

台灣特有天南星科植物 密毛魔芋遺傳變異及保育 之探討

Genetic Variation and Conservation of *Amorphophallus hirtus* N. E. Br. (Araceae)

蔣鎮宇* 彭鏡毅** Barbara Schaal*** 許再文****

一、摘要

密毛魔芋為台灣特有之天南星科植物，與近緣的台灣魔芋及東亞魔芋形成一來自共同單一起源的種群，共有的獨特特徵包括略呈紅色的葉緣及成熟時藍色的漿果，但本種可由花序上端之附屬物(appendix)密被直立褐色毛及球莖上長指狀根莖(以行無

疣柄魔芋目前僅知產於屏東地區。(彭鏡毅 攝)



性繁殖)等外部形態特徵明顯與其他兩種區別。

密毛魔芋與其他天南星科植物一樣具有肉穗花序，為一落葉性物種，在每年雨季來臨後，先開花再長出新葉；單性花，雌雄同株，一般雄花比雌花先熟，以利異株受粉，傳粉則藉由蒼蠅等昆蟲為媒介。因此，理論上由於傳粉者活動範圍有限，魔芋族群間的基因交流應受到限制，而造成族群間的遺傳分化。本研究的目

的即在求証此一假說。

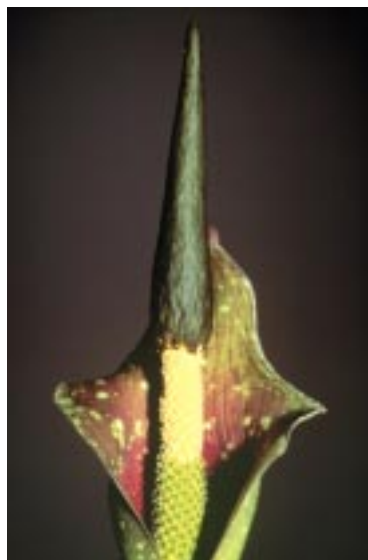
本實驗利用PCR為基礎的DNA指紋技術及RAPD偵測族群間的遺傳變異，實驗材料分別

* 國立成功大學生物系副教授 ** 中央研究院植物研究所研究員 *** 華盛頓大學生物系教授 **** 本中心植物組助理研究員

取自新化林場、大崗山、壽山、柴山及大尖山等五個族群，DNA的萃取採CTAB方式，利用的引子包括M13 minisatellite 的核心序列， $(GACA)_4$ 、 $(GTG)_5$ 、 $(GATA)_4$ 及50個RAPD的引子，以2% NuSieve 瓊膠電泳顯現其DNA片段多型性，除了 $(GATA)_4$ 沒有產物外，其餘引子皆可產生來自PCR複製之多個基因座間的片段。然而，研究顯示族群間確有極低的遺傳變異，上述引子並未偵測出任何族群內或族群間的遺傳變異。無性繁殖與人類的助長傳播說明無變異性的可能原因，另外造成本種以無性複製方式演化(clonal evolution)的原因，可能與其起源有關，來自分布於溫帶的東亞魔芋或類似之祖先的邊緣族群，成功地以創始者(founder)方式侵入年平均溫度較高的台灣南部，並在演化過程中因遺傳漂變(genetic drift)使得族群的遺傳組成均質化。

二、魔芋屬植物概述

天南星科(Araceae)植物約有100餘屬，魔芋屬(*Amorphophallus*)為其中的一個成員，事實上我們平日食用的蒟蒻即為本屬植物之一，是由其富含澱粉的地下塊莖萃取而成。本屬植物為多年生草本，具肥厚的塊莖，雨季開始後植株進入花期，為大型而顯著的肉穗花序，部分種類可高達數公尺，花後長出一葉片，但大多數植株並非年年開花，只是於春天雨季後長出一葉片，到秋冬乾季時，葉片枯萎進入休眠期。魔芋屬植物在開花時會散發腥臭



