

中橫公路沿線太魯閣櫟 族群生態之研究

指導教授：徐 國 士 博 士

研 究 生：陳 慧 芬

內政部營建署太魯閣國家公園管理處
中 華 民 國 八 十 九 年 十 二 月

誌 謝

本研究由內政部營建署太魯閣國家公園管理處提供經費。研究期間承蒙管理處林前處長培旺、葉處長世文、廖副處長閱郎、保育課楊課長南聰之鼓勵支持，保育課李秋芳小姐、陳孟江先生、和鄒月娥小姐提供各種行政支援和寶貴意見，國立東華大學自然資源管理研究所徐教授國士、中國科學院植物研究所陳偉烈老師及應俊生老師的諄諄教誨與殷勤指導，東華大學自然資源管理研究所植物生態研究室的劉威麟、陳宜鳳、吳蕙吟、古心蘭、陳添財、陳筠喬及好友張家銘、何郁青、謝易展協助野外樣區調查及資料整理分析，使本項合作研究計畫得以順利完成，特此一併致謝。

摘要

太魯閣櫟常長於土壤淺薄、乾燥、陽光充足的陡坡稜線，除以種子長成實生苗外，亦常見以萌蘗的方式更新族群。過去少見其族群生態學研究。本研究目的為蒐集太魯閣櫟分類及植物地理學上相關的文獻；調查中橫沿線石灰岩地區太魯閣櫟族群的物候現象；分析其群落喬木層物種多樣性；以胸徑大小代替樹齡進行族群結構、動態及分佈型的分析；進行種子萌芽觀察，統計果實落下量，分析地面果實動態與分佈型；利用不同生境中無性系萌枝與實生苗及主幹的比例，分析繁殖策略與生境間的關連，以探討太魯閣櫟在族群更新上的意義。結果表明：

1. 太魯閣櫟的存在獨具植物地理學意義，可能與古地中海時期的櫟屬植物有關。
2. 太魯閣櫟在綠水、天祥及文山地區常為局部優勢種。依群落喬木層優勢種及樣區相似性分析結果，將其分為：太魯閣櫟群落及太魯閣櫟—青剛櫟群落。
3. 太魯閣櫟落果期密集在11月底至12月初。雨後濕潤土壤易使種子發芽，若土壤乾燥則幼苗死亡率高。2月下旬大規模落葉，3月中旬抽芽，4月開花。
4. 調查的太魯閣櫟族群構造有4型：樣區1、2的L形，幼苗補充量多但族群更新不良；樣區14的反J形，族群更新佳且持續進行；樣區6、8的扭轉S形，族群呈間歇性更新；及樣區5的J形，族群老化且幼苗補充量少，更新不佳。
5. 族群分佈型多為隨機分佈，但樣區1因幼苗聚集度高而使族群呈集群分布。
6. 實驗室種子2至3週萌芽，萌芽率為47%及66%；野外約3至4週萌芽，萌芽率20%至30%。種子無休眠現象，落地後若無發芽，易腐爛失去活性。地面果實有5成以上被動物及昆蟲吃食利用，成熟完好果實比例小於3成。
7. 由太魯閣櫟無性分株數與實生幼苗數及與主幹數的比例來看，陡坡、稜線或透光度低的生境，不利實生幼苗成長；而在地勢較平緩的生境，若土壤淺薄、保水性差、微氣候乾燥，太魯閣櫟還可自主幹基部萌蘗來更新族群。一般在陡坡稜線、岩石裸露率高的生境，或族群遭受重大干擾時，太魯閣櫟採無性系繁殖策略的比例較高，但若遇種子豐年，則有較多的種子苗更新。

目 錄

壹、前言	1
貳、前人研究及文獻探討	2
一、太魯閣櫟的形態特徵及地理分佈	2
二、太魯閣櫟生育地及植物群落的特徵	6
三、植物地理的相關研究	7
四、植物族群生態學的相關理論	10
參、研究地區概述	11
一、地理位置、地形與植被	11
二、地質與土壤	14
三、氣象資料	14
肆、研究方法及步驟	15
一、樣區選擇與劃設	15
二、生境因子調查	16
三、群落結構與組成調查	18
四、太魯閣櫟物候現象之調查	18
五、族群結構與更新機制調查	19
六、資料分析	20
伍、結果與討論	25
一、群落結構與多樣性分析	25
二、太魯閣櫟之物候現象	31
三、族群結構與存活曲線	32
四、族群分佈型	40
五、種子有性繁殖與族群更新之探討	43
六、無性系萌蘖繁殖與族群更新之探討	51
陸、結論	52
參考文獻	54
附錄一、研究區植物名錄	59

圖目錄

圖 1、太魯閣櫟圖譜 I	4
圖 2、太魯閣櫟圖譜 II	5
圖 3、研究樣區位置圖	13
圖 4、樣區族群結構圖	34
圖 5、典型的存活曲線類型	37
圖 6、樣區存活曲線圖	39
圖 7、太魯閣櫟種子萌芽率的觀察結果	44
圖 8、太魯閣櫟果實落下量觀察結果	46
圖 9、太魯閣櫟地面果實動態的觀察結果	48
圖 10、樣區地面果實比例觀察結果	49

表目錄

表 1、樣區附近氣象資料	15
表 2、研究樣區的生境條件概況	17
表 3、聚集強度指數與族群分布格局的關係	23
表 4、太魯閣櫟群落優勢種植物重要值	26
表 5、太魯閣櫟—青剛櫟群落群落優勢種植物重要值	28
表 6、太魯閣櫟群落的喬木物種多樣性分析結果	30
表 7、中橫沿線太魯閣櫟物候表	31
表 8、樣區 14 太魯閣櫟族群生命表（不含萌枝）	35
表 9、樣區 14 太魯閣櫟族群生命表（含萌枝）	35
表 10、太魯閣櫟族群生命期望值（不含萌枝）	36
表 11、太魯閣櫟族群生命期望值（含萌枝）	36
表 12、太魯閣櫟族群空間分佈型	41
表 13、太魯閣櫟種子空間分佈型之分析結果	50
表 14、樣區萌枝資料整理	51

壹、前言

太魯閣櫟 (*Quercus tarokoensis* Hayata) 是臺灣特有植物，為殼斗科 (*Fagaceae*) 櫟屬 (*Quercus*) 巴東櫟組 (Sect. *Englerianae*) 的常綠性喬木。形態獨特，除高山櫟 (*Quercus spinosa* A. David) 外，太魯閣櫟的形態與臺灣其他櫟屬植物大不相同；在分類上比較接近大陸及日本分佈的烏岡櫟 (*Quercus phillyraeoides* A. Gray)。零星分佈於中央山脈東側石灰岩區、台東新港山、南橫公路天龍橋段及屏東阿禮。在太魯閣國家公園區中橫沿線的海拔分佈約為 250 到 1200 公尺，為本區岩生植被代表樹種。生育地多為陡坡或山脊稜線處的岩生環境，土壤淺薄、乾燥、多石塊。在族群更新上，除以種子行有性繁殖，長成實生幼苗 (seedling) 外，亦常見無性系的萌蘖 (sprouting) 繁殖現象。

由於太魯閣櫟族群常位於人力難以到達處，只有分佈於步道、公路旁者較易觀察，故過去僅於植物分類、植物地理及群落分析的研究文獻中附帶提及，而少見其族群生態的探討。但對在演化上可能屬於衰老、子遺的物種，唯有透過對其族群結構、動態及繁殖策略的研究，才能進一步地瞭解其族群更新的機制，以利其族群保育和當地自然景觀的維護。因此本研究主要目的為：蒐集太魯閣櫟分類及植物地理學相關文獻；分析太魯閣櫟族群所屬植物群落的結構組成及喬木物種多樣性；並調查中橫公路沿線，太魯閣櫟族群的物候現象、族群結構、動態、繁殖策略等族群特徵與生育地環境間的關係。

貳、前人研究及文獻探討

太魯閣櫟 (*Quercus tarokoensis* Hayata) 是臺灣本島的特有種植物，為殼斗科 (*Fagaceae*) 植物的一種。殼斗科又名山毛櫟科，全世界有 6 屬，約 880 種，間斷分佈於歐亞大陸及美洲大陸；其中有 5 屬 46 種分佈於台灣。殼斗科植物是北半球森林植被的重要組成成分，為北溫帶分佈的科，但在熱帶亞洲也有廣泛的分佈 (李建強, 1999)。成員為落葉或常綠喬木，幼芽具鱗片保護。葉為單葉互生，有葉柄，葉緣為全緣、波狀緣、細鋸齒緣或粗鋸齒緣，葉背光滑或毛茸狀，葉脈羽狀；托葉會脫落。花單性小朵，不具花瓣，雌雄同株，雄花為下垂的葉莖花序；雌花單生或叢生，具有多數覆瓦狀鱗片的總苞。總苞於堅果 (nut) 成熟後變硬，形成殼斗狀，包被果實全部或一部份 (劉業經等, 1994)，這是殼斗科最重要、明顯的特徵，也是科名的由來。而以下將就前人文獻研究中，關於太魯閣櫟的形態、分類地位、地理分佈、生境及植物群落的特徵，還有植物地理的相關研究作概略性的描述；並對植物族群生態學的特徵和意義作簡單說明。

一、太魯閣櫟的分類史、形態特徵及地理分佈

1. 分類史

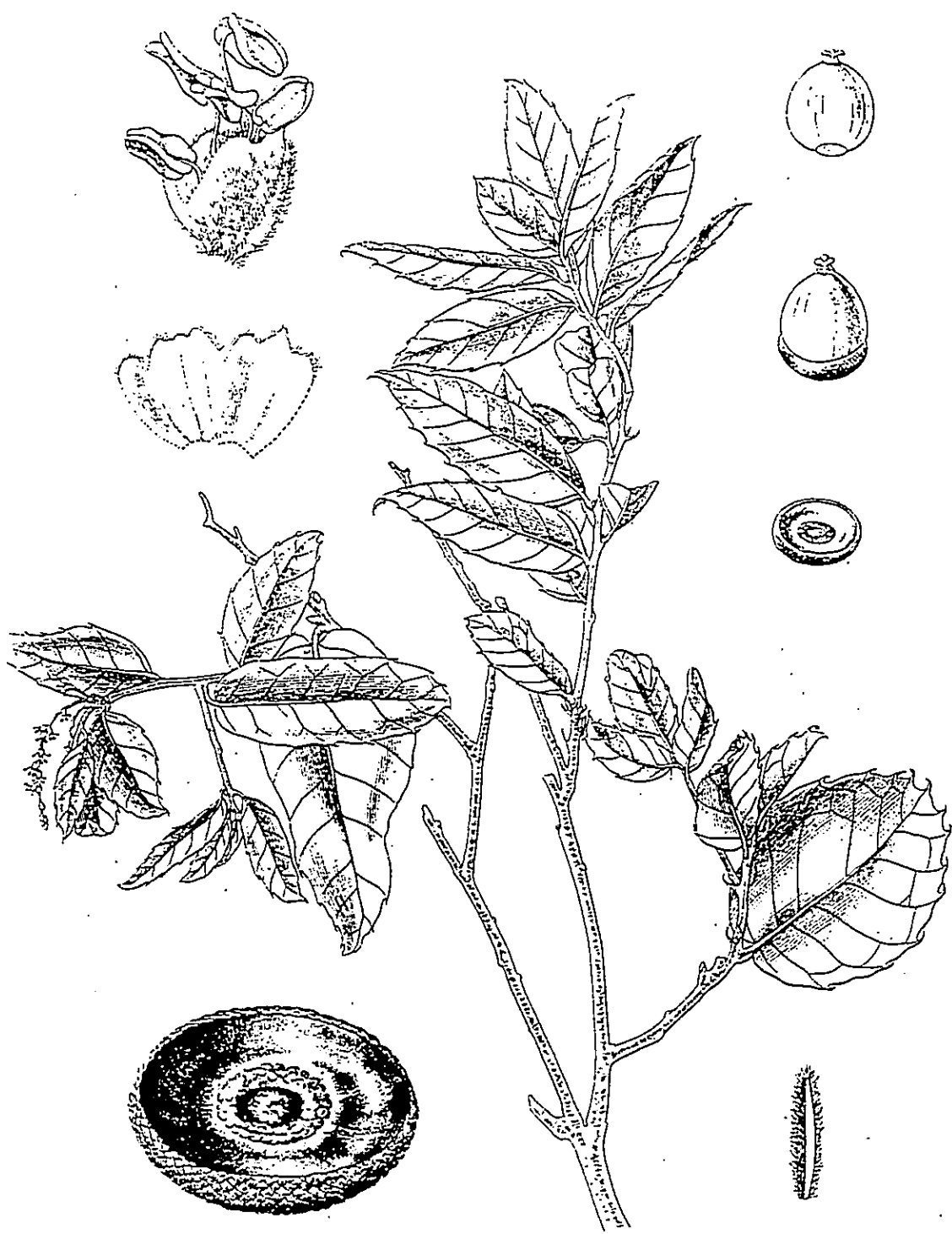
在植物分類史上，太魯閣櫟最早是由日籍植物分類學者早田文藏所命名，西元 1918 年在其所編著的「台灣植物圖譜」中正式發表，其學名一直沿用至今。之後陸續有金平亮三 (1936)、劉業經 (1960)、林渭訪與柳樞 (1965)、柳樞 (1968)、沈中桴 (1984)、廖日京 (1991) 等中、日籍學者在其著作中發表相關報導，以及中國樹木誌 (1985)、臺灣植物誌第二版 (1996) 記載太魯閣櫟的形態特徵及分佈地點。

2. 形態特徵

在植物分類的地位上，太魯閣櫟屬於殼斗科櫟屬 (*Quercus*) 中的巴東櫟組 (Sect. *Englerianae*)，為常綠性的中等型喬木，株高可達 12 公尺，樹幹直徑約可至 0.7 公尺，樹皮灰褐色或灰色，小枝幼時披褐色星狀毛。單葉互生，革質，具葉柄，柄長 0.1-0.3 公分；葉長 3.1-6.3 公分，寬 1.2-2.2 公分，卵形、長橢圓形或橢圓形，前半部常具細鋸齒緣；側脈 5-12 對，有明顯隆凸現象。花單性，雌雄同株；雄花花被 4-5 裂，長 2 公釐，寬 1.5 公釐，雄蕊 3-5 枚；雌花花被 4-5 淺裂，長 2 公釐，寬 4 公釐，外被短絨毛，花柱 3 裂，柱頭膨大。殼斗盤狀，直徑 1-1.3 公分，高 0.5-0.7 公分，外被柔毛，鱗片三角形，呈覆瓦狀排列。果實為堅果，橢圓體，長 1.4-1.8 公分，直徑 0.8-1.0 公分，尖端具宿存柱頭。每年 4-5 月開花，11 至 12 月為果熟期（臺灣植物誌編輯委員會，1996；廖日京，1991）。太魯閣櫟的形態特徵參見圖 1 及圖 2。

3. 地理分佈

太魯閣櫟分佈於台灣中央山脈東側的石灰岩地帶，北起大濁水，經太魯閣，到南橫公路的利稻(蘇鴻傑，1980)。中央山脈西側大甲溪上游山區；屏東山地門至鬼湖途中之阿禮，海拔約 1000 公尺左右山區；台東新港山西側之四維附近，海拔約 600 公尺處亦曾被發現過(柳楷等，1976；劉崇瑞等，1978)。在太魯閣國家公園區內的海拔分佈為自 1,200 公尺以下至 300 公尺處(王忠魁和陳玉峰，1990)，為本區岩生植被的代表樹種(蘇鴻傑，1980；王忠魁和陳玉峰，1990；章樂民等，1988)。



F. Hayami del.

S. Yamanaka sculp.

圖 1、太魯閣櫟圖譜 I (引自早田文藏, 1918)



圖 2、太魯閣櫟圖譜 II (引自廖日京, 1991)

二、太魯閣櫟生境及植物群落的特徵

太魯閣櫟常生長於陽光充足、坡度陡峭的山脊稜線、或峭壁頂上的緩坡地。生育地土壤多呈淺薄、乾燥、多石塊的特性，甚至有生長在岩壁裂隙處者。而中橫公路沿線太魯閣至洛韶地區的石灰岩環境，恰好為此類生境。

由於石灰岩母岩的漏水情形嚴重，且岩石裸露表面受陽光輻射，蒸發量大，雖然此區雨水多，但因土壤保水性差，生境常呈乾旱現象；又因土質呈高鈣性，故具有較大比例的喜鈣落葉闊葉樹種，但群落外貌仍以常綠闊葉樹種為主，大致上為常綠落葉闊葉混交林（蔣有緒等，1998）。本研究區植物群落常呈鑲嵌狀或混生，在群落分類上各研究者有不同的意見，分述如下：

1. 以太魯閣櫟為主要優勢種的太魯閣櫟群落：

該植物群落多位於石灰岩峽谷地區的山脊稜線或峭壁頂上的緩坡地；在非石灰岩地帶則多生於稜線上，偶見於近河谷的坡面。林內透光度高，群落組成樹種多偏陽性，以太魯閣櫟為主要的優勢種，其他伴生種在較高海拔有化香樹、栓皮櫟等，海拔漸低時，檫木、黃連木、阿里山千金榆等數量漸增。其他常見植物有疏果海桐、石楠、小葉鐵仔、萬年松、瓦葦、桔梗蘭、臺灣蘆竹等。（徐國士等，1988；章樂民等，1988；楊遠波等，1990）

2. 青剛櫟和太魯閣櫟的混生群落：

有研究者認為實際上太魯閣櫟並無顯著獨佔優勢而足以命名的群落類型，大抵為青剛櫟（*Cyclobalanopsis glauca* (Thunb.) Oerst.）和太魯閣櫟的混生區。青剛櫟多生長在山坡地，而太魯閣櫟則多存在於山脊稜線或裸岩地。另外，太魯閣櫟為東臺灣亞熱帶岩生植被代表物種或指標種，它的出現是反應局部生境的差異，而將之歸類為太魯閣櫟—青剛櫟群落。群落結構分為3至4層，第1層高3-8公尺，優勢種為青剛櫟或太魯閣櫟，伴生種如化香樹、黃連木、阿里山千金榆細葉饅頭果、石楠、紅皮、江某等；灌木層約1-3公尺，組成植物有山肉桂、山枇杷、白雞油、月橘、疏果海桐、長梗紫麻、臺灣山桂花等；

