

台灣產玉山黃菀複合群之遺傳多樣性 研究計畫

Genetic diversity of *Senecio morrisonensis*
complex in Taiwan

受委託者：國立成功大學

研究主持人：蔣鎮宇

協同主持人：許再文

研究助理員：黃啟俊

內政部營建署玉山國家公園管理處

中華民國九十四年十二月

目次

表次	III
圖次	IV
摘要	V
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 研究目的	8
第二章 方法與結果	11
第一節 實驗材料與方法	11
第二節 結果	16
第三節 討論	28
第三章 結論與建議	37
第一節 結論	37
第二節 建議	37
附錄一	41
附錄二	43
附錄三	57

目次

參考書目 · · · · ·	59
----------------	----

表次

表 1-1	歷年來分類處理	9
表 1-2	玉山黃菟複合群分類特徵	10
表 2-1	黃菟屬採樣記錄	19
表 2-2	微衛星 DNA 引子	27
表 2-3	利用微衛星 DNA 引子所產生條帶的有 (+) 或無 (-)	22
表 2-4	利用 RAPD 引子所產生條帶的有 (+) 或無 (-)	23
表 2-5	AMOVA 分析玉山黃菟複合群的 F_{SC} 、 F_{ST} 和 F_{CT}	26

圖次

圖次

圖 2-1 黃菟屬採樣點地圖	19
圖 2-2 細胞核 DNA ITS 之 noncoding spacer 片段重建玉山黃菟複合群之 N-J 樹狀圖	27

摘要

黃菟為菊科植物，全球約計1500種，主要分布於南美洲及非洲，臺灣有9個分類群，而分布於玉山國家公園境內的種類包括玉山黃菟 (*S. morrisonensis* Hayata)、黃菟 (*S. nemorensis* L. var. *dentatus* (Kitam.) H. Koyama)、台東黃菟 (*S. taitungensis* S. S. Ying)，及關山千里光 (*S. Kuanshanensis* C. -I Peng & S. W. Chung)，並且均為台灣特有種，分類學者常以葉形、舌狀花大小及生長環境等作為千里光分類依據，但野外族群常見有難以分辨中間型，造成分類上的困難，本研究利用核ITS分子序列及微衛星DNA分子指紋研究黃菟屬在玉山國家公園內的族群演化歷史，並界定種間分類地位，用以作為保育及研究依據。

核 ITS 分子序列顯示這些種類皆未達到單系群，而微衛星 DNA 和 RAPD 結果顯示，玉山黃菟、黃菟、台東黃菟和關山千里光四個分類群可分成兩大群，一群為黃菟，另一群為玉山黃菟、台東黃菟和關山千里光，形態的多變、各族群間高度分化的情況，顯現這些漸變群主要是近代棲地隔離，族群間歧異。

摘要關鍵詞：黃菟，微衛星 DNA，RAPD，nr ITS，近代歧異，臺灣，玉山國家公園。

Abstract

The development of molecular biology has promoted systematics, and conservation biology. In this study, we examined the taxonomic status and conservation genetics of the *Senecio morrisonensis* Hayata species complex, including *S. morrisonensis*, *S. nemorensis* L. var. *dentatus* (Kitam.) H. Koyama, *S. taitungensis* S. S. Ying, and *S. kuanshanensis* C.-I Peng & S. W. Chung, all of which are distributed in the Yu-shan National Park. Phylogenetic analysis based on nuclear ribosomal ITS sequences revealed that all taxa are paraphyletic. Microsatellite DNAs and RAPD fingerprints separated these species into two groups, i.e., a group of *S. nemorensis* var. *dentatus*, and the other including *S. morrisonensis*, *S. taitungensis* and *S. kuanshanensis*. A hierarchical AMOVA analyses indicated significant genetic differentiation among populations ($F_{ST}=0.52$; $P<0.05$). Highly variable morphologies, and population differentiation reflex a scenario of recent divergence.

Key words: *Senecio*, microsatellite DNA, RAPD, nr ITS, recent divergence, Taiwan, Yushan National Park.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

台灣位於歐亞大陸板塊及太平洋板塊的交接處，約在距今五百萬年前由於歐亞大陸板塊與菲律賓海洋板塊擠壓造成山脈隆起，以每年上升 2.5-4.6 公釐形成現今台灣主要的山脈，是為蓬萊造山運動(Penglai Orogeny; Liu 2000)。台灣地處熱帶跟副熱帶交界，北接日本、琉球群島，南臨菲律賓群島，西隔臺灣海峽與大陸相望，東臨太平洋，受到海洋季風調節造成全島溫暖且潮濕，以及島上分布許多超過 3000 公尺以上的高山，造成台灣擁有熱帶、副熱帶及溫帶的多樣性植物類型。

島嶼生物研究受到演化生物學家重視，因為島嶼的生態環境往往不同於大陸，物種長期在隔離狀態下，生物在生活適應上及演化過程也不同(Stuessy 1998)。而島嶼面積大小，地形的複雜性、距大陸塊的遠近、空間、地理環境都會影響其生物相，一般島嶼生物被認為有較低的遺傳歧異度及較高的族群間分化程度(Crawford et al. 2001)，以及比生存於大陸的植物有較高滅絕的危

險性(Case et al. 1992; Smith et al. 1993)。在島嶼生物所顯現的生態特色，有生物相的不平衡、較多特有物種以及物種易受害現象(vulnerability)(Byrne 1980)，島嶼生物因生活在隔絕的環境，生物相的組成受限於物種之傳播能力，通常較缺乏完整的分類群，大多數海洋島嶼缺乏大型哺乳動物，加拉巴哥群島即為一個例子。另外，島嶼生物雖較高比例的特有種，然其擁有之生物往往由大陸族群分支出來，原有族群在遷移過程中經瓶頸效應(bottleneck)容易喪失部分基因，使得族群原有生物特性無法顯現，在長期演化之族群其特徵也只能由最初的少數個體決定，某些生物在長期隔離後，因島嶼環境型態特殊，生物演化出的形態及功能便不同於大陸近緣種，甚至同一物種有了種化或生殖隔離的現象(Frankham 1997)。而島嶼生物易受害之特質是因島嶼生物族群數量小，且活動面積不如大陸，一但棲地受到侵佔、改變或破壞，生物常無棲地移轉空間，易造成滅絕。

島嶼形式分成海洋性島嶼與大陸性島嶼，海洋性島嶼，如夏威夷群島、加那利群島等和鄰近大陸分隔，不曾相連，島上生物來源主要來自鄰近大陸或島嶼遷入。大陸性島嶼則和鄰近大陸在地質歷史中曾經相連，彼此間物種曾經或可相互遷徙、進行基因交流。台灣為一大陸性的島嶼，其地質歷史、生物相均和亞洲大陸有緊密的關係，甚至在冰河時期可能由於溫度降低、冰

河擴張，導致台灣、亞洲大陸和琉球群島之間有陸橋的產生，彼此間物種、族群可能進行交流。

從 1953 年華生和克利克發現雙股 DNA 開始，為生物學開啟了嶄新的一頁，近年來分子生物技術的快速進步與發展，有效提供各種不同的分子標記 (molecular marker)，有助於傳統生物學難以解決的問題，在傳統分類學上，主要根據物種外部形態來判定分類地位，但形態特徵易受到外部環境影響而改變，另外非來自最近緣共同祖先訊息的平行演化(parallelism)、趨同演化(convergence)及回溯祖先型(reversal)均會增加物種分類及親緣重建上的困難，相對地，分子系統分類學根據大量的分子序列資料以及來自共同祖先的進化特徵可較精確地顯現物種族群歷史，其中演化上趨於中性的分子標記因受到較小的天擇壓力，更能表現族群歷史及親緣關係。

植物細胞包含三種不同的基因組，分別為粒線體 DNA(Mitochondrion DNA)、葉綠體 DNA(Chloroplast DNA)和細胞核 DNA(Nucleus DNA)，其中以細胞核 DNA 最大(1.1×10^6 - 110×10^9 kbp)，粒線體次之(200-2500 kbp)，葉綠體最小(135-160kbp)。其中粒線體和葉綠體均為單系遺傳，由於粒線體 DNA 變異極大以及被大範圍非轉錄片段所區隔，導致其不適合作為探討物種親緣的分子標記，在葉綠體 DNA 中，遺傳過程中不經過遺傳重組，且多為母系遺

傳，演化上甚為保守且演化速率慢，在有性生殖或無性生殖過程後，仍能保有原有的遺傳變異，因此常用來探討物種親緣關係；而細胞核 DNA 為雙系遺傳，具有父系及母系的遺傳物質，配合葉綠體 DNA 將可得到較完善之物種親緣訊息(Judd et al. 2002)。

微衛星 DNA 是一種單一重複核苷酸序列 motif 之 DNA 序列，其 motif 長度多為 1-6 bp (Goldstein 1999)。造成此重複序列產生主要是由於親代在減數分裂或有絲分裂時，發生染色體重組或 DNA 聚合酵素功能上缺失(Schlotter & Tautz 1992; Richards & Sutherland 1994; Tautz & Schlotterer 1994)，以及 DNA 本身之修補系統失誤 (Thomas et al. 1996)，造成其序列重複數目改變，因此有基因多型性產生，而在族群長期演化中，此種重複序列變異持續累積，不受天擇影響且廣泛分佈基因體內，可有效顯示其族群歷史。相較於現今分子研究中常用於研究物種演化歷史的細胞核 DNA 及胞器 DNA 保守區域，微衛星 DNA 的變異較大，能夠表現出較多的有效訊息，也更能夠顯現其族群演化歷史，對於研究族群歷史、物種雜交及物種親緣分析等是一重要工具 (Provan 2001)。利用微衛星 DNA 探討族群演化歷史主要是依據其重複序列數目改變，改變的模式主要有 Step-wise mutation model (SMM) 及 Infinite alleles model (IAM) 兩種假說，SMM 假說認為微衛星 DNA 的改變是單次獲得或失

去一重複序列，而 IAM 假說則是認為微衛星 DNA 的改變是單次獲得或失去多數重複序列，一般認為，SMM 假說適用在已明顯分化的分類群間的比較，IAM 假說則適用於種內之間的比較(Weising et al.2005)。

親緣地理學(phylogeography)是屬於生物地理學的一支，為 Avise et al. (1987)所提出，主要是探討生物歷史與地理分布之間的關係，此觀念強調於物種在演化過程中的遺傳系統與空間上的分布(Avise 1998)，同時亦著重現今的基因交流及過去的演化歷史。而生物地理學(biogeography)是一門研究生物在地理上分布的學門，主要探討生物相(biota)在地球上空間分布的模式，以及這些生物相的歧異度(diversity)和分類群(taxa)組成之多樣化等概念 (Futuyma 1986; Barry and Moore 2000)。

親緣地理和傳統生物地理的不同在於傳統生物地理學往往較強調高階分類群地理分布形式，除了利用現今物種的形態特徵及傳播或遷移方式外，往往由化石來當推論的證據。但親緣地理卻多是從一物種遺傳變異的分布反映出族群間歷史親緣及基因交流或隔離的過程，區分來自共同祖先的遺傳特徵，或是族群間基因交流的結果，因此，親緣地理學的研究被視為是族群遺傳(或稱微演化，microevolution)及種化(speciation)之間的橋樑(Moritz and

Bermingham 1998)。親緣地理學是一複合的學門，必須從多層面來探討，要解釋分析系統的分布通常須藉由分子遺傳、族群遺傳、系統分類、行為生態學及歷史地質等面向切入，因此親緣地理學被認為是一整合性學門(Avise et al. 1987; Avise 1998)。其中利用分子遺傳物質變異來研究是重建物種、分析遺傳結構及族群演化歷史的有力工具，藉由了解遺傳變異在族群間及族群內的分布，也可以幫助我們在研究瀕危物種時提供有效的訊息，進一步了解整個族群面臨之狀況，來確立適用的保育政策，使得保育更有效率。

菊科植物為泛世界分佈性的物種，約計有1,535屬23,000餘種，其中主要分佈於南美洲及非洲的黃菟屬(*Senecio*) 約有1,500種左右(Judd et al. 2002)，在台灣本屬植物多分佈於海拔1,000公尺以上山區，根據第二版植物誌，台灣有7種1變種，其中分布於玉山國家公園境內的有玉山黃菟 (*S. morrisonensis* Hayata)、黃菟 (*S. nemorensis* L. var. *dentatus* (Kitam.) H. Koyama) 及台東黃菟 (*S. taitungensis* S. S. Ying)，而關山千里光 (*S. Kuanshanensis* C. –I Peng & S. W. Chung)則為Chung & Peng (2002)在關山發現的新種(表1-1)，上述種類均為台灣特有種，其分類常以葉形、舌狀花大小及生長環境等作為其分類依據，其典型外部形態可依據葉羽狀裂葉或葉緣鋸齒將彼此分開並明顯區隔(表1-2)。但野外族群常見有難以分辨中間型，造成分類上的困難，加上生長環

境重疊性高，且開花繁殖期接近，多變而又重疊的外部形態特徵可能是最近分歧(recent divergence)的結果也就是”種”間趨向分化，而尚未達到種化的階段，另一方面種間的雜交也可能是造成中間型存在的主因。形態上多變而又不完全分化的複合群(species complex)常常是分類學上最棘手的問題，演化上，複合群卻代表多樣性生成及被保留在野生族群的過程。在保育方面，若不能正確釐清其物種的界限，而隨意將因形態多型性之同種分成不同分類群或不同物種全部歸併於同一種，都將造成保育資源管理上的浪費及執行上的困難，並可能因錯誤的認知及不當的保育策略大大地影響物種生存，最後甚至造成物種絕滅的危機。本研究中玉山黃菟等物種均為台灣特有種，相較於廣泛分布的種類，侷限的分布降低了有效的族群大小，遺傳變異本來就較易流失，若未能受到適當的保育作為，將加速遺傳漂變 (genetic drift) 的影響，導致其基因歧異度急速降低，對物種造成不可回復的傷害，為了避免此種狀況發生，明確釐清種與種的界限將是根本而必要的工作。

