布在熱帶地區，其中以中南美洲最多，次為東南亞及非洲，全世界至少有 600 個種，其中 10 個種可供食用 (Lebot, 2009)；中國約有 66 個種及 1 個亞種 (李等, 1999)，Liu 和 Huang (1978) 在臺灣植物誌指出薯蕷屬植物在臺灣有 14 個種及 6 個變種，Huang 和 Hsiao (2000) 在臺灣植物誌新修訂版中，修正薯蕷屬植物在臺灣有 14 個種及 4 個變種。日本山薯 (*D. japonica* Thunb.) 為臺灣野生薯蕷屬植物，可供食用及藥用，因同時可行有性及營養體繁殖，故散布於臺灣低海拔至中海拔山區，主要利用部位為地下塊莖 (那等, 1978)。俗稱條薯、山藥薯，每年入秋後即進入野生山藥採收期，由於大量濫採，導致族群迅速縮小；目前已有農民採野生日本山薯進行栽培，因適口性佳，供不應求。為瞭解日本山薯將來作為食用及特用作物之育種材料或種原蒐集背景，希望藉由調查其植株外表性狀，釐清其不同地區族群間及同地區族群內次族群間變異。

臺灣的氣候及土壤條件非常適合薯蕷屬植物生長 (龔等, 1999a,b, 2000a,b)，因此，擁有相當多的薯蕷屬植物種原 (廖, 2000; 蕭, 2001; 謝, 2008)。薯蕷屬植物的判別，通常藉由植物性狀的型態差異判斷，如藤蔓型態及芽葉性狀等，其優點除不需任何儀器輔助，可直接在田間辨認，為傳統鑑別依據 (林等, 2011; 胡等, 2005; 賴等, 2005; 龔, 2015; Anil *et al.*, 2011; Beyene, 2013; Dansi *et al.*, 1999; Hasan *et al.*, 2008; Msowoya-Mkwaila *et al.*, 2013; Mwirungi *et al.*, 2009; Wilkin *et al.*, 2002)。臺灣各地區生育環境及氣候迥異，而日本山薯種原分布臺灣各地山區，因此，瞭解臺灣不同地區日本山薯種原間變異，對育種及種原保存實有助益。故本研究進行臺灣日本山薯種原蒐集，並利用植株外表性狀以探討其遺傳歧異性，供未來野生薯蕷屬植物種原鑑別及育種之參考。

材料與方法

一、植物材料

本研究 2010 年將臺灣分成北部 (N) ($24^{\circ}20'N$ - $25^{\circ}17'N$, $120^{\circ}45'E$ - $121^{\circ}55'E$, 6-1587 m)、中部 (M) ($23^{\circ}34'N$ - $24^{\circ}17'N$, $120^{\circ}44'E$ - $121^{\circ}08'E$, 295-1185 m)、南部 (S) ($22^{\circ}12'N$ - $23^{\circ}37'N$, $120^{\circ}31'E$ - $120^{\circ}53'E$, 120-1467 m) 及東部 (E)

(23°09'N - 24°18'N, 121°05'E - 121°45'E, 2-652 m) 等四個地理區域進行日本山薯種原蒐集，涵蓋臺灣本島 13 個次族群（縣市），共蒐集 99 個種原（表 1）。其中在北部地區包括宜蘭縣（Y）、台北（含新北市、基隆市及台北市）（P）、桃園市（T）、新竹縣（H）及苗栗縣（M）次族群，共有 46 個基隆野山藥種原、7 個薄葉野山藥種原及 9 個細葉野山藥種原；中部地區包括台中市（C）及南投縣（O）次族群，共有 15 個基隆野山藥種原及 5 個薄葉野山藥種原；南部地區包括雲林縣（U）、嘉義縣（I）、高雄市（K）及屏東縣（G）次族群，共有 6 個基隆野山藥種原及 5 個薄葉野山藥種原；東部地區包括花蓮縣（L）及台東縣（D）次族群，共有 5 個基隆野山藥種原及 1 個細葉野山藥種原。合計共蒐集基隆野山藥 72 個種原、薄葉野山藥 17 個種原、細葉野山藥 10 個種原，採集地點之分布如表 1 及圖 1。

表 1. 臺灣收集日本山薯種原資料表

Table 1. Geographical data for the germplasm of *D. japonica* Thunb. collected from Taiwan in 2010.

代號 Code	種原 ^z Germplasm	採集地 Location	緯度 Latitude (N)	經度 Longitude (E)	海拔高度 Altitude (m)
1	PNY1	冬山鄉梅花湖 Dongshan Meihua Lake	24°38.473'	121°43.807'	97
2	JNY1	南澳鄉金岳 Nanao Jinyue	24°27.926'	121°46.387'	46
3	PNY2	蘇澳鎮蘇澳港 Suao Suaoport	24°35.628'	121°51.365'	21
4	JNY2	蘇澳鎮南方澳 Suao Nanfanao	24°35.042'	121°51.649'	117
5	PNY3	南澳鄉澳花 Nanao Aohua	24°19.585'	121°44.754'	32
6	PNP1	貢寮區貢寮國小 Gongliao Elementary School	25°01.335'	121°54.985'	14
7	PNP2	金山區西湖 Jinshan Xihu	25°15.065'	121°36.730'	249
8	PNP3	石門區小坑 Shimen Xiakeng	25°16.943'	121°35.596'	101

表 1. 臺灣收集日本山薯種原資料表 (續)

Table 1. Geographical data for the germplasm of *D. japonica* Thunb. collected from Taiwan in 2010. (continue)

代號 Code	種原 ^z Germplasm	採集地 Location	緯度 Latitude (N)	經度 Longitude (E)	海拔高度 Altitude (m)
9	JNP1	雙溪區新寮子 Shuangxi Xinliaozi	25°01.791′	121°50.239′	67
10	PNP4	林口區下福 Linkou Xiafu	25°06.663′	121°18.398′	26
11	PNP5	基隆市大武崙 Keelung Dawulun	25°10.171′	121°42.497′	6
12	PNP6	萬里區野柳 Wanli Yeliu	25°12.168′	121°40.844′	11
13	PNP7	三峽區鳶山 Sanxia Yuanshan	24°55.899′	121°21.357′	235
14	PNP8	陽明山永福 Yangminshan Yongfu	25°06.345′	121°32.875′	161
15	PNP9	陽明山竹子湖 Yangminshan Zhuzaihu	25°10.521′	121°32.326′	685
16	PNP10	萬里區太和 Wanli Taihe	25°10.787′	121°39.280′	187
17	PNP11	萬里區溪底 Wanli Xidi	25° 09.471′	121°37.515′	266
18	ONP1	八里區華富山 Bali Huafushan	25°08.244′	121°25.114′	60
19	PNP12	八里區左岸 Bali Zuo-an	25°09.256′	121°25.952′	20
20	ONP2	雙溪區赤皮崙 Shuangxi Chipilun	25°01.038′	121°47.648′	191
21	PNP13	陽明山山豬湖 Yangminshan Shanzhuhu	25°08.539′	121°33.388′	488
22	ONP3	基隆市海洋大學 keelung Haiyang University	25°08.896′	121°46.273′	37
23	ONP4	陽明山風櫃嘴 Yangminshan Fenggueizui	25°07.968′	121°36.038′	510

表 1. 臺灣收集日本山薯種原資料表 (續)

Table 1. Geographical data for the germplasm of *D. japonica* Thunb. collected from Taiwan in 2010. (continue)

代號 Code	種原 ^z Germplasm	採集地 Location	緯度 Latitude (N)	經度 Longitude (E)	海拔高度 Altitude (m)
24	ONP5	石碇區皇帝殿 Shiding Huangdi Temple	24°59.408′	121°40.742′	328
25	ONT1	大溪區慈湖 Daxi Cihu	24°50.156′	121°18.144′	262
26	ONT2	龜山區銘傳大學 Guishau Mingchuan	24°53.642′	121°01.604′	201
27	PNT1	復興區羅浮 Fuxing Luofu	24°47.661′	121°21.633′	395
28	ONT3	復興區大灣 Fuxing Dawan	24°45.567′	121°20.104′	490
29	PNH1	新竹市高峰 Hsinchu Gaofeng	24°47.136′	120°58.717′	75
30	PNH2	新竹市元培 Hsingchu Yuanpei	24°46.367′	120°56.289′	98
31	JNH1	新埔鎮九芎湖 Xinpu Jiuqionghu	24°51.435′	121°06.198′	220
32	PNH3	新竹市青草湖 Hsinchu Qingcao Lake	24°46.499′	120°58.607′	105
33	PNH4	新竹市十八尖山 Hsinchu Shibajian M	24°47.514′	120°58.653′	46
34	PNH5	湖口鄉湖南 Hakou Hunan	24°52.290′	121°04.357′	263
35	PNH6	五峰鄉羅山 Wufeng Luosha	24°36.833′	121°09.485′	1,063
36	PNH7	橫山鄉橫山村 Hengshan Hengshan Village	24°42.251′	121°08.454′	218
37	JNH2	橫山鄉豐鄉 Hengshan Fengxiang	24°41.133′	121°08.366′	206
38	PNH8	芎林鄉鹿寮坑 Qionglin Luliaokeng	24°44.520′	121°08.322′	237

表 1. 臺灣收集日本山薯種原資料表 (續)

Table 1. Geographical data for the germplasm of *D. japonica* Thunb. collected from Taiwan in 2010. (continue)

代號 Code	種原 ^z Germplasm	採集地 Location	緯度 Latitude (N)	經度 Longitude (E)	海拔高度 Altitude (m)
39	ONH1	新豐鄉鳳崎 Xinfeng Fenggi	24°52.293′	120°58.492′	136
40	PNH9	尖石鄉那羅 Jianshi Naluo	24° 40.087′	121°16.029′	428
41	PNH10	尖石鄉道下 Jianshi Daoxia	24° 40.298′	121°16.521′	1,087
42	PNH11	尖石鄉田埔 Jianshi Tiapu	24° 38.458′	121°16.604′	1,051
43	PNH12	尖石鄉秀巒 Jianshi Xiuluan	24° 37.759′	121°16.985′	906
44	PNH13	尖石鄉泰崗 Jianshi Taigang	24° 36.713′	121°18.111′	1,289
45	PNH14	尖石鄉司馬庫司 Jianshi Simakusi	24°34.644′	121°20.357′	1,587
46	PNH15	橫山鄉田寮 Hengshan Tianliao	24°41.137′	121°07.154′	596
47	PNH16	竹東鎮大鄉 Zhuolan Daxiang	24°43.097′	121°04.432′	203
48	PNH17	五峰鄉花園 Wufeng Huayuan	24°39.644′	121°09.115′	540
49	JNH3	五峰鄉清泉 Wufeng Qingquan	24°34.467′	121°06.247′	548
50	PNM1	頭屋鄉明德水庫 Touwu Mingde Reservoir	24°34.871′	120°52.967′	81
51	PNM2	造橋鄉乳姑山 Zaogiao Rugushan	24°37.366′	120°50.670′	54
52	PNM3	造橋鄉豐湖 Zaogiao Fenghu	24°36.697′	120°50.559′	33
53	PNM4	大湖鄉水尾坪 Dahu Shuiweiping	24°26.609′	120°53.479′	266