草本層在 1 公尺以下，優勢種有五節芒、臺灣蘆竹、桔梗蘭、小葉複葉耳蕨、粗毛鱗蓋蕨、全緣卷柏等。(王忠魁和陳玉峰 1990)。

另外，高瑞卿在 1995 年對立霧河流域作森林植物群落分析的結果指出：在臺灣中部中央山脈西側海拔 500-1000 公尺處的森林，主要是由生長於溪谷的樟科植物及生長於稜線山脊的殼斗科植物為主，分別屬於楠木林型及櫟木林型；但立霧河流域的相同海拔高度卻因土壤發育不良，植物群落是以青剛櫟、太魯閣櫟、阿里山千金榆等植物為主，罕有楠木類生長，因此將含太魯閣櫟族群的森林群落劃分為青剛櫟—呂宋莢迷林型中 2 個亞型：分別為太魯閣櫟—黃連木亞型及栓皮櫟—金毛杜鵑亞型。

三、植物地理學的相關研究

這裡整理出部份有關殼斗科櫟屬高山櫟及烏岡櫟植物地理學方面的資料，但因缺乏更多的化石及文獻佐證，故以下僅能就目前看到的資料，作客觀性的陳述，並於結論中的後續研究建議部份，提供一個參考方向。

1. 臺灣地質時代的植物生態環境：

臺灣是個年輕的島嶼，最古老的岩層為臺灣東部的先第三紀 (Palaeogene) 變質雜岩，約有 2 億多年歷史，主要出露在臺灣東部，此地區岩層歷經多次的變質及變形作用 (王執明, 1991)。台灣島的地理出現年代略早於第四紀；氣候在地質年代上，自第三紀以來並未遭受冰河侵襲；第四紀 (Quaternary) 初期臺灣尚與亞洲大陸相連，境內具有高聳的中央山脈，地形起伏大，在週期性海水升降的影響下，臺灣海峽底部與大陸相連的陸橋時而隱沒，時而突出水面，成為冰河時期大陸植物的避難場所。直到第四紀更新世 (Pleistocene)，臺灣海峽形成後，氣候回暖，部份植物又往較高海拔發展，使得臺灣具有許多古老的第三紀植物，如落葉樹種中的槭樹、赤楊等。這些溫帶分佈植物的週期性落葉特質，是為了適應此區一年當中較乾旱的冬季 (柳楷, 1960; 沈中樺, 2000)。此外，也有許多較古老的常綠闊葉樹種經由陸橋來到臺灣，如高山櫟 (在大陸

稱為刺葉櫟)的分佈，西起大陸雲南、經四川、湖北、江西、福建，而至臺灣中部山脈(楊欽周，1990；四川森林編輯委員會，1992，p.109)；而高山櫟為櫟屬中的高山櫟組(Sect. *Suber*)，是櫟屬的原始類群，起源一說是現代地中海沿岸，另一說為泰國北部及大陸西南部(李建強，1999)。而柳櫟也曾於1960年提出：高山櫟應為自我國西南經華中地區而進入臺灣高山的觀點。

2. 太魯閣櫟為演化上衰老子遺種的推論

由於太魯閣櫟的形態獨特，柳櫟(1960，1968)曾認為本種在演化上是屬於衰老(senescent)的物種，其分佈區域正在退縮中，因為其繁殖力較低，分佈零星；並認為在臺灣及臺灣以外之鄰近地區中罕有與其相似者，但卻與日本、韓國中新世中期地層中發現的化石植物 *Quercus koraica*，及與美國加州漸新世地層中所發現的化石植物 *Quercus pregrahanii* 相似，因此推斷本種可能為一子遺植物，亦為本省之古固有種(paleoendemic species)。

3. 與太魯閣櫟形態及分類相近的兩種櫟屬植物

(1) 高山櫟 (*Quercus spinosa* A. David):

太魯閣櫟與本省高山櫟在葉的形態上有一共同特色，即：葉厚革質，具鋸齒緣，常綠性，可忍受乾旱的生境。此耐旱特點與臺灣其他櫟屬植物大不相同，反而較像中國西南部和東喜馬拉雅地區廣泛分佈的硬葉櫟類(oak durisilvae)。

今日的青藏高原，在中生代石炭紀時仍為特提斯海(古地中海)北岸，地勢低窪，氣候濕熱，直至新生代的始新世中期，印度板塊快速擠壓歐亞大陸板塊，才逐漸形成今日的高原及喜馬拉雅山；原本寬闊的特提斯海也因此而退到今日的位置(徐仁，1982)。而中國—喜馬拉雅地區(四川西南部、雲南北部、西藏東南部、貴州西部、甘肅西南部和喜馬拉雅山脈東部)廣泛分佈著由櫟屬高山櫟組佔優勢的硬葉常綠闊葉林，其生境的氣候圖解呈「A」字型，屬於中國特有的夏雨區硬葉櫟林，與地中海型冬雨區(氣候圖解為「U」字型的硬葉櫟林不同。且根據化石及古植物學資料來看：分佈於現今地中海地區的冬青櫟應從

未分布到東亞，其相近種向東分布到阿富汗，而中國—喜馬拉雅地區櫟樹的種類豐富，都是東亞成分的特有種，因此中國—喜馬拉雅地區的硬葉櫟林與地中海的應無直接關連；但群落外貌之所以會相似，可能是因為兩者在演化和發生上具有相同祖先，且平行發展（適應乾旱環境，但乾旱季節不同）所致，亦即古地中海沿岸熱帶植被在喜馬拉雅造山運動時期，青藏高原抬升過程中直接殘遺和衍生的類型（楊欽周，1990）。

（2）烏岡櫟（*Quercus phillyraeoides* A. Gray）：

櫟屬的巴東櫟組主要分布於中國大陸中部山地。在植物分類上，太魯閣櫟的親緣關係與大陸及日本、琉球分佈的烏岡櫟（又名姥芽櫟）較接近（四川森林編輯委員會，1992，p. 109），兩者同為櫟屬巴東櫟組的常綠喬木，葉小型硬革質，具鋸齒緣，中肋不像高山櫟有「Z」形彎曲；性喜強光，適應性強，在乾旱貧瘠陽坡、岩石裸露山脊都能生長，散生或呈小面積純林（中國樹木誌編輯委員會，1985；初島住彥，1971）。但太魯閣櫟僅特產於台灣本島，且主要位於中央山脈東側的石灰岩地帶；而烏岡櫟則自四川盆地經貴州、雲南到廣東、廣西，經湖北、湖南、江西到安徽、浙江、福建等省（四川森林編輯委員會，1992，p. 109），河南、陝西秦嶺大巴山海拔 300-1200 公尺處的山坡、山頂稜線與山谷密林中，及日本太平洋海岸丘陵、琉球等地，在石灰岩母質土壤上有時會呈現一定的優勢程度，與常綠闊葉林混生（蔣有緒等，1998）。

胡舜士與王獻溥曾於 1983 及 1984 年，對廣西陽朔石灰岩山地烏岡櫟林的群落學特點及其植被分類地位做過研究，結果表明：烏岡櫟在陽朔石灰岩山頂岩石裸露、生境乾旱的地方有小群落分佈。除建群種烏岡櫟外，其餘種類組成上差異很大，但其群落結構與日本太平洋海岸丘陵的烏岡櫟林極相似，與地中海地區冬青櫟（*Quercus ilex* L.）林也有類似的外貌及構造，因此它應屬硬葉常綠櫟類，是硬葉常綠闊葉林的一種群落類型，為地中海地區冬青櫟在東亞的代替種。而中國東部亞熱帶地區有烏岡櫟林這一殘遺植被分布的事實，其形成與存在原因，對於植物區系、植物生態、古植物與古地理等研究，都有重要意義。

四、植物族群生態學的相關理論

族群(population)係指在特定的時間內，佔有一定空間的同物種(species)個體群；族群生態學(population ecology)則為研究族群內個體間，族群與生態環境間，及各族群間交互作用的科學(蘇鴻傑，1983)。個體雖然是生命世界裡的基本單位，但個體死亡後，其所攜帶的基因即從整個族群的基因庫(gene pool)中丟失，因此「族群」才是生物演化的基本單位。

物種的形態特徵及物候現象(phenological aspect)是族群最基本的定性資料；另外，因族群是由許多的同種個體組成，因此具有定量上的特徵，包括族群密度、出生率、死亡率、年齡結構、生存曲線型及分布型等。根據族群的定性定量特徵，除了可以瞭解該物種的族群結構與動態外，還可以對植物群落的結構、類型、生態及演替方向作出分析與推論，許多研究者均曾加以採用(Dennis, 1975；蘇鴻傑，1979；陳子英，1995；蔡飛與宋永昌，1997)。

目前在本研究區植物群落的分析方面，前人作了許多研究(徐國士，1988；章樂民等，1988；王忠魁及陳玉峰，1990；楊遠波等，1990；高瑞卿，1995)，但在個別植物族群生態的調查研究上，主要都針對部分珍貴稀有或瀕臨滅絕物種，如張明財(1992)及楊勝任(1996)的臺灣穗花杉族群；吳宗穎(1993)的肖楠族群；葉慶龍及范貴珠(1996)的臺灣油杉族群；賴銘誠(1998)的臺灣島槐族群等。有關太魯閣櫟族群的調查，只見於相關植物群落分析的文獻中，且僅有分佈區域、生境特性及伴生植物的描述，並沒有更進一步的族群生態研究。

參、研究地區概述

由前人研究文獻描述，及研究者對野外環境觀察經驗，得知太魯閣櫟常生長在水分供應條件較差、立地環境乾燥的山脊、陡坡或裸岩地。本研究的調查範圍，選定在太魯閣國家公園內的中橫公路沿線，及中橫公路各分支步道的兩側區域。太魯閣櫟在此區的分佈地點，海拔高度約在 250–1200 公尺間，主要在綠水、天祥、文山到洛韶一帶；太魯閣台地上方往大禮方向的步道旁、燕子口的岩壁上也見其小面積的分佈。太魯閣櫟族群所佔的生境面積及族群密度大小，因生育地的不同而有所差異，某些地區只見少數幾株個體，混生於其他林分中，某些地區則可見幾乎以太魯閣櫟族群為主的林分，但族群所佔面積都不大。

在樣區選取上，儘量選擇太魯閣櫟族群數量較多，且生育地環境性質不同，植物群落具代表性，且研究人員能夠到達或觀察的地方為主。以下就各樣區相關的地理位置、地形與植被，地質與土壤，氣候特點等環境因子來介紹：

一、地理位置、地形與植被

研究樣區主要劃設的區域為：大禮步道第二索道頭附近、燕子口、岳王亭旁、綠水、天祥周圍、豁然亭步道旁及洛韶附近，樣區位置圖如圖 3，現分述如下：

（一）大禮步道第二索道頭附近

此處海拔約 280 公尺，在第二索道頭下方附近，步道旁或山脊稜線處有些許太魯閣櫟分佈，生長情況良好，但少見大樹徑級以下的個體。因位處較低海拔，所以混生有榕樹、杜英等較低海拔的樹種。

（二）燕子口

此處海拔約 250 公尺，在公路旁岩壁上方的陡坡，太魯閣櫟植株較矮，部份植株有萌蘖叢生的現象。伴生植多為岩壁上常見的台灣蘆竹、黃連木等。

（三）岳王亭旁

位於研海林道入口處左側山壁，有許多太魯閣櫟與青剛櫟等植株形成的林分，生長情況良好，地被層則以大星蕨為優勢。此坡面鄰近立霧溪一側的大理岩岩壁裸露，太魯閣櫟多生長於靠近岩壁的一側，而青剛櫟及其他樹種則多生長於土壤發育較佳、土層較厚、較濕潤的一側。

（四）綠水附近

包括綠水合流步道及祥綠隧道一帶，路旁岩壁或陡坡上。太魯閣櫟族群在此生長常呈優勢，且萌櫟情況普遍，植株多較矮小。另有黃連木、車桑子、台灣蘆竹等岩壁植物伴生。立地環境乾燥惡劣。

（五）天祥周圍、白楊步道及豁然亭步道旁

此處的太魯閣櫟族群主要生長於陡坡、山脊稜線或裸岩地，族群密度較高，也常見萌櫟現象。如祥德寺天峰塔附近的小徑旁、長老教會後方面對塔次基里溪的北側坡面與白楊步道旁的一處小山丘。這些地區明顯地都有人為活動干擾後的痕跡。長老教會後方雖有一塊緩坡地長有許多太魯閣櫟，但其土層淺薄，多混有石塊，立地環境也比較乾燥。海拔較高處的樣區，則開始出現米飯花、南澳杜鵑、金毛杜鵑等植物。

（六）文山附近

此處太魯閣櫟族群主要見於公路旁的岩壁陡坡上，常呈較大面積且優勢生長，南向坡陽光照射強烈，立地環境乾燥且惡劣。

（七）洛韶附近

洛韶附近公路沿線坡度陡峭處，常見太魯閣櫟與青剛櫟生長。在公路局洛韶工務段以西約 1 公里的南側坡面，是太魯閣櫟與青剛櫟生長良好的地區，但因此地以近中海拔，故其植物群落的組成與其他地區的差異較大，開始出現米飯花、鐵雨傘等中海拔、較耐陰的植物種類。

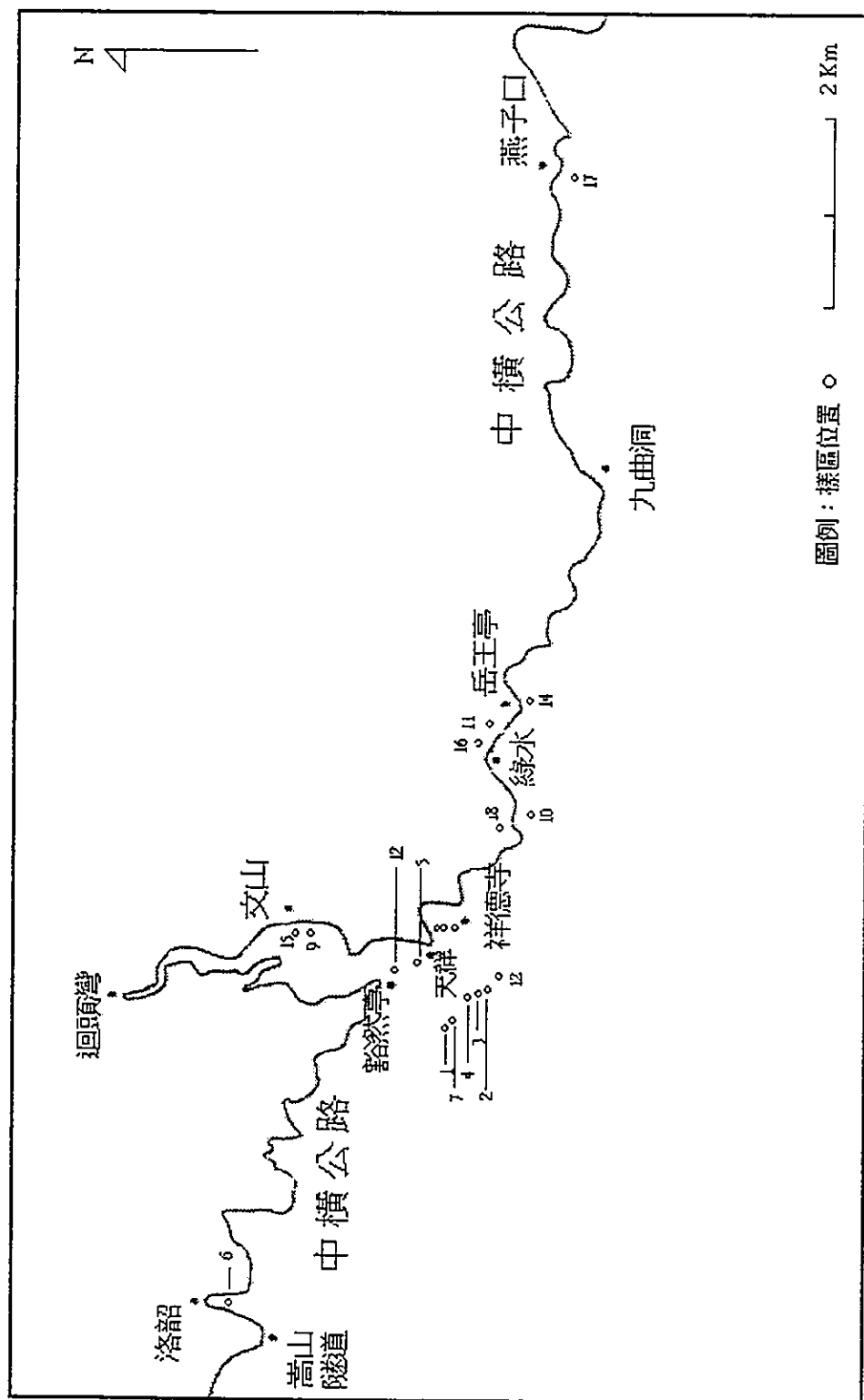


圖 3、研究樣區位置圖

二、地質與土壤

本區之地質主要由第三紀變質岩構成，岩層大致呈東北—西南走向，地質年代由東向西遞減，屬古生代晚期至中生代的大南澳片岩系列。天祥及洛韶地區主要以黑色片岩、綠色片岩為主；燕子口及太魯閣地區則以變質石灰岩（大理岩）為主（王鑫，1989；王執明，1991）。由於風化作用劇烈，地形陡峻，岩石極易崩解，故本區最多的土壤類型為碎石構成的坡積物，且裸露的母岩處處可見，土壤化育情況不佳。

三、氣象資料

根據表 1 樣區附近氣象資料顯示：1 月、7 月及全年的平均溫度，都隨海拔上升而遞減，洛韶站雖無平均氣溫的資料，但依照海拔每上升 100 公尺，平均氣溫約下降 0.6 度的方式來估算，洛韶的平均溫度約較太魯閣站下降 6.8 度左右。在相對濕度方面，太魯閣站的平均相對濕度，在 78.0%及 80.0%間，差異不大；綠水站七月的平均相對濕度為 68.0%，顯然比一月的 85.0%還小，符合綠水地區夏季較乾熱的氣候狀況；而天祥與綠水相距約 2 公里，海拔落差不大，氣候乾熱條件大致類似。

另外，從降水量和降水日數的資料來看，四站的全年降水量都在 1500mm 以上，且一月的降水量在 25mm 到 65mm 間，但七月降水量卻明顯增加，夏季雨量顯然較冬季多，主要係雷陣雨及颱風所帶來之豪雨造成。洛韶和太魯閣的全年降水天數較天祥和綠水少約 50 天，但全年降雨量除天祥較多外，其餘 3 站卻差不多，可見天祥及綠水的平均單日降雨量較太魯閣及洛韶大。綜合氣溫及雨量的資料來看：天祥及綠水的氣候比太魯閣及洛韶容易出現旱、澇的情況。

