

計畫編號：

杜鵑花屬植物遺傳多樣性調查  
太魯閣國家公園

研究主持人：國立台灣大學園藝學系教授兼系主任 徐源泰

內政部營建署太魯閣國家公園管理處  
中華民國九十五年十一月

## 目次

表次	.....	2
圖次	.....	3
摘要	.....	4
第壹章、緒論	.....	6
第貳章、材料與方法	.....	10
第參章、結果與討論	.....	14
一、樣品之採集	.....	14
二、土壤樣本測定	.....	18
三、玉山杜鵑親緣地理之分析	.....	18
第肆章、結論與建議	.....	20
第伍章、謝誌	.....	21
參考文獻	.....	22

## 表 次

表一	太魯閣國家公園內前人記載之杜鵑花屬植物品系及其特性.....	24
表二	合歡、奇萊山區所採樣本，共計 51 個樣品.....	29
表三	清水山區所採樣本，共計 4 個樣品.....	36
表四	於蓮花池至北合歡山區所採集之樣本.....	38
表五	於南湖大山所採集之樣本.....	41
表六	於海鼠山所採集之樣本.....	42
表七	親緣地理研究中所使用之玉山杜鵑樣本及其單套基因型分類.....	43
表八	玉山杜鵑之單套基因型、核苷酸歧異度以及中性假說檢定之結果.....	43

## 圖次

圖一	太魯閣國家公園分區圖.....	27
圖二	合歡以及奇萊山區之採樣地點.....	28
圖三	合歡北峰之台灣高山杜鵑.....	34
圖四	合歡山北峰之玉山杜鵑.....	34
圖五	小奇萊所採得之玉山杜鵑.....	35
圖六	合歡山東峰所之玉山杜鵑族群.....	35
圖七	砂卡礑林道著生杜鵑之生長區域.....	36
圖八	砂卡礑林到之著生杜鵑.....	37
圖九	大部分的著生杜鵑都著生於喬木之樹冠.....	37
圖十	碧綠區域之西施花.....	38
圖十一	大禹嶺步道採樣之區域圖.....	39
圖十二	金馬隧道附近所採得之紅毛杜鵑.....	39
圖十三	台十四甲北合歡山附近之台灣高山杜鵑族群.....	40
圖十四	蓮花池步道樣品採集區域圖.....	40
圖十五	於蓮花池附近之祖輪山所採得之埔里杜鵑.....	41
圖十六	南湖大山樣品採集區域圖.....	42
圖十七	玉山杜鵑其單套基因型之間之關係.....	44

## 摘要

### 關鍵字：杜鵑花屬、親緣地理、玉山杜鵑

本研究調查發現太魯閣國家公園區內族群最大之杜鵑花屬植物為玉山杜鵑，其分佈範圍最大且數量多，細葉杜鵑以及南湖杜鵑僅在南湖大山區域被觀察到，著生杜鵑僅生長於清水山區，此外金毛杜鵑、埔里杜鵑以及西施花雖然在區內存在，但其族群極小，紅毛杜鵑則多生長於台八線中橫公路以及大禹嶺部分，台灣高山杜鵑則和玉山杜鵑一樣生長於合歡山區與南湖山區。針對玉山杜鵑對其可能之遷移路線以及親緣地理進行分析，結果發現合歡主峰、合歡東峰有相同之單套基因型，代表其於過去曾進行交流，推測是在過去冰河時期，高山杜鵑往低海拔處遷移，因此造成其基因互相交流所造成。此外，太魯閣國家公園區內之玉山杜鵑，其遷移分佈可能是隨著冰河時期後的氣候回暖，由低海拔區域往山上遷移，因此在除了部分區域有共同的單套基因型之外，合歡山主峰、合歡北峰以及南湖大山區域皆有獨特之單套基因型存在。

本研究期望能藉由對區內杜鵑花屬資源之調查，以及對其親緣地理、遷移模式之研究，能提供太魯閣國家公園內部管理之相關基礎資訊，並可做為與過去調查之比較，藉以觀測區內杜鵑花屬植物之遷移變動情況，此外亦可於過去之基礎上，提供更多遺傳多樣性以及過去可能遷移路線之資訊，以補充擴增區內解說資料之內容，並可做為未來遺傳多樣性監測之基礎。

## Abstract

**Keywords:** *Rhododendron*, phylogeography, *R. pseudochrysanthum*

This study was divided into two parts. The first one was the investigation of species and distribution of *Rhododendron sp.* in Taroko National Park. The second part was analysis of the phylogeographical relationship between the populations of *R. pseudochrysanthum* which came from different areas of Taroko National Park. In this study, it's found that the biggest population of rhododendron in Taroko National Park was *R. pseudochrysanthum*. *R. noriakianumi* and *R. hyperythrum* were only observed in the region of Nanhu Mt., and *R. kawakamii* was just found at Chingshui Mt. Nevertheless, all of them had large population in the regions where they grew. *R. oldhamii*, *R. breviperulatum* and *R. ellipticum* were also found in Taroko National Park, but their populations were very small. Furthermore, *R. rubropilosum* grew in Tayuling and Su-Hua Highway areas, and both *R. rubropilosum* var. *taiwanalpinum* and *R. pseudochrysanthum* were at Hohuan Mt. and Nanhu Mt.

In the second part, the noncoding region sequences of cpDNA were used to conduct the phylogeographical study of *R. pseudochrysanthum*. It's found that *R. pseudochrysanthum* at Hohuan Mt. and Hohuan E peak had the same haplotype. The result might be caused by the gene flow between these two regions. Moreover, there were also several specific haplotypes discovered to be in Hohuan Mt., Hohuan N peak and Nanhu Mt.

## 壹、緒論

杜鵑花屬 (*Rhododendron*) 為杜鵑花科 (*Ericaceae*) 植物，本屬全球約有 900 種，主要分佈於北半球寒帶及溫帶，台灣本島則有約 15 種原生種，包括南澳杜鵑 (埔里杜鵑) (*R. breviperulatum* Hayata)、西施花 (*R. ellipticum* Maxim.)、台灣杜鵑 (*R. formosanum* Hemsl.)、南湖杜鵑 (*R. hyperythrum* Hay.)、烏來杜鵑 (*R. kanehirai* Wilson)、著生杜鵑 (*R. kawakamii* Hayata)、守城滿山紅 (*R. mariesii* Hemsl. & Wilson)、細葉杜鵑 (*R. noriakianumi* T.Suzuki)、金毛杜鵑 (*R. oldhamii* Maxim.)、馬銀花 (*R. ovatum* Planch)、長卵葉馬銀花 (*R. ovatum* Planch var. *lamprophyllum* (Hayata) Y.C.Liu, F.Y.Lu, & C.H.Ou)、玉山杜鵑 (*R. pseudochrysanthum* Hay.)、紅毛杜鵑 (*R. rubropilosum* Hayata)、台灣高山杜鵑 (*R. rubropilosum* Hay. var. *taiwanalpinum* (Ohwi) S.Y.Lu, Y.P.Yang & Y.H.Tseng)、唐杜鵑 (*R. simsii* Planch)，其中 11 種為台灣特有種。根據 1984 年所進行的「太魯閣國家公園植物生態資源調查報告」中指出，太魯閣國家公園園區內有南澳杜鵑 (已併到埔里杜鵑)、西施花、台灣杜鵑、南湖杜鵑、著生杜鵑、細葉杜鵑、金毛杜鵑、玉山杜鵑 (包括森氏杜鵑)、紅毛杜鵑與台灣高山杜鵑等十種原生杜鵑，除西施花外，其餘九種皆為台灣特有種 (表一)。

過去有眾多學者已對台灣原生種杜鵑屬進行分子標誌的建立，黃與徐 (2001) 曾以葉綠體 DNA 之 *trnF-trnL* 基因間區間 (intergenic spacer region) 對八種杜鵑進行序列分析，而高雄區農業改良場亦以核糖體核酸 (ribosomal DNA, rDNA) 內轉錄間隔區 (internal transcribed spacer, ITS) 之序列對 19 種台灣原生杜鵑進行分析，將 19 種杜鵑分成 6 群。而此兩者研究中皆認為森氏杜鵑與玉山杜鵑應為同一品系，而 2005 年所進行的「太魯閣國家公園杜鵑花屬植物小分子熱休克蛋白與其地理分佈之研究」發現此兩者所採得樣本之海拔高度仍有差異，森氏杜鵑所採得之海拔高度皆低於 3000 公尺以下，而玉山杜鵑之採集點則皆高於 3000 公尺，雖然隨後所進行的 cytosolic class I small heat-shock protein (cytosolic class I sHSP) 分析發現兩者序列相似，但仍需更多的證據輔以佐證。

過去已有諸多學者對太魯閣國家公園區內植被進行研究，因此本試驗將以前人之研究作為基礎，對太魯閣國家公園區內之杜鵑花屬植物進行調查；再者杜鵑花是著名的觀賞花卉，台灣原生之杜鵑花卉如烏來杜鵑、金毛杜鵑、唐杜鵑、埔里杜鵑、西施花及馬銀花等顏色鮮豔、花型大且環境適應性及抗病蟲害的能力方

面皆比園藝栽培品種佳，若能藉由此研究之調查結果，將原生種杜鵑花引入環境維護與美化中，在管理上可降低維護的成本，在生態上可以保存台灣本土的生物資源，因此相當值得推行。

近年來為達成《生物多樣性公約》的目標，生態系作法成為最被大力推行之實際措施，其目的是以公平合理的方式保育並可持續的使用資源，並將適當的科學方法運用在各個層級的生物組織。而生態系作法的整理運用原則認為在認識生態系作法潛在好處的同時，必須要由經濟層面認識生態系，因此本研究希望在做基礎杜鵑花屬植物普查的同時，亦能結合過去一年所作之研究結果，評估太魯閣國家公園區內的杜鵑花屬植物其是否可做為區內指標作物，以此訂定適合太魯閣國家公園內經營管理之策略，並可作為將原生種杜鵑花引入環境維護與美化中的推行根據。