表 1. 臺灣收集日本山薯種原資料表 (續)

Table 1. Geographical data for the germplasm of *D. japonica* Thunb. collected from Taiwan in 2010. (continue)

代號 Code	種原 ^z Germplasm	採集地 Location	緯度 Latitude (N)	經度 Longitude (E)	海拔高度 Altitude (m)
54	JNM1	通宵鎮烏眉 Tongxiao Wumei	24°29.945′	120°45.130′	103
55	PNM5	西湖鄉高埔 Xihu Gaopu	24°30.197′	120°46.092′	150
56	PNM6	銅鑼鄉雞隆 Tongluo jilong	24°28.703′	120°47.844′	189
57	PNM7	銅鑼鄉新隆 Tongluo Xinlong	24°25.344′	120°48.368′	223
58	PNM8	三義鄉雙潭 Sanyi Shuangtan	24°24.725′	120°47.562′	325
59	PNM9	卓蘭鎮易豐 Zhuolan Yifeng	24°20.421′	120°49.015′	312
60	PNM10	三灣鄉大河 Sanwan Dahe	24°38.155′	120°57.377′	105
61	PNM11	獅潭鄉仙山 Shitan Xianshan	24°32.265′	120°55.889′	275
62	PNM12	獅潭鄉大坡塘 Shitan Dapotang	24°30.039′	120°54.182′	305
63	PMC1	大坑區 1 號步道 Dakeng Yihaobudao	24°11.363′	120°47.111′	424
64	PMC2	和平區南勢 Heping Nanshi	24°10.324′	120°54.498′	559
65	PMC3	和平區麗陽 Heping Liyang	24°11.859′	120°59.946′	718
66	PMC4	和平區谷關 Heping Guguan	24°12.541′	120°59.946′	800
67	PMC5	東勢區慶福 Dongshi Qingfu	24°09.721′	120°51.101′	480
68	PMC6	石岡區萬仙 Shigang Wanxin	24°16.044′	120°46.956′	437

表 1. 臺灣收集日本山薯種原資料表 (續)

Table 1. Geographical data for the germplasm of *D. japonica* Thunb. collected from Taiwan in 2010. (continue)

代號 Code	種原 ^z Germplasm	採集地 Location	緯度 Latitude (N)	經度 Longitude (E)	海拔高度 Altitude (m)
69	PMC7	后里區廣福 Houli Guangfu	24°17.299′	120°44.579′	312
70	PMO1	仁愛鄉惠蓀林場 Renai Timberland	24°05.435′	121°01.964′	677
71	PMO2	仁愛鄉眉原 Renai Meiyuan	24°04.458′	120°59.782′	501
72	PMO3	魚池鄉日月潭 Yuchi Sunmonlake	23°51.786′	120°56.461′	762
73	PMO4	鹿谷鄉小溪頭 Lugu Xiaoxitou	23°45.909′	120°43.733′	295
74	JMO1	水里鄉車程 Shuili Checheng	23°49.592′	120°51.774′	319
75	JMO2	鹿谷鄉溪頭 Lugu Xitou	23°42.821′	120°46.800′	711
76	JMO3	鹿谷鄉杉林溪 Lugu Shanlin River	23°40.361′	120°47.161′	1,185
77	PMO5	仁愛鄉霧社 Renai Wushe	24°00.509′	121°07.773′	1,142
78	PMO6	國姓鄉北山 Guoxing Beishan	23°57.747′	120°52.167′	428
79	PMO7	魚池鄉頭社 Yuchi Toushe	23°49.533′	120°53.413′	638
80	PMO8	信義鄉和社 Xinyi Heshe	23°34.713′	120°54.400′	884
81	JMO4	信義鄉東埔 Xinyi Dongpu	23°33.557′	120°55.397′	1,103
82	JMO5	信義鄉同富 Xinyi Tongfu	23°36.705′	120°53.595′	550
83	PSU1	古坑鄉山峰 Gukeng Shanfeag	23°37.818′	120°37.062′	310

表 1. 臺灣收集日本山薯種原資料表 (續)

Table 1. Geographical data for the germplasm of *D. japonica* Thunb. collected from Taiwan in 2010. (continue)

代號 Code	種原 ^z Germplasm	採集地 Location	緯度 Latitude (N)	經度 Longitude (E)	海拔高度 Altitude (m)
84	JSU1	古坑鄉草嶺 Gukeng Caoling	23°35.106′	120°41.706′	788
85	JSU2	古坑鄉石壁 Gukeng Shibi	23°35.453′	120°41.490′	905
86	PSI1	番路鄉仁義潭 Fanlu Renyi Pond	23°27.860′	120°31.362′	120
87	JSK1	桃源區梅山 Taoyuan Meishan	23°16.175′	120°50.135′	998
88	JSK2	桃源區禮觀 Taoyuan Liguang	23°17.421′	120°51.222′	1,467
89	PSK1	六龜區扇平 Liugui Shanping	22°58.265′	120°39.189′	285
90	JSG1	牡丹鄉旭海草原 Mudan Xuhai Caoyuan	22°12.368′	120°53.320′	203
91	PSG1	牡丹鄉旭海 Mudan Xuhai	22°12.296′	120°53.202′	198
92	PSG2	春日鄉力里 Chunri Lili	22°24.857′	120°43.703′	1,021
93	PSG3	霧台鄉神山 Wutai Shenshan	22°44.467′	120°43.439′	526
94	PED1	海端鄉下馬 Haiduan Xima	23°09.037′	121°04.533′	652
95	PEL1	秀林鄉和平 Xiulin Heping	24°17.650′	121°45.164′	2
96	PEL2	秀林鄉西拉岸 Xiulin Xilaan	24°10.308′	121°35.604′	112
97	PEL3	秀林鄉太魯閣 Xiulin Tailuge	24°09.383′	121°37.049′	62
98	OEL1	壽豐鄉池南 Shoufeng Chinan	23°55.362′	121°30.524′	138

表 1. 臺灣收集日本山薯種原資料表 (續)

Table 1. Geographical data for the germplasm of *D. japonica* Thunb. collected from Taiwan in 2010. (continue)

代號 Code	種原 ^z Germplasm	採集地 Location	緯度 Latitude (N)	經度 Longitude (E)	海拔高度 Altitude (m)
99	PEL4	萬榮鄉紅葉 Wanrong Hongye	23°29.786′	121°20.704′	197
100	CK1	陽明山永福 Yangminshan Yongfu	25°06.345′	121°32.875′	161

^z 第一順位英文代號：

First in English code

J:*D. japonica* Thunb.var. *japonica*O:*D. japonica* Thunb.var.*oldhamii* Uline ex R.KnuthP:*D. japonica* Thunb.var.*pseudojaponica*(Hayata) Yamam.

第二順位英文代號：

Second overall English code

E=East region ; M=Central region ; N=North region ; S=South region

第三順位英文代號：

Third overall English code

C=Taichung ; D=Taitung ; G=Pingtung ; H=Hsinchu ; I=Chiay ; K=Kaohsiun ; M=Miaoli ;

L=Hualian ; O=Nantou ; P=Taipei ; T=Taoyuan ; U=Yunlin ; Y=Yilan

阿拉伯數字：縣市地理區內種原序號。

Arabic numerals:germplasm number in geographic area of county and city.

CK1: *D.alata* L.

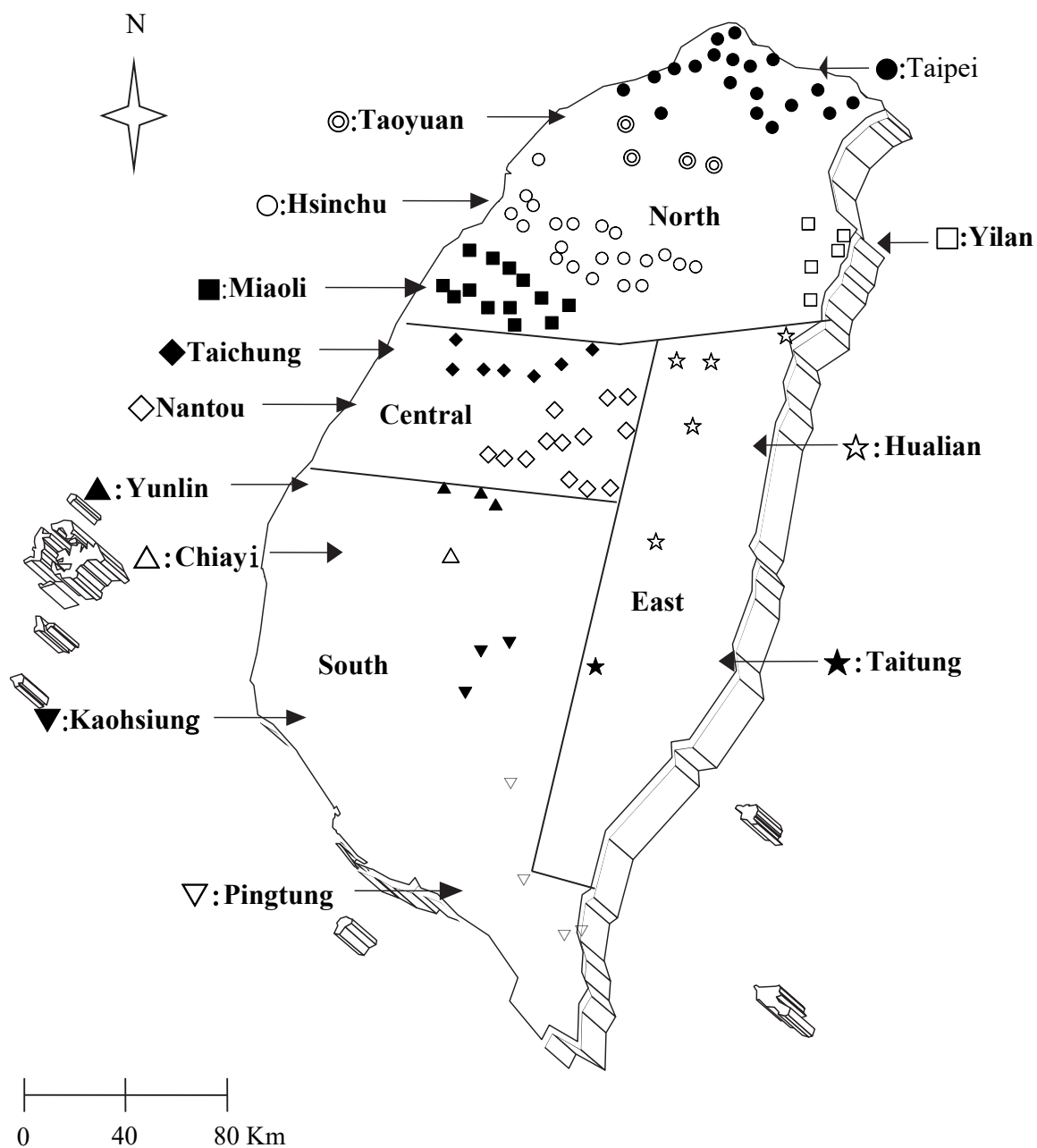


圖 1. 臺灣日本山薯採集地點

Fig. 1. Map of collection sites for *D. japonica* Thunb. in Taiwan.

