

森林生態系經營先驅計畫

—植物監測系統之建立—

計畫主持人： 賴 明 洲

研究人員： 曾家琳 薛怡珍
黃士嘉 張小飛

委託單位： 行 政 院 農 委 會 林 務 局

執行單位： 台灣區域發展研究院生態暨資源保育研究所

中 華 民 國 八 十 九 年 十 二 月

目次

壹、森林生態系監測系統—植物監測計畫	1
一、森林的多層次結構與林下植物物種多樣性	1
二、森林生態系監測	2
三、森林生態系監測系統	5
貳、監測指標	7
一、森林生態系監測指標	7
二、林業經營指標	7
參、GIS 在監測上的應用	8
一、基本環境資料整理	8
二、樣區設置的應用	8
三、時間地理資料庫觀念	8
肆、植被調查實務	11
一、植物調查之取樣	11
二、影響取樣的因素	11
三、取樣方法與內容	12
伍、調查方法與資料的統計與分析	20
一、永久樣區之設置	20
二、重要值指數計算	20
三、物種多樣性	22
參考文獻	32

圖目次

圖 1：森林生態系調查與監測內容一覽表	4
圖 2：森林生態系監測系統流程圖	5
圖 3：圖時間之位相圖	9
圖 4：三維向度的時空立方體	9
圖 5：時空複合體模式構成圖	10
圖 6：面積增加方式示意圖	13
圖 7：面積-種數曲線圖	14
圖 8：曲折式搜尋路線示意圖	19

表目次

表 1：監測相關理論整理	3
表 2：依調查目的決定不同的樣區面積比較表	13
表 3：植物群落調查表	15
表 4：喬木調查表	15
表 5：灌木調查表	16
表 6：草本或半灌木調查表	16
表 7：層間植物調查表	16
表 8：樣區取樣群落分析簡表	17
表 9：廣東鼎湖山厚殼桂群落表	18
表 10：第 92 樣區植物監測調查喬木層及地被層植物種類重要值統計表	24
表 11：第 79 樣區植物監測調查喬木層及地被層植物種類重要值統計表	24
表 12：第 91 樣區植物監測調查喬木層及地被層植物種類重要值統計表	25
表 13：第 59 樣區植物監測調查喬木層及地被層植物種類重要值統計表	25
表 14：第 90 樣區植物監測調查喬木層及地被層植物種類重要值統計表	26
表 15：第 92 樣區植物監測調查喬木層及地被層植物種類重要值統計表	27
表 16：第 31 樣區植物監測調查喬木層及地被層植物種類重要值統計表	27
表 17：第 88 樣區植物監測調查喬木層及地被層植物種類重要值統計表	28
表 18：第 91 樣區植物監測調查喬木層及地被層植物種類重要值統計表	28
表 19：第 62 樣區植物監測調查喬木層及地被層植物種類重要值統計表	29
表 20：第 28 樣區植物監測調查喬木層及地被層植物種類重要值統計表	29
表 21：第 48 樣區植物監測調查喬木層及地被層植物種類重要值統計表	30
表 22：大武事業區安朔溪永久樣區歧異度值	30
表 23：八仙山事業區十文溪永久樣區歧異度值	31

壹、森林生態系監測系統—植物監測計畫

森林本身為一以林木為主的複雜生態體系，在陽光、水及土壤的孕育下，形成能量傳遞與物質交替等自然競爭循環。以生態面而言，森林結構最複雜、生產力最大、能量儲存最高，對水、碳、氧與氮之循環皆有直接與重要之影響。因此，森林實為生態平衡的主體。以資源面而言，森林之資源功能除獲取供作原料來源之木材或其他林產品外，還具有如水源涵養、水土保持、防風固砂等公益功能。倘若森林遭受嚴重破壞必會導致周圍環境惡化與資源功能消失。然而，森林為主要再生性資源，林木具有生物特性，除了應該得到合理的開發利用外，同時亦應注重整體森林生態品質，以保持生態系統穩定與經濟長期發展平衡關係。

對於森林生態經營研究上，Buongioron 等 (1992) 提出結合生態指標與林木生長模式於森林生態經營，亦即考量生態水準與林木收穫量水準，求取一適當平衡點，此一觀點正符合台灣林業當前轉型趨勢。

一、森林的多層次結構與林下植物物種多樣性

森林具有多層次結構，其上層由各種大喬木所組成，中層由灌木、小喬木和上層喬木的幼樹組成，地被層由草本和灌木、喬木的幼苗構成，形成立體的森林剖面構造。隨著此森林結構的成層性，林內的環境因子，如光照、溫度、濕度等也是呈現出明顯的成層現象。林內各種動物也和植物立體的配置一樣，各自佔據著垂直高度不同的位置。森林內生育環境的多樣性，提供多種植物良好的棲所及生命物質、能量的來源 (楊政川、潘富俊，1993)。根據 Duvignand 和 Denaye-De Smet (1975) 在中歐的調查，120 年生的橡樹—水青岡林每公頃的各種生物的生物量成分為：

木本植物	270 公噸
草本植物	1 公噸
大型哺乳動物	2 公斤
小型哺乳動物	5 公斤
鳥類	1.3 公斤
土壤動物	1 公噸

地被層植物 (undergrowth) 又稱為林下植物 (或下層植物) (understory or lesser vegetation) 或被覆植物 (cover plants)，一般為發生於林分之草本植物，然通常亦包括高度在 1.5~2 公尺之灌木及藤本 (郭寶章，1958)。雖然地被層植物之生物量對上層林木而言是微不足道 (幼樹及疏開之老林除外)，但因其根系大多分佈在土壤表層，不論由枝葉層分解之養分，或直接淋溶自葉部的養分，均可為地被層植物迅速而有效的吸收。且地被層植物之生活週期較短，其有機物回歸土壤較上層林木快，能改變林地養分之周轉速率 (turn-over rate)，故在維持森林生態系養分循環上極為重要 (劉儒淵，1987)。又地被層植物除影響林地之微環境外，因其生長速度快，對環境反應顯著，其生態幅度 (ecological amplitude) 通常較小，作為顯示林分生育地環境之指標價值較樹木為大。

根據劉儒淵 (1987) 針對溪頭柳杉人工林的研究結果顯示，地被層植物之植相變異度與林下受光量或上層林木之樹冠鬱閉度間具有極為密切之關係，而疏伐後經過 5 年的時間，發生改變之地被層植物可再回復穩定狀態，並反應出上層樹冠之鬱閉程度及指示其生育地之環境。

由於具有以上諸多特性，地被層植物向為森林及植物學者所重視，除作為指標植物，應用在林型 (forest type) 之區分、森林生產力之分析或土壤營養狀態之指標，及生育地地位級 (site class) 之判定外，亦應用在疏伐時期及程度之決定，或林分密度管理、林下栽植等森林施業上。此外，地被層植物也提供野生動物之食物來源及庇蔭處所，故在從事林下放牧、鼠害防治、或鳥類等各種動物生態之研究時，均應對其生育區之植物群落 (尤其是地被層植物) 的組成有所瞭解。

傳統林業經營，目的在培養生長快速，材質好，材積收穫大的林木，經營的對象是林木，而其他非經營目的的生物種類，如生長慢或材質差的樹種則一律排除在種植撫育之外，另如妨礙林木生長之灌木、草類和蔓藤等，則以雜草視之，必須在撫育的過程中加以去除，以利林分的生長。全世界各地的人工造林林分，甚至包括台灣在內的林相改良措施，都是在這種觀念下的經營成果，無一例外的形成種類單純化的林相。這些措施都大大減低林分構造的多樣性。集約經營的森林，在建造之初，為使林木迅速成林形成鬱閉狀態，成林之前即進行撫育工作，去除極具競爭性的植物，使得原本處在演替初期之草本期及灌木期縮短。成林之後，林木的收穫又多在財政輪伐期或材積連年生長最大期，這段期間多等於森林演替過程中的幼年期 (100年)，亦即林木在未經演替過程之成熟期 (100~200年) 及老年期 (>200年) 之前即已伐除。如此的經營方式，縮短早期的演替階段，去除成熟期和老年期，使適應於此期間的生物無法成長、發育，相對地也減少森林生態系的多樣性。因此，對於林木生產有利的措施不一定有利於整個森林生態系的維持 (楊政川、潘富俊，1993)。研究顯示，高種類歧異度，能促使植物社會獲取更多資源，並忍受外在環境的高度變化。因此傳統林業經營的混合林 (mixed stands) 法，不但要繼續維持，而且還必須發揚光大。

豐富的林下植物資源在生態系統中的功能是不容忽視的。它是森林生態系統得以維持平衡的保障，亦可供人類開發利用，同時豐富的草本植物是各種動物、微生物等取食、棲息的場所，從而保證了動物、微生物的多樣性；林下植物發達的根系及其對林地的覆蓋，亦有利於水土保持、涵養水源。