東亞魔芋之肉穗花序附屬物表面光滑(彭鏡毅 攝)。



東亞魔芋之葉片於花後出現(彭鏡毅 攝)。

表一、台灣產魔芋之花期及其分布

種類	地理分布	在台灣之分布	花期
台灣魔芋	特有種	西部、西南部	4~5月
密毛魔芋	特有種	中南部	5~6月
東亞魔芋	中國大陸、台灣、日本	中北部	4~6月
疣柄魔芋	廣分布於熱帶地區	屏東	4~5月

據亨利氏採於高雄壽山編號1914號之標本所發表之密毛魔芋(*Amorphophallus hirtus* N. E. Br.)；本屬的第三種為1916年日

味，以吸引蒼蠅等昆蟲為其傳粉。其植株除可以種子繁殖外，亦可利用主塊莖上生長之小塊莖及植株各部位癒傷組織行無性繁殖。

魔芋屬是在1825年由Blume所發表的，但當時並未有敘述而為裸名(依國際植物命名法規，裸名為不合法名)，1834年Decaisne才加入描述使其成為有效合法的屬名，並以疣柄魔芋(*Amorphophallus paeoniifolius* Dennst.) Nicolson為本屬之模式種。本屬約有130種，分布於熱帶至溫帶地區，大部分種類產於熱帶亞洲，尤其是中國東南部、中南半島、菲律賓及爪哇一帶。

台灣的魔芋屬植物，最早的紀錄是在1908年由N. E. Brown根據亨利氏(Augustine Henry)於打狗(今高雄)所採集的標本所發表的二新種，一為台灣魔芋(*Amorphophallus henryi* N. E. Br.)，因其以採集者Henry為種名，故又稱亨利氏蒟蒻)，模式標本為亨利氏採於高雄壽山，編號776號之標本(此標本目前存於英國皇家邱園標本館(Kew)，副模式存於美國密蘇里植物園等標本館)；另一為根

本植物學者早田文藏(Hayata)依據S. Yuki所採之標本，發表另一新種雷公統(*Amorphophallus gigantiflorus* Hayata)，唯目前此學名已由Hettterscheid及本文第二作者合併為疣柄魔芋的同物異名；第四種為1995年Hettterscheid和第二作者於中央研究院植物學彙刊第36卷中所發表的新紀錄種—東亞魔芋(*Amorphophallus kiusianus* (Makino) Makino)。

要清楚地分辨台灣的四種魔芋可參考Hettterscheid和第二作者在1995年發表於中央研究院植物學彙刊第36卷中的文章，文中有詳盡的描述及檢索並附有23張精美彩色圖片。四種魔芋中最易與其他種類區分者為疣柄魔芋，一如其中文名顯示，在葉柄表面具有疣狀突起，且球莖上具有每年脫落的根痕(root scars)，葉具黃色的葉緣及成熟果實為黃或紅色；而其餘三種之葉片則具有紅色葉緣及成熟果實為藍色，而紅色葉緣以及成熟果實為藍色此二特徵亦為台灣產此群魔芋所特有的重要特徵，顯示台灣的此群物種應為單一起源

的近緣種群。此三种植物可由佛焰花序的長度與肉穗花序附屬物等特徵加以區分，其中台灣魔芋的佛焰花序長度約與花序總梗等長或稍長，密毛魔芋、東亞魔芋的佛焰花序長度則遠短於花序總梗；但密毛魔芋如其中文名含意其肉穗花序附屬物表面密被長毛，而東亞魔芋的肉穗花序附屬物表面光滑。

在沒有花的情況下，除疣柄魔芋因具疣柄較易區分外，其餘三種因同為多回羽狀複葉較難區別，此時仍可由羽狀複葉之頂羽片及球莖加以區分，密毛魔芋羽葉之頂羽片為卵形至菱形，其它兩種之頂羽片為披針形，但台灣魔芋之地下莖常具分生近球形的小塊莖，東亞魔芋的塊莖上則不長小塊莖。