二、方法

所有供試種原於 2010 年 2 月至 2011 年 4 月以直徑 22 cm 高度 21 cm 圓形盆之盆栽方式種植於桃園市新屋區本場之試驗田，每盆搭立高度 45 cm 支架供莖蔓攀爬，基肥採每盆 2 g 43 號複合肥料，5、6、7 月各施用追肥 5 號複合肥料 1 g。2012 年全生育期（幼葉顏色及芽色於生育初期調查，其餘性狀於生育後期調查）調查其植株外表性狀。

(一) 植株外表性狀調查

本研究調查 8 個質量性狀及 9 個數量性狀，數量性狀依據標準偏差將各性狀分成 5 級。

1. 質量性狀調查項目：

- (1) 葉形 (leaf shape)：1 級為心臟形 (cordate)，2 級為箭頭形 (sagittate)，3 級為戟形 (hastate)，4 級為披針形 (lanceolate)。
- (2) 葉基 (leaf bases shape)：1 級為心形 (cordate)，2 級為箭形 (sagittate)，3 級為耳形 (auriculate)，4 級為戟形 (hastate)，5 級為截形 (truncate)。
- (3) 老葉顏色 (matured leaf color)：1 級為濃綠 (dark green)，2 級為綠 (green)，3 級為淺綠 (light green)。
- (4) 幼葉顏色 (young leaf color)：1 級為綠 (green)，2 級為紫綠 (purple green)，3 級為紫 (purple)。
- (5) 莖蔓形狀 (stem shape)：1 級為角狀 (angle)，2 級為角狀帶翼 (angle with wing)，3 級為圓筒狀 (cylinder)。
- (6) 莖蔓顏色 (stem color)：1 級為綠 (green)，2 級為紫綠 (purple green)，3 級為紫 (purple)。
- (7) 莖蔓表皮 (stem skin)：1 級為光滑 (glossy)，2 級為基部有刺狀物 (base thorn-like)，3 級為全株有刺狀物 (whole plant thorn-like)。
- (8) 芽色 (bud color)：1 級為綠 (green)，2 級為淡紫 (light purple)，3 級為紫 (purple)。

2. 數量性狀調查項目（有效位數取小數點後 2 位）：

- (1) 葉長度 (leaf length)：取最大 5 葉，測量長度，以平均值分 5 級。1 級 < 6.05 cm，2 級 6.05-8.17 cm，3 級 8.18-10.31 cm，4 級 10.32-12.46 cm，5 級 > 12.46 cm。

- (2) 葉前部寬度 (terminal leaf width) : 取最大 5 葉, 測量前半部最大寬度, 以平均值分 5 級。1 級 < 1.15 cm, 2 級 1.15-2.11 cm, 3 級 2.12-3.08 cm, 4 級為 3.09-4.05 cm, 5 級 > 4.05 cm。
- (3) 葉中部寬度 (medial leaf width) : 取最大 5 葉, 測量中部最大寬度, 以平均值分 5 級。1 級 < 0.56 cm, 2 級 0.56-1.35 cm, 3 級 1.36-2.15 cm, 4 級 2.16-2.97 cm, 5 級 > 2.97 cm。
- (4) 葉柄長度 (petiole length) : 取最大 5 葉, 測量葉柄長度, 以平均值分 5 級。1 級 < 1.21 cm, 2 級 1.21-1.78 cm, 3 級 1.79-2.35 cm, 4 級 2.36-2.94 cm, 5 級 > 2.94 cm。
- (5) 葉柄直徑 (petiole diameter) : 取最大 5 葉, 測量葉柄直徑, 以平均值分 5 級。1 級 < 0.69 mm, 2 級 0.69-0.87 mm, 3 級 0.88-1.05 mm, 4 級 1.06-1.24 mm, 5 級 > 1.24 mm。
- (6) 莖節間長度 (internode length) : 測量第 3 節位至第 8 節位之莖節間長度, 以平均值分 5 級。1 級 < 4.50 cm, 2 級 4.50-6.14 cm, 3 級 6.15-7.78 cm, 4 級 7.79-9.44 cm, 5 級 > 9.44 cm。
- (7) 莖部直徑 (stem diameter) : 測量第 3 節位至第 8 節位之莖部直徑, 以平均值分 5 級。1 級 < 1.02 mm, 2 級 1.02-1.21 mm, 3 級 1.22-1.41 mm, 4 級 1.42-1.62 mm, 5 級 > 1.62 mm。
- (8) 葉長前寬比 (ratio of leaf length and terminal width) : 取最大 5 葉, 以長度及前部寬度之比值平均分 5 級。1 級 < 1.44 , 2 級 1.44-3.16, 3 級 3.17-4.89, 4 級 4.90-6.63, 5 級 > 6.63 。
- (9) 葉長中寬比 (ratio of leaf length and medial width) : 取最大 5 葉, 以長度及中部寬度之比值平均值分 5 級。1 級 < 2.14 , 2 級 2.14-4.83, 3 級 4.84-7.54, 4 級 7.55-10.25, 5 級 > 10.25 。

(二) 統計分析

1. 農藝性狀估值：

利用 SPSS 軟體之 Descriptives 指令計算種原間之各項農藝數量性狀平均值 (mean)、標準偏差 (standard deviation, SD)、變異係數 (coefficient of variation, CV)、偏態係數 (skewness) 及峰度係數 (kurtosis)。

2. 農藝性狀相關性檢定：

利用 SPSS 軟體之 Birvriate Correlations 指令針對各參試種原進行性狀間相關係數分析，並進行相關係數顯著性測驗。

3. 農藝性狀群聚分析

計算調查性狀平均值，將性狀級數化，分成 1-5 級不等，並以每一參試種原為運算分類的單位 (operational taxonomic unit, OTU)。各種原相似係數計算方式係先根據性狀相同級數出現與無出現 (出現以 1，無出現以 0 表示) 記錄之，再依 Jaccard (1908) 之定義計算其 Jaccard 相似度，公式： $J = a / (a + b + c)$ a: 表示 OTU_i 與 OTU_j ($i \neq j$; $i, j = 1, 2, \dots, N$; 其中 N 為參試種原數) 同時擁有之相同性狀級數數目; b: 表示 OTU_i 擁有，而 OTU_j 缺少之相同性狀級數數目; c: 表示 OTU_i 缺少而 OTU_j 擁有之相同性狀級數數目。再根據計算出之相似係數矩陣，利用 NT-SYSp2.1 軟體，以 UPGMA (unweighted pair group method with arithmetic mean) 的方法進行群聚分析 (cluster analysis)，以求出參試種原間之差異 (Rohlf, 1997)。群聚分析依種原間之遺傳相似性，繪出樹狀分枝圖，以探討種原間遺傳變異及親緣關係。

結 果

一、植株性狀調查

(一) 質量性狀調查

葉形、葉基、老葉顏色、幼葉顏色、莖蔓形狀、莖蔓顏色、莖蔓表皮及芽色等 8 個質量性狀調查結果如表 2 所示，100 個種原之葉形多為箭頭形 (51%)，其次為戟形 (34%) 及心臟形 (15%) (圖 2)；葉基以箭形為主 (36%)，其次為戟形 (34%) 及心臟形 (17%)；老葉顏色以淺綠色 (58%) 為主，其次為濃綠色 (37%)；幼葉顏色以紫綠色 (80%) 為主，其次為綠色 (11%) 及紫色 (9%)；莖蔓形狀以圓筒狀為主 (99%)，其次為角狀帶翼 (1%)；莖蔓顏色多為綠色 (54%) 為主，其次為紫綠色 (29%) 及紫色 (17%)；莖蔓表皮多為光滑 (62%) 為主，其次為基部有刺狀物 (38%)；芽色多為淡紫色 (70%)，其次為紫色 (18%) 及綠色 (12%)。由植株性狀觀察，8 個質的性狀除了葉基部形性狀分佈較均勻外，其餘 7 個性狀均偏向於特定外表型，該等性狀特性可供日本山薯種原之初步或快速鑑別參考。

表 2. 日本山薯種原之植株質量性狀表

Table 2. Qualitative traits for the germplasm of *D. japonica* Thunb.

