

臺灣華南薯蕷 (*Dioscorea collettii* Hook. f.) 植株性狀遺傳變異研究¹

龔財立²、林順福³

摘 要

藉由臺灣華南薯蕷種原 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 個質量性狀中以老葉顏色、幼葉顏色、莖蔓顏色及芽色性狀頻度分佈較均勻，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 個數量性狀中莖部直徑及莖節間長度等 2 個性狀適合作為辨識種原重要指標。以群聚分析評估華南薯蕷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。本研究對臺灣華南薯蕷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、山藥、種原收集、植株外表性狀、華南薯蕷

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,

¹ 行政院農業委員會桃園區農業改良場研究報告第 480 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)。

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。

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。華南薯蕷 (*D. collettii* Hook. f.) 為臺灣野生薯蕷屬植物，屬重要保健植物，散佈於臺灣低海拔至中海拔山區，主要利用部位為根莖 (那等, 1978)，其根莖富含薯蕷皂苷配基 (*diogenin*) 為醫療用類固醇 (*medicinal steroids*) 原料，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形態差異判斷，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、氣候迥異，而華南薯蕷種原分布全島，因此，瞭解臺灣不同地區華南薯蕷種原間變異，對育種及種原保存實有助益。故本研究進行臺灣華南薯蕷種原收集，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 年自臺灣分成北部 (N) ($24^{\circ}16'N\sim 25^{\circ}12'N$, $120^{\circ}53'E\sim 121^{\circ}54'E$, 14~1242 m)、中部 (M) ($23^{\circ}33'N\sim 24^{\circ}00'N$, $120^{\circ}55'E\sim 121^{\circ}07'E$, 1103~1142 m)、南部 (S) ($22^{\circ}25'N\sim 23^{\circ}17'N$, $120^{\circ}41'E\sim 120^{\circ}51'E$, 986~1467 m) 及東部 (E) ($22^{\circ}00'N\sim 24^{\circ}09'N$, $121^{\circ}04'E\sim 121^{\circ}37'E$, 62~652 m) 等 4 個地理區域進行華南薯蕷種原收集，

涵蓋臺灣本島 10 次族群 (縣市), 共蒐集 31 個種原 (表 1), 其中北部地區包括宜蘭 (Y)、臺北 (P)、桃園 (T)、新竹 (H)、及苗栗 (M) 次族群 20 個種原; 中部地區僅南投次族群 (O) 2 個種原; 南部地區包括高雄 (K) 及屏東 (G) 次族群 3 個種原; 東部地區包括花蓮 (L) 及臺東 (D) 次族群 6 個種原, 採集地點分布如表 1 及圖 1。

表 1 臺灣收集華南薯蕷種原資料表

Table 1. Geographical data for 31 germplasms of *D. collettii* Hook. f. 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 | NY1 | 南澳 金岳 Nanao Jinyue | 24°27.913' | 121°46.410' | 46 |
| 2 | NP1 | 基隆 大武崙 Keelung Dawulun | 25°09.856' | 121°42.285' | 53 |
| 3 | NP2 | 平溪 南山坪 Pingxi Nanshan | 25°12.013' | 121°46.069' | 185 |
| 4 | NP3 | 雙溪 魚行 Shuangxi Yuxing | 25°01.297' | 121°52.995' | 18 |
| 5 | NP4 | 石碇 皇帝殿 Shiding Huangdi Temple | 24°59.444' | 121°40.713' | 338 |
| 6 | NP5 | 基隆 海洋大學 Keelung Haiyang University | 25°08.896' | 121°46.273' | 37 |
| 7 | NP6 | 貢寮 貢寮國小 Gongliao Elementary School | 25°01.335' | 121°54.985' | 14 |
| 8 | NT1 | 復興 羅浮 Fuxing Luofu | 24°47.482' | 121°21.885' | 343 |
| 9 | NH1 | 五峰 土場 Wufeng Tuchang | 24°33.135' | 121°05.941' | 865 |
| 10 | NH2 | 竹東 軟橋 Zhudong Ruanqiao | 24°40.282' | 121°06.042' | 200 |
| 11 | NH3 | 五峰 茅團 Wufeng Maopu | 24°37.729' | 121°06.819' | 640 |
| 12 | NH4 | 五峰 太平 Wufeng Taiping | 24°62.887' | 121°11.351' | 380 |

表 1 臺灣收集華南薯蕷種原資料表 (續)

