

臺灣戟葉田薯 (*Dioscorea doryphora* Hance) 植株性狀遺傳變異研究¹

龔財立²、林順福³

摘 要

藉由臺灣戟葉田薯種原 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 個質量性狀以老葉顏色、幼葉顏色、莖蔓顏色及芽色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 個數量性狀以葉中部寬度及葉長中寬比等 2 個性狀適合作為辨識種原重要指標。以群聚分析評估戟葉田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。本研究對臺灣戟葉田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：遺傳變異、種原收集、植株外表性狀、戟葉田薯

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台灣植物資源，重要作物野生近緣種至少有 200 種。基於本土作物遺傳資源保護立場，對於該等原生於台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報告第 500 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 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。戟葉田薯俗稱恆春山藥，野生族群分布臺灣苗栗縣三灣鄉以南山區，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戟葉田薯進行栽培，因適口性佳，供不應求。主要利用部位為地下塊莖 (那等, 1978)，同時可行有性及營養體繁殖。

臺灣的氣候及土壤條件非常適合薯蕷屬植物生長 (龔等, 1999ab, 2000ab)，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; 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，而戟葉田薯種原分布臺灣苗栗縣三灣鄉以南山區，因此，瞭解臺灣不同地區戟葉田薯種原間變異，對育種及種原保存實有助益。故本研究進行臺灣戟葉田薯種原收集，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) ($24^{\circ}28'N-24^{\circ}39'N$, $120^{\circ}48'E-120^{\circ}57'E$, 89-137 m)、中部 (M) ($23^{\circ}34'N-24^{\circ}17'N$, $120^{\circ}44'E-120^{\circ}54'E$, 255-873 m)、南部 (S) ($21^{\circ}54'N-23^{\circ}27'N$, $120^{\circ}16'E-120^{\circ}51'E$, 9-541 m) 及東部 (E) ($22^{\circ}01'N$, $121^{\circ}34'E$, 24 m) 等 4 個地理區域進行戟葉田薯種原收集，涵蓋臺灣本島 8 次族群 (縣市)，共蒐集 28 個種原 (表 1)，其中北部地區只有苗栗 (M) 次族群 4 個種原；

中部地區有台中 (C) 及南投 (O) 次族群 7 個種原；南部地區包括嘉義 (I)、臺南 (N)、高雄 (K) 及屏東 (G) 次族群 16 個種原；東部地區只有台東 (D) 次族群 1 個種原，除 SG4 來自屏東縣霧台鄉伊拉 (海拔 541 m) 及 MO2 來自信義鄉和社 (海拔 873 m)，其餘 26 個種原屬低海拔收集之種原，採集地點之分布如表 1 及圖 1。

表 1. 臺灣收集戟葉田薯種原資料表

Table 1. Geographical data for the germplasm of *D. doryphora* Hance 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	NM1	三灣鄉 山塘背 Sanwan Shantangbei	24°39.619′	120°57.792′	94
2	NM2	造橋鄉 雙舍窩 Zaogiao Shuanghewo	24°36.483′	120°53.207′	89
3	NM3	銅鑼鄉 新雞隆 Tongluo Xinjilong	24°28.426′	120° 48.166′	137
4	NM4	三灣鄉 大河 Sanwan Dahe	24°38.155′	120°57.377′	105
5	MC1	大坑區 1 號步道 Dakeng Yihaobudao	24°11.368′	120°47.070′	410
6	MC2	大坑區 濁水 Dakeng Zhuoshui	24°11.454′	120°45.501′	255
7	MC3	石岡區 龍興 Shigang Longxing	24°15.854′	120°47.215′	460
8	MC4	石岡區 萬仙 Shigang Wanxin	24°16.044′	120°46.956′	437
9	MC5	后里區 廣福 Houli Guangfu	24°17.299′	120°44.579′	312
10	MO1	國姓鄉 北港 Guoxing Beigang	24°03.525′	120°54.340′	354
11	MO2	信義鄉 和社 Xinyi Heshe	23°34.847′	120°54.297′	873
12	SI1	番路鄉 仁義潭 Fanlu Renyi Pond	23°27.860′	120°31.362′	120
13	SN1	白河區 仙草 Baihe Xiancao	23°20.366′	120°28.636′	200

表 1. 臺灣收集戟葉田薯種原資料表 (續)

Table1. Geographical data for the germplasm of *D. doryphora* Hance 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)
14	SK1	六龜區 扇平 Liugui Shanping	22°58.363′	120°39.184′	272
15	SK2	六龜區 森山 Liugui Senshan	22°57.726′	120°39.934′	475
16	SK3	茂林區 下茂林 Maolin XiamaoLin	22°53.131′	120°39.509′	217
17	SK4	高雄市 壽山 Kaohsiung Shoushan	22°38.057′	120°16.515′	85
18	SK5	茂林區 萬山 Maolin Wanshan	22°54.726′	120°41.258′	266
19	SG1	車城鄉 四重溪 Checheng Sichogxi	22°05.685′	120°44.682′	67
20	SG2	恆春鎮 墾丁 Hengchun Kending	21°56.711′	120°49.439′	131
21	SG3	山地門鄉 達來 Shandimen Dali	22°43.240′	120°39.694′	390
22	SG4	霧台鄉 伊拉 Wutai Yila	22°44.299′	120°40.608′	541
23	SG5	牡丹鄉 石門 Mudan Shimen	22°06.319′	120°45.759′	75
24	SG6	滿州鄉 長樂 Manzhou Changle	22°03.929′	120°49.553′	124
25	SG7	恆春鎮 鵝鑾鼻 Hengchun Eluanbi	21°54.279′	120°51.033′	9
26	SG8	恆春鎮 萬里桐 Hengchun Walitong	21°59.987′	120°42.395′	39
27	SG9	恆春鎮 出火口 Hengchun Chuhuokou	22°00.463′	120°45.425′	37
28	ED1	蘭嶼鄉 野銀 Lanyu Yeyin	22°01.674′	121°34.857′	24