代號 Code	種原 germplasm	葉形 Leaf shape	葉基 Leaf base shape	老葉顏色 Matured leaf color	幼葉顏色 Young leaf color	莖蔓形狀 Stem shape	莖蔓顏色 Stem color	莖蔓表皮 Stem epidermis	芽色 Bud color
1	PNY1	戟形	戟形	濃綠	紫綠	圓筒狀	紫	光滑	淡紫
2	PNY2	心臟形	心形	淺綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	淡紫
3	PNY3	心臟形	心形	淺綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	光滑	淡紫
4	JNY1	戟形	戟形	淺綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	光滑	淡紫
5	JNY2	戟形	戟形	淺綠	綠	圓筒狀	綠	光滑	淡紫
6	PNP1	戟形	戟形	濃綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	光滑	淡紫
7	PNP2	戟形	戟形	濃綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	光滑	淡紫
8	PNP3	戟形	戟形	濃綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	光滑	淡紫
9	PNP4	心臟形	心形	淺綠	紫綠	圓筒狀	綠	基部有刺 狀物	淡紫
10	PNP5	心臟形	心形	淺綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	淡紫
11	PNP6	心臟形	箭形	濃綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	基部有刺 狀物	淡紫
12	PNP7	箭頭形	箭形	淺綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	淡紫
13	PNP8	戟形	戟形	濃綠	綠	圓筒狀	綠	光滑	綠
14	PNP9	戟形	戟形	淺綠	綠	圓筒狀	綠	基部有刺 狀物	綠
15	PNP10	箭頭形	箭形	濃綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	淡紫
16	PNP11	戟形	戟形	濃綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	基部有刺 狀物	淡紫
17	PNP12	戟形	戟形	濃綠	紫綠	圓筒狀	紫	基部有刺 狀物	淡紫
18	PNP13	箭頭形	箭形	淺綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	光滑	紫
19	JNP1	戟形	戟形	淺綠	綠	圓筒狀	綠	光滑	綠
20	ONP1	戟形	戟形	淺綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	光滑	淡紫
21	ONP2	戟形	戟形	淺綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	淡紫
22	ONP3	戟形	戟形	淺綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	淡紫
23	ONP4	戟形	戟形	淺綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	淡紫
24	ONP5	戟形	戟形	濃綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	淡紫
25	PNT1	箭頭形	箭形	淺綠	綠	圓筒狀	綠	基部有刺 狀物	綠
26	ONT1	箭頭形	箭形	淺綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	淡紫
27	ONT2	箭頭形	箭形	濃綠	紫	圓筒狀	紫	基部有刺 狀物	紫

表 2. 日本山薯種原之植株質量性狀表 (續)

Table 2. Qualitative traits for the germplasm of *D. japonica* Thunb. (continue)

代號 Code	種原 germplasm	葉形 Leaf shape	葉基 Leaf base shape	老葉顏色 Matured leaf color	幼葉顏色 Young leaf color	莖蔓形狀 Stem shape	莖蔓顏色 Stem color	莖蔓表皮 Stem epidermis	芽色 Bud color
28	ONT3	戟形	戟形	濃綠	紫綠	圓筒狀	紫	光滑	紫
29	PNH1	箭頭形	箭形	淺綠	紫	圓筒狀	紫	基部有刺 狀物	淡紫
30	PNH2	箭頭形	箭形	濃綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	淡紫
31	PNH3	戟形	戟形	淺綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	淡紫
32	PNH4	箭頭形	耳形	淺綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	淡紫
33	PNH5	戟形	戟形	濃綠	綠	圓筒狀	綠	光滑	綠
34	PNH6	戟形	戟形	濃綠	紫綠	圓筒狀	綠	基部有刺 狀物	淡紫
35	PNH7	箭頭形	耳形	濃綠	紫綠	圓筒狀	紫	基部有刺 狀物	淡紫
36	PNH8	箭頭形	箭形	淺綠	綠	圓筒狀	綠	基部有刺 狀物	綠
37	PNH9	心臟形	心形	濃綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	基部有刺 狀物	淡紫
38	PNH10	戟形	戟形	淺綠	紫	圓筒狀	紫	光滑	紫
39	PNH11	箭頭形	箭形	濃綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	基部有刺 狀物	淡紫
40	PNH12	箭頭形	耳形	淺綠	紫綠	圓筒狀	紫	光滑	紫
41	PNH13	箭頭形	耳形	濃綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	基部有刺 狀物	淡紫
42	PNH14	箭頭形	箭形	淺綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	基部有刺 狀物	淡紫
43	PNH15	心臟形	心形	淺綠	紫綠	圓筒狀	綠	基部有刺 狀物	淡紫
44	PNH16	箭頭形	耳形	濃綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	光滑	淡紫
45	PNH17	箭頭形	箭形	淺綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	光滑	淡紫
46	JNH1	戟形	戟形	淺綠	紫綠	圓筒狀	綠	基部有刺 狀物	淡紫
47	JNH2	箭頭形	耳形	淺綠	紫綠	圓筒狀	綠	基部有刺 狀物	綠
48	JNH3	箭頭形	耳形	淺綠	紫	圓筒狀	紫	光滑	紫
49	ONH1	戟形	戟形	淺綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	淡紫
50	PNM1	箭頭形	耳形	濃綠	紫綠	圓筒狀	綠	基部有刺 狀物	淡紫

表 2. 日本山薯種原之植株質量性狀表 (續)

Table 2. Qualitative traits for the germplasm of *D. japonica* Thunb. (continue)

代號 Code	種原 germplasm	葉形 Leaf shape	葉基 Leaf base shape	老葉顏色 Matured leaf color	幼葉顏色 Young leaf color	莖蔓形狀 Stem shape	莖蔓顏色 Stem color	莖蔓表皮 Stem epidermis	芽色 Bud color
51	PNM2	箭頭形	耳形	濃綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	淡紫
52	PNM3	戟形	戟形	淺綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	淡紫
53	PNM4	戟形	戟形	淺綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	紫
54	PNM5	心臟形	心形	濃綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	基部有刺 狀物	紫
55	PNM6	戟形	戟形	淺綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	基部有刺 狀物	紫
56	PNM7	戟形	戟形	淺綠	紫	圓筒狀	紫	光滑	紫
57	PNM8	箭頭形	箭形	淺綠	紫	圓筒狀	紫	光滑	紫
58	PNM9	戟形	戟形	淺綠	紫	圓筒狀	紫	基部有刺 狀物	紫
59	PNM10	箭頭形	箭形	綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	淡紫
60	PNM11	箭頭形	箭形	淺綠	紫綠	圓筒狀	綠	基部有刺 狀物	淡紫
61	PNM12	箭頭形	箭形	淺綠	紫綠	圓筒狀	綠	基部有刺 狀物	淡紫
62	JNM1	戟形	戟形	淺綠	紫綠	圓筒狀	綠	基部有刺 狀物	淡紫
63	PMC1	箭頭形	耳形	淺綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	光滑	淡紫
64	PMC2	箭頭形	心形	淺綠	綠	圓筒狀	綠	基部有刺 狀物	綠
65	PMC3	箭頭形	心形	濃綠	紫綠	圓筒狀	綠	基部有刺 狀物	淡紫
66	PMC4	箭頭形	心形	淺綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	光滑	淡紫
67	PMC5	箭頭形	箭形	濃綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	淡紫
68	PMC6	箭頭形	耳形	淺綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	淡紫
69	PMC7	戟形	戟形	濃綠	紫	圓筒狀	紫	光滑	紫
70	PMO1	箭頭形	箭形	濃綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	淡紫
71	PMO2	箭頭形	箭形	濃綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	淡紫
72	PMO3	箭頭形	箭形	淺綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	基部有刺 狀物	紫
73	PMO4	箭頭形	箭形	淺綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	淡紫
74	PMO5	戟形	戟形	濃綠	綠	圓筒狀	綠	基部有刺 狀物	綠
75	PMO6	心臟形	心形	淺綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	光滑	淡紫

表 2. 日本山薯種原之植株質量性狀表 (續)

Table 2. Qualitative traits for the germplasm of *D. japonica* Thunb. (continue)

代號 Code	種原 germplasm	葉形 Leaf shape	葉基 Leaf base shape	老葉顏色 Matured leaf color	幼葉顏色 Young leaf color	莖蔓形狀 Stem shape	莖蔓顏色 Stem color	莖蔓表皮 Stem epidermis	芽色 Bud color
76	PMO7	箭頭形	箭形	淺綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	光滑	淡紫
77	PMO8	箭頭形	截形	濃綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	基部有刺狀物	淡紫
78	JMO1	箭頭形	箭形	淺綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	基部有刺狀物	淡紫
79	JMO2	箭頭形	耳形	濃綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	淡紫
80	JMO3	箭頭形	箭形	淺綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	淡紫
81	JMO4	箭頭形	箭形	濃綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	淡紫
82	JMO5	心臟形	心形	淺綠	紫綠	圓筒狀	綠	基部有刺狀物	淡紫
83	PSU1	箭頭形	箭形	淺綠	紫綠	圓筒狀	綠	基部有刺狀物	淡紫
84	JSU1	箭頭形	箭形	淺綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	光滑	淡紫
85	JSU2	箭頭形	箭形	淺綠	紫綠	圓筒狀	綠	基部有刺狀物	淡紫
86	PSI1	戟形	戟形	淺綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	淡紫
87	PSK1	箭頭形	箭形	濃綠	紫綠	圓筒狀	紫	基部有刺狀物	紫
88	JSK1	箭頭形	箭形	淺綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	淡紫
89	JSK2	戟形	戟形	濃綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	淡紫
90	PSG1	心臟形	心形	綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	淡紫
91	PSG2	箭頭形	耳形	淺綠	紫	圓筒狀	紫	光滑	紫
92	PSG3	心臟形	心形	淺綠	紫綠	圓筒狀	紫	基部有刺狀物	淡紫
93	JSG1	箭頭形	箭形	淺綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	基部有刺狀物	淡紫
94	PED1	戟形	戟形	濃綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	光滑	淡紫
95	PEL1	心臟形	心形	綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	淡紫
96	PEL2	心臟形	心形	綠	綠	圓筒狀	綠	光滑	綠
97	PEL3	箭頭形	箭形	濃綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	光滑	綠
98	PEL4	箭頭形	箭形	淺綠	紫綠	圓筒狀	紫	光滑	紫
99	OEL1	箭頭形	箭形	濃綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	基部有刺狀物	紫
100	CK1	心臟形	心形	綠	綠	角狀帶翼	綠	光滑	綠