二、森林生態系監測

監測為一種過程，使我們瞭解環境性態值及其在時間歷程裏變化的情形，透過連續取樣調查記錄某有關資料，以便與參考系統或已確定之基線做比較 (馮豐隆，1995)。美國林務署東北實驗站資源調查和監測學者 Andrew (1994)，在其論述中曾明確的指出，森林永續經營需要可靠的資訊，而監測系統長期及週期性的資料蒐集有助於決定一生態系統的現有狀態及其在時間歷程中的變化 (黃志成，1998)。此外，依據國際綜合森林研究組織 (International Union Forest Research Organization, IUFRO) 對監測系統 (monitor system) 的定義係指經過某一時間週期，經由觀察與測量，而發現變化情形及預測發展趨勢的系統 (馮豐隆等，1993)。國際林業研究機構聯合會對森林資源監測定義為某一時間週期中，觀測森林資源之狀態及變化，進而預測其發展趨勢的一種動態過程 (黃志成，1998)。根據以上學者與相關機構對監測之論述與定義可整理如表 1，根據表中資料整可以看出森林資源監測為一透過連續取樣與量測的方式，以瞭解森林現有狀態、變遷與未來變化預測之過程，亦即一完整森林生態系監測 (如圖 1) 包含了狀態、變遷與預測三個完整的動態過程。以下就這三個性質加以分析：

表 1：監測相關理論整理

學者或組織	主要內容	重點
Andrew	透過監測系統之資料蒐集決定一生態系統之現有狀態與時間歷程之變化。	強調現有狀態與變遷過程。
馮豐隆	透過連續取樣調查以獲得隨時間改變的值以便與參考值或基線做比較。	強調調查資料數值化以作為變遷之比較。
國際綜合森林研究組織	經由觀察與測量發現變化情形及預測發展趨勢。	強調變遷過程與未來預測。
國際林業研究機構聯合會	某一時間週期中，觀測森林資源之狀態及變化，進而預測其發展趨勢的一種動態過程	強調在一週期中觀測森林資源之狀態變化、變遷與預測的動態過程。

- (一) 狀態：監測系統的第一種性質是指對現況資料的調查與蒐集，表示在時間歷程中表示在時間歷程中對每個觀測時點靜態資料的建立，例如森林植群演替過程中動態變化的每一階段均處於一特定狀態，每一狀態表示在該時點的當時狀態，由於時間推移中若沒有進行長期監測，將無法得知該「現況」處於演替過程中之何種階段，故在各階段均可能被定義為某種監測對象的起始狀態（黃志成，1998）。藉由起始狀態的確立，可作為下一調查狀態的比較基準。
- (二) 變遷：比較二個狀態之異同，以起始狀態為基準比較不同狀態間資源的變化情形，在比較過程中可能會產生新的監測基準。變遷過程中，同時也提供資源變化之數量、性質和方向。因為變遷研究可以提供監測過程的依據，故長期性的觀察將成無可避免的途徑（Oliver & Larson, 1990），藉由週期性資料蒐集和調查可以做時間序列、統計模式和機率理論分析（Osho, 1991）以提供更進一步的資訊。
- (三) 預測：為探討每一狀態中不同監測對象或性質的交互關係，以及不同狀態間的變化機制，其最終目的在於提供預測與推估的資訊（黃志成，1998）。然而在每一狀態之調查以及變遷過程分析比較中，資料調查的準確性以及分析方法的應用往往影響預估結果，這也是監測過程中最為困難的工作。

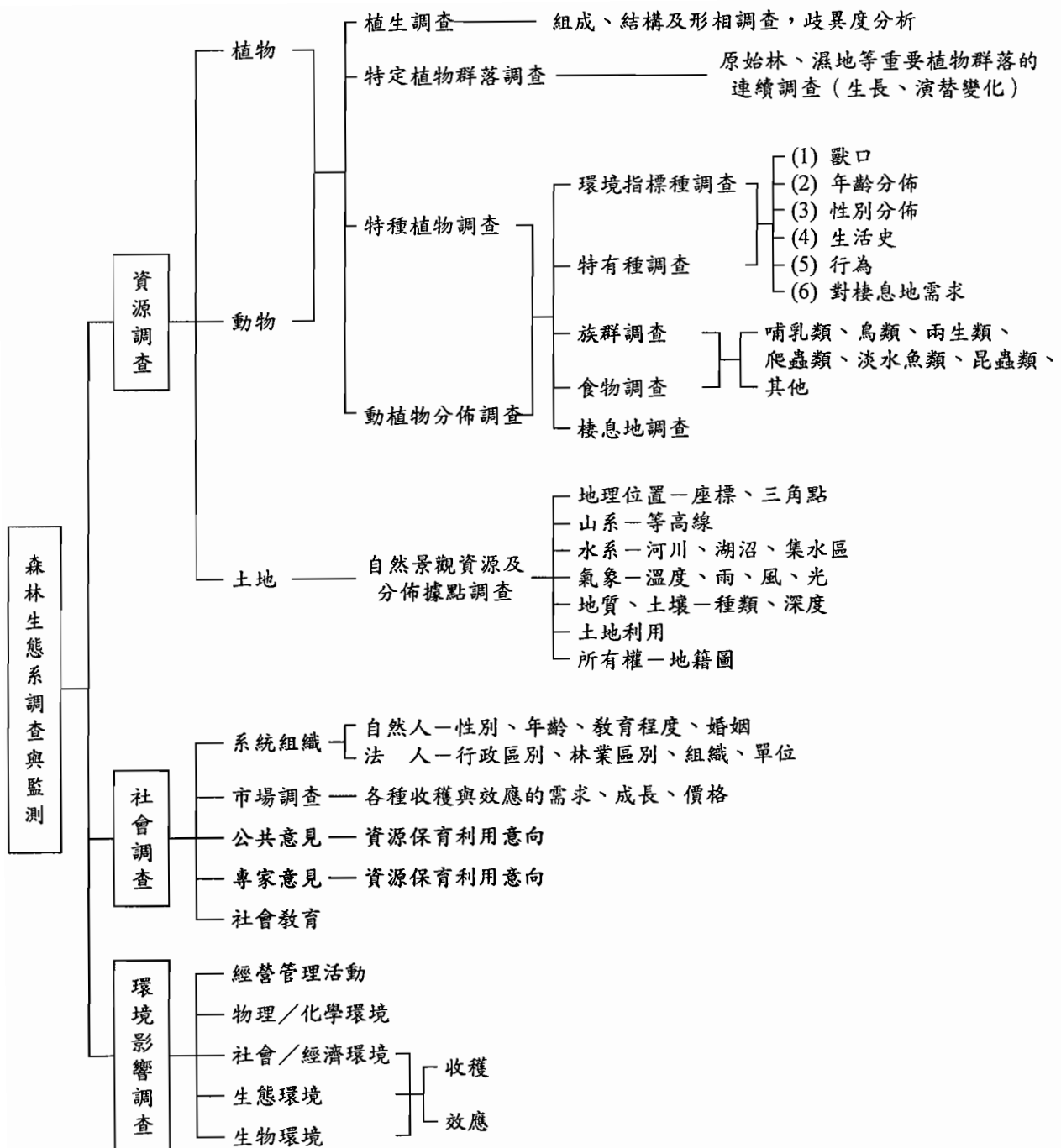


圖 1：森林生態系調查與監測內容一覽表（馮豐隆，1997；經修改）

三、森林生態系監測系統

監測系統乃只經過一段時間週期，經由觀察與量測，而發現變化情形及預測發展趨勢之系統（IUFRO, 1992）。監測系統之建立，主要的重點工作在於永久樣區之設立（馮豐隆等，1993）。所謂永久樣區（permanent plot）是指一個取樣單位在設置及紀錄後，可提供於相同位置，但是不同的時間狀態下對於發生的變化進行重複的測量（IUFRO, 1992）。以下針對森林監測系統建立之程序加以說明，如圖 2。

