

# I. 前言

杜鵑花屬於杜鵑科 (Ericaceae) 杜鵑屬 (*Rhododendron*) 植物 (劉業經等, 1994), 為全世界顯花植物中相當大的一屬, 其花色有白、紅、粉紅、紫、黃等多變化, 估計大約有 900 種左右, 依分類而異, 其原生地分佈很廣包括北半球的溫帶、亞熱帶。其中約有 500 至 600 種產於東亞及東南亞之熱帶地區, 是最著名的觀賞花木之一。依其生長習性, 可概分為地生型與著生型 (附生型) 兩類。在台灣從平地至海拔 4,000 公尺處, 均有杜鵑花之蹤跡。本省杜鵑屬植物之調查研究工作可溯至 Henry (1896) 之台灣植物名彙, 記載有金毛杜鵑及台灣杜鵑 2 種。台灣野生杜鵑花無論花色、葉片型態、質地及生態習性上, 均具有高度的多樣性。曾彥學等 (2003) 對台灣杜鵑花資源之研究指出, 台灣原生杜鵑共列出 15 種, 其中特有種 11 種, 比例高達 73%。

杜鵑花的繁殖方法可分種子繁殖和營養繁殖二類, 種子繁殖主要應用於新品種的育成; 營養繁殖則包括扦插、嫁接、空中壓條及組織培養等方式; 但杜鵑種子繁殖生長緩慢至開花約需 3~8 年 (依種類不同), 故大多以無性繁殖為主 (約一年可開花)。植物無性繁殖的後代具有母樹全部特性, 能保存母樹的優良遺傳性狀, 其中以扦插繁殖為杜鵑應用最普遍的繁殖方法, 優點為只需要簡單的設備, 即可在同時期大量生產相同遺傳形質的個體, 沒有嫁接不親合性的干擾及後遺症 (郭幸榮, 2006), 而且所需時間短, 材料來源廣泛, 容易掌握, 為快速規模化生產中經濟而有效的方法; 嫁接繁殖杜鵑, 主要用於不易以扦插或播種法繁殖的種類, 且利用砧木發達的根系與對環境的適應力, 加速接穗品種的生長、增殖與提早開花的時間 (王銘琪, 1981); 空中壓條繁殖是使連在母株上的枝條形成不定根, 然後再切離母株成為一個新生個體的繁殖方法, 常用於扦插不易發根的植物 (蔡耀中、燕美黎, 1990)。

農桿根群菌具有誘導插穗不定根形成與提高扦插發根率之顯著功效, 且已應用在歐洲榛 (*Corylus heterophylla*)、雜種楊 (Hybrid poplar)、棗樹 (*Ziziphus*

*jujubs*)、榆樹 (*Ulmus pumus*) 等許多扦插難生根木本植物之繁殖 (周達峰等, 1993; Christey, 2001); 而植物組織在受到傷害以後, 會防禦性地在傷口處釋出小分子量的酚類物質如 acetosyringone (AS), 與菌體細胞膜上的 VirA 蛋白質結合, 以啟動其他基因, 促使 T-DNA 進入植物體中, 並利用植物來產生農桿根群菌所需要的碳、氮化合物 (詹明才, 張新雄, 1991; 王啟正, 2000)。近年來, 研究證實採用農桿根群菌處理木本植物之插穗材料, 能夠改善生根能力, 明顯地提高發根率, 以解決林木扦插難生根樹種苗木生產的問題, 提供一條新的途徑 (陳國峰等, 2003; 林靜宜, 2006)。

台灣原生杜鵑中部分高山杜鵑花色鮮豔姿態優美, 一般分佈在貧瘠之土壤, 其生育地環境惡劣, 生長緩慢, 且種子發芽率低, 小苗生長甚遲緩, 所以利用台灣原生杜鵑種子培育苗木實屬不易。綜觀上述, 本研究計畫之目的乃在探討台灣杜鵑、森氏杜鵑、西施花、金毛杜鵑、紅毛杜鵑等 5 種台灣原生杜鵑之無性繁殖技術, 以期達成應用無性繁殖技術復育台灣原生杜鵑之目標。研究項目包括①扦插、②嫁接、及③空中壓條等繁殖試驗。本計畫之研究成果將可提供台灣原生種杜鵑育林技術之參考。

## II. 台灣原生杜鵑介紹

全世界的杜鵑花大約有 900 種左右，隸屬於杜鵑科，廣分布於北半球熱帶、亞熱帶至高山寒帶地區。依其生長習性，可概分為地生型與著生型兩類，其中地生型杜鵑以中國大陸雲貴高原一帶為主要的分布中心，沿喜馬拉雅山脈的尼泊爾、錫金、不丹、西藏及緬甸等地向外擴展逐漸演變成今日的分布；另一群著生型杜鵑則是以東印度群島，即印尼、馬來西亞、新幾內亞及附近島嶼為主要分布中心，再向外擴展。亞洲大陸約有 850 種，中國就有 500 多種，是全世界產杜鵑花種類最多的國家；北美洲有 24 種；歐洲有 9 種；澳洲僅產 1 種；而非洲及南美洲則無原生杜鵑花。

台灣正好位於東亞地生型杜鵑與著生型杜鵑分布的交匯地區，加上島內氣候變化萬千，山巒層疊，地形極為複雜，因而孕育許多野生杜鵑花，而台灣原生杜鵑共有 15 種，其中特有種 11 種，比例高達 73 % (曾彥學等，2003)。

杜鵑花是指全部杜鵑花類之總稱。杜鵑屬植物可分為石南類 (Rhododendron) 及躑躅類 (Azalea) 兩大類 (圖 1)，兩者在植物學上雖是同科同屬，但在其植株外型、生理習性上皆有顯著性的差異。一般而言，石南杜鵑多為小喬木，樹型生長較為高大，常綠且葉片呈革質，枝條先端約開放六朵花，大都生長於深山雲霧帶之中；躑躅杜鵑多為灌木，植株矮小，落葉或半落葉，枝條先端約綻放三朵花。臺灣原生杜鵑在本島生長的分佈情形，除了地理環境的不同、氣候的影響之外，尚可依海拔高低、緯度的差異，略分三類：生長在 (1) 淺山低海拔者：金毛杜鵑、烏來杜鵑；(2) 海拔 1000 m 以上：南澳杜鵑、埔里杜鵑；(3) 海拔 200~3000 m：細葉杜鵑、紅毛杜鵑 (陳榮五、蔡宛育，2002)。

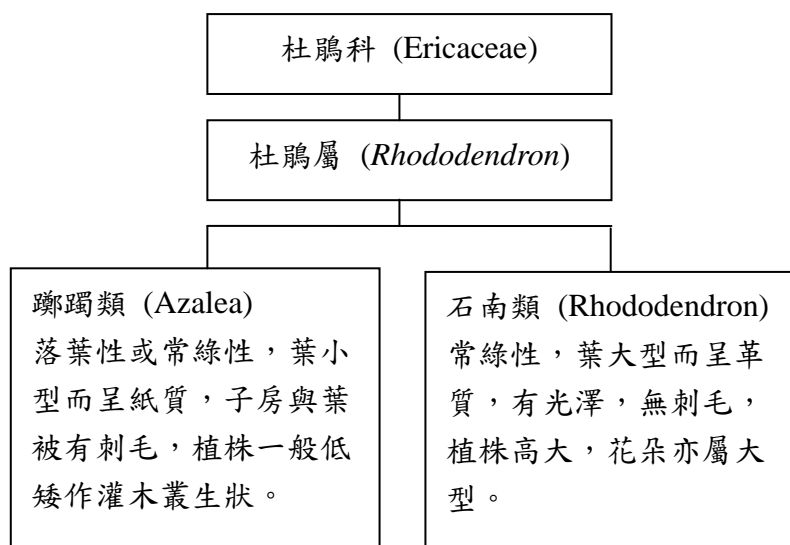


圖 1 杜鵑之分類系統 (陳榮五、蔡宛育，2002)

台灣杜鵑、森氏杜鵑、西施花、金毛杜鵑、紅毛杜鵑 (圖 2~圖 6) 等 5 種台灣原生杜鵑之簡介：

#### 一、台灣杜鵑 (*Rhododendron formosanum* Hemsl)

常綠小喬木。葉革質，披針狀長橢圓形，葉面光滑，葉背披灰白色貼伏狀毛茸。花芽頂生；花冠鐘形，白至淡紫紅色。蒴果長子彈形。常生長於低至中海拔的嶺脊或陡坡地區，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。分布台灣本島海拔600~2,400公尺地區。目前族群數量尚豐富，族群結構穩定。

#### 二、森氏杜鵑 (*Rhododendron morii* Hay.)

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。花芽單一頂生；花冠鐘形，白至淡紫紅色。蒴果長子彈形。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。台灣特有種。

### 三、西施花 (*Rhododendron ellipticum* Maxim.)

常綠小喬木。小枝光滑。葉半革質，長橢圓形，兩面光滑，兩端銳形。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。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。分布中國、日本、琉球及台灣等地。台灣普遍分布於海拔200~2,400公尺地區。