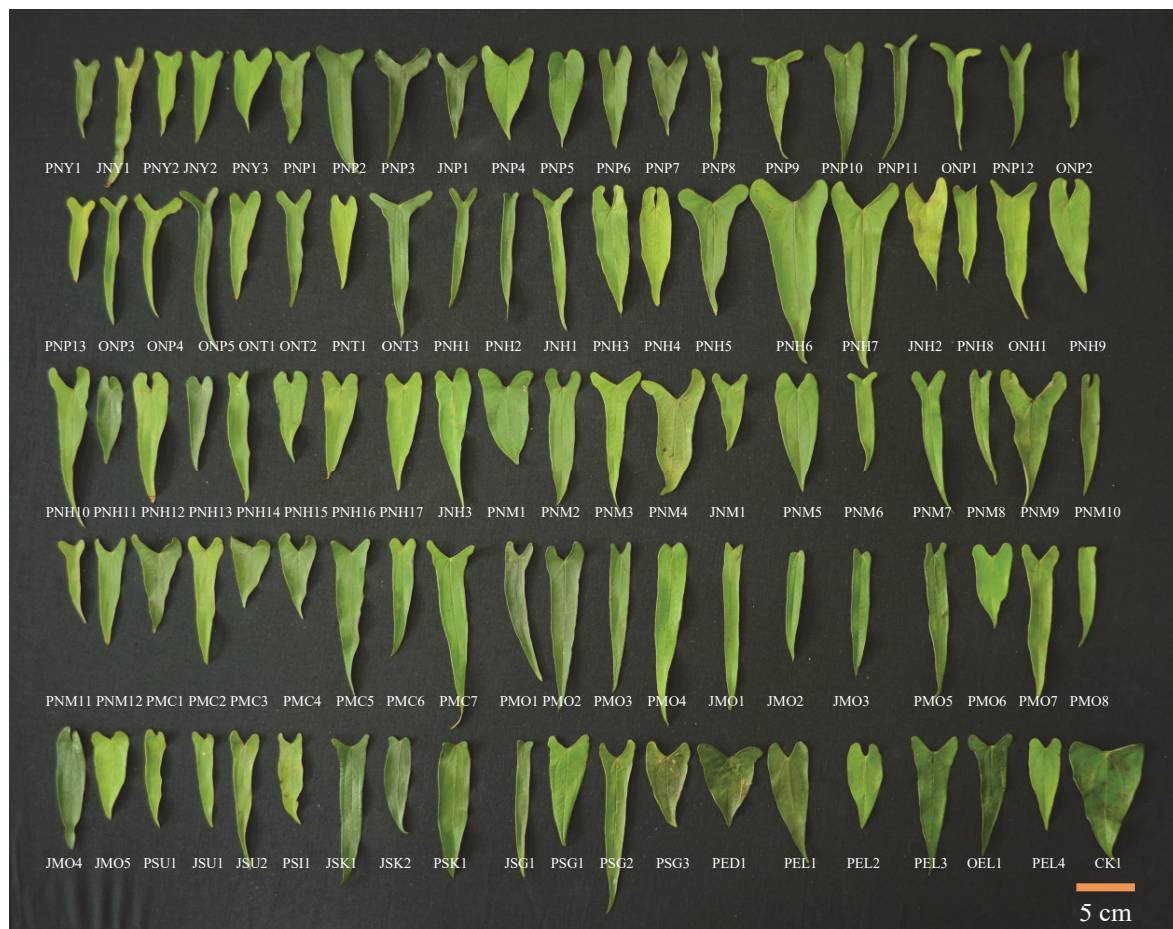


圖 2. 日本山薯種原葉部形態

Fig. 2. Leaf shapes for the germplasm of *D. japonica* Thunb.

(二) 數量性狀調查

葉長度、葉前部寬度、葉中部寬度、葉柄長度、莖節間長度、葉柄直徑、莖部直徑、葉長前寬比及葉長中寬比等 9 個量的性狀調查結果如表 3 及圖 3 所示，葉長度平均 9.21 cm，標準偏差 2.11，偏態係數 0.605 及峰度係數-0.211；葉前部寬度平均 2.56 cm，標準偏差 0.87，偏態係數 0.394 及峰度係數-0.553；葉中部寬度平均 1.72 cm，標準偏差 0.66，偏態係數 0.875 及峰度係數 0.321；葉柄長度平均 2.05 cm，標準偏差 0.51，偏態係數 0.715 及峰度係數 0.733；莖節間長度平均 6.93 cm，標準偏差 1.61，偏態係數 0.490 及峰度係數-0.012；葉柄直徑平均 0.97 mm，標準偏差 0.18，偏態係數 0.244 及峰度係數-0.853；莖部直徑平均 1.31 mm，標準偏差 0.19，偏態係數 1.044 及峰度係數 1.091；葉長前寬比平均 4.06，標準偏差 1.72，偏態係數 1.499 及峰度係數 2.766；葉長中寬比平均 6.23，標準偏差 2.69，偏態係數 1.155 及峰度係數 2.591，以上顯示葉長度、葉前部寬度、葉中部寬度、葉柄長度、莖節間長度、葉柄直徑、莖部葉長前寬比及葉長中寬比性狀等 9 個數量性狀皆為右偏分布，大部分性狀分布較分散，其中僅莖部葉長前寬比及葉長中寬比等 2 個性狀接近常態分布的對稱峰，分布較集中。

數量性狀調查中 9 個性狀變異係數 (CV) 葉長中寬比高達 43%，其次葉長前寬比為 42%，顯示該 2 個性狀相對變異程度高，也表示相對於其他性狀，葉長中寬比及葉長前寬比於種原間變異性較大；莖部直徑及葉柄直徑的變異係數較低分別為 15%及 19%，則顯示其變異程度較小。

表 3. 日本山薯種原植株數量性狀統計值

Table 3. The statistic values of quantitative traits for the germplasm of *D. japonica* Thunb.

性狀 Traits	個數 Number	平均值 Mean	標準偏差 Standard deviation	變異係數 Coefficient of variation (%)	偏態係數 Skewness	峰度係數 Kurtosis
葉長度 Leaf length	99	9.21	2.11	23	0.605	-0.211
葉前部寬度 Terminal leaf width	99	2.56	0.87	34	0.394	-0.553
葉中部寬度 Medial leaf width	99	1.72	0.66	38	0.875	0.321
葉柄長度 Petiole length	99	2.05	0.51	25	0.715	0.733
莖節間長度 Internode length	99	6.93	1.61	23	0.490	-0.012
葉柄直徑 Petiole diameter	99	0.96	0.18	19	0.244	-0.853
莖部直徑 Stem diameter	99	1.31	0.19	15	1.044	1.091
葉長前寬比 Leaf length/ terminal width	99	4.06	1.72	42	1.499	2.766
葉長中寬比 Leaf length/ medial width	99	6.23	2.69	43	1.155	2.591

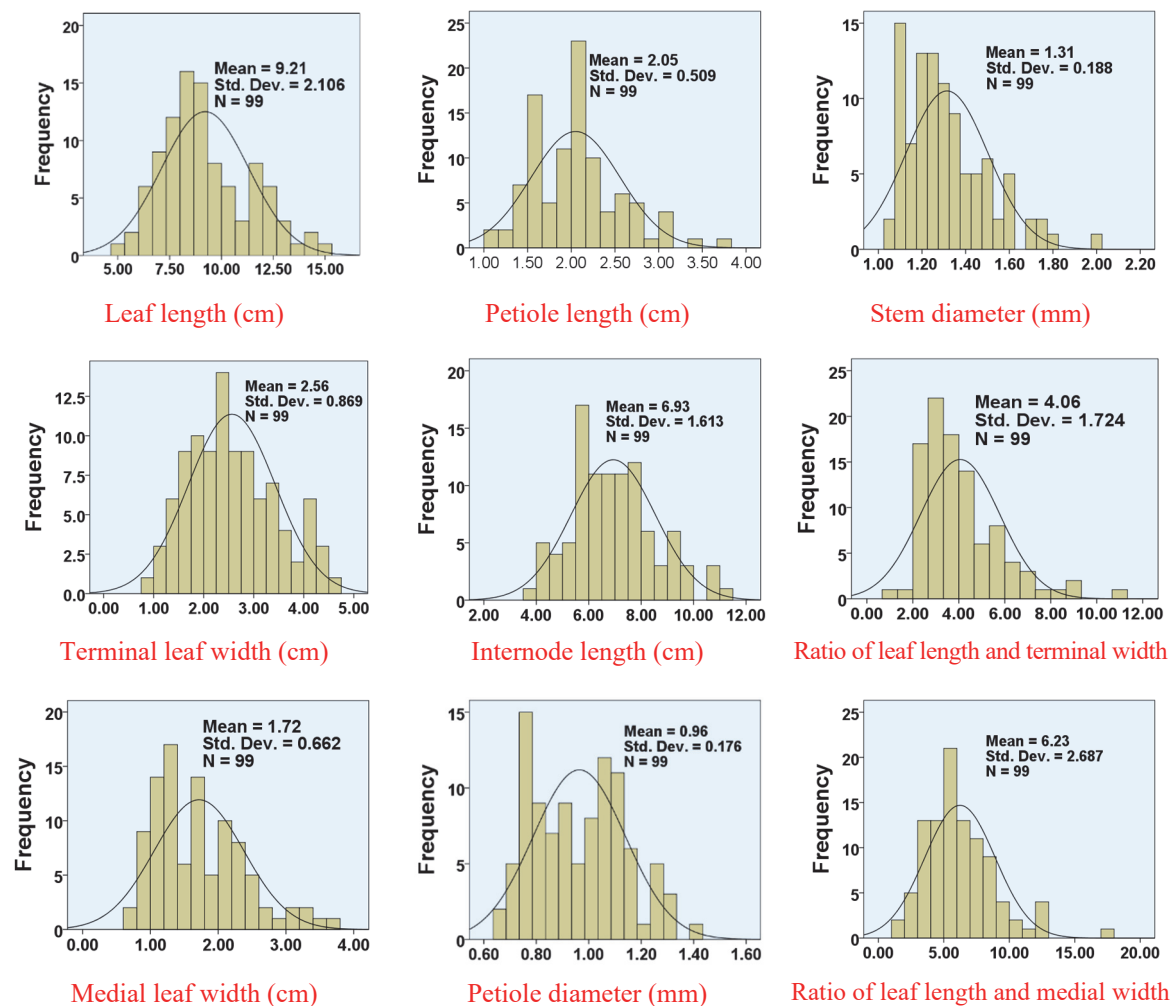


圖 3. 日本山薯種原之植株數量性狀分布

Fig. 3. The frequency distribution of quantitative traits for the germplasm of *D. japonica* Thunb.

二、日本山薯種原之植株性狀相關性檢定

9 個數量性狀以 Pearson correlation 進行相關性檢定 (表 4)。顯示葉長度與葉長前寬比及葉長中寬比性狀間達極顯著正相關；葉前部寬度與葉中部寬度、葉柄長度、莖直徑性狀間達極顯著正相關，與葉柄直徑性狀間達顯著正相關，與葉長前寬比及葉長中寬比性狀間達極顯著負相關；葉中部寬度與葉柄長度、葉柄直徑及莖直徑性狀間達極顯著正相關，與葉長前寬比及葉長中寬比性狀間達極顯著負相關；葉柄長度與節間長度、葉柄直徑及莖直徑性狀間達極顯著正相關；與葉長前寬比及葉長中寬比性狀間達顯著負相關；節間長度與葉柄直徑性狀間達極顯著正相關，與莖直徑性狀間達顯著相關；葉柄直徑與莖直徑性狀間達極顯著正相關，與葉長中寬比性狀間達極顯著負相關；莖直徑與葉長中寬比性狀間達顯著負相關；葉長前寬比與葉長中寬比性狀間達極顯著正相關。此說明多數日本山薯的植株性狀間彼此相關，故在有限人力資源下調查兩個相關性狀時，可考慮優先調查遺傳變異性大且易於評量之性狀。

表 4. 日本山薯種原之植株數量性狀相關係數

Table 4. The correlation coefficients between quantitative traits for the germplasm of *D. japonica* Thunb.