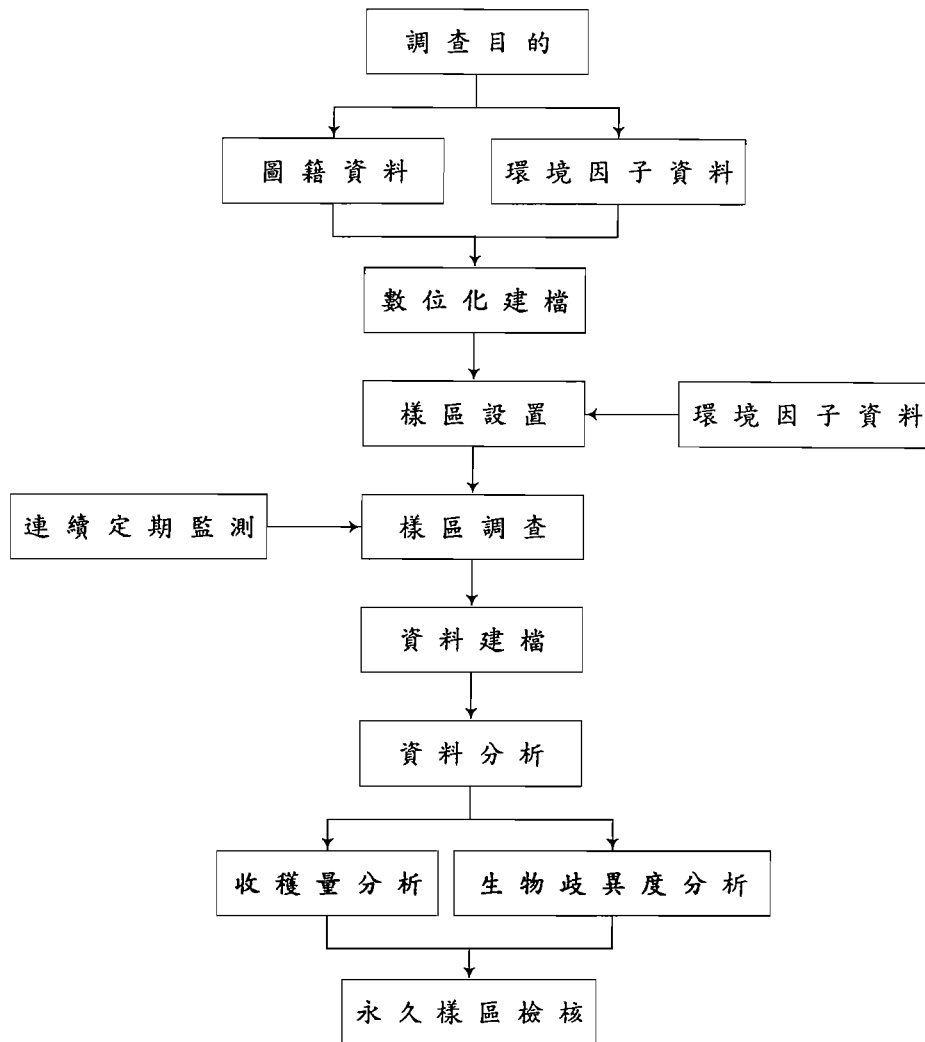


圖 2：森林生態系監測系統程序圖

（一）資料需求的預估

由於研究對象與監測目標的差異，對資料型態的要求也不盡相同，所以在樣區設置之前，應對日後分析研究上最小需求程度的資料，在質與量上加以評估（馮豐隆等，1993）。

（二）現存資料之評估

對現有資料或可經由現有資料推導而得之資料加以評估蒐集（馮豐隆，1993），此舉可減低永久樣區設立時人力、物力與時間上的支出，進而提升工作效率。目前台灣地區就森林資源方面資料包括下列各項：

1. 遙測衛星資料：包括 SPOT 衛星影像資料、LANDSAT 衛星影像資料。
2. 航空測量資料：由農林航空測量所提供之航空照片、相片基本圖等各項資料。歷年來航空照片資料極為豐富，計有庫存照片 283,076 張，庫存底片 1,083 卷（傅安明，1990）。
3. 野外調查資料：過去野外調查測量之資料所建立之資料庫，包括歷年林務局進行之全國森林資源、土地利用調查及檢定調查所獲得的資料；各學術單位所進行之野外調查資料等。
4. 地圖及輔助資料：如航空測量及遙感探測學會編製之各種主題圖、各地區造林臺帳、伐木臺帳。對於已存在之資料圖籍，配合森林資源監測系統之建立，決定出可獲得之資料（馮豐隆等，1993）。

（三）編定調查計畫

1. 調查手冊之編定：針對永久樣區設立時，依據調查工作上之需要編定調查手冊，包括工作目的、調查組織、調查項目、調查儀器、調查方法、表格登記、取樣原理等加以詳細規範說明。
2. 工作人員之訓練：調查工作人員對於儀器操作的純熟程度，直接影響調查獲得資料的精確度，所以人員訓練是野外調查前的重要工作。

（四）永久樣區之設立

監測系統建立最重要之工作在於永久樣區之設立，樣區的設立是監測工作成敗的關鍵（馮豐隆等，1993）。然而樣區的建立，牽涉因素相當廣泛，本課程將於第三單元配合植被調查實務部分對樣區之設立詳加說明。

貳、監測指標

一、森林生態系監測指標

(一) 以生物歧異度為指標

根據 Margules 與 Usher(1987)、Usher (1986) 分別統計國外 1971~1980 年間 35 篇野生動物保育評估報告，其中以歧異度指數應用次數最多。國內蔡尚德 (1996) 於整合性森林資源調查與監測系統之研究中，以生物歧異度為主要監測指標；李國忠等 (1993) 亦提出生物歧異度與森林生態經營模式之模擬研究；成晨光 (1993) 於森林多資源指標之整合及其在多目標經營管理計畫上之應用中亦提出以生物歧異度為監測指標。由此可以看出，生物歧異度指數之應用對於森林生態系監測上具有相當重要的指標意義。

(二) 植物指標種建立

張詩岳 (1996) 於關刀溪森林生態系之指標植物研究中，藉由植群調查，建立空氣中相對濕度與植群分佈、組成之關係，將指標植物依空氣相對濕度來探討它和植物分佈及植群組成的關係，並將指標植物依空氣相對濕度之等級及植物高低層次分類。然而此指標植物類型之使用範圍主要在關刀溪森林生態系內，在其他地區因環境之變異而不一定可完全適用，然具有參考意義。使用上，除了要看植物的種類外，還要注意其豐多度及生長力，較大的豐多度及旺盛的生長力才可以反映出植物所在生育地的濕度範圍。研究結果顯示，指標植物相對優勢度在 5.00 % 以上，則可正確的指示出當地之環境，例如巒大蕨、五節芒、竹葉草之出現就可推測當地是屬於微乾的環境。根據葉慶龍 (1994) 探討恆春植群生態時，藉由生態種群評估未知環境梯度，將恆春植被區分為八個生態種群。所謂生態種群即特徵種，係指一群在環境梯度上反映與分佈均相似的樹種，這些植物的型量在環境梯度上甚為相近，且其生態幅度並不寬闊，故對環境具有指標作用 (Elleberg, 1974；轉述自葉慶龍，1994)。

二、林業經營指標

陳建霖 (1993) 於生態目標與最適林分結構之研究中以生長收穫模式來評估林業經營效益，其方法優點在於給定一回歸期，可以得出經濟水準及收穫與生長蓄積的徑級分佈模擬結果。其中收穫為其林業經營指標，然而影響收穫量因子包括坡度、坡向、林木間距、土壤肥度、含石率等。

參、GIS在監測上的應用

地理資訊系統 (geographic information system, 簡稱 GIS) 是一套能夠擷取、儲存、編輯、處理和分析地理資料的電腦資訊系統 (資策會, 1994)。其完整內容包括空間資料 (spatial data) 及屬性資料 (descriptive data) (孫志鴻, 1989)。空間資料是透過點、線、面來記載各地裡現象之位置、形狀及彼此之間的空間相對位置關係; 屬性資料則用來描述點、線、面等地理元素的特性。以下就 GIS 於監測上之應用加以說明:

一、基本環境資料整理

基本圖形資料可由現有地形圖數位化或由遙測影像處理而成, 同時再藉由現場調查與二手資料轉化為圖形上的屬性資料。此外地形資料可藉由數值地形模型 (digital terrain model, 簡稱 DTM) 之建立輔助分析。

二、樣區設置的應用

樣區設置時除考慮監測目的與對象之主觀因素外, 還需考量其它外在環境之客觀因子。然而環境因子所包含之資料複雜且多元化, 以傳統方式進行比對判別耗時費力。蔡正弘 (1997) 應用 GIS 的各種空間分析功能, 對樣區設置時所需的各因子, 能進行大量且重複的模擬, 提供更正確的結果; 同時對樣區設置時所需決定的固定樣區法之形狀、方位與大小, 或變動樣區之樣點數決定, 都能加以整合。

此外全球衛星定位系統 (global positioning system, 簡稱 GPS) 具有絕對座標定位之功能, 故在森林資源調查的層面上可提供永久樣區定位之用 (馮豐隆等, 1993)。例如鄭美麗 (1998) 於出雲山自然保留區應用整合性地理資訊系統於植群監測時, 便以 GPS 做永久樣區定位之用。

三、時間地理資料庫觀念

GIS 傳統的圖形表示法是以地物之地理位置屬性為標的, 即以地物之 X、Y、Z 三軸構成所謂的立體空間圖形。而地理資訊組成應包含時間、位置和屬性三者 (如圖 3), 傳統的資料形式並未同時測定這三項組成 (林金樹, 1995)。此觀念與監測中的探討變遷過程理念不謀而合, 藉由時間觀念的 GIS 資料庫, 將各個時間階段監測結果加以整合, 形成用於描述監測上變遷過程的資料庫。

在一般的製圖觀念中, 所謂的三維向度是指三度空間 (x, y, z) 的觀念, 其中 (x, y) 為平面座標, z 為高程; 但在時間與空間的混合觀念中, 則將時空特性視為一個三維向度的時空立方體, 其平面空間座標以 (x, y) 表示, 第三度空間則以時間 (t) 表示 (如圖 4)。