第二節 研究目的

本研究主要的目的即在利用分子工具釐清玉山黃菟的親緣及分類地位，藉由核 ITS 分子序列、微衛星 DNA 及 RAPD 分子指紋之遺傳的變異，重建出其分子親緣。另一方面，利用遺傳變異的空間分布，進一步探討地理區間及族群間的遺傳分化的程度，並以此推估現今族群間的基因交流程度，根據遺傳歧異度的空間分布鑑定出多樣性的熱點，並依上述分析鑑定出可行的保育單位(conservation units)。

表 1-1 歷年來分類處理

Taxa		Synonyms
玉山黃苑	<i>S. morrisonensis</i> Hayata (911)	
黃苑	<i>S. nemorensis</i> L. var. (Kitam.) H. Koyama (1969)	<i>S. morrsionensis</i> Hayata var. <i>dentatus</i> Kitam. (1984) <i>S. angustiolia</i> Hayata (1911)
台東黃苑	<i>S. taitungensis</i> S. S. Ying (1990)	
關山千里光	<i>S. kuanshanensis</i> C.-I Peng & S. W. Chung (2002)	

表 1-2 玉山黃菀複合群分類特徵

		回數	葉緣	葉排列方式	分布區域
玉山黃菀	特有種	一至二回	羽狀裂	莖生	海拔 1600 以上山區
黃菀	特有變種	無	鋸齒	莖生	海拔 1600 以上山區
台東黃菀	特有種	一回	羽狀裂	基生	侷限於南橫海拔 2000 以上山區
關山千里光	特、稀有種	二至三回	羽狀裂	莖生	侷限於南橫關山

第二章 方法與結果

第一節 實驗材料與方法

1. 野外採樣：

玉山黃苑複合群採集地點及取樣數：採集地點為北大武山、關山嶺、合歡山、南湖大山、雪山和新竹，每一族群各取6-10個體，採集數目列表2-1。

2. 實驗室工作

(1) DNA 萃取：

幼嫩的葉組織將以矽膠乾燥處理，回到實驗室並以液態氮將葉組織研磨成粉狀。

本研究每個族群取4-10個個體，利用 CTAB 方式 (Doyle and Doyle 1987) 在液態氮下磨成粉末的植物組織分離出 genomic DNA。

(2) 利用微衛星 DNA 引子 (表 2-2) 以 Taq polymerase 在溫度循環器擴增出微衛星 DNA，在總體積 100 μ l 的反應液中加入 5 μ 聚合酵素(Taq polymerase)，10 μ L 10X 緩衝液，10 μ L 的 dNTP，濃度 2 pmole 的引子各 10 μ l，最後加入 20ng DNA，以無菌水補足 100 μ l。聚合酵素反應在溫度循環機(Thermal cycler)進行，共進行 31 個循環，每個循環流程為：92°C，45 秒，將 DNA 的雙股變性打開(denaturation)；49°C，1 分 15 秒，使 DNA 與引子結合(annealing)；72°C，1 分 30 秒，進行 DNA 延伸反應(extension)，最後在 72°C 作用 10 分鐘。PCR 結束後，取 5 μ l 的 PCR 產物加上 1 μ l 6 倍的染色溶液，在 1%瓊脂凝膠(agarose gel)中以 100 伏特電壓跑電泳約 30 分鐘，經過溴化乙啶螢光染色劑(EtBr)處理後，配合所選用的 DNA ladder 當分子大小的標記，並在紫外線燈下顯色及拍照。(Hsu 2004)。

(3) Polyacrylamide gel 電泳判斷 PCR 產物片段長度及 band 條數

取一大(33.3 x 41.9 cm)一小(33.3 x 39.4 cm)玻璃，在小片玻璃上塗上 γ -methacryloxypropyl-trimethoxysilane，可使膠片可附著其上，在大片玻璃上塗上 dimethyldichlorosilane solution，可使膠片和玻璃分離，將兩片玻璃重疊並插入梳子以及用膠布封住四周空隙，配置 6% acrylamide stock solution

第二章 方法與結果

(acrylamide : N,N'-methylene bisacrylamide = 29:1)，10% Ammonium persulfate 以及 TEMED (N,N,N',N'-tetramethylethylenediamine)，以 3:24:1 比例混合均勻後利用針筒注入兩片玻璃之間並清除氣泡，水平靜置等待其凝固即可拔除梳子及膠布，利用 pipette 清洗 well 後加入 PCR 產物，將垂直電泳槽注入 10X TBE buffer 跑膠，在室溫下以 150V 電壓進行電泳，經過溴化乙啶螢光染劑 (EtBr)處理後判別 DNA 片段長度及條帶數。

(4) RAPD 指紋分析(Rapid amplified polymorphic DNA fingerprinting)：

利用 UBC 商業合成引子 1-200 號，複製位於 genomic DNA 上不同的基因座，RAPD 每管 25 μ l，包含 6.3 μ l DNA (2ng/ μ l)，2.5 μ l 10X PCR 緩衝液、2.5 μ l dNTP(8mM)、濃度 2 pmole 的 primer 0.33 μ l、2.5 μ l MgCl₂(10mM)、0.5 μ l 的聚合酵素(Taq polymerase, Promega)及 10.37 μ l 的無菌水。並加入 20 μ l 礦物油，防止溶液於反應過程中受熱蒸發，聚合酵素反應在溫度循環機(Thermal cycler)進行，共進行 31 個循環，每個循環流程為：92°C，45 秒，將 DNA 的雙股變性打開(denaturation)；49°C，1 分 15 秒，使 DNA 與引子結合 (annealing)；72°C，1 分 30 秒，進行 DNA 延伸反應(extension)，最後在 72°C 作用 10 分鐘。PCR 結束後，取 5 μ l 的 PCR 產物加上 1 μ l 6 倍的染色溶液，在

玉山國家公園之台灣特有黃菟屬植物之遺傳多樣性及保育

1%瓊脂凝膠(agarose gel)中以 100 伏特電壓跑電泳約 30 分鐘，經過溴化乙啶螢光染劑(EtBr)處理後，配合所選用的 DNA ladder 當分子大小的標記，並在紫外線燈下顯色及拍照。依據照片上條帶的有無將其紀錄成表，其中 1 代表有條帶，0 代表無條帶。

(5) nr ITS 分子定序

本研究以 nr ITS 分子序列變異重建種間親緣，PCR 產物純化後，進行分子定序 DNA 定序是以雙去氧核苷鏈停止法(dideoxynucleotide chain termination, Sanger et al. 1977)，定序出 cpDNA *atpB-rbcL* intergenic spacer。核酸序列自動定序利用 ABI PRISM 337 DNA Sequencer (Perkin-Elmer; ABI BigDye Terminator Cycle Sequencing Kit, Perkin-Elmer)進行分子定序。

(6) 資料分析：

分子指紋的變異分析，主要利用 Arlequin Version 2.0 (Schneider *et al.* 2000) 估算族群間及種間的遺傳分化，並根據 $F_{ST}=1/(1+2Nm)$ 的公式，估計族群間可能的基因交流，其中 N 中是表示族群中雌個體的有效族群量，m 表示雌個體的遷徙能力，當族群分化程度 $F_{ST}<0.05$ ，表示族群間幾乎沒有遺傳分化，若 $0.05<F_{ST}<0.15$ ，表示族群間的分化程度低等，若 $0.15<F_{ST}<0.25$ ，

第二章 方法與結果

表示族群間屬於中度分化，若 $F_{ST} > 0.25$ ，表示族群間屬於高度分化，其中 F_{ST} 代表族群間遺傳分化程度， F_{SC} 代表種內族群間遺傳分化程度， F_{CT} 代表種間遺傳分化程度。

DNA 分子序列的資料以 Clustal V (Higgins et al. 1992) 程式完成比對及排列 (alignment)。比較彼此間鹼基對替換 (transition；兩個嘌呤或嘧啶間的突變，A/G 或 T/C 突變) 及鹼基對顛換 (transversion；嘌呤與嘧啶間的突變，T.C/A.G 突變) 的發生頻率及比值，來計算玉山黃菀複合群彼此的序列變化。利用 MEGA 2.0 (Molecular evolutionary Genetics Analysis Version 2.0) 計算全部鹼基對取代數目 (K, total nucleotide substitutions)，及每個位置鹼基對替換及顛換的發生頻率。以 Kimura 雙參數模式 (two-parameter model) 方式 (Kimura 1980) 計算鹼基替代率及遺傳距離，並以聚類分析法 (neighbor-joining method) 原理建構其親緣樹狀圖，並以重複 1000 次之 bootstrap (Felsenstein 1985) 分析演化樹種 clades 的可信度。

第二節 結果

(1) 微衛星 DNA (Microsatellite DNA) :

本研究採集資料條列於表 2-1 和圖 2-1，以 *Taq* polymerase 在溫度循環器擴增出微衛星 DNA，以及配合 Liu et. al (2004) 所設計的引子共 10 組，列於表 2-2，分別在黃菟屬不同物種間以 Polyacrylamide gel 電泳判斷 PCR 產物片段長度及 band 條數，列於表 2-3，結果顯示其中 9 組引子在種間條帶並無顯著變異，只有在 S26 引子上發現條帶的差異，其中黃菟具有 156 bp 和 130 bp 長度的條帶，玉山黃菟、台東黃菟及關山千里光則只具有 156 bp 長度的條帶，根據其條帶不同可將黃菟和其他 3 個分類群分隔，自成一類，而其他 3 個分類群則可分成同一類。

(2) RAPD (Random amplified polymorphic DNA) :

在實驗中共使用 50 個引子，利用 RAPD 引子，以 *Taq* polymerase 在溫度循環器隨機擴增基因座間片段，根據電泳後照片結果將基因座的有無轉換

成 1 和 0，其中 1 代表基因座的存在，0 代表基因座不存在，結果共得到 15 個引子中 35 位置上顯現出個體間的遺傳變異，結果條列於表 2-4。利用 Arelquin 軟體使用 AMOVA 分析，得到階層性的 F 值，將玉山黃菀、黃菀、台東黃菀和關山千里光分成不同類群，比較彼此的分化程度（F 值），所得到的 $F_{CT}=0.10$ ，小於 0.25，屬於低度分化，代表種間並無分化，比較不同類群內族群間的族群分化程度 $F_{SC}=0.46$ ，大於 0.25，則為高度分化，若將所以複合群合而為一進行分析，比較玉山黃菀複合群族群內之分化程度，所得到之 $F_{ST}=0.52$ ，大於 0.5，代表族群間高度的遺傳分化。

(3) 細胞核 DNA ITS 之 noncoding spacer 片段

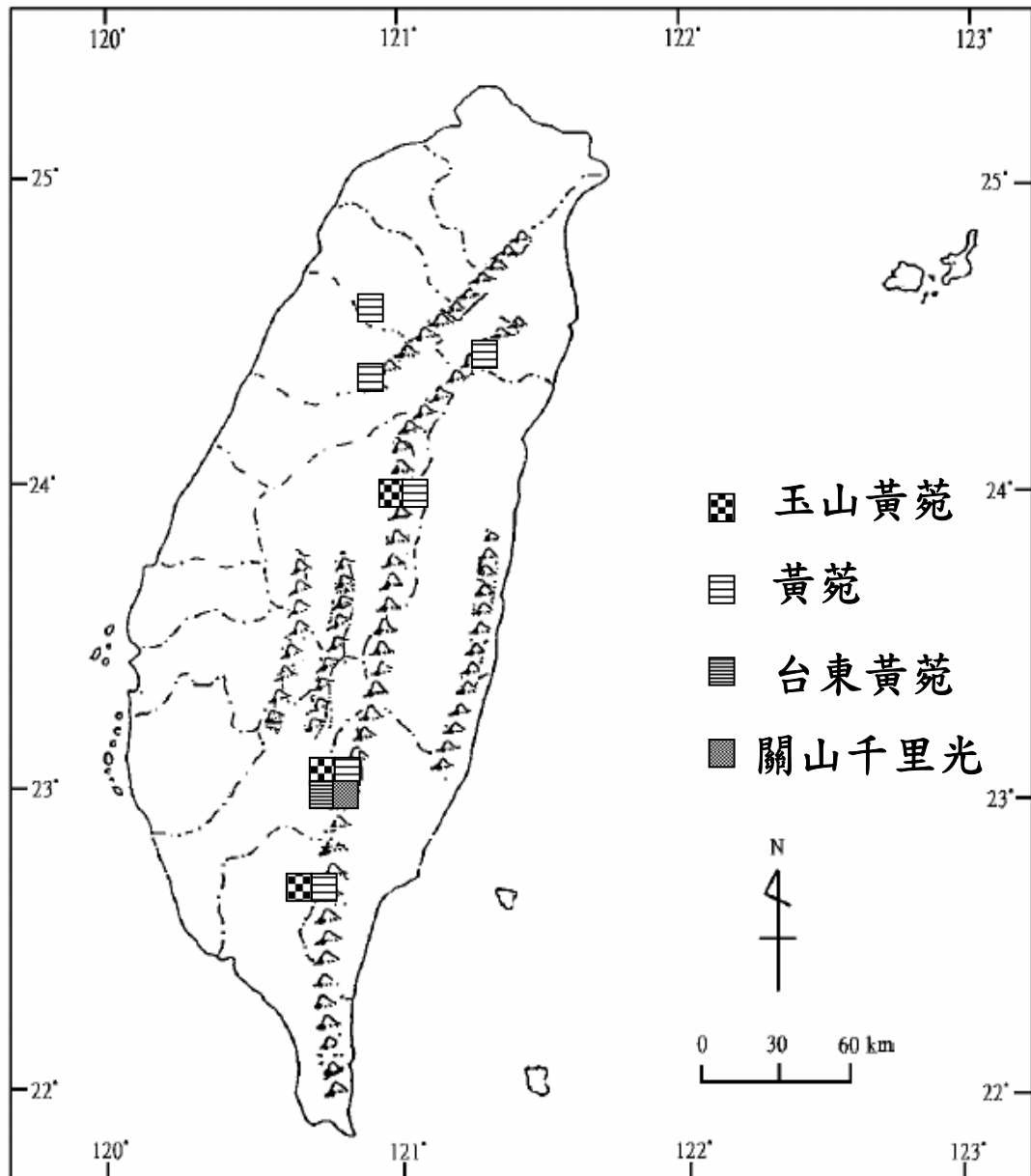
利用 ITS18S-26S 引子成功地以 PCR 方式擴增細胞核 DNA ITS 之 noncoding spacer 片段，其序列經比對(alignment)長度為 665 鹼基對，共有 105 變異位置，其中 93 變異位置具有親緣系統訊息。