Traits	LL	TLW	MLW	PL	IL	PD	SD	LLTW
TLW	0.15							
MLW	-0.07	0.46**						
PL	-0.10	0.29**	0.29**					
IL	0.09	0.12	0.08	0.35**				
PD	0.02	0.23*	0.39**	0.42**	0.28**			
SD	0.12	0.29**	0.32**	0.40**	0.25*	0.56**		
LLTW	0.44**	-0.74**	-0.38**	-0.24*	-0.03	-0.07	-0.11	
LLMW	0.52**	-0.32**	-0.76**	-0.23*	-0.05	-0.29**	-0.22*	0.56**

註：* 及 ** 分別代表 5% 及 1% 之顯著水準。

Note: * and ** represent the significance level of 5% and 1% respectively.

LL: leaf length ; TLW: terminal leaf width ; MLW: medial leaf width ; PL: petiole length ; IL: internode length ; PD: petiole diameter ; SD: stem diameter ; LLTW: leaf length / terminal width ; LLMW: leaf length/ medial width

三、日本山薯種原植株性狀之遺傳相似性分析

日本山薯種原利用 17 個植株性狀資料，經過 Jaccard 係數運算（Jaccard, 1908），得到種原間的遺傳相似性（similarity）介於 0%-88.9%之間（即遺傳距離介於 11.1%-100%之間），所有種原的平均遺傳相似性為 27.1%，其中以中部地區族群之 29.4%為最高，其餘北、南及東部地區分別為 27.3%、28.1%及 23.6%（表 5）。根據植株性狀遺傳相似性分析結果，編號 PNM3 及 ONP4 採集自苗栗縣造橋鄉豐湖及台北市陽明山風櫃嘴的 2 個種原遺傳相似度最高（88.9%）（圖 4）。其次為編號 PNP6 及 PNH16 分別採集自新北市萬里區野柳及新竹縣竹東鎮大鄉，編號 PSU1 及 PNM12 採集自雲林縣古坑鄉山峰及苗栗縣獅潭鄉大坡塘，編號 JSU1 及 PNH14 採集自雲林縣古坑鄉草嶺及新竹縣尖石鄉司馬庫司，編號 JSK1 及 PNM11 採集自高雄市桃源區梅山及苗栗縣獅潭鄉仙山，編號 PNM2 及 PMC5 採集自苗栗縣造橋鄉乳姑山及台中市東勢區慶福，編號 PNP1 及 JSK2 採集自新北市貢寮區貢寮國小及高雄市桃源區禮觀等 6 對種原，其遺傳相似度皆為 70.0%。而編號 ONT2、PNH1、PNH14、PNM6、PNM9、PSK1 分別採集自桃園市龜山區銘傳大學、新竹市高峰、新竹縣尖石鄉司馬庫司、苗栗縣銅鑼鄉雞隆、苗栗縣卓蘭鎮易豐及高雄市六龜區扇平等 6 個種原與編號 CK1 之外群材料栽培種田薯，其遺傳相似度 0%最低，顯然栽培種田薯與日本山薯之外表性狀差異極大。

表 5. 臺灣日本山薯在 4 個地理區之種原遺傳相似性表

Table 5. The genetic similarity of four geographic regions for the germplasm of *D. japonica* Thunb. in Taiwan.

Region	No. of accessions	Average similarity (%)	Minimum similarity (%)	Maximum similarity (%)
North	62	27.3	0.0	88.9
Central	20	29.4	3.1	70.0
South	11	28.1	0.0	70.0
East	6	23.6	3.0	61.9
All	99	27.1	0.0	88.9

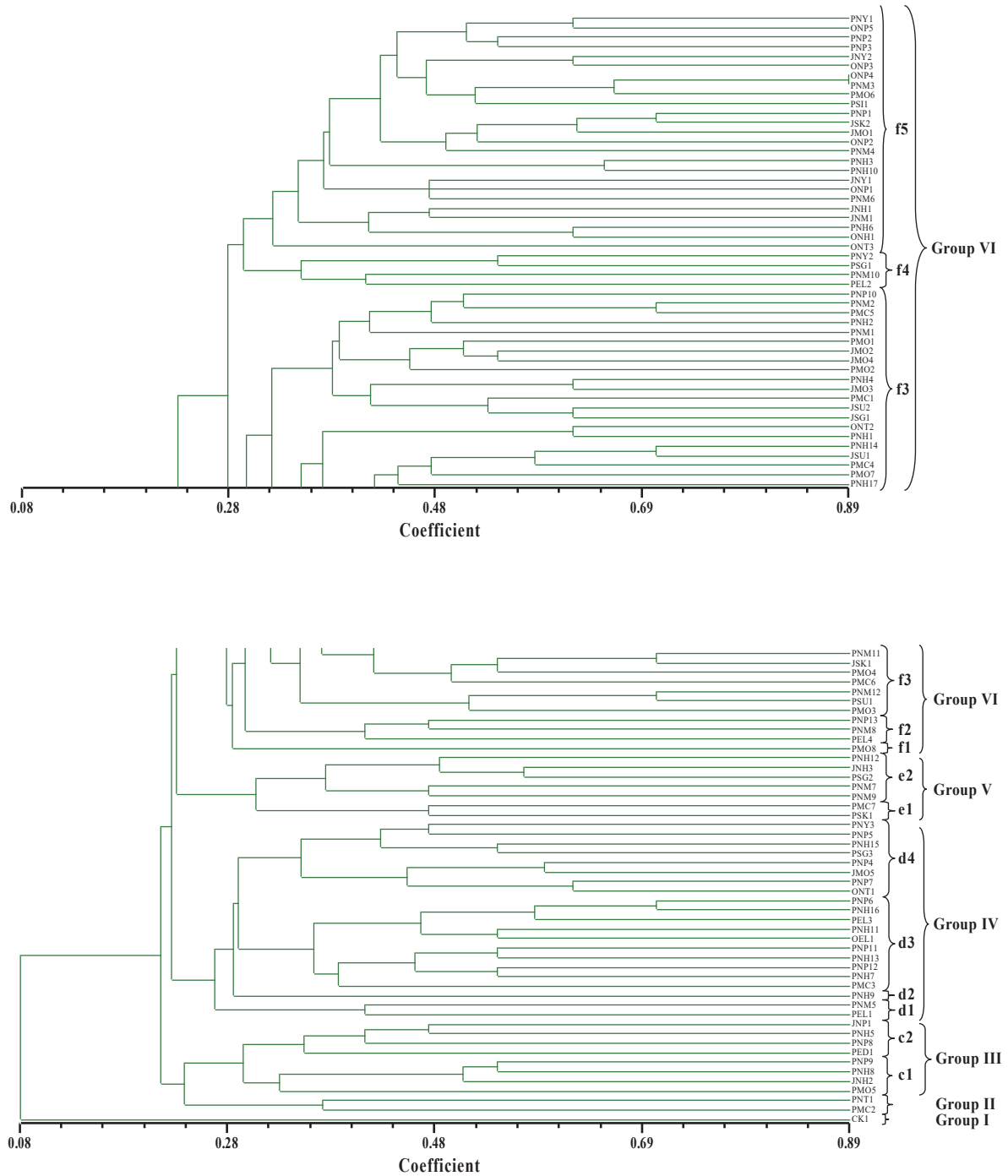


圖 4. 日本山薯種原植株性狀群聚分析圖

Fig. 4. The UPGMA dendrogram of the genetic similarity based on traits for the germplasm of *D. japonica* Thunb.

四、日本山薯種原之植株性狀群聚分析

日本山薯種原以 UPGMA 進行群聚分析，繪製出親緣關係樹狀圖（圖 4）。以相似性 0.26 做為分群依據則可將所有山藥種原區分成 6 大群（表 6），其中若依據相似性 0.32；第Ⅲ大群可分成 2 小群 c1 及 c2，第Ⅳ大群可分成 d1、d2、d3 及 d4 等 4 小群，第Ⅴ大群可分成 2 小群 e1 及 e2，第Ⅵ大群可分成 f1、f2、f3、f4 及 f5 等 5 小群，共 11 小群，其中以 f3 小群 28 個種原最多。依植株性狀判別，第Ⅳ及Ⅵ大群為 3 個變種之混合族群，第Ⅴ大群屬於基隆野山藥變種及薄葉野山藥變種之混合族群。

第Ⅰ大群為編號 CK1 外群材料，即栽培種田薯（*D.alata* L.）。第Ⅱ大群含編號 PNT1（復興區羅浮）及 PMC2（和平區南勢）2 個種原。第Ⅲ大群分成 c1 及 c2 小群，c1 含編號 PNP9（陽明山竹仔湖）、JNH2（橫山鄉豐鄉）、PNH8（芎林鄉鹿寮坑）及 PMO5（仁愛區霧社）等 4 個種原，c2 有編號 JNP1（雙溪區新寮子）、PNP8（陽明山永福）、PNH5（湖口鄉湖南）及 PED1（海端鄉下馬）等 4 個種原。在Ⅳ大群分成 d1、d2、d3 及 d4 等 4 小群，d1 有編號 PNM5（西湖鄉高埔）及 PEL1（秀林鄉和平）2 個種原；d2 只有編號 PNH9（尖石鄉那羅）；d3 有編號 PNP6（萬里區野柳）、PNP11（萬里區溪底）、PNP12（八里區左岸）、PNH7（橫山鄉橫山村）、PNH11（尖石鄉田埔）、PNH13（尖石鄉泰崗）、PNH16（竹東鎮大鄉）、PMC3（和平區麗陽）、PEL3（秀林鄉太魯閣）及 OEL1（壽豐鄉池南）共 10 個種原；d4 有編號 PNY3（南澳鄉澳花）、PNP4（林口區下福）、PNP5（基隆市大武崙）、PNP7（三峽區鳶山）、ONT1（大溪區慈湖）、JMO5（信義鄉同富）及 PSG3（霧台鄉神山）共 8 個種原；d1 為臺灣北及東部地區族群之種原，d2 為臺灣北部地區族群之種原，d3 涵蓋臺灣北、中及東部地區族群之種原，d4 則涵蓋臺灣北、中及南部地區族群之種原。