三、密毛魔芋

塊莖球形至扁球形，常產生多數指狀根莖。葉單一，為二至三回羽狀複葉，羽葉中軸具翅；頂羽片卵形至菱形；葉緣紅色。花序單一，具長的總梗。肉穗花序上端無性部分為肉穗花序附屬物，中空，外密被褐色長毛。肉穗花序下方為有性部分，包被於頂端向外開展的佛焰苞中，其下端為雌花，上端為雄花，一般雄花比雌花先熟。果實為漿果，成熟後為藍色，內含 1~2 粒種子。

野外調查顯示密毛魔芋常見於高位珊瑚礁(如壽山、大崗山)或果園(如新化林場)，其花期為每年五至六月梅雨季節後，先開花後長葉。根據 Hettterscheid 及第二作者在 1995 年



上圖、密毛魔芋之葉柄具無性繁殖之功能(許再文 攝)。

下圖、密毛魔芋之花序總梗長且明顯(彭鏡毅 攝)。

的研究，本種自 1903 年發表以來，曾有過的採集紀錄由北至南包括彰化縣八卦山；嘉義縣番路鄉連雲瀑布；台南縣新化中興大學林場、楠西的曾文水庫；高雄市柴山、壽山及高雄縣茂林的扇平、阿蓮的大崗山；屏東縣保力林



上圖、密毛魔芋因其肉穗花序附屬物表面密生長毛而得名(彭鏡毅 攝)。

下圖、密毛魔芋為雌雄同株，花序上方為雄花，花序下方為雌花(許再文 攝)。

場、山地門、墾丁的大尖石山及關山；台東縣的紅葉村等地。

然而，作者於1996至1997年間至野外調查，發現密毛魔芋的族群分布有明顯縮小的趨勢，一如彰化及嘉義的族群（北界）已不復存在一樣，關山也只發現台灣魔芋。主要的族群分布於新化、壽山及柴山、大岡山及大尖石山，呈點狀分布卻有地區性豐富的特質，大尖石山族群較小外，其他地區族群皆相當龐大。

四、密毛魔芋之遺傳變異及其保育

這一個以蒼蠅為主要媒介的蟲媒物種，理論上，其族群結構及分化應受限於活動範圍有限的昆蟲。此一台灣特有的物種，雖然表面上目前沒有受到威脅或瀕臨滅絕的危機，但是在本島物種保育上卻提供一個特殊的例子，亦即特有的蟲媒物種，具有地區性豐富的族群分布。本研究的目的是針對密毛魔芋的族群結構及遺傳變異進行研究，測試因受限於傳粉昆蟲所造成的隔離效應，並以此為基礎提供保育策略研擬之參考。

DNA 指紋技術，提供了保育生物學者快速而敏感的檢測遺傳變異的工具，最常見的乃是根據 PCR 原理以聚合酵素 (polymerase) 在試管中 (藉助 thermocycler 溫度的循環) 複製出 DNA 片段的 RAPD 技術，有別於傳統的 PCR 技術中使用專一性極高的一對引子 (primers) 及較高的黏合 (annealing) 溫度 (45~60°C，視引子專一性及 GC 的比率而

特有生物
ENDEMIC SPECIES

定)，RAPD 改以專一性低的單一引子，一般具 10 個鹼基，並在 36°C 下進行黏合，因此具有相當高的敏感性，可用於檢測基因體 (genome) 上基因座位置的變異，DNA 的產物則為介於基因座間不同的片段長度。另一個最近發展出來的是以 PCR 為基礎的指紋技術 (PCR-based fingerprinting)，採用散布於生物基因體上的 minisatellite 的重複核心片段或重複性 DNA 的 16 鹼基單一引子，在 50°C 下完成黏合，此一技術的好處除保留高度敏感性外，並可去除如 RAPD 過度低溫下產生的背景干擾。