本研究以細胞核 DNA ITS 之 noncoding spacer 片段之變異重建玉山黃菀複合群之親緣，利用 neighbor-joining 的分析法依據遺傳距離得到一親緣樹狀圖 2-2，以蔓黃菀為外群，NJ tree 顯現玉山黃菀、黃菀、台東黃菀和關山千里光彼此混雜，互為 paraphyletic group，各種皆非為單一起源群，彼此序

玉山國家公園之台灣特有黃菟屬植物之遺傳多樣性及保育

列在 NJ tree 中混雜，無顯著種間分群。

圖 2-1 黃菀屬採樣點地圖



玉山國家公園之台灣特有黃菟屬植物之遺傳多樣性及保育

表 2-1 黃菟屬採樣記錄

分類群	採集地	樣本數
<i>S. morrisonensis</i> (mor)		
	塔塔加 Tataka	6
	關山嶺 Kuanshanling	8
	北大武山 Peitawushan	6
<i>S. nemorensis</i> L. var. <i>dentatus</i> (nem)		
	觀霧 Kuanwu	6
	雪山 Shiueshan	10
	南湖大山 Nanhungtashan	10
	合歡山 Hohuanshan	12
	關山嶺 Kuanshanling	8
	北大武山 Peitawushan	8
<i>S. taitungensis</i> (tai)		
	關山嶺 Kuanshanling	10
<i>S. Kuanshanensis</i> (kua)		
	關山 Kuanshan	8
<i>S. scandens</i> (sca)		
	南湖大山 Nanhungtashan	6
	合歡山 Hohuanshan	8

表 2-2 微衛星 DNA 引子

Locus		Sequence(5'to3')	Repeat motif(bp)	Size(bp)
Sen1	F:	TCTCCGCAGATTCGATGCATC	(AC)10	240
	R:	TGACAGCGGTGGCCGGAAC		
Sen2	F:	TCGACTTCTACTTTGATCTG	(AG)23	250
	R:	AGAAACTGACGGGAATAGTG		
S1	F:	TAATGAGGCAGTAATCGGTA	(GT)53	170
	R:	GTAGTCATTATGGTAGGATA		
S3	F:	GTGCGTCTCGTCCGGACATC	(GT)59	199
	R:	GTGCGTCTCGTCCGGACATC		
S6	F:	CAGACTTAACTGAAGTTCACC	(GT)19	191
	R:	GTGGACTAACTCATCCAATGC		
S9	F:	GAAGATTCTCTTCACTGCAG	(CA)55	221
	R:	AGTGCGTACTCGTCGGGTACA		
S22	F:	GGAATGTAGGGATATGATACT	(GT)97	264
	R:	GAGGAGTATAAATACTCAATCT		
S23	F:	GAGAATTCGGCTTGGGTGAC	(GT)23	190
	R:	CGAGGCGCGTGGACTAAC		
S26	F:	CCTGCCAACTTTGTTCCATT	(GT)42	156
	R:	GCACATTCGAATACCTA		
V38	F:	AGGAGCTTTGTGTCTTATGC	(CA)19	197
	R:	GTCGTTACTTGTATGATGC		
V40	F:	AGACACAAGCCCACATGTCC	(GT)28	230
	R:	TCCCAACAGATGGTGGTGTA		

玉山國家公園之台灣特有黃菟屬植物之遺傳多樣性及保育

表 2-3 利用微衛星 DNA 引子所產生條帶的有 (+) 或無 (-)

Locus\Species	mor	nem	tai	kua
Sen1	-	-	-	-
Sen2	-	-	-	-
S1	-	-	-	-
S3	-	-	-	-
S6	-	-	-	-
S9	-	-	-	-
S22	-	-	-	-
S23	-	-	-	-
S26	-	+	-	-
V38	-	-	-	-
V40	-	-	-	-

表 2-4 利用 RAPD 引子所產生條帶的有 (+) 或無 (-)

Primer/bps	Species/Location										
	Kuan	Tai	Mor	Nem	Nem	Nem	Nem	Nem	Nem	Mor	Mor
	Kuanshanling	Kuanshanling	Kuanshanling	Kuanshanling	Hehuanshan	Kuanwu	Shiueshan	Nanhungdasha	Batawushan	Batawushan	Tatacka
86/480	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+
86/800	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+
86/1000	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
86/1100	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
86/1500	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
88/350	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+
88/2000	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-
89/700	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	+
90/500	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-
90/800	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-
90/1000	-	-	+	+	-	+	-	+	+	+	-
90/1500	-	+	+	-	+	+	-	+	+	+	-
90/3000	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-
92/500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
92/600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
92/1700	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+

續表 2-4

Primer/bps	Species/Location										
	Kuan	Tai	Mor	Nem	Nem	Nem	Nem	Nem	Nem	Mor	Mor
	Kuanshanling	Kuanshanling	Kuanshanling	Kuanshanling	Hehuanshan	Kuanwu	Shiueshan	Nanhungdasha	Batawushan	Batawushan	Tatacka
94/250	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+
96/600	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
96/2000	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
97/350	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
97/700	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
97/1100	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
97/2100	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
99/700	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
99/1250	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
103/1400	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+
104/1400	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+
105/350	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-
105/1000	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
105/2200	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
108/1000	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	+
160/850	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
160/1000	-	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+

續表 2-4

Primer/bps	Species/Location										
	Kuan	Tai	Mor	Nem	Nem	Nem	Nem	Nem	Nem	Mor	Mor
	Kuanshanling	Kuanshanling	Kuanshanling	Kuanshanling	Hehuanshan	Kuanwu	Shiueshan	Nanhungdasha	Batawushan	Batawushan	Tatacka
161/1000	-	+	+	+	+	-	+	+	-	-	+
161/1600	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+

表 2-5 AMOVA 分析玉山黃菟複合群的 F_{SC} 、 F_{ST} 和 F_{CT}

Source of variation	d.f.	Sum of squares	Variance components	Percentage of variation
Among groups	3	73.773	0.81443 V_a	10.11
Among populations within groups	7	121.000	3.34794 V_b	41.56
Within populations	33	128.500	3.89394 V_c	48.33
Total	43	323.273	8.05631	

Fixation Indices

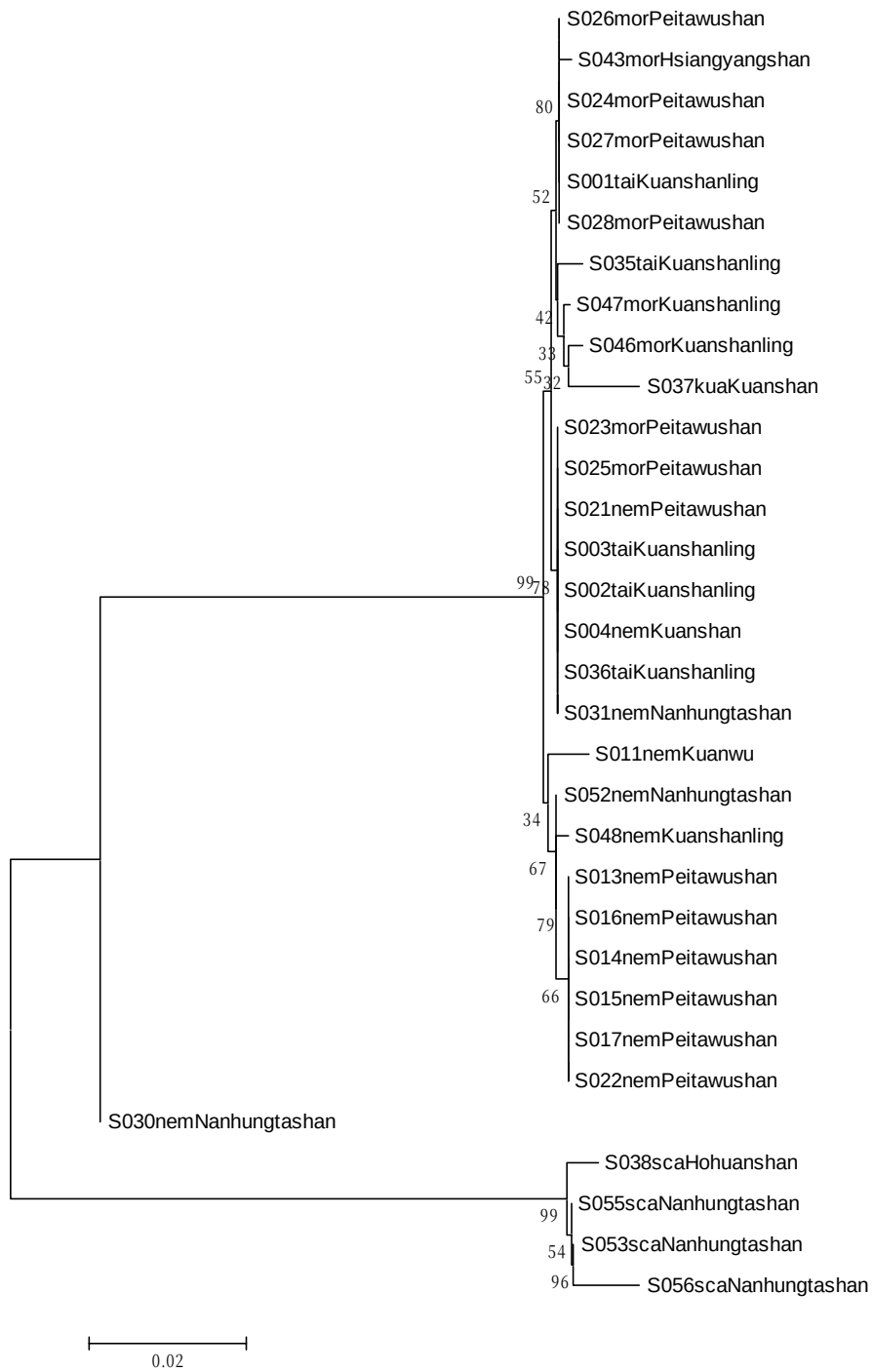
F_{SC} : 0.46230

F_{ST} : 0.51666

F_{CT} : 0.10109

圖 2-2 細胞核 DNA ITS 之 noncoding spacer 片段重建玉山黃菟複合群之

N-J 樹狀圖



第三節 討論

玉山國家公園的玉山黃菀、黃菀、台東黃菀及關山千里光主要分布於分布海拔相似(1600 公尺-3800 公尺)。在海拔梯度的分布上彼此間棲地重疊性相當高，無顯著差別，水平分布上，玉山黃菀和黃菀廣泛分布於全台高海拔山區，台東黃菀和關山千里光則侷限分布在南橫高海拔山區。在形態變異上，根據第二版植物誌，分類學者主要以葉形、舌狀花大小做為黃菀種間分群依據，只有具有極端外形的族群可以被明顯區分，不過這些外部特徵極為多變，常具有重疊的中間型，在野外無法正確分辨彼此差異，如玉山黃菀主要以葉一回羽狀深裂至二回羽狀深裂作為分類依據，關山千里光和台東黃菀則分別以葉二回至三回羽狀深裂和基生葉有別於玉山黃菀，而所有單葉、葉緣非羽裂的個體均被處理為黃菀，但野外常有同一植株同時具有羽狀裂葉及長橢圓形鋸齒葉的個體，導致在種的鑑定上十分困難。

根據細胞核 DNA ITS 之 noncoding spacer 片段之變異重建玉山黃菀複合群之親緣樹狀圖顯現玉山黃菀、黃菀、台東黃菀和關山千里光序列彼此混雜，無明顯分群，屬於同一個 clade，顯現近代歧異 (divergence) 的歷史，