^Z 第一順位英文代號: E=East region ; M=Central region ; N=North region ; S=South region
 第二順位英文代號: C=Taichung ; D=Taitung ; G=Pingtung ; I=Chiay ; K=Kaohsiun ;
 M=Miaoli ; N=Tainan ; O=Nantou
 阿拉伯數字: 縣市地理區內種原序號。

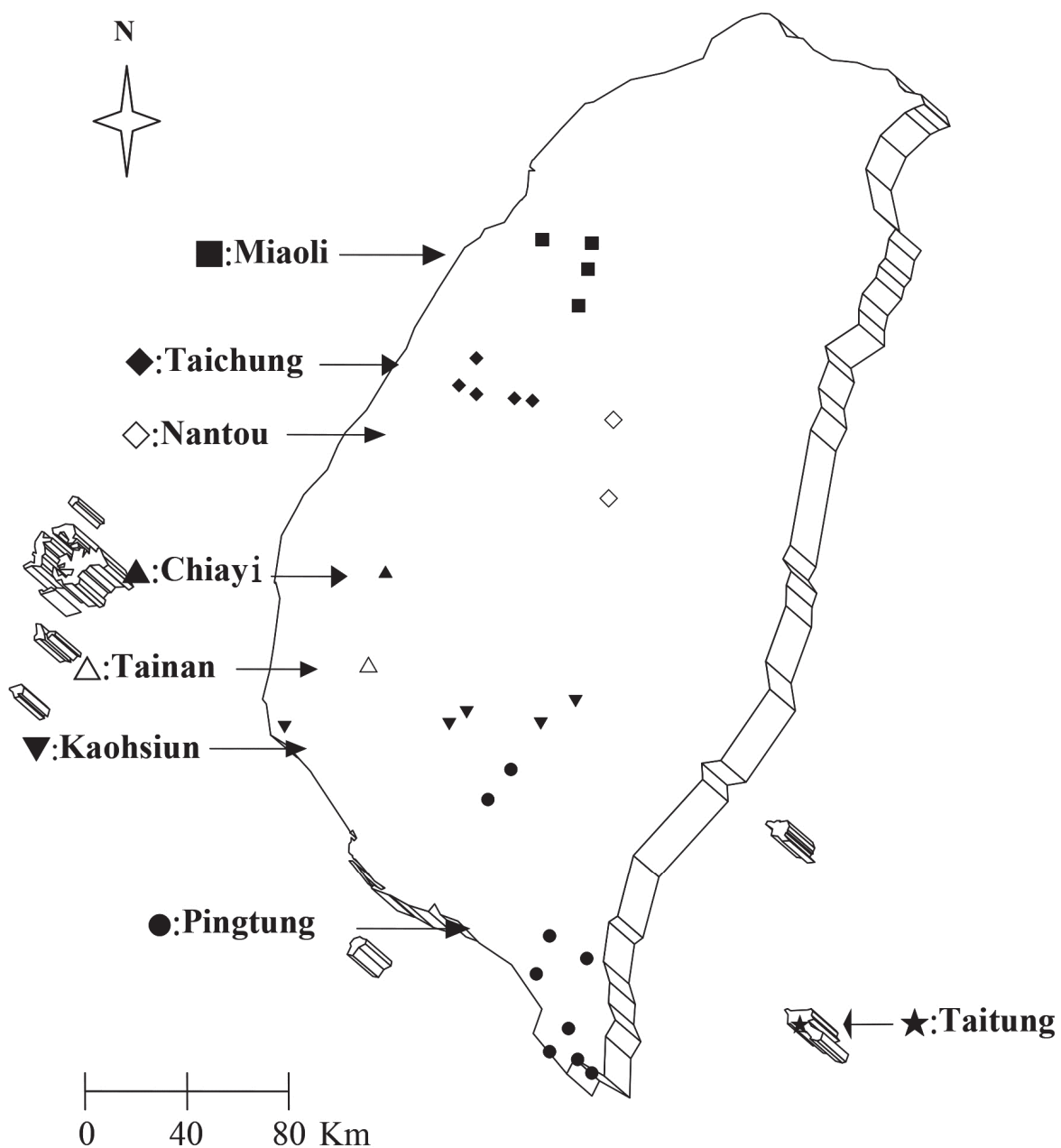


圖 1. 臺灣戟葉田薯採集地點

Fig. 1. Map of collection sites for *D. doryphora* Hance in Taiwan.