第Ⅴ大群可分成 2 小群（e1 及 e2），e1 有編號 PMC7（后里區廣福）及 PSK1（六龜區扇平）2 個種原；e2 有編號 PNH12（尖石鄉秀巒）、JNH3（五峰鄉清泉）、PNM7（銅鑼鄉新隆）、PNM9（卓蘭鎮易豐）、及 PSG2（春日鄉力里）等 5 個種原。第Ⅵ大群分成 f1、f2、f3、f4 及 f5 等 5 個小群，f1 有編號 PMO8（信義區和社）種原，f2 有編號 PNP13（陽明山山豬湖）、PNM8（三義鄉雙潭）及 PEL4（萬榮鄉紅葉）等 3 個種原；f3 有編號 PNP10（萬里區太和）、ONT2（龜山區銘傳大學）、PNH1（新竹市高峰）、PNH2（新竹市元培）、PNH4（新竹市十八尖山）、PNH14（尖石鄉司馬庫司）、PNH17（五峰鄉花園）、PNM1（頭屋鄉明德水庫）、PNM2（造橋鄉乳姑山）、PNM11（獅潭鄉仙山）、PNM12（獅潭鄉大坡塘）、PMC1（大坑區 1 號步道）、PMC4

(和平區谷關)、PMC5 (東勢區慶福)、PMC6 (石岡區萬仙)、PMO1 (仁愛鄉惠蓀林場)、PMO2 (仁愛鄉眉原)、PMO3 (魚池鄉日月潭)、PMO4 (鹿谷鄉小溪頭)、JMO2 (鹿谷鄉溪頭)、JMO3 (鹿谷鄉杉林溪)、PMO7 (魚池鄉頭社)、JMO4 (信義鄉東埔)、PSU1 (古坑鄉山峰)、JSU1 (古坑鄉草嶺)、JSU2 (古坑鄉石壁)、JSK1 (桃源區梅山)、JSG1 (牡丹鄉旭海草原) 等共 28 個種原；f4 有編號 PNY2 (蘇澳鎮蘇澳港)、PNM10 (三灣鄉大河)、PSG1 (牡丹鄉旭海)、PEL2 (秀林鄉西拉岸) 等共 4 個種原；f5 有編號 PNY1 (冬山鄉梅花湖)、JNY1 (南澳鄉金岳)、JNY2 (蘇澳鄉南方澳)、PNP1 (貢寮區貢寮國小)、PNP2 (金山區西湖)、PNP3 (石門區小坑)、ONP1 (八里區華富山)、ONP2 (雙溪區赤皮崙)、ONP3 (基隆市海洋大學)、ONP4 (陽明山風櫃嘴)、ONP5 (石碇區皇帝殿)、ONT3 (復興區大灣)、JNH1 (新埔鎮九芎湖)、PNH3 (新竹市青草湖)、PNH6 (五峰鄉羅山)、ONH1 (新豐鄉鳳崎)、PNH10 (尖石鄉道下)、PNM3 (造橋鄉豐湖)、PNM4 (大湖鄉水尾坪)、JNM1 (通霄鎮烏眉)、PNM6 (銅鑼鄉雞隆)、JMO1 (水里鄉車程)、PMO6 (國姓鄉北山)、PSI1 (番路鄉仁義潭) 及 JSK2 (桃源區禮觀) 等共 25 個種原；f1 小群為臺灣中部地區族群之種原，f2 小群為臺灣北及東部地區族群之種原，f3 及 f5 小群為臺灣北、中及東部地區族群之種原，f4 小群為臺灣北、南及東部地區族群之種原。

表 6. 日本山薯種原之植株性狀群聚分析分群表

Table 6. The classification of cluster analysis based on traits for the germplasm of *D. japonica* Thunb.

Classification	Variety*	Region*	Subgroup	Germplasm
I	A	N	a	CK1
II	P	N、M	b	PNT1、PMC2
III	J、P	N、M	c1	PNP9、JNH2、PNH8、PMO5
	J、P	N、E	c2	JNP1、PNP8、PNH5、PED1
IV	P	N、E	d1	PNM5、PEL1
	P	N	d2	PNH9
	P、O	N、M、E	d3	PNP6、PNP11、PNP12、PNH7、PNH11、PNH13、PNH16、PMC3、PEL3、OEL1
	J、P、O	N、M、S	d4	PNY3、PNP4、PNP5、PNP7、ONT1、JMO5、PSG3
V	J、P	N	e1	PMC7、PSK1、
	P	N、M、S	e2	PNM7、PNM9、PNH12、JNH3、PSG2
VI	P	M	f1	PMO8
	P	N、E	f2	PNP13、PNM8、PEL4
	J、P、O	N、M、S	f3	PNP10、ONT2、PNH1、PNH2、PNH4、PNH14、PNH17、PNM1、PNM2、PNM11、PNM12、PMC1、PMC4、PMC5、PMC6、PMO1、PMO2、PMO3、PMO4、JMO2、JMO3、PMO7、JMO4、PSU1、JSU1、JSU2、JSK1、JSG1
	P	N、S、E	f4	PNY2、PNM10、PSG1、PEL2
	J、P、O	N、M、S	f5	PNY1、JNY1、JNY2、PNP1、PNP2、PNP3、ONP1、ONP2、ONP3、ONP4、ONP5、ONT3、JNH1、PNH3、PNH6、ONH1、PNH10、PNM3、PNM4、JNM1、PNM6、JMO1、PMO6、PSI1、JSK2

* A: *D. alata*, P: *D. japonica* var. *pseudojaponica*, J: *D. japonica* var. *japonica*,O: *D. japonica* var. *oldhamii*

N: North, M: Central, S: South, E: East

討 論

一、植株性狀調查

日本山薯種原之質量性狀調查結果，在 99 個種原之葉形箭頭形占 51%，戟形占 34%，心臟形占 15%；葉基部形箭形占 36%，戟形占 34%，心臟形占 17%，耳形占 10%，可見日本山薯為臺灣薯蕷薯植物中葉形變化最為繁複物種，陳（2003）將本物種與戟葉田薯（*D. doryphora* Hance）及家山藥（*D. opposita* Thunb.）稱為薯蕷屬植物種雜異體（species complex），3 個物種如何區分則見仁見智，過去學者大多以葉形作為主要分類依據，但因葉形變化太大，造成難以鑑別情形。依據臺灣植物誌記載，本物種可再細分為基隆野山藥 *D. japonica* Thunb. var. *pseudojaponica* (Hayata) Yamamoto、細葉野山藥 *D. japonica* Thunb. var. *oldhamii* R. Knuth in Engl. 及薄葉野山藥 *D. japonica* Thunb. var. *japonica* 等 3 個變種，而本屬各種內葉形變異就非常大大，分類處理已產生許多分歧，尤以日本山薯為甚，3 變種主要由葉形區分，若遇到形態介於兩變種葉形之間，則難以鑑定（廖，2000）。本研究於採集過程中發現，同一單株其上下部位之葉形完全不同，例如編號 PMO6 採集自南投縣國姓鄉北山種原之植株，其下部位葉形為細長箭頭形，上部位頂端葉形則轉為寬大心臟形，採集生長初期標本分類時歸屬細葉野山藥，採集生長後期標本分類時則又歸屬基隆野山藥，此為日本山薯植株生長時特有現象，易造成本物種分類時混淆誤判，故本研究調查時期均為生長後期，以提升正確性。而莖蔓顏色也具有相當程度的變化，一般多為綠色，本研究中即占 54%，而紫綠色占 29%，紫色 17%，莖蔓顏色特性為綠色中或多或少帶有深淺程度不一之紫色細斑，此為日本山薯莖蔓性狀特色，可做為種原間判別依據。芽色多為淡紫色占 70%，紫色占 18%，綠色占 12%，通常芽色與莖蔓顏色密切相關，紫色莖蔓之芽色其帶紫色程度較高，推測此差異與各種原擁有之花青素含量有關，尚需進一步分析研究。最後針對植株性狀綜合觀察，8 個質量性狀除了葉基部形性狀分布較均勻外，其餘 7 個性狀均偏向於特定外表型，說明若只以單一質量性狀區分日本山薯種原，則因高比例種原間具相似性而有困難，若欲提高辨識的準確性，最好採相同栽培方式及生長環境，減少環境影響，並結合所有調查性狀共同判斷；而以上所調查 8 個質量植株性狀特性可供日本山薯種原初步或快速鑑別之參考。

日本山薯種原葉長度、葉前部寬度、葉中部寬度、葉柄長度、莖節間長度、葉柄直徑、莖部直徑、葉長前寬比及葉長中寬比等 9 個數量性狀調查結果，經 SPSS 軟體

計算偏態係數及峰度係數後，依偏態係數定義，係用以指出一個分布以其平均值為中心的不對稱程度，當等於 0 時為對稱分布，大於 0 時為右偏分布，即分布集中於低數值方面，小於 0 時為左偏分布，即分布集中於高數值方面，分析結果偏態係數皆大於 0，均為右偏分布，其中以葉柄徑 0.244，最接近對稱分布。而峰度係數係顯示與常態分布相較時，尖峰集中或平坦分布的程度，數值等於 3 時此分布為常態峰，大於 3 時此分布為高狹峰，分布較為尖峰集中，小於 3 時此分布為低闊峰，分布較為平坦，分析結果峰度係數皆小於 3，均為低闊峰，分布較為平坦分散，其中以葉長前寬比 2.766，最接近常態峰分布。9 個數量性狀之中葉長中寬比的變異係數 (CV) 高達 43%，其次葉長前寬比為 42%，說明兩者相對變異程度很高，表示相對於其他性狀，葉長中寬比及葉長前寬比種原間變異性較大，適合作為日本山薯種原間鑑別指標；莖部直徑及葉柄直徑的變異係數分別為 15%及 19%較低，說明其變異程度較小，較不適合作為日本山薯種原間鑑別依據。

二、植株性狀之相關性檢定

數量性狀之相關性檢定結果，日本山薯種原顯示葉長度與葉長前寬比及葉長中寬比達極顯著正相關，葉前部寬度與葉中部寬度、葉柄長度、莖直徑達極顯著正相關，葉柄長度與節間長度、葉柄直徑及莖直徑達極顯著正相關。