### 四、金毛杜鵑 (*Rhododendron oldhamii* Maxim.)

常綠小灌木。葉半紙質，橢圓形，兩面披剛毛。花芽單一，頂生，每一花芽2~4朵；花冠漏斗狀，磚紅色。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、崩塌地及河谷壁等，常形成灌木草叢之植被地區。台灣特有種。分布於本島低海拔至2,500公尺地區。

### 五、紅毛杜鵑 (*Rhododendron rubropilosum* Hayata)

常綠小灌木。葉半紙質，橢圓形，兩面披剛毛。花芽單一，頂生，每一花芽2~4朵；花冠漏斗狀，淡紫紅色，偶見白色品系。蒴果長橢圓形。喜生長於開闊及台灣二葉松、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。台灣特有種。台灣普遍分布於中部海拔1,000~3,300公尺山區。



圖 2 台灣杜鵑 (孔令文攝)



圖 3 森氏杜鵑 (余旻儒攝)



圖 4 西施花 (余旻儒攝)



圖 5 金毛杜鵑 (余旻儒攝)



圖 6 紅毛杜鵑 (余旻儒攝)

### III. 材料與方法

#### (I) 研究材料

##### 1. 材料來源

本試驗採用台灣杜鵑 (*Rhododendron formosanum* Hemsl.)、森氏杜鵑 (*Rhododendron morii* Hay.)、西施花 (*Rhododendron ellipticum* Maxim.)、金毛杜鵑 (*Rhododendron oldhamii* Maxim.)、紅毛杜鵑 (*Rhododendron rubropilosum* Hayata) 共計五種台灣原生杜鵑。

##### 2. 樣區設定 (附錄一)

本研究樣區共設置五個試驗區，分別如下 (表 1)：

###### (1) 台灣杜鵑試驗地位於杉林溪森林遊樂區

杉林溪位於南投縣竹山鎮，海拔高度約為 1600 公尺，佔地約為 40 公頃，自然原始的山林丘壑，氣候屬溫帶季風氣候區，夏季平均溫度僅 20 °C。

###### (2) 森氏杜鵑試驗地位於阿里山森林遊樂區

森氏杜鵑林位於阿里山森林遊樂區內，東臨玉山山脈，與玉山國家公園相鄰，西邊則緊鄰嘉南平原，北界南投縣。根據中央氣象局資料顯示，阿里山地區年平均氣溫為 10.6 °C，夏季平均 14.3 °C，最高 24.1 °C；冬季平均氣溫 6.4 °C，最低為零下 1.8 °C，四季涼爽。全年平均雨天多達 209 天，雨量多集中於 5~9 月之間。

###### (3) 西施花試驗地位於大雪山森林遊樂區

大雪山森林遊樂區位於臺中縣和平鄉海拔自 2000 公尺至 2996 公尺之間，面積約 3963 公頃，年平均氣溫約 15-18 °C

###### (4) 金毛杜鵑試驗地位於惠蓀林場森林遊樂區

位於北港溪上游，從海拔 450 公尺到 2419 公尺，近 2 千公尺的海拔落差而呈現溫、暖、亞熱帶不同景觀，園內杜鵑嶺步道全長約 2 公里，步道長滿台灣特有種的埔里杜鵑而得名。

(5) 紅毛杜鵑試驗地位於合歡山森林遊樂區

依據合歡山小風口的氣象測站資料，2008年在合歡山地區年最高溫出現在8月，其溫度為23.2 °C，年平均溫則為6.14 °C；而每年總降水量為4,367.2 mm；合歡山內平均濕度為86.36 %；林內之土溫為4.41 °C（資料提供：農委會特有生物保育中心）。

表 1 台灣原生杜鵑試驗地座標

試驗樣區	X 座標	Y 座標	海拔高 (m)	設置日期
惠蓀林場	252281	2665026	728	98.04.07
阿里山	229663	2601830	2189	98.04.28
大雪山	249944	2684161	2245	98.05.18
杉林溪	228007	2614808	1786	98.05.24
合歡山	273498	2668548	2790	98.06.08

(II) 無性繁殖試驗

1. 扦插法

(1) 材料：

剪取一年生頂梢長度約 15 cm 作為插穗，試驗前，先將插穗基部 3 cm 長度範圍之葉片剝除，以利刀斜切插穗基部使產生新傷口。

(2) 育苗介質及容器：

a. 介質：苗木發根之介質使用泥炭土、蛭石、珍珠石，體積比為2：1：1混合介質（郭幸榮，1995）作為育苗介質，介質混合前分別施以高溫高壓滅菌釜滅菌（121 °C，1.2 kg/cm<sup>2</sup>），並放置通風之室內1星期以上，減少因高溫殺菌可能產生之有毒物質。

b. 容器：培養之容器為長64 cm，寬22.5 cm，高18 cm之扦插盆。



### (3) 農桿根群菌種類與培養

本試驗所用之農桿根群菌 R15011 菌系係購自生物資源保存及研究中心，保存在 4 °C 冰箱內。接種前以接種環沾取菌液後，將菌液劃在含 25 mL NA (Nutrient agar) 培養基之直徑 9 cm 培養皿內，置於 26 °C 暗箱培養箱內培養。單一菌落出現後，用滅菌過的牙籤沾取單一菌落放入含有 25 mL NA 培養液並且添加 0.2 mM acetosyringone (AS) 於 50 mL 錐形瓶內，放置暗室內往復式振盪器中震盪培養 36 小時，當菌液濃度於分光光度計可見光 600 nm 的吸光值 (OD<sub>600 nm</sub>) 達 0.8~1.2 之間，其菌液濃度約為 10<sup>8</sup> cells/mL 菌液作為接種菌液。

### (4) 試驗地點

於嘉義大學森林系網室進行試驗，以避免試驗期間降雨之干擾。溫室屋頂外鋪蓋有 60 % 之遮光網。溫度控制 25/18 °C (上午 6 時至下午 6 時)，濕度為 80 %。

### (5) 試驗設計

本試驗為探討農桿根群菌對台灣原生杜鵑扦插苗木發根及生長之影響，試驗為單因子試驗。採未接種農桿根群菌 (對照組)、不同濃度的 IBA，2000 ppm IBA、5000 ppm IBA 及接種 R15011 農桿根群菌濃度採 10<sup>8</sup> cells/mL 等四種處理，每處理 10 支插穗，4 重複，共計 4×10×4=160 支插穗。

## 2. 嫁接法

### (1) 砧木

於 97 年 8 月，自南投縣竹山鎮榮華園藝材料行購買優良之一至二年生，苗高約 30 cm 之平戶杜鵑 (*Rhododendron sp.*)，砧木 (膠袋苗) 移植於六寸黑盆栽植，介質為輕土加堆肥 (1:1, v/v)，培育於嘉義大學森林系網室中，供作砧木之用。

### (2) 嫁接方法

採取一至兩年生接穗，將其修剪大約 5 cm 左右，餘 5~7 片葉子將其剪半。

嫁接技術採用劈接法，每一接穗剪成長度為 5 cm 之枝段，上留二芽，並將枝段之基部削成楔形。於網室中將接穗嫁接於砧木上，鋸斷砧木上端，在其枝莖中央直劈一刀，然後將削成楔形之接穗插入。

### (3) 試驗設計

a. 於春季、夏季二季嫁接接穗 20 支，接穗取自一年生之枝條為佳；進行平戶杜鵑接台灣原生杜鵑之種間嫁接，並做對照組進行觀察。

b. 於春季、夏季二季行各原生杜鵑種內嫁接，嫁接數量各為 10 支。

### (4) 試驗地點

於嘉義大學森林系網室進行試驗，以避免試驗期間降雨之干擾。溫室屋頂外鋪蓋有 60 % 之遮光網。

## 3. 空中壓條

### (1) 試驗方法：

於試驗地中選取成熟健壯、芽飽滿的 1-2 年枝條，在適當部位進行環狀剝皮 1-2 公分，再用塑膠薄膜包住環剝處，環剝的下部用繩紮緊，內填以濕潤的水苔。

### (2) 試驗設計

本試驗為探討生長素台灣原生杜鵑苗木空中壓條發根及生長之影響，試驗為單因子試驗。採未進行處理（對照組）、2000 ppm IBA 等二種處理，春季每處理 4 枝，3 重複，試驗處理共計  $3 \times 4 \times 2$ ，試驗枝條共計 24 枝；夏季每處理各 50 枝，試驗枝條共計 100 枝。

### (3) 苗木處理

將選取的部位以消毒過後之美工刀予以環狀剝皮，剝蝕程度不宜過深約 1 mm，以去除表皮又不傷到莖幹維管束為原則。IBA 處理法是在浸沾 2000 ppm IBA 溶液包覆 5 min 後拆開，再以潮溼的水苔包紮固定。待枝條生根後自袋的下方剪離母體，去掉包紮物，帶土栽入盆中，放置在陰涼處養護，待大量萌發新梢後再

移入全光環境中。

#### (4) 育苗之介質及容器

供試驗苗木生長之介質採用蛭石、泥炭土和土，體積比為 1:1:1 之混合介質，各介質混合前分別以高溫高壓滅菌釜滅菌 ( $121\text{ }^{\circ}\text{C}$ ， $1.2\text{ kg/cm}^2$ )，並放置通風之室內 1 星期以上，減少因高溫殺菌可能產生之有毒物質。試驗之容器為上徑 23 cm，下徑 18 cm，高 22 cm 之黑色塑膠培育盆 (7 寸半)，並於容器底部加一圓形底盤，以避免污染。