二、方法

所有供試種原於 2010 年 2 月至 2011 年 4 月以盆栽方式種植於本場試驗田，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 級心臟形 (cordate)，2 級箭頭形 (sagittate)，3 級戟形 (hastate)，4 級披針形 (lanceolate)。
- (2) 葉基部形 (leaf base shape)：1 級心形 (cordate)，2 級箭形 (sagittate)，3 級耳形 (auriculate)，4 級戟形 (hastate)，5 級截形 (truncate)。
- (3) 老葉顏色 (matured leaf color)：1 級濃綠 (dark green)，2 級綠 (green)，3 級淺綠 (light green)。
- (4) 幼葉顏色 (young leaf color)：1 級綠 (green)，2 級紫綠 (purple green)，3 級紫 (purple)。
- (5) 莖蔓形狀 (stem shape)：1 級角狀 (angle)，2 級角狀帶翼 (angle with wing)，3 級圓筒狀 (cylinder)。
- (6) 莖蔓顏色 (stem color)：1 級綠 (green)，2 級紫綠 (purple green)，3 級紫 (purple)。
- (7) 莖蔓表皮 (stem epidermis)：1 級光滑 (glossy)，2 級基部有刺狀物 (base thorn-like)，3 級全株有刺狀物 (whole plant thorn-like)。
- (8) 芽色 (bud color)：1 級綠 (green)，2 級淡紫 (light purple)，3 級紫 (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 lengthl)：取最大 5 葉，測量長度，以平均值分 5 級。1 級 < 3.33 cm，2 級 3.33-4.28 cm，3 級 4.29-5.22 cm，4 級 5.23-6.17 cm，5 級 > 6.17 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 < 2.22 cm，2 級 2.22-2.98 cm，3 級 2.99-3.73 cm，4 級 3.74-4.48 cm，5 級 > 4.48 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 < 0.35 cm, 2 級 0.35-0.93 cm, 3 級 0.94-1.52 cm, 4 級 1.53-2.10 cm, 5 級 > 2.10 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 < 0.72 cm, 2 級 0.72-1.20 cm, 3 級 1.21-1.68 cm, 4 級 1.69-2.16 cm, 5 級 > 2.16 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 < 0.37 cm, 2 級 0.37-0.52 cm, 3 級 0.53-0.68 cm, 4 級 0.69-0.83 cm, 5 級 > 0.83 cm。
- (6) 莖節間長度 (internode length): 量第 3 節位至第 8 節位, 以平均值分 5 級。1 級 < 3.75 cm, 2 級 3.75-5.12 cm, 3 級 5.13-6.48 cm, 4 級 6.49-7.85 cm, 5 級 > 7.85 cm。
- (7) 莖部直徑 (stem diameter): 量第 3 節位至第 8 節位, 以平均值分 5 級。1 級 < 0.60 cm, 2 級 0.60-0.80 cm, 3 級 0.81-1.01 cm, 4 級 1.02-1.21 cm, 5 級 > 1.21 cm。
- (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 < 1.10, 2 級 1.10-1.33, 3 級 1.34-1.56, 4 級 1.57-1.79, 5 級 > 1.79。
- (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分 5 級。1 級 < 1.63, 2 級 1.63-3.61, 3 級 3.62-5.59, 4 級 5.60-7.57, 5 級 > 7.57。

(二) 統計分析

1. 農藝性狀評估

利用 SPSS 軟體 Descriptives 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 Bivariate Correlations 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，並以每一參試種原為運算分類單位 (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) 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、葉基部形、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，28 個種原中，葉形全為戟形 (100%) (圖 2)；葉基部形全為戟形 (100%)；老葉顏色以淺綠色 (54%) 為主，其次為濃綠色 (46%)；幼葉顏色以紫綠色 (54%) 為主，其次為綠色 (46%)；莖蔓形狀全為圓筒狀為主 (100%)；莖蔓顏色多為紫色 (39%) 為主，其次為綠色 (36%) 及紫綠色 (25%)；莖蔓表皮全為光滑 (100%)；芽色多為紫色 (39%)，其次為綠色 (36%) 及淡紫色 (25%)。由植株性狀觀察，8 個質量性狀除了老葉顏色、幼葉顏色、莖蔓顏色及芽色性狀分布較均勻外，其餘 4 個性狀均偏向於特定外表型，該等性狀特性可供戟葉田薯種原之初步或快速鑑別參考。

表 2. 戟葉田薯種原之植株質量性狀表

Table 2. Eight qualitative traits for the germplasm of *D. doryphora* Hance.

代號 Code	種原 germplasm	葉形 Leaf shape	葉基部形 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	NM1	戟形	戟形	淺綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	綠
2	NM2	戟形	戟形	濃綠	綠	圓筒狀	紫	光滑	紫
3	NM3	戟形	戟形	濃綠	綠	圓筒狀	紫	光滑	紫
4	NM4	戟形	戟形	淺綠	紫綠	圓筒狀	紫	光滑	紫
5	MC1	戟形	戟形	淺綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	光滑	淡紫
6	MC2	戟形	戟形	淺綠	紫綠	圓筒狀	紫	光滑	紫
7	MC3	戟形	戟形	濃綠	綠	圓筒狀	紫綠	光滑	淡紫
8	MC4	戟形	戟形	淺綠	紫綠	圓筒狀	紫	光滑	紫
9	MC5	戟形	戟形	濃綠	綠	圓筒狀	綠	光滑	綠
10	MO1	戟形	戟形	淺綠	紫綠	圓筒狀	紫	光滑	紫
11	MO2	戟形	戟形	濃綠	綠	圓筒狀	紫	光滑	紫
12	SI1	戟形	戟形	淺綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	光滑	淡紫
13	SN1	戟形	戟形	濃綠	綠	圓筒狀	紫綠	光滑	淡紫
14	SK1	戟形	戟形	淺綠	紫綠	圓筒狀	紫	光滑	紫
15	SK2	戟形	戟形	淺綠	紫綠	圓筒狀	紫	光滑	紫
16	SK3	戟形	戟形	淺綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	綠
17	SK4	戟形	戟形	淺綠	紫綠	圓筒狀	紫	光滑	紫
18	SK5	戟形	戟形	濃綠	綠	圓筒狀	綠	光滑	綠
19	SG1	戟形	戟形	濃綠	綠	圓筒狀	綠	光滑	綠
20	SG2	戟形	戟形	濃綠	綠	圓筒狀	紫	光滑	紫
21	SG3	戟形	戟形	淺綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	光滑	淡紫
22	SG4	戟形	戟形	濃綠	綠	圓筒狀	綠	光滑	綠
23	SG5	戟形	戟形	淺綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	光滑	淡紫
24	SG6	戟形	戟形	濃綠	綠	圓筒狀	綠	光滑	綠
25	SG7	戟形	戟形	淺綠	紫綠	圓筒狀	紫綠	光滑	淡紫
26	SG8	戟形	戟形	淺綠	紫綠	圓筒狀	綠	光滑	綠
27	SG9	戟形	戟形	濃綠	綠	圓筒狀	綠	光滑	綠
28	ED1	戟形	戟形	濃綠	綠	圓筒狀	綠	光滑	綠