第二章 方法與結果

種 (species) 是分類的基本單位，所有族群的連結，應為同一 lineage，種化 (speciation) 的過程則發生在族群，根據 Mayr(1963)所提出的生物種(BSC; Biological Species Concept)觀念：同種之間彼此有基因交流(gene flow)，而不同種之間則會有生殖隔離(包含 prezygotic isolation 和 postzygotic isolation)，不過由於生物種的觀念仍有許多例外，如狼跟土狼(Hall 1978)之間的偶發性雜交、植物的無性生殖及 ring species 等，之後仍有許多不同的種觀念提出，如 RSC (Recognition Species Concept)：生物間具有辨識的機制，能判定是否為同種，如動物的儀式化行為和植物花粉刺激花粉管產生的訊息等、CSC (Cohesion Species concept)：同種本身具有內聚力，來自共同祖先的內聚力用來辨識是否同種。依據 Cladistics，種的概念為來自於共同祖先的所有族群後代，具有共同的進化特徵足以區分近緣的種類，而在演化親緣樹上是必須滿足 monophyly，亦即包含共同祖先及所有的後代的群，所以良好的分類群(well defined taxon)應該是 monophyletic，相對地，當分類群為 paraphyletic 時，或代表種間可能仍處在不同的 lineage sorting 階段，未喪失來自共同祖先的共有特徵。由於玉山黃菀、黃菀、台東黃菀和關山千里光四個分類群不論在生育地、外部形態上均具有高度的重疊性，在親緣樹狀圖顯現彼此皆為 paraphyletic group，若為雜交事件導致玉山黃菀複合群形成

paraphyletic group，並產生中間型，則不同物種應具有其各自的 haplotype，而中間型會具有父方和母方 haplotype 混合型，但本研究結果並未支持雜交事件導致中間型形成的假說，因此推論玉山黃菟複合群之 paraphyletic group 主要是由於最近分歧(recent divergence)的結果，也就是”種”雖趨向分化，但未達到種化的階段，導致這四個分類群無法區分為不同種，族群逐漸分化，適應各自生育地並種化，換言之，外部形態的變異實為”種”間共有，並未達到分化階段。

微衛星 DNA 因親代在減數分裂或有絲分裂時，發生染色體重組或 DNA 聚合酵素功能上缺失，以及 DNA 本身之修補系統失誤導致重複序列的產生，在族群長期演化下逐漸累積遺傳變異，相較於胞器 DNA 或細胞核 DNA 保守片段，微衛星具有較大的變異、解析力較好，更能清楚顯示族群遺傳變異，對於瞭解物種族群演化是一有力工具，本實驗利用微衛星 DNA 分析結果顯示種間並無明顯區隔，因此我們認為此四個分類群在遺傳變異上無顯著差別，不足以用來區分為不同種，此外 10 組引子中只有 S26 一組引子在種間條帶上的不同具有差異，將黃菟跟其他三個分類群分開，自成一群，而玉山黃菟、台東黃菟和關山千里光種間無顯著差異，可合併成一群，此一結果顯示這個複合群極短的分歧歷史。

第二章 方法與結果

RAPD 分子指紋技術利用聚合酵素連鎖反應原理以 *Taq* polymerase 在溫度循環器隨機擴增基因座間片段，相較於傳統 PCR 技術中使用高度專一性的引子及較高的黏合溫度 (45-60°C)，RAPD 以由 10 個隨機組成的鹼基組成專一性低的單一引子，在較低的溫度下進行黏合，因此具有相當高的敏感性，可用於檢測染色體上的基因座數量以及用來區分族群及個體間的差異，利用 RAPD 分子指紋比較，種間分化程度 $F_{CT}=0.10$ 小於 0.25，顯示種間屬於低度分化，認為遺傳上並無顯著差異，比較種內不同族群間遺傳分化程度 $F_{SC}=0.46$ ，則屬於高度分化，代表同一分類群內不同地區間的族群分化程度高，比較不同族群間遺傳分化程度 $F_{ST}=0.52$ ，亦屬於高度分化，兩者皆顯示玉山黃菀複合群的族群間分化程度高。

ITS、微衛星 DNA 和 RAPD 顯示一致的結果，亦即玉山黃菀複合群內四個分類群無法區分為不同種，僅有微衛星 DNA 顯現黃菀自成一群，玉山黃菀、台東黃菀和關山千里光為另一群，由 RAPD 結果顯現種間低度分化和族群間為高度分化，可以推測外部形態的多樣僅是於族群間共有的多樣性，雖然極端的外形並不排除是各族群適應當地環境的結果。

臺灣與鄰近大陸經歷多次而又規律的冰河時期，當冰河擴張，全球溫度下降近使許多高山植物往中低海拔遷徙，並造成原本因地理隔離之物種接觸

玉山國家公園之台灣特有黃菟屬植物之遺傳多樣性及保育

產生基因交流，而隨著冰期結束向北撤退，這些植物再次向高海拔移動並彼此分隔，形成所謂的”生態島嶼”。地理隔絕造成族群間基因無法交流是物種種化的條件之一，因玉山黃菟複合群為高山植物，生育棲地易侷限在特定海拔以上山區，導致不同族群間因地理分隔，無基因交流導致趨向遺傳分化。

長期以來，由於自然或人為因素，使得許多具有學術或經濟價值的生物遭受嚴重的破壞，族群數量急遽減少，許多原生種的野外生物，處於受威脅或瀕臨絕滅的危機之中，然而，一個物種的消失，往往又會導致另外一些生物的生存危機，有鑑於此，將稀有生物的保育列為重點研究項目，踏實施行保育工作。

保育的目的，即藉由人類的規劃及努力，來挽救瀕危物種免於因外在人為因子干擾而滅絕，最重要課題為保持物種的野外原棲地及穩定族群量，因為要維持一物種的延續，理論上有一最低族群數的要求，即族群遺傳學上的最低族群存活數(minimal viable population)，這意謂著對個體的數量而言，存在某種臨界，以便在某種可以接受風險下使族群在特定的時間範圍內維繫生存。

早期研究對於最低存活族群之問題研究強調族群普查之統計方法，晚期的研究工作則著重於從遺傳的觀點討論族群滅絕的問題，這些研究結果支持族群量和族群結構都存有關鍵因數的論點，族群一旦低於這些關鍵因數，近親交

第二章 方法與結果

配和遺傳漂變兩者皆是失去遺傳多樣性的主要原因(Frankham and Briscoe 2002)。因此維持最小存活族群，便成為一個對保育瀕危生物的重要課題，小族群在數量上除了要面臨生態上的威脅，在遺傳上，當族群數量愈小或密度太低，族群內近親交配(inbreeding)機率愈高，導致同型合子(homozygote)比例高，基因漂變(genetic drift)亦會使小族群的遺傳因子變異喪失，進而族群的適應度下降，亦降低維持生存、繁衍後代的能力，因此，保有物種遺傳歧異度來增加對環境改變的適應力相形之下格外重要(Malcolm and Hunter 2002)。根據分子證據結果顯示，玉山黃菟複合群種間為低度分化($F_{CT} < 0.25$)，且形態上有高度重疊，無法區分為不同種，但其族群間屬於高度分化($F_{ST} > 0.5$)，某些極端外部形態的存在，亦顯示彼此已趨向分化，長時間演化之下將有機會種化成為新種，並具有其獨特的基因型。

物種以下層次的遺傳多樣性，可分為個體、族群內及族群間三個不同的層次。而一物種的遺傳結構即為對偶基因(alleles)其異型合子(heterozygote)比例在個體、族群內及族群間的分佈，針對族群遺傳結構的研究，就保育物種而言乃十分重要；除此外，利用分子遺傳親緣分析可解決分類上尚有問題的類群，瀕危野生族群有效的管理確認物種在分類上的地位為首要，有助於物種保育管理單位的制定，在進行保育計劃時，針對一個具遺傳多樣性，且為

Evolutionary Significant Units (ESUs) (Moritz 1994)的物種之有效管理單位可節省不少資源。因此，在進行保育工作之前，除了必須努力將物種目前的情況忠實呈現之外，必須將根據遺傳結構研究及生態調查結果結合在一起，並且落實在管理策略的擬定上，這樣不但能讓物種保育工作達到預定的目的，而且也能夠減少因嘗試錯誤所造成人力及物力方面的浪費。釐清保育的單位是很重要的，保育的單位需要具有遺傳多樣性，且為 Evolutionary Significant Units(ESUs)的物種，

物種以下層次的遺傳多樣性，可分為個體、族群內及族群間三個不同的層次。而一物種的遺傳結構即為對偶基因(alleles)其異型合子(heterozygote)比例在個體、族群內及族群間的分佈，針對族群遺傳結構的研究，就保育物種而言乃十分重要；除此外，利用分子遺傳親緣分析可解決分類上尚有問題的類群，瀕危野生族群有效的管理確認物種在分類上的地位為首要，有助於物種保育管理單位的制定，在進行保育計劃時，針對一個具遺傳多樣性，且為 Evolutionary Significant Units (ESUs) (Moritz 1994)的物種之有效管理單位可節省不少資源。因此，在進行保育工作之前，除了必須努力將物種目前的情況忠實呈現之外，必須將根據遺傳結構研究及生態調查結果結合在一起，並且落實在管理策略的擬定上，這樣不但能讓物種保育工作達到預定的目的，

第二章 方法與結果

而且也能夠減少因嘗試錯誤所造成人力及物力方面的浪費。釐清保育的單位是很重要的，保育的單位需要具有遺傳多樣性，且為 Evolutionary Significant Units(ESUs)的物種，本實驗研究結果顯現玉山黃菟複合群內四個分類群彼此無法區分，主要可分成兩大群，一群為黃菟，另一群為玉山黃菟、台東黃菟和關山千里光，由於族群為高度分化且外部形態趨異的情況下，顯現彼此正趨向分化，未來將有機會各自種化形成不同種。在保育層面上，玉山黃菟複合群已趨向分化，在合適的環境下將種化並擁有各自獨特的基因型，所以應將其視為不同種並加以保育，維持其遺傳多樣性，以應付外在因子施加之壓力，若將其視為同種，可能導致保育策略錯誤並喪失遺傳多樣性，造成物種族群數量降低，甚至滅絕。此外，在物種永續經營的原則下，生育地的維護更為重要，人為的破壞對於物種的影響極大，一旦其棲地遭受干擾或破壞，極易對其族群造成影響，甚至促使其滅絕，分布於高海拔的物種相較於低海拔物種其生育侷限於山區，分布範圍也較狹隘，易受到人為干擾而降低其遺傳多樣性，一旦喪失遺傳多樣性，物種極易受到外在因子影響而導致滅絕，故在執行保育工作時，種的界定以及其生育棲地的維護均是必須考量的條件之一。

玉山國家公園之台灣特有黃菟屬植物之遺傳多樣性及保育

第三章 結論與建議

第一節 結論

玉山黃菟、黃菟、台東黃菟和關山千里光由於生育地重疊，外部形態多變且具有中間型，本實驗研究結果顯示，玉山黃菟複合群種間遺傳變異低，無法區分為不同種，分子指紋技術則將玉山黃菟複合群分成兩大群，一群為黃菟，另一群為玉山黃菟、台東黃菟和關山千里光，族群間高度的遺傳分化主要是棲地隔離所造成，而形態上的重疊和重複的生育棲地顯現其正處於 lineage sorting 階段；於族群間適應各自環境並種化彼此逐漸分化。

第二節 建議

分布於國家公園的黃菟種類因受到較完善保育，所受到人為干擾較平地或低海拔物種低，以其天然族群做為研究對象可提供保育上完整且詳盡的資訊，對於研究台灣特有物種有莫大的幫助。就黃菟屬物種而言，其現今族群

玉山國家公園之台灣特有黃菟屬植物之遺傳多樣性及保育

量大且分布範圍廣，不易受到物種絕滅等危害，這並不代表就不需去經營管理以保持其遺傳多樣性。相較於世界廣泛分布的種類，特有物種由於侷限的分布降低了有效的族群大小，遺傳變異本來就較易流失，若未能受到適當的保育作為，將加速遺傳漂變(genetic drift)的影響，導致其基因歧異度急速降低，對物種造成不可回復的傷害，為了避免此種狀況發生，明確釐清種與種的界限將是根本而必要的工作。維持物種的遺傳多樣性，避免錯誤保育策略如不當開發、砍伐等使其產生遺傳漂變，嚴重影響其遺傳多樣性，目前主要工作應維持棲地的完整，避免造成棲地破碎化等不利因素，保持物種遺傳多樣性符合國家公園永續經營的原則。

台灣高山植物多為特有物種，相較於其他廣泛分布物種更值得深入研究，有助於瞭解台灣高山特有物種之演化歷史，藉此瞭解具有多樣性的熱點，另一方面，由於複合種群在受限於形態、棲地等相似度高而不易判定種，故利用分子技術來瞭解其遺傳歧異度能夠有效地界定並釐清複合種群。為了落實保育工作，應加強玉山國家公園境內之台灣特有種的研究，利用遺傳歧異度分析，瞭解物種族群分化及基因交流程度，依此建立可供管理之保育單位，並提供有效的保育策略及建議。

分布於玉山國家公園境內的黃菟屬植物其生育棲地受到較完善的保護，有助於維持物種的遺傳多樣性，但由於黃菟屬物種多分布於道路旁或林道邊緣，園區內的道路清潔和除草工作等將可能對其族群造成影響，嚴重的話將造成其獨特的遺傳歧異度喪失，物種適存度降低，對於物種存活造成重大衝擊，以保育觀點來看，維持遺傳多樣性是必要的，較高的遺傳多樣性可使物種在面臨環境改變的時候具有較高的適存度，有助於物種延續，園區內的人為活動如除草或道路清潔等會減低物種遺傳多樣性，容易造成侷限分布的物種如關山千里光等族群數量降低、甚至滅絕，建議道路清潔等人為活動應加以控管以減少物種遺傳多樣性喪失，以達到永續經營的目的。

玉山國家公園之台灣特有黃菀屬植物之遺傳多樣性及保育

附錄一

	委員意見	回應情形
期中簡報	預定進度 Grantt Chart 請配合研究期程酌予調整	依照辦理。
	玉山黃苑或玉山黃苑請予釐清。	依據第二版植物誌， <i>Senecio</i> 屬中文名為「黃苑」。
	分子系統分類學主要探討物種族群歷史、親緣關係，但這對玉山國家公園範圍的黃苑屬物種界限之釐清似乎並無直接關係；是否應針對此二重要目標擇一進行。	參閱第三節 討論。
	建議於採集時將採集樣本週圍環境加以記錄描述，或可供未來研究方向、探討物種外型變異的可能原因。	依照辦理。
	建議擴大採樣範圍，增加東部園區採集資料。	東部園區暫時無發現黃苑族群。
	本委託研究計畫之執行期間請調整為自 94 年 4 月 20 日起至 94 年 12 月 31 日止。	依照辦理。
	請將上述審查意見及辦理情形製表納入期中報告書之附錄中。	依照辦理。
	請依上述審查意見，修正計畫書後送本處辦理後續簽約及撥款事宜。	依照辦理。