表1、研究樣區附近之氣象資料

站名	一月 平均 氣溫	七月 平均 氣溫	全年 平均 氣溫	一月平 均相對 濕度(%)	七月平 均相對 濕度(%)	全年平 均相對 濕度(%)	一月降 水量 (mm)	七月降 水量 (mm)	全年降 水量 (mm)	一月 降水 日數	七月 降水 日數	全年 降水 日數
太魯閣	17.7	27.5	22.8	78.0	80.0	79.5	30.3	269.4	1752.7	10.5	17.5	163.0
天祥	13.3	24.1	19.1	——	——	——	25.5	600.8	2085.5	6.0	10.0	113.5
綠水	11.4	23.2	17.8	85.0	68.0	75.0	42.7	329.5	1688.0	11.0	14.0	111.0
洛韶	——	——	——	——	——	——	63.3	191.3	1625.5	17.0	16.0	164.0

注1：資料整理自氣候資料年報1988-1997，其中太魯閣及天祥為新設站，只有1996及1997年的記錄。

注2：“——”表示無記錄資料。

肆、研究方法及步驟

參考前人研究文獻的描述記錄，在中橫公路、各分支步道及林道沿線進行實地勘查及望遠鏡觀察，找尋太魯閣櫟的生育地及在中橫沿線分佈的界限。以英美學派的多樣區取樣法，進行選擇性取樣。調查樣區相關的生境因子、太魯閣櫟的物候現象、群落結構與物種組成、族群結構、無性系萌蘗數量、與種子萌芽動態、種子雨、地面種子動態及比例等，再就所調查的現象及數據資料進行各項整理分析。研究方法及步驟分述如下：

一、樣區的選擇與劃設

因台灣地處亞熱帶，地形起伏大，闊葉林的組成成分複雜；加上本研究區域多為變質石灰岩地帶，環境因子分佈極不均勻，使得植物社會多呈現小面積鑲嵌體的組合，故研究樣區的設立，不採歐陸 Z—M 學派的單一大樣區取樣法，也不用隨機取樣或系統取樣，而是採用英美學派的多樣區取樣法，進行選擇性取樣（劉棠瑞和蘇鴻傑，1983），既考量以多數小樣區來控制樣區間的變異程度，及本區植物社會鑲嵌體的分散及複雜性質，又考量到樣區的均質性。衡量生育

地之實際情況來決定樣區面積形狀、大小及數量，以 5m×5m 為小樣方的相鄰格子法，在人員可到達處進行每木調查法；而無法到達的樣區則以 8 倍的望遠鏡來目測估算，共調查 18 個樣區。除樣區 15 到 18 共 4 個樣區使用目測觀察估算外，其餘 14 個樣區皆進行每木調查法。

二、生境因子調查

生境因子調查項目包括海拔高度、坡度、坡向、岩石裸露率、樣區群落透光率等生態環境因子（宋永昌和蔡飛，1997），其結果如表 2。現將各生境因子的調查方式及其對植物群落的影響分述如下：

（一）海拔高度

以氣壓高度計測量海拔高度，配合等高線地形圖的修正，訂出樣區海拔高度。海拔高度係一間接影響因子，可間接影響局部地區的氣溫或降水情形，若研究地區的海拔高差不大，則此因子常無顯著之影響作用（蘇鴻傑，1987）。

（二）坡向

以坡度坡向計測量坡面走向。坡向係指樣區或生育地最大坡度所面臨的方位角，不同坡向將導致樣區或生育地的日照、氣溫、濕度與土壤水分的差異（蘇鴻傑，1987）。

（三）坡度

以坡度坡向計測量樣區數個坡度值，以角度表示，將其值平均以消除誤差。坡度係指生育地地面的傾斜度，與土壤的發育或堆積有關，其他土壤特性如排水及含水量亦受坡度影響。最重要的是，坡度控制了太陽的入射角，從而影響了太陽的輻射強度及局部氣候（蘇鴻傑，1987）。

(四) 岩石裸露率

以目測方式估計樣區地表岩石裸露佔地表面積的百分比。因為太魯閣櫟生長的地方常為岩石裸露之處，故加入此一生境因子的調查，以評估各樣區生境對太魯閣櫟生長的可能影響。

(五) 樣區群落透光率

以目測方式估計群落樹冠層透光面積佔該樣區面積的百分比，或以1減去該樣區樹冠層的鬱閉程度百分比。由此一環境因子評估群落的透光程度。

表2、研究樣區的生境條件概況

樣區 編號	地點	樣區面 積(m ²)	海拔高 度(m)	坡向 (°)	坡度 (°)	岩石裸 露率(%)	群落透 光度(%)	樣區微氣 候概述
1	白楊步道	400	550	NW41	39	20	50	略乾燥
2	天祥	100	520	SW34	12	15	50	乾燥
3	天祥	100	520	W	33	25	40	乾燥
4	天祥	100	530	SE33	38	70	60	乾燥
5	天祥	100	508	SE72	40	40	40	乾燥
6	洛韶	100	990	SE34	32	30	15	略乾燥
7	白楊步道	75	488	NW2	20	15	65	乾燥
8	天祥	100	550	W	*---	30	45	乾燥
9	文山	100	575	SW75	50	20	30	乾燥
10	祥綠隧道	50	430	NE70	30	15	60	乾燥
11	合流	75	410	SW10	40	15	45	乾燥
12	豁然亭步道	100	750	SW65	40	40	35	乾燥
13	大禮步道	100	280	SE20	50	70	50	乾燥
14	岳王亭	225	400	NW16	35	10	25	略乾燥
15	**文山	400	560	E	80	70	45	乾燥
16	**綠水	100	420	SE20	45	60	35	乾燥
17	**燕子口	100	250	NE40	70	50	70	乾燥
18	**祥綠隧道	100	430	SE45	75	40	60	乾燥

*：樣區位於山脊稜線上，故不測坡度。

**：人力不能到達，以望遠鏡觀察或近距離目測觀察每木介量。

三、群落結構與組成調查

鑑定樣區內植物種類、群落分層覆蓋度及高度，記錄喬木層的物種株數及胸高直徑（DBH），灌木層及草本層則記錄各種植物的多蓋度。利用喬木層的重要值指數，配合相似性指數（index of similarity）來評估各樣區物種組成的相似程度，對照樣區生境條件，來對群落作分類。群落結構分為水平結構及垂直結構，本研究利用群落的物種組成及各層次的高度及覆蓋度來描述群落結構。這部份主要在探討在不同生境中，各植物群落的物種組成及結構所呈現的差異，因此將觀察群落外貌、組成及構造，參考前人研究中對太魯閣櫟所屬植物群落的觀點，配合樣區生態環境因子的條件，由此推論太魯閣櫟的最適生長環境。

另外，配合 5 種多樣性指數計算結果的評估，以瞭解在不同生境條件下，各太魯閣櫟所屬植物群落的喬木物種多樣性情形。

四、太魯閣櫟物候現象之調查

本研究預定對太魯閣櫟的進行為期一年的物候現象調查，以建立園區太魯閣櫟的物候資料。調查期間約每 2 至 3 星期觀察 1 次，在重要的生活時期，則採取較密集次數的觀察（林國銓等，1997；賴銘誠，1998）。本研究物候調查重要的生活時期定義如下：

（一）抽芽期：

當芽苞出現，苞片逐漸伸長，芽苞中的芽也開始抽出嫩葉尖端的時期。

（二）展葉盛期：

有半數以上枝條的新葉完全平展的時期。

（三）開花期：

由花序開始有花朵開放起，至全株樹上只剩少許花，多數為幼果的時期。

(四) 落果期：

由果實成熟到果實幾乎全部掉落的時期。

(五) 落葉期：

老葉開始大量掉落的時期。

(六) 種子發芽期：

果實成熟掉落地面後，種子開始發芽，長成幼苗的時期。

五、族群結構與更新機制調查

記錄胸高直徑 (DBH) 大於 1 公分，且高度大於 2.5 公尺喬木的樹高、胸高直徑、株數、位置、各萌蘗分枝的高度，萌蘗樹幹的胸高直徑及實生幼苗株數、位置、高度及萌蘗分枝的高度等基本資料。將這些調查數據結果，經過整理分析後，製作太魯閣櫟族群的族群結構圖與存活曲線圖；並經由各項聚集強度指標的分析評估，來判斷太魯閣櫟族群的空間分佈型。

太魯閣櫟族群的更新可以種子萌芽，長成實生苗 (seedling) 的方式進行有性繁殖，也能以根或樹幹部位萌蘗 (sprouting) 的方式來進行無性系的族群更新。本研究將選取適當的樣區來進行種子的萌芽率觀察、種子落下量及地面種子的動態；並由調查資料計算太魯閣櫟實生苗與萌蘗的比例，配合樣區生境資料的評估，以瞭解太魯閣櫟利用種子萌芽及根莖萌蘗等 2 種族群更新機制，在不同生境條件下的差異。

六、資料分析

(一) 群落資料之分析

1. 重要值之計算

利用調查所得的株數、胸高直徑、多蓋度資料換算成頻度、密度及優勢度，再將這 3 項數據換算成重要值 (IVI)。重要值指數的相關公式 (劉崇瑞和蘇鴻傑，1983；孫儒泳等，1995；宋永昌，1999) 為：

$$\text{密度 } D_i = X_i/A$$

$$\text{優勢度 } Do_i = B_i/A$$

$$\text{頻度 } F_i(\%) = n_i/n$$

$$\text{相對密度 } RD_i = D_i/\sum D_i \times 100\%$$

$$\text{相對優勢度 } RDo_i = Do_i/\sum D_i \times 100\%$$

$$\text{相對頻度 } RF_i(\%) = F_i/\sum F_i \times 100\%$$

$$\text{喬木重要值 } IVI(\%) = [RD_i + RDo_i + RF_i(\%)]/3$$

$$\text{灌木、草本及藤本重要值 } IVI(\%) = [RDo_i + RF_i(\%)]/2$$

(式中 X_i ：株數； B_i ：胸高斷面積之和； n_i ：某植物出現的小樣方數；
 A ：樣區面積； n ：總小樣方數； IVI 值最大為 100)

2. 相似性指數計算

由各樣區物種出現與否來計算各樣區間的相似性指數，以評估各樣區間物種組成的相似程度，作為植物群落分類的參考。本研究採用 Jaccard 氏提出的相似性指數 (IS_j)，其公式 (劉崇瑞和蘇鴻傑，1983) 如下：

$$IS_j = [c/(a+b-c)] \times 100\%$$

(式中 a 為 A 樣區中所有的植物種數； b 為 B 樣區中所有的植物種數；
 c 為 C 樣區中所有的植物種數)

3. 各種物種多樣性指數的計算

以樣區調查所得的喬木種數及株數，計算該樣區內的喬木物種豐富度及物種歧異度等物種多樣性指數，然後根據樣區生育地環境，及各多樣性指數的生物學意義，來解釋群落多樣性的差異。本研究所使用的物種多樣性指數計算公式（劉崇瑞和蘇鴻傑，1983；孫儒泳等，1995；宋永昌，1999）如下：

Gleason 指數 = $S/\ln A$ （A：單位面積； S 為群落中物種的數目）

Margalef 指數 = $(S-1)/\ln N$ （N：觀察到的總個體數； S：群落中物種的數）

Simpson 指數 $D=1-\sum P_i^2$ （ P_i ：隨機取樣的 2 個個體，屬於不同物種的機率）

Shannon-Weiner 指數 $H = -\sum P_i \times \log P_i$

均勻度指數 $E = H/H_{\max} = E/\ln S$ （S：群落中物種的數）

（二）族群結構之分析

1. 繪製族群結構圖

以齡級來分析族群構造雖然較準確，但需將調查樹木砍倒或鑽取生長芯來判讀其年輪，使用上較費時且不方便，且一般在同一地區生長之同種植物，其直徑約與其齡級呈正相關，以直徑及來分析其族群構造亦屬可行的方式（Knowles，1983）。故本研究以樣區內太魯閣櫟樹高及胸高直徑，將其徑級大小按胸高直徑共區分為 4 級，依其數量百分比繪製立木級結構圖，以代替族群結構圖。各立木級範圍如下：

第 1 級：幼苗 (seedling)，胸高直徑小於 2.5cm

第 2 級：幼樹 (sapling)，胸高直徑為 2.5-7.5cm

第 3 級：中樹 (middle tree)，胸高直徑為 7.5-22.5cm

第 4 級：大樹 (big tree)，胸高直徑大於 22.5cm

2. 製作族群生命表

依據族群結構圖所分的立木級及株數，製作族群靜態生命表。公式（孫儒泳等，1995；宋永昌，1999）計算如下：

$$l_x = (N_x / N_0) \times 100\%$$

$$d_x = N_x - N_{x+1}$$

$$Q_x = (d_x / N_0) \times 100\%$$

$$q_x = (d_x / N_x) \times 100\%$$

$$L_x = (N_x + N_{x+1}) / 2$$

$$T_x = \sum L_x$$

$$E_x = T_x / N_x$$

（式中 l_x 是存活率； N_x 是某樹徑級的存活數； N_0 是最小樹徑級的存活數； d_x 是某樹徑級的死亡數； Q_x 是標準化死亡率； q_x 是死亡率； L_x 是平均存活數； E_x 是生命期望值即平均剩餘壽命）

3. 繪製存活曲線圖

依據生命表中各立木級的存活率（ l_x ），對照各立木級來繪製太魯閣櫟的存活曲線圖，以此分析太魯閣櫟族群的存活動態。

（三）族群分佈型之分析

將不同大小級太魯閣櫟在各小樣方中的株數資料，以方差/均值計算，並透過統計學上的 t-檢驗法（t-test），在 5% 的顯著水準下檢驗 S^2/m 的實測值與理論值 1 的顯著程度，以分析太魯閣櫟植株的空間分佈型（distributional pattern 或 dispersion）。擴散係數 S^2/m 的公式如下（劉崇瑞和蘇鴻傑，1983；江洪，1992；孫儒泳等，1995；宋永昌，1999）：

$$\text{方差 } S^2 = \sum (X_i - m)^2 / (n-1)$$

$$\text{均值 } m = \sum X_i / n \quad (X_i: \text{每個小樣方中的個體數}; n: \text{小樣方數})$$

$$t \text{ 值} = (\text{實測值} - \text{期望值}) / \text{標準誤} = (S^2 - 1) / (S / \sqrt{n})$$

當 $S^2/m = 1$ ，族群呈隨機分佈

$S^2/m > 1$ ，族群呈集群分佈

$S^2/m < 1$ ，族群呈均勻分佈

另外，配合叢生性指標 (I)、負二項指標 (K) 及聚塊性指標 (m^*/m) 等 3 項聚集強度指標的分析評估，亦可幫助判斷其空間分佈型，其與族群空間分布型的關係如表 3，公式如下 (江洪，1992；宋永昌，1999)：

叢生性指標 (I) = $(S^2/m) - 1$

負二項指標 (K) = $m/(S^2 - m)$

聚塊性指標 (m^*/m) = $m + I$

表3、聚集強度指數與族群分布格局的關係

族群分布格局	聚集強度指數		
	負二項指數K	叢生指標I	聚塊性指標 m^*/m
隨機	>8	0	1
集群	越小聚集度越大	>0	>1
均勻	—	<0	<1

註：表中短橫線表示無法評估

(四) 無性系萌蘗與族群更新的分析

含無性系萌枝或樹幹的太魯閣櫟，以最大胸高直徑的樹幹為主幹 (trunk)，其他的分枝則稱為無性系分株 (ramet)，製作各樣區太魯閣櫟無性系分株與實生幼苗數量的比較表，對照各樣區生境條件，找出環境對無性系萌蘗與族群更新可能的影響。

(五) 種子萌芽動態觀察

於種子成熟期初，蒐集成熟完好的種子進行萌芽試驗。室內萌芽試驗每星期記錄 1 次，野外樣區內的萌芽試驗則每隔 2 到 3 星期記錄 1 次，並觀察萌發

後的生長情況。將種子萌芽率(%)依觀察時間繪成圖，以比較其萌芽動態。

(六) 果實落下量動態觀察

選擇生育地環境差異較大的樣區，於樣區內隨機施放 10 個面積為 1×1 平方公尺的收集網，每隔 2 到 3 星期記錄果實落下量。將單位面積果實落下量隨時間繪成圖，比較其動態。

(七) 地面果實動態及比例의觀察

在上述施放種子收集網的樣區，避開收集網，隨機於地面用紅色尼龍繩圍成 1×1 平方公尺的小樣區，以成熟完好的、被齧齒類動物吃剩的空殼、被齧齒類動物啃過但仍有部份果實的、被真菌蛀蝕的等 4 類果實的方式，每隔 2 到 3 星期記錄其數量，並於每次記錄完後將果實帶走，避免果實再度掉到樣區內，造成重複計數的情況；再依觀察時間繪製成地面果實動態圖。另外，為比較各類果實的比例，依各樣區的 4 類型果實的數量比例繪製比例圖。

伍、結果與討論

一、群落結構與多樣性分析

本研究樣區範圍從太魯閣、綠水、天祥、文山到洛韶，從海拔近 300 公尺上升至 1000 公尺處，溫度、降水等氣候條件有所差異；加上各樣區內坡度、坡向、岩石裸露程度等生境因子的不同，使各樣區植物群落的構造與組成份子也隨之改變，反映當地各項生態因子的綜合作用結果。

(一) 群落結構與組成

在劃設的 18 個樣區中，選出以 4 個 5m× 5m 緊鄰排列小樣方構成的樣區，共 14 個，以此進行相似性指數分析，並將各樣區喬木層、灌木層、草本層植物的重要值列表。因喬木層植物（尤其是最上層者）可決定植物群落外觀，且喬木層優勢樹種控制大部份的環境資源，能決定植物群落的性質，故可依據喬木層優勢樹種來對森林群落分類（劉堂瑞與蘇鴻傑，1983）。本研究將有太魯閣櫟族群出現的植物群落分為：太魯閣櫟群落及太魯閣櫟—青剛櫟群落，分述如下：

1. 太魯閣櫟群落

以樣區 5、8、13 及 15 至 18 等 7 個樣區為代表，其中太魯閣櫟的重要值占整個樣區的 40%到 90%（參見表 4）；樣區 5、8、13 的相似性指數在 20%到 30%之間（樣區 15 到 18 等 4 個樣區因地勢險惡，無法進行物種全面調查，為望遠鏡目測樣區，故無法計算相似性指數）。

由這幾個樣區的環境因子來看：樣區位置在太魯閣、燕子口、綠水、天祥及文山等地的山脊稜線或陡坡上，坡度在 40°到 80°之間，岩石裸露率在 30%到 70%之間，除位於燕子口的樣區 17 坡向為北偏東向外，其餘樣區的坡向多為南偏東向。樣區群落透光度在 35%到 70%之間。雖然太魯閣、天祥地區雨量不少，但因岩塊在白天受陽光照射後溫度升高，土壤保水性又差，所以樣區微氣候屬於較