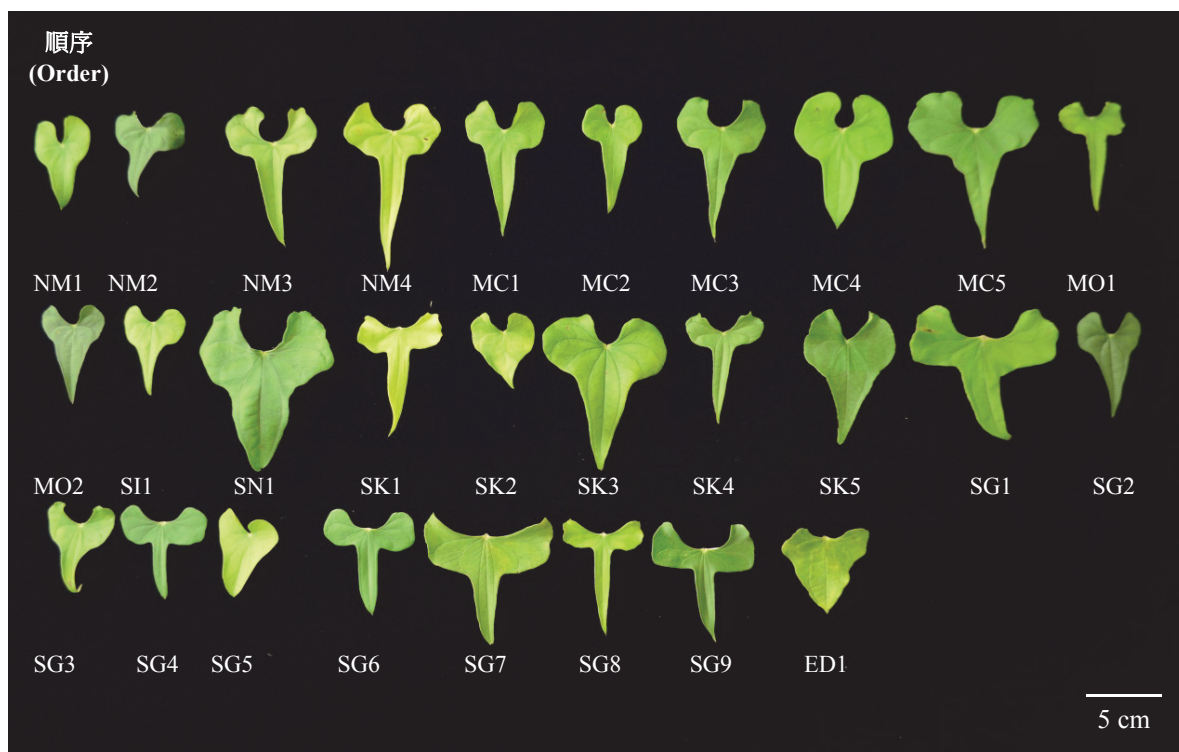


圖 2. 戟葉田薯種原葉部形態

Fig. 2. Leaf shapes for the germplasm of *D. doryphora* Hance.

(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 個數量性狀調查結果如表 3 及圖 3 所示，葉長度平均 4.75 cm，標準偏差 0.94，偏態係數 -0.145 及峰度係數 -1.073；葉前部寬度平均 3.35 cm，標準偏差 0.75，偏態係數 0.687 及峰度係數 1.063；葉中部寬度平均為 1.23 cm，標準偏差為 0.58，偏態係數 3.033 及峰度係數 13.085；葉柄長度平均為 1.44 cm，標準偏差為 0.48，偏態係數 2.049 及峰度係數 6.423；莖節間長度平均為 5.80 cm，標準偏差為 1.37，偏態係數 1.209 及峰度係數 3.115；葉柄直徑平均為 0.60 mm，標準偏差為 0.15，偏態係數 1.211 及峰度係數 0.876；莖部直徑平均為 0.91 mm，標準偏差為 0.21，偏態係數 1.139 及峰度係數 1.178；葉長前寬比平均為 1.45，標準偏差為 0.23，偏態係數 -0.085 及峰度係數 -0.884；葉長中寬比平均為 4.60，標準偏差為 1.98，偏態係數 0.680 及峰度係數 0.119。以上顯