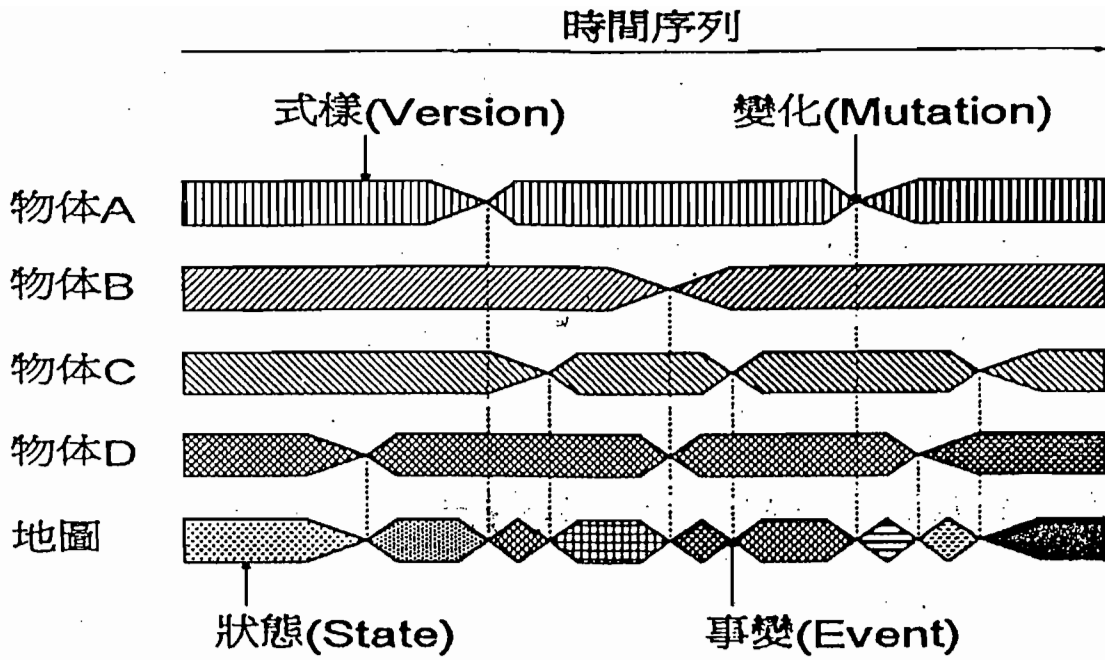


圖 3：圖時間之位相圖（仿 Langran, 1992）

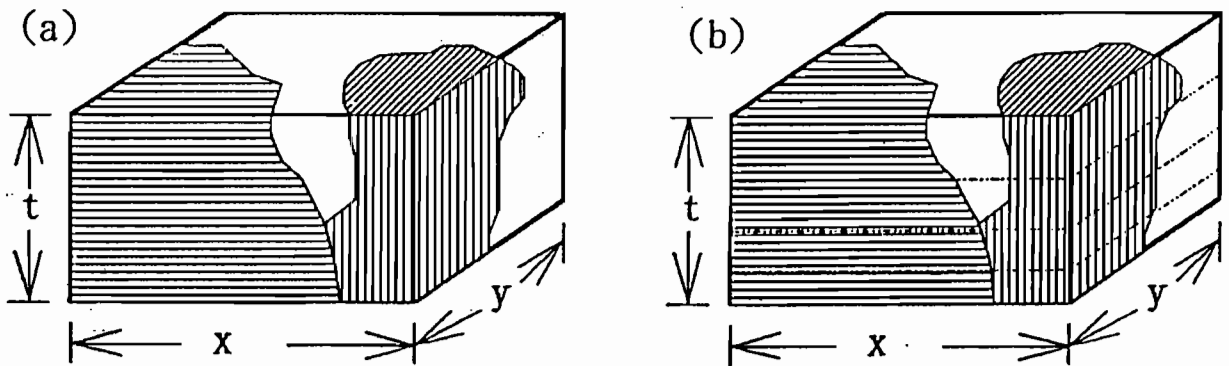
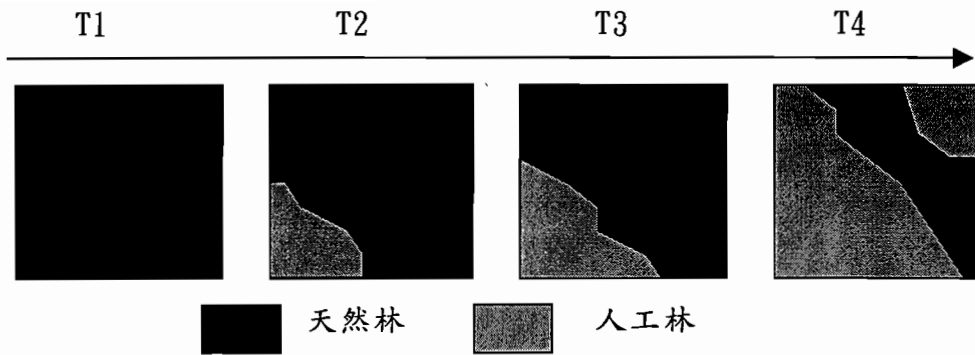
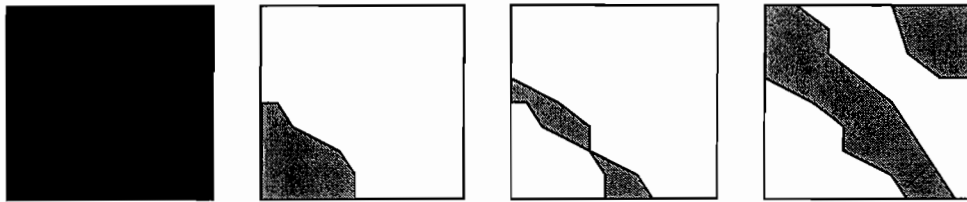


圖 4：三維向度的時空立方體（仿林金樹，1995）

承上述之觀念，將各個時空階段變遷之狀態繪成數位圖檔，然後將其疊合便可得到隨時間狀態變遷之圖形，林金樹（1995）將此模式翻譯為時空複合體模式（如圖 5）。



上方四個小圖為人工林隨時間擴張之情形，將其兩兩疊合求其差集則可得到各個時間狀態變遷情形，如下方四個小圖：



將各個時間狀態變遷情形疊合則成時空複合體模式如下小圖：

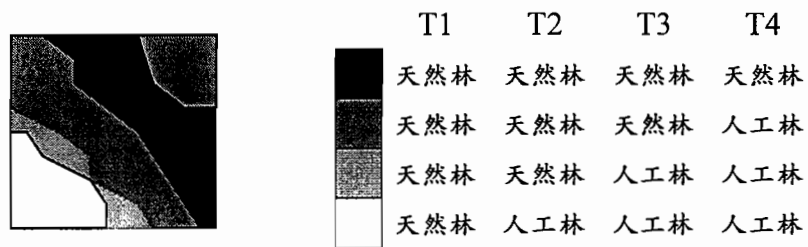


圖 5：時空複合體模式構成圖（仿林金樹，1995）

肆、植被調查實務

一、植物調查之取樣

研究某個植物群落時，不可能對整個群落進行全面的測度與分析，或者說無法對一個群落的整體進行全面的研究。因此，有必要以所要研究的群落中選取一定範圍的區域進行研究，亦即用盡可能低的代價，又能從選取之區域中獲得較高的資訊量來對整個群落的種類組成和結構進行分析。然而細論取樣之原因，概括可分成下列三點：

- (一) 實質調查上考量：母群近乎無限大，我們無法加以全面調查。例如整個林管處林班的植被調查，通盤調查幾乎無法實現，若是抽取部分具代表性的樣本加以調查，再用樣本的性质來推測母群，則大大提升調查效率。
- (二) 經濟上的考量：通常普查需要龐大的物力與人力投入，同時會花去相當長的時間，有時等結果出來時，已失去資料的價值性。所以為了節省人力、物力與時間，同時確保資料的時效性，取樣調查是一個很好的方法。
- (三) 整體調查上考量：應用取樣調查時，因為可以使用較少之人員，所以我們可以選取較優秀者，甚至再作進一步的訓練以提升調查人員的素質來減少誤差。此外，相對於普查方式，取樣調查所節省下來的經費與時間，可提供更嚴謹的調查計畫擬定，並進行反覆調查，提升整體調查精確性。

二、影響取樣的因素 (中興大學, 1998)

取樣不是盲目的，首先必須藉由對問題的瞭解，才得以針對問題擬定解決方案。然而取樣過程中受到許多因子所左右，可分成下列六項因子：

(一) 調查目的

調查的目的有時僅只是想瞭解一地區的植被狀況，如生育的種類有哪些？大致的分佈及優勢種類有如何？這時候一份類似植物名錄的資料已足以滿足所求；但有時候我們卻需要更詳盡的資料以推估植物種類的競爭情形；植物社會以後的可能演替途徑。前者通常我們用定性調查，後者則用定量調查。

1. 定性的 (qualitative)：如調查所出現之植物種類、生活型等，通常並不需要設定特定面積的樣區而加以調查，而僅就範圍內的植物社會加以描述、記錄或採集，並據以僅行分析，在大尺度的調查上，一般仍採用此種方法。
2. 定量的 (quantitative)：如所出現植物之株樹，優勢度等，一般而言均需在所欲瞭解的植物社會中進行樣區的設置，調查樣區中所出現植物種類的各項介量，再加以分析，為目前植群調查中所常用的方法，也較容易從個別植物種類量的變化上，去探究植物社會未來的動態。

(二) 時間

時間是事物變化很重要的一維，排除時間的因素，許多事物會變的毫無價值可言。時間也常成為決定一件事物的重要準則，植被的野外調查與資料分析，均需耗用許多時間。在考慮取樣時，我們所需考量的時間要素有兩個，一是調查與分析所需的時間，是否可為我們所接受？亦即我們是否有足夠時間進行此一調查與分析工作；二則為獲得結果的時效性是否為我們所接受？亦即當耗費相當時日才能獲得的結果，在結果獲得時，資料是否還具有意義與價值？因此我們可使用的時間，常成為左右調查精確度與項目的主要影響因子。