## 一、研究緣起及重要性

太魯閣國家公園地處台灣東部，全區海拔落差達三千七百餘公尺，除海岸林、沙灘及濱海之離島植被以外，統括了台灣全島各垂直植被帶之分布，可說是台灣東部最重要的生物資源保育區。區內含有數種台灣特有之植物與孑遺植物，杜鵑花屬 (Rhododendron) 即為其中一種重要的特有生物，台灣本島總計有 16 種原生杜鵑，11 種為台灣特有種，不同之品種所生長之海拔高度與生長環境皆有所差異，由海拔 400 公尺的闊葉林區至 3000 公尺以上之高山區皆有其分佈其中；除此之外，其尚有耐陰性、半耐陰性與陽性之分。

根據前一年度所進行的「太魯閣國家公園杜鵑花屬植物小分子熱休克蛋白與其地理分佈之研究」發現，杜鵑屬植物中的細胞質第一型小分子熱休克蛋白 (cytosolic class I small heat shock protein) 與其生長海拔高度具有相關性；由於前一年度之採樣地點集中於南湖中央尖區與合歡山區，本年度則針對太魯閣國家公園全區之杜鵑花屬植物進行調查，以確認其遺傳多樣性與其環境之關係，並將評估其成為區內指標性植物之可能性。本年度之工作並將延伸進行太魯閣國家公園全區代表性杜鵑花分布之調查，及製作蠟葉典藏標本與保育解說資料。物種與遺傳多樣性資源，厥為國家公園之重要資產。為求有效之規劃及經營管理之實務需求，對國家公園於園區內所有之遺傳多樣性的了解，是為極重要工作項目。伴隨生物科技之發展，結合分子標誌、分子分類等新方法，與古典形態分類之結合，已被

多數先進國家之國家公園管理單位所採用並證實其優異之成果；不但可了解過往未知的物種與遺傳多樣性，且可同時解釋演化分佈之緣由，甚至可進一步預測變遷。故此，本年度之研究成果，兼具本土植物遺傳多樣性之探討、新分子生物研發技術之引入、並顧及國家公園教育解說與經營管理之需求。

## 二、研究方法及過程

本研究針對太魯閣國家公園區內進行杜鵑花屬植物之調查，將其分為五區進行樣品之採集，分別為南湖中央尖區、合歡奇萊山區、蓮花池步道以及梅園-竹村步道、清水山區、台八線中橫公路，總計採得樣本有玉山杜鵑、紅毛杜鵑、台灣高山杜鵑、金毛杜鵑、著生杜鵑、埔里杜鵑、細葉杜鵑、南湖杜鵑以及西施花九種，分別記錄採樣地點附近之主要植被、測定土壤酸鹼值，並對其環境做一概述。此外由於玉山杜鵑之分布範圍最廣，因此針對太魯閣國家公園區內玉山杜鵑進行親緣地理學之研究。

## 三、重要發現

調查結果發現太魯閣國家公園區內族群最大之杜鵑花屬植物為玉山杜鵑，其分佈範圍最大且數量多，細葉杜鵑以及南湖杜鵑僅在南湖大山區域被觀察到，著生杜鵑僅生長於清水山區，此外金毛杜鵑、埔里杜鵑以及西施花雖然在區內存在，但其族群極小，紅毛杜鵑則多生長於台八線中橫公路以及大禹嶺部分，台灣高山杜鵑則和玉山杜鵑一樣生長於合歡山區與南湖山區。針對玉山杜鵑對其可能之遷移路線以及親緣地理進行分析，結果發現合歡主峰、合歡東峰、合歡北峰有相同之單套基因型，代表其於過去曾進行交流，推測是在過去冰河時期，高山杜鵑往低海拔處遷移，因此造成其基因互相交流所造成。此外，太魯閣國家公園區內之玉山杜鵑，其遷移分佈可能是隨著冰河時期後的氣候回暖，由低海拔區域往山上遷移，因此在合歡山主峰、合歡北峰以及南湖大山區域皆有獨特之單套基因型。

## 四、主要建議事項

本研究之顯著性和建議如下：

1. 本研究之採樣結果可充實太魯閣國家公園內杜鵑花屬植物之分布紀錄，並且與過去區內枝杜鵑花屬植物紀錄作一更新或比對，藉此觀測區內之杜鵑花屬植物之遷移以及數量之變化，作為其。
2. 由此研究可發現，太魯閣國家公園區內之玉山杜鵑之遷移路線可能為山下遷移之山上，其造成之主因推測為最後一次冰河時期杜鵑花屬植物往山下遷移，待氣候逐漸回暖之後其又往山上移動所造成。本研究所使用之葉綠體 DNA 區域為 *trnL-trnF* intergenic spacer、*trnL* intron 以及 *aptB-rbcL* intergenic spacer，其中以 *aptB-rbcL* intergenic spacer 具有較多之遺傳資訊可供為杜鵑花屬植物之變遷研究，再此也建議以此區域做為區內杜鵑花屬植物變遷之紀錄指標。
3. 台灣杜鵑花屬植物之原生種為 16 種，根據本次調查發現太魯閣國家公園具有至少 9 種之原生種，其杜鵑花屬植物資源相當豐富，本研究除了提供現有杜鵑花屬植物之分佈，亦希望可供作未來區內杜鵑花屬植物遷移之對照，以作為未來全球氣候變化所造成之植物遷移之監控指標。

## 第貳章、材料與方法

### (一) 植物調查

#### 1. 植物採集與紀錄

太魯閣國家公園共可分為南湖中央尖區、合歡山區、奇萊山區、立霧溪北區、立霧溪南區、三棧溪區與清水山區，共計八區（圖一）。而本研究將根據前人之紀錄，對太魯閣國家公園區內進行野生杜鵑花屬植物之調查，並採集葉片之標本以供後續蠟葉標本的製作。本研究中杜鵑花屬植物之採集規畫路線如下：

##### (1) 南湖中央尖區

根據 1984 年之「太魯閣國家公園植物生態資源調查報告」可知在南湖大山區域有南湖杜鵑與玉山杜鵑與玉山圓柏共組社會，且根據熟知太魯閣國家公園植被分布之專家敘述，於南湖大山枝登山口附近亦有細葉杜鵑、台灣高山杜鵑存在，因此將針對南湖大山及其圈谷部份進行杜鵑花屬植物之分布調查。

##### (2) 蓮花池步道、梅園-竹村步道

根據記載，由天祥至蓮花池區域有西施花以及埔里杜鵑（南澳杜鵑）存在，因此本研究也將以蓮花池步道以及梅園-竹村步道做為樣區進行杜鵑花屬植物之調查。

##### (3) 清水山區

根據前人記載，此區亦有南湖杜鵑之分布，且專家敘述此區亦有台灣杜鵑之分布，其為數眾多且已成林，除此之外尚有埔里杜鵑之分布，並據稱此區有着生杜鵑存在，故將此區列為樣區之一，以進行調查。

##### (4) 台八線中橫公路

中橫公路橫切太魯閣國家公園區內，其中由太魯閣至天祥部分因受到較多人為之干擾，因此野生分佈之杜鵑花屬植物較少，故本研究將著重於石門山至天祥部分之調查，根據前一年度之調查發現中橫公路上分布紅毛杜鵑與西施花，因此本研究將沿石門山至天祥部分之中橫公路進行調查。

##### (5) 合歡山-奇萊山區

根據去年度在石門山附近進行調查，由合歡山至奇萊山區域有玉山杜鵑（森氏杜鵑）之蹤跡，將於此次調查中再進行數量上的調查。

## 2. 環境因子之觀測與評估

本研究針對下列環境因子加以直接觀測或以間接方式評估：

### (1) 海拔高 (altitude, Alt.)

海拔高度係以全球衛星定位系統 (GPS) 及氣壓高度計測定，並記錄座標值，比對大比例尺之地形圖，以標定樣區在圖面之位置及高度，以供太魯閣國家公園內物種資料庫之建立。

### (2) 坡度 (slope, Slo.)

以羅盤儀測出樣區所在之仰角或俯角，若林分樣區為傾斜率不均一的生育地，則取多次測值的平均。

### (3) 地理位置描述

有些環境特徵無法以一定的標準模式來測定，例如樣區周圍是否有公路出現，或是樣區所在的地理位置等特徵，例如樣區可能是位在山頂、稜脊、上坡、中坡、下坡或谷底等特殊位置，以上述的標準測定值輔以整體環境的描述，才能完整的表現出樣區所在基礎地理環境的差異性。

### (4) pH 值測定

使用簡易手持式 pH meter 測定採樣地點之土壤 pH 值，以作為採樣地點之基礎資料。

## (三) 蠟葉標本製作

1. 先在一張瓦楞紙上鋪上一至二張吸水紙（或其它吸水性佳的紙張如報紙等），再將標本台紙置於吸水紙上。再來，便可以將植物自清水中取出，直接在標本台紙上展開。
2. 在葉片上覆蓋一層紗布，並於紗布上鋪上一至二張吸水紙，以免日後葉片黏附在吸水紙上。
3. 承上項的手法，將展開完全的標本依序疊起，依序將瓦楞紙、吸水紙、附上標本的標本台紙、紗布、吸水紙疊上，一疊可製作約十至十五份標本。最後，在每疊標本之上再壓上一重物，以確實將標本壓實、壓平，並放置於室內通風處，於室溫下自然乾燥。
4. 進行編碼及標本標籤之製作，並貼上編號與標本標籤。標本標籤必須至少包括採集的人、物、時、地的記錄。