乾燥的類型。以葉質及葉型來看，太魯閣櫟屬於小型、旱生形態的革質葉型。又因葉緣具細鋸齒，樹皮較厚，常綠樹種，因此能較其他植物忍受較乾燥、惡劣的環境。參考前人研究文獻，可知在太魯閣、天祥地區的太魯閣櫟也多出現於山脊稜線或較陡的坡面，並形成局部小面積的優勢植物群落。

在太魯閣櫟群落裡，喬木層分2層，或只有1層，高度6到10公尺，覆蓋度在30%到65%間，以太魯閣櫟為最優勢的樹種，其他組成物種有黃連木、石楠、細葉饅頭果、檫木、疏果海桐、山肉桂、青剛櫟、樟葉槭、阿里山千金榆、九芎等落葉或耐乾旱的常綠樹種；灌木層高度1.5到4公尺，覆蓋度10%到25%，除呂宋英迷、小葉鐵仔、車桑子、月橘外，還有上述喬木層優勢植物的幼樹；地被草本層高度普遍在1公尺內，覆蓋度20%到70%不等，物種組成有台灣蘆竹、五節芒、腎蕨、麥門冬、台灣沿階草、桔梗蘭等，還有全緣卷柏、槭葉石叢、萬年松等卷柏類；層外植物有三葉崖爬藤、糙莖菝葜、三角葉西番蓮、雞屎藤、鐵線蓮類、酸藤、鴨蔓、土伏苓、天門冬、絨蘭、猿尾藤等草質、木質藤本。

表4、太魯閣櫟群落優勢植物重要值

樣區 編號	群落層次											
	喬木層優勢植物及其重要值(%)				灌木層優勢植物及其重要值(%)				草本層優勢植物及其重要值(%)			
5	太魯閣櫟	黃連木	疏果海桐	檫木	疏果海桐	呂宋英迷	小葉桑	青剛櫟	台灣蘆竹	求米草	大蓬萊蝦	全緣卷
	41.07	20.24	15.07	13.36	30.12	16.94	12.89	18.71	25.32	15.78	6.81	6.18
8	太魯閣櫟	黃連木	檫木	青剛櫟	疏果海桐	太魯閣櫟	呂宋英迷	厚葉衛矛	伏石蕨	蜘蛛抱	台灣蘆竹	腎蕨
	58.26	15.12	8.98	7.49	35.47	14.53	8.97	8.97	16.14	9.45	7.54	5.26
10	太魯閣櫟	細葉饅頭	杜虹	楠鈎藤	車桑子	小葉鐵	樟葉槭	羅氏鹽膚	台灣蘆竹	腎蕨	樹蕨	槭葉石
	42.67	15.72	9.78	8.37	53.80	12.77	7.34	6.79	29.00	19.73	10.27	8.73
11	太魯閣櫟	青剛櫟	山肉桂	黃連木	赤皮	呂宋英迷	月橘	伏牛花	五節芒	麥門冬	台灣蘆竹	月桃
	53.84	13.66	9.29	9.10	19.37	12.91	12.01	10.09	13.44	13.37	9.34	6.75
13	太魯閣櫟	檫木	九芎	榕樹	月橘	檫木	山肉桂	太魯閣櫟	台灣蘆竹	腎蕨	台灣沿階	桔梗蘭
	39.18	12.22	10.04	9.13	22.67	14.00	8.00	7.50	13.27	9.96	10.24	8.41
15	太魯閣櫟	青剛櫟	黃連木	雀榕	檫木	太魯閣櫟	疏果海桐	呂宋英迷	台灣蘆竹	五節芒	腎蕨	瓦葦
	31.40	9.21	4.21	3.21	25.00	12.50	12.50	12.50	42.86	11.43	17.14	7.14
16	太魯閣櫟	樟葉槭	細葉饅頭	阿里山千金	疏果海桐	大葉渡	台灣糯米	小葉鐵仔	台灣蘆竹	五節芒	腎蕨	異葉卷
	50.60	10.39	10.39	9.89	20.00	13.33	13.33	6.67	26.82	13.41	13.41	8.94
17	太魯閣櫟	石楠	楠鈎藤	台灣馬桑	疏果海桐	小葉鐵	細葉饅頭	石楠	台灣蘆竹	麥門冬	卷柏sp.	石叢
	57.31	17.24	6.91	6.44	15.02	11.51	11.51	10.14	26.83	7.61	4.28	3.92
18	太魯閣櫟	黃連木	——	——	車桑子	疏果海桐	黃連木	檫木	台灣蘆竹	腎蕨	樹蕨	萬年松
	87.72	12.28			20.47	17.55	8.61	7.80	43.57	12.29	11.62	9.42

註：表中短橫線表示該部份無資料。

2. 太魯閣櫟—青剛櫟群落

這類群落以樣區 1 到 4、6、9、12、14 等 8 個樣區為代表，相似性指數在 20% 到 45% 之間。其中喬木層太魯閣櫟的重要值占整個樣區的 15% 到 45%，青剛櫟的重要值占整個樣區的 10% 到 35%（參見表 5）；雖然各樣區太魯閣櫟及青剛櫟的重要性不等，但兩者重要值和都超過 40% 以上，明顯為該群落的共同優勢樹種。一般情況下，樣區中的太魯閣櫟株數雖不若青剛櫟多，但因植株的胸高直徑大，造成相對優勢度較大；而青剛櫟在群落中分佈較多較均勻，相對頻率較大，故計算重要值時，太魯閣櫟—青剛櫟群落中太魯閣櫟所占的重要性，不若太魯閣櫟群落中的太魯閣櫟。

由這幾個樣區的环境因子來看：樣區位置在合流、天祥、文山、豁然亭步道及洛韶等地的山坡上或步道旁，坡度在 10° 到 50° 之間。岩石裸露率除樣區 4 為 70%，樣區 12 為 40%，比率較高外，其餘都在 10% 到 30% 之間。除樣區 1 及 14 坡向為北偏西向外，其餘樣區的坡向多為南偏東或南偏西向。樣區群落透光度除樣區 4 為 60% 外，其餘在 20% 到 50% 之間。樣區 1、6 及 14 的微氣候屬於略乾燥的類型，其餘皆為乾燥類型。與太魯閣群落所處的环境相較下，太魯閣櫟—青剛櫟群落所處的环境略為濕潤，岩石裸露的程度也比較低。參考前人研究文獻及野外觀察結果，亦可知在太魯閣、天祥、洛韶等地的太魯閣櫟和青剛櫟常呈間歇性分佈，山脊稜線或較陡的坡面為太魯閣櫟族群優勢生長處；較緩坡面或土壤發育較佳處則為青剛櫟優勢植生長處。

在太魯閣櫟—青剛櫟群落裡，喬木層分為 2 層，第一層高度 7 到 10 公尺，覆蓋度多在 50% 到 70% 之間；第二層高度 5 到 6 公尺，覆蓋度較小，多在 10% 到 20% 之間，冠幅多半彼此不相接，以太魯閣櫟、青剛櫟為較優勢的樹種，其他組成物種有金毛杜鵑、米飯花、黃連木、石楠、細葉繖頭果、檫木、疏果海桐、山肉桂、山黃梔等落葉或耐乾旱的常綠樹種。灌木層高度 1.5 到 4 公尺，覆蓋度 10% 到 25%，除呂宋莢蒾、南澳杜鵑、車桑子、鐵雨傘外，還有上述喬木層耐陰性較強的優勢植物幼樹。地被草本層高度普遍在 1 公尺以下，覆蓋度 20% 到 70% 不等，物種組成有台灣蘆竹、五節芒、腎蕨、大星蕨、台灣沿階草、麥門冬、

石葦、南海鱗毛蕨、海州骨碎補、伏石蕨、求米草、異葉卷柏等。層外植物有三葉崖爬藤、糙莖菝葜、三角葉西番蓮、雞屎藤、鐵線蓮類、酸藤、鴨蔓、土伏苓、天門冬、風藤、山慈姑、猿尾藤等草質、木質藤本。

表5、太魯閣櫟—青剛櫟群落群落優勢種植物重要值

樣區 編號	群 落 層 次											
	喬木層優勢植物及其重要值(%)				灌木層優勢植物及其重要值(%)				草本層優勢植物及其重要值(%)			
1	青剛櫟	太魯閣	金毛杜鵑	石楠	金毛杜鵑	青剛櫟	疏果海	太魯閣櫟	台灣沿階	細葉複葉	石葦	五節芒
	34.95	櫟14.77	10.70	6.37	16.73	14.51	桐12.51	8.71	草12.07	耳蕨8.78	8.30	8.02
2	太魯閣櫟	青剛櫟	呂宋英迷	黃連木	太魯閣櫟	呂宋英迷	山肉桂	青剛櫟	腎蕨	台灣蘆竹	石葦	海州骨碎
	39.20	33.00	11.19	10.74	14.31	13.66	12.79	9.55	14.63	14.08	12.17	補9.70
3	太魯閣櫟	青剛櫟	疏果海桐	九芎	呂宋英迷	疏果海桐	山肉桂	台灣柘樹	腎蕨	台灣蘆竹	五節芒	大星蕨
	36.34	7.87	7.84	6.76	14.60	14.19	11.08	10.89	16.04	12.66	8.90	6.83
4	太魯閣櫟	青剛櫟	檫木	細葉假頭	疏果海桐	青剛櫟	山肉桂	細葉假頭	五節芒	腎蕨	求米草	台灣蘆竹
	46.10	14.20	13.82	果13.82	26.65	18.71	10.93	果10.21	26.64	24.23	6.31	5.74
6	太魯閣櫟	青剛櫟	金毛杜鵑	紅皮	鐵兩傘	山肉桂	疏果海	金毛杜鵑	腎蕨	莖草sp.	大星蕨	台灣沿階
	19.11	16.06	7.09	5.45	19.68	12.35	桐10.02	8.63	16.37	9.18	8.16	草6.89
9	青剛櫟	太魯閣	石楠	山肉桂	檫木	疏果海桐	雀榕	青剛櫟	台灣蘆竹	腎蕨	伏石蕨	異葉卷柏
	28.89	櫟22.09	9.54	9.08	16.76	14.61	8.74	8.41	17.08	12.59	9.68	7.51
12	太魯閣櫟	米飯花	青剛櫟	山枇杷	南澳杜鵑	疏果海桐	車桑子	米飯花	五節芒	台灣蘆竹	腎蕨	大星蕨
	39.77	14.34	11.20	8.56	20.41	16.97	13.40	8.05	18.22	13.27	9.96	5.63
14	太魯閣櫟	石楠	山黃梔	青剛櫟	呂宋英迷	疏果海桐	太魯閣	金毛杜鵑	大星蕨	異葉卷柏	參門冬	南海鱗毛
	31.13	12.62	7.53	6.64	16.12	12.64	櫟9.98	7.22	25.22	7.84	7.61	蕨5.28

(二) 樣區喬木層樹種多樣性之分析比較

在一群落裡，常有許多不同的物種 (species)，像這樣物種歧異的現象，稱為物種多樣性 (species diversity)。在實際應用上，物種多樣性除應考慮植物社會單位之大小等級外，還要依營養級、生活型或生態地位來分開統計 (劉堂瑞與蘇鴻傑，1983)，如喬木層、灌木層、地被草本層等，計算時都以植物株數或覆蓋度等生物介量與物種數為基礎。由於本研究在樣區進行調查時，對灌木層及地被草本層只調查其覆蓋度，在喬木層才調查其株數，為求簡化分析過程起見，在此僅以喬木層樹種多樣性為探討標的，來比較不同環境裡各樣區植物群落的多樣性。

不同植物群落的物種多樣性分析比較，可從物種豐富度 (species richness) 及物種歧異程度等兩方面來看：

1. 物種豐富度：

係利用樣區中的物種數來計算，但樣區中物種數目又涉及樣區面積之大小，物種數增加的情形與樣區面積或物種個體數一般多呈對數或指數關係，即樣區面積或樣區中的個體數增加，物種數也隨之增加。如 Gleason 指數的計算是以樣區的物種數目，除以樣區面積的自然對數；Margalef 指數的計算則是以樣區物種數減去 1 後的值，除以樣區內個體數的自然對數。兩者皆考慮到樣區面積越大，個體數目與物種數目也隨之增加的情況。

2. 物種歧異度指數：

物種豐富度指數僅考慮物種數目多寡，並未考慮各物種個體數在群落中的分佈情形，而物種歧異度指數卻可達成此目的。如 Simpson 歧異度指數旨在計算某樣區中隨機取樣的兩個個體為不同物種的機率，數值介於 0 到 1 之間，越靠近 1 則物種歧異度越大；而 Shannon-Weiner 指數的計算不採物種個體數占樣區總個體數比例的自乘，而是乘以本身的自然對數，較不會造成過分強調稀有種份量的情況，種數越多，個體分佈越平均，數值越高，但不限於 0 到 1 之間；另有以 Shannon-Weiner 指數為骨幹來計算，指數變域為 0 到 1 的均勻度指數。

表 6 為選取的部份樣區為代表而計算出的喬木層樹種多樣性。由表中數據資料可知：樣區 1、3、6 及 14 的物種豐富度指數在所有樣區中是比較高的，Gleason 指數都在 3.0 以上，Margalef 指數都在 3.7 以上，最高者都是樣區 6，其 Gleason 指數為 4.78，Margalef 指數為 6.06。因為此樣區位於洛韶海拔約 990 公尺處，坡向為南偏東向，坡度為 32 度，岩石裸露率為 30%，土壤化育較佳，群落透光度為 15%，樣區微氣候不若其他樣區乾燥，屬於太魯閣櫟—青剛櫟群落，且地近中海拔，樣區內也分佈了一些中海拔的物種，所以物種豐富度最高；而物種豐富度指數最低的是樣區 18，其 Gleason 指數為 0.43，Margalef 指數為 0.56。

因為此樣區位於中橫公路祥綠隧道附近的邊坡峭壁上，海拔約 430 公尺處，坡向為南偏東向，坡度為 75 度，岩石裸露率為 40%，群落透光度為 60%，土壤化育較差，樣區微氣候較其他樣區乾燥，屬於太魯閣櫟群落。在面積 10m× 10m 的樣區中，喬木層只有太魯閣櫟和黃連木兩種樹種，所以物種豐富度最低。而在物種歧異程度方面：樣區 1、3、6、7、11、13 及 14 的指數較高，其中 Simpson 歧異度指數在 0.85 以上，Shannon-Weiner 指數在 2.0 以上，最高的都是樣區 6，最低的都是樣區 18；若以均勻度指數來看，樣區 6 為 0.95，樣區 18 為 0.65，結果都表示物種分配均勻程度在樣區 6 中較為均勻，在樣區 18 中較不均勻。

上述 Gleason 及 Margalef 指數的相關係數為 0.98，彼此成正相關；Simpson 與 Shannon-Weiner 歧異度指數的相關係數為 0.87，也屬於正相關，因此兩種豐富度指數及歧異度指數都可以分別表示樣區的物種豐富度和歧異度，差異不大。

表6、太魯閣櫟群落的喬木物種多樣性分析結果

樣區 編號	樣區 面積	物種 數S	個體 總數	Gleason 指數	Margalef f指數	Simpson 指數	Shannon- Weiner指	均勻度 指數E
1	400	22	112	3.67	4.45	0.89	2.57	0.83
2	100	5	18	1.09	1.38	0.73	1.43	0.89
3	100	14	19	3.04	4.42	0.91	2.52	0.96
4	100	6	10	1.30	2.17	0.80	1.70	0.95
5	100	7	28	1.52	1.80	0.79	1.69	0.87
6	100	22	32	4.78	6.06	0.94	2.95	0.95
8	100	6	24	1.30	1.57	0.68	1.41	0.78
9	100	11	24	2.39	3.15	0.81	1.47	0.61
12	100	10	31	2.17	2.62	0.80	1.92	0.83
13	100	9	17	1.95	2.82	0.84	2.00	0.91
14	100	16	57	3.47	3.71	0.89	2.44	0.88
15	225	5	28	0.92	1.20	0.50	1.00	0.62
16	400	7	19	1.17	2.04	0.83	1.83	0.94
17	100	6	13	1.30	1.95	0.66	1.41	0.79
18	100	2	6	0.43	0.56	0.28	0.45	0.65

注：Gleason及Margalef兩個物種豐富度指數的相關係數為0.98；

Simpson及Shannon-Weiner兩個物種歧異度指數的相關係數為0.87；

Shannon-Weiner指數與Gleason、Margalef兩個指數的相關係數分別為0.89及0.91。

二、太魯閣櫟之物候現象

植物的生活週期包括抽芽、展葉、開花、著果（由果實已成型，到果實或種子幾乎全部掉落）、落葉等現象，調查這些現象即所謂的物候調查

(phenological study)。由於此種現象主要受到遺傳及環境因子的影響，故同一樹種在不同生育地的物候現象可能不同；甚至在不同年度，同株個體也可能呈現不同的物候現象（林國銓等，1997）。本研究的太魯閣櫟物候調查於1999年6月中旬開始，至2000年6月上旬結束，為期1年。觀察結果如表7。

表7、中橫公路沿線太魯閣櫟的物候表

月份	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
抽芽期									***	**			
展葉盛期										***	**		
開花期											***	*	
落果期					***	+++	+++	**					
落葉期									***	**			
種子發芽期							***	+++	+++	***			

注1. 調查期間自1999年6月至2000年6月。

注2. *代表上旬，**代表中旬，***代表下旬；+++代表整個月。

由表7可知太魯閣櫟的果實約在10月中下旬間開始逐漸成熟，11月下旬至12月上旬為期約2週的時間，是比較密集的落果期。許多齧齒類的動物如松鼠、飛鼠等，會在樹上或地面啃食其果實。過了這段時期後，除樹葉外，樹枝上只剩殘存的總苞，及發育不良、未成熟的小果實。而這些帶有發育不全果實及殘存總苞的枝條，會在落果期及落果期後逐漸枯萎、掉落。這些體積如剛發育般大小的果實，可能與植株營養的供應，不足以支持全數果實發育成熟，而造成這些果實的生長停止或緩慢有關。

太魯閣櫟的種子約在12月下旬開始萌發。下過雨後，濕潤的土壤更容易使種子發芽，但若此時生育地土壤乾燥堅硬，則初萌發種子的下胚軸容易乾枯而無法向下紮根，上胚軸發出的新葉也會枯死而無法行光合作用，造成幼苗死亡；

另外，螞蟻或其他動物吃食胚根及種子內營養物質，也是造成發芽種子的死亡原因之一。就本研究的觀察結果而言：太魯閣櫟的種子落地後約 1 個月內即開始發芽；種子營養豐富，動物喜啃食，亦常見真菌感染蛀蝕，故若種子落地後 3 個月內不萌芽，則該種子將失去活性而不再萌發。