示葉前部寬度、葉中部寬度、葉柄長度、莖節間長度、葉柄直徑、莖部直徑及葉長中寬比等 7 個數量性狀皆為右偏分布，大部份性狀分布較分散，其中僅葉中部寬度、葉柄長度及莖節間長度性狀分布較為尖峰集中；葉長度及葉長前寬比性狀為略左偏分布，且分布較為分散。

數量性狀調查中 9 個性狀變異係數 (CV) 葉中部寬度高達 47%，其次葉長中寬比 43%，顯示該 2 個性狀相對變異程度高，也表示相對於其他性狀，葉中部寬度及葉長中寬比於種原間變異性較大；葉長前寬比及葉長度的變異係數較低分別為 16% 及 20%，則顯示其變異程度較小。

表 3. 戟葉田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. doryphora* Hance.

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	28	4.75	0.94	20	-0.145	-1.073
葉前部寬度 Terminal leaf width	28	3.35	0.75	22	0.687	1.063
葉中部寬度 Medial leaf width	28	1.23	0.58	47	3.033	13.085
葉柄長度 Petiole length	28	1.44	0.48	33	2.049	6.423
莖節間長度 Internode length	28	5.80	1.37	24	1.209	3.115
葉柄直徑 Petiole diameter	28	0.60	0.15	25	1.211	0.876
莖部直徑 Stem diameter	28	0.91	0.21	23	1.139	1.178
葉長前寬比 Leaf length/ terminal width	28	1.45	0.23	16	-0.085	-0.884
葉長中寬比 Leaf length/ medial width	28	4.60	1.98	43	0.680	0.119

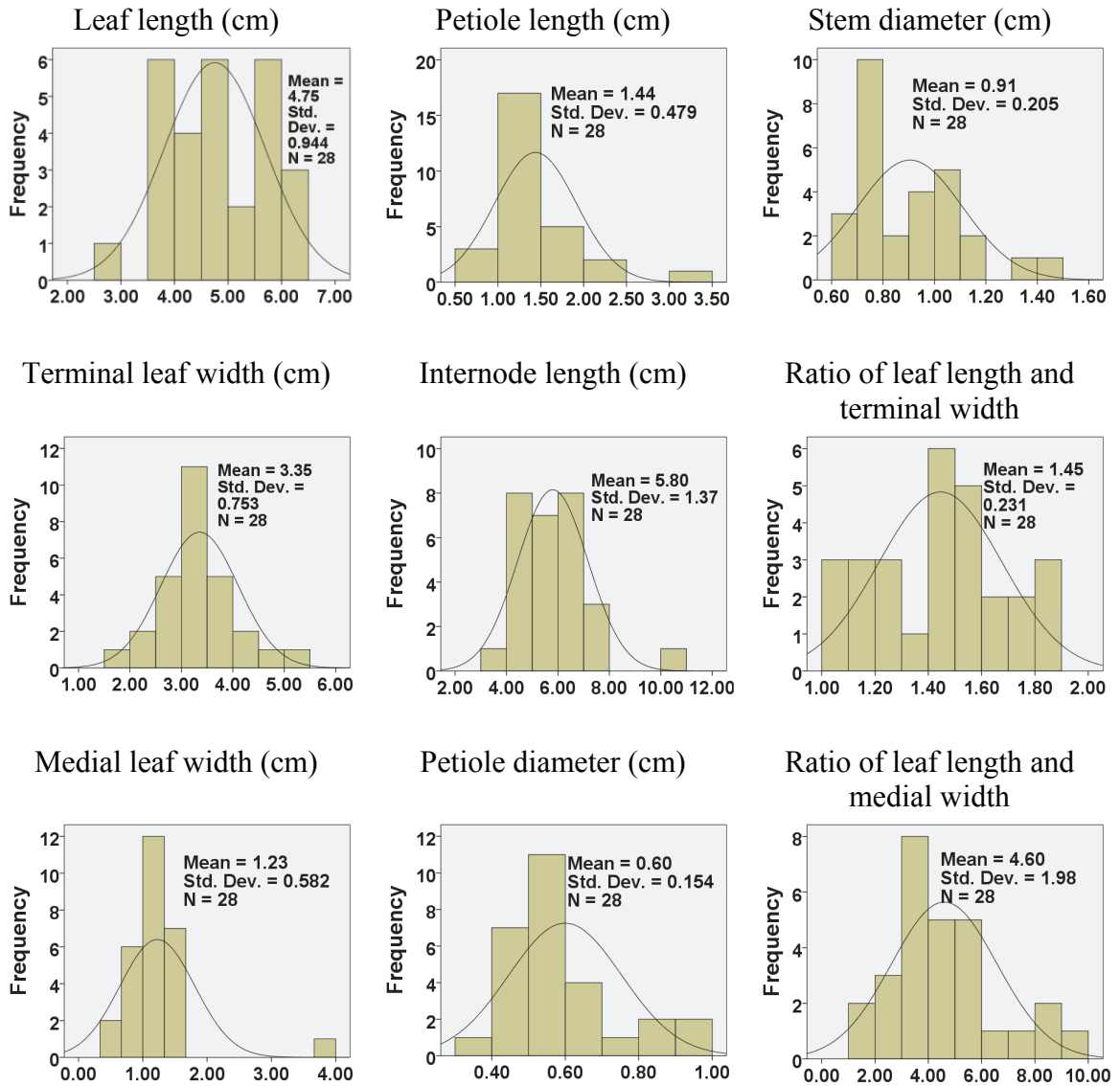


圖 3. 戟葉田薯種原之植株數量性狀分布

Fig. 3. The frequency distribution of quantitative traits for the germplasm of *D. doryphora* Hance.