#### (四) 合歡奇萊山區以及南湖山區之玉山杜鵑親緣關係之確認

由於合歡奇萊山區以及南湖山區皆有玉山杜鵑之蹤跡，因此本試驗中以葉綠體 DNA 上之 *trnL-trnF* intergenic spacer, *trnL* intron 以及 *atpB-rbcL* 區域對合歡奇萊山區以及南湖山區的玉山杜鵑進行試驗，以觀測其親緣關係，並推測其可能的遷移路線。

##### 1. 樣品 DNA 抽取方法

稱取檢體 5 g，加入去離子水 100  $\mu$ L 並置於 65°C 保溫 1 hr，續加入 CTAB 緩衝液 10 mL，於 65°C 反應 30 min，之後以 16000 g 離心 10 min，取上層液，並加入氯仿 4 mL，振盪混合 30 sec，再以 12000 g 離心 10 min，續取上層液，加入二倍體積之 CTAB 沉澱溶液，置於室溫反應 60 min，於 14500 g 離心 10 min，再去除上層液，並加入 1.2 M NaCl 溶液 3.5 mL 及相同體積氯仿，振盪混合 30 sec，再於 12000 g 離心 10 min，取上層液加入 0.6 倍體積異丙醇，並靜置 30 min 以沉澱 DNA，再置於 15000 g 離心 30 min，棄上層液，加入酒精 (70%, v/v) 500  $\mu$ L 清洗，再以 15000 g 離心 10 min，棄上層液，沉澱之 DNA 以去離子水溶解。

##### 2. 聚合酵素鏈鎖反應 (PCR)

本研究中所使用之引子及其聚合酶鏈鎖反應條件如下：

*trnL* intron 與 *trnL-trnF* intergenic spacer (Pierre *et al.*, 1991)

B49317 (5'-CGAAATCGGTAGACGCTACG-3')

A50272 (5'-ATTTGAACTGGTGACACGAG-3')

94 3 分鐘；94 0 秒，53 20 秒，72 1 分鐘，35 個循環；72 10 分鐘

*atpB-rbcL* intergenic spacer (Chiang *et al.*, 1998)

*atpB-1* (5'-ACATCKARTACKGGACC-3')

*rbcL-1* (5'-AACACCAGCTTTRAATCCAA-3')

94 3 分鐘；94 0 秒，49 20 秒，72 1 分鐘，35 個循環；72 10 分鐘

#### (五) 資料分析

##### 1. 遺傳變異分析

###### (1) 核苷酸歧異度 ( $\pi$ , Nucleotide diversity)

核苷酸歧異度為對偶子序列中被觀察到的核苷酸差異的平均數，可用於推估族群內的遺傳變異。其所顯示的是族群中不同個體間序列之差異，與基因型的數

量無關。

## (2) 單套基因型歧異度 (Hd, Haplotype diversity)

Hd 代表的是不同等位基因的數量及頻率，不受其序列上的變異影響。

## 2. 中性假說檢定 (Neutral hypothesis test)

中性假說檢定之理論基礎為遺傳變異存在族群與否只受隨機的基因漂變 (genetic drift) 影響，而不受天擇 (selection) 和族群大小 (demography) 變動等因素的影響，此處所使用的方法為 Fu&Li (1993) 的  $D^*$  test 以及  $F^*$  test，與 Tajima (1989) 的  $D$  test。此處之  $D^*$  test、 $F^*$  test 與  $D$  test 皆是以 DnaSP4.0 之軟體進行計算。

## 3. 遺傳譜系分析

定序後之序列經由和基因庫的資料進行排列比對後，遺傳譜系樹狀圖利用 PHYLIP program (<http://bioweb.pasteur.fr/seqanal/phylogeny/phylip-uk.html>) 分析，樹狀圖所依據的 algorithms 為 neighbor joining。此外，另以 TCS 基因譜系分析 (Clement *et al.*, 2000) 進行分析，TCS 根據 DNA 的序列變異，分析族群中不同基因型的親緣關係，並利用單套型出現機率和每一變異步驟運算，再回溯基因型的共同祖先。

## 第參章、結果與討論

### 一、樣品之採集

本研究針對合歡、奇萊山區、清水山區、台八線中橫公路、蓮花池步道以及南湖大山進行杜鵑的調查，調查結果如下：

#### 1. 合歡、奇萊山區

採集區域包括了合歡主峰、合歡山北峰、小奇萊步道、石門山北峰、合歡山東峰(圖二)。此區域所採得之樣品多為玉山杜鵑，僅有在合歡山北峰部分有台灣高山杜鵑的蹤跡(表二)。若以生長區域附近的植被觀察，可發現台灣高山杜鵑與箭竹林聚生，而玉山杜鵑多生長於冷杉林旁或和箭竹林、玉山圓柏聚生。

將樣本採集區域分為合歡山北峰(北合歡山)、合歡主峰、小奇萊以及合歡山東峰來敘述。

##### (1) 合歡山北峰

合歡山北峰共有兩條步道，分別為南登山步道以及東登山步道，其中南登山步道沿山稜線延伸，而東登山步道則在山腰。此次樣品採集先沿南登山步道往山頂前進，從南登山步道的登山口開始即有台灣高山杜鵑之族群(圖三)，由海拔 2980 公尺至 3070 公尺處其分佈都相當豐富，過了 3070 公尺之後至 3120 公尺的分佈則逐漸減少，至 3140 公尺則是步道旁杜鵑花屬植物分佈的最高點，雖然 3200 公尺之後可觀察到合歡北峰的南面仍有零星台灣高山杜鵑的分佈，但因距離步道過遠，無法進行樣本採集。

至山頂之後，於山頂的東北方有大量玉山杜鵑族群(圖四)的出現，其分佈廣泛且花色由白色至紅色皆有，沿著東登山步道向山下走，約於海拔 3245 公尺處又可發現台灣高山杜鵑之族群，且族群豐富，一直延伸至東登山口都有其族群存在。

##### (2) 合歡主峰

合歡山主峰的登山步道旁雖然有玉山杜鵑的分佈，但其皆為零星分佈，僅有在戰備道旁有中等族群的出現，至主峰山頂時可發現其南北兩側的山坡皆有大量的玉山杜鵑族群出現，但其分佈範圍並不廣闊，僅在山頂之方圓 500 公尺之內。

##### (3) 小奇萊

由合歡山莊至松雪樓附近並無大量杜鵑屬植物族群的出現，僅有在松雪樓附近的草坡中有零星的玉山杜鵑(森氏杜鵑)(圖五)，在奇萊山登山口開始有冷杉林出現，而冷杉林中有一區有經過火燒痕跡的開闊地，此開闊地有數株玉山杜鵑(森氏杜鵑)，但過了開闊地在進入冷杉林之後又無杜鵑屬植物的蹤跡，過了冷杉林為

一片箭竹林，箭竹林中有零星的玉山杜鵑（森氏杜鵑），但為數不多，但過了海拔 3165 公尺之後則為純箭竹林，無杜鵑屬植物出現。

#### (4) 合歡山東峰

先由松雪樓往合歡東峰前進，但此步道中皆無觀察到杜鵑花屬植物存在，但至東峰前鞍部時即出現大量的玉山杜鵑族群（圖六），且由鞍部一直延伸到東峰山頂，至東峰的北登山道才逐漸減少，而北登山道的玉山杜鵑族群分佈為中等，至登山口附近才蹤跡才消失。

若以採集樣本的海拔高度分佈以及區域觀察，台灣高山杜鵑主要分布在合歡山北峰，由南登山口開始海拔高度約為 2980 公尺左右，其分佈由山稜線往上延伸到 3140 公尺，海拔落差約為 200 公尺，之後多為玉山杜鵑分佈，但在東登山口，海拔高度約為 3200 至 3300 公尺處又開始有大量的台灣高山杜鵑族群出現；森氏杜鵑多位於小奇萊步道，海拔分佈由 3033 至 3165 公尺，總計落差約為 150 公尺，皆為零星生長；玉山杜鵑於此區域分佈較廣，由合歡山北峰、合歡山主峰、石門山北峰附近一直延伸到合歡山東峰，皆有其蹤跡存在，其中分佈的最低點在於小奇萊步道，其海拔高度約為 3070 公尺，最高點為合歡山東峰前鞍部，高度為 3418 公尺，總分佈海拔高度差約為 350 公尺，其族群大小在合歡主峰多為零星分佈，僅有山頂有大族群出現，於合歡山北峰部分則是族群分佈廣大，且其花色由白色至紅色皆有。在小奇萊步道則只有步道口附近，海拔高度為 3070 公尺處有兩株玉山杜鵑（森氏杜鵑）生長於箭竹林旁。合歡山東峰之東登山道 3100 至 3400 公尺處皆無杜鵑出現，但 3400 公尺後開始有大量的玉山杜鵑分佈，尤其東峰的前鞍部分佈更是密集，直到北登山道其分佈才逐漸減少，至北登山道海拔 3238 公尺以下則無玉山杜鵑之蹤跡。

此區域的海拔高度大多高於 2800 公尺，根據記載可知生長於如此高海拔的杜鵑品系有玉山杜鵑（森氏杜鵑）、南湖杜鵑、紅毛杜鵑以及台灣高山杜鵑，但此次調查中並無發現南湖杜鵑以及紅毛杜鵑，僅有玉山杜鵑（森氏杜鵑）以及台灣高山杜鵑的存在。