2 月下旬太魯閣櫟族群大規模落葉，此時風也比平常強勁，樣區內可見堆積較厚的枯枝落葉層。在樣區的觀察中發現：枯枝落葉層對於表土的保濕性具有正面作用，可防止生育地的表土受陽光直射而缺水，避免太魯閣櫟萌芽幼苗乾枯。

2 月下旬太魯閣櫟開始抽芽，3 月下旬為其展葉盛期，半數以上枝條的新葉完全平展。4 月下旬先開雄花，隨後雌花才開，花期約 2 至 3 週。雄花枯萎時整個葉莖花序掉落，而雌花的子房則繼續發育成堅果，柱頭宿存。

三、族群結構與存活曲線

太魯閣櫟的群落重要值所佔比重高，很多時候是因為其植株的胸截面積大，相對優勢度高所導致，而相對頻度及相對密度卻不見得比群落中其他植物高，故通常太魯閣櫟在其植物群落中所佔株數不多；加上太魯閣櫟族群多呈小面積存在，所以在本研究所劃設的 18 個樣區中，選擇單位面積太魯閣櫟株數較多（即族群密度較高）、生境及族群較具代表性者為例來說明族群結構與分佈格局。

（一）族群結構

本研究以 4 個立木級代替樹齡級為 X 軸，以株數為 Y 軸來繪製族群結構圖，以呈現太魯閣櫟的族群結構，並藉此圖來分析太魯閣櫟的族群動態及未來可能的發展。其結果如圖 4，樣區 1、2、6、14 屬於太魯閣櫟—青剛櫟群落；樣區 5、8 則為太魯閣櫟群落的代表。一般林木之族群構造圖有 5 種基本類型，分述如下：

1. L 形 (L-shaped):

大多數的個體集中在最小立木級，其他立木級的株數相對變少。Bongers *et al.* (1988)認為此結構族群更新良好卻補充不良 (good reproduction but bad recruitment)。幼苗數量多但死亡率高，或老熟木移除率低時都會造成此現象。

2. 反 J 形 (inverse J- shaped):

最小立木級有許多個體，隨著徑級加大，個體數也逐次變少族群可持續不衰。而上述之 L 形實為反 J 形之極端，差別在於 L 形最小立木級的株數佔所有個體數 50%以上，甚至高達 90%。

3. 扭轉 S 形 (rotated sigmoid shape):

最小立木級的株數最多，但在較大立木級又出現較多株數，形成另一波高峰，因為老熟木移除率低，幼苗呈階段性補充所致。Bongers *et al.* (1988)認為此族群更新良好但為不連續性的世代替補。

4. 鈴形 (Bell shaped):

立木級個體呈常態分布，中間級的同齡木株數最多。在演替上，陽性樹種常呈此形，除非干擾持續，否則該族群將逐漸為耐陰樹種取代。

5. J 形 (J-shaped):

老熟木已達最大生命期限，較小立木級亦逐漸衰退，株數變少。

由圖 4 所呈現的族群結構，可知樣區 1、2 呈 L 形，表示該族群幼苗數極多，可能與種子豐年，母株下種量多有關，但未來幼苗生長必受極大的種內競爭壓力，導致死亡率大增；樣區 14 呈反 J 形，表示該族群更新良好而持續；樣區 6、8 呈扭轉 S 形，表示該族群在年齡上呈不連續分布，可能是前一次種子豐年生長的個體，因競爭淘汰留下後的株數較多，或是幼苗在族群更新上出現斷層所致；樣區 5 呈 J 形，表示該族群更新差，可能因為該樣區位於陡坡上，種子發芽及幼苗生長不易有關，但因生境條件極差，其他耐陰樹種也不易進入，族群尚可維持到老熟木死亡。

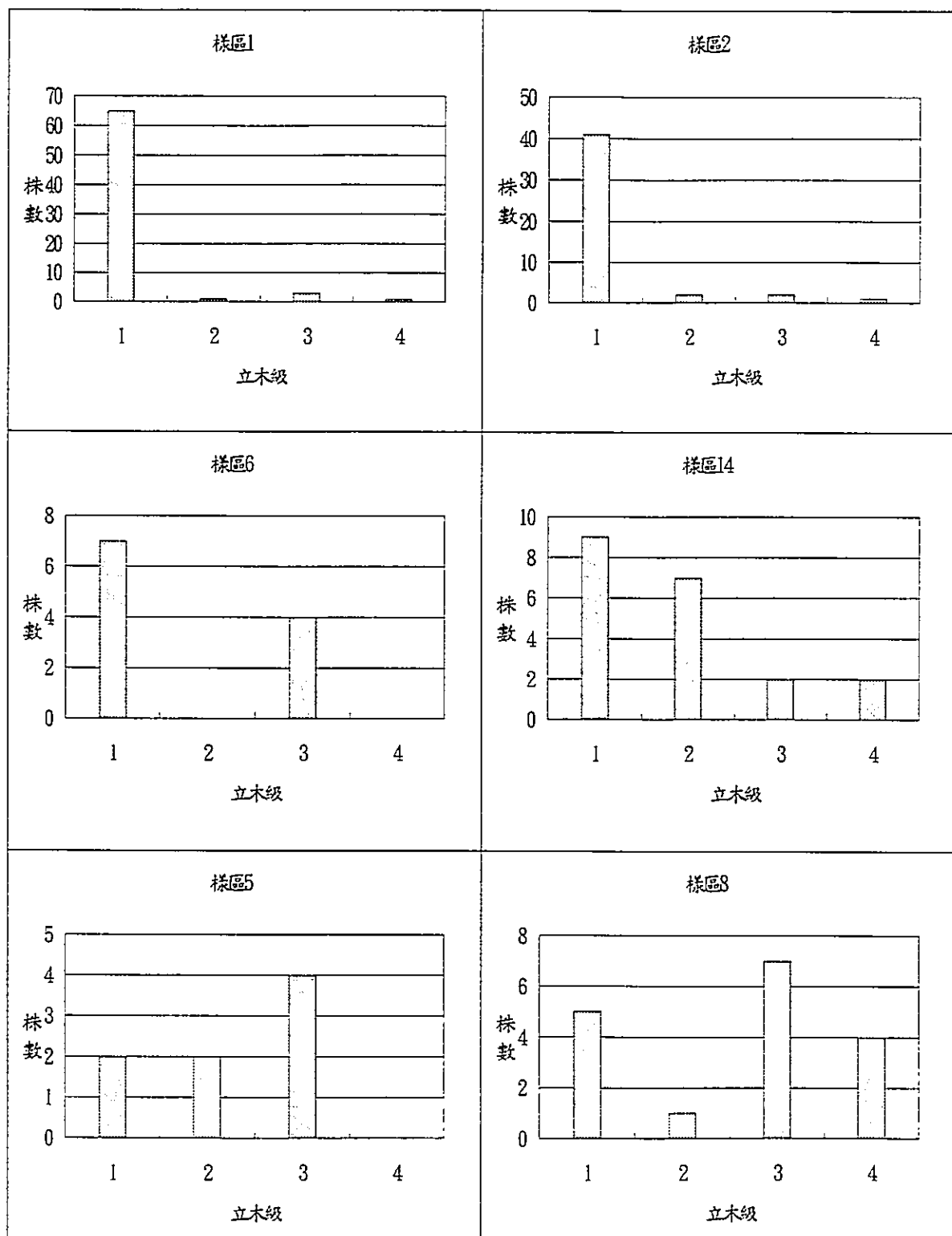


圖 4、樣區族群結構圖

(二) 樣區族群生命表

本研究採用簡單的靜態生命表，只對特定時間出現的族群，依其各齡級的存活或死亡數編制。在此先以樣區 14 的資料，分為不含萌枝生命表（見表 8）及含萌枝生命表（見表 9）等 2 部份作說明。

表 8、樣區 14 太魯閣櫟族群生命表(不含萌枝)

立木級	存活數 N_x	存活率 $l_x(\%)$	死亡數 d_x	標準化死 亡率 $Q_x(\%)$	死亡率 $d_x(\%)$	L_x	T_x	生命期 望值 E_x
1	9	100.00	2	22.22	22.22	8.0	15.5	1.72
2	7	77.78	5	55.56	71.43	4.5	7.5	1.07
3	2	22.22	0	0.00	0.00	2.0	3.0	1.50
4	2	22.22	2	22.22	100.00	1.0	1.0	0.50

表 9、樣區 14 太魯閣櫟族群生命表(含萌枝)

立木級	存活數 N_x	存活率 $l_x(\%)$	死亡數 d_x	標準化死 亡率 $Q_x(\%)$	死亡率 $d_x(\%)$	L_x	T_x	生命期 望值 E_x
1	61	100.00	46	75.41	75.41	38.0	51.5	0.84
2	15	24.59	11	18.03	73.33	9.5	13.5	0.90
3	4	6.56	2	3.28	50.00	3.0	4.0	1.00
4	2	3.28	2	3.28	100.00	1.0	1.0	0.50

表 8 的不含萌枝生命表是以樣區 14 太魯閣櫟單株來計算，不計該株萌櫟細枝或樹幹；而表 9 的含萌枝生命表則有計算。由表 8 及表 9 可看出：含萌枝者的第 1 立木級個體數較不含萌枝者的多出許多，使得其死亡率（75.41%）較不含萌枝者（22.22%）高，造成其生命期望值（0.84）低於不含萌枝者（1.72）。通常立木級越大，胸徑也越大，其萌櫟樹幹或細枝現象因為養分競爭不過主幹而變少，故含萌枝者第 4 立木級的生命期望值（0.5）會等於含萌枝者第 4 立木級的生命期望值（0.5），不似第 1 立木級的生命期望值差距那樣大。因一般立木級大者的株數少於立木小者，故在不含萌枝或是含萌枝的部份，其生命期望值都隨立木級增大而降低。

現將 1、2、6、14、5、8 等 6 個樣區各立木級的生命期望值，依不含萌枝（見表 10）及含萌枝（見表 11）等 2 部份來比較。由表 10 及表 11 可以看出樣區 5、6 族群立木級較其他樣區的小，並無第 4 立木級的存在。樣區 6 太魯閣櫟族群的第 2 立木級缺失，在更新上呈現明顯的斷層現象。

表10、太魯閣櫟族群生命期望值（不含萌枝）

立木級	樣區編號					
	1	2	6	14	5	8
1	0.58	0.62	1.07	1.72	3.50	2.90
2	4.50	2.00	—	1.07	2.50	11.50
3	0.83	1.00	0.50	1.50	0.50	1.07
4	0.50	0.50	—	0.50	—	0.50

註：因該立木級個體數為0，故無法計算生命期望值。

表11、太魯閣櫟族群生命期望值（含萌枝）

立木級	樣區編號					
	1	2	6	14	5	8
1	0.73	0.66	0.94	0.84	4.79	3.79
2	3.30	1.00	—	0.90	2.00	5.25
3	0.67	0.75	0.50	1.00	0.50	0.86
4	0.50	0.50	—	0.50	—	0.50

註：因該立木級個體數為0，故無法計算生命期望值。

前面曾提及因一般立木級大者的株數少於立木小者，所以不管在不含萌枝或是含萌枝的部份，其生命期望值都應該有隨立木級增大而降低的趨勢，但表 10 中，樣區 1、2、8 的第 2 立木級，還有樣區 14 的第 3 立木級都有一波高峰值，可能是該立木級的植株為種子豐年生長的個體，因競爭淘汰留下後的株數較多致。而這種情形在加入萌枝計算的表 11 中，該高峰值即下降，尤以樣區 8 的幅度最大，因為不含萌枝的第 1 立木級有 5 株，第 2 立木級卻只有 1 株，而含萌枝者則分別為 7 株及 4 株，顯然是因加入萌枝計數後，降低了第 1、2 立木級的

株數差距所致。但是上述這種高峰值也可能是因本研究採觀察特定時間的族群，而非對同生群（cohort，即同年出生的所有個體）的族群，而產生調查時的數據變化，不具特別的生態意義。

（三）存活曲線

生物個體的死亡率常隨年齡的不同而有顯著的差異。若將某族群分為若干年齡階段，分別求出每個年齡階段的存活率，再按各齡級繪圖，便可得到該族群的存活曲線。依 Deevy（江洪，1992；孫儒泳等，1995）的分法，族群的存活曲線主要分為 3 型（見圖 5）：I 型呈現凸形下降曲線，即多數個體都能存活至該生物的生理年齡，但當接近其生理年齡時，該級族群的死亡率大增；即接近老熟個體的死亡數目會突然增多，如人類、猩猩等哺乳動物；II 型曲線約呈直線型下降，即個體的死亡率在各齡級都沒有太大的差別如海鷗、齧齒動物等；III 型曲線則呈現凹形下降的情況，即該族群早期的幼體死亡比例高，一旦過了幼年期，則存活下來的個體幾乎都能活到老死，如知更鳥、魚類及高等植物等。

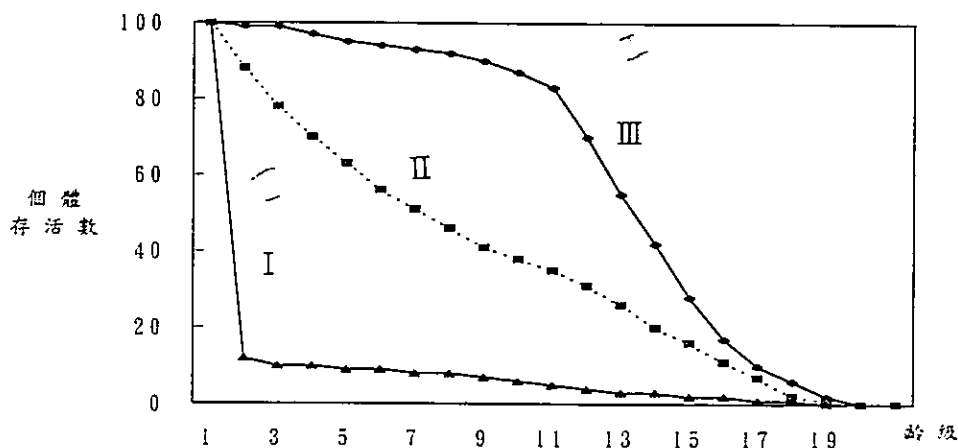


圖 5、典型的存活曲線

依據樣區 1、2、6、14、5、8 生命表中各立木級的存活率 l_x (%)，對照各立木級來繪製太魯閣櫟的存活曲線圖，結果如圖 6。由各樣區的存活曲線，配合上述的族群結構圖來看，反映了太魯閣櫟族群的存活動態特色：

樣區 1、2 中第 1 到第 2 立木級的存活率下降很快，到後面立木級時下降則趨緩，明顯屬於Ⅲ型曲線，即使樣區 1 第 3 立木級稍有波動，但其上升幅度不大。而樣區 14 乍看之下，其不含萌枝的存活曲線好像屬於Ⅱ型曲線，但是若加上萌枝來看，則曲線還是呈Ⅲ型。

前面提及樣區 6、8 的族群結構屬扭轉 S 形，也就是中間級族群出現缺損。以存活曲線來看，則更誇大了這種反轉的情況，尤其是樣區 8 中的第 2 立木級，若以不含萌枝者來看，因為只有 1 株，而第 3 級卻突然增加到 7 株，亦即其存活率大增，顯示此區族群動態之間歇性與不穩定性。但若將立木級分成更多級，並分為較大級和較小級兩大組來看，則其存活率的下降趨勢應該還是屬於Ⅲ型。

樣區 5 則顯示較大立木級具有較大的存活率，顯示此區環境十分不利於幼苗生長，或是已經歷連續數年種子欠年，缺乏天然下種所致。

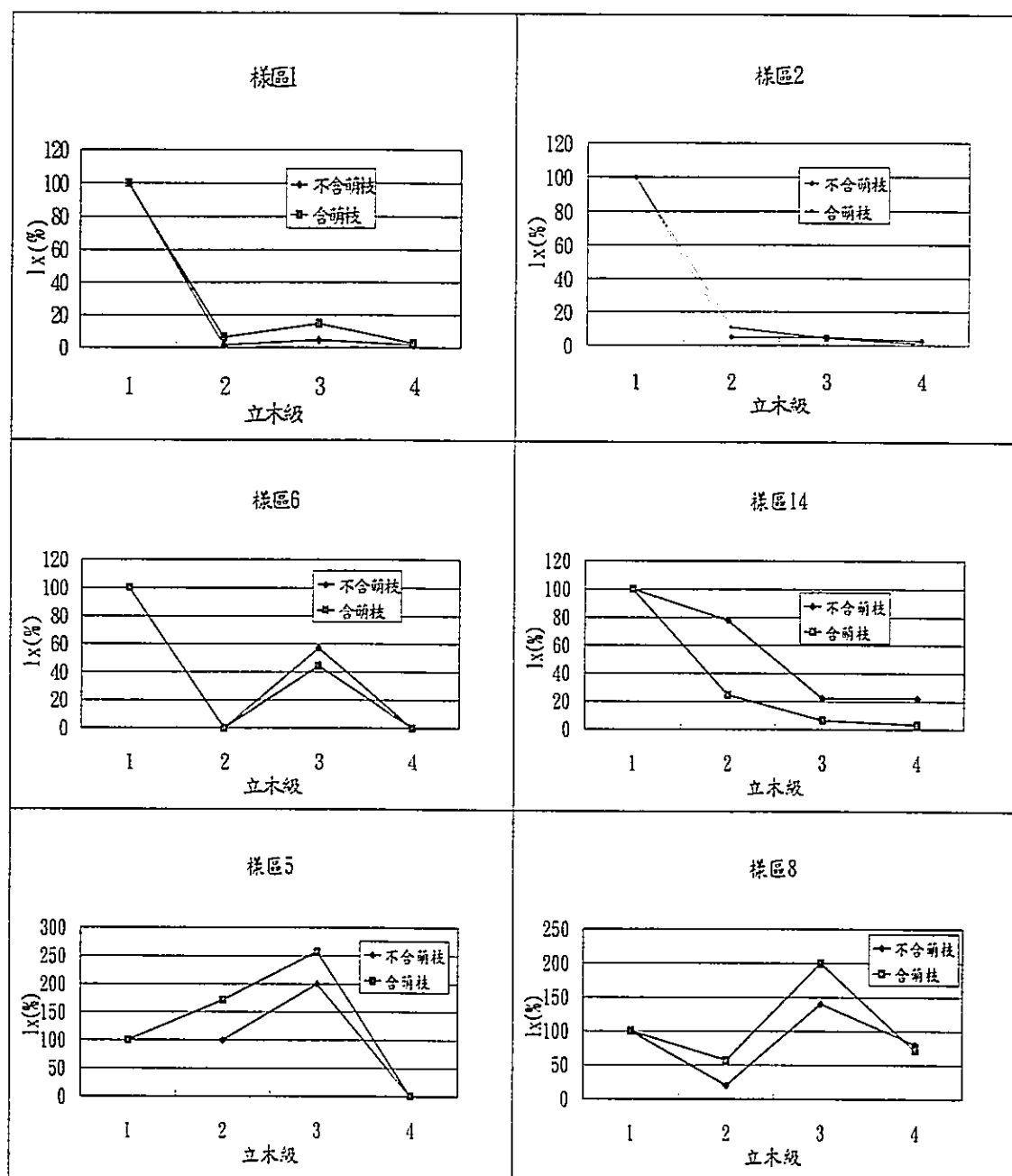


圖 6、樣區存活曲線圖

四、族群分佈型

生物個體在水平空間上分布狀況，稱為分布型 (distributional pattern or dispersion)。不同植物因對生境條件有不同的需求，故通常植物在空間上的分布機會是不大相等的。即使是同一物種，在不同的生境條件下也會呈現不同的分布型。分布型一般分為以下 3 種 (劉崇瑞和蘇鴻傑，1983)：