(三) 經費

在做植群調查與資料分析時，由於需耗用眾多人力與物力，在進行調查時，必須進行預估可使用的經費，在參酌所需要的精確度，然後於兩者之間取一平衡點。

(四) 人力

植被調查與資料分析，需要有高度專業知識與豐富的經驗，方可畢竟全功，因此調查時可用的人力與水準，更是決定整個調查工作計畫的重要因子。

(五) 林分的等質性

所謂林分 (forest stand)，係指由具相當均質種類組成、林齡、空間排列，或可與鄰近林分區別的局部地區林木所組成的亞社會。在林業上，一般可將之依其形相組成、結構而與鄰近森林區隔者，即稱為林分，如冷杉林分、鐵杉林分、紅檜林分或相思林分等。而所謂的等質性，則指其可重覆出線的機率。在天然林上，主要受氣候、土壤與地形等所決定。若林分的等質性愈高，代表其相同組成的重覆性極高，因此取樣的樣區面積及數量便可以減少；反之則必須相當數量的樣區數目，方可以達到所需的精度。

(六) 植物種類的豐多度、歧異度

植物的種豐多度，係指一植物社會所含植物種類數量的多寡，歧異度一般則定義為在一植物社會中，相同物種相遇的機率，若遇到相同物種的機率越高，則代表此一植物社會的歧異度越低而優勢度越高，亦即該植物社會僅由少數幾個種類佔據絕大多數的環境資源。一般而言，若植物種類的豐多度及歧異度越高，則取樣的樣區數目便需要酌量增加，反之則可以減少。

三、取樣方法與內容 (部分參考中興大學, 1998)

所謂取樣方法就是代表地段的選取與確定，包括設置的方法、範圍大小等等，它們常依具體的群落類型、群落分析的目的等方面的不同而不同。目前植物群落常用的取樣方法包括樣地法 (plot method)、無樣地取樣法 (plotless method) 與計時曲折式調查法。

(一) 樣地法

通過樣地確定的代表群落地段通常是由一個或若干個取樣單位所組成，具體的要求之一是取樣的個體群必須是一致的，儘管就群落生態學來說，絕對的一致性是不可能獲得的，但應盡可能的排除不一致性。因此，常規的取樣，其樣地不應當選置在兩個土壤類型的上面，同時在地形上的變化也需是最小的，尤其不宜設置在一個群落交錯區上，除非是研究群落交錯區或是基於其它特殊研究目的。而決定在什麼地方取樣、如何取樣和取什麼樣地之前，對群落進行初步觀察或路線勘查仍然是絕對必要的。以下就取樣的方法與步驟加以說明：

1. 樣地的大小：在取樣調查時，最感困難而且首先要解決者，即為設置的樣區面積應採多大？面積愈小則愈節省人力、經費與時間，但是面積最小限度卻又需能代表該植物社會，從此衍生出最小面積決定之問題。一般決定面積大小可由下列兩種方法決定：

(1) 依據經驗法則所決定

- A. 樣區面積依照林 (1986) 建議，天然林或近於伐期之老齡林，樣區面積不得小於 0.5 公頃，幼齡林或林相整期之林分可採 0.2~0.3 公頃即可。但樣區面積除了上述各因子之各種狀態決定外，亦需考慮人力、財力、調查目的及精確度而定，通常採用監測對象面積之 5~10% 為宜。由楊 (1980) 認為人工林可選用 0.01 公頃之樣區；調查天然更新之稚苗數目時，一平方公尺即為適當；研究生長收穫之永久樣區，一般為 0.1~0.2 公頃。此外，根據台灣過去的案例，可以將樣區面積與調查目

的整理如表 2：

表 2：依調查目的決定不同的樣區面積比較表

植區面積	地點	目的	資料來源
森林 (喬木層) $10 \times 10 \text{ m}^2$ 森林 (灌木層) $4 \times 4 \text{ m}^2$ 草原 $1 \times 1 \text{ m}^2$	溫帶	種類 豐富度	劉、蘇 (1983)
森林 (樹木) $10 \times 20 \text{ m}^2$	熱帶	種類 豐富度	Lang, G.E (1969)
木本植物社會 $10 \times 10 \text{ m}^2$ 灌木、草本植物社會 $10 \times 10 \text{ m}^2$	金門植群之 研究	植群分析	劉業經等 (1982)
柳杉下草本植物 $4 \times 4 \text{ m}^2$	烏來	植物種類	劉慎孝 (1969)
紅檜、台灣扁柏混交林 生態之研究 $20 \times 20 \text{ m}^2$	大元山 太平山	氣候土壤 紅檜分佈 群落分佈	林試所報告 91 號
高山草原生態之研 $4 \times 4 \text{ m}^2$	小雪山	高山草原植 物組成	林試所報告 92 號

B. 種數-面積取樣法：此以方法是由一非常小之面積，譬如 $0.5 \text{ m} \times 0.5 \text{ m}$ 開始，然後記錄所有出現於此一樣區中之植物種類。在將樣區面積放大兩倍，調查其所出現新的植物種類，以後逐次增加面積按兩倍予以放大，並繼續調查新增加之植物種類，一直到很少增加植物種類為止。若樣區為圓形或長方形亦可依此類推如圖 6。然後以調查的樣區為 x 軸，所出現的植物種類為 y 軸，繪成「種數-面積曲線圖」如圖 7，而所需之最小面積，即為此一曲線斜率變小，曲線近乎水平點所對應之面積。

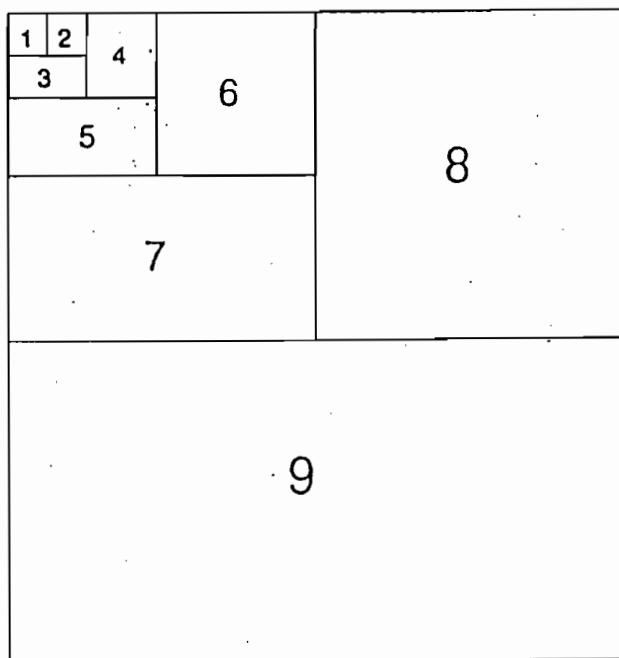


圖 6：面積增加方式示意圖

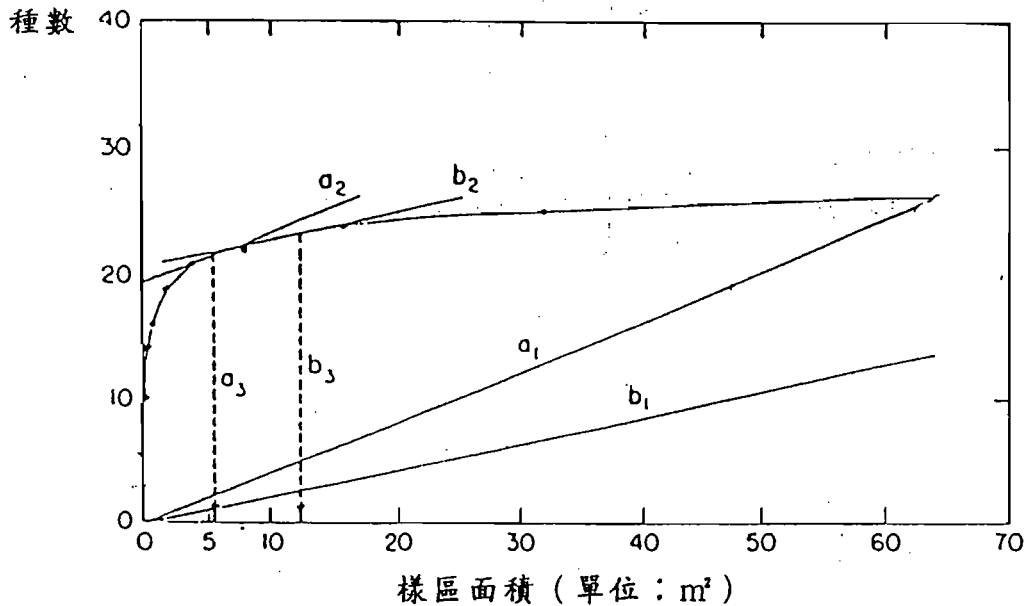


圖 7：面積-種數曲線圖

2. 樣地的形狀：樣地的形狀，傳統的是方形，或稱為樣方 (quadrat)。但是邊際影響是引起誤差的原因之一，所以也有使用圓形樣區以減少誤差，特別是調查草本群落時，用圓形樣區是較為適宜的。但是就大多是研究學者認為就相對面積而言，矩形的樣地，通常稱為樣帶 (belt) 或樣條 (transect)，優於等徑形狀的，因為只需少數的樣地，仍能代表某種程度以上水準的整個群落，而長度 16 倍於寬度之矩形樣地比長度較小之樣地效果更好。

3. 取樣設計：

(1) 簡單逢機取樣：逢機取樣是指每一個可能的逢機樣本，均需予以相同被抽出之機率。逢機法可以徹底除去抽樣者之主觀，而獲得足以代表族群之樣本，常用的逢機方法是逢機數字表、抽籤法。但森林調查中使用逢機取樣有下列幾項缺點：