## 2. 清水山區

由大禮沿砂卡礑林道到達大同之後，先於大同附近進行觀察，但此區域無杜鵑花屬植物之存在，因此再繼續沿砂卡礑林道往清水山之登山口前進（圖七），但

大同之後的砂卡礑林道許多區域皆有崩塌情形，所以只能以開道之方式前進。沿著原本的林道前進約 6 公里後，即看到數株著生杜鵑 (表三，圖八)，但因大部分的著生杜鵑皆著生於喬木的樹冠 (圖九)，無法徒手採得，唯有四株著生杜鵑因其所著生的樹木倒塌或著生高度較低故可採得，但經過觀察之後發現此區著生杜鵑的分佈相當豐富，且根據當地居民之說法，此區著生杜鵑之分佈可能從一直延伸到清水山登山口附近。此次採集的所有樣品皆是在清水山林道八區所採得，所在海拔高度約為 1360 公尺，附近的植被為闊葉林，此區之方位無法以 GPS 進行定位，只能以地圖大概判定。根據大禮、大同當地居民之敘述，可確認清水山區尚有玉山杜鵑存在，至於台灣杜鵑以及埔里杜鵑之分佈於此次樣品採集的過程中並無觀察到，可能須要更深入清水山山區才得以觀測。

### 3. 台八線中橫公路

中橫公路的太魯閣至天祥路段因遊客較多，已無原生杜鵑花的出現，因此本次的調查主要集中在天祥到合歡山區路段，此路線分為兩次進行樣本的採集，第一次由中橫 1800 到合歡山區，第二次則由蓮花池至北合歡山的登山口附近。

第一次採樣發現，於慈恩派出所之前中橫 1800 開始有西施花分佈，由中橫 1800 至慈恩派出所附近皆是每隔幾公尺即出現一兩株西施花 (圖十) 的零星分佈，直到碧綠神木附近才有較大族群的出現，其分佈密度約為中等，而過了碧綠之後則鮮少有杜鵑花的出現，此次採樣之西施花分佈最高處約為 2196 公尺，其位於碧綠的產業道路旁，總海拔分佈的落差約為 400 公尺，整體的數量並不多，並無大族群的存在。過了碧綠之後鮮少有杜鵑花蹤跡，之後轉入台 14 甲，於石門山附近開始有杜鵑花出現，在石門山頂以及石門山北峰山坡上有大量的玉山杜鵑族群，其附近的植被多為箭竹林，且生長區域為碎石坡，其中石門山頂之玉山杜鵑因生長氣候惡劣之關係，其葉片較為稀少且小，其生長情況較石門山北峰差。

第二次採樣則是由天祥到北合歡山登山口，採集所得之樣本如表四，天祥到金馬隧道前之情況如第一次採樣之結果，僅有西施花的零星分佈，由於去年度在金馬隧道前，約 2340 左右的休息區發現有埔里杜鵑以及紅毛杜鵑的蹤跡，因此今年度再進行調查，在此區域採集到埔里杜鵑以及紅毛杜鵑之樣本，但其族群相當少，只有不到十株在二葉松林下零星分佈；而後至台八線以及台 14 甲交界 (大禹嶺步道) (圖十一)，可發現在登山口附近有紅毛杜鵑，其分佈密度為中等，但由大禹嶺步道往前進，約在西入口的 480 公尺與 780 公尺處可發現紅毛杜鵑的蹤影，

480 公尺處的族群較小，約 3 至 5 株聚生，780 公尺處則約有二十株左右分佈於芒草叢中。之後繼續沿台 14 甲往北合歡山前進，約在北合歡山之登山口前 500 公尺至小風口之間，有台灣高山杜鵑廣佈（圖十三），其族群分佈豐富，附近的植被多為箭竹林並摻雜部分冷杉。

將台八線中橫公路天祥至合歡山路段分為三段觀察，可發現在天祥至金馬隧道多為西施花以及埔里杜鵑分佈，金馬隧道至大禹嶺則多為紅毛杜鵑，大禹嶺至合歡山區除了北合歡山登山口為台灣高山杜鵑的族群之外，其他大多為玉山杜鵑之族群，且族群分佈相當豐富。

#### 4. 蓮花池步道（圖十四）

蓮花池步道旁並無杜鵑生長在步道旁，經過調查發現有數株埔里杜鵑生長在非步道區域，須向上往森林區域前進才有埔里杜鵑的出現，因此沿蓮花池步道前進抵達蓮池山莊之後，又轉入蓮池山莊旁至祖輪山的步道，並在祖輪山之山稜線上採集到埔里杜鵑，但此區的埔里杜鵑僅有兩三株存在，族群相當小，多生長在闊葉林之下，與芒草混生。過去曾有人於梅園-竹村以及蓮花池步道看到西施花以及埔里杜鵑，但在本次蓮花池步道的樣本採集中只觀測到埔里杜鵑的存在，並無西施花的蹤跡，因此推測其可能出現在梅園-竹村步道附近，抑或本次樣本採集時此區西施花之花季已過，造成其存在不易被觀測。

#### 5. 南湖大山

從南湖大山之登山口進入之後，於多加屯山附近首先觀察到一片細葉杜鵑，其族群大小約為 30-40 株左右，週圍為松林、高山芝的環境，持續往前仍是大規模的細葉杜鵑族群，約數百株，遍佈整個木杆鞍部，在其東南坡觀察到 10 數株台灣高山杜鵑。過了雲稜山莊之後，於審馬陣山區域先觀察到一片玉山杜鵑，其附近之植被則是以以鐵杉林為主。接近審馬陣山莊時有數百株的台灣高山杜鵑生長；此外，亦有南湖杜鵑混生其中，其環境為刺柏、高山芝、草生地為主，間雜冷杉群落。

南湖北山部份之杜鵑花屬植物則是以南湖杜鵑為主，其數量相當龐大，約有數千株遍佈其山頭，一直到南湖大山北峰仍有數百株南湖杜鵑分佈，四周植被為玉山箭竹，間雜玉山圓柏。到達南湖大山其杜鵑花屬植物則以玉山杜鵑為主，族群大小約為數千株，其臨近之植被則是以玉山圓柏為主。

## 二、土壤樣本測定

針對樣本 15 至 49 進行其生長土壤之酸鹼值測定，因為樣本 1-14 所採集之地點多為碎石坡，難以進行土壤之採樣，而 50 號之後之樣本其土壤樣本缺失，因此無法進行測定，但根據樣本 15-49 之酸鹼值測定結果，發現其生長區域皆為酸性土壤，僅有餘石門山北峰所採集之樣本 33-35 其生長區域之 pH 值為 7 左右，其造成的可能原因為此區域採樣時，所採集之土壤樣本較為表面，故造成土壤樣本檢測上之誤失。

## 三、玉山杜鵑親緣地理之分析

本試驗於合歡奇萊山區以及南湖大山山區皆採得玉山杜鵑之樣本，並將此些樣本以 Pierre *et al.* (1991) 以及 Chiang *et al.* (1998) 所設計之萬用引子 (universal primer) 對葉綠體 DNA 上之 *trnL-trnF* intergenic spacer、*trnL* intron 和 *aptB-rbcL* 進行聚合酶鏈鎖反應 (PCR)，並將其定序以分析。針對葉綠體 DNA 上之不同區域分析其單套基因型之歧異度 (haplotype diversity, Hd)，發現以 *aptB-rbcL* 具有最高之歧異度，*trnL-trnF* intergenic spacer 之 Hd 值為 0.095，*trnL* intron 為 0.414，若綜合此二區域，則其 Hd 值仍只達 0.485；以 *aptB-rbcL* 分析則發現，其 Hd 值為 0.797，約為 *trnL* intron 之兩倍，將其和 *trnL-trnF* intergenic spacer、*trnL* intron 兩區綜合分析，則可知其 Hd 值高達 0.942。除此之外，綜合不同區域進行分析可以得到較多的單套基因型 (haplotype)，可減少以單一區域得到資訊不足的情況。

若以核苷酸歧異度 (nucleotide diversity,  $\pi$ ) 分析，不同區域所得之歧異度分別由 0.0002-0.0113，若和蔣 (2004) 對玉山國家公園內之玉山杜鵑比較，則發現其普遍都較低。以中性假說檢定 (neutral hypothesis test) 對三個區域之綜合序列分析，所得之  $D^*$ 、 $F^*$  以及  $D$  值皆呈現顯著負值，即偏離中性假說之情況，此代表葉綠體部份之突變性為受到抑制的情形，故太魯閣國家公園內之玉山杜鵑族群可能於近代受到瓶頸效應之影響，因而造成其單套基因形歧異度與核苷酸歧異度皆低，且偏離中性假說檢定的情形。

太魯閣國家公園於民國八十九年曾委託進行南湖圈谷冰河遺跡之調查，結果發現南湖圈谷部分有過去冰河時期之遺跡 (王, 2000)，第四紀 (Quaternary) 冰河時期對全球之動植物分佈以及物種之間的演化造成重大的影響，其大約開始於 240 萬年前，並在 70 萬年前進入冰河期以及間冰期的反覆循環，其循環為持續十萬年的乾冷冰河期後，接著進入一至兩萬年較溫暖潮濕的間冰期 (Comes & Kadereit,

1998)，隨著氣候的變化，植物的分佈也不斷的擴張或退縮。在冰河期時，北方的植物會向南遷移，高山植物則會向低海拔處遷移；對玉山杜鵑支單套基因型進行其分佈區域的分析，結果發現單套基因型第二型存在於合歡山主峰及東峰，其代表過去此區域之杜鵑曾經有互相交流的機會，因此推估應該是於第四紀冰河期時，玉山杜鵑皆往低海拔處進行遷移，其相互之間進行基因上之交流。此外，以 TCS 基因譜系分析，發現單套基因型第二型即為祖先型，其它之單套基因型多為此基因型演化而來，但在合歡北峰、小奇萊以及南湖大山區域皆有其單獨存在的祖先型，由此可知太魯閣國家公園區內之玉山杜鵑具有多樣性。