#### (5) 試驗地點

於嘉義大學森林系網室進行試驗，以避免試驗期間降雨之干擾。溫室屋頂外鋪蓋有 60 % 之遮光網。溫度控制  $25/18\text{ }^{\circ}\text{C}$  (上午 6 時至下午 6 時)，濕度為 80 %。

### (III) 台灣原生杜鵑生育地之土壤化學性質調查

試驗地土壤分析，自每樣區選 4 個樣點進行取樣。

#### 1. 土壤 pH 值測定

採土壤與蒸餾水 1:2 (w/v) 比例混合均勻，攪拌後靜置過夜，以酸鹼測定儀 (Laboratory pH meter pH M61) 測定 (McClean, 1982)。

#### 2. 土壤中氮濃度測定

將土壤過篩並烘乾後，取出 1 g 樣本加入 15 ml 濃硫酸過夜 (24 小時)，再放入消化裝置 (2020 Digestor) 緩慢加熱到  $375\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，維持 3 小時，加入 15 ml  $\text{H}_2\text{O}_2$ ，至樣本呈透明澄清液後過濾並以蒸餾水定積至 100 ml，取 40 ml 置凱氏氮蒸餾裝置 (2200 Kjeltac Auto Distillation) 內蒸餾，加入適量之 40 % NaOH 溶液，以 30 ml 4 % 硼酸為接收劑，再以 0.1 N  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液滴定，同時並進行空白試驗，計算出含氮量 (MacDonald, 1977)。

#### 3. 有效磷含量測定

以鉬藍法測，取 1 g 樣本置於 50 ml 角錐瓶中，加入 7 ml 萃取液 (0.5 N

HCl-0.03 N NH<sub>4</sub>F) 搖盪 1 分鐘，以 Advantec No.5 濾紙過濾。取 2 ml 樣液加入 5 ml H<sub>2</sub>O 及 2 ml (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub> 溶液，混合均勻後加入 1 ml SnCl<sub>2</sub> 稀釋液呈色後，以分光光度計 (Spectrometer, Hitachi U-2000) 於波長 660 nm 下測定吸光值，比對磷標準曲線得出樣液磷濃度 (Olson and Sommer, 1982)。

#### 4. 可置換性陽離子濃度之測定

以醋酸銨 (NH<sub>4</sub>OAc) 法測定之 (Rhoades, 1982)，取 5 g 過篩風乾土壤置於 250 ml 角錐瓶中，加入 40 ml 1N NH<sub>4</sub>OAc (pH=7)，震盪 10 分鐘靜置過夜。抽氣過濾之，以 NH<sub>4</sub>OAc 定積至 100 ml，取澄清濾液利用感應耦合電漿原子發射光譜儀 (ICP) 測定可溶解性及可置換性陽離子鈉、鉀、鈣和鎂濃度。

#### 5. 資料處理與分析

數據以 SPSS 軟體單因子變異數分析及特奇公正顯著差異法 (Tukey's honest significant difference, HSD) 分析各平均值間之差異。

## IV. 結果

### (I) 台灣原生杜鵑生育地土壤化學性質

#### 1. 台灣杜鵑生育地之土壤化學分析

杉林溪之台灣杜鵑土壤化學性質由表 2 之分析結果可知 pH 值為 3.3；全氮量為  $0.10 \pm 0.00$  %；可置換性陽離子鈣濃度為  $0.056 \pm 0.149$  cmol (+)  $\text{kg}^{-1}$ ；可置換性陽離子鉀濃度為  $0.415 \pm 0.184$  cmol (+)  $\text{kg}^{-1}$ ；可置換性陽離子鎂濃度為  $0.385 \pm 0.116$  cmol (+)  $\text{kg}^{-1}$ ；有效磷濃度為  $0.579 \pm 0.014$   $\mu\text{g/g}$ 。

表 2 台灣杜鵑生育地土壤之化學性質

Table 2 Chemical property of soil in site of *R. formosanum*

養分元素	土壤層
nutrient element	Soil
pH 值	3.3
N (%)	$0.10 \pm 0.00$
$\text{Ca}^{2+}$ (cmol (+) $\text{kg}^{-1}$ )	$0.056 \pm 0.149$
$\text{K}^{+}$ (cmol (+) $\text{kg}^{-1}$ )	$0.415 \pm 0.184$
$\text{Mg}^{2+}$ (cmol (+) $\text{kg}^{-1}$ )	$0.385 \pm 0.116$
Avail. P ( $\mu\text{g/g}$ )	$0.579 \pm 0.014$

All values reported as means  $\pm$  standard deviation for four replica cultures.

## 2. 森氏杜鵑生育地土壤之化學性質

阿里山之森氏杜鵑土壤化學性質由表 3 之分析結果可知 pH 值為 3.49；全氮量為  $0.29 \pm 0.02\%$ ；可置換性陽離子鈣濃度為  $0.230 \pm 0.014 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ ；可置換性陽離子鉀濃度為  $0.098 \pm 0.006 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ ；可置換性陽離子鎂濃度為  $0.076 \pm 0.002 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ ；有效磷濃度為  $0.18 \pm 0.01 \text{ }\mu\text{g/g}$ 。

表 3 森氏杜鵑生育地土壤之化學性質

Table 3 Chemical property of soil in site of *R. morii*

養分元素	土壤層
nutrient element	Soil
pH 值	3.49
N (%)	$0.29 \pm 0.02$
$\text{Ca}^{2+}$ (cmol (+) $\text{kg}^{-1}$ )	$0.230 \pm 0.014$
$\text{K}^{+}$ (cmol (+) $\text{kg}^{-1}$ )	$0.098 \pm 0.006$
$\text{Mg}^{2+}$ (cmol (+) $\text{kg}^{-1}$ )	$0.076 \pm 0.002$
Avail. P ( $\mu\text{g/g}$ )	$0.18 \pm 0.01$

All values reported as means  $\pm$  standard deviation for four replica cultures.

### 3. 西施花生育地之土壤化學分析

西施花土壤化學性質由表 4 之分析結果可知 pH 值為 4.8；全氮量為  $0.48 \pm 0.05$  %；可置換性陽離子鈣濃度為  $0.15 \pm 0.02$  cmol (+)  $\text{kg}^{-1}$ ；可置換性陽離子鉀濃度為  $0.06 \pm 0.00$  cmol (+)  $\text{kg}^{-1}$ ；可置換性陽離子鎂濃度為  $0.02 \pm 0.01$  cmol (+)  $\text{kg}^{-1}$ ；有效磷濃度為  $21.05 \pm 0.26$   $\mu\text{g/g}$ 。

表 4 西施花生育地土壤化學分析

Table 4 Chemical property of soil in site of Taiwan azalea

養分元素	土壤層
nutrient element	Soil
pH 值	4.8
N (%)	$0.48 \pm 0.05$
$\text{Ca}^{2+}$ (cmol (+) $\text{kg}^{-1}$ )	$0.15 \pm 0.02$
$\text{K}^{+}$ (cmol (+) $\text{kg}^{-1}$ )	$0.06 \pm 0.00$
$\text{Mg}^{2+}$ (cmol (+) $\text{kg}^{-1}$ )	$0.02 \pm 0.01$
Avail. P ( $\mu\text{g/g}$ )	$21.05 \pm 0.26$

All values reported as means  $\pm$  standard deviation for four replica cultures.

#### 4. 金毛杜鵑生育地土壤之化學性質

惠蓀林場之金毛杜鵑土壤化學性質由表 5 之分析結果可知 pH 值為 6.49；全氮量為  $0.44 \pm 0.35$  %；可置換性陽離子鈣濃度為  $5.27 \pm 0.71$  cmol (+) kg<sup>-1</sup>；可置換性陽離子鉀濃度為  $0.22 \pm 0.29$  cmol (+) kg<sup>-1</sup>；可置換性陽離子鎂濃度為  $0.79 \pm 0.28$  cmol (+) kg<sup>-1</sup>；有效磷濃度為  $59.76 \pm 16.03$  μg/g。

表 5 金毛杜鵑生育地土壤之化學性質

Table 5 Chemical property of soil in site of *R. oldhamii*

養分元素	土壤層
nutrient element	Soil
pH 值	6.49
N (%)	$0.44 \pm 0.35$
Ca <sup>2+</sup> (cmol (+) kg <sup>-1</sup> )	$5.27 \pm 0.71$
K <sup>+</sup> (cmol (+) kg <sup>-1</sup> )	$0.22 \pm 0.29$
Mg <sup>2+</sup> (cmol (+) kg <sup>-1</sup> )	$0.79 \pm 0.28$
Avail. P (μg/g)	$59.76 \pm 16.03$

All values reported as means  $\pm$  standard deviation for four replica cultures.