玉山國家公園之台灣特有黃菀屬植物之遺傳多樣性及保育

	委員意見	回應情形
期末簡報	將此四類視為同一種(複合種)比較辛苦，可能分成二個分類群較為適當。	依照辦理，參閱第二章第三節 討論，一群為黃菀，另一群為玉山黃菀、台東黃菀和關山千里光。
	請確定名稱是「黃菀」或「黃菀」。	依據第二版植物誌， <i>Senecio</i> 屬中文名為”黃菀”。
	建議就現場調查情形，提供環境變化、人為活動等因子對黃菀的影響或變化之趨勢。	第三章 第二節建議。
	請於報告內提供 4 類黃菀之彩色圖片。	依照辦理。

附錄二 本研究所得的 nrITS 序列

#01 nemKuanshanling	TGTCGAAACC	TGCATAGCAG	AACGACCTGT	GAACATGTAA	CAACAATCGG
#02 nemPeitawushan	TGTCGAAACC	TGCATAGCAG	AACGACCTGT	GAACATGTAA	CAACAATCGG
#03 nemPeitawushan	TGTCGAAACC	TGCATAGCAG	AACGACCTGT	GAACATGTAA	CAACAATCGG
#04 nemPeitawushan	TGTCGAAACC	TGCATAGCAG	AACGACCTGT	GAACATGTAA	CAACAATCGG
#05 nemPeitawushan	TGTCGAAACC	TGCATAGCAG	AACGACCTGT	GAACATGTAA	CAACAATCGG
#06 nemPeitawushan	TGTCGAAACC	TGCATAGCAG	AACGACCTGT	GAACATGTAA	CAACAATCGG
#07 nemPeitawushan	TGTCGAAACC	TGCATAGCAG	AACGACCTGT	GAACATGTAA	CAACAATCGG
#08 nemKuanwu	TGTCGAAACC	TGCATAGCAG	AACGACCTGT	GAACATGTAA	CAACAATCGG
#09 morPeitawushan	TGTCGAAACC	TGCATAGCAG	AACGACCTGT	GAACATGTAA	CAACAATCGG
#10 nemPeitawushan	TGTCGAAACC	TGCATAGCAG	AACGACCTGT	GAACATGTAA	CAACAATCGG
#11 taiKuanshanling	TGTCGAAACC	TGCATAGCAG	AACGACCTGT	GAACATGTAA	CAACAATCGG
#12 taiKuanshanling	TGTCGAAACC	TGCATAGCAG	AACGACCTGT	GAACATGTAA	CAACAATCGG
#13 nemKuanshan	TGTCGAAACC	TGCATAGCAG	AACGACCTGT	GAACATGTAA	CAACAATCGG
#14 taiKuanshanling	TGTCGAAACC	TGCATAGCAG	AACGACCTGT	GAACATGTAA	CAACAATCGG
#15 nemNanhungtashan	TGTCGAAACC	TGCATAGCAG	AACGACCTGT	GAACATGTAA	CAACAATCGG
#16 morKuanshanling	TGTCGAAACC	TGCATAGCAG	AACGACCTGT	GAACATGTAA	CAACAATCGG
#17 morKuanshanling	TGTCGAAACC	TGCATAGCAG	AACGACCTGT	GAACATGTAA	CAACAATCGG
#18 morPeitawushan	TGTCGAAACC	TGCATAGCAG	AACGACCTGT	GAACATGTAA	CAACAATCGG
#19 taiKuanshanling	TGTCGAAACC	TGCATAGCAG	AACGACCTGT	GAACATGTAA	CAACAATCGG
#20 morPeitawushan	TGTCGAAACC	TGCATAGCAG	AACGACCTGT	GAACATGTAA	CAACAATCGG
#21 morPeitawushan	TGTCGAAACC	TGCATAGCAG	AACGACCTGT	GAACATGTAA	CAACAATCGG
#22 morPeitawushan	TGTCGAAACC	TGCATAGCAG	AACGACCTGT	GAACATGTAA	CAACAATCGG
#23 morHsiangyangshan	TGTCGAAACC	TGCATAGCCG	AACGACCTGT	GAACATGTAA	CAACAATCGG
#24 taiKuanshanling	TGTCGAAACC	TGCATAGCAG	AACGACCTGT	GAACATGTAA	CAACAATCGG
#25 kuaKuanshan	TGTCGAAACC	TGCATAGCAG	AACGACCTGT	GAACATGTAA	CAACAATCGG
#26 nemNanhungtashan	TGTCGAAACC	TGCATAGCAG	AACGACCTGT	GAACATGTAA	CAACAATCGG
#27 morPeitawushan	TGTCGAAACC	TGCATAGCAG	AACGACCTGT	GAACATGTAA	CAACAATCGG
#28 nemNanhungtashan	TGTCGAAACC	TGCATAGCAG	AACGACCTGT	GAACATGTAA	CAACAATCGG
#29 scaNanhungtashan	TGTCGAAACC	TGCATAGCAG	AACGACCCGT	GAACATGTAA	CAATATATGG
#30 scaNanhungtashan	TGTCGAAACC	TGCATAGCAG	AACGACCCGT	GAACATGTAA	CAATATATGG
#31 scaNanhungtashan	TGTCGAAACC	TGCATAGCCG	AACGACCCGT	GAACATGTAA	CAATATATGG
#32 scaHohuanshan	TGTCGAAACC	TGCATAGCAG	AACGACCCGT	GAACATGTAA	CAATATATGG

玉山國家公園之台灣特有黃芩屬植物之遺傳多樣性及保育

#01	GTGTTCTAAG	TATCGGGCTC	TTGTCCGATT	CCTAGGATGC	CTTGTTGGCG	TGCGTCTTTG
#02	GTGTTCTAAG	TATCGGGCTC	TTGTCCGATT	CCTAGGATGC	CTTGTTGGCG	TGCGTCTTTG
#03	GTGTTCTAAG	TATCGGGCTC	TTGTCCGATT	CCTAGGATGC	CTTGTTGGCG	TGCGTCTTTG
#04	GTGTTCTAAG	TATCGGGCTC	TTGTCCGATT	CCTAGGATGC	CTTGTTGGCG	TGCGTCTTTG
#05	GTGTTCTAAG	TATCGGGCTC	TTGTCCGATT	CCTAGGATGC	CTTGTTGGCG	TGCGTCTTTG
#06	GTGTTCTAAG	TATCGGGCTC	TTGTCCGATT	CCTAGGATGC	CTTGTTGGCG	TGCGTCTTTG
#07	GTGTTCTAAG	TATCGGGCTC	TTGTCCGATT	CCTAGGATGC	CTTGTTGGCG	TGCGTCTTTG
#08	GTGTTCTAAG	TATCGGGCTC	TTGTCCGATT	CCTAGGATGC	CTTGTTGGCG	TGCGTCTTTG
#09	GTGTTCTAAG	TATCGGGCTC	TTGTCCGATT	CCTAGGATGC	CTTGTTGGCG	TGCGTCTTTG
#10	GTGTTCTAAG	TATCGGGCTC	TTGTCCGATT	CCTAGGATGC	CTTGTTGGCG	TGCGTCTTTG
#11	GTGTTCTAAG	TATCGGGCTC	TTGTCCGATT	CCTAGGATGC	CTTGTTGGCG	TGCGTCTTTG
#12	GTGTTCTAAG	TATCGGGCTC	TTGTCCGATT	CCTAGGATGC	CTTGTTGGCG	TGCGTCTTTG
#13	GTGTTCTAAG	TATCGGGCTC	TTGTCCGATT	CCTAGGATGC	CTTGTTGGCG	TGCGTCTTTG
#14	GTGTTCTAAG	TATCGGGCTC	TTGTCCGATT	CCTAGGATGC	CTTGTTGGCG	TGCGTCTTTG
#15	GTGTTCTAAG	TATCGGGCTC	TTGTCCGATT	CCTAGGATGC	CTTGTTGGCG	TGCGTCTTTG
#16	GTGTTCTAAG	TATCGGGCTC	TTGTCCGATT	CCTAGGATGC	CTTGTTGGCG	TGCGTCTTTG
#17	GTGTTCTAAG	TATCGGGCTC	TTGTCCGATT	CCTAGGATGC	CTTGTTGGCG	TGCGTCTTTG
#18	GTGTTCTAAG	TATCGGGCTC	TTGTCCGATT	CCTAGGATGC	CTTGTTGGCG	TGCGTCTTTG
#19	GTGTTCTAAG	TATCGGGCTC	TTGTCCGATT	CCTAGGATGC	CTTGTTGGCG	TGCGTCTTTG
#20	GTGTTCTAAG	TATCGGGCTC	TTGTCCGATT	CCTAGGATGC	CTTGTTGGCG	TGCGTCTTTG
#21	GTGTTCTAAG	TATCGGGCTC	TTGTCCGATT	CCTAGGATGC	CTTGTTGGCG	TGCGTCTTTG
#22	GTGTTCTAAG	TATCGGGCTC	TTGTCCGATT	CCTAGGATGC	CTTGTTGGCG	TGCGTCTTTG
#23	GTGTTCTAAG	TATCGGGCTC	TTGTCCGATT	CCTAGGATGC	CTTGTTGGCG	TGCGTCTTTG
#24	GTGTTCTAAG	TATCGGGCTC	TTGTCCGATT	CCTAGGATGC	CTTGTTGGCG	TGCGTCTTTG
#25	GTGTTCTAAG	TATCGGGCTC	TTGTCCGATT	CCTAGGATGC	CTTGTTGGCG	TGCGTCTTTG
#26	GTGTTCTAAG	TATCGGGCTC	TTGTCCGATT	CCTAGGATGC	CTTGTTGGCG	TGCGTCTTTG
#27	GTGTTCTAAG	TATCGGGCTC	TTGTCCGATT	CCTAGGATGC	CTTGTTGGCG	TGCGTCTTTG
#28	GTGTTCTAAG	TATCGGGCTC	TTGTCCGATT	CCTAGGATGC	CTTGTTGGCG	TGCGTCTTTG
#29	GTGTCCTTGG	TATCAGGCGC	TTGTCTGATT	CTTTGGATGC	CACGTTGATG	TGCATTTTTG
#30	GTGTCCTTGG	TATCAGGCGC	TTGTCTGATT	CTTTGGATGC	CACGTTGATG	TGCATTTTTG
#31	GTGTCCTTGG	TATCAGGCGC	TTGTCTGATT	CTTTGGATGC	CACGTTGATG	TGCATTTTTG
#32	GTGTCCTTGG	TATCAGGCGC	TTGTCTGATT	CTTTGGATGC	CACGTTGATG	TGCATTTTTG

附錄二

#01	GCAAGCCCCT	TGGGATTTTA	AGGACGTCAC	GTCGACGCAA	CAACAAAACC	CCGGCACGGC
#02	GCAAGCCCCT	TGGGATTTTA	AGGACGTCAC	GTCGACGCAA	CAACAAACCC	CCGGCACGGC
#03	GCAAGCCCCT	TGGGATTTTA	AGGACGTCAC	GTCGACGCAA	CAACAAACCC	CCGGCACGGC
#04	GCAAGCCCCT	TGGGATTTTA	AGGACGTCAC	GTCGACGCAA	CAACAAACCC	CCGGCACGGC
#05	GCAAGCCCCT	TGGGATTTTA	AGGACGTCAC	GTCGACGCAA	CAACAAACCC	CCGGCACGGC
#06	GCAAGCCCCT	TGGGATTTTA	AGGACGTCAC	GTCGACGCAA	CAACAAACCC	CCGGCACGGC
#07	GCAAGCCCCT	TGGGATTTTA	AGGACGTCAC	GTCGACGCAA	CAACAAACCC	CCGGCACGGC
#08	GCAAGCCCCT	TGGGATTTTA	AGGACGTCAC	GTCGACGCAA	CAACAAACCC	CCGGCACGGC
#09	GCAAGCCCCT	TGGGATTTTA	AGGACGTCAC	GTCGACGCAA	CAACAAACCC	CCGGCACGGC
#10	GCAAGCCCCT	TGGGATTTTA	AGGACGTCAC	GTCGACGCAA	CAACAAACCC	CCGGCACGGC
#11	GCAAGCCCCT	TGGGATTTTA	AGGACGTCAC	GTCGACGCAA	CAACAAACCC	CCGGCACGGC
#12	GCAAGCCCCT	TGGGATTTTA	AGGACGTCAC	GTCGACGCAA	CAACAAACCC	CCGGCACGGC
#13	GCAAGCCCCT	TGGGATTTTA	AGGACGTCAC	GTCGACGCAA	CAACAAACCC	CCGGCACGGC
#14	GCAAGCCCCT	TGGGATTTTA	AGGACGTCAC	GTCGACGCAA	CAACAAACCC	CCGGCACGGC
#15	GCAAGCCCCT	TGGGATTTTA	AGGACGTCAC	GTCGACGCAA	CAACAAACCC	CCGGCACGGC
#16	GCAAGCCCCT	TGGGATTTTA	AGGACGTCAC	GTCGACGCAA	CAACAAACCC	CCGGCACGGC
#17	GCAAGCCCCT	TGGGATTTTA	AGGACGTCAC	GTCGACGCAA	CAACAAACCC	CCGGCACGGC
#18	GCAAGCCCCT	TGGGATTTTA	AGGACGTCAC	GTCGACGCAA	CAACAAACCC	CCGGCACGGC
#19	GCAAGCCCCT	TGGGATTTTA	AGGACGTCAC	GTCGACGCAA	CAACAAACCC	CCGGCACGGC
#20	GCAAGCCCCT	TGGGATTTTA	AGGACGTCAC	GTCGACGCAA	CAACAAACCC	CCGGCACGGC
#21	GCAAGCCCCT	TGGGATTTTA	AGGACGTCAC	GTCGACGCAA	CAACAAACCC	CCGGCACGGC
#22	GCAAGCCCCT	TGGGATTTTA	AGGACGTCAC	GTCGACGCAA	CAACAAACCC	CCGGCACGGC
#23	GCAAGCCCCT	TGGGATTTTA	AGGACGTCAC	GTCGACGCAA	CAACAAACCC	CCGGCACGGC
#24	GCAAGCCCCT	TGGGATTTTA	AGGACGTCAC	GTCGACGCAA	CAACAAACCC	CCGGCACGGC
#25	GCAAGCCCCT	TGGGATTTTA	AGGACGTCAC	GTCGACGCAA	CAACAAACCC	CCGGCACGGC
#26	GCAAGCCCCT	TGGGATTTTA	AGGACGTCAC	GTCGACGCAA	CAACAAACCC	CCGGCACGGC
#27	GCAAGCCCCT	TGGGATTTTA	AGGACGTCAC	GTCGACGCAA	CAACAAACCC	CCGGCACGGC
#28	GCAAGCCCCT	TGGGATTTTA	AGGACGTCAC	GTCGACGCAA	CAACAAACCC	CCGGCACGGC
#29	GTAAATCATT	TGGT-TCCAA	AGGATGTCAC	ATTGACAAAA	CAACAA-CCC	CCGGCACGGC
#30	GTAAATCATT	TGGT-TCCAA	AGGATGTCAC	ATTGACAAAA	CAACAA-CCC	CCGGCACGGC
#31	GTAAATCATT	TGGT-TCCAA	AGTTTGTAC	ATTGACAAAA	CAACAA-CCC	CCGGCACGGC
#32	GTAAATCATT	TGGT-TCCAA	AGGATGTCAC	ATTGACAAAA	CAACAA-CCC	CCGGCACGGC