Table 1. Geographical data for 31 germplasms of *D. collettii* Hook. f. 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) |
|------------|------------------------------|-----------------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| 13 | NH5 | 尖石 新樂 Jianshi Xinle | 24°43.638′ | 121°14.409′ | 283 |
| 14 | NH6 | 尖石 那羅 Jianshi Naluo | 24°40.597′ | 121°15.023′ | 631 |
| 15 | NH7 | 尖石 天然谷 Jianshi Tianrangu | 24°41.171′ | 121°13.579′ | 458 |
| 16 | NH8 | 尖石 道下 Jianshi Daoxia | 24°16.298′ | 121°16.521′ | 1,087 |
| 17 | NH9 | 尖石 田埔 Jianshi Tiapu | 24°39.176′ | 121°16.719′ | 1,236 |
| 18 | NH10 | 尖石 泰崗 Jianshi Taigang | 24°36.625′ | 121°17.512′ | 1,242 |
| 19 | NM1 | 泰安 八卦口 Taian Baguakou | 24°27.769′ | 120°54.978′ | 356 |
| 20 | NM2 | 大湖 水尾坪 Dahu Shuiweiping | 24°26.609′ | 120°53.479′ | 266 |
| 21 | MO1 | 信義 東埔 Xinyi Dongpu | 23°33.557′ | 120°55.397′ | 1,103 |
| 22 | MO2 | 仁愛 霧社 Renai Wushe | 24°00.509′ | 121°07.773′ | 1,142 |
| 23 | SK1 | 桃源 梅山 Taoyuan Meishan | 23°16.206′ | 120°49.981′ | 986 |
| 24 | SK2 | 桃源 禮觀 Taoyuan Liguan | 23°17.421′ | 120°51.222′ | 1,467 |
| 25 | SG1 | 春日 力里 Chunri Lili | 22°25.049′ | 120°41.092′ | 991 |
| 26 | ED1 | 海端 下馬 Haiduan Xima | 23°09.037′ | 121°04.533′ | 652 |
| 27 | ED2 | 蘭嶼 天池 Lanyu Tianchi | 22°00.701′ | 121°34.204′ | 67 |

表 1 臺灣收集華南薯蕷種原資料表 (續)

Table 1. Geographical data for 31 germplasms of *D. collettii* Hook. f. 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) |
|------------|------------------------------|--------------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| 28 | ED3 | 蘭嶼 野銀 Lanyu Yeyin | 22°02.106′ | 121°33.374′ | 203 |
| 29 | ED4 | 蘭嶼 椰油 Lanyu Yeyou | 22°04.404′ | 121°30.649′ | 111 |
| 30 | EL1 | 玉里 安通 Yuli Antong | 23°16.964′ | 121°20.473′ | 174 |
| 31 | EL2 | 秀林 太魯閣 Xiulin Tailuge | 24°09.383′ | 121°37.049′ | 62 |

^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: D=Taitung ; G=Pingtung ; H=Hsinchu ; K=Kaohsiun ; L=Hualian ;
 M=Miaoli ; O=Nantou ; P=Taipei ; T=Taoyuan ; Y=Yilan
 阿拉伯數字: 縣市地理區內種原序號。