## 5.紅毛杜鵑生育地土壤之化學性質

合歡山之紅毛杜鵑土壤化學性質由表 6 之分析結果可知 pH 值為 3.34；全氮量為  $1.17 \pm 0.13$  %；可置換性陽離子鈣濃度為  $0.57 \pm 0.06$  cmol (+) kg<sup>-1</sup>；可置換性陽離子鉀濃度為  $0.32 \pm 0.04$  cmol (+) kg<sup>-1</sup>；可置換性陽離子鎂濃度為  $0.07 \pm 0.01$  cmol (+) kg<sup>-1</sup>；有效磷濃度為  $0.10 \pm 0.05$  μg/g。

表 6 紅毛杜鵑生育地土壤之化學性質

Table 6 Chemical property of soil in site of *R. rubropilosum*

養分元素	土壤層
nutrient element	Soil
pH 值	3.34
N (%)	$1.17 \pm 0.13$
Ca <sup>2+</sup> (cmol (+) kg <sup>-1</sup> )	$0.57 \pm 0.06$
K <sup>+</sup> (cmol (+) kg <sup>-1</sup> )	$0.32 \pm 0.04$
Mg <sup>2+</sup> (cmol (+) kg <sup>-1</sup> )	$0.07 \pm 0.01$
Avail. P (μg/g)	$0.10 \pm 0.05$

All values reported as means ± standard deviation for four replica cultures.

## (II) 台灣原生杜鵑之扦插試驗

### 1. 台灣杜鵑扦插試驗

98.04.28 春季從杉林溪採集台灣杜鵑之插穗進行扦插，至 98.10.13 止共六個月，各處理對照組之發根率為 2.5 %、IBA 2000 ppm 為 2.5 %、IBA 5000 ppm 為 2.5 %、R15011+ As 為 0 % (圖 7)；而 98.07.03 夏季進行台灣杜鵑之扦插，至 98.10.13 止共三個月，各處理對照組之發根率為 0 %、IBA 2000 ppm 為 0 %、IBA 5000 ppm 為 0 %、R15011+ As 為 0 % (表 7)。

表 7 台灣杜鵑扦插之發根率 (%)

處理	對照組	IBA 2000 ppm	IBA 5000 ppm	R15011+ As
春季 4/28	2.5±0.5 <sup>a1</sup>	2.5±0.2 <sup>a</sup>	2.5±0.5 <sup>a</sup>	0.0±0.0 <sup>b</sup>
夏季 7/3	0.0±0.0 <sup>a</sup>	0.0±0.0 <sup>a</sup>	0.0±0.0 <sup>a</sup>	0.0±0.0 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> 同行數值後之英文字母不同者，表示差異顯著(P<0.05)



圖 7 台灣杜鵑扦插 IBA 處理之發根情形 A: IBA 2000 ppm B: IBA 5000 ppm

## 2. 森氏杜鵑扦插試驗

98.04.28 春季從阿里山採集森氏杜鵑之插穗進行扦插，至 98.10.13 止各處理對照組之發根率為 0 %、IBA 2000 ppm 為 0 %、IBA 5000 ppm 為 0 %、R15011+ As 為 0 %。；而 98.07.16 夏季進行台灣杜鵑之扦插，至 98.10.13 止各處理對照組之發根率為 0 %、IBA 2000 ppm 為 0 %、IBA 5000 ppm 為 0 %、R15011+ As 為 0 % (表 8)。

表 8 森氏杜鵑扦插之發根率 (%)

處理	對照組	IBA 2000 ppm	IBA 5000 ppm	R15011+ As
春 4/28	0.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.0 ± 0.0 <sup>a</sup>
夏 7/16	0.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.0 ± 0.0 <sup>a</sup>

註：符號及標記如表 7 所示

## 3. 西施花扦插試驗

98.05.18 從鞍馬山採集西施花之插穗進行扦插，至 98.10.13 止各處理對照組之發根率為 20 %、IBA 2000 ppm 為 30 %、IBA 5000 ppm 為 40 %、R15011+ As 為 55 % (圖 8)。而 98.07.03 夏季進行西施花之扦插，至 98.10.13 止各處理對照組之發根率為 4 %、IBA 2000 ppm 為 15 %、IBA 5000 ppm 為 30 %、R15011+ As 為 30 % (表 9)。

表 9 西施花扦插之發根率 (%)

處理	對照組	IBA 2000 ppm	IBA 5000 ppm	R15011+ As
春 5/18	20.0 ± 1.5 <sup>b</sup>	30.0 ± 2.0 <sup>b</sup>	40.0 ± 1.5 <sup>ab</sup>	55.0 ± 3.0 <sup>a</sup>
夏 7/3	4.0 ± 0.5 <sup>c</sup>	15.0 ± 1.5 <sup>b</sup>	30.0 ± 2.5 <sup>a</sup>	30.0 ± 2.0 <sup>a</sup>

註：符號及標記如表 7 所示



圖 8 西施花春季扦插之發根情形 A:對照組 B: IBA 2000 ppm  
C: IBA 5000 ppm ; D: R15011+ As

#### 4. 金毛杜鵑扦插試驗

98.06.09 春季從阿里山採集金毛杜鵑之插穗進行扦插，至 98.10.13 止各處理對照組之發根率為 12.5 %、IBA 2000 ppm 為 0 %、IBA 5000 ppm 為 5 %、R15011+As 為 15 % ；而 98.07.17 夏季進行金毛杜鵑之扦插，至 98.10.13 止各處理對照

組之發根率為 0 %、IBA 2000 ppm 為 0 %、IBA 5000 ppm 為 0 %、R15011+ As 為 2.5 % (圖 9) (表 10)

表 10 金毛杜鵑扦插之發根率 (%)

處理	對照組	IBA 2000 ppm	IBA 5000 ppm	R15011+ As
春季 6/9	12.5 ± 0.5 <sup>a</sup>	12.5 ± 1.0 <sup>a</sup>	5.0 ± 0.5 <sup>b</sup>	15.0 ± 1.5 <sup>a</sup>
夏季 7/17	0.0 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.0 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.0 ± 0.0 <sup>b</sup>	2.5 ± 0.5 <sup>a</sup>

註：符號及標記如表 7 所示



圖 9 金毛杜鵑春季扦插之發根情形 A:對照組 B: IBA 2000 ppm  
C: IBA 5000 ppm ; D: R15011+ As

#### 5. 紅毛杜鵑扦插試驗

98.05.18 春季從合歡山採集紅毛杜鵑之插穗進行扦插，至 98.10.13 止各處理對照組之發根率為 0 %、IBA 2000 ppm 為 5 %、IBA 5000 ppm 為 12.5 %、R15011+ As 為 7.5 %；而 98.07.03 夏季進行紅毛杜鵑之扦插，至 98.10.13 止各處理對照組之發根率為 32.3 %、IBA 2000 ppm 為 30 %、IBA 5000 ppm 為 40 %、R15011+ As 為 0 % (圖 10) (表 11)。

表 11 紅毛杜鵑扦插之發根率 (%)

處理	對照組	IBA 2000 ppm	IBA 5000 ppm	R15011+ As
春 5/18	0.0 ± 0.0 <sup>c</sup>	5.0 ± 0.5 <sup>b</sup>	12.5 ± 1.0 <sup>a</sup>	7.5 ± 0.5 <sup>b</sup>
夏季 7/3	32.3 ± 0.6 <sup>b</sup>	30.0 ± 1.5 <sup>b</sup>	40.0 ± 2.5 <sup>a</sup>	0.0 ± 0.0 <sup>c</sup>

註：符號及標記如表 7 所示



圖 10 紅毛杜鵑夏季扦插之發根情形 A: IBA 2000 ppm C: IBA 5000

### (III) 台灣原生杜鵑之嫁接試驗

台灣原生杜鵑種間嫁接結果顯示，金毛杜鵑嫁接平戶杜鵑苗木成活率為 0 %，台灣杜鵑嫁接平戶杜鵑苗木成活率為 0 %；紅毛杜鵑嫁接平戶杜鵑苗木成活率為 0 %；森氏杜鵑嫁接平戶杜鵑苗木成活率為 0 %；西施花嫁接平戶杜鵑苗木成活率為 0 %；各接穗與砧木接合部位癒合情形不佳，呈現嫁接不親和（圖 11）。



圖 11 台灣杜鵑接穗和砧木之接合部位情形

台灣原生杜鵑種內嫁接結果顯示（表 12），金毛杜鵑種內嫁接因八八風災過於嚴重，於試驗地因風吹折斷，無法判斷其是否嫁接成功；台灣杜鵑種內嫁接其存活率為 30 %，其嫁接接合部有癒傷組織之形成（圖 12）；紅毛杜鵑種內嫁接其存活率為 0 %；森氏杜鵑種內嫁接，其存活率達 50 %，且有新葉生長，其接合部亦有癒傷組織之形成（圖 13）；西施花種內嫁接其存活率為 20 %。



表 12 台灣原生杜鵑種內嫁接之存活率

樹種	存活率 (%)
金毛杜鵑	0 <sup>c</sup>
台灣杜鵑	30±2.5 <sup>b</sup>
紅毛杜鵑	0 <sup>c</sup>
森氏杜鵑	50±3.5 <sup>a</sup>
西施花	20±1.5 <sup>b</sup>