(一) 集群分布：植物在一社會中形成若干小集團，在此集團內，植物族群密度甚大，而其他區域則少見該種植物，則稱此分布型為集群分布。一般多為草本植物或種子落於母樹附近並萌芽生長所致。

(二) 均勻分布：個體在空間上的分布若呈規則狀，如農田或果園內人工栽植的農作物，則稱此分布為均勻分布。但極度均勻分布的族群在自然界中極少見，若有，則族群應處於發育成熟的植物社會，並充分利用環境資源。

(三) 隨機分布：介於集群分布與均勻分布間的分布型，程度不一，標準的情況是：族群中的個體在空間上的分布各具獨立性，並不受其他個體影響。換言之，即該族群在該生境中的任何地點都有可能出現，其分布沒有定型。

定量評估分布型的方式，係將樣區等分成若干小樣方，依各小樣方太魯閣櫟出現的個體數來計算，經各聚集強度指標的分析評估，來判斷族群的空間分佈型。本研究使用分散係數 (即方差/均值) 來評估樣區 1、2、6、14、5、8 太魯閣櫟族群的分布型，以負二項式指標、叢生指標、聚塊性指標來評估樣區 1、2、6、14、5、8 太魯閣櫟族群的聚集程度。主要以統計學上的 t 檢驗法 (t-test)，採 5% 的誤差水準來檢驗分散係數差異的顯著性，以確立分布型。結果如表 12。

表12、太魯閣櫟族群分佈型

樣區	立木級	均值M	方差V	方差/	t 值	分佈型	叢生	負二項	聚炔性 指標
編號				均值			指標I	指標K	m*/m
1	幼苗	4.06	11.26	2.77	2.11	集群分佈	1.77	2.29	1.44
	幼樹	0.13	0.12	0.93	0.00	隨機分佈	-0.07	-1.88	0.47
	中樹	0.19	0.16	0.87	-1.32	隨機分佈	-0.13	-1.41	0.29
	大樹	0.06	0.06	1.00	0.00	隨機分佈	0.00	—	—
	所有植株	4.38	10.65	2.43	1.76	集群分佈	1.43	3.05	1.33
2	幼苗	10.25	120.25	11.73	1.96	隨機分佈	10.73	0.96	2.05
	幼樹	0.50	0.33	0.67	-1.15	隨機分佈	-0.33	-1.50	0.33
	中樹	0.50	0.33	0.67	-1.15	隨機分佈	-0.33	-1.50	0.33
	大樹	0.25	0.25	1.00	0.00	隨機分佈	0.00	—	—
	所有植株	11.50	123.00	10.70	1.75	隨機分佈	9.70	1.19	1.84
6	幼苗	1.75	8.25	4.71	2.59	集群分佈	3.71	0.47	3.12
	幼樹	—	—	—	—	—	—	—	—
	中樹	1.00	2.00	2.00	1.41	隨機分佈	1.00	1.00	2.00
	大樹	—	—	—	—	—	—	—	—
	所有植株	2.75	9.58	3.48	1.61	隨機分佈	2.48	1.11	1.90
14	幼苗	0.89	1.11	1.25	0.71	隨機分佈	0.50	1.33	1.75
	幼樹	0.67	1.25	1.88	2.35	集群分佈	0.50	1.33	1.75
	中樹	0.44	0.53	1.19	0.77	隨機分佈	-0.05	-11.11	0.91
	大樹	0.22	0.19	0.88	-0.85	隨機分佈	-0.13	-1.78	0.44
	所有植株	2.22	1.94	0.88	-0.27	隨機分佈	-0.24	-8.91	0.89
5	幼苗	0.50	0.33	0.67	-1.15	隨機分佈	-0.33	-1.50	0.33
	幼樹	0.50	0.33	0.67	-1.15	隨機分佈	-0.33	-1.50	0.33
	中樹	0.75	0.92	1.22	0.46	隨機分佈	0.22	3.38	1.30
	大樹	0.25	0.25	1.00	0.00	隨機分佈	0.00	—	—
	所有植株	2.00	0.67	0.33	-1.63	隨機分佈	-0.67	-3.00	0.67
8	幼苗	1.00	2.00	2.00	1.41	隨機分佈	1.00	1.00	2.00
	幼樹	0.25	0.25	1.00	0.00	隨機分佈	0.00	—	—
	中樹	1.75	0.92	0.52	-0.99	隨機分佈	-0.48	-3.68	0.73
	大樹	1.00	0.67	0.67	-0.82	隨機分佈	-0.33	-3.00	0.67
	所有植株	4.00	3.33	0.83	-0.18	隨機分佈	-0.17	-24.00	0.96

註1：表中短橫線部份表示該立木級無個體，或方差和均值相等，致無法計算。

註2： $t_{0.05}(3)=2.353$ ； $t_{0.05}(8)=1.86$ ； $t_{0.05}(15)=1.753$ 。

從表 12 可知：在不同樣區環境上比較族群分布型，除樣區 1 族群為集群分布外，其餘樣區 2、6、14、5、8 結果皆為隨機分布。這是由於樣區 1 中的幼苗數極多，且幾乎位於山坡下方或母樹旁，呈集群分布，而較大植株樹木少且較分散所致。該樣區小氣候狀況在山坡下方較上方略微潮濕，土壤水分梯度在山坡由上往下遞增，且母樹多位於山坡上方，山坡下方的種苗應為上方種子滾落至此，有利種子萌芽生長；而樣區 2 所有族群的 I 值為 10.73，遠大於 0， m^*/m 值為 2.05，大於 1， K 值為 1.19，遠小於 8，但方差/均值的 t 檢驗結果為隨機分布，也可說是比較偏向集群的隨機分布；樣區 5 和 8 太魯閣櫟族群各立木級族群都是隨機分布，顯示該族群的個體在空間上的分布各具獨立性，不受其他個體影響，其分布沒有定型。

再從不同發育階段的分布型結果來看：太魯閣櫟族群一般在幼苗階段最易形成集群分布，如樣區 1、2，這是因為幼苗主要生長於山坡下方或母樹旁所致；而較大樹木級多呈隨機分布，主要是因為太魯閣櫟通常在幼苗時期死亡率較高，若能度過幼苗期的激烈競爭，脫穎而出，則族群中的個體就會比較分散、獨立，而不受其他個體影響。樣區 14 中幼樹呈集群分佈，可能是近幾年非種子豐年，欠缺種子來源所致。

綜合上述結果而推論：分佈型除可反映局部的生境條件外，也能反映太魯閣櫟的生態特性。

四、種子有性繁殖與族群更新之探討

(一) 萌芽率觀察

根據實驗室內及野外樣區內的萌芽觀察結果顯示：太魯閣櫟種子的萌芽情況比原先預想的還快發生，也比預想的多（見圖 7）。其中圖 7-1 室內萌芽率(a)的種子是接近果實掉落初期時在母樹上採的，總數為 57 顆，萌芽率約為 47%，而圖 7-2 室內萌芽率(b)的種子是撿拾自母樹掉落地面果實，屬於完全成熟的種子，總數為 86 顆，萌芽率約為 66%。所有在室內播種的種子，約 2 至 3 週後便可萌發生長；而野外樣區種子萌發觀察，在同樣區相鄰的地方各作(a)及(b)2 小區，每區各 60 顆，種子發芽時間則約在 3 至 4 週間，萌芽率在 20%至 30%之間（分別見圖 7-3，7-4 及 7-5）。

過去曾有研究者將太魯閣櫟列為分佈狹隘種、稀有種或有滅絕危機植物（徐國士等，1984；蘇鴻傑，1980；高瑞卿，1995），但是從其室內及野外樣區的萌芽觀察的結果來看：太魯閣櫟的分布狹隘及族群量少，顯然不是由種子萌發困難，萌芽率低所造成的。

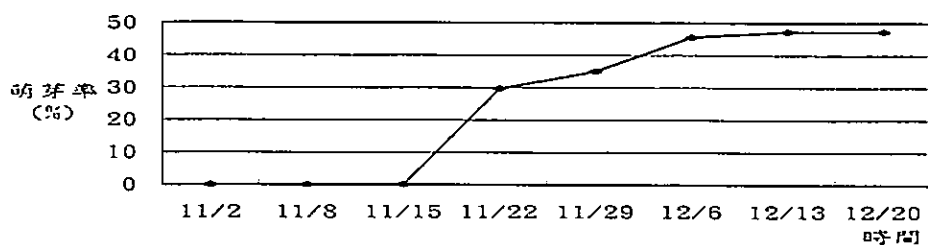


圖7-1、太魯閣標室內萌芽率(a)

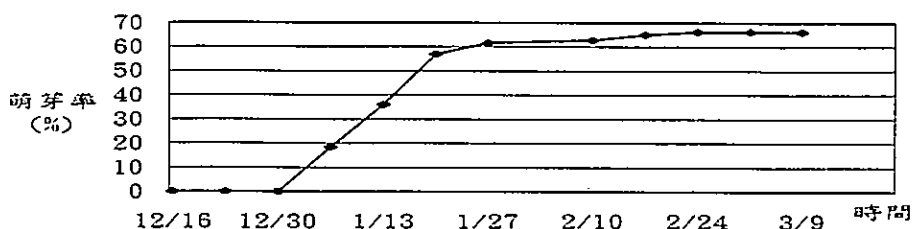


圖7-2、太魯閣標室內萌芽率(b)

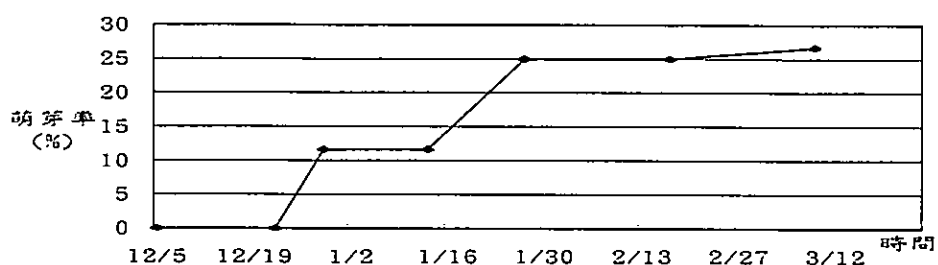


圖7-3、樣區2太魯閣標萌芽率

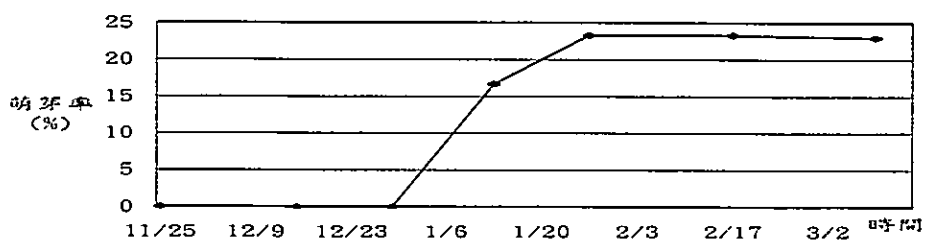


圖7-4、樣區5太魯閣標萌芽率(a)

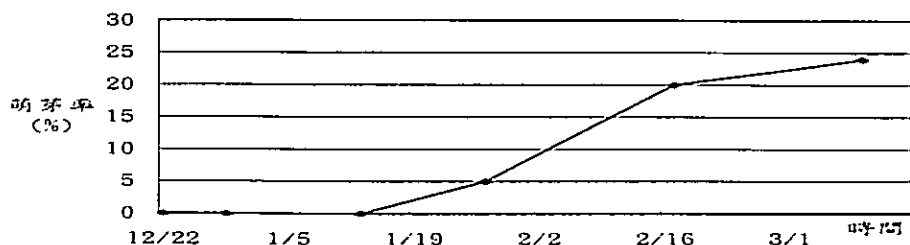


圖7-5、樣區5太魯閣標萌芽率(b)

圖7、太魯閣標種子萌芽率的觀察結果

（二）果實落下量

在太魯閣櫟果實落下量的記錄方面，因為太魯閣櫟族群的結實情況不是每個樣區都有，而是只有幾個樣區有結實情況，且不同樣區的結實量也不同。本研究選擇了樣區 2（如圖 8-1）及樣區 5（如圖 8-2）作為代表，因為樣區 2 的結實量是所有 18 個樣區中最多的，且樣區地勢低平；而樣區 5 則為一陡坡，結實量少，且該區太魯閣櫟幼苗數僅有 2 株，其餘均為第 2 級的幼樹及第 3 級的中樹。

觀察結果顯示：一如原先所預期，樣區 2 的果實落下量情況比樣區 5 好很多，最大觀測值是發生在 12 月 5 日，估計有 450 顆成熟果實/2 週・100 平方公尺。因為在果實落下初期時，中橫公路常發生坍方而中斷交通，以至於無法趕在太魯閣櫟的落果期初至野外樣區放置收集網，但根據觀察經驗：太魯閣櫟的落果期僅持續約 2 至 3 週，在觀察週期不密集的情形下，無法更進一步獲得其種子落下動態的完整資料，僅能由實際觀察情況及圖 8-1 和圖 8-2 的資料，推測其果實落下的高峰期約為 11 月底至 12 月初。另外在收集網內也收集到發育不全，體積比成熟者要小得多的果實，其數量也比成熟果實要大得多。在樣區 2 中，12 月中旬過後便少有成熟果實被收集到，反而是未成熟果實在此時逐漸增加落下量，至 1 月中旬有一波高峰期。這種現象可能是因為植物營養供應方面，供應量不足以支持全數受精合子發育完全，在落果期一併將這些未成熟果實掉落。

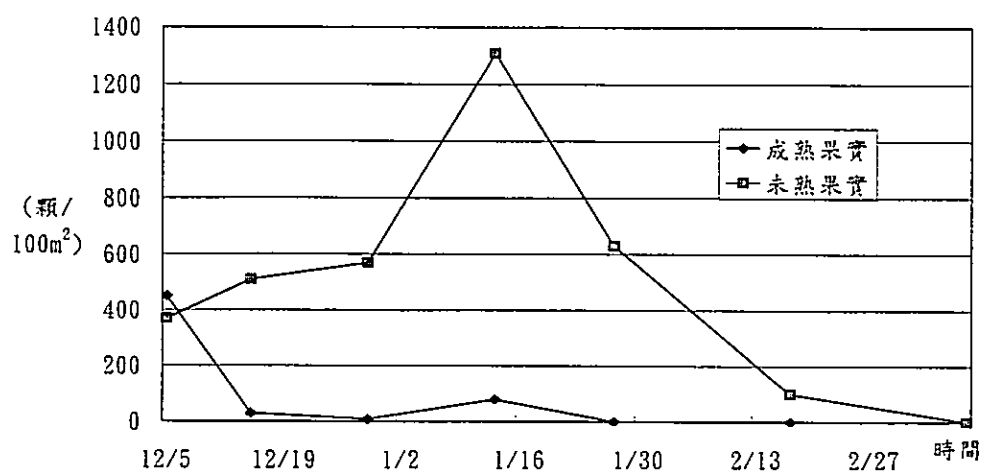


圖8-1、樣區2太魯閣櫟果實落下量

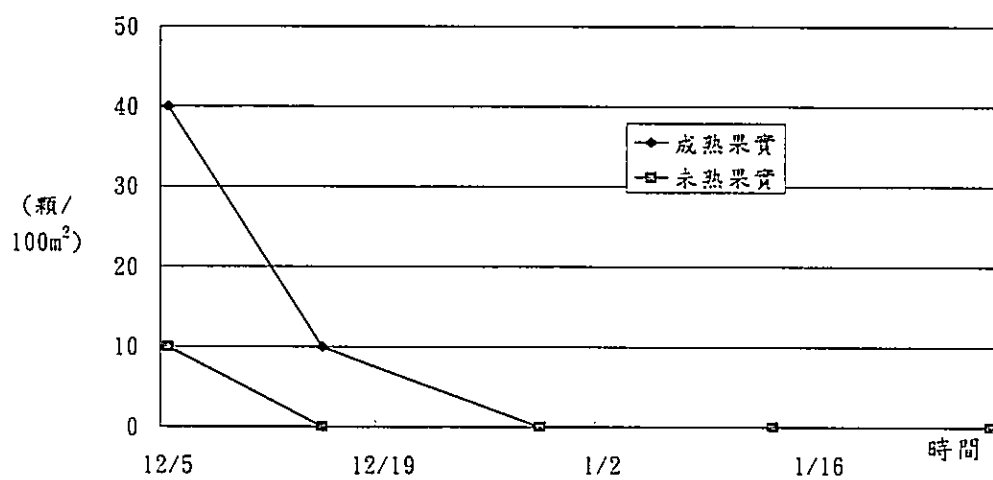


圖8-2、樣區5太魯閣櫟果實落下量

圖 8、太魯閣櫟果實落下量觀察結果

(三) 地面果實動態與比例

因為太魯閣櫟果實富含澱粉等營養物質，為森林動物的主食之一，在野外常可見到被齧齒類啃食過的果實，或被昆蟲蛀蝕進入產卵寄生的跡象。研究顯示北美洲殼斗科麻櫟屬植物的種子均屬不耐旱的特性 (King & Roberts, 1980)，即種子含水率越低，種子的壽命越短；在台灣也曾有關於青剛櫟及高山櫟種子休眠性的研究，結果發現這 2 種殼斗科種子都沒有顯現休眠現象，均屬於種子含水率越低，種子的壽命越短的異儲性種子 (林讚標, 1995)。根據野外觀察而推測：太魯閣櫟的種子應該也沒有休眠的現象。因為在研究地區沒有雪季低溫侵襲，雖然年雨量豐沛，但土壤保水性不佳，掉落地面後的太魯閣櫟，若種子沒有發芽，在連續下雨、土壤濕潤時，營養豐富的果實容易腐爛；若一段時間不下雨，土壤乾燥，種子又容易失去活性而不萌發。因此即使遇到豐年，太魯閣櫟果實的產量豐多，但歷經動物啃食、寄生、真菌或微生物的分解後，能在生境中萌芽、生長、茁壯的個體，佔族群所產的果實總數比例不多。