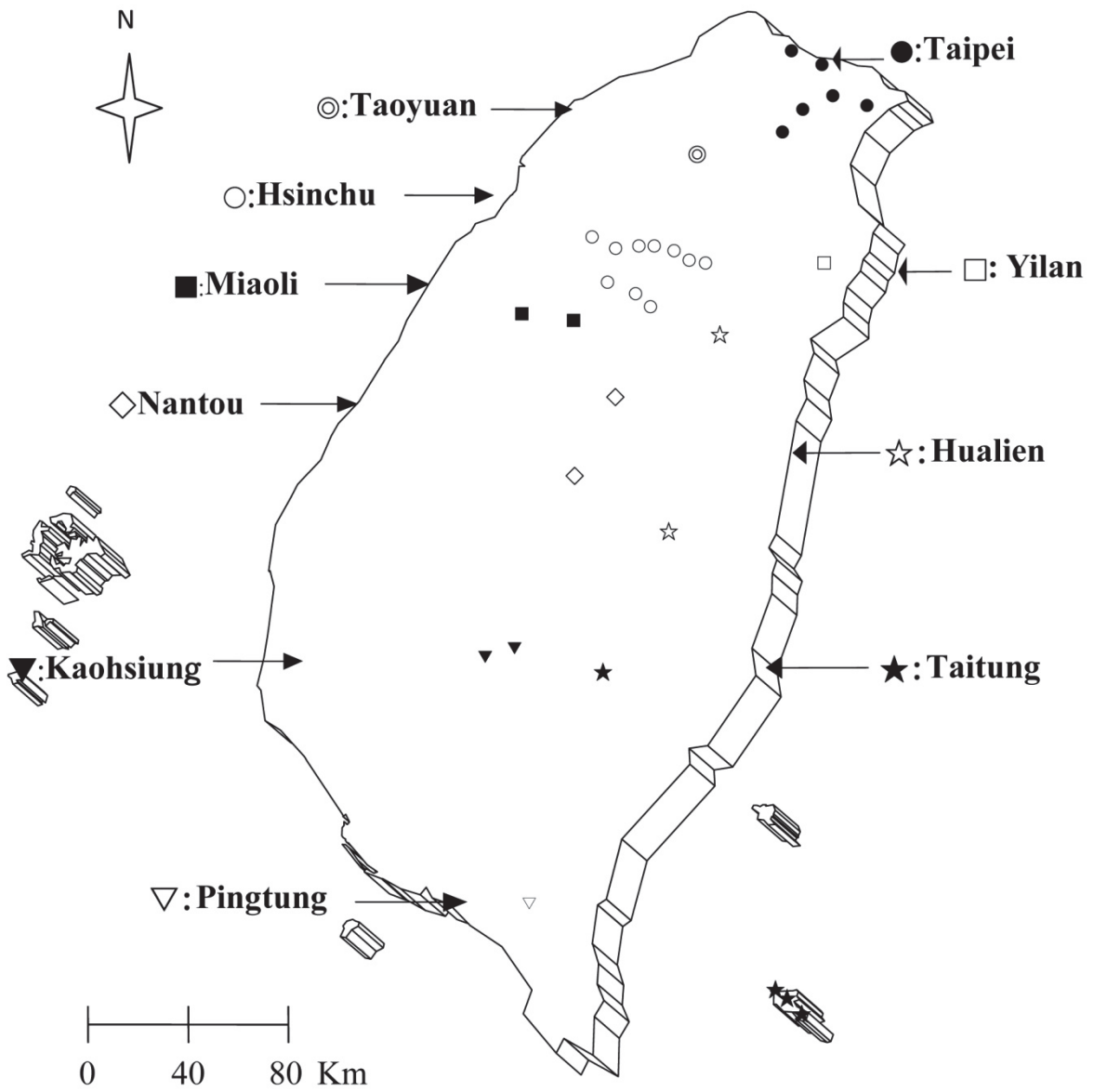


圖 1 臺灣華南薯蕷種原採集地點

Fig. 1. Map of collection sites for *D. collettii* Hook. f. 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 length)：取最大 5 葉，測量長度，以平均值分 5 級。1 級 < 4.01 cm，2 級 4.01~5.54 cm，3 級 5.55~7.09 cm，4 級 7.10~8.64 cm，5 級 > 8.64 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 < 2.33 cm，2 級 2.33~3.25 cm，3 級 3.26~4.19 cm，4 級 4.20~5.14 cm，5 級 > 5.14 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 < 1.72 cm, 2 級 1.72~2.56 cm, 3 級 2.57~3.40 cm, 4 級 3.41~4.26 cm, 5 級 > 4.26 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 < 1.11 cm, 2 級 1.11~1.71 cm, 3 級 1.72~2.32 cm, 4 級 2.33~2.94 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 < 0.53 cm, 2 級 0.53~0.76 cm, 3 級 0.77~0.99 cm, 4 級 1.00~1.23 cm, 5 級 > 1.23 cm。
- (6) 莖節間長度 (internode length): 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 < 2.48 cm, 2 級 2.48~4.86 cm, 3 級 4.87~7.25 cm, 4 級 7.26~9.65 cm, 5 級 > 9.65 cm。
- (7) 莖部直徑 (stem diameter): 量第 3 節位至第 8 節位之莖部直徑, 以平均值分 5 級。1 級 < 0.32 cm, 2 級 0.32~0.77 cm, 3 級 0.78~1.23 cm, 4 級 1.24~1.69 cm, 5 級 > 1.69 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 < 1.14 , 2 級 1.14~1.54, 3 級 1.55~1.95, 4 級 1.96~2.37, 5 級 > 2.37 。
- (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 < 1.21 , 2 級 1.21~1.89, 3 級 1.90~2.58, 4 級 2.59~3.28, 5 級 > 3.28 。

(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，31 個種原中，葉形全為心臟形 (100%) (圖 2)；葉基部形以耳形 (71%) 為主，其次為心形 (29%)；老葉顏色以淺綠色 (77%) 為主，其次為淺綠色 (23%)；幼葉顏色以紫綠色 (77%) 為主，其次為綠色 (23%)；莖蔓形狀全為圓筒狀為主 (100%)；莖蔓顏色多為綠色 (74%) 為主，其次為紫綠色 (16%) 及紫色 (10%)；莖蔓表皮全為光滑 (100%) 為主；芽色多為綠色 (74%)，其次為淡紫色 (16%) 及紫色 (10%)。由植株性狀觀察，8 個質量性狀均偏向於特定外表型，該等性狀特性可供華南薯蕷種原初步或快速鑑別參考。

表 2 華南薯蕷種原植株質量性狀表

Table 2. Eight qualitative traits for the germplasm of *D. collettii* Hook. f.