註：符號及標記如表 7 所示

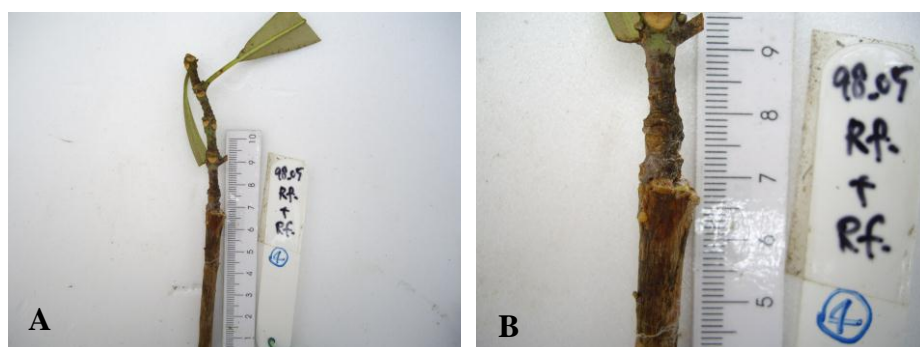


圖 12 台灣杜鵑種內嫁接存活之情形 A：嫁接存活，B：接合部

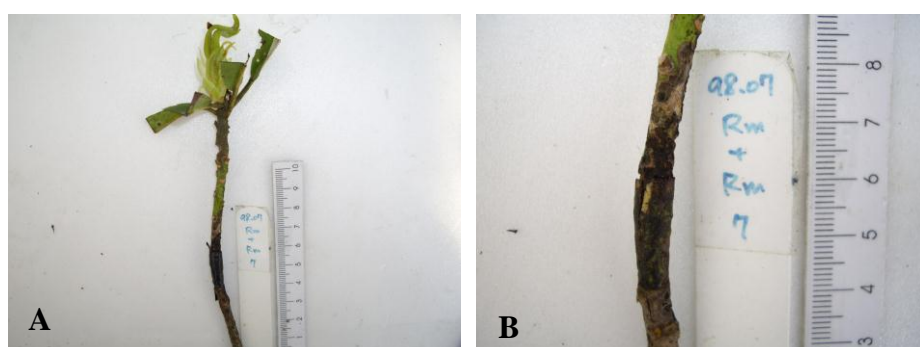


圖 13 森氏杜鵑種內嫁接存活之情形 A：嫁接長新葉，B：接合部

#### (IV) 台灣原生杜鵑之空中壓條試驗

##### 1. 台灣杜鵑

台灣杜鵑春季自 98 年 5 月至 98 年 10 月 13 日空中壓條試驗結果顯示其對照組發根率為 41.6 %、IBA 2000 ppm 發根率為 58.3 %，對照組發根情形較差 (圖 14)；夏季自 98 年 7 月至 98 年 10 月 13 日空中壓條試驗結果顯示其對照組發根率為 24 %、IBA 2000 ppm 發根率為 32 %，對照組發根情形為較差 (圖 15) (表 13)。

表 13 台灣杜鵑空中壓條之發根率 (%)

季節	處理	對照組	IBA 2000 ppm
春		41.6±0.8 <sup>b</sup>	58.3±1.2 <sup>a</sup>
夏		24±1.5 <sup>b</sup>	32±2.6 <sup>a</sup>

註：符號及標記如表 7 所示

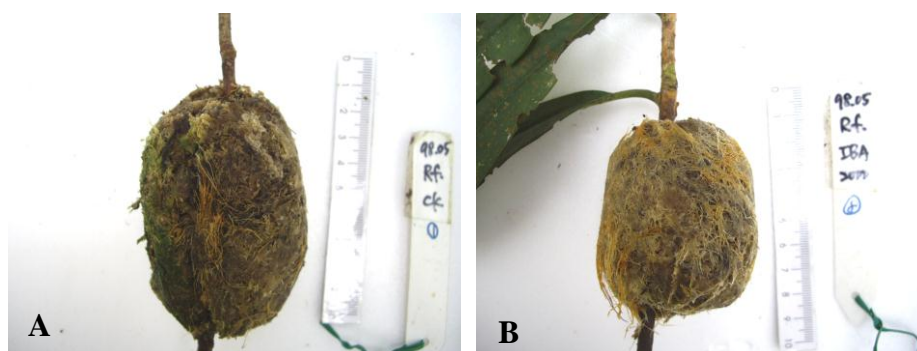


圖 14 台灣杜鵑春季空中壓條繁殖試驗發根之情形 A:對照組，B: IBA 2000 ppm

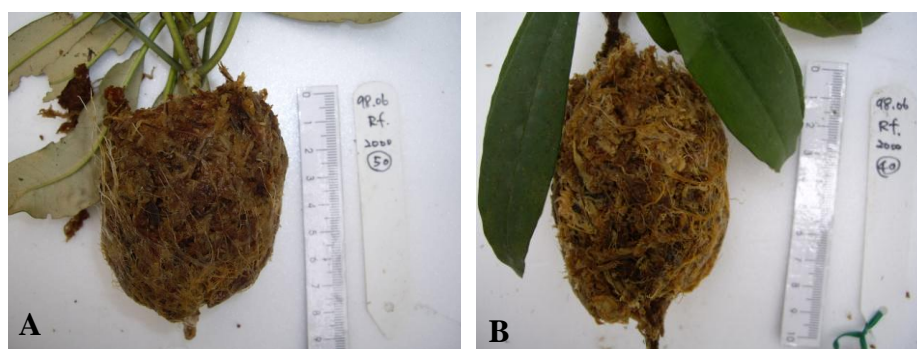


圖 15 台灣杜鵑夏季空中壓條繁殖試驗發根之情形 A:對照組，B: IBA 2000 ppm

## 2. 森氏杜鵑

森氏杜鵑春季自 98 年 4 月至 98 年 10 月 13 日空中壓條試驗結果顯示其對照組發根率為 58.3 %、IBA 2000 ppm 發根率為 75 % (圖 16)，對照組發根情形較差；夏季自 98 年 7 月至 98 年 10 月 13 日空中壓條試驗結果顯示其對照組發根率為 2 %、IBA 2000 ppm 發根率為 24 % (圖 17)，對照組發根情形為較差 (表 14)。

表 14 森氏杜鵑空中壓條之發根率

季節	處理	對照組	IBA 2000 ppm
春		58.3 ± 3.2 <sup>b</sup>	75.0 ± 2.5 <sup>a</sup>
夏		2.0 ± 0.4 <sup>b</sup>	24.0 ± 1.2 <sup>a</sup>

註：符號及標記如表 7 所示



圖 16 森氏杜鵑空中壓條繁殖試驗 IBA 2000 ppm 發根生長之情形

## 3. 西施花

西施花春季自 98 年 5 月至 98 年 10 月 13 日空中壓條試驗結果顯示其對照組發根率為 33.3 %、IBA 2000 ppm 發根率為 58 %，對照組發根情形較差 (圖 17)；夏季自 98 年 7 月至 98 年 10 月 13 日空中壓條試驗結果顯示其對照組發根率為 50 %、IBA 2000 ppm 發根率為 68 %，對照組發根情形為較差 (圖 18)(表 15)。

表 15 西施花空中壓條之發根率

季節	處理	對照組	IBA 2000 ppm
春		33.3 ± 2.4 <sup>b</sup>	58 ± 5.2 <sup>a</sup>
夏		50 ± 5.6 <sup>b</sup>	68 ± 4.3 <sup>a</sup>

註：符號及標記如表 7 所示

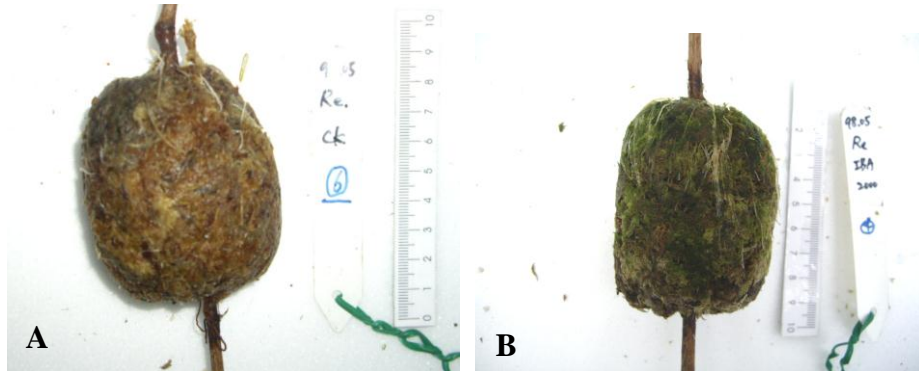


圖 17 西施花春季空中壓條繁殖試驗發根之情形 A:對照組，B: IBA 2000 ppm

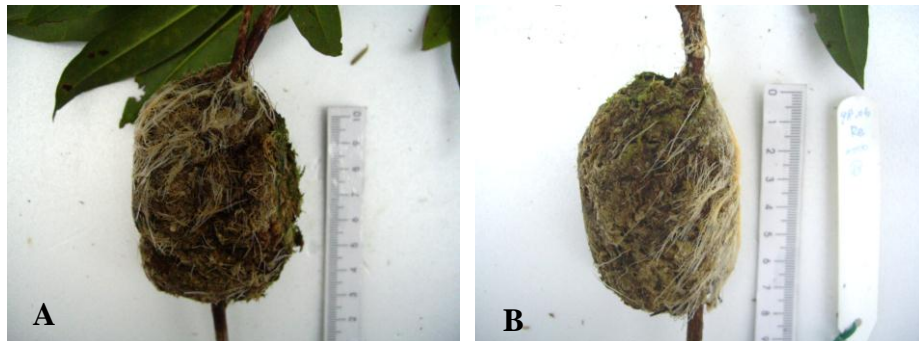


圖 18 西施花夏季空中壓條繁殖試驗發根之情形 A:對照組，B: IBA 2000 ppm

#### 4. 金毛杜鵑

金毛杜鵑春季自 98 年 4 月至 98 年 10 月 13 日空中壓條試驗結果顯示其對照組發根率為 75 %、IBA 2000 ppm 發根率為 66 %，IBA 2000 ppm 發根情形較差（圖 19）；夏季自 98 年 7 月至 98 年 10 月 13 日空中壓條試驗結果顯示其對照組發根率為 28 %、IBA 2000 ppm 發根率為 22 %，IBA 2000 ppm 發根情形為較差（表 16）。