果實落地後的動態情況可由圖 9-1 及圖 9-2 來看。樣區 2 及樣區 5 的所有成熟果實比例都比較高，但實際上完整果實的比例卻不多，都在 3 成以內，這是因為被動物吃食的機率很高，5 成以上果實被動物吃食，尤其在果實落地量高峰期。而地面動態實驗後期完整果實的比例更少，但仍可撿到被真菌蛀蝕而腐爛的果實，顯示在後期此類果實內部營養物質遭寄生昆蟲吃食，或遭微生物分解而失去活性。

另外在地面果實的比例方面，樣區 2 所有的成熟果實總量為 750 顆/100m²，完好果實的比例為 27%，被動物吃食過所剩的空殼和殘骸比例合為 60%，真菌蛀蝕腐爛的則有 13% (如圖 10-1)；而樣區 5 所有的果實成熟總量為 290 顆/100m²，完好果實的比例為 14%，被動物吃食過所剩的空殼和殘骸比例合為 58%，真菌蛀蝕腐爛的則有 28% (如圖 10-2)。顯示大部份的地面果實被動物吃食或因真菌感染而腐爛，僅有 1 至 3 成的完好果實，可使種子發芽成長新個體。

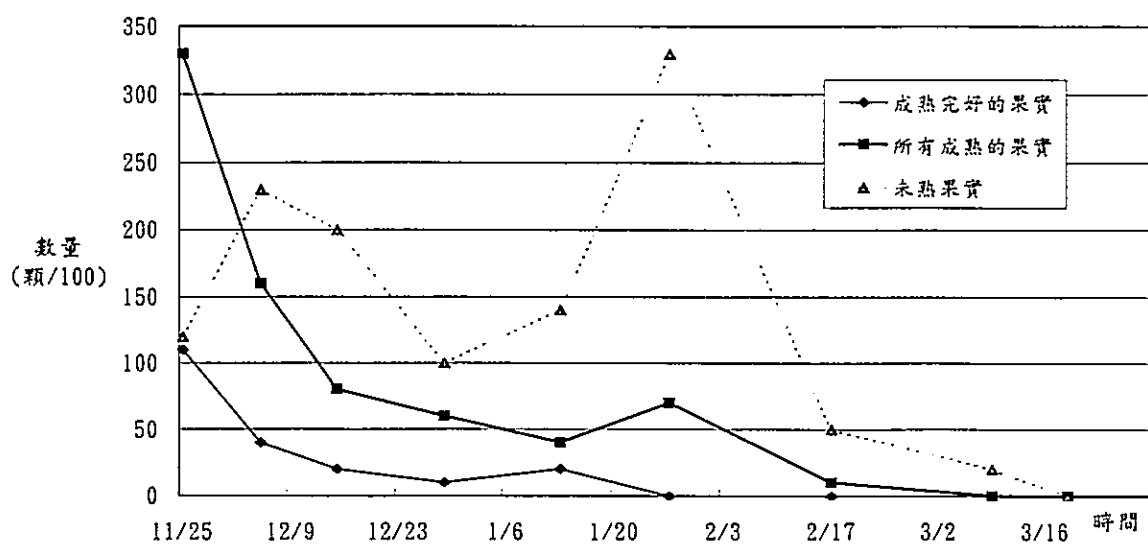


圖9-1、樣區2地面果實動態

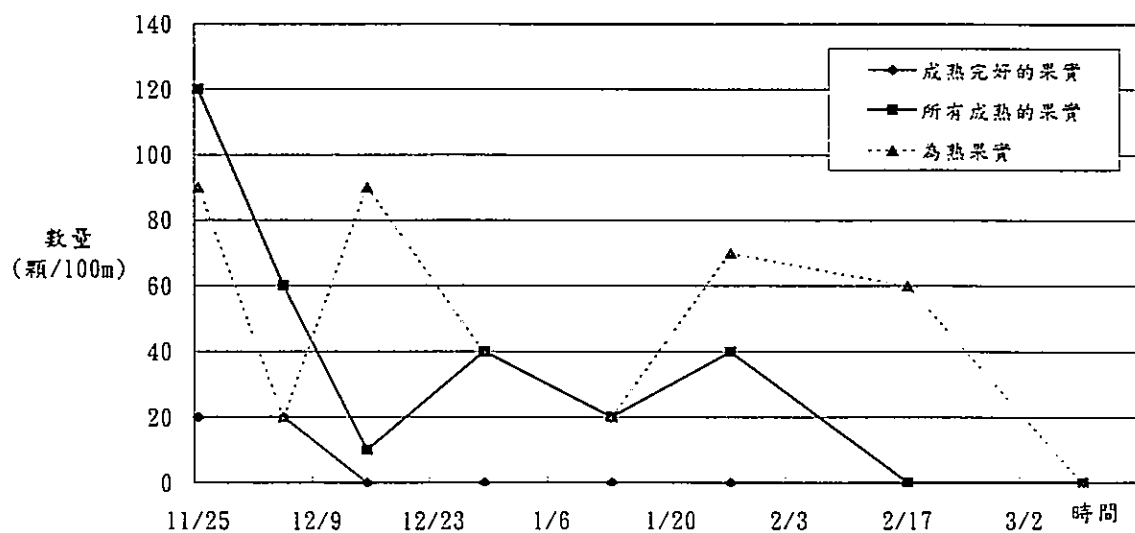


圖9-2、樣區5地面果實動態

圖9、太魯閣櫟地面果實動態的觀察結果

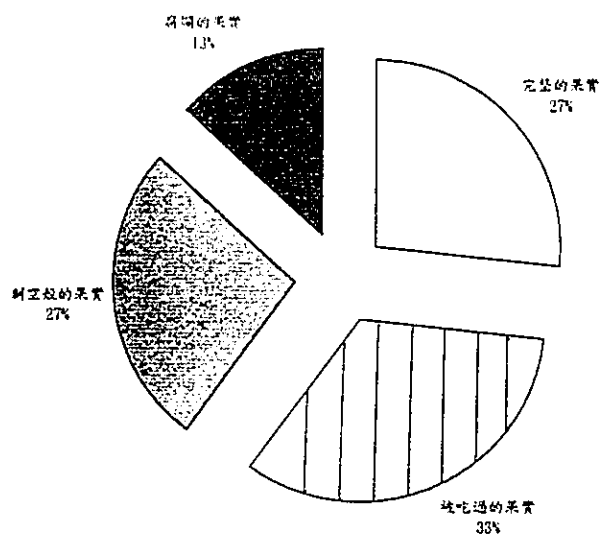


圖10-1、樣區2地面果實比例

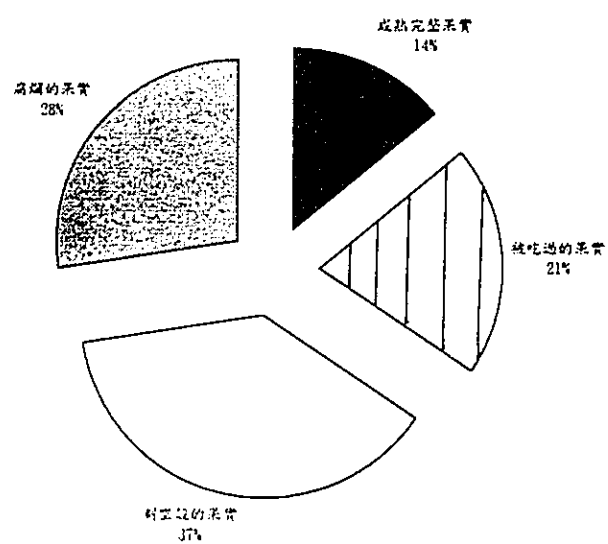


圖10-2、樣區5地面果實比例

圖 10、樣區地面果實比例觀察結果

(四) 地面果實分佈型

表 13 顯示本研究果實分佈型的結果。在樣區 2 中太魯閣櫟果實的分佈型呈現集群分佈，這顯示了太魯閣櫟果實散佈的生物特性，因為其果實重量較重，實際測量每顆成熟果實的重量約在 0.8 至 2.0 公克之間，故果實一般多落在母樹四周。而樣區 5 可能因為母樹結實情況不佳，果實落下量比樣區 2 少很多（見圖 9-1 及 9-2）；且樣區 5 的坡度為 65° ，岩石裸露率為 45%，果實落下後極有可能繼續朝山坡下滾動，所以果實分佈型結果是隨機分佈。

樣區 編號	樣區面 積(m^2)	均值 m	方差 S^2	方差/均值 S^2/m	t 值	符合 t 檢驗 的分佈型	I	K	m^*/m
2	100	5.70	40.23	7.06	3.02	集群分佈	6.06	0.94	2.06
5	100	0.50	0.50	1.00	0.00	隨機分佈	0.00	---*	---*

因方差 S^2 與平均值 m 相等，相減後為 0，故無法計算 K 值與 m^/m 值

五、無性系萌蘗繁殖與族群更新之探討

太魯閣櫟除了以種子萌發長成實生幼苗 (seedling)，進行有性繁殖的族群更新外，亦可利用根莖部無性系 (clones) 的萌蘗 (sprouting) 現象，產生新的細枝條，再與主幹競爭養分、水分、陽光等生長因子，以更新族群，甚至種子萌芽初期即可見到萌蘗分株的現象。要進行何種方式更新，取決於萌枝間的競爭與當地生境條件。由表 14 可以看出無性系分株數與實生幼苗數的比例以樣區 5、8、14 相對較大。可能因為樣區 5 是陡坡，樣區 8 是稜線，生境都是屬很乾燥，十分不利於實生幼苗的成長；而樣區 14 雖然已較樣區 5、8 濕潤，且坡度未超過 40° ，但因該樣區的地被層覆蓋度高，群落透光度也低，也不利於偏好陽光的太魯閣櫟幼苗生長。在無性系分株數與主幹數比例上，以樣區 1、2、5 相對較高。樣區 5 是陡坡。而雖然樣區 1、2 的實生幼苗都佔族群數很大的比例，但其每個基株也都萌生許多樹幹，樣區 1 的某株太魯閣櫟甚至是 15 個樹幹叢生在一起，可能因為樣區 1、2 土層淺薄，對高大的基株來說，仍是屬於較惡劣的水分條件，所以才自根基又萌生許多萌蘗枝幹來更新族群；或該生境之前曾受到種大干擾，導致無性萌枝大量產生，而現今調查的大量幼苗則可能為前幾年的種子豐年所致。

表14、樣區萌枝資料整理

樣區 編號	主幹數 (株/100m ²)	無性系分株數 (株/100m ²)	無性系分株 數/主幹數	實生苗數 (株/100m ²)	無性系分株 數/實生苗數	每株最大 萌枝數	每株最小 萌枝數
1	1.50	6.75	4.50	16.00	0.42	7	3
2	5.00	46.00	9.20	41.00	1.12	15	0
5	6.00	29.00	4.83	2.00	14.50	8	1
6	4.00	10.00	2.50	7.00	1.43	3	2
8	12.00	27.00	2.25	4.00	6.75	7	0
14	5.78	21.96	3.80	2.67	8.24	12	0

註1：表中短橫線部份表示該樣區中沒有發現實生幼苗。

註2：無性系分株指DBH>1cm粒株的萌蘗枝幹；基因株數指DBH>1cm的單株數，不計該個體其它無性系分株；實生苗指以種子萌芽方式生長的幼苗。

陸、結論及建議

本項合作研究案所得到的結論與建議如下：

1. 太魯閣櫟為臺灣古老的特有種，獨具植物地理學的意義。其形態獨特，可能與古地中海時期的櫟屬植物種類有關連。該種的發生發展問題，有待新的化石資料發現，以及進一步對鄰近區域（如中國大陸、日本、韓國等地）相近種類的研究後，才能再提出更新的證據及見解。
2. 因太魯閣櫟在土壤淺薄乾燥、多石塊的陡坡岩隙較其他樹種適應良好，故為中橫公路沿線綠水、天祥及文山等地區常見的優勢樹種。依群落喬木層優勢種及樣區相似性分析結果，將其植物社會分為：太魯閣櫟群落及太魯閣櫟—青剛櫟群落。在太魯閣櫟—青剛櫟群落中，太魯閣櫟和青剛櫟彼此常呈間歇性分佈，但仍以太魯閣櫟為主要優勢種。
3. 太魯閣櫟生育地的土壤類型為碎石構成的坡積物，且裸露的母岩處處可見，加上風化作用盛行，岩石極易崩解，土壤化育情況不佳；而太魯閣櫟又常為該生育地的優勢樹種，故其存在對當地生態環境及水土保持實有決定性的影響，在整修步道或興建工程時應儘量將其保存。
4. 殼斗科果實又稱為堅果（nut），表皮雖堅硬，但仍有齧齒類如飛鼠、松鼠等動物會取食利用。太魯閣櫟果實在10月中下旬開始成熟，落果期密集在11月下旬至12月上旬，為森林中齧齒類動物及螞蟥秋冬食物來源，對森林生態系亦扮演重要角色；種子12月下旬萌芽，雨後濕潤土壤易使種子發芽，若土壤乾燥則幼苗死亡率高；雖然太魯閣櫟為常綠樹種，但2月下旬仍可見明顯換葉；3月中旬抽芽，4月雄花先開，雌花隨雄花後才開。
5. 調查的太魯閣櫟族群結構有4型：樣區1、2的L形，幼苗補充量多但族群更新不良，因生育地環境惡劣，幼苗將於激烈競爭淘汰後，進入下一發育階段；樣區14的反J形，族群更新佳且持續進行；樣區6、8的扭轉S形，族群呈間歇性更新；及樣區5的J形，族群老化且幼苗補充量少，更新不佳，因生育地

為陡坡，土壤為碎石構成的坡積物，若老樹自然死亡或遭外力去除。將嚴重影響此地生態及水土保持。

6. 除樣區 1 因幼苗聚集度高而使族群呈集群分布外，其他太魯閣櫟族群分佈類型多為隨機分佈。種子因重力傳播關係，及山坡下方較濕潤有助幼苗生長，小苗多密集於山坡下方或母樹旁，而幼苗以上立木級則經過競爭淘汰，多隨機散生於樣區內。
7. 太魯閣櫟種子在實驗室內 2 至 3 週便萌芽，萌芽率為 47% 及 66%；野外約 3 至 4 週，萌芽率 20% 至 30% 間，顯示其被過去歸類為稀有的原因並非因其發芽率不良所致。種子無休眠現象，落地後若無發芽，易腐爛失去活性。地面種子近 6 成被動物吃食利用，成熟完好種子比例小於 3 成，顯示太魯閣櫟即使在種子豐年產生大量種子，但仍只有少數比例的種子，能躲過動物吃食、寄生及真菌感染而有機會發芽。
8. 由太魯閣櫟無性系分株數與實生幼苗數的比例，及與主幹數的比例來看，生長於陡坡、稜線或透光度低的生境，不利實生幼苗成長；而即使在地勢較平緩的生境，若土壤淺薄、保水性差、微氣候乾燥，太魯閣櫟還是可自主幹基部萌發新枝幹來更新族群。一般在陡坡稜線、岩石裸露率高的生境，或族群遭受重大干擾時，太魯閣櫟採無性系繁殖策略的比例較高，但若遇種子豐年，則亦有較多的有性種子苗更新。
9. 太魯閣櫟為樹形優美的常綠樹，亦為園區內古老的特有種，在園區栽植原生樹種時可考慮之。另外可於園區步道實地設置解說牌，讓來訪遊客對園區特有植物及當地生態有更進一步的認知，激發其愛護環境的心理。
10. 天祥基督教長老教會後方有一小徑，旁有一片以太魯閣櫟為主的長條形森林（本研究樣區 2 及 3 在此處），地勢較其他太魯閣櫟生育地平坦，適於讓遊客親身體驗此一特殊林分，在解說教育上可作為自然生態環境的活教材。

參考文獻

- 王鑫，1987，從古植物古氣候討論冰河時代的地形作用，植物資源與自然景觀保育論文集，p. 229-238。
- 王鑫，1989，太魯閣國家公園地形、地質景觀資源，太魯閣國家公園管理處。
- 王忠魁、陳玉峰，1990，綠水—文山及綠水—合流植物相細部調查，太魯閣國家公園管理處。
- 王執明，1991，太魯閣國家公園太魯閣峽谷岩層分佈之研究，太魯閣國家公園管理處。
- 王世彬、林讚標、簡慶德，1995，林木種子儲藏性質的分類，林業試驗所研究報告季刊，10(2)：255-276。
- 四川森林編輯委員會，1992，四川森林，北京，中國林業出版社。
- 中國植被編輯委員會，1980，中國植被，北京，科學出版社。
- 中國森林編輯委員會，1997，中國森林，北京，中國林業出版社。
- 牛春山，1990，陝西樹木志，北京，中國林業出版社。
- 江洪，1992，雲杉種群生態學，北京，中國林業出版社。
- 吳征鎰等，1983，中國自然地理—植物地理(上冊)，科學出版社，北京。
- 宋永昌、蔡飛，1997，五夷山木荷種群結構和動態的研究，植物生態學報，21(2)：138-148。
- 宋永昌，1999，植被生態學書稿節選，(未出版)。
- 沈中桴，1999，台灣島的植物地理，林業研究專訊第 33 期，p. 14-17。

- 沈中樺，2000，台灣島的植物地理（續），林業研究專訊第 34 期，p.13-16。
- 林渭訪、柳楷，1965，臺灣殼斗科植物分類之研究，臺灣省林業試驗所試驗報告第 110 號。
- 林讚標，1995，數種殼斗科植物種子之儲藏性質—赤皮、青剛櫟、森氏櫟與高山櫟，林業試驗所研究報告季刊，10(1)：9-13。
- 林國銓、黃吳清標、劉哲政，1997，福山試驗林天然闊葉樹之物候現象，台灣林業科學，12(3)：347-353。
- 李文華等，1985，西藏森林，北京，科學出版社。
- 李秋芳，1996，太魯閣國家公園植物物候調查報告，太魯閣國家公園管理處。
- 李建強，1999，山毛櫸科植物的起源和地理分布，載於路安民等主編：種子植物科屬地理（p.218-235），北京，科學出版社。
- 周富三，1997，臺灣南部櫟樹植群生態之研究，國立臺灣大學森林學研究所資源保育組碩士論文。
- 柳楷，1960，臺灣植物群落分類之研究：IV. 臺灣植物群落之起源發育及地域性之分化，中華農學會報（76）：39-62。
- 柳楷，1968，臺灣產殼斗科植物地理之研究，臺灣省林業試驗所報告第 165 號。
- 柳楷，1971，台灣植物群落分類之研究：4. 台灣植物群落之起源、發展、及地域分化，中華農學會報（台北），76(1):39-62。
- 柳楷、呂勝由、楊遠波，1976，記台灣維管束植物之新分佈（一），中華林學季刊，9(3)：111-113。