| 代號 Code | 種原 Germplasm | 葉形 Leaf shape | 葉基部分 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 | NY1 | 心臟形 | 耳形 | 濃綠 | 綠 | 圓筒狀 | 紫綠 | 光滑 | 淡紫 |
| 2 | NP1 | 心臟形 | 耳形 | 濃綠 | 綠 | 圓筒狀 | 綠 | 光滑 | 綠 |
| 3 | NP2 | 心臟形 | 耳形 | 淺綠 | 紫綠 | 圓筒狀 | 綠 | 光滑 | 綠 |
| 4 | NP3 | 心臟形 | 耳形 | 淺綠 | 紫綠 | 圓筒狀 | 綠 | 光滑 | 綠 |
| 5 | NP4 | 心臟形 | 耳形 | 淺綠 | 紫綠 | 圓筒狀 | 綠 | 光滑 | 綠 |
| 6 | NP5 | 心臟形 | 耳形 | 淺綠 | 紫綠 | 圓筒狀 | 綠 | 光滑 | 綠 |
| 7 | NP6 | 心臟形 | 耳形 | 淺綠 | 紫綠 | 圓筒狀 | 紫 | 光滑 | 紫 |
| 8 | NT1 | 心臟形 | 心形 | 濃綠 | 綠 | 圓筒狀 | 綠 | 光滑 | 綠 |
| 9 | NH1 | 心臟形 | 心形 | 淺綠 | 紫綠 | 圓筒狀 | 紫 | 光滑 | 紫 |
| 10 | NH2 | 心臟形 | 耳形 | 淺綠 | 紫綠 | 圓筒狀 | 紫綠 | 光滑 | 淡紫 |
| 11 | NH3 | 心臟形 | 耳形 | 淺綠 | 紫綠 | 圓筒狀 | 綠 | 光滑 | 綠 |
| 12 | NH4 | 心臟形 | 耳形 | 淺綠 | 紫綠 | 圓筒狀 | 綠 | 光滑 | 綠 |
| 13 | NH5 | 心臟形 | 心形 | 淺綠 | 紫綠 | 圓筒狀 | 綠 | 光滑 | 綠 |
| 14 | NH6 | 心臟形 | 心形 | 淺綠 | 紫綠 | 圓筒狀 | 綠 | 光滑 | 綠 |
| 15 | NH7 | 心臟形 | 耳形 | 淺綠 | 紫綠 | 圓筒狀 | 綠 | 光滑 | 綠 |
| 16 | NH8 | 心臟形 | 耳形 | 淺綠 | 紫綠 | 圓筒狀 | 綠 | 光滑 | 綠 |
| 17 | NH9 | 心臟形 | 心形 | 淺綠 | 紫綠 | 圓筒狀 | 綠 | 光滑 | 綠 |
| 18 | NH10 | 心臟形 | 心形 | 淺綠 | 紫綠 | 圓筒狀 | 綠 | 光滑 | 綠 |
| 19 | NM1 | 心臟形 | 心形 | 淺綠 | 紫綠 | 圓筒狀 | 綠 | 光滑 | 綠 |
| 20 | NM2 | 心臟形 | 耳形 | 濃綠 | 綠 | 圓筒狀 | 綠 | 光滑 | 綠 |
| 21 | MO1 | 心臟形 | 耳形 | 淺綠 | 紫綠 | 圓筒狀 | 綠 | 光滑 | 綠 |
| 22 | MO2 | 心臟形 | 心形 | 濃綠 | 綠 | 圓筒狀 | 綠 | 光滑 | 綠 |
| 23 | SK1 | 心臟形 | 心形 | 淺綠 | 紫綠 | 圓筒狀 | 綠 | 光滑 | 綠 |
| 24 | SK2 | 心臟形 | 耳形 | 淺綠 | 紫綠 | 圓筒狀 | 紫 | 光滑 | 紫 |
| 25 | SG1 | 心臟形 | 耳形 | 淺綠 | 紫綠 | 圓筒狀 | 綠 | 光滑 | 綠 |
| 26 | ED1 | 心臟形 | 耳形 | 濃綠 | 綠 | 圓筒狀 | 紫綠 | 光滑 | 淡紫 |
| 27 | ED2 | 心臟形 | 耳形 | 淺綠 | 紫綠 | 圓筒狀 | 綠 | 光滑 | 綠 |
| 28 | ED3 | 心臟形 | 耳形 | 淺綠 | 紫綠 | 圓筒狀 | 紫綠 | 光滑 | 淡紫 |
| 29 | ED4 | 心臟形 | 耳形 | 淺綠 | 紫綠 | 圓筒狀 | 紫綠 | 光滑 | 淡紫 |
| 30 | EL1 | 心臟形 | 耳形 | 濃綠 | 綠 | 圓筒狀 | 綠 | 光滑 | 綠 |
| 31 | EL2 | 心臟形 | 耳形 | 淺綠 | 紫綠 | 圓筒狀 | 綠 | 光滑 | 綠 |

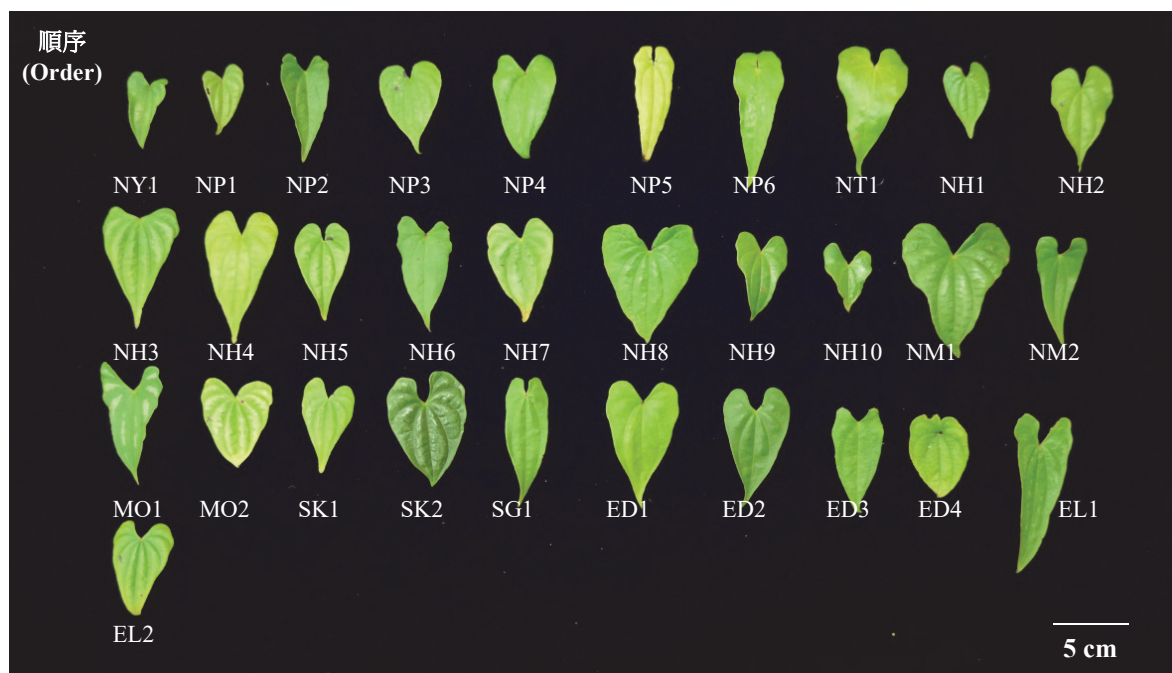


圖 2 華南薯蕷種原葉部形態

Fig. 2. Leaf shapes for the germplasm of *D. collettii* Hook. f.