表 16 金毛杜鵑空中壓條之發根率

季節	處理	對照組	IBA 2000 ppm
春		75 ± 6.5 <sup>a</sup>	66 ± 5.3 <sup>b</sup>
夏		28 ± 4.2 <sup>a</sup>	22 ± 3.6 <sup>a</sup>

註：符號及標記如表 7 所示

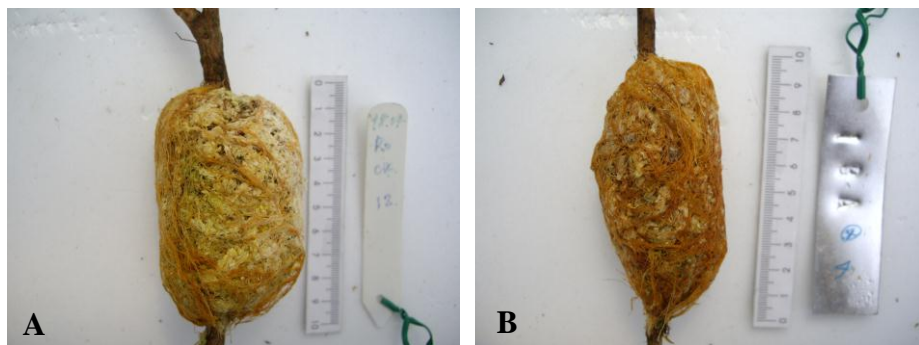


圖 19 金毛杜鵑春季空中壓條繁殖試驗發根之情形 A:對照組，B: IBA 2000 ppm

### 5.紅毛杜鵑

紅毛杜鵑春季自 98 年 5 月至 98 年 10 月 13 日空中壓條試驗結果顯示其對照組發根率為 40 %、IBA 2000 ppm 發根率為 34 %，IBA 2000 ppm 發根情形較差 (圖 21)；夏季自 98 年 7 月至 98 年 10 月 13 日空中壓條試驗結果顯示其對照組發根率為 30 %、IBA 2000 ppm 發根率為 42 % (圖 22)，對照組發根情形為較差 (表 17)。

表 17 紅毛杜鵑空中壓條之發根率

季節	處理	對照組	IBA 2000 ppm
春		40±3.5 <sup>a</sup>	34±2.6 <sup>a</sup>
夏		30±5.0 <sup>b</sup>	42±4.5 <sup>a</sup>

註：符號及標記如表 7 所示

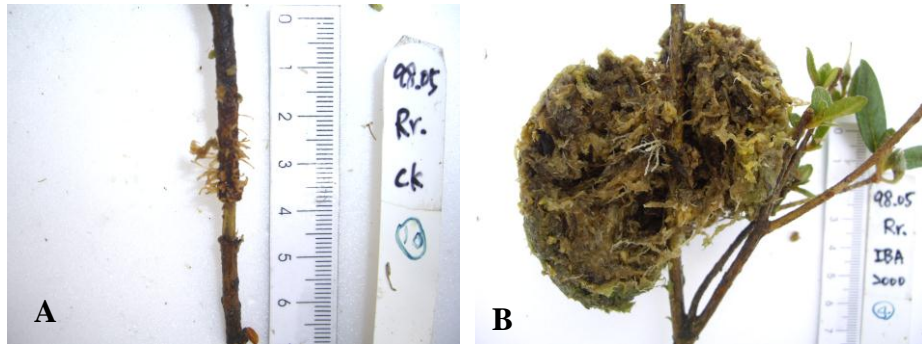


圖 20 紅毛杜鵑春季空中壓條繁殖試驗發根之情形 A:對照組，B:IBA 2000 ppm

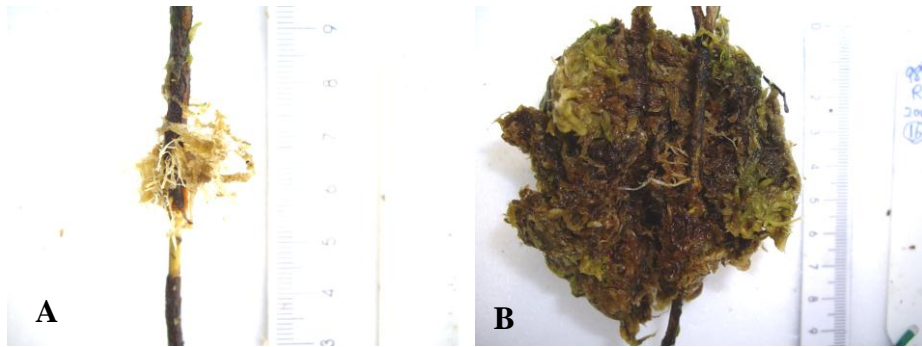


圖 21 紅毛杜鵑夏季空中壓條繁殖試驗發根之情形 A:對照組，B: IBA 2000 ppm

## V. 討論

### (I) 台灣原生杜鵑生育地土壤化學性質

台灣地區因雨水充沛，淋洗作用旺盛，森林土壤呈微酸性（pH 值 5.5-6 之間），土壤過酸或過鹼都不適合植物生存，多數植物皆無法在 pH 值低於 3.5 或高於 9 的環境條件下生長，而杜鵑花科植物最適合發育在 pH 4-5 之間，可作為酸性土壤的指標植物（胡弘道，1999）。研究結果顯示與 Gibson (2004) 報告中指出杜鵑類菌根菌很少在高 pH 的生育地中被發現之結果相符。

在自然森林生態系統中，植物所吸收的磷主要來自土壤風化所釋放，但這含量是很低的，使得磷成了限制植物生長的主要因素。石南原土壤中，可利用性無機磷的含量是相當低的，大部份的磷皆以有機磷的形態出現，其在酸性環境中常與鐵和鋁螯合，使一般植物無法直接使用，氮是植物生長的必要元素，但仍要有其他必要的元素參與才可順利生長，而鈣、鉀、鎂等皆屬於巨量元素，其在植物養分吸收上有很大之影響 (Larcher, 2003)。土壤 pH 值高低會影響可置換性鈣離子、可置換性鉀離子、可置換性鎂離子，一般來說，鈣、鉀、鎂等鹽基離子在高山森林酸性土壤中 (pH 值小於 5)，容易因淋溶作用而流失，造成養分貧瘠 (胡弘道，1999；陳仁炫、洪建民，1999；黃政恆等，2002；王明光，2007)。杜鵑科植物受到其生育地土壤的限制，而導致可用性養分相當低 (Read, 1983)，若與一般高等植物之土壤養分比較 (徐善德、廖玉琬，2005)，則可發現此生育地養分相當貧瘠。

綜合以上結果顯示，杜鵑科植物生育地 pH 值低，在植物體養分之氮、磷、鉀、鈣及鎂離子含量皆相當低，其生育地環境類似西歐之石南原 (heathland)。徐源泰 (2006) 在杜鵑遺傳多樣性調查中提到，杜鵑科植物易形成小面積之純林，生育地的土壤表面堆積了厚腐植質。而 Head (2003) 對石南原生育地特性描述如下：pH 值低、養分貧瘠，其土壤呈現酸性導致有機質不易分解。

## (II) 無性繁殖試驗

扦插試驗結果顯示西施花及金毛杜鵑以農桿根群菌處理插穗其發根率較佳，其次以 IBA 5000 ppm 處理較佳；紅毛杜鵑於春季扦插時以農桿根群菌處理其發根率較佳，於夏季扦插結果以 IBA 5000 ppm 處理較佳，其次以對照組處理較佳；台灣杜鵑及森氏杜鵑在扦插繁殖試驗，其效果不佳，台灣杜鵑需經過較長時間（四個月以上）才會發根。農桿根群菌處理木本植物之插穗材料，能夠改善生根能力，明顯地提高發根率，以解決林木扦插難生根樹種苗木生產的問題，但並非對所有樹種都有促進發根的效果，如 Strobel 和 Avi (1988) 利用農桿根群菌種 MT232 接種於芒果、酪梨、葡萄及棗樹的插穗，結果僅對芒果的插穗有促進發根作用。這些對農桿根群菌沒有反應的樹種，可能是菌種與寄主植物的不親和性所引起的，如桉樹用 3 種菌種 LBA9402、R1601 及 TR8.3 三種菌種，結果僅有 LBA9402 菌種促進作用較顯著 (Sharmane and Johannes, 1992)。