本研究採取了上述兩種 DNA 指紋技術，目的在於檢測族群間的遺傳變異，並測驗隔離的機制。新鮮的密毛魔芋葉片材料從野外取得，因植物體具無性繁殖力，所取枝條放置於封口袋中，並灑以少許清水以避免乾燥；回到實驗室後，取下完整無菌類污染的幼嫩組織，並用液態氮在研鉢中研磨成細粉狀，低溫研磨的原因在打破整個細胞（包括細胞壁）使 DNA 裸露出來，另一方面亦防止溶質體內分解 DNA 酵素的作用，粉末狀的葉組織利用 CTAB 緩衝溶液在 65°C 下將 DNA 萃取出來，並以 24:1 的氯仿 (chloroform) 及 isoamyl alcohol 去除脂質，以 RNase 分解 RNA，DNA 則利用酒精及醋酸鹽沈降，並溶解在 TE 溶液中，定量稀釋後，即可用於 PCR 及指紋技術。

密毛魔芋的材料主要取自台南縣中興大學新化林場、高雄大岡山、壽山、柴山及恆春



台灣魔芋之花序總梗甚短 (許再文 攝)。

半島之大尖石山，除了緯度差異之外，生育環境亦有差別，大部分的族群生長於高位珊瑚礁，然而在新化林場則生長於遮蔭的果園下，外部形態上並無顯著差異。所有的取樣工作皆在 1997 年 6 月至 7 月間完成。

本研究以 PCR 為基礎的指紋技術部分使用的引子，包括 M13 minisatellite 的核心序列 GAGGGTGGXGGXTCT、(GTG)₅、(GACA)₄ 及 (GATA)₄；RAPD 則使用 UBC 商業合成 (依電腦亂數) 的引子 50 條。指紋技術的產物利用 2% 的 Nu Sieve 瓊膠 (agarose) 以電泳方式區分片段大小及多型性，膠片 (gel) 以 Et-Br 染色，