二、戟葉田薯種原之植株性狀相關性檢定

9 個量的性狀以 Pearson correlation 進行相關性檢定 (表 4)。顯示葉長度與葉前部寬度、莖直徑及葉長中寬比達極顯著正相關；葉前部寬度與葉柄長度、葉柄直徑及莖直徑達極顯著正相關，與葉長中寬比達極顯著負相關，與葉長前寬比達顯著負相關；葉中部寬度與葉柄直徑及莖直徑達極顯著正相關，與葉長中寬比達極顯著負相關，與葉長前寬比達顯著負相關；葉柄長度與節間長度、葉柄直徑及莖直徑達極顯著正相關；與葉長前寬比達顯著負相關；節間長度與葉柄直徑及莖直徑達顯著正相關；葉柄直徑與莖直徑達極顯著正相關；葉長前寬比與葉長中寬比達極顯著正相關。此說明多數戟葉田薯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，可考慮優先調查形態變異性大且易於評量之性狀。

表 4. 戟葉田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. doryphora* Hance.

Traits	LL	TLW	MLW	PL	IL	PD	SD	LLTLW
TLW	0.673**							
MLW	-0.192	0.229						
PL	0.120	0.533**	0.362					
IL	0.174	0.305	0.218	0.504**				
PD	0.274	0.530**	0.547**	0.567**	0.422*			
SD	0.492**	0.639**	0.239**	0.576**	0.467*	0.560**		
LLTLW	0.302	-0.477*	-0.473*	-0.459*	-0.056	-0.310	-0.208	
LLMLW	0.503**	-0.003**	-0.729**	-0.253	-0.055	-0.233	0.017	0.598**

註：*及**分別代表 5%及 1%之顯著水準。

LL: leaf length ; TLW:terminal leaf width ; MLW:medial leaf width ; PL:petiole length ; IL:internode length ;

PD: petiole diameter ; SD:stem diameter ; LLTLW:leaf length / terminal leaf width ; LLMLW:leaf length/ medial leaf width

三、戟葉田薯種原植株性狀之遺傳相似性分析

戟葉田薯種原利用 17 個植株性狀資料，經過 Jaccard 係數運算 (Jaccard, 1908)，得到各種原間的遺傳相似性 (similarity) 介於 13.3%-70.0%之間 (即遺傳距離介於 30.0%-86.7%之間)，所有種原的平均遺傳相似性為 36.1%，其中以北部地區 37.2%最高，其餘中、南及東部地區分別為 35.7%、36.6%及 26.6% (表 5)。根據植株性狀遺傳相似性結果，編號 SK2 及 SG4 分別採集自高雄市六龜區森山及屏東縣霧台鄉伊拉，此 2 個種原遺傳相似度最高 (70.0%) (圖 4)；其次為編號 NM4 (三灣鄉大河) 及 SK5 (茂林區萬山)、編號 SI1 (番路鄉仁義潭) 及 SK3 (茂林區下茂林)、編號 NM3 (銅鑼鄉新雞隆) 及 MC2 (大坑區濁水)、編號 NM2 (造橋鄉雙舍窩) 及 SK1 (六龜區扇平)、編號 NM1 (三灣鄉山塘背) 及 MO2 (信義鄉和社)、編號 MC5 (后里區廣福) 及 SG5 (牡丹鄉石門)、編號 SG3 (山地門鄉達來) 及 SG8 (恆春鎮萬里桐)、編號 SG2 (恆春鎮墾丁) 及 SG6 (滿州鄉長樂) 等 8 對種原，其遺傳相似度皆為 61.9%；編號 NM1 (三灣鄉山塘背) 及 SG7 (恆春鎮鵝鑾鼻)、編號 SK4 (高雄市壽山) 及 SG7 (恆春鎮鵝鑾鼻)、編號 MC2 (大坑區濁水) 及 ED1 (蘭嶼鄉野銀)、編號 NM3 (銅鑼鄉新雞隆) 及 ED1 (蘭嶼鄉野銀)、編號 SK5 (茂林區萬山) 及 ED1 (蘭嶼鄉野銀)、編號 SI1 (番路鄉仁義潭) 及 SN1 (白河區仙草)、編號 SK1 (六龜區扇平) 及 SG9 (恆春鎮出火口)、編號 NM4 (三灣鄉大河) 及 SG5 (牡丹鄉石門) 等 8 對種原，其遺傳相似度皆最低 (13.3%)，顯然其外表性狀有較大差異性。

表 5. 台灣戟葉田薯在 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. doryphora* Hance in Taiwan.