嫁接成活需視其砧木與接穗兩者切面之新細胞分裂及其原生質之互相融合情形。成活因素主要視其親和力及砧木、接穗之發育，接木之時間、接木技術等因素。一般嫁接成活從植物分類學上來說親緣越近的越容易成活 (譚克終, 1980)，相反的，親緣越遠的越不容易成活，從植物組織學上來看，是因為組織結構的不同造成的，偶爾有例外者。本試驗結果顯示，五種台灣原生杜鵑之接穗與平戶杜鵑砧木接合部位之癒合情形不佳，呈現嫁接不親和現象。

此五種台灣原生杜鵑以在空中壓條繁殖試驗，以 IBA 2000 ppm 處理壓條效果較對照組佳；壓條繁殖常用於扦插不易發根的植物，壓條時，為了中斷來自葉和枝條上端的有機物如醣、生長素和其他物質向下輸導，使這些物質積聚在處理的上部，供生根時利用，可進行環狀剝皮，在環剝部位塗 IBA 類生長素可促進生根 (蔡耀中、燕美黎, 1990)。

試驗結果顯示森氏杜鵑以扦插繁殖效果不佳，而以空中壓條效果較佳，其以 IBA 2000 ppm 處理時，春季效果較夏季佳，推測森氏杜鵑於空中壓條時需較長



久的時間，才會達到良好的效果；其他四種原生杜鵑也皆以空中壓條繁殖較佳，而延長壓條時間，將更有利於得到較佳的發根率。本研究證實，五種台灣原生杜鵑空中壓條之發根率均顯著高於扦插處理者，空中壓條技術可以有效應用於台灣原生杜鵑之無性繁殖，達到復育台灣原生杜鵑之目的。

## VI. 結論

1. 結果顯示，杜鵑植物生育地 pH 值低為酸性土壤，在植物體養分氮、磷、鉀、鈣及鎂離子含量也相當低。
2. 扦插試驗結果顯示西施花及金毛杜鵑以農桿根群菌處理插穗其發根率較佳，其次以 IBA 5000 ppm 處理較佳；紅毛杜鵑於春季扦插時以農桿根群菌處理其發根率較佳，於夏季扦插結果以 IBA 5000 ppm 處理較佳，其次以對照組處理較佳；台灣杜鵑及森氏杜鵑在扦插繁殖試驗，其效果不佳，台灣杜鵑需經過較長時間（四個月以上）才會發根。
3. 本試驗結果指出各接穗與平戶杜鵑砧木接合部位癒合情形不佳，呈現嫁接不親和
4. 台灣原生杜鵑種內嫁接結果顯示，金毛杜鵑受風災影響嚴重，試驗植株多處招風折，無法判斷是否嫁接成功；森氏杜鵑種內嫁接之結果為最佳，存活率達 50%，接合部有癒傷組織形成，且有新葉生長；台灣杜鵑種間嫁接存活率為 30%，嫁接接合部亦有癒傷組織形成；西施花種內嫁接之存活率為 20%；紅毛杜鵑種內嫁接之存活率則為 0%。
5. 此五種台灣原生杜鵑在空中壓條繁殖試驗裡，以 IBA 2000 ppm 處理壓條效果較對照組佳。
6. 試驗結果顯示森氏杜鵑以扦插繁殖效果不佳，空中壓條效果較佳，其以 IBA 2000 ppm 處理時，春季效果較夏季佳，推測森氏杜鵑於空中壓條時需較長久的時間，才會達到良好的效果；其他四種原生杜鵑也皆以空中壓條繁殖較佳，而延長壓條時間，將更有利於得到較佳的發根率
7. 以三種無性繁殖：扦插、嫁接、空中壓條進行試驗，以空中壓條試驗效果最佳，可有效大量且快速獲得台灣原生杜鵑苗木，並可應用在復育台灣原生杜鵑之目標。

## VII. 參考文獻

- 王子定 (1983) 應用育林學。國立編譯館 419 頁。
- 王明光 (2007) 森林土壤化學。華香園出版社，台北，542 頁。
- 王啟正 (2000) 農桿菌在植物基因轉殖上的原理及應用 (上)。花蓮區農業專訊 33:22-23。
- 王勝鴻 (1978) 接木技術。王家出版社，288 頁。
- 王銘琪 (1981) 杜鵑花。台灣花卉雜誌社，207 頁。
- 呂勝由、楊遠波 (1989) 台灣杜鵑花屬植物之訂正。林業試驗所研究報告季刊 4(4):155-166。
- 李嘉馨 (2000) 鳳凰山系台灣杜鵑植物社會之研究。國立台灣大學森林學研究所碩士論文，85 頁。
- 林明勇、應紹舜 (1993) 烏來杜鵑於原生地復育之研究。中華林學季 26(2):15-38。
- 林樂健 (1993) 園藝學通論。台灣開明書局，301 頁。
- 林靜宜 (2006) 農桿根群菌對牛樟插穗及豔紫荊空中壓條根及生長之影響。國立嘉義大學森林暨自然資源學系研究所碩士論文，79 頁。
- 侯清利 (1997) 促進作物生長藥劑之生理作用及其應用。農業世界雜誌 169(9):65-68。
- 胡弘道 (1999) 森林土壤學。國立編譯館，台北，435 頁。
- 倪正柱、林文彬 (1994) 日本柿 (*Diospyros kaki* Thunb.) 培育及穗砧不親合性調查。興大園藝 19:61-69。
- 徐善德、廖玉琬 (2005) 植物生理學。偉明圖書有限公司，臺北，602 頁。
- 徐源泰 (2006) 太魯閣國家公園杜鵑花屬植物遺傳多樣性調查。內政部營建署太魯閣國家公園管理處，44 頁。
- 涂古德 (2004) 扦插栽培實用指南。英屬蓋曼群島商家庭傳媒股份有限公司城邦分公司，80 頁。

- 高毓斌、黃松根 (1993) 牛樟之扦插繁殖。林業試驗所研究報告季刊 8(4):371-388。
- 張育森、張祖亮 (2006) 陽明山國家公園稀有原生植物保育生物學之研究。陽明山國家公園管理處研究報告，119頁。
- 陳仁炫、洪建民 (1999) 台灣主要耕地土壤之鉀釋出特性之研究。土壤與環境 2(3):235-250。
- 郭幸榮 (1995) 烏來杜鵑復育之研究—扦插繁殖之探討。臺灣省農林廳林務局，19 頁。
- 郭幸榮 (2006) 扦插苗之培育，郭幸榮主編，育林手冊90-99頁，承印實業股份有限公司，315頁。
- 郭幸榮、林季櫻 (1986) 林木之插條繁殖。台灣林業 12 (6)：14-22。
- 陳榮五、蔡宛育 (2002) 臺灣原生杜鵑之研究。臺中區農業改良場特刊第54號，48頁。
- 曾彥學、呂勝由 (2003) 台灣野生杜鵑花資源介紹。自然保育季刊 43:18-30。
- 游漢明、洪富文 (1997) 牛樟扦插苗出栽造林之生長表現。林業叢刊第 72 號。台灣省林業試驗所編印，p.113-117。
- 黃政恆、謝輕洲、王明光 (2002) 塔塔加地區不同植被下土壤離子濃度隨季節之變化與模擬酸與對土壤鉀離子淋溶之影響。土壤與環境 5(3):233-242。
- 黃德清 (1983) 台灣原生石楠扦插繁殖之研究。中國文化大學實業計劃(農學組)
- 詹明才、張新雄 (1991) 農桿菌轉殖系統之影響因素。科學農業 37(11-12):249-255。
- 劉雲聰 (2000) 富有柿嫁接及果實生長之研究。國立中興大學園藝學系碩士論文，122 頁。
- 劉業經、呂福原、歐辰雄 (1994) 台灣樹木誌，925 頁。
- 蔡巨才 (1999) 嫁接對甜柿植株生長之影響。嘉義技術學院學報 62：143-155。
- 蔡耀中、燕美黎 (1990) 作物繁殖。復文書局，245 頁。

- 譚克終 (1980) 園藝植物營養繁殖之最新技術。台灣商務印書館，472 頁。
- 譚克終 (1991) 園藝植物營養繁殖之最新技術。台灣商務印書館，31 頁。
- Aerts, R. and F. Berendse (1988) The effect of increased nutrient availability on vegetation dynamics in wet heathlands. *Vegetation* 76:63-69.
- Andrews, P. K. and C. S. Marquez (1993) Graft incompatibility. *Horti. Rev.* 15:183-232.
- Copes, D. L. (1977) Influences of rooting media on root structure and rooting percentage of Douglas-fir cuttings. *Silvae Genetica* 26(2-3):102-106.
- De Souza, S. M., and P. Felker (1986) The influence of stock plant fertilization on tissue concentrations of N, P and carbohydrates and the rooting of *Prosopis alba* cuttings. *Forest Ecology and Management* 16:181-190.
- Errea, P., L. Garay, and J. A. Marin (2001) Early detection of graft incompatibility in apricot (*Prunus armeniaca*) using in vitro techniques. *Physiol. Plant.* 112(1):135-141.
- Gibson, B. R. (2004) Heavy-metal sensitivity of mycorrhizal *Calluna vulgaris* and its mycobionts. Ph. D thesis, Department of Botany, University College Dublin.
- Gulen, H., R. Arora, A. Kuden, S. L. Krebs, and J. Postman (2002) Peroxidase isozyme profiles in compatible and incompatible pear-quince graft combinations. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 127:152-157.
- Haissig and N. Sankhla, editors. Adventitious root formation in cuttings. Dioscorides Press, Oregon. p284-288.
- Hartmann, H. T, D. E. Kester and F. T. Davies (1990) Plant propagation, principles and practices. Sixth Edition. Prentice-Hall Inc, USA. P.277-385.
- Hatta, M., C. A. Beyl, S. Gaarton and A. M. Diner (1996) Induction of roots on jujube softwood cutting using *Agrobacterium rhizogenes*. *J. Horti. Sci.* 71(6):881-886
- Head, M. (2003) Ericaceae in Malaysia: vicariance biogeography, terrane tectonics

and ecology. *Telopea* 10(1):314-449.