玉山國家公園之台灣特有黃芩屬植物之遺傳多樣性及保育

#01	ATGTGCCAAG	GAAATATAAA	CTTAAGAAGA	GCTTGTTCCA	TGTTTTGCCG	TTCGCGGTGA
#02	ATGTGCCAAG	GAAATATAAA	CTTAAGAAGA	GCTTGTTCCA	TGTTTTGCCG	TTCGCGGTGA
#03	ATGTGCCAAG	GAAATATAAA	CTTAAGAAGA	GCTTGTTCCA	TGTTTTGCCG	TTCGCGGTGA
#04	ATGTGCCAAG	GAAATATAAA	CTTAAGAAGA	GCTTGTTCCA	TGTTTTGCCG	TTCGCGGTGA
#05	ATGTGCCAAG	GAAATATAAA	CTTAAGAAGA	GCTTGTTCCA	TGTTTTGCCG	TTCGCGGTGA
#06	ATGTGCCAAG	GAAATATAAA	CTTAAGAAGA	GCTTGTTCCA	TGTTTTGCCG	TTCGCGGTGA
#07	ATGTGCCAAG	GAAATATAAA	CTTAAGAAGA	GCTTGTTCCA	TGTTTTGCCG	TTCGCGGTGA
#08	ATGTGCCAAG	GAAATATAAA	CTTAAGAAGA	GCTTGTTCCA	TGTTTTGCCG	TTCGCGGTGA
#09	ATGTGCCAAG	GAAATATAAA	CTTAAGAAGA	GCTTGTTCCA	TGTTTTGCCG	TTCGCGGTGA
#10	ATGTGCCAAG	GAAATATAAA	CTTAAGAAGA	GCTTGTTCCA	TGTTTTGCCG	TTCGCGGTGA
#11	ATGTGCCAAG	GAAATATAAA	CTTAAGAAGA	GCTTGTTCCA	TGTTTTGCCG	TTCGCGGTGA
#12	ATGTGCCAAG	GAAATATAAA	CTTAAGAAGA	GCTTGTTCCA	TGTTTTGCCG	TTCGCGGTGA
#13	ATGTGCCAAG	GAAATATAAA	CTTAAGAAGA	GCTTGTTCCA	TGTTTTGCCG	TTCGCGGTGA
#14	ATGTGCCAAG	GAAATATAAA	CTTAAGAAGA	GCTTGTTCCA	TGTTTTGCCG	TTCGCGGTGA
#15	ATGTGCCAAG	GAAATATAAA	CTTAAGAAGA	GCTTGTTCCA	TGTTTTGCCG	TTCGCGGTGA
#16	ATGTGCCAAG	GAAATATAAA	CTTAAGAAGA	GCTTGTTCCA	TGTTTTGCCG	TTCGCGGTGA
#17	ATGTGCCAAG	GAAATATAAA	CTTAAGAAGA	GCTTGTTCCA	TGTTTTGCCG	TTCGCGGTGA
#18	ATGTGCCAAG	GAAATATAAA	CTTAAGAAGA	GCTTGTTCCA	TGTTTTGCCG	TTCGCGGTGA
#19	ATGTGCCAAG	GAAATATAAA	CTTAAGAAGA	GCTTGTTCCA	TGTTTTGCCG	TTCGCGGTGA
#20	ATGTGCCAAG	GAAATATAAA	CTTAAGAAGA	GCTTGTTCCA	TGTTTTGCCG	TTCGCGGTGA
#21	ATGTGCCAAG	GAAATATAAA	CTTAAGAAGA	GCTTGTTCCA	TGTTTTGCCG	TTCGCGGTGA
#22	ATGTGCCAAG	GAAATATAAA	CTTAAGAAGA	GCTTGTTCCA	TGTTTTGCCG	TTCGCGGTGA
#23	ATGTGCCAAG	GAAATATAAA	CTTAAGAAGA	GCTTGTTCCA	TGTTTTGCCG	TTCGCGGTGA
#24	ATGTGCCAAG	GAAATATAAA	CTTAAGAAGA	GCTTGTTCCA	TGTTATGCCG	TTCGCGGTGA
#25	ATGTGCCAAG	GAAATATAAA	CTTAAAAAGA	GCTTGATCCA	TGTTTTGCCG	TTCGCGGTGA
#26	ATGTGCCAAG	GAAATATAAA	CTTAAGAAGA	GCTTGTTCCA	TGTTTTGCCG	TTCGCGGTGA
#27	ATGTGCCAAG	GAAATATAAA	CTTAAGAAGA	GCTTGTTCCA	TGTTTTGCCG	TTCGCGGTGA
#28	ATGTGCCAAG	GAAATATAAA	CTTAAGAAGA	GCTTGTTCCA	TGTTTTGCCG	TTCGCGGTGA
#29	ATGTGCCAAG	GAAAAATAAA	CTAAAAAAGG	GCTTATGCCG	TGCTTCACCG	TTCGCGGTGA
#30	ATGTGCCAAG	GAAAAATAAA	CTAAAAAAGG	GCTTATGCCG	TGCTTCACCG	TTCGCGGTGA
#31	ATGTGCCAAG	GAAAAATAAA	CTAGAAAAGG	GCTTATGCCG	TGCTTCACCG	TTCGCGGTGA
#32	ATGTGCCAAG	GAAAAATAAA	CTAAAAAAGG	GCTTATGCCG	TGCTTCACCG	TTCGCGGTGA

附錄二

[illegible]

玉山國家公園之台灣特有黃芩屬植物之遺傳多樣性及保育

#01	TCACGCATCG	ATGAAGAACG	TAGCAAAATG	CGATACTTGG	TGTGAATTGC	AGAATCCCGT
#02	TCACGCATCG	ATGAAGAACG	TAGCAAAATG	CGATACTTGG	TGTGAATTGC	AGAATCCCGT
#03	TCACGCATCG	ATGAAGAACG	TAGCAAAATG	CGATACTTGG	TGTGAATTGC	AGAATCCCGT
#04	TCACGCATCG	ATGAAGAACG	TAGCAAAATG	CGATACTTGG	TGTGAATTGC	AGAATCCCGT
#05	TCACGCATCG	ATGAAGAACG	TAGCAAAATG	CGATACTTGG	TGTGAATTGC	AGAATCCCGT
#06	TCACGCATCG	ATGAAGAACG	TAGCAAAATG	CGATACTTGG	TGTGAATTGC	AGAATCCCGT
#07	TCACGCATCG	ATGAAGAACG	TAGCAAAATG	CGATACTTGG	TGTGAATTGC	AGAATCCCGT
#08	TCACGCATCG	ATGAAGAACG	TAGCAAAATG	CGATACTTGG	TGTGAATTGC	AGAATCCCGT
#09	TCACGCATCG	ATGAAGAACG	TAGCAAAATG	CGATACTTGG	TGTGAATTGC	AGAATCCCGT
#10	TCACGCATCG	ATGAAGAACG	TAGCAAAATG	CGATACTTGG	TGTGAATTGC	AGAATCCCGT
#11	TCACGCATCG	ATGAAGAACG	TAGCAAAATG	CGATACTTGG	TGTGAATTGC	AGAATCCCGT
#12	TCACGCATCG	ATGAAGAACG	TAGCAAAATG	CGATACTTGG	TGTGAATTGC	AGAATCCCGT
#13	TCACGCATCG	ATGAAGAACG	TAGCAAAATG	CGATACTTGG	TGTGAATTGC	AGAATCCCGT
#14	TCACGCATCG	ATGAAGAACG	TAGCAAAATG	CGATACTTGG	TGTGAATTGC	AGAATCCCGT
#15	TCACGCATCG	ATGAAGAACG	TAGCAAAATG	CGATACTTGG	TGTGAATTGC	AGAATCCCGT
#16	TCACGCATCG	ATGAAGAACG	TATCAAAATG	CGATACTTGG	TGTGAATTGC	AGAATCCCGT
#17	TCACGCATCG	ATGAAGAACG	TAGCAAAATG	CGATACTTGG	TGTGAATTGC	AGAATCCCGT
#18	TCACGCATCG	ATGAAGAACG	TAGCAAAATG	CGATACTTGG	TGTGAATTGC	AGAATCCCGT
#19	TCACGCATCG	ATGAAGAACG	TAGCAAAATG	CGATACTTGG	TGTGAATTGC	AGAATCCCGT
#20	TCACGCATCG	ATGAAGAACG	TAGCAAAATG	CGATACTTGG	TGTGAATTGC	AGAATCCCGT
#21	TCACGCATCG	ATGAAGAACG	TAGCAAAATG	CGATACTTGG	TGTGAATTGC	AGAATCCCGT
#22	TCACGCATCG	ATGAAGAACG	TAGCAAAATG	CGATACTTGG	TGTGAATTGC	AGAATCCCGT
#23	TCACGCATCG	ATGAAGAACG	TAGCAAAATG	CGATACTTGG	TGTGAATTGC	AGAATCCCGT
#24	TCACGCATCG	ATGAAGAACG	TAGCAAAATG	CGATACTTGG	TGTGAATTGC	AGAATCCCGT
#25	TCACGCATCA	ATAAAGAACG	TATCAAAATG	CGATACTTGG	TGTGAATTGC	AGAATCCCGT
#26	TCACGCATCG	ATGAAGAACG	TAGCAAAATG	CGATACTTGG	TGTGAATTGC	AGAATCCCGT
#27	TCACGCATCG	ATGAAGAACG	TAGCAAAATG	CGATACTTGG	TGTGAATTGC	AGAATCCCGT
#28	TCACGCATCG	ATGAAGAACG	TAGCAAAATG	CGATACTTGG	TGTGAATTGC	AGAATCCCGT
#29	TCACGCATCG	ATGAAGAACG	TAGCAAAATG	CGATACTTGG	TGTGAATTGC	AGAATCCCGT
#30	TCACGCATCG	ATGAAGAACG	TAGCAAAATG	CGATACTTGG	TGTGAATTGC	AGAATCCCGT
#31	TCACGCATCG	ATGAAGAACG	TAGCAAAATG	CGATACTTGG	TGTGAATTGC	AGAATCCCGT
#32	TCACGCATCG	ATGAAGAACG	TAGCAAAATG	CGATACTTGG	TGTGAATTGC	AGAATCCCGT

附錄二

[illegible]