由以上說明多數日本山薯種原的植株性狀為彼此相關，故在有限人力資源下調查兩個相關性狀時，可考慮優先調查遺傳變異性大，且易於評量之性狀為宜，日本山薯種原建議優先調查葉長中寬比及葉長前寬比等 2 個性狀。

三、植株性狀之遺傳相似性分析

17 個植株性狀調查資料經過 Jaccard 係數運算 (Jaccard, 1908)，得到各種原間的遺傳相似性，其中日本山薯種原介於 0%-88.9%之間，所有種原的平均遺傳相似性均低於 50%，分別只有 26.2%，顯然植株外表性狀遺傳歧異度高。Norman 等 (2011) 針對收集自非洲獅子山共和國境內的大薯 (*D. alata*)、非洲山藥 (*D. rotundata*) 及山芋 (*D. bulbifera*) 等 3 個物種 (共 52 個種原)，調查 28 個植株外表性狀，結果發現不同物種種原間具有高度植株外表性狀多型性，推測其遺傳歧異性主要來自自性生殖遺傳物質的互換，或部分來自營養體細胞突變，此與本研究植株外表性狀遺傳歧異度高之情況類似，日本山薯於野外可行有性生殖，因而造就植株外表性狀之高遺傳歧異度。

根據植株性狀之遺傳相似性分析結果，日本山薯編號 ONT2、PNH1、PNH14、PNM6、PNM9 及 PSK1 等 6 個種原分別採集自桃園市龜山區銘傳大學、新竹市高峰、新竹縣尖石鄉司馬庫司、苗栗縣銅鑼鄉雞隆、苗栗縣卓蘭鎮易豐及高雄市六龜區扇平，與編號 CK1 外群材料栽培種田薯，其遺傳相似度最低（0%），植株外表性狀完全不同，顯然栽培種田薯與上述 6 個日本山薯種原之親緣關係極遠。

四、植株性狀之群聚分析

日本山薯種原群聚分析將所有種原區分成 6 大群，第Ⅳ及Ⅵ大群為 3 個變種混合族群，第Ⅴ大群屬於基隆野山藥變種及薄野山藥變種。在第Ⅵ大群 f1 有 1 個種原（中部地區族群），f2 有 3 個種原（北及東部地區族群），f3 有 26 個種原（北、中及南部地區族群），f4 有 4 個種原（北、南及東部地區族群），f5 有 25 個種原（北、中及南部地區族群）。由於外表性狀易受生育環境影響，來自較高海拔喬木林之種原大部分歸屬 f3 小群，及較低海拔喬木林與灌木林交會區則歸屬 f5 小群，各地區族群亦重疊分布，此與龔等（1999a）進行臺灣地區野生種日本山薯種內變異研究結果相似，由植株外表性狀變異顯示日本山薯各族群內有變異，而族群間有部分重疊。

參考文獻

- 那琦、甘偉松、楊榮季。1978。臺灣產藥材之生藥學研究(IV)臺灣產零餘子生藥學研究。中國醫藥學院研究年報 9:330-375。
- 李鵠鳴、張曉蓉、王菊鳳。1999。我國薯蓣屬植物基礎研究進展。經濟林研究 17(2): 43-48。
- 邱輝龍、許圳塗。2007。作物野生近緣種的保存與利用。林業研究專訊 14(4):2-5。
- 林尚誼、邱垂豐、胡智益、林順福。2011。台灣油茶種原葉部性狀變異之評估。台灣農學會報 12(6):513-532。
- 胡智益、郭冠黎、蔡右任、林順福。2005。台灣茶樹種原葉部性狀之調查及遺傳變異分析。臺灣茶業研究彙報 24:1-20。
- 陳蕙婷。2003。臺灣產薯蓣科植物核酸多形性與形態表現之研究。國立中興大學植物學系碩士班碩士論文。台灣。台中。
- 陳勝彰、曾富生。1990。台灣旱田雜草香附子種內變異之研究II.七個地區族群之形態

- 特性之變異。中華民國雜草學會會刊 11:45-61。
- 廖俊奎。2000。台灣產薯蕷屬(薯蕷科)之分類研究(A Taxonomic Study on *Dioscorea* L. (Dioscoreaceae) of Taiwan)。國立中山大學生物科學系碩士班碩士論文。台灣。高雄。
- 賴瑞聲、高瑞隆、林義恭、胡敏夫、劉新裕。2005。山藥種原外表形態及分子標記之變異研究。台灣農業研究 54:195-206。
- 蕭錦隆。2001。臺灣產薯蕷屬植物之分類研究。國立台灣大學植物學研究所碩士論文。台灣。台北。
- 謝寰羽。2008。台灣產薯蕷屬(薯蕷科)數值分類研究。國立屏東科技大學森林系碩士論文。台灣。屏東。
- 龔財立。2015。臺灣薯蕷屬植物遺傳變異之研究。國立台灣大學農藝學系博士論文。台灣。台北。
- 龔財立、吳詩都、曾富生。1999a。臺灣野生種山藥 *Dioscorea pseudojaponica* Hayata 及 *D. doryphora* Hance 植株性狀之變異。桃園區農業改良場研究報告 37:1-13。
- 龔財立、吳詩都、曾富生。1999b。台灣栽培種山藥田薯(*Dioscorea alata* L.)及懷山藥(*D. batatas* Decne)植株性狀之變異。桃園區農業改良場研究彙報 39:18-27。
- 龔財立、吳詩都、曾富生。2000a。台灣栽培種山藥田薯(*Dioscorea alata* L.)及懷山藥(*D. batatas* Decne)種內 DNA 多形性之變異。農林學報 49(1):1-13。
- 龔財立、吳詩都、曾富生。2000b。臺灣野生種基隆野山藥及戟葉山藥種內 DNA 多型性之變異。中華農學會報 1(6):599-612。
- Anil, S.R., E.A.Siril, and S.S. Beevy. 2011. Morphological variability in 17 wild elephant foot yam (*Amorphophallus paeoniifolius*) collections from southwest India. Genetic Resources and Crop Evolution 58:1263-1274.
- Beyene, T.M. 2013. Genetic diversity of aerial yam (*Dioscorea bulbifera* L.) accessions in Ethiopia based on agronomic traits. Agriculture, Forestry and Fisheries 2(2):67-71.
- Chou, C.H., S.Y. Hwang, and F.C. Chang. 1987. Population study of *Miscanthus floridulus* (Labill.) Warb. Botanic Bulletin Academia Sinica 28:247-281.
- Dansi, A., H.D. Mignouna, J. Zoundjhekpou, A. Sangare, R. Asiedu, and F.M. Quin. 1999. Morphological diversity, cultivar groups and possible descent in the cultivated yams (*Dioscorea cayenensis*/*D. rotundata*) complex in Benin republic. Genetic Resources and Crop Evolution 46:371-388.

- Huber, H. 1998. Dioscoreaceae. p. 216-235 In: K. Kubitzki (ed.). The Families and Genera of Vascular plants, Vol. III. Springer-Verlag, Berlin Germany.
- Huang, T.C. and J.L. Hsiao. 2000. Dioscoreaceae. p. 87-98 In: Huang *et al.* (eds.). Flora of Taiwan, 2nd ed. Vol. 5. Department of Botany, National Taiwan University, Taipei.
- Hasan, S.M.Z., A.A. Ngadin, R.M. Shah, and N. Mohamad. 2008. Morphological variability of greater yam (*Dioscorea alata* L.) in Malaysia. Plant Genetic Resources 6(1):52-61.
- Jaccard, P. 1908. Nouvelles recherches sur la distribution firale. Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences *Naturelles* 44:223-270.
- Lebot, V. 2009. Tropical root and tuber crops: cassava, sweet potato, yams and aroids. p. 183-188 In Crop Production Science in Horticulture vol. 17. Wallingford, UK: CAB Books, CABI.
- Liu, T.S. and T.C. Huang. 1978. Dioscoreaceae. p. 99-109. In: Li *et al.* (eds.). Flora of Taiwan. Vol. V. Epoch Publishing Cooperation, Taiwan.
- Mclaughlin, S.P. 1986. Differentiation among populations of tetraploid *Grindelia camporum*. American Journal of Botany 73:1748-1754.
- Msowoya-Mkwaila, W., W.J. Changadeya, and A.J.D. Ambali. 2013. Morphological characterization of cultivated and wild yam (*Dioscorea* spp) in Malawi. International Journal of Physical and Social Sciences 3(10):295-312.
- Mwiringi, P.N., E.M. Kahangi, A.B. Ngende, and E.G. Mamati. 2009. Morphological variability within the Kenyan yam (*Dioscorea* spp.). Journal of Applied Biosciences 16:894-901.
- Norman, P.E., P. Tongoona, and P.E. Shanahan. 2011. Diversity of the morphological traits of yam (*Dioscorea* spp.) genotypes from Sierra Leone. Journal of Applied Biosciences 45:3045-3058.
- Rezai, A. and K.J. Frey. 1989. Variation for physiological and morphological traits in relation to geographic distribution of wild oats. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics* 21:1-10.
- Rohlf, F.J. 1997. NT-SYSp. Applied Biostatistics Inc. New York.
- Wilkin, P., K.K. Davis, P. Schols, and C.A. Furness. 2002. *Dioscorea ridleyi* Prain & Burkill and *D. palawana* Prain & Burkill: new systematic data on two rare South-East Asian yam species. *Kew Bulletin* 57:885-900.

Genetic variation of morphological characteristics for *Dioscorea japonica* Thunb. in Taiwan¹

Tsai-Li Kung² and Shun-Fu Lin³

Abstract

By eight qualitative and nine quantitative traits investigated to assess its genetic variation of *D. japonica* Thunb. in Taiwan. According to the distribution frequency, the qualitative traits of leaf base shape were in uniform. The trait is suitable for the assessment of genetic variation and species identification. The quantitative traits of leaf length, petiole length, the ratio of leaf length and terminal medial width, the ratio of leaf length and medial width could be used as important indicators for species identification. Based on plant traits, the cluster analysis showed the overlapping distribution in regions for *D. japonica* Thunb. In this paper, studies of *D. japonica* Thunb. in Taiwan have been established, and such important information will be useful in germplasm collection, evaluation and application.

Key words: genetic divergence, germplasm collection, plant appearance traits

¹. Contribution No. 529 from Taoyuan DARES, COA.

². Associate Researcher and Chief of Sinpu Branch Station, Taoyuan DARES, COA.

³. Associate Professor, Department of agronomy, NTU (Corresponding author, shunfu@ntu.edu.tw).