(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 6.33 cm，標準偏差 1.55，偏態係數 1.102 及峰度係數 1.369；葉前部寬度平均 3.73 cm，標準偏差 0.94，偏態係數 1.114 及峰度係數 4.095；葉中部寬度平均 2.99 cm，標準偏差 0.85，偏態係數 1.518 及峰度係數 4.660；葉柄長度平均 2.02 cm，標準偏差 0.61，偏態係數 0.038 及峰度係數 -0.662；莖節間長度平均 6.07 cm，標準偏差 1.39，偏態係數 1.333 及峰度係數 2.361；葉柄直徑平均 0.88 mm，標準偏差 0.23，偏態係數 1.222 及峰度係數 1.771；莖部直徑平均 1.01 mm，標準偏差 0.46，偏態係數 1.332 及峰度係數 1.920；葉長前寬比平均 1.75，標準偏差 0.41，偏態係數 0.893 及峰度係數 0.342；葉長中寬比平均 2.25，標準偏差 0.69，偏態係數 0.999 及峰度係數 0.545。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、莖部直徑、葉長前寬比及葉長中寬比等 9 個數量性狀皆為右偏分佈，大部份性狀分佈較分散，其中僅葉前部寬度及葉中部寬度分佈較為尖峰集中。

9 個數量性狀莖部直徑變異係數 (CV) 高達 45%，其次莖節間長度 39%，顯示該 2 個性狀相對變異程度高，也表示相對於其他性狀，莖部直徑及莖節間長度於種原間變異性較大；葉長前寬比及葉長的變異係數較低分別為 23%及 24%，則顯示其變異程度較小。

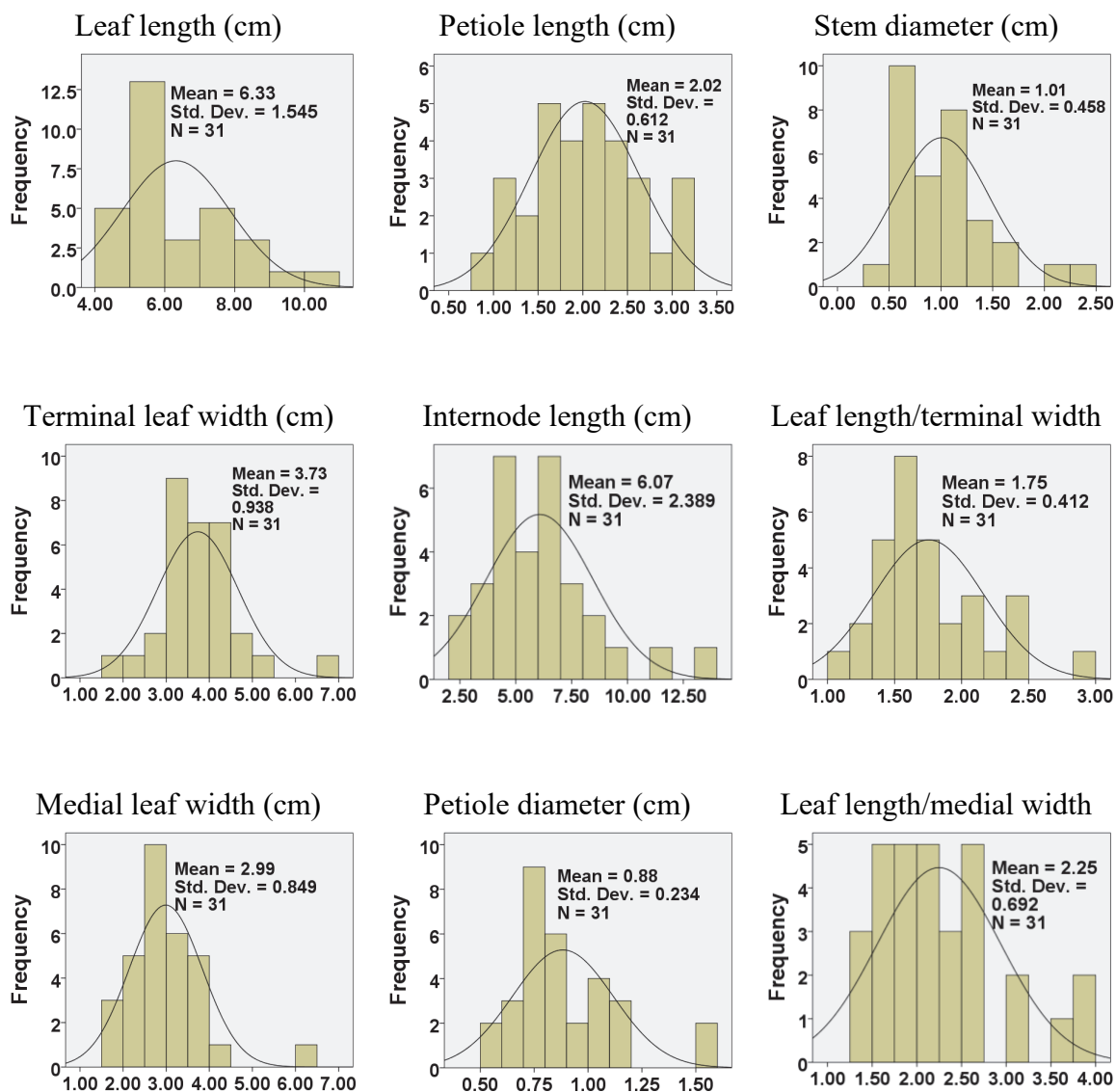


圖 3 華南薯蕷種原植株數量性狀分布

Fig. 3. The frequency distribution of quantitative traits for the germplasm of *D. collettii* Hook. f.