玉山國家公園之台灣特有黃芩屬植物之遺傳多樣性及保育

#01	GAACCATCGA	GTTTTTGAAC	GCAAGTTGCG	CCCGAAGCCT	TTTGGCTAAG	GGCACGTCTG
#02	GAACCATCGA	GTTTTTGAAC	GCAAGTTGCG	CACGAAGCCT	TTTGGCTAAG	GGCACGTCTG
#03	GAACCATCGA	GTTTTTGAAC	GCAAGTTGCG	CACGAAGCCT	TTTGGCTAAG	GGCACGTCTG
#04	GAACCATCGA	GTTTTTGAAC	GCAAGTTGCG	CACGAAGCCT	TTTGGCTAAG	GGCACGTCTG
#05	GAACCATCGA	GTTTTTGAAC	GCAAGTTGCG	CACGAAGCCT	TTTGGCTAAG	GGCACGTCTG
#06	GAACCATCGA	GTTTTTGAAC	GCAAGTTGCG	CACGAAGCCT	TTTGGCTAAG	GGCACGTCTG
#07	GAACCATCGA	GTTTTTGAAC	GCAAGTTGCG	CACGAAGCCT	TTTGGCTAAG	GGCACGTCTG
#08	GAACCATCGA	GTTTTTGAAC	GCAAGTTGCG	CCCGAAGCCT	TTTGGCTGAG	GGCACGTCTG
#09	GAACCATCGA	GTTTTTGAAC	GCAAGTTGCG	CCCGAAGCCT	TTTGGCTGAG	GGCACGTCTG
#10	GAACCATCGA	GTTTTTGAAC	GCAAGTTGCG	CCCGAAGCCT	TTTGGCTGAG	GGCACGTCTG
#11	GAACCATCGA	GTTTTTGAAC	GCAAGTTGCG	CCCGAAGCCT	TTTGGCTGAG	GGCACGTCTG
#12	GAACCATCGA	GTTTTTGAAC	GCAAGTTGCG	CCCGAAGCCT	TTTGGCTGAG	GGCACGTCTG
#13	GAACCATCGA	GTTTTTGAAC	GCAAGTTGCG	CCCGAAGCCT	TTTGGCTGAG	GGCACGTCTG
#14	GAACCATCGA	GTTTTTGAAC	GCAAGTTGCG	CCCGAAGCCT	TTTGGCTGAG	GGCACGTCTG
#15	GAACCATCGA	GTTTTTGAAC	GCAAGTTGCG	CCCGAAGCCT	TTTGGCTGAG	GGCACGTCTG
#16	GAACCATCGA	GTTTTTGAAC	GCAAGTTGCG	CCCAAAGCCT	TTTGGCTGAG	GGCACGTCTG
#17	GAACCATCGA	GTTTTTGAAC	GCAAGTTGCG	CCCAAAGCCT	TTTGGCTGAG	GGCACGTCTG
#18	GAACCATCGA	GTTTTTGAAC	GCAAGTTGCG	CCCGAAGCCT	TTTGGCTGAG	GGCACGTCTG
#19	GAACCATCGA	GTTTTTGAAC	GCAAGTTGCG	CCCGAAGCCT	TTTGGCTGAG	GGCACGTCTG
#20	GAACCATCGA	GTTTTTGAAC	GCAAGTTGCG	CCCGAAGCCT	TTTGGCTGAG	GGCACGTCTG
#21	GAACCATCGA	GTTTTTGAAC	GCAAGTTGCG	CCCGAAGCCT	TTTGGCTGAG	GGCACGTCTG
#22	GAACCATCGA	GTTTTTGAAC	GCAAGTTGCG	CCCGAAGCCT	TTTGGCTGAG	GGCACGTCTG
#23	GAACCATCGA	GTTTTTGAAC	GCAAGTTGCG	CCCGAAGCCT	TTTGGCTGAG	GGCACGTCTG
#24	AAACCATCGA	GTTTTTGAAC	GCAAGTTGCG	CCCGAAGCCT	TTTGGCTGAG	GGCACGTCTG
#25	AAACCATCGA	GTTTTTGAAC	GCAAGTTGCG	CCCAAAGCCT	TTTGGCTAAG	GGCACGTCTG
#26	GAACCATCGA	GTTTTTGAAC	GCAAGTTGCG	CCCGAAGCCT	TTTGGCTAAG	GGCACGTCTG
#27	GAACCATCGA	GTTTTTGAAC	GCAAGTTGCG	CCCGAAGCCT	TTTGGCTGAG	GGCACGTCTG
#28	GAACCATCGA	GTTTTTGAAC	GCAAGTTGCG	CCCGAAGCCT	TTTGGCCAAG	GGCACGTCTG
#29	GAACCATCGA	GTTTTTGAAC	GCAAGTTGCG	CCCGAAGCCT	TTTGGCCAAG	GGCACGTCTG
#30	GAACCATCGA	GTTTTTGAAC	GCAAGTTGCG	CCCGAAGCCT	TTTGGCCAAG	GGCACGTCTG
#31	GAACCATCGA	GTTTTTGAAC	GCAAGTTGCG	CCCGAAGCCT	TTTGGCCAAG	GGCACGTCTG
#32	GAACCATCGA	GTTTTTGAAC	GCAAGTTGCG	CCCGAAGCCT	TTTGGCCAAG	GGCACGTCTG

附錄二

#01	CCTGGGCGTC	ACACATCGCG	TCGCCCCC-A	TCACACCTCT	TGACGGGGAT	GTTTGAATGG
#02	CCTGGGCGTC	ACACATCGCG	TCGCCCCC-A	TCACACCTCT	TGACGGGGAT	GTTTGAATGG
#03	CCTGGGCGTC	ACACATCGCG	TCGCCCCC-A	TCACACCTCT	TGACGGGGAT	GTTTGAATGG
#04	CCTGGGCGTC	ACACATCGCG	TCGCCCCC-A	TCACACCTCT	TGACGGGGAT	GTTTGAATGG
#05	CCTGGGCGTC	ACACATCGCG	TCGCCCCC-A	TCACACCTCT	TGACGGGGAT	GTTTGAATGG
#06	CCTGGGCGTC	ACACATCGCG	TCGCCCCC-A	TCACACCTCT	TGACGGGGAT	GTTTGAATGG
#07	CCTGGGCGTC	ACACATCGCG	TCGCCCCC-A	TCACACCTCT	TGACGGGGAT	GTTTGAATGG
#08	CCTGGGCGTC	ACACATCGCG	TCGCCCCC-A	TCACACCTCT	TGACGGGGAT	GTTTGAATGG
#09	CCTGGGCGTC	ACACATCGCG	TCCCCC--A	TCACACCTCT	TGACGGGGAT	GTTTGAATGG
#10	CCTGGGCGTC	ACACATCGCG	TCCCCC--A	TCACACCTCT	TGACGGGGAT	GTTTGAATGG
#11	CCTGGGCGTC	ACACATCGCG	TCCCCC--A	TCACACCTCT	TGACGGGGAT	GTTTGAATGG
#12	CCTGGGCGTC	ACACATCGCG	TCCCCC--A	TCACACCTCT	TGACGGGGAT	GTTTGAATGG
#13	CCTGGGCGTC	ACACATCGCG	TCCCCC--A	TCACACCTCT	TGACGGGGAT	GTTTGAATGG
#14	CCTGGGCGTC	ACACATCGCG	TCCCCC--A	TCACACCTCT	TGACGGGGAT	GTTTGAATGG
#15	CCTGGGCGTC	ACACATCGCG	TCCCCC--A	TCACACCTCT	TGACGGGGAT	GTTTGAATGG
#16	CCTGGGCGTC	ACACATCGCG	TCCCCC--A	TCACACCTCT	TGACGGGGAT	GTTTGAATGG
#17	CCTGGGCGTC	ACACATCGCG	TCCCCC--A	TCACACCTCT	TGACGGGGAT	GTTTGAATGG
#18	CCTGGGCGTC	ACACATCGCG	TCCCCC--A	TCACACCTCT	TGACGGGGAT	GTTTGAATGG
#19	CCTGGGCGTC	ACACATCGCG	TCCCCC--A	TCACACCTCT	TGACGGGGAT	GTTTGAATGG
#20	CCTGGGCGTC	ACACATCGCG	TCCCCC--A	TCACACCTCT	TGACGGGGAT	GTTTGAATGG
#21	CCTGGGCGTC	ACACATCGCG	TCCCCC--A	TCACACCTCT	TGACGGGGAT	GTTTGAATGG
#22	CCTGGGCGTC	ACACATCGCG	TCCCCC--A	TCACACCTCT	TGACGGGGAT	GTTTGAATGG
#23	CCTGGGCGTC	ACACATCGCG	TCCCCC--A	TCACACCTCT	TGACGGGGAT	GTTTGAATGG
#24	CCTGGGCGTC	ACACATCGCG	TCCCCC--A	TCACACCTCT	TGACGGGGAT	GTTTGAATGG
#25	CCTGGGCGTC	ACACATCGCG	TCCCCC--A	TCACACCTCT	TGACGGGGAT	GTTTGAATGG
#26	CCTGGGCGTC	ACACATCGCG	TCGCCCCC-A	TCACACCTCT	TGACGGGGAT	GTTTGAATGG
#27	CCTGGGCGTC	ACACATCGCG	TCCCCCCC-A	TCACACCTCT	TGACGGGGAT	GTTTGAATGG
#28	CCTGGGCGTC	ACACATCGCG	TCACCTCCAA	GCACACCTCT	TGATGGGGAT	GTTGTTGCGG
#29	CCTGGGCGTC	ACACATCGCG	TCACCTCCAA	GCACACCTCT	TGATGGGGAT	GTTGTTGCGG
#30	CCTGGGCGTC	ACACATCGCG	TCACCTCCAA	GCACACCTCT	TGATGGGGAT	GTTGTTGCGG
#31	CCTGGGCGTC	ACACATCGCG	TCACCTCCAA	GCACACCTCT	TGATGGGGAT	GTTGTTGCGG
#32	CCTGGGCGTC	ACACATCGCG	TCACCTCCAA	GCACACCTCT	TGATGGGGAT	GTTGTTGCGG

玉山國家公園之台灣特有黃芩屬植物之遺傳多樣性及保育

#01	GGACGGAGAT	TGGTCTCCCG	TTCCTACGGT	GCGGTTGGCT	GAAGTTTGAG	TCCTCTTTGA
#02	GGACGGAGAT	TGGTCTCCCG	TTCCTACGGT	GCGGTTGGCT	GAAGTTTGAG	TCCTCTTTGA
#03	GGACGGAGAT	TGGTCTCCCG	TTCCTACGGT	GCGGTTGGCT	GAAGTTTGAG	TCCTCTTTGA
#04	GGACGGAGAT	TGGTCTCCCG	TTCCTACGGT	GCGGTTGGCT	GAAGTTTGAG	TCCTCTTTGA
#05	GGACGGAGAT	TGGTCTCCCG	TTCCTACGGT	GCGGTTGGCT	GAAGTTTGAG	TCCTCTTTGA
#06	GGACGGAGAT	TGGTCTCCCG	TTCCTACGGT	GCGGTTGGCT	GAAGTTTGAG	TCCTCTTTGA
#07	GGACGGAGAT	TGGTCTCCCG	TTCCTACGGT	GCGGTTGGCT	GAAGTTTGAG	TCCTCTTTGA
#08	GGACGGAGAT	TGGTCTCCCG	TTCCTACGGT	GCGGTTGGCT	GAAGTTTGAG	TCCTCTTTGA
#09	GGACGGAGAT	TGGTCTCCCG	TTCCTACGGT	GCGGTTGGCT	GAAGTTTGAG	TCCTCTTTGA
#10	GGACGGAGAT	TGGTCTCCCG	TTCCTACGGT	GCGGTTGGCT	GAAGTTTGAG	TCCTCTTTGA
#11	GGACGGAGAT	TGGTCTCCCG	TTCCTACGGT	GCGGTTGGCT	GAAGTTTGAG	TCCTCTTTGA
#12	GGACGGAGAT	TGGTCTCCCG	TTCCTACGGT	GCGGTTGGCT	GAAGTTTGAG	TCCTCTTTGA
#13	GGACGGAGAT	TGGTCTCCCG	TTCCTACGGT	GCGGTTGGCT	GAAGTTTGAG	TCCTCTTTGA
#14	GGACGGAGAT	TGGTCTCCCG	TTCCTACGGT	GCGGTTGGCT	GAAGTTTGAG	TCCTCTTTGA
#15	GGACGGAGAT	TGGTCTCCCG	TTCCTACGGT	GCGGTTGGCT	GAAGTTTGAG	TCCTCTTTGA
#16	GGACGGAGAT	TGGTCTCCCG	TTCCTACGGT	GCGGTTGGCT	GAAGTTTGAG	TCCTCTTTGA
#17	GGACGGAGAT	TGGTCTCCCG	TTCCTACGGT	GCGGTTGGCT	GAAGTTTGAG	TCCTCTTTGA
#18	GGACGGAGAT	TGGTCTCCCG	TTCCTACGGT	GCGGTTGGCT	GAAGTTTGAG	TCCTCTTTGA
#19	GGACGGAGAT	TGGTCTCCCG	TTCCTACGGT	GCGGTTGGCT	GAAGTTTGAG	TCCTCTTTGA
#20	GGACGGAGAT	TGGTCTCCCG	TTCCTACGGT	GCGGTTGGCT	GAAGTTTGAG	TCCTCTTTGA
#21	GGACGGAGAT	TGGTCTCCCG	TTCCTACGGT	GCGGTTGGCT	GAAGTTTGAG	TCCTCTTTGA
#22	GGACGGAGAT	TGGTCTCCCG	TTCCTACGGT	GCGGTTGGCT	GAAGTTTGAG	TCCTCTTTGA
#23	GGACGGAGAT	TGGTCTCCCG	TTCCTACGGT	GCGGTTGGCT	GAAGTTTGAG	TCCTCTTTGA
#24	GGACGGAGAT	TGGTCTCCCG	TTCCTACGGT	GCGGTTGGCT	GAAGTTTGAG	TCCTCTTTGA
#25	GGACGGAGAT	TGGTCTCCCG	TTCCTACGGT	GCGGTTGGCT	GAAGTTTGAG	TCCTCTTTGA
#26	GGACGGAGAT	TGGTCTCCCG	TTCCTACGGT	GCGGTTGGCT	GAAGTTTGAG	TCCTCTTTGA
#27	GGACGGAGAT	TGGTCTCCCG	TTCCTACGGT	GCGGTTGGCT	GAAGTTTGAG	TCCTCTTTGA
#28	GGGCGGAGAT	TGGTCTCCCG	TTCCTAAGGT	GCGGTTGGCT	AAAATAAGAG	TCCCCTTCGT
#29	GGGCGGAGAT	TGGTCTCCCG	TTCCTAAGGT	GCGGTTGGCT	AAAATAAGAG	TCCCCTTCGT
#30	GGGCGGAGAT	TGGTCTCCCG	TTCCTAAGGT	GCGGTTGGCT	AAAATAAGAG	TCCCCTTCGT
#31	GGGCGGAGAT	TGGTCTCCCG	TTCCTAAGGT	GCGGTTGGCT	AAAATAAGAG	TCCCCTTCGT
#32	GGGCGGAGAT	TGGTCTCCCG	TTCCTAAGGT	GCGGTTGGCT	AAAATAAGAG	TCCCCTTCGT