以遺傳標誌可對族群內之組成結構進行分析研究，而了解單一物種之族群組成結構亦有助於其多樣性之管理，以及其相關管理政策之制訂，此外將遺傳結構與其生長環境與臨近生態調查結合，對未來全球氣候變化問題可有更多依據來對遺傳資源進行保護。由於太魯閣國家公園區內具有豐富的杜鵑花屬植物資源，藉此研究可對區內重要杜鵑遺傳資源有更多了解，也希望可作為未來區內杜鵑花屬植物之監測依據，以保護此重要資源。

## 第肆章、結論與建議

綜合上述研究結果可知，太魯閣國家公園區內之杜鵑種類包括了玉山杜鵑、紅毛杜鵑、台灣高山杜鵑、南湖杜鵑、細葉杜鵑、著生杜鵑、金毛杜鵑、西施花以及埔里杜鵑等九種台灣原生種杜鵑，相較於 1984 年所進行的「太魯閣國家公園植物生態資源調查報告」(表一)，其杜鵑花屬植物之品系少了台灣杜鵑一項。若以不同採樣區域來看，合歡、奇萊山區主要之杜鵑品系為玉山杜鵑，另外還摻雜了部份的台灣高山杜鵑；清水山區則主要為著生杜鵑，雖然過去有文獻記載清水山區有大區域成林的台灣杜鵑，但因此次調查時清水山區之林道崩塌，無法進行深入之調查，因而只觀察到著生杜鵑；台八線中橫公路可能為太魯閣國家公園區受到最多人為干擾之區域，並無大族群之杜鵑花屬植物，僅有零星幾株的埔里杜鵑、紅毛杜鵑以及西施花，其轉入台十四甲之後才有較大規模的紅毛杜鵑與台灣高山杜鵑的出現；蓮花池步道、海鼠山等區域之杜鵑花屬植物數量及種類皆不多，主要是埔里杜鵑以及金毛杜鵑；而南湖大山部份其杜鵑花屬植物之種類相當多，此次調查中發現其包括了南湖杜鵑、台灣高山杜鵑、玉山杜鵑、細葉杜鵑等四種台灣原生種杜鵑，其數量以及種類皆為本次調查的五個區域之首，若以整體觀之，由於南湖大山海拔多高於 3000 公尺以上，埔里杜鵑、西施花以及金毛杜鵑等生長於較低海拔之杜鵑原本就不適於生長，因此若以適於生長在高山上之杜鵑花屬植物分析，南湖大山區域幾乎包含了所有適於生長於高山上之杜鵑花屬植物，因此南湖大山區域可能是高山杜鵑之生長熱點 (hotspot)，但由於南湖大山區域道路難行，所受到之人為干擾較少，故僅需定期對族群之數量與種類進行監控即可。此外，太魯閣國家公園內之玉山杜鵑分佈廣泛，且不同區域之間皆有其遺傳之獨特性，合歡山與奇萊山區域雖然其海拔高，但其旁邊為已開發之產業道路，受到之人為因子干擾機會遠比南湖大山區域頻繁，因此針對此區域較需要進行管理，以保持其原棲地與穩定其族群數量，並建議每隔一段時間即須對其進行遺傳多樣性之檢測，以確認其遺傳多樣性之保存。

生物多樣性以及其永續之經營與管理已成為公眾關心的重要議題，尤其是近年來基因改造生物崛起以及因國際貿易往來造成外來種盛行，此些因素皆會造成既有之生物資源的生存空間受到擠壓，亦或被其他物種、品系取而代之，造成生物多樣性之減少。此外，各國近來紛紛對傳統既有之生物資源進行開發與研究，並針對其研究成果申請專利以進行保護，但許多未開發國家或開發中國家之生物

資源常常遭受到開發國家之剽竊，因此保護資源以防剽竊，以及開發現有資源進行保護皆相當重要。太魯閣國家公園內具有半數以上台灣原生種之杜鵑花屬植物，其相關資源之豐富可謂是台灣之冠，本研究藉由對區內杜鵑花屬植物之生長地點調查、鄰近植被之紀錄以及對其土壤酸鹼值進行測定等基礎調查，另外輔以對區內最大宗之杜鵑花屬植物-玉山杜鵑之親緣地理進行研究，提供作為區內管理以及永續經營之參考，並可做為區內相關經營管理規範制定時之依據。此外亦可添增國家公園之解說內容，以增加國家公園內部管理人員以及遊客對區內杜鵑花屬植物之了解，並藉此推廣對區內杜鵑花屬植物多樣性保護之觀念。

## 第五章、謝 誌

本計劃承蒙內政部營建署太魯閣國家公園管理處提供研究經費，並得到太魯閣國家公園管理處人員之協助，僅此致謝。

## 參考文獻

1. 王鑫。2000。南湖大山圈谷群古冰河遺跡研究初步調查。內政部營建署太魯閣國家公園管理處研究報告。
2. 黃士穎、徐國凱。2001。應用葉綠體 *trnF-trnL* 核酸序列探討臺灣八種杜鵑花之分子親緣關係。台灣林業科學 16 (3) : 153-160。
3. 徐國士、林則桐。1984。太魯閣國家公園植物生態資源調查報告。內政部營建署玉山公園管理處研究報告。
4. 蔡奇助、黃柄龍。2002。高雄區農業改良場百週年專刊。66-67。
5. 蔣鎮宇。2004。台灣產特有種玉山杜鵑之保育遺傳學及親緣地理學研究計畫。內政部營建署玉山公園管理處研究報告。
6. Avise, J.C., Arnold, J., Ball Jr R.M., Bermingham, E., Lamb, T., Neigel, E., Reeb, C.A., Saunderson, N.C. 1987. Intraspecific phylogeography: the mitochondrial DNA bridge between population genetics and systematics. Annual Review of Ecological Systematics 18: 489-522.
7. Comes, H.P., and Kadereit, J.W. 1998. The effect of quaternary climatic changes on plant distribution and evolution. Trends in Plant Science 3:432-438.
8. Chiang, T.Y., Schaal, B.A., Peng, C.I. 1998. Universal primers for amplification and sequencing a noncoding spacer between *atpB* and *rbcL* genes of chloroplast DNA. Botanical Bulletin of Academia Sinica 39: 245-250.
9. Chiang, T.Y., and Schaal, B.A. 2000. Molecular evolution of the *atpB-rbcL* noncoding spacer of chloroplast DNA in the moss family hylocomiaceae. Botanical Bulletin of Academia Sinica 41:85-92.
10. Chung, J.D., Lin, T.P., Tan, Y.C., Lin, M.Y., Hwang, S.Y. 2004. Genetic diversity and biogeography of *Cunninghamia konishii* (Cupressaceae), an island species in Taiwan: A comparison with *Cunninghamia lanceolata*, a mainland species in China. Molecular Phylogenetics and Evolution 33: 791-801.
11. Clement, M., Posada, D. and Crandall, K. 2000. TCS: a computer program to estimate gene genealogies. Molecular Ecology 9(10): 1657-1660.
12. Fu, Y.X. and Li, W.H. 1993. Statistical tests of neutrality of mutations. Genetics 133: 693-709.

13. Lumaret, R., Mir, C., Michaud, H., Raynal, V. 2003. Phylogeographical variation of chloroplast DNA in holm oak (*Quercus ilex* L.). *Molecular Ecology* 11: 2327-2336.
14. Pierre, T., Ludovic, G., Guy, P. and Jean, B. 1991. Universal primers for amplification of three non-coding regions of chloroplast. *Plant Mol. Bio.* 17: 1105-1109.
15. Tajima, F. 1989. Statistical method for testing the neutral mutation hypothesis by DNA polymorphism. *Genetics* 123: 585-595.