表 3 華南薯蕷種原植株數量性狀統計值

Table 3. The statistic values of quantitative traits for the germplasm of *D. collettii* Hook. f.

| 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 | 31 | 6.33 | 1.55 | 24 | 1.102 | 1.369 |
| 葉前部寬度 Terminal leaf width | 31 | 3.73 | 0.94 | 25 | 1.114 | 4.095 |
| 葉中部寬度 Medial leaf width | 31 | 2.99 | 0.85 | 28 | 1.518 | 4.660 |
| 葉柄長度 Petiole length | 31 | 2.02 | 0.61 | 30 | 0.038 | -0.662 |
| 莖節間長度 Internode length | 31 | 6.07 | 2.39 | 39 | 1.333 | 2.361 |
| 葉柄直徑 Petiole diameter | 31 | 0.88 | 0.23 | 27 | 1.222 | 1.771 |
| 莖部直徑 Stem diameter | 31 | 1.01 | 0.46 | 45 | 1.332 | 1.920 |
| 葉長前寬比 Leaf length/terminal width | 31 | 1.75 | 0.41 | 23 | 0.893 | 0.342 |
| 葉長中寬比 Leaf length/medial width | 31 | 2.25 | 0.69 | 31 | 0.999 | 0.545 |

二、華南薯蕷種原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)。顯示葉長度與葉前部寬度、葉柄直徑、莖部直徑及葉長中寬比達極顯著正相關，與莖節間長度達顯著正相關；葉前部寬度與葉中部寬度達極顯著正相關，與葉長前寬比達極顯著負相關，與葉柄直徑達顯著正相關；葉中部寬度與葉長前寬比及葉長中寬比達極顯著負相關；葉柄長度與葉柄直徑及莖部直徑達極顯著正相關；莖節間長度與莖部直徑達極顯著正相關，與葉柄直徑及葉長前寬比達顯著正相關；葉柄直徑與莖部直徑達極顯著正相關，

與葉長中寬比達顯著正相關；莖部直徑與葉長中寬比達極顯著正相關；葉長前寬比與葉長中寬比達極顯著正相關。

表 4 華南薯蕷種原植株數量性狀相關係數

Table 4. The correlation coefficients between quantitative traits for the germplasm of *D. collettii* Hook. f.

| 性狀 Traits | 葉長度 LL | 葉前部 寬度 TLW | 葉中部 寬度 MLW | 葉柄 長度 PL | 莖節間 長度 IL | 葉柄 直徑 PD | 莖部 直徑 SD | 葉長前 寬比 LLTW |
|---------------|-----------|------------------|------------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|-------------------|
| 葉前部寬度 TLW | 0.593** | | | | | | | |
| 葉中部寬度 MLW | 0.336 | 0.848** | | | | | | |
| 葉柄長度 PL | 0.235 | 0.181 | 0.055 | | | | | |
| 莖節間長度 IL | 0.367* | -0.051 | -0.317 | 0.282 | | | | |
| 葉柄直徑 PD | 0.624** | 0.416* | 0.083 | 0.575** | 0.515* | | | |
| 莖部直徑 SD | 0.548** | 0.253 | -0.096 | 0.526** | 0.585** | 0.835** | | |
| 葉長前寬 LLTW | 0.347 | -0.492** | -0.551** | 0.023 | 0.447* | 0.154 | 0.295 | |
| 葉長中寬比 LLMW | 0.520** | -0.260 | -0.587** | 0.104 | 0.626 | 0.419* | 0.548** | 0.843** |

^z: *及**分別代表 5%及 1%之顯著水準。

LL: 葉長度； TLW: 葉前部寬度； MLW: 葉中部寬度； PL: 葉柄長度； IL: 莖節間長度； PD: 葉柄直徑； SD: 莖部直徑； LLTW: 莖部直徑； LLMW: 葉長中寬比。

^z: *and** at the 5% and 1% probability level, 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、華南薯蕷種原植株性狀遺傳相似性分析

華南薯蕷種原利用 17 個植株性狀調查資料，經過 Jaccard 係數運算 (Jaccard, 1908)，得到各種原間遺傳相似性 (similarity) 介於 9.7%~78.9% 之間 (即遺傳距離介於 21.1%~90.3% 之間)，所有種原平均遺傳相似性 36.9%，以南部地區 38.4% 最高，其餘北、中及東部地區分別為 37.8、37.5 及 32.9% (表 5)。根據植株性狀遺傳相似性結果，編號 NM1 及 NH6 採集自苗栗縣泰安鄉八卦口及新竹縣尖石鄉那羅的 2 個種原遺傳相似度 78.9% 最高；其次為編號 EL2 (秀林太魯閣) 及 NP5 (基隆海洋大學)、編號 NH3 (五峰茅團) 及 NH4 (五峰太平) 等 2 對種原，其遺傳相似度皆為 70.0%；編號 NT1 (復興羅浮) 及 ED4 (蘭嶼椰油) 種原最低 (9.7%)，顯示此兩種原間親緣關係最遠。