- A. 必須設計出一種能夠逢機抽取樣本的方法。
- B. 在廣大森林中尋找及到達樣本所在地點較困難。
- C. 在取樣單位間行走花費太多時間。
- D. 族群取樣分佈不均質時，可能造成樣本之取樣單位分佈不均質。

所以森林調查中，使用簡單逢機取樣時，需要空中照片或森林地圖作為取樣設計及樣本抽出之依據。

(2) 目的取樣：按照某種既定之目的，在該族群中由取樣者之意志，主觀的選出個體，以組成樣本之方法。目的取樣法又稱為選擇取樣法，其缺點在於容易因為個人主觀和偏見而使推估結果發生偏差。唯一般而言，若調查者具有相當的專業學養，在調查前並先行對整個林分進行踏勘，則所調查的結果更能符合植物社會的組成，此外本法具有簡單易行的好處，故廣被一般植群調查者所採用。

(3) 分層取樣：當林分非均質 (heterogeneous) 時，可先劃分出均質部分，而將族群按照設計既定之標準，劃分為若干個次及族群或稱為層 (stratum)，最後合併各層所抽取之單位個體，作為一組樣本。森林族群應依照一定的標準分層，可供作分層的基礎。如行政區域、經營管理單位、地形、林型、林分密度、地位、林齡等。使原先非均質的族群呈現均質現象。

(4) 系統取樣：所謂的系統法，乃指樣區的設置以系統方式來加以擺設，如將整個植物社會劃分為一百個小單位，並加以編號，若取樣的密度是 5%，即每 20 個樣區調查一個，則我們可以作 1~20 個編有號碼的紙牌，若抽到 8 號，則調查第 8、28、48、

68、88 等五個樣區。若抽中的是 15，則調查 15、35、55、75、95 等五個樣區，餘次類推。本省進行的第三次森林資源及土地利用調查，即是以系統取樣法，先在航空照片上決定出樣點，再配合地面樣區之調查而進行的方式。系統取樣在森林資源調查上具有下列之優點：

- A. 等間隔的取樣單位，在樣區之設置上有固定之方向可循，可減少尋找之時間，進而減低費用。
 - B. 樣本均勻分佈在族群中，使其推算之母數有較高之精確度。
 - C. 若採用逢機起始之系統取樣，可視樣本具有逢機性，而能推估族群母數之無偏估值。
4. 調查記錄：調查記錄的內容、項目隨研究目的的不同而不同。但其原則是不宜列的太繁瑣而影響調查進度。研究群落的組成與結構，可使用群落調查表格，群落調查的表格可以依照研究目的與對象而制訂（如表 3～表 7）。樣區設置後，還必須規定一些人為的標準，以便在調查過程中獲得共同標準之數據，其主要內容如下：
- (1) 多高個體才列入調查對象，例如規定 1.5m 以上的個體列入調查記錄。
 - (2) 林下幼苗的調查樣地之數目及位置，即小樣區的排列方式。
 - (3) 區分樣區邊緣的植物是否包括在樣地內的標準，例如以樹幹的 50% 以上在樣區內者列為樣區內之個體，反之則排除；或是以樹冠大部份伸入樣地內者算是樣地內之個體。一般而言，考慮種的優勢度時，以前者為優；若是以覆蓋度來表示種的優勢度時，則應以後者較為恰當。

表 3：植物群落調查表

調查者：_____ 調查日期：_____

樣地編號：_____ 樣地面積：_____

群落類型：_____ 群落名稱：_____

地理位置 經度：_____ 緯度：_____

地形：_____

海拔：_____ 坡向：_____ 坡度：_____

土壤、岩石、地下水位：_____

微地形、地被物：_____

周圍情況：_____

動物活動情況：_____

經濟特點及利用情況：_____

表 4：喬木調查表

調查者：_____ 調查日期：_____ 樣區號：_____ 樣區面積：_____

鬱閉度：總的：_____ 分層：I _____ II _____ III _____

群落類型：_____ 群落名稱：_____

植物名稱	層次	高度	枝下高	胸徑	樹皮			樹冠		物候相	生活力	生活型	板根、支柱根、呼吸根	附生、藤本、寄生	備註
					厚度	顏色	光滑度	形狀	冠幅						

表 5：灌木調查表

調查者： 調查日期： 樣區號： 樣區面積：
 鬱閉度：總的： 分層： I II III
 群落類型： 群落名稱：

植物名稱	層次	株數	覆蓋度	聚生度	高 度		胸 徑		物候相	生活力	生活型	備註
					最高	優勢	最大	優勢				

表 6：草本或半灌木調查表

調查者： 調查日期： 樣區號： 樣區面積：
 覆蓋度：總的： 分層： I II III
 群落類型： 群落名稱：

植物名稱	層次	株數	覆蓋度	聚生度	高 度		物候相	生活力	生活型	備註
					最高	優勢				

表 7：層間植物調查表

調查者： 調查日期： 樣區號： 樣區面積：
 群落類型： 群落名稱：

植物種類	類 型			數量	物候相	生活力	直徑或體積	被附著植物		分佈情況		備註
	藤本	附生	寄生					名稱	生活型	位置	方向	

5. 調查數據資料整理：植被資料分析植被部分之植物組成分析，以重要值指數（important value index，簡稱 IVI）為介量。將調查所得之資料，計算各植物在各樣區中之相對密度、相對頻度及相對優勢度三者之總和，此即為該植物在各樣區中之重要值，該值為一綜合性指標，可以較全面地反應種群在群落中的地位和作用。其公式如下：

$$\text{相對頻度 (\%)} = \frac{\text{某植物之頻度}}{\text{林份中所有植物頻度之總和}} \times 100$$

$$\text{相對密度 (\%)} = \frac{\text{某一植物之株數}}{\text{所有樣區內全部植物之株數}} \times 100$$

$$\text{相對優勢度 (\%)} = \frac{\text{某一植物的優勢度 (或覆蓋度)}}{\text{所有樹種優勢度之總和 (或覆蓋度)}} \times 100$$

$$\text{IVI} = \text{相對密度} + \text{相對頻度} + \text{相對優勢度}$$

從上列重要值指數之公式計算中，可以發現三個主要且容易量測的植物介量：

(1) 密度測量（一種植物個體種數÷樣地面積）：所謂密度（density），即為一定期間內，單位面積上生物之個體數。密度之計算通常均以放置於植物社會中的許多小樣區來進行。其結果則以較方便的單位面積如平方公尺、畝、或公頃等之種類密度來表示。密度的量測雖然較容易，但是在實際調查應用上常遭致困難，其原因如下：

A. 個體確認之困難：樹木及單幹的一年生植物較少問題，其他生活型的植物則幾乎均

會發生困難，如匍匐的灌木等。

- B. 樣區的邊界效應 (marginal effect)：樣區的邊界可能穿過一個植物體，因此對於此一被穿過的個體是否該計算，或加以排除，便需做一決定。此以問題在植被較密或樣區較小時尤為嚴重，因為樣區越小，邊界對面積的比率相對就越大，故在調查時應制訂一明確的共同遵循標準。
- C. 時間的耗費：在計算草本植物或灌木時，常需花費大量時間。但數量在研究演替的改變上有其特殊意義與價值。唯若在描述性的目的上，在考量時間因子時，密度變的較少意義。

- (2) 頻度測量 (該種植物出現的樣地數 ÷ 樣地總數)：所謂頻度 (frequency)，乃為一植物在一序列重複設置的樣區或樣點中出現的次數。通常以出現的樣區數對總設置的樣區數之比值來加以表示。在頻度的調查中並不需要計算植物的個體數，而僅計算其在該樣區出現與否。因此頻度遠較其他需要計算個體數之介量容易。

頻度雖然像密度與覆蓋度等介量一樣，提供一客觀的調查方法，但相反的，頻度並非一個絕對的測量。主要係因樣區的大小及形狀所造成的。在植物種類豐富的地區，樣區的面積稍微增加一點，將會使頻度增加許多。根據 Cain 及 Castro (1959) 之建議用以下之經驗面積：

植群類別	樣區面積 (m ²)
● 蘚苔層	0.01-0.1
● 草本層	1-2
● 低灌木及高草本層	4
● 高灌木層	16
● 喬木層	100

- (3) 覆蓋度測量 (樹冠面積或投影面積 ÷ 地表面積)：通常覆蓋度 (coverage) 可定義為一植物種類的樹冠或枝條面積對地表面積的比值，而以分數或百分比來加以表示。覆蓋度也可以用底面積對地表面積的投影來取代樹冠面積。

覆蓋度在調查植物分佈上，被認為較密度具有更大的意義，其主要原因乃基於覆蓋度比個體的數目更能提供一個較好的生物調查介值。

根據上列之重要值計算相關公式可將算好之數據填入下表以方便統計整理，然而表格的形式與內容可依研究目的與需求加以調整：

表 8：樣區取樣群落分析簡表

調查者： _____ 調查日期： _____ 樣區面積： _____ 樣區數目： _____
 群落類型： _____ 群落名稱： _____
 地理位置： _____