附錄二

[illegible]

玉山國家公園之台灣特有黃芩屬植物之遺傳多樣性及保育

#01	TAAGGAAGAT	CTTTTAAATG	ACCCTAATGT	GTCGTCTCAT	GACGATGCAT	CGACTGCGAC
#02	TAAGGAAGAT	CTTTTAAATG	ACCCTAATGT	GTCGTCTCAT	GACGATGCAT	CGACTGCGAC
#03	TAAGGAAGAT	CTTTTAAATG	ACCCTAATGT	GTCGTCTCAT	GACGATGCAT	CGACTGCGAC
#04	TAAGGAAGAT	CTTTTAAATG	ACCCTAATGT	GTCGTCTCAT	GACGATGCAT	CGACTGCGAC
#05	TAAGGAAGAT	CTTTTAAATG	ACCCTAATGT	GTCGTCTCAT	GACGATGCAT	CGACTGCGAC
#06	TAAGGAAGAT	CTTTTAAATG	ACCCTAATGT	GTCGTCTCAT	GACGATGCAT	CGACTGCGAC
#07	TAAGGAAGAT	CTTTTAAATG	ACCCTAATGT	GTCGTCTCAT	GACGATGCAT	CGACTGCGAC
#08	TAAGCAAGAT	CTTCTTAATG	ACCCTAATGT	GTCGTCTCAT	GTCGATGCAT	CGACTGCGAC
#09	TAAGGAAGAT	CTTTTAAATG	ACCCTAATGT	GTCGTCTCAT	GACGATGCAT	CGACTGCGAC
#10	TAAGGAAGAT	CTTTTAAATG	ACCCTAATGT	GTCGTCTCAT	GACGATGCAT	CGACTGCGAC
#11	TAAGGAAGAT	CTTTTAAATG	ACCCTAATGT	GTCGTCTCAT	GACGATGCAT	CGACTGCGAC
#12	TAAGGAAGAT	CTTTTAAATG	ACCCTAATGT	GTCGTCTCAT	GACGATGCAT	CGACTGCGAC
#13	TAAGGAAGAT	CTTTTAAATG	ACCCTAATGT	GTCGTCTCAT	GACGATGCAT	CGACTGCGAC
#14	TAAGGAAGAT	CTTTTAAATG	ACCCTAATGT	GTCGTCTCAT	GACGATGCAT	CGACTGCGAC
#15	TAAGGAAGAT	CTTTTAAATG	ACCCTAATGT	GTCGTCTCAT	GACGATGCAT	CGACTGCGAC
#16	TAAGGAAGAT	CTTTTAAATG	ACCCTAATGT	GTCGTCTCAT	GACGATGCAT	CGACTGCGAC
#17	TAAGGAAGAT	CTTTTAAATG	ACCCTAATGT	GTCGTCTCAT	GACGATGCAT	CGACTGCGAC
#18	TAAGGAAGAT	CTTTTAAATG	ACCCTAATGT	GTCGTCTCAT	GACGATGCAT	CGACTGCGAC
#19	TAAGGAAGAT	CTTTTAAATG	ACCCTAATGT	GTCGTCTCAT	GACGATGCAT	CGACTGCGAC
#20	TAAGGAAGAT	CTTTTAAATG	ACCCTAATGT	GTCGTCTCAT	GACGATGCAT	CGACTGCGAC
#21	TAAGGAAGAT	CTTTTAAATG	ACCCTAATGT	GTCGTCTCAT	GACGATGCAT	CGACTGCGAC
#22	TAAGGAAGAT	CTTTTAAATG	ACCCTAATGT	GTCGTCTCAT	GACGATGCAT	CGACTGCGAC
#23	TAAGGAAGAT	CTTTTAAATG	ACCCTAATGT	GTCGTCTCAT	GACGATGCAT	CGACTGCGAC
#24	TAAGGAAGAT	CTTTTAAATG	ACCCTAATGT	GTCGTCTCAT	GACGATGCAT	CGACTGCGAC
#25	TAAGGAAGAT	CTTTTAAATG	ACCCTAATGT	GTCGTCTCAT	GACGATGCAT	CGACTGCGAC
#26	TAAGGAAGAT	CTTTTAAATG	ACCCTAATGT	GTCGTCTCAT	GACGATGCAT	CGACTGCGAC
#27	TAAGGAAGAT	CTTTTAAATG	ACCCTAATGT	GTCGTCTCAT	GACGATGCAT	CGACTGCGAC
#28	TAAGGAAGAT	CTCTTCGATG	ACCCTAATGT	GTCGTCTTGT	-ACGACGCTC	CGACAGCGAC
#29	TAAGGAAGAT	CTCTTCGATG	ACCCTAATGT	GTCGTCTTGT	-ACGACGCTC	CGACAGCGAC
#30	TAAGGAAGAT	CTCTTCGATG	ACCCTAATGT	GTCGTCTTGT	-ACGACGCTC	CGACAGCGAC
#31	TAAGGAAGAT	CTCTTCGATG	ACCCTAATGT	GTCGTCTTGT	-ACGACGCTC	CGACAGCGAC
#32	CAAGGAAGAT	CTCTTCGATG	ACCCTAATGT	GTCGTCTTGT	-ACGACGCTC	CGACAGCGAC

#01	CCCAGGTCAG	GCGGG
#02	CCCAGGTCAG	GCGGG
#03	CCCAGGTCAG	GCGGG
#04	CCCAGGTCAG	GCGGG
#05	CCCAGGTCAG	GCGGG
#06	CCCAGGTCAG	GCGGG
#07	CCCAGGTCAG	GCGGG
#08	CCCAGGTCAG	GCGGG
#09	CCCAGGTCAG	GCGGG
#10	CCCAGGTCAG	GCGGG
#11	CCCAGGTCAG	GCGGG
#12	CCCAGGTCAG	GCGGG
#13	CCCAGGTCAG	GCGGG
#14	CCCAGGTCAG	GCGGG
#15	CCCAGGTCAG	GCGGG
#16	CCCAGGTCAG	GCGGG
#17	CCCAGGTCAG	GCGGG
#18	CCCAGGTCAG	GCGGG
#19	CCCAGGTCAG	GCGGG
#20	CCCAGGTCAG	GCGGG
#21	CCCAGGTCAG	GCGGG
#22	CCCAGGTCAG	GCGGG
#23	CCCAGGTCAG	GCGGG
#24	CCCAGGTCAG	GCGGG
#25	CCCAGGTCAG	GCGGG
#26	CCCAGGTCAG	GCGGG
#27	CCCAGGTCAG	GCGGG
#28	CCCAGGTCAG	GCGGG
#29	CCCAGGTCAG	GCGGG
#30	CCCAGGTCAG	GCGGG
#31	CCCAGGTCAG	GCGGG
#32	CCCAGGTCAG	GCGGG

玉山國家公園之台灣特有黃菟屬植物之遺傳多樣性及保育

附錄三 玉山黃菀複合群照片



圖片相對位置：

黃菀 (<i>S. nemorensis</i> L. var. <i>dentatus</i>)	台東黃菀 (<i>S. taitungensis</i>)
玉山黃菀 (<i>S. morrisonensis</i>)	關山千里光 (<i>S. kuanshanensis</i>)

參考書目：

Avise, J. C., R. M. Arnold, B. E. Bermingham, T. Lamb, E. Neigel, C. A. Reeb
and N. C. Saunderson (1987). Intraspecific phylogeography : the
mitochondrial DNA bridge between population genetics and systematics.
Annual Review Ecology Systematic 18: 489-522.

Avise, J. C. (1998). The history and purview of phylogeography: a personal
reflection. *Molecular Ecology* 7: 371-379.

Barry, C. C. and P. D. Moore (2000). Biogeography. London, Blackwell Science.

Byrne, R. (1980). Man and the variable vulnerability of island life-A study of
recent vegetation change in the Bahamas. Washington D. C.,
Smithsonian Institution.

Carlquist S., Baldwin, B. G., and Carr, G. D. 2003. Tarweeds and silverswords:
Evolution of the Madiinae(Asteraceae). Missouri Botanical Garden Press.

17-52

- Case, T. J., D. T. Bolger and A. D. Richman (1992). Reptilian extinctions: the last ten thousand years, Chapman and Hall, New York.
- Chung, S. W., and C. -I. Peng. 2002. *Senecio kuanshanensis* (Asteraceae), a new species from southern Taiwan. Bot. Bull. Acad. Sin. 43: 155-159
- Crawford, D., E. Ruiz, T. Tepe, P. Aqueveque and F. Gonzalez (2001). Allozyme diversity in endemic flowering plant species of the Juan Fernandez Archipelago, Chile: ecological and historical factors with implications for conservation. *American Journal of Botany* 88: 2156-2203.
- Doyle J. J. and Doyle J. L. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin* 19: 11-15
- Editorial committee of the Flora of Taiwan. 1998. Flora of Taiwan 2nd. Taipei, Taiwan, 4: 1051-1062
- Felsenstein, J. (1985). Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrapp. *Evolution* 39: 783-791.
- Frankham, R. (1997). Do island populations have less genetic variation than mainland populations. *Heredity* 78: 311-327.

- Frankham, R. and D. A. Briscoe (2002). Introduction to conservation genetics.
New York, Cambridge.
- Futuyma, D. J. (1986). Evolutionary Biology. Sunderland, Sinauer.
- Goldstein, D. B.& C.Schlötterer (1999) Microsatellites: Evolution and
Applications. Oxford University Press, 1-6
- Hall, R. L. 1978. Variability and speciation in canids and hominids. In : R. L. Hall
and H. S. sharp (eds.), Wolf and Man; Evolution in Parallel. Academic
Press, 153-177.
- Higgins D. G., A. J. Bleasby and R. Fuchs. (1992). CLUSTAL V: improved
software for multiple sequence alignment. *CABIOS* 8: 189-191.
- Hsu K. C.,J. P. Wang, W. L. Chen, & T. Y. Chiang (2004) Isolation and
characterization of microsatellite loci in *Acrossocheilus paradoxus*
(Cyprinidae) using PCR-based isolation of microsatellite arrays (PIMA).
Conservation Genetics 5:1-3
- Judd, W. S., C. S. Campbell, E. A. Kellogg, P. S. Stevens& M. J. Donoghue
(2002) Plant Systematics: A Phylogenetic Approach, Second Edition,
Sinauer Associates, Inc.480-487

- Kimura, M. (1980). A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *Mol. Evo.*, 16: 111-120.
- Liu, G., M. J. Hegarty, K. J. Edwards, S. J. Hiscock, and R. J. Abbott (2004). Isolation and characterization of microsatellite loci in *Senecio*. *Molecular Ecology Notes* 4: 611-614.
- Liu, T. K., Y. G. Chen, W. S. Chen, and S. H. Jiang (2000). Rates of cooling and denudation of the Early Penglai Orogeny, Taiwan, as assessed by fission-track constraints. *Tectonophysics* 320; 69-82.
- Mayr, E. 1963. *Animal species and Evolution*. Harvard University Press, Cambredge, MA.
- Malcolm, L. and J. Hunter (2002). *Fundamentals of Conservation Biology*. Orono, Blackwell.
- Moritz, C. (1994). Defining evolutionary significant units for conservation. *Trends of Ecology and Evolution* 9: 373-375.
- Moritz, C. and P. Bermingham (1998). Comparative phylogeography: concepts and applications. *Molecular Ecology* 7: 367-370.

- Provan J., W. Powell & P.M. Hollingsworth (2001) Chloroplast microsatellites: new tools for studies in plant ecology and evolution. *Trends in Ecology & Evolution*, 16:142-147
- Richards R.I., G. R. Sutherland (1994) Simple repeat DNA is not replicated simply. *Nature Genetics*, 6:114-116
- Sanger F, Nicklen S, Coulson AR (1977) DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proceedings of National Academia Sciences, USA* 74: 5463-5467.
- Schneider S, Roessli D, Excoffier L (2000) *ARLEQUIN, Version 2: A Software for Population Genetic Data Analysis*. Genetics and Biometry Laboratory, University of Geneva, Geneva.
- Schlotterer C., D. TautZ (1992) Slippage synthesis of simple sequence DNA. *Nucleic Acids Res*, 20:211-215
- Smith, F.D.M., R.M. May, R. Pellew, T.H. Johnson, and K.R. Walter. (1993). How much do we know about the current extinction rate? *Trends in Ecology and Evolution* 8:375-378.

Stuessy, T. F. (1998). Evolution and Speciation of Island Plants. Cambridge

University Press: Cambridge.

Tautz D. & C. Schlotterer (1994) Simple sequences. Curr. Opin. Genet. Dev.

4:832-837

Thomas D. C., A. Umar, T. A. Kunkel (1996) Microsatellite instability and

mismatch repair defects in cancers cells. Mutation research, 350:201-205

Weising K, Nybom, H., Wolf K., and Kahl, G. (2005) DNA Fingerprinting in

Plants: Principles, Methods, and Applications, Second edition. CRC Press:

1-14