Henry A. (1896) A list of plants from Formosa with some preliminary remarks on the geography, nature of the flora and economic botany of the island. *Trans. Asia. Soc. Jap.* 24 Suppl.:1-118.

Ho C. K., S. H. Chang., G. F. Chen and F. S. Wu (2000) Enhancement or rooting ability of *Taxus mairei* cuttings via *A. rhizogenes* transformation. *Taiwan J. Forest Science* 16:193-202.

Hopkins, W. G. and P. A. Hüner (2003) *Introduction to Plant Physiology* Third Edition. John Wiley & Sons, New York. 528 pp.

Jalal, MAF and D. J. Read (1983) The organic acid composition of *Calluna* heathland soil with special reference to phyto- and fungi-toxicity. I. Isolation and identification of organic acids. *Plant and Soil* Vol. 70, no. 2, pp. 257-272.

Katarzyna S. (2007) Anatomical structure and adventitious root formation in *Rhododendron ponticum* L. cutting. *Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus* 6(2) 15-22

Kramer, P. J. and T. T. Kozlowski (1979) *Physiology of Wood Plants*. Academic Press, New York. pp.213.

Kujala T.S., J.M. Loponen, K.D. Klika, K. Pihlaja ( 2000 ) Phenolics and betacyanins in red beetroot (*Beta vulgaris*) roots: distribution and effect of cold storage on the content of total phenolics and three individual compounds. *J. Agric. Food Chem.* 48:5338-5342.

Larcher, W. (2003) *Physiological Plant Ecology*. Springer, New York. 513 pp.

MacDonald, B. (1990) *Practical Woody Plant Propagation for Nursery Growers*. Timber Press, Portland, OR. p669.

MacDonald, D. C. (1977) *Methods of soil and tissue analysis used in the analytical laboratory*. Canadian Forestry Service Information Report. MM-X-78.

- Mclean, E. O. (1982) Soil pH and lime requirement. *In* A. L. page *et al.* (eds.) Methods of Soil Analysis. Part2. 2<sup>nd</sup> ed., Agronomy 9:199-223 Academic Press, N. Y.
- Olson, S. R. and L. E. Sommers (1982) Phosphorus. *In* A. L. Page *et al.* (eds.) Methods of Soil Analysis. Part2. 2<sup>nd</sup> ed. Agronomy 9:403-427. Academic Press, N.Y.
- Rauter, R. M. (1982) Recent advances in vegetative propagation including biological and economic considerations and future potential. *In*: Proceedings of the IUFRO joint meeting of working parties on genetics about breeding strategies including multiclonal varieties. p.33-57.
- Read, D. J. (1983) The biology of mycorrhiza in the Ericales. Canadian Journal of Botany 61:985-1004.
- Rhoades, J. D. (1982) Cation exchange capacity. *In* A. L. page *et al.* (eds.) Methods of Soil Analysis. Part2. 2<sup>nd</sup> ed., Agronomy 9:149-157 Academic Press, N. Y.
- Roulund, H. (1981) Problems of clonal forestry in spruce and their influence on breeding strategy. For. Abs. 42(10):457-471.
- Sharmane, M. and V. S. Johannes (1992) *Agrobacterium rhizogenes* transformation to improve rooting ability of *Eucalypts*. Tree Physiol. 12:411-418.
- Shen, W. H., A. Petit, J. Guern and J. Tempe (1988) Hairy roots are more sensitive to auxin than normal roots. Proc. Natl. Acad. Scp. USA. 85:3417-3421.
- Strobel, G. A. and N. Avi (1988) *Agrobacterium rhizogenes*: a root inducing bacterium. *In*: Davis, T. D., B. E. Haissig and N. Sankhla, editors. Adventitious root formation in cuttings. Dioscorides Press, Oregon. p284-288.
- Sutton, R. F. (1980) Root system morphogenesis. N. Z. J. Forest Science 10(1):264-292.
- Urszula, N. G. and G. Wojciech (2003) Rooting of azalea shoot cuttings depending on

the degree of lignification. *Dendrobiology* 49:53-56.

Vogg, G. R. Heim., J. Hansen, C. Schafer, and E. Beck (1998) Frost hardening and photosynthetic performance of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) needles. *Plantarum* 204:193-200.



## VIII. 台灣杜鵑無性繁殖技術之研究期末報告紀錄

### (一)王處長亞男：

- 1、本計畫已找出“壓條（高壓）”法在春季為台灣原生杜鵑無性繁殖最好的方法，符合計畫之預期成果，建議：通過。
- 2、本研究成果除已得到無性繁殖成功的苗木外，另針對各種台灣原生杜鵑生育地土壤、嫁接之親和性、扦插接種農桿根群菌、壓條發根率均有研究及具體結果。
- 3、P32 (II)無性繁殖試驗.....第二段：嫁接成活需視其砧木與接穗兩者切面之新細胞分裂及其原“形質”之互相融合情形。“形”改為“生”(原生質)。
- 4、建議將此技術推廣，進行台灣原生杜鵑之復育，大面積栽植。

### (二)謝副處長尚達：

- 1、森氏杜鵑利用高壓繁殖將可營造另一種特色，有關阿里山立地條件如何及需改善之處，請學校能提供協助與克服。
- 2、研究成果預定 12 月起可陸續栽植於阿里山，屆時請工作站配合並學習無性繁殖研究技術。
- 3、阿里山吉野櫻目前感染天狗巢病，用無性繁殖技術是否可行？

### (三)許課長碧如：

感謝團隊研究出好成果，因為樹種多，不同處理敘述亦繁瑣，希望能將各處理產生最好之結果，如高壓、農桿菌、生長素濃度等等技術及時間點彙整詳細列表(冊)，提供給本處，必將帶給林業現場人員及鄒族等社區實質的幫助與問題解決。

**(四)李課長志珉：**

- 1、杜鵑植物試驗結果顯示比較喜好酸性土壤生育地，其土壤特性對相關無性繁殖試驗是否造成影響？
- 2、試驗介質與杜鵑植物生育地土壤 pH 值是否有差異，如果不同是否影響後續出栽造林成活率？

**(五)洪技正淑霞：**

- 1、此計劃研究成功相信阿里山大面積栽植杜鵑指日可待，未來此技術該如何傳承延續？
- 2、研究成功之苗木何時可栽植於阿里山成活率會最高？
- 3、這幾年要找真正吉野櫻頗為困難，是否可延續提出吉野櫻相關無性繁殖研究計畫。

**(六)陳技正識安：**

扦插、高壓及嫁接三種方式，在一年當中以什麼時期成活最好？

**(七)李校長答覆：**

- 1、本研究曾試驗將原生杜鵑接穗嫁接於平戶杜鵑之砧木，因平戶杜鵑可在平地快速生長，若嫁接成功則可將多種原生杜鵑引種至平地。然而試驗結果顯示原生杜鵑和平戶杜鵑之嫁接呈現不親和性；又農桿根群菌屬於微生物，雖在實驗上有促進插穗生根之功效，但釋放此一微生物至野外對環境恐有副作用之虞，故不建議使用。本研究發現可確實有效無性繁殖原生杜鵑之技術為高壓繁殖，可培養出原生杜鵑苗木以供美化植栽之用。

- 2、原生杜鵑各種處理之最佳無性繁殖條件，將彙整後提供貴處參考，亦將在育苗技術上協助現場工作同仁進行相關作業。本次試驗所培育之原生杜鵑苗木預定12月起可陸續移植至阿里山遊樂區，除了會選擇適當立地條件外，亦會調整土壤酸鹼度，期望能與林管處合作進行復育工作，期使遊客能欣賞到原生杜鵑之美。
- 3、研究結果顯示春季為最適宜之扦插時期，在春季之插條成活率效果較夏季者為佳。原生杜鵑較適宜生長於酸性土壤。相關資料將一併整理後提供 貴處同仁參考。
- 4、吉野櫻之無性繁殖亦可嘗試進行研究，但須先作預備試驗，以了解其可行性。
- 5、阿里山櫻花遠近馳名，雖有感染天狗巢病，惟應可選擇健康櫻花植株進行無性繁殖試驗。

附錄一、各試驗樣點位置圖