表 5 臺灣華南薯蕷 4 個地理區種原遺傳相似性表

Table 5. The genetic similarity of four geographic regions for the germplasm of *D. collettii* Hook. f. in Taiwan

| 地理區 Region | 種原個數 No. of germplasms | 平均相似性 Average similarity (%) | 最低相似性 Minimum similarity (%) | 最高相似性 Maximum similarity (%) |
|-----------------|------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 北部地區 North | 20 | 37.8 | 9.7 | 78.9 |
| 中部地區 Central | 2 | 37.5 | 17.2 | 61.9 |
| 南部地區 South | 3 | 38.4 | 13.3 | 70.0 |
| 東部地區 East | 6 | 32.9 | 9.7 | 70.0 |
| 全部地區 All | 31 | 36.9 | 9.7 | 78.9 |

四、華南薯蕷種原植株性狀群聚分析

以 UPGMA 法進行華南薯蕷種原之群聚分析，繪製親緣關係樹狀圖（圖 4）。以相似性 0.31 為分群依據，將所有山藥種原區分成 4 大群（表 6）；若依據相似性 0.35，第Ⅲ大群分成 c1、c2 及 c3 等 3 小群，其中以 c3 小群 18 個種原最多。

第 I 大群有編號 NH2（竹東軟橋）、ED3（蘭嶼野銀）及 ED4（蘭嶼椰油）等 3 個種原。第 II 大群有編號 NY1（南澳金岳）及 ED1（海端下馬）2 個種原。第Ⅲ大群 c1 有編號 NH1（五峰土場）及 SK2（桃源禮觀）2 個種原；c2 僅編號 NP6（貢寮貢寮國小）種原；c3 有編號 NP2（平溪南山坪）、NP3（雙溪魚行）、NP4（石碇皇帝殿）、NP5（基隆海洋大學）、NH3（五峰茅圃）、NH4（五峰太平）、NH5（尖石新樂）、NH6（尖石那羅）、NH7（尖石天然谷）、NH8（尖石道下）、NH9（尖石田埔）、NH10（尖石泰崗）、NM1（泰安八卦口）、MO1（信義東埔）、SK1（桃源梅山）、SG1（春日力里）、ED2（蘭嶼天池）及 EL2（秀林太魯閣）等 18 個種原。第Ⅳ大群有編號 NT1（復興羅浮）、NP1（基隆大武崙）、NM2（大湖水尾坪）、MO2（仁愛霧社）及 EL1（玉里安通）等 5 個種原。第 I 及 II 大群之種原均包含來自北部及東部地區族群，第Ⅲ大群為涵蓋全島族群，第Ⅳ大群為北部、中部及東部地區族群。

表 6 華南薯蕷種原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. collettii* Hook. f.

| 大群 Classification | 地理區 ^z Region | 小群 Subgroup | 種原 Germplasm |
|----------------------|----------------------------|----------------|--|
| I | N、E | a | NH2、ED3、ED4 |
| II | N、E | b | NY1、ED1 |
| III | N、S | c1 | NH1、SK2 |
| | N | c2 | NP6 |
| | N、M、S、E | c3 | NP2、NP3、NP4、NP5、NH3、NH4、NH5、NH6、NH7、NH8、NH9、NH10、NM1、MO1、SK1、SG1、ED2、EL2 |
| IV | N、M、E | d | NT1、NP1、NM2、MO2、EL1 |

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

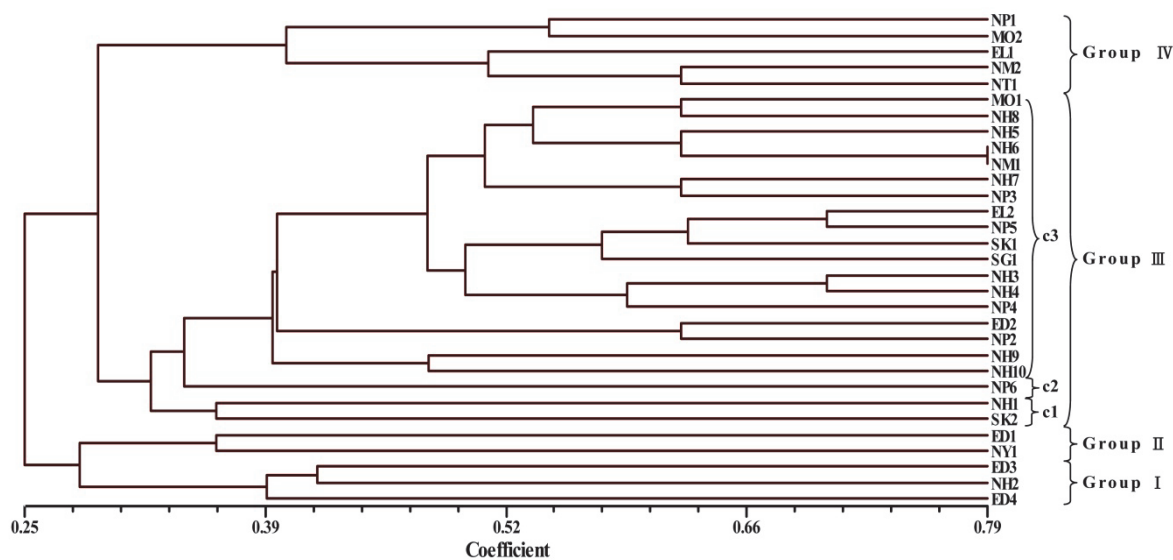


圖 4 華南薯蕷種原植株性狀群聚分析圖

Fig. 4. The UPGMA dendrogram of the genetic similarity based on traits for the germplasm of *D. collettii* Hook. f.