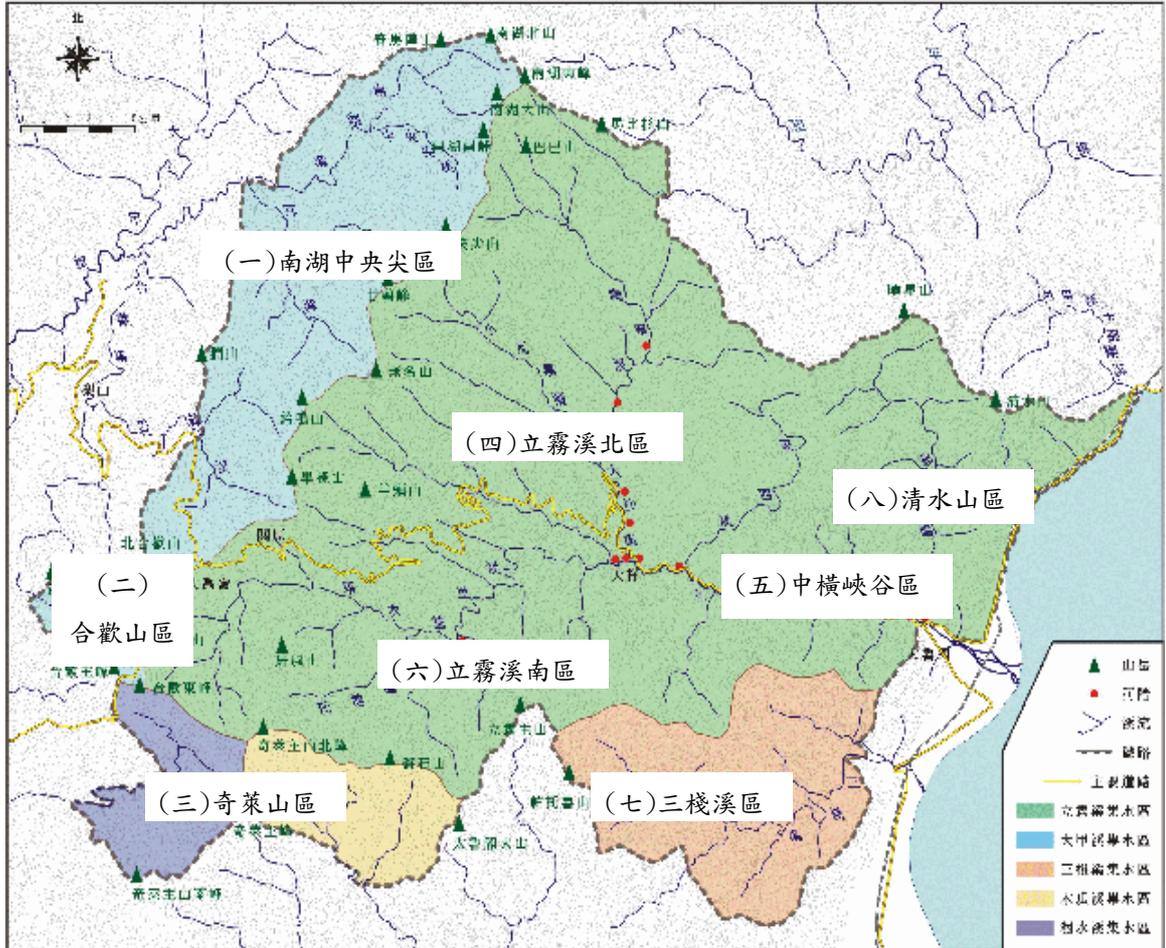
表一、太魯閣國家公園內前人記載之杜鵑花屬植物品系及其特性。

品種	特色	形態特徵	生育環境	自然分布
埔里杜鵑 (南澳杜鵑) ★	外觀形態與紅毛杜鵑極為相似，但其雄蕊 5 枚可與紅毛杜鵑雄蕊 10 枚區別。	常綠小灌木。葉半紙質，橢圓形，兩面披剛毛。花頂生，花冠漏斗狀，淡紫紅色，偶見白色品系；雄蕊 5 枚。蒴果圓錐形。	喜生長於干擾過後的環境，如崩塌地或裸露地等，屬演替早期的先驅陽性植物，常見於臺灣二葉松或臺灣五葉松林下的灌木層。	台灣特有種。主要分布臺灣中央山脈中部兩側海拔 400~2,200 m 地區，可見於台中、南投、嘉義、花蓮及宜蘭等縣。
西施花	花冠是典型的漏斗狀，與其他的野生杜鵑花不一樣。花型大、花色美，可做為綠美化樹種。	常綠小喬木。小枝光滑。葉半革質，長橢圓形，兩面光滑。花芽 2~5 個頂生，每一花芽僅一朵花，稀 2 朵；花冠漏斗狀，白至淡紅色，雄蕊 1 枚。蒴果長橢圓形。	常出現於低、中海拔闊葉林或針闊葉混交林邊緣，屬次優勢層耐陰性植物。	廣泛種。台灣普遍分布於海拔 200~2,400 m 地區，可見於台北、桃園、新竹、苗栗、台中、南投、嘉義、高雄、屏東、花蓮及宜蘭等縣。
台灣杜鵑 ★	可長成大喬木，是台灣原生杜鵑花中唯一可形成森林的杜鵑。	常綠喬木。葉革質，長披針狀形，葉面光滑，葉背披灰白色貼伏狀毛茸。花頂生；花冠鐘形，白至淡紫紅色，雄蕊 10 枚。蒴果長子彈形。	常生長於低至中海拔的稜脊或陡坡地區，且常常形成局部的純林，屬耐陰或半耐陰性植物。	台灣特有種。分布本島海拔 600~2,400 m 地區，可見於台北、桃園、新竹、苗栗、台中、南投、嘉義、高雄、屏東、花蓮及宜蘭等縣。
著生杜鵑 ◎	為台灣野生杜鵑花中，唯一具有黃色花冠及屬於著生型的杜鵑。本種僅出現在本島海拔高度約在 1,500m~2,500m	著生性常綠小灌木。葉半革質，長橢圓形，兩面光滑。花 2~5 個頂生，花冠漏斗狀，黃色，雄蕊 10 枚。蒴果長橢圓形。	常著生於中海拔闊葉林或針闊葉混交林優勢植物冠層枝幹上，附著樹種以紅檜居多。	台灣特有種。普遍分布於海拔 1,500~2,500 m 山地，可見於台北、桃園、新竹、苗栗、台中、南投、嘉義、高雄、屏東、

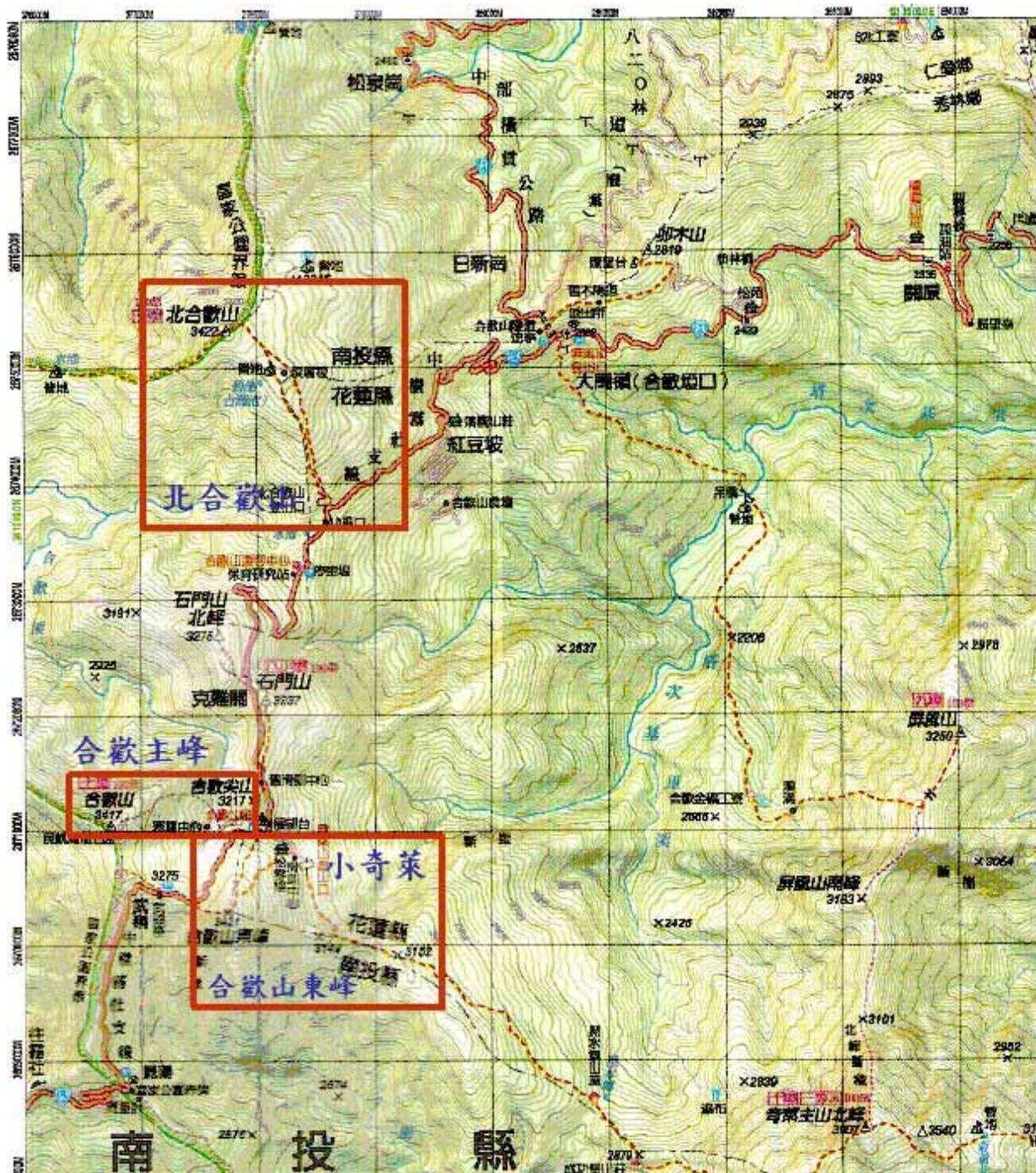
	左右的山區，是台灣霧林帶的指標植物；在世界植物地理上，它可能是東印度群島著生型杜鵑分布的北界。			花蓮及宜蘭等縣。
細葉杜鵑 ★◎	台灣野生杜鵑花中葉片最細小者。	常綠小灌木。葉片為台灣野生杜鵑花中最細小者，長度常不及1cm，半紙質，橢圓形，兩面披剛毛。花頂生，花冠漏斗狀，淡紫紅色，雄蕊7~10枚。蒴果長橢圓形。	常出現於中海拔開闊草生地或二葉松林下與高山芒混生，屬陽性植物。	台灣特有種。分布於本島中北部海拔1,500~2,800m地區，可見於新竹、台中及南投等縣。
台灣高山杜鵑 ★□	台灣高山杜鵑為適應高山惡劣的環境，減少水分散失，葉緣明顯反捲且葉背密披粗毛以對抗嚴寒的氣候。	常綠小灌木。葉橢圓形，紙質，葉面披疏剛毛，葉背則密披黃褐色剛毛，葉緣反捲。花頂生，花冠漏斗狀，淡紫紅色，偶見白色品系，雄蕊10枚。蒴果長橢圓形。	常出現於中、高海拔開闊草生地與玉山箭竹混生或二葉松林下與高山芒混生，屬陽性植物。	台灣特有變種。分布於北部海拔2,800~3,000m的高山地區，可見於台北、桃園、新竹、苗栗、南投及花蓮等縣。
金毛杜鵑 ★	台灣所有的野生杜鵑花中，垂直海拔分布幅度最大者，從海拔250m~2,700m的山區零零落落出現。	常綠小灌木。葉半紙質，橢圓形，兩面披腺毛。花頂生，花冠漏斗狀，磚紅色，雄蕊10枚。蒴果長橢圓形。	先驅陽性植物，適應力強，尤耐瘠薄的土壤，多見於林道、產業道路兩旁邊坡、火燒跡地、崩塌地及河谷壁叢之植被地區。	台灣特有種。分布於本島低海拔至2,700m地區，可見於台北、桃園、新竹、苗栗、台中、南投、嘉義、高雄、屏東、花蓮及宜蘭等縣。