典藏於美國密蘇里植物園標本館的台灣魔芋副模式標本(Isotype) (彭鏡毅 攝)。



台灣魔芋開花時具有惡臭，藉以吸引蒼蠅為其傳粉 (彭鏡毅 攝)。

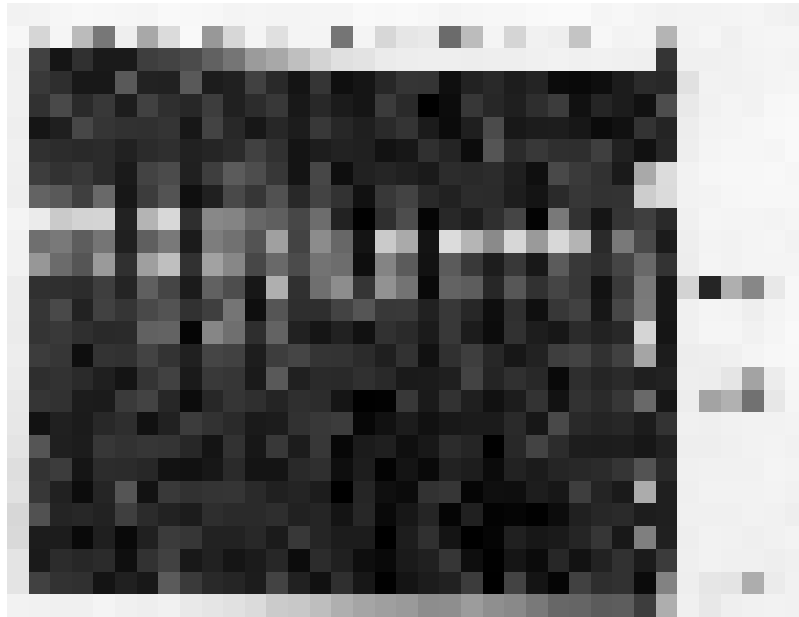
並在紫外光(UV)下顯色及照相。

研究結果意外的顯現了族群間極低的遺傳變異，以 PCR 為基礎的指紋技術中，除了

(GATA)₄ 沒有複製產物外(表示密毛魔芋沒有 (GATA)_n 這樣的重複DNA)，利用其餘引子以及 RAPD 的反應，如圖所示的DNA片段，個體內確實存在著不同的基因座，但在五個檢測的族群間卻未見任何遺傳變異，換言之，密毛魔芋受限於傳粉昆蟲所造成族群分化的假說並未被 DNA 指紋所支持，也就是在台南縣新化林場至恆春之大尖石山間直線距離約 150km 的地理差距中，並未形成任何已分化基因型的個體或族群。

對於蟲媒物種，這樣的低遺傳變異似乎是不平常的，但是從野外所觀察的兩種現象提出了可能的說明，其一、密毛魔芋有非常強的無性繁殖能力，本種在南部的果園常被果農視為雜草，但因其具大型而不易移除的地下塊莖，農民常以切除方式砍除地上部分，然被砍除部分的界面卻產生癒傷組織，並藉無性繁殖產生新的植株，也因此在新化附近的芒果園下，常可見到上百個個體的族群；其二、高雄大岡山地區居民常以密毛魔芋地上部分餵食豬隻，但果園與豬舍常不在一處，農民藉由打包運回豬舍，運送過程中常助長了本物種的傳播。

台灣本屬物種的起源亦說明了低遺傳變異的原因。密毛魔芋及台灣魔芋特產於台灣，主要分布於台灣南部，而現生與此二物種最近緣的東亞魔芋(根據共有的葉緣特徵及藍色果實，如上述)則主要分布於台灣北部，並向北延伸至日本及中國大陸，屬較偏溫帶生長的物



密毛魔芋族群 DNA 指紋技術，藉引子 $(GTG)_5$ 複製的片段。1-4. 台南縣新化；5-8. 高雄縣大崗山；9-12. 屏東縣墾丁大尖石山；13-15. 高雄市柴山；16-18. 高雄市壽山。

種，東亞魔芋與其他南部二種魔芋在生態上並無同域(sympatric)分布的情形，在這一個具單一共同起源的物種之中，較可能的演化假說是東亞魔芋代表可能的祖先型物種，演化過程中，其一邊緣族群逢機性地以建立者的方式成功的侵入了年平均溫較高的適應區間(adaptive zone)——台灣南部，因族群數量較小，原有少數的遺傳變異(事實上在這樣的族群遷徙時，其遺傳組成即因取樣錯誤，而逸出母族群的遺傳變異分布，產生種化現象)因遺傳漂變在極短的世代中即趨向同質，再加上非常強勢的無性繁殖能力，輔以近代人類活動助長其傳播，使得密毛魔芋一直藉著所謂無性複製的方式來進行，說明了族群間低遺傳變異的原因。另一方面，我們卻沒有足夠的證據以推翻傳粉昆蟲所造成的隔離效應假說，或許現存的隔離已漸漸形成，一如新化及大尖石山之間，但因種化後至今歷史時間太短(或低於一萬

年)，尙未有足夠時間累積遺傳上的變異。

五、結語

密毛魔芋這樣極端的例子——優勢的地區性族群卻存在極低的族群間變異，提供了保育工作者思考的空間，表面上，大而健全的族群，似乎暗示本種尙無需加以保育，但是從低的或零遺傳變異來看，卻顯現本種族群遺傳組成的危脆性。環境是多變的，尤其是在充滿了人為干擾及破壞的台灣低海拔地區，密毛魔芋的生態及演化的地位實際上是處於受威脅的狀況。換言之，或許在壽山公園我們可以看到五百株或上千株的密毛魔芋，但是在缺乏遺傳變異之下，我們擁有的僅僅是一個或上千個有效的遺傳族群數目(effective population size)? 答案是顯而易見的。對於特產台灣的密毛魔芋生育地給予適當的保護，使其不受干擾，是本文作者提出的保育策略建議。