植物名稱	項目	樣區一	樣區二	累計
植物一	相對密度				
	相對頻度				
	相對優勢度				
	重要值				
植物二					

表 9：某一地區厚殼桂群落表

种 类	样 方 法 (1200m ²)			
	相对多度 RA	相对频度 RF	相对 优势度 RD	重要值 IV
云南银柴 <i>Aporosa yunnanensis</i>	34.44	9.0	6.52	49.96
锥 树 <i>Castanopsis chinensis</i>	0.64	2.4	43.79	46.83
厚壳桂 <i>Cryptocarya chinensis</i>	15.44	9.0	18.65	43.09
黄果厚壳桂 <i>Cryptocarya concinna</i>	17.95	9.0	11.38	38.33
柯 树 <i>Schima superba</i>	0.42	1.5	9.94	11.86
红 车 <i>Syzygium rehderianum</i>	3.3	7.0	1.2	11.5
肖蒲桃 <i>Acmina acuminatissima</i>	3.3	4.7	1.58	9.58
白 颜 树 <i>Gironniera subaequalis</i>	3.19	4.7	1.46	9.35
柬埔寨新木姜子 <i>Neolisteia cambodiana</i>	3.19	5.5	0.47	9.16
光叶红豆 <i>Ormosia glaberrima</i>	2.7	5.5	0.18	8.38
陈氏钓樟 <i>Lindera chungii</i>	1.27	3.9	1.42	6.59
笔 罗 子 <i>Meliosma rigida</i>	1.27	4.7	0.05	6.02
光叶山黄皮 <i>Randia canthioides</i>	0.64	1.5	0.3	2.44
华 润 楠 <i>Machilus chinensis</i>	0.64	2.3	0.23	3.17
水石梓 <i>Sarcosperma laurinum</i>	0.85	2.0	0.005	2.86
黄 叶 树 <i>Xanthophyllum hainanense</i>	0.64	1.5	0.07	2.21
白 木 香 <i>Aquilaria sinensis</i>	0.42	1.5	0.02	1.94
黑木谷木 <i>Memecylon nigrescens</i>	0.42	1.5	0.017	1.94
山 油 柑 <i>Acronychia pedunculata</i>	0.21	0.78	0.198	1.18
甜 子 <i>Nephelium chryseum</i>	0.21	0.78	0.13	1.12
鸭 脚 木 <i>Schefflera octophylla</i>	0.21	0.78	0.072	1.06
红皮紫椴 <i>Craibiodendron kwangtungense</i>	0.21	0.78	0.0072	1.0
白 榄 <i>Canarium album</i>	0.21	0.78	0.005	1.0
毛 嘉 赐 <i>Casearia villimba</i>	0.21	0.78	0.012	1.0
山 钓 樟 <i>Lindera metcalfiana</i>	0.21	0.78	0.0012	0.99
合 计	92.19	82.46	93.307	272.56

(二) 計時曲折式調查法 (Goff. *et al.*, 1982)

運用此方法主要目的為針對調查區內之優勢種類進行調查及瞭解是否有瀕臨絕種之特稀有植物，通常 1~4 公頃面積需 2~4 小時，但因執行人員、調查區狀況與林分（立地）特色之不同，所需耗費時間也不同。

運用本調查方法執行者須對植物區系有基本的瞭解，於區內來回不停檢視，凡見到不同植物種便記錄之，若有不認識之種類則摘下標本帶回鑑定。計時曲折式調查法示意如圖 8：

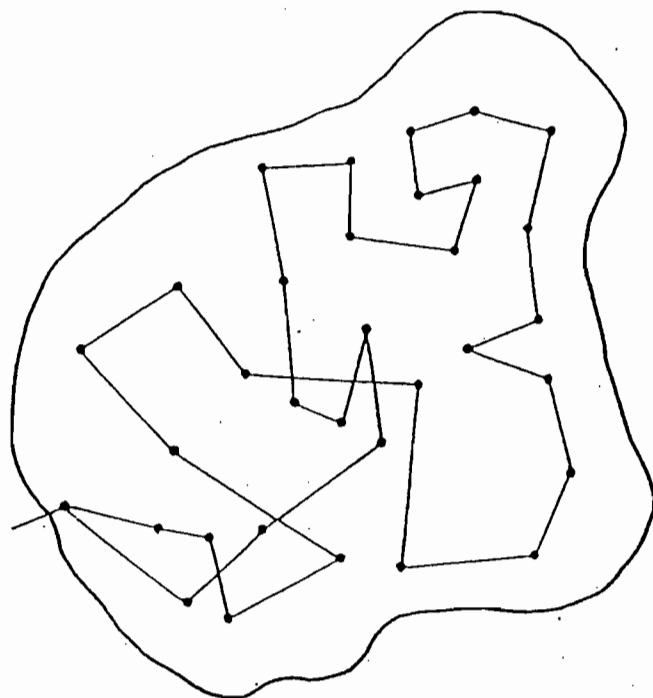


圖 8：曲折式搜尋路線示意圖

前進至下一站的路線的定向取決於植物相的最大多樣性，即調查者於前進時不斷尋找新的生境地點或特殊位置以進行調查工作。

伍、調查方法與資料的統計與分析

一、永久樣區之設置

(一) 喬木層樣區之設置

天然林永久樣區面積取 0.05 公頃，其長寬度距離為 28.5m×17.6m。人工林永久樣區面積取 0.02 公頃，其長寬度距離為 17.9m×11.2m。

樣區位置	樣區面積	樣區編號
大武事業區	0.05 公頃	59 ; 90
安朔溪永久樣區	0.02 公頃	79 ; 89 ; 91 ; 92
八仙山事業區	0.05 公頃	28 ; 92
十文溪永久樣區	0.02 公頃	31 ; 48 ; 62 ; 88 ; 90 ; 91

(二) 地被層樣區之設置

天然林永久樣區面積取 0.05 公頃，其長寬度距離為 28.5 m×17.6 m。以系統取樣方式，在 0.05 公頃永久樣區內設置 8 個 6×6 m²之方形樣區如下圖所示：

V		V		V
	V		V	
V		V		V

人工林永久樣區面積取 0.02 公頃，其長寬度距離為 17.9 m×11.2 m。以系統取樣方式，在 0.02 公頃永久樣區內設置 12 個 3×3 m²之方形樣區如下圖所示：

V		V		V	
	V		V		V
V		V		V	
	V		V		V

二、重要值指數計算

樣區的植物社會界量以重要值指數 (important value index, IVI) 表示，計算各種植物在各樣區中的密度、頻度及優勢度，再轉換成相對值，重要值即三者相對值的總和，其意義代表植物在林分樣區中所佔有之重要性。本調查之計算公式權宜修正如下：

(一) 喬木層

$$\text{密度 (density)} = \frac{\text{某種樹木株數之總和}}{\text{所調查樣區之總面積}} \quad (\text{註：本調查以折算株數 stem/ha 為單位})$$

$$\text{優勢度 (dominance)} = \frac{\text{某種樹木胸高斷面積之總和}}{\text{所調查樣區胸高斷面積總和}} \quad (\text{註：本調查以折算 } m^2/ha \text{ 為單位})$$

$$\text{相對密度 (relative density) \%} = \frac{\text{某種樹木之密度 (多度 abundance)}}{\text{所有樹木密度之總和}} \times 100\%$$

$$\text{相對優勢度 (RD, relative dominance) \%} = \frac{\text{某種樹木之優勢度 (或覆蓋度 coverage)}}{\text{所有樹木優勢度 (或覆蓋度) 之總和}} \times 100\%$$

$$\text{喬木層重要值 (IV) \%} = (\text{相對密度} + \text{相對優勢度}) / 2$$

本調查分別對每一胸高直徑 (DBH) $\geq 10\text{cm}$ 之喬木，紀錄其 DBH 及樹高。由 DBH 換算其胸高斷面積以計算該種樹木之優勢度。

(二) 地被層

在研究草本群落時，同樣可以用重要值來確定草本群落中每一種群的相對重要值。與研究森林群落的喬木層所不同的是，將以樹木基部覆蓋度 (胸高斷面積) 作為優勢度指標改為以草本各種群的生物量 (例如以覆蓋度) 作為優勢度指標。

劉儒淵 (1987) 以系統取樣之方式，設置 $5 \times 5\text{m}^2$ 之方形樣區調查柳杉林下之地被層植物種類，出現頻度及覆蓋度，並就調查所得資料，分別統計各地被層植物種類之相對頻度及相對覆蓋度，以兩者相加所得和之平均值為重要值，作為分析地被層植物優勢程度之參考，茲修正其計算方式如下：

$$\text{頻度 (frequency)} = \frac{\text{某種植物出現之總樣區數}}{\text{所調查之總樣區數}}$$

$$\text{相對頻度 (RF, relative frequency) \%} = \frac{\text{某種植物之頻度}}{\text{所有地被層植物頻度之總和}} \times 100\%$$

$$\text{相對優勢度 (RD, relative dominance) \%} = \frac{\text{某種植物之平均覆蓋度}}{\text{所有地被層植物平均覆蓋度之總和}} \times 100\%$$

$$\text{地被層重要值 (IV) \%} = \frac{\text{RF} + \text{RD}}{2}$$

本調查對象為地被層低於 1 m 以下的草本植物，調查其組成及覆蓋度 (表示其生物量)。每一樣區內各種類植物的平均覆蓋度經標準化後，轉換成五級，分別為：

- | | |
|---------------------|----------------------|
| 1: $0 < x \leq 5$ | 4: $51 < x \leq 75$ |
| 2: $6 < x \leq 25$ | 5: $76 < x \leq 100$ |
| 3: $26 < x \leq 50$ | |