Region	No. of accessions	Average similarity (%)	Minimum similarity (%)	Maximum similarity (%)
North	4	37.2	13.3	61.9
Central	7	35.7	13.3	61.9
South	16	36.6	13.3	70.0
East	1	26.6	13.3	41.7
All	28	36.1	13.3	70.0

四、戟葉田薯種原之植株性狀群聚分析

戟葉田薯種原以 UPGMA 進行群聚分析，繪製出親緣關係樹狀圖 (圖 4)。以相似性 0.33 做為分群依據則可將所有山藥種原區分成 4 大群 (表 6)，其中若依據相似性 0.39；第 I 大群分成 a1 及 a2 兩小群，第 II 大群分成 b1、b2 及 b3 等三小群，第 III 大群分成 c1 及 c2 兩小群，第 IV 大群分成 d1 及 d2 兩小群，共有 9 小群，其中以 b2 小群收集系最多 (8 個)。

在 I 大群 a1 小群含編號 NM4 (三灣鄉大河)、SN1 (白河區仙草) 及 SK5 (茂林區萬山) 等 3 個收集系，a2 小群有編號 SK4 (高雄市壽山) 及 SG1 (車城鄉四重溪) 2 個收集系。在 II 大群 b1 小群只有編號 MC3 (石岡區龍興) 收集系，b2 小群有編號 NM3 (銅鑼鄉新雞隆)、MC1 (大坑區 1 號步道)、MC2 (大坑區濁水)、MC4 (石岡區萬仙)、SI1 (番路鄉仁義潭)、SK2 (六龜區森山)、SK3 (茂林區下茂林) 及 SG4 (霧台鄉伊拉) 等 8 個收集系，b3 小群有編號 NM1 (三灣鄉山塘背)、NM2 (造橋鄉雙舍窩)、MO2 (信義鄉和社) 及 SK1 (六龜區扇平) 等 4 個收集系。在 III 大群 c1 只有編號 SG7 (恆春鎮鵝鑾鼻) 收集系，c2 亦只有編號 ED1 (蘭嶼鄉野銀) 收集系。在 IV 大群 d1 有編號 SG2 (恆春鎮墾丁)、SG3 (山地門鄉達來)、SG5 (牡丹鄉石門)、SG6 (滿州鄉長樂)、SG8 (恆春鎮萬里桐)、SG9 (恆春鎮出火口) 及 MC5 (后里區廣福) 共 7 個收集系；d2 只有編號 MO1 (國姓鄉北港) 收集系。第 I 大群為含有北部及南部地區族群之種原，第 II 大群為北部、中部及南部地區族群，第 III 大群為南部及東部地區族群，第 IV 大群為含有中部及南部地區族群之種原。

表 6. 戟葉田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. doryphora* Hance.

Classification	Region*	Subgroup	Germplasm
I	N、S	a1	NM4、SN1、SK5
	S	a2	SK4、SG1
II	M	b1	MC3
	N、M、S	b2	NM3、MC1、MC2、MC4、SI1、SK2、SK3、SG4
	N、M、S	b3	NM1、NM2、MO2、SK1
III	S	c1	SG7
	E	c2	ED1
IV	M、S	d1	MC5、SG2、SG3、SG5、SG6、SG8、SG9
	M	d2	MO1