侯學煜，1988，中國自然地理—植物地理下冊（中國植被地理），北京，科學出版社。

徐仁，1982，青藏古植被的演變與青藏高原的隆起，植物分類學報 20(4)：385-391。

徐國士、林則桐、陳玉峰、呂勝由，1988，太魯閣國家公園植物生態調查報告，太魯閣國家公園管理處。

孫儒泳、李博、諸葛楊、尚玉昌，1995，普通生態學，藝軒出版社，台北市。

高瑞卿，1995，臺灣東部立霧河流域森林植群分析，國立臺灣大學森林學研究所碩士論文。

章樂民、楊遠波、林則桐、呂勝由，1988，太魯閣國家公園峽谷石灰岩壁植物群落生態之調查，內政部營建署太魯閣國家公園管理處委託台灣省林業試驗所森林生物系調查。

陳子英，1995，臺灣北部楠櫟林帶櫟木林型優勢樹種天然更新方式之研究，林業試驗所百週年慶學術研討會論文集，p. 83-95。

陳俊雄，1996，臺灣西北區楠櫟林帶森林植群分析，國立臺灣大學森林學研究所資源保育組碩士論文。

張明財，1992，臺灣穗花杉主要生育區植群及族群生態之研究，國立臺灣大學森林學研究所碩士論文。

張和明，1996，台灣北部福山地區天然闊葉林土壤種子庫與樹種更新之研究，國立台灣大學植物學研究所碩士論文。

張乃航、馬復京、游漢明、許原瑞，1998，福山地區次生闊葉林土壤種子庫及幼苗動態，台灣林業科學，13(4)：279-289。

- 楊遠波、呂勝由、林則桐，太魯閣國家公園石灰岩地區植被之調查，1990，
太魯閣國家公園管理處。
- 楊欽周，1990，中國—喜馬拉雅地區硬葉櫟林的特點與分類，植物生態學與地
植物學學報 14(3)：197-211。
- 廖日京，1991，台灣殼斗科植物之學名訂正，國立台灣大學農學院森林學系。
- 臺灣植物誌第二版編輯委員會，1996，臺灣植物誌第二版，臺北市，臺灣植
物誌第二版編輯委員會。
- 劉崇瑞，1960，臺灣木本植物圖誌第二卷，國立臺灣大學農學院。
- 劉崇瑞、蘇鴻傑、潘富俊，1978，臺灣天然林之群落生態研究(五)：臺東海
岸山脈之植群與植相之研究，國立臺灣大學農學院實驗林森林系研究報告
第 122 號。
- 劉業經、呂福原、歐辰雄，1994，臺灣樹木誌，台中市，國立中興大學農學院
出版委員會。
- 鄭萬鈞等，1985，中國樹木誌第二卷，北京，中國林業出版社。
- 蔡飛與宋永昌，1997，武夷山木荷種群結構與動態的研究植物生態學報 21(2)：
138-148。
- 蔣有緒等，1998，中國森林群落分類及其群落學特徵，北京，科學出版社及
中國林業出版社。
- 賴銘誠，1998，台灣島槐族群及生育地之研究，國立台灣大學森林學研究所
碩士論文。
- 蘇鴻傑，1980，臺灣稀有及有滅絕危機森林植物之研究，國立臺灣大學農學
院實驗林森林系研究報告第 125 號。

蘇鴻傑，1987，森林生育地因子及其定量評估，中華林學季刊 20(1): 1-14。

早田文藏，1918，臺灣植物圖譜第七卷，臺灣總督府殖產局。

金平亮三，1936，臺灣樹木誌，臺灣總督府中央研究所林業部。

初島住彥，1971，琉球植物誌，沖繩縣那霸市，沖繩生物教育研究會。

Bongers, F., J. M. Castillo, and J. Catabias. 1988. Structure and floristic composition of the lowland rain forest of Los Tuxtlas, Mexico. Vegetaion 78:55-88. (引自周富三，1997)

Dennis, h. K., 1975, A phytosociological analysis of species-rich tropical forest on Barro Colorado Island, Panama. Ecol Monog. 45:89-106. (引自陳俊雄，1996)

King, M. W., and E. H. Roberts. 1980. Maintenance of Recalcitrant Seeds in Storage. In H. F. Chin and E. H. Roberts (Eds.), Recalcitrant Crop Seeds. (pp53-89). Tropical Press, Kuala Lumpur, Malaysia. (引自林讚標，1995)

Knowles, P. & Grant, M. 1983. Age of size structure analysis of Engelmann spruce, Ponderosa pine, Lodgepole pine. Calorado Ecology 64(1):1-9.

Tainai. 1961. Neogene floral change in Japan, Journal of the faculty of Science Hokkaido University Series IV, Geology and Mineralogy 2:119-398. (引自柳桴，1968)

附錄一：研究區植物名錄

PTERIDOPHYTES 蕨類植物門

SELAGINELLACEAE 卷柏科

- Selaginella delicatula* (Desv.) Alston 全緣卷柏
Selaginella doederleinii Hieron. 生根卷柏
Selaginella mollendorffii Hieron. 異葉卷柏
Selaginella tamariscina (Beauv.) Spring 萬年松
Selaginella stauntoniana Spring 擬密葉卷柏
Selaginella sp. 卷柏 sp.

SCHIZAEACEAE 海金沙科

- Lygodium japonicum* (Thunb.) Sw. 海金沙

LINDSAEACEAE 陵齒蕨科

- Sphenomeris chusana* (L.) Copel. 烏蕨

DAVALLIACEAE 骨碎補科

- Davallia mariesii* Moore ex Bak. 海州骨碎補

OLEANDRACEAE 條蕨科

- Nephrolepis biserrata* (Sw.) Schott 長葉腎蕨
Nephrolepis auriculata (L.) Trimen 腎蕨

PTERIDACEAE 鳳尾蕨科

Doryopteris concolor (Langsd. & Fisch.) Kuhn 黑心蕨

Onychium japonicum (Thunb.) Kunze 日本金粉蕨

Pteris dispar Kunze 天草鳳尾蕨

Pteris ensiformis Burm. 箭葉鳳尾蕨

Pteris semipinnata L. 半邊羽裂鳳尾蕨

Pteris vittata L. 鱗蓋鳳尾蕨

ADIANTACEAE 鐵線蕨科

Adiantum capillus-veneris L. 鐵線蕨

VITTARIACEAE 書帶蕨科

Antrophyum obovatum Bak. 車前蕨

DRYOPTERIDACEAE 鱗毛蕨科

Arachniodes aristata (Forst.) Tindle 細葉複葉耳蕨

Dryopteris varia (L.) Ktze. 南海鱗毛蕨

ASPLENIACEAE 鐵角蕨科

Asplenium adiantoides (L.) C. Chr. 革葉鐵角蕨

Asplenium antiquum Makino 山蘇花

Asplenium cuneatiforme Christ 大蓬萊鐵角蕨

Asplenium ritoense Hayata 尖葉鐵角蕨

Asplenium wilfordii Mett. Ex Kuhn 威氏鐵角蕨

POLYPODIACEAE 水龍骨科

- Drynaria fortunei* (Kunze) J. Sm. 槲蕨
Lemmaphyllum microphyllum Presl 伏石蕨
Lepisorus thunbergianus (Kaulf.) Ching 瓦葦
Lepisorus kawakamii (Hayata) Tagawa 鱗瓦葦
Microsorium fortunei (Moore) Ching 大星蕨
Microsorium buergerianum (Miq.) Ching 波氏星蕨
Polypodium formosanum Bak. 臺灣水龍骨
Pyrrosia lingus (Thunb.) Farw. 石葦
Pyrrosia polydactylis (Hance) Ching 槭葉石葦

SPERMATOPHYTA 種子植物門

ANGIOSPERMAE 被子植物亞門

DICOTYLEDONEAE 雙子葉植物綱

JUGLANDACEAE 胡桃科

- Platycarya strobilacea* Sieb. & Zucc. 化香樹

BETUULACEAE 樺木科

- Carpinus kawakamii* Hayata 阿里山千金榆

FAGACEAE 殼斗科

- Cyclobalanopsis gilva* (Bl.) Oerst. 赤皮
Cyclobalanopsis glauca (Thunb. ex Murray) Oerst. 青剛櫟
Qpercus tarokoensis Hayata 太魯閣櫟

ULMACEAE 榆科

Celtis sinensis Perq 朴樹

Zelkova serrata (Thunb.) Makino 檫木

MORACEAE 桑科

Ficus formosana Maxim. 天仙果

Ficus sarmentosa B. Ham. ex J. E. Sm. 珍珠蓮

Ficus superba (Miq.) Miq. var. *japonica* Miq. 雀榕

Ficus microcarpa L. f. 榕樹

Ficus pedunculosa Miq. 蔓榕

Ficus tannoensis Hayata 濱榕

Maclura cochinchinensis (Lour.) Corner 臺灣柘樹

Morus australis Poir. 小葉桑

URTIACEAE 蕁麻科

Boehmeria densiflora Hook. & Arn. 密花芋麻

Pilea plataniflora C. H. Wright 西南冷水麻

LAURACEAE 樟科

Cinnamomum insulari-montanum Hayata 山肉桂

RANUNCULACEAE 毛茛科

Clematis uncinata Champ. var. *Floribunda* Hayata 柱果鐵線蓮

Clematis sp. 鐵線蓮 sp.

MENISPERMACEAE 防已科

Cocculus orbiculatus (L.) DC. 木防已

PIPERACEAE 胡椒科

Peperomia japonica Makino 椒草

Piper kadsura (Choisy) Ohwi 風藤

THEACEAE 茶科

Eurya japonica 柃木

GUTTIFERAE 金絲桃科

Hypericum geminiflorum Hemsl. 雙花金絲桃

SAXIFRAGACEAE 虎耳草科

Deutzia pulchra Vidal 大葉溲疏

PITTOSPORACEAE 海桐科

Pittosporum illicioides Makino 疏果海桐

ROSACEAE 薔薇科

Eriobotrya deflexa (Hemsl.) Nakai 山枇杷

Photinia serratifolia (Desf.) Kalkman 石楠

Prunus campanulata Maxim. 山櫻花

Rhaphiolepis indica Lindl. 印度石斑木

Rubus formosensis Ktze. 臺灣懸鉤子

LEGUMINOSAE 豆科

Albizia julibrissin Durazz. 合歡

Bauhinia championii (Benth.) Benth. 菊花木

Campylotropis giraldii (Schindl.) Schindl. 彎龍骨

Lespedeza chinensis G. Don. 華胡枝子

Rhynchosia volubilis Lour. 鹿藿

OXALIDACEAE 酢醬草科

Oxalis corniculata L. 酢漿草

EUPHORBIACEAE 大戟科

Breynia officinalis Hemsley 紅仔珠

Bridelia balansae Tutch. 刺度密

Glochidion rubrum Blume 細葉饅頭果

Mallotus japonicus (Thunb.) Muell.-Arg. 野桐

Phyllanthus multiflorus Willd. 多花油柑

DAPHNIPHYLACEAE 虎皮楠科

Daphniphyllum glaucescens Blume ssp. *oldhamii* (Hemsl.) Huang 奧氏虎皮楠

RUTACEAE 芸香科

Murraya paniculata (L.) Jack. 月橘

Toddalia asiatica (L.) Lam. 飛龍掌血

Zanthoxylum scandens Blume 藤花椒

MALPIGHIACEAE 黃褥花科

Hiptage benghalensis (L.) Kurz. 猿尾藤

CORIARACEAE 馬桑科

Coriaria japonica A. Gray ssp. *intermedia* (Matsum.) Huang & Huang 臺灣馬桑

ANACARDIACEAE 漆樹科

Pistacia chinensis Bunge 黃連木

Rhus chinensis Mill. 羅氏鹽膚木

Rhus succedanea L. 山漆

ACERACEAE 槭樹科

Acer albopurpurascens Hayata 樟葉槭

Acer serrulatum Hayata 青楓

SAPINDACEAE 無患子科

Dodonaea viscosa (L.) Jacq. 車桑子

Koelreuteria henryi Dummer 台灣樂樹

SABIACEAE 清風藤科

Meliosma rhoifolia Maxim. 山豬肉

AQUIFOLLACEAE 冬青科

Ilex formosana Maxim. 糊欖

CELASTRACEAE 衛矛科

Celastrus hindsii Benth. 南華南蛇藤

Euonymus carnosus Hemsl. 源一木

Euonymus spraguei Hayata 刺果衛矛

STAPHYLEACEAE 省沽油科

Turpinia ternata Nakai 三葉山香圓

RHAMNACEAE 鼠李科

Rhamnus formosana Matsum. 桶鉤藤

Sageretia thea (Osbeck) Johnst. 雀梅藤

VITACEAE 葡萄科

Tetrastigma formosanum (Hemsl.) Gagnep. 三葉崖爬藤

ELAEOCARPACEAE 杜英科

Elaeocarpus sylvestris (Lour.) Poir. 杜英

ELAEAGNACEAE 胡頹子科

Elaeagnus thunbergii Serv. 鄧氏胡頹子

VIOLACEAE 堇菜科

Viola diffusa Ging. 茶匙黃

PASSIFLORACEAE 西番蓮科

Passiflora suberosa Linn. 三角葉西番蓮

Passiflora edulis Sims. 西番蓮

LYTHRACEAE 千屈菜科

Lagerstroemia subcostata Koehne 九芎

ARALIACEAE 五加科

Eleutherococcus trifolius (L.) Merr. 三葉五加

Fatsia polycarpa Hayata 台灣八角金盤

Schefflera octophylla (Lour.) Harms 江茱萸

ERICACEAE 杜鵑花科

Rhododendron breviperulatum Hayata 南澳杜鵑

Rhododendron rubropilosum Hayata 紅毛杜鵑

Vaccinium bracteatum Thunb. 米飯花

MYRSINACEAE 紫金牛科

Ardisia cornudentata Mez 鐵雨傘

Ardisia sieboldii Miq. 樹杞

Maesa japonica (Thunb.) Moritzi 山桂花

Maesa tenera Mez 台灣山桂花

Myrsine africana L. 小葉鐵仔

EBENACEAE 柿樹科

Diospyros eriantha Champ. ex Benth. 軟毛柿

STYRACEAE 安息香科

Styrax suberifolia Hook. & Arn. 紅皮

OLEACEAE 木犀科

Fraxinus formosana Hayata 白雞油

Fraxinus insularis Hemsl. 台灣梣

APOCYNACEAE 夾竹桃科

Ecdysanthera rosea Hook. & Arn. 酸藤

Hoya carnosa (L. f.) R. Br. 韞蘭

Trachelospermum gracilipes Hook. f. 細梗絡石

Tylophora ovata (Lindl.) Hook. ex Steud. 鷓鴣蔓

RUBIACEAE 茜草科

Damnacanthus indicus Gaertn. 伏牛花

Gardenia jasminoides Ellis 山黃梔

Paederia cavaleriei Leveille 毛雞屎藤

Paederia scandens (Lour.) Merr. 雞屎藤

Serissa serrissoides (DC.) Druce 六月雪

CONVOLVULACEAE 旋花科

Erycibe henryi Prain 亨利氏伊立基藤

Ipomoea obscura (L.) Ker-Gawl. 野牽牛

Ipomoea sp.

VERBENACEAE 馬鞭草科

Callicarpa formosana Rolfe 杜虹花

LABIATAE 唇形科

Salvia keitaoensis Hayata 隱藥鼠尾草

Scutellaria indica L. 耳挖草

Scutellaria javanica Jungh. var. *luzonica* (Rolfe) Keng 呂宋黃芩

GESNERIACEAE 苦苣苔科

Conandron ramondiioides Sieb. & Zucc. 苦苣苔

Lysionotus pauciflorus Maxim. 台灣石吊蘭

CAPRIFOLIACEAE 忍冬科

Abelia ionandra Hayata 台灣糯米條

Lonicera hypoglauca Miq. 裡白忍冬

Viburnum luzonicum Rolfe 呂宋英迷

COMPOSITAE 菊科

Aster taiwanensis Kitamura 台灣馬蘭

Blumea riparia (Blume) DC. var. *megacephala* Randeria 大頭艾納香

Eupatorium sp. 澤蘭 sp.

Heteropappus hispidus (Thunb.) Less. subsp. *oldhami* (Forbes & Hemsl.)

Kitamura 臺灣狗娃花

MONOCOTYLEDONEAE 單子葉植物綱

LILIACEAE 百合科

Asparagus cochinchinensis (Lour.) Merr. 天門冬

Aspidistra elatior Blume 蜘蛛抱蛋

Dianella ensifolia (L.) DC. ex Red. 桔梗蘭

Liriope minor (Maxim.) Makino 小麥門冬

Liriope spicata Lour. 麥門冬

Ophiopogon formosanus Ohwi 台灣沿階草

DIOSCOREACEAE 薯蕷科

Dioscorea bulbifera L. 山芋

Dioscorea formosana Knuth 台灣薯蕷

Dioscorea collettii Hook. f. 南華薯蕷

Dioscorea doryphora Hance 戟葉田薯

Dioscorea matsudai Hayata 裏白葉薯榔

SMILACACEAE 菝葜科

Heterosmilax indica A. DC. 土茯苓

Heterosmilax japonica Kunth 平柄菝葜

Smilax bracteata Presl. 假菝葜

Smilax bracteata subsp. *verruculosa* (Merr.) T. Koyama 糙莖菝葜

Smilax glabra Roxb. 禹餘糧

COMMELINACEAE 鴨跖草科

Amischotolype chinensis (N. E. Br.) E. H. Walker ex Hatusima 中國穿鞘花

CYPERACEAE 莎草科

Carex sp. 莖草 sp.

Scleria sp. 珍珠茅 sp.

GRAMINEAE 禾本科

Arundo formosana Hack. 台灣蘆竹

Cymbopogon tortilis (Presl) A. Camus 扭鞘香茅

Microstegium sp. 莠竹 sp.

Miscanthus floridulus (Labill.) Warb. ex Schum. & Laut. 五節芒

Oplismenus undulatifolius (Arduino) Roem. & Schultes 求米草

ARACEAE 天南星科

Arisaema consanguineum Schott 長行天南星

PALMAE 棕櫚科

Arenga engleri Beccari 山棕

ZINGIBERACEAE 薑科

Alpinia speciosa (Wendl.) K. Schum. 月桃

ORCHIDACEAE 蘭科

Anoectochilus formosanus Hayata 台灣金線蓮

Calanthe sp. 根節蘭 sp.

Dendrobium sp. 石斛 sp.