三、物種多樣性

生物社會自生態系的觀點而言，其生物組成份子，係由許多族群集合於某特定區域或物理環境中，此種集合絕非偶然，而是有一定的組織（李國忠等，1993）。當族群集合而成社會後，經由食物鏈與物質之交替循環，能量的流動使得該生物社會的組成之間產生緊密的關連性。然而在生物社會中，除非將每一生態實體一一捕獲，否則便無法確實得知其單一有機組成份子。因此為了能更深入瞭解生態的結構，便有歧異度（Diversity）這樣的名詞出現（Pielou，1975）。

劉棠瑞與蘇鴻傑（1982）定義生態歧異度為，植物社會中之各組成分子，在分類系統上屬於完全不同之單位（如不同之科、屬）。就生態習性而言，各植物亦不完全相同，如體型大小、型態及生活週期等，均有所分別，此則稱為植物社會之生態歧異度（ecological diversity），此定義偏向以植物分類學之觀點，似乎不夠完整。（李國忠等，1993）。第十八屆國際保育聯盟（IUCN）大會中，將生物歧異度列為主要議題，並定義如下：現有地球上之所有生物，在不同形式上、層次上和組合上所展現出來的多樣性，它至少應包括了生態系統的歧異度，物種的歧異度和基因歧異度（呂光洋，1990）。

Ludwig、John 與 James（1988）定義歧異度為由種類豐富度（species richness）與均勻度（evenness）所組合而成，由實用性出發，將歧異度加以量化，並以歧異度指數模式來代表之。因此，物種多樣性（species diversity）或歧異度是對物種豐富程度及其分佈均勻性的一個指數，乃是反應群落種類組成特徵及其數量對比關係的一種綜合定量指標。在一個群落中，如果有許多物種，而且他們的多度（或密度）非常均勻，則該群落就有高的多樣性；反之，如果群落中物種少並且他們的多度不均勻，則謂群落有低的多樣性。

物種多樣性在群落學上的應用，一般是通過度量群落中的種數、個體總數以及各物種多度的均勻程度來表徵群落的組織結構。它的測度是表徵群落性的重要指標，在反映植物群落的生境差異、群落的結構類型、演替階段和穩定程度等方面均有一定的意義。

植物的種豐多度，係指一植物社會所含植物種類數量的多寡，歧異度一般則定義為在一植物社會中，相同物種相遇的機率，若遇到相同物種的機率越高，則代表此一植物社會的歧異度越低而優勢度越高，亦即該植物社會僅由少數幾個種類佔據絕大多數的環境資源。一般而言，若植物種類的豐多度及歧異度越高，則取樣的樣區數目便需要酌量增加，反之則可以減少。

物種多樣性的測定是依據對植物群落的樣地取樣數據來進行計算者。根據群落的最小面積或最小點數取樣，記錄出現的種數、各個種的個體數和統計全部種的總個體數。根據研究需要，可以只取上層林木或林下植物數據進行其多樣性指數計算，也可以計算整個群落的多樣性指數。物種多樣性的計算常用的有如下幾個公式：

（一）Simpson 歧異度指數

該指數是 Simpson（1949）基於概率論提出的，並較廣泛用於群落學研究。Simpson 多樣性指數按以下 SP 公式算出：

$$SP = 1 - \sum (n_i - 1 / N)^2 = 1 - \sum (n_i / N)^2$$

式中 N 為樣地總個體數， n_i 為第 i 個種的個體數，為避免個體株數不易判定而影響計算結果，可用重要值代替個體數。

（二）Shannon-Wiener 歧異度指數

多數歧異度的量測，基於訊息論指數，即這些歧異度資訊，為在自然系統中，由相似的方法量測而得之信息。Shannon (1963) 所求算之訊息指數 (SW) 如下所示：

$$SW = -\sum \left(\frac{n_i}{N}\right) \ln\left(\frac{n_i}{N}\right) = -\sum (P_i) \times (\ln P_i)$$

式中的 n_i = 各物種之個體數， N = 總個體數， $P_i = n_i/N$ ，為第 i 物種之個體數佔總個體數之比例，即各物種出現之可能率。

這個公式的意義是在信息論中，函數記述信息中一瞬間一定符號出現的不定度，以及由它的出現所傳遞的信息的總和。作為生物群落的多樣性指數，這個函數預測以群落中隨機排出一個個體的種的平均不定度。當種的數目增加時或已存在物種的個體分佈越來越均勻時，此不定度顯然增加。

應該注意的是，進行群落物種多樣性比較時，就按這兩種方式進行。絕對多樣性的比較，可以在相等大小生境面積的完整調查材料基礎上進行，相對多樣性的比較，可以有包含有相等個體數的樣本基礎上進行。

(三) 均勻度指數

群落均勻度是指各個種的多度的均勻程度。它的計算可通過歧異度 (多樣性) 指數和該樣地數、總個體數不變的情況下理論上具有的最大的多樣性指數值的比值來度量。因為這個理論值實際是在假定“群落中所有種的多度是均勻的”這個基礎上實現的。

如以 Shannon 的訊息統計指數為骨幹，設一生物群落有 S 個物種存在，則其可能之 Shannon 指數最大值為 $\ln S$ ，以此值除 Shannon 指數，即得均勻度指數 (E_{sw})，且其變域 (range) 在 0 與 1 之間：

$$E_{sw} = \frac{SW}{\ln S}$$

生態歧異度的適當選用與定期測量，可為良好的生態監測之指標或為保育的參考 (蔡尚德, 1996)，由上述之公式可知，量化測度的歧異度指數可以透過群落的豐富度、種類與個體數、均勻度、優勢度等來表述群落的結構水平 (彭少麟, 1996)。然而由於研究目的與對象之差異，必須要瞭解不同指標所能事用的範圍及其代表意義 (蔡尚德, 1996)，慎選適當之歧異度計算模式作為分析工具，以便得到有效的分析結果。

1. 大武事業區安朔溪永久樣區

表 10：第 92 樣區植物監測調查喬木層及地被層植物種類重要值統計表

監測對象	喬木種名	密度 (stem/ha)	相對密度 (%)	優勢度 (m ² /ha)	相對優勢度 (%)	重要值 (%)
喬木層	相思樹	400	32.0	12.18	40.9	36.5
	光臘樹	750	60.0	16.11	54.1	57.0
	九芎	50	3.0	0.96	3.2	3.6
	山黃梔	50	4.0	0.51	1.7	2.9
合 計		1250	100	29.76	100	100
監測對象	草本種名	頻度	相對頻度 (%)	平均覆蓋度	相對覆蓋度 (%)	重要值 (%)
地被層	小葉複葉耳蕨	0.083	10.0	1	20.0	15.0
	台灣山蘇花	0.083	10.0	1	20.0	15.0
	半邊羽裂鳳尾蕨	0.083	10.0	1	20.0	15.0
	麥門冬	0.583	70.0	2	40.0	55.0
合 計		0.832	100	5	100	100

表 11：第 79 樣區植物監測調查喬木層及地被層植物種類重要值統計表

監測對象	喬木種名	密度 (stem/ha)	相對密度 (%)	優勢度 (m ² /ha)	相對優勢度 (%)	重要值 (%)
喬木層	光臘樹	1350	79.4	24.22	79.0	79.2
	幹花榕	300	17.6	5.94	19.4	18.5
	無患子	50	3.0	0.48	1.6	2.3
合 計		1700	100	30.64	100	100
監測對象	草本種名	頻度	相對頻度 (%)	平均覆蓋度	相對覆蓋度 (%)	重要值 (%)
地被層	姑婆芋	0.167	6.7	2	14.3	10.5
	大武蜘蛛抱蛋	0.250	10.0	2	14.3	12.2
	月桃	0.083	3.3	1	7.1	5.2
	三叉蕨	0.167	6.7	1	7.1	6.9
	麥門冬	0.833	33.3	1	7.1	20.2
	萊氏腺蕨	0.250	10.0	1	7.1	8.6
	小葉複葉耳蕨	0.167	6.7	1	7.1	6.9
	叢林杜若	0.167	6.7	1	7.1	6.9
	異葉卷柏	0.083	3.3	1	7.1	5.2
	竹葉草	0.167	6.7	1	7.1	6.9
	橢圓腺蕨	0.083	3.3	1	7.1	5.2
	台灣山蘇花	0.083	3	1	7.1	5.2
	合 計		2.5	100	14	100

表 12：第 91 樣區植物監測調查喬木層及地被層植物種類重要值統計表

監測對象	喬木種名	密度 (stem/ha)	相對密度 (%)	優勢度 (m ² /ha)	相對優勢度 (%)	重要值 (%)
喬木層	相思樹	950	52.8	30.41	54.8	53.8
	光臘樹	700	38.9	23.18	41.8	40.4
	白柏	50	2.8	0.52	0.9	1.9
	白袍子	100	5.6	1.39	2.5	4.0
合 計		1800	100	55.5	100	100
監測對象	草本種名	頻度	相對頻度 (%)	平均覆蓋度	相對覆蓋度 (%)	重要值 (%)
地被層	萊氏腺蕨	0.250	12.5	1	10.0	11.3
	竹葉草	0.250	12.5	1	10.0	11.3
	麥門冬	0.500	25.0	1	10.0	17.5
	三叉蕨	0.