<p>紅毛杜鵑</p> <p>★</p>	<p>稱霸台灣中海拔山區開闊地，花色鮮紫紅，非常引人注目。</p>	<p>常綠小灌木。葉橢圓形，半紙質，不反捲，兩面披剛毛。花芽頂生，花冠細小，漏斗狀，淡紫紅色，偶見白色品系，雄蕊 10 枚。蒴果長橢圓形。</p>	<p>喜生長於開闊地及台灣二葉松、華山松的疏林中，常與高山芒、玉山箭竹及巒大蕨等混生，屬先驅性的陽性植物，亦為中、高海拔山區火災適存之植被。</p>	<p>台灣特有種。台灣普遍分布於中部海拔 1,000 ~ 3,300m 山區，可見於新竹、苗栗、台中、南投、嘉義、高雄、屏東、台東、花蓮及宜蘭等縣。</p>
<p>玉山杜鵑 (森氏杜鵑)</p> <p>★</p>	<p>台灣分布海拔最高的杜鵑，可達 3,800 m。</p>	<p>常綠小灌木。葉革質，橢圓形，葉面光滑，葉背幼時披密毛茸，成熟時則光滑。花芽頂生；花冠鐘形，白至淡紫紅色，雄蕊 10 枚。蒴果長子彈形。</p>	<p>主要生長於高海拔的林緣、稜脊或陡坡的灌叢地區，常與玉山圓柏或玉山箭竹形成優勢的植物社會，屬耐陰或半耐陰性植物。</p>	<p>台灣特有種。分布本島海拔 1,700m 以上山區，可見於新竹、苗栗、台中、南投、嘉義、高雄及花蓮等縣。</p>
<p>南湖杜鵑</p> <p>★□</p>	<p>花後長出密黃褐色毛茸的幼葉是它在外觀形態上最大的特徵。</p>	<p>常綠小喬木。葉厚革質，長橢圓狀披針形，葉面光滑，葉背披黃褐色貼伏狀毛茸。花序頂生；花冠鐘形，花色白至淡紫紅，雄蕊 1 枚。蒴果長子彈形。</p>	<p>喜歡石灰岩的環境，常生長於中高海拔稜脊處、陡坡或林緣地。屬陽性植物。</p>	<p>台灣特有種。分布海拔 1,400~3,700 的山區，僅見於台中及花蓮兩縣境內的南湖大山、清水山及嵐山等高山。</p>

★屬於台灣特有種的植物 □僅產於太魯閣國家公園的植物 ©已被列為稀有種的植物



圖一、太魯閣國家公園分區圖。(http://www.taroko.gov.tw)



圖二、合歡以及奇萊山區之採樣地點。

表二、合歡、奇萊山區所採樣本，共計 51 個樣品。

編號	名稱	位置	經緯度	方位 坡度	高度 (m)	光度 濕度	植被	pH 值
1	西施花	慈恩派出所	N24°11' 28.3" E121°23' 07.7"	120° 65°	2029	半陰 霧林	灌木林，碎石坡	--
2	西施花	慈恩派出所	N24°11' 28.3" E121°23' 07.7"	180° 80°	2029	半陰 霧林	灌木林，碎石坡	--
3	西施花	碧綠產業道路旁	N24°10' 43.8" E121°24' 14.5"	100° 70°	2196	半日照 霧林	灌木林，碎石坡	--
4	玉山杜鵑	合歡主峰	N24°08' 32.8" E121°16' 16.8"	240° 25°	3416	全日照	箭竹，圓柏混生， 碎石坡	--
5	玉山杜鵑	合歡主峰	N24°08' 32.8" E121°16' 16.8"	300° 45°	3416	全日照	箭竹，圓柏混生， 碎石坡	--
6-7	玉山杜鵑	合歡主峰	N24°08' 33.7" E121°16' 16.2"	0° 10°	3416	全日照	箭竹，圓柏混生， 碎石坡	--
8	玉山杜鵑	合歡主峰登山山稜線	N24°08' 27.2" E121°16' 17.6"	290° 40°	3385	全日照	箭竹，圓柏混生， 碎石坡	--
9	玉山杜鵑	合歡山主峰戰備道旁 10 公尺	N24°08' 01.8" E121°16' 16.3"	280° 30°	3239	全日照	箭竹，圓柏混生， 碎石坡	--

10-11	玉山杜鵑	合歡山主峰戰備道旁 10公尺	N24°08'01.8" E121°16'16.3"	270° 40°	3416	全日照	箭竹，圓柏混生， 碎石坡	--
12	玉山杜鵑	合歡山主峰戰備道旁 10公尺	N24°07'59.8" E121°16'15.9"	240° 40°	3233	全日照	箭竹，圓柏混生， 碎石坡	--
13	台灣高山杜鵑	合歡北峰南登山口	N24°09'59.1" E121°17'21.2"	210° 40°	2982	全日照	箭竹林，碎石坡	--
14	台灣高山杜鵑	合歡北峰南登山口	N24°10'01.2" E121°17'20.8"	170° 50°	3000	半日照	冷杉林，箭竹林， 碎石坡	--
15	台灣高山杜鵑	合歡北峰南登山口	N24°10'08.2" E121°17'16.4"	100° 30°	3070	全日照	箭竹林，碎石坡	4.85
16	台灣高山杜鵑	合歡北峰南登山口	N24°10'12.2" E121°17'16.5"	135° 35°	3120	全日照	箭竹林，碎石坡	4.90
17	台灣高山杜鵑	合歡北峰南登山口	N24°10'13.9" E121°17'16.0"	120° 45°	3140	全日照	箭竹，玉山圓柏， 碎石坡	5.49
18	玉山杜鵑	合歡北峰山頂下(東方)	N24°10'52.8" E121°16'55.5"	60° 50°	3416	全日照	箭竹，草原，碎石 坡	--
19	玉山杜鵑	合歡北峰下北坡	N24°10'53.6" E121°16'52.7"	0° 45°	3420	全日照	箭竹，草原，碎石 坡	5.16
20	玉山杜鵑	合歡北峰下北坡	N24°10'53.6" E121°16'52.3"	0° 45°	3422	全日照	箭竹，草原，碎石 坡	5.44

21	玉山杜鵑	合歡北峰下北坡	N24°10'54.0" E121°16'51.8"	30° 45°	3419	全日照	箭竹，草原，碎石坡	4.94
22	台灣高山杜鵑	合歡山北峰東登山道	N24°10'25.8" E121°17'16.4"	180° 30°	3245	全日照	箭竹，玉山圓柏，碎石坡	4.36
23	玉山杜鵑	小奇萊步道	N24°08'09.6" E121°17'18.6"	90° 50°	3070	全日照	箭竹林，碎石坡	5.14
24	玉山(森氏)杜鵑	小奇萊步道	N24°08'05.0" E121°17'24.1"	60° 50°	3035	半日照	冷杉林	5.23
25-26	玉山(森氏)杜鵑	小奇萊步道	N24°08'05.1" E121°17'24.9"	0° 50°	3033	全日照	冷杉林旁	--
27	玉山(森氏)杜鵑	小奇萊步道	N24°07'57.0" E121°17'43.5"	240° 90°	3150	半日照	冷杉林下和箭竹聚生	5.03
28	玉山(森氏)杜鵑	小奇萊步道	N24°07'57.0" E121°17'43.5"	100° 0°	3165	半日照	冷杉林下和箭竹聚生	4.90
29-31	玉山(森氏)杜鵑	小奇萊步道	N24°08'03.3" E121°17'27.8"	80° 40°	3050	半日照	芒草	4.50
32	玉山杜鵑	石門山頂	N24°09'12.4" E121°17'01.5"	0° 0°	3214	全日照	箭竹林，玉山圓柏	5.44
33-35	玉山杜鵑	石門山北峰	N24°09'39.1" E121°16'55.9"	350° 40°	3123	全日照	箭竹林	7.35

36	玉山杜鵑	合歡山東峰東登山道和北登山道交會後，近山頂	N24°08'11.9" E121°16'53.9"	280° 35°	3400	全日照	箭竹林，玉山圓柏	--
37	玉山杜鵑	合歡山東峰東登山道和北登山道交會後，近山頂	N24°08'11.8" E121°16'53.8"	340° 30°	3400	全日照	箭竹林，玉山圓柏	5.05
38	玉山杜鵑	合歡山東峰東登山道和北登山道交會後，近山頂	N24°08'11.5" E121°16'53.7"	0° 平地	3400	全日照	箭竹林，玉山圓柏	--
39	玉山杜鵑	合歡山東峰東登山道和北登山道交會後，近山頂	N24°08'10.7" E121°16'53.2"	10° 60°	3405	全日照	箭竹林，玉山圓柏	--
40	玉山杜鵑	東峰前鞍部	N24°08'09.0" E121°16'51.7"	0° 20°	3418	全日照	箭竹林，玉山圓柏	5.40
41	玉山杜鵑	東峰前鞍部	N24°08'09.0" E121°16'51.7"	0° 70°	3418	全日照	箭竹林，玉山圓柏	5.12
42	玉山杜鵑	東峰前鞍部	N24°08'09.0" E121°16'51.7"	0° 60°	3418	全日照	箭竹林，玉山圓柏	5.37
43	玉山杜鵑	合歡山東峰北登山道	N24°08'13.1" E121°16'54.9"	60° 60°	3371	全日照	碎石坡,箭竹林,玉山圓柏	5.12
44	玉山杜鵑	合歡山東峰北登山道	N24°08'13.1" E121°16'54.9"	50° 50°	3370	全日照	碎石坡,箭竹林,玉山圓柏	5.62
45	玉山杜鵑	合歡山東峰北登山道	N24°08'13.8" E121°16'55.0"	10° 20°	3361	全日照	碎石坡,箭竹林,玉山圓柏	--