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

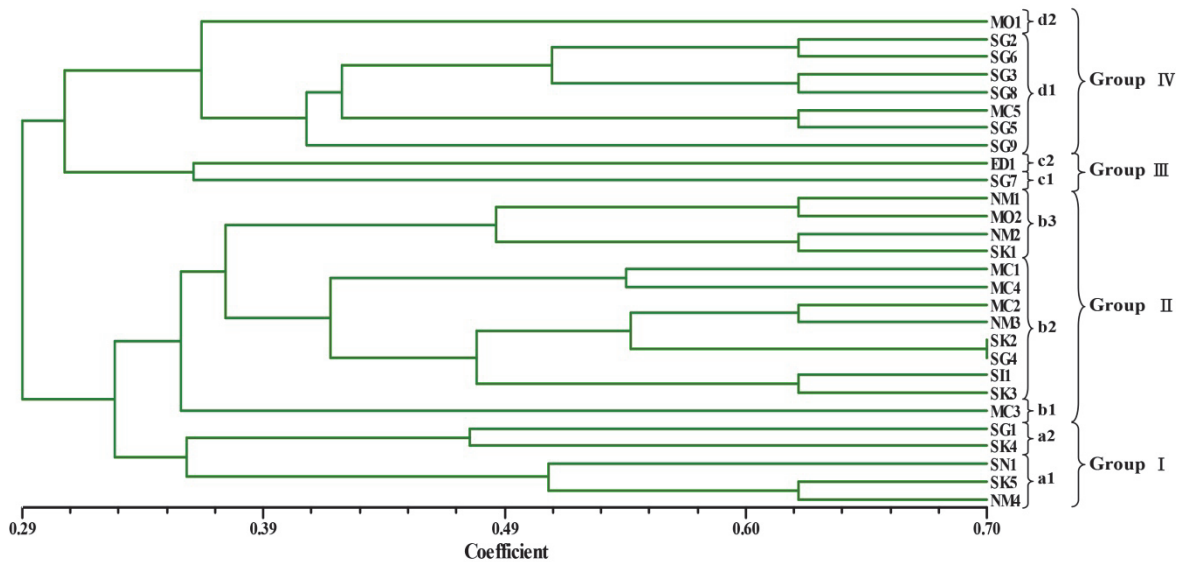


圖 4. 戟葉田薯種原植株性狀群聚分析圖

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

討 論

一、植株性狀調查

戟葉田薯種原之質量性狀調查結果，28 個種原之葉形均為戟形，只有長寬不同及葉基內縮角度不同之區別，可見戟葉田薯為台灣薯蕷薯植物中葉形變化不大的物種，陳 (2003) 將本物種與日本山薯 (*D. japonica* Thunb.) 及家山藥 (*D. opposita* Thunb.) 稱為薯蕷屬植物之種雜異體 (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，常發生難以鑑別情形，而本屬各物種間葉形變異大，分類處理產生許多分歧，3 物種主要由葉形及塊莖區分，葉形若遇到形態介於兩物種之間，則較難以鑑定 (廖，2000)。本研究於採集過程中從葉形判別時依查閱標本及自身經歷，可輕易鑑別上述 3 物種。戟葉田薯莖蔓顏色具有相當程度的變化，一般多為紫色，本研究中即占 39%，而綠色占 36%，紫綠色占 25%，莖蔓顏色特性類似日本山薯，為綠色中或多或少帶有深淺程度不一之紫色細斑，程度較高即呈紫色，此亦為戟葉田薯性狀特色，可做為種原間判別依據；芽色多為紫色占 39%，綠色占 36%，淡紫色占 25%，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。最後針對植株性狀綜合觀察，8 個質量性狀除了老葉顏色、幼葉顏色、莖蔓顏色及芽色性狀分布較均勻外，其餘 4 個性狀均偏向於特定外表型，可供戟葉田薯種原初步或快速鑑別之參考。

戟葉田薯種原數量性狀調查結果，經 SPSS 軟體計算偏態係數及峰度係數後，分析結果偏態係數只有葉長度及葉長前寬比小於 0，其餘皆大於 0，表示只有葉長度及葉長前寬比為左偏分布，其餘為右偏分布，其中以葉長度-0.145 及葉長前寬比-0.085 最接近對稱分布。而峰度係數只有葉中部寬度、葉柄長度及莖節間長度大於 3，其餘皆小於 3，表示只有葉中部寬度、葉柄長度及莖節間長度為高狹峰，分布較為尖峰集中，其餘均為低闊峰，分布較為平坦分散，其中以莖節間長度性狀 3.115 最接近常態峰分佈。9 個量的性狀中葉中部寬度的變異係數 (CV) 高達 47%，其次葉長中寬比為 43%，說明兩者相對變異程度很高，表示相對於其他性狀，葉中部寬度及葉長中寬比於收集系間變異性較大，適合作為戟葉田薯收集系間鑑別指標；葉長前寬比及葉長的變異係數較低，分別為 16% 及 20%，說明其變異程度較小，較不適合作為戟葉田薯收集系間鑑別依據。

二、植株性狀之相關性檢定

數量性狀之相關性檢定結果，戟葉田薯種原顯示葉長度與葉前部寬度、莖直徑及葉長中寬比達極顯著正相關，葉前部寬度與葉柄長度、葉柄直徑及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。

由以上說明多數戟葉田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，可考慮優先調查形態變異性大，且易於評量之性狀為宜，戟葉田薯種原建議優先調查葉中部寬度及葉長中寬比等 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戟葉田薯種原介於 13.3%-70.0%之間；所有種原的平均遺傳相似性均低於 50%，只有 36.1%，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 個收集系)，調查 28 個植株外表性狀，結果發現不同物種收集系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，戟葉田薯物種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，戟葉田薯種原編號 SK2 及 SG4 分別採集自高雄市六龜區森山及屏東縣霧台鄉伊拉，2 個收集系之遺傳相似度最高 (70.0%)，2 個收集系皆採集於灌木林中，其生長環境類似，且具地緣關係，龔 (2015) 針對同一批種原進行 ISSR 分子標誌遺傳相似性分析結果，其遺傳相似性為 53.4%，各種原間遺傳相似性介於 13.3%-70.0%之間，顯然生育環境比基因型影響植株外表性狀更大。

四、植株性狀之群聚分析

戟葉田薯種原群聚分析將所有種原區分成 4 大群。第 I 大群為北及南部地區族群，第 II 大群為北、中及南部地區族群，第 III 大群為南及東部地區族群，第 IV 大群為中及南部地區族群，可知南部地區族群與其他地區族群重疊分布，又整體南部地區族群種原遺傳相似性只有 36.6%，未呈現明顯分化現象，此與龔等 (1999a) 進行台灣地

區野生種戟葉田薯種內變異研究結果，發現野生種戟葉田薯在整個恆春半島兩族群間未有明顯分化現象之情形類似。

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。我國薯蕷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。
- 陳蕙婷。2003。臺灣產薯蕷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。
- 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、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。
- 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。
- 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. Zoundjehkpon, 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.
- 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.
- Huang, T.C. and J.L. Hsiao. 2000. Dioscoreaceae. p. 87-98 In: Huang *et al.* (ed.). *Flora of Taiwan, 2nd ed. Vol. 5*. Department of Botany, National Taiwan University, Taipei.
- Huber, H. 1998. Dioscoreaceae. p.216-235 In: K. Kubitzki (ed.). *The Families and Genera of Vascular plants*, Vol. III. Springer-Verlag, Berlin Germany.
- 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.* (ed.). 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 doryphora* Hance 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. doryphora* Hance in Taiwan. According to the distribution frequency, the qualitative traits of matured leaf color, young leaf color, stem color and bud color were in uniform. These traits are suitable for the assessment of genetic variation and species identification. The quantitative traits of medial leaf 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. doryphora* Hance. In this paper, studies of *D. doryphora* Hance in Taiwan have been established, and such important information will be useful in germplasm collection, evaluation and application.

Key words: genetic variation, germplasm collection, morphological characteristic, *Dioscorea doryphora* Hance

¹. Contribution No.500 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).