討 論

一、植株性狀調查

華南薯蕷種原質量性狀調查結果，31 個種原之葉形均為心臟形，僅長寬不同及葉基內縮角度不同之區別，葉基部形以耳形（71%）為主，其次為心形（29%），可見華南薯蕷為臺灣薯蕷屬植物中葉形變化較小的物種。莖蔓顏色具有相當程度的變化，多為綠色（74%），而次為紫綠色（16%）及紫色（10%），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，程度較高即呈紫色，此可作為種原間判別依據；芽色多為綠色（74%），次為淡紫色（16%）及紫色（10%），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。8 個質的性狀均偏向於特定外表型，可供華南薯蕷種原初步或快速鑑別參考。

華南薯蕷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，分析結果偏態係數皆大於 0，表示皆為右偏分佈，其中以葉柄長（0.038）最接近對稱分佈。峰度係數分析結果只有葉前部寬度及葉中部寬度大於 3，其餘皆小於 3，表示只

有葉前部寬度及葉中部寬度為高狹峰，分佈較為尖峰集中，其餘均為低闊峰，分佈較為平坦分散，其中以莖節間長度（2.361）最接近常態峰分佈。9 個數量性狀中莖部直徑的變異係數（CV）高達 45%，其次莖節間長度為 39%，說明兩者相對變異程度很高，表示相對於其他性狀莖部直徑及莖節間長度於種原間變異性較大，適合作為華南薯蕷種原間鑑別指標；葉長前寬比及葉長變異係數較低分別為 23%及 24%，說明其變異程度較小，較不適合作為華南薯蕷種原間鑑別依據。

二、植株性狀相關性檢定

華南薯蕷種原 9 個數量性狀相關性檢定結果，葉長度與葉前部寬度、葉柄直徑、莖部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、葉柄直徑及莖部直徑達極顯著正相關，葉柄長度與葉柄直徑及莖部直徑也達極顯著正相關。

以上顯示多數華南薯蕷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，華南薯蕷種原建議優先調查莖部直徑及莖節間長度 2 個性狀。

三、植株性狀遺傳相似性分析

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，其中華南薯蕷種原介於 9.7%~78.9%之間；所有種原的平均遺傳相似性均低於 50%，僅 36.9%，顯示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；結果顯示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，華南薯蕷於野外均可行有性生殖，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，華南薯蕷種原編號 NM1 及 NH6 分別採集自苗栗縣泰安鄉八卦口及新竹縣尖石鄉那羅，2 個種原之遺傳相似度 78.9%最高。2 個種原皆採集於灌木林中，其生長環境類似，ISSR 分子標誌遺傳相似性分析結果，其遺傳相似性 53.4%，而各種原間遺傳相似性介於 29.1%~77.3%之間（龔，2015），

此亦說明生長環境較基因型更影響植株外表性狀。編號 NT1 (復興羅浮) 及 ED4 (蘭嶼椰油) 種原 9.7% 最低, 顯示此兩種原間親緣關係最遠, 推測兩地距離遠, 又是離島, 因地理隔閡且生育環境不同, 其中 NT1 (復興羅浮) 種原收集於喬木林下, 而 ED4 (蘭嶼椰油) 種原則收集於海風吹襲之矮灌木林下, 故造成植株外表性狀變異大。

四、植株性狀群聚分析

華南薯蕷種原群聚分析結果將所有種原區分成 4 大群。第 I 大群有 3 個種原, 第 II 大群 2 個種原, 第 III 大群有 21 個種原, 第 IV 大群有 5 個種原。第 I 及 II 大群為北及東部地區族群, 第 III 大群為涵蓋全島族群, 第 IV 大群為北、中及東部地區族群。顯示依植株外表性狀東部地區的華南薯蕷種原與北、中及南部地區種原相互重疊。

參考文獻

- 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。
- 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。
- 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。
- 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 多型性之變異。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.) germplasms 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. Zoundjihekpon, 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. In: Huang et al. (ed.). *Flora of Taiwan, 2nd ed.* Vol. 5. Department of Botany, National Taiwan University, Taipei. pp. 87-98.
- Huber, H. 1998. Dioscoreaceae. In: K. Kubitzki (ed.). *The Families and Genera of Vascular plants*, Vol. III. Springer-Verlag, Berlin Germany, p.216-235.

- 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. In *Crop Production Science in Horticulture* vol. 17. Wallingford, UK: CAB Books, CABI, p.183-188.
- 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 collettii* Hook. f. 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. collettii* Hook. f. 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 stem diameter and internode length could be used as important indicators for species identification. Based on plant traits, the cluster analysis showed the overlapping distribution in regions for *D. collettii* Hook. f. In this paper, studies of *D. collettii* Hook. f. in Taiwan have been established, and such important information will be useful in germplasm collection, evaluation and application.

Key words: genetic diversity, yam; germplasm collection, morphological characteristic, *Dioscorea collettii* Hook. f.

¹. Contribution No.480 from Taoyuan DARES, COA.

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

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