46	玉山杜鵑	合歡山東峰北登山道	N24°08'18.2" E121°16'57.1"	340° 40°	3361	全日照	碎石坡,箭竹林,玉山圓柏	5.07
47	玉山杜鵑	合歡山東峰北登山道	N24°08'18.2" E121°16'57.1"	350° 30°	3322	全日照	碎石坡,箭竹林,玉山圓柏	4.73
48	玉山杜鵑	合歡山東峰北登山道	N24°08'18.4" E121°16'57.2"	10° 30°	3320	全日照	碎石坡,箭竹林,玉山圓柏	4.89
49	玉山杜鵑	合歡山東峰北登山道	N24°08'24.3" E121°16'58.9"	90° 45°	3245	全日照	碎石坡,箭竹林,玉山圓柏	4.97
50-51	玉山杜鵑	合歡山東峰北登山道	N24°08'24.7" E121°16'59.4"	0° 60°	3239	全日照	碎石坡,箭竹林,玉山圓柏	--



圖三、合歡北峰之台灣高山杜鵑。



圖四、合歡山北峰之玉山杜鵑。



圖五、小奇萊所採得之玉山杜鵑（森氏杜鵑）。



圖六、合歡山東鋒所之玉山杜鵑族群。



圖七、砂卡礫林道著生杜鵑之生長區域。

表三、清水山區所採樣本，共計 4 個樣品。

編號	名稱	位置	經緯度	方位 坡度	高度 (m)	光度 濕度	植被
52-55	着生杜鵑	清水山山林道 8 區	N24°14' 40" E121° 37' 24"	320° 60°	1360	半陰	闊葉林，霧林帶



圖八、砂卡礑林到之著生杜鵑。



圖九、大部分的著生杜鵑都著生於喬木之樹冠。



圖十、碧綠區域之西施花。

表四、於蓮花池至北合歡山區所採集之樣本。

編號	名稱	位置	經緯度	方位 坡度	高度 (m)	光度 濕度	植被
57-60	埔里杜鵑	蓮花池後山山 稜線上	N24°13'15.8" E121°30'02.3"	0° 0°	1406	全日照	闊葉林及芒草
61	埔里杜鵑	金馬隧道	N24°10'36.7" E121°22'20.3"	190° 50°	2457	半日照	二葉松林下
62	紅毛杜鵑	金馬隧道	N24°10'36.7" E121°22'20.3"	90° 70°	2457	半日照	二葉松林下
63	紅毛杜鵑	大禹嶺步道西 入口外	N24°10'48.3" E121°18'15.6"	340° 80°	2725	全日照	二葉松下
64-66	紅毛杜鵑	大禹嶺步道旁 (西口 480m)	N24°10'48.1" E121°18'22.2"	180° 40°	2700	半日照	二葉松林下和箭 竹混生
67-69	紅毛杜鵑	大禹嶺步道旁 (西口 781m)	N24°10'48.3" E121°18'25.6"	90° 5°	2660	全日照	芒草
70-72	台灣高山杜 鵑	14 甲 38km(北 合歡山北坡)	N24°10'19.5" E121°17'50.7"	120° 70°	2900	全日照	箭竹林(攙雜冷 杉)
73-75	台灣高山杜 鵑	北合歡山登山 口	N24°09'57.4" E121°17'22.5"	90° 30°	2970	全日照	箭竹林(攙雜冷 杉)



圖十一、大禹嶺步道採樣之區域圖。



圖十二、金馬隧道附近所採得之紅毛杜鵑。



圖十三、台十四甲北合歡山附近之台灣高山杜鵑族群。



圖十四、蓮花池步道樣品採集區域圖。



圖十五、於蓮花池附近之祖輪山所採得之埔里杜鵑。

表五、於南湖大山所採集之樣本。

編號	名稱	位置	經緯度	方位 坡度	高度 (m)	光度 濕度	植被
76	細葉杜鵑	木杆鞍部 附近	N24°22'83.8" E121°23'23.5"	100-250° 45°	2620	全日照	松林以及高山芝 的疏林環境
77	金毛杜鵑	木杆鞍部 附近	N24°22'83.8" E121°23'23.5"	100° 45°	2620	全日照	松林以及高山芝 的疏林環境
78	台灣高山杜 鵑	木杆鞍部 附近	N24°22'83.8" E121°23'23.5"	230° 45°	2620	全日照	松林以及高山芝 的疏林環境
79	台灣高山杜 鵑	審馬陣山	N24°22'97.3" E121°24'55.9"	180° 10°	3141	全日照	刺柏、高山芝、草 生地為主，間雜冷 山群落
80	南湖杜鵑	審馬陣山	N24°22'97.3" E121°24'55.9"	180° 30°	3141	全日照	刺柏、高山芝、草 生地為主，間雜冷 山群落
81	玉山杜鵑	南湖主峰 頂	N24°21'75.7" E121°25'91.1"	220° 10°	3742	全日照	玉山圓柏



圖十六、南湖大山樣品採集區域圖。

表六、於海鼠山所採集之樣本。

編號	名稱	位置	經緯度	方位 坡度	高度 (m)	光度 濕度
82	金毛杜鵑	海鼠山	N 24°11'205" E 121°30'232"	--	880- 950	--
83	金毛杜鵑	海鼠山	N 24°11'339" E 121°30'434"	--	1020	--

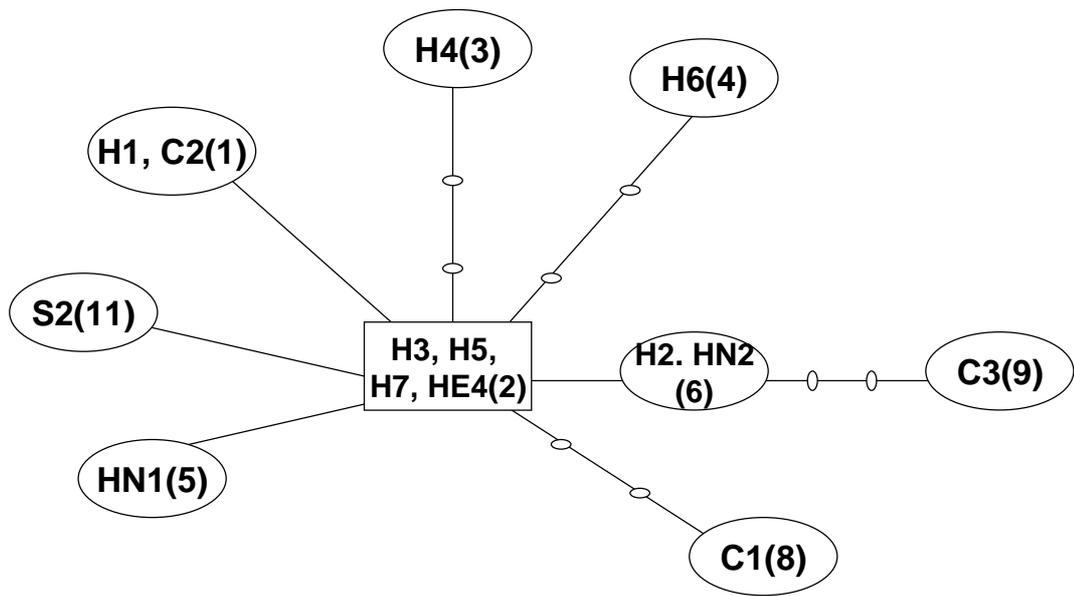
表七、親緣地理研究中所使用之玉山杜鵑樣本及其單套基因型分類。

	site	altitude (m)	Haplotype
H1	合歡主峰	3416	Hap1
H2	合歡主峰	3416	Hap6
H3	合歡主峰	3416	Hap2
H4	合歡主峰	3416	Hap3
H5	合歡主峰登山山稜線	3385	Hap2
H6	合歡山主峰戰備道旁 10 公尺	3239	Hap4
HN1	合歡北峰山頂下(東方)	3416	Hap5
HN2	合歡北峰下北坡	3422	Hap6
HN3	合歡北峰下北坡	3419	Hap7
C1	小奇萊步道	3070	Hap8
C2	小奇萊步道	3033	Hap1
C3	小奇萊步道	3165	Hap9
C4	小奇萊步道	3050	Hap10
S2	石門山北峰	3123	Hap11
HE4	合歡山東峰北登山道	3322	Hap2
SS1	南湖主峰頂	3742	Hap12

表八、玉山杜鵑之單套基因型、核苷酸歧異度以及中性假說檢定之結果。

Sequence number	cpDNA regions	haplotype	Haplotype diversity	Nucleotide diversity	D*	F*	D
1	trnL intron	2	0.095	0.0002			
2	trnL-trnF IGS	4	0.414	0.0012			
3	Seq1 and Seq2	5	0.486	0.0008			
4	aptB-rbcL IGS	9	0.797	0.0113			
5	Seq3 and Seq 4	12	0.942	0.0062	-3.0158*	-3.2469*	-2.2883*

\*P<0.02



圖十七、玉山杜鵑其單套基因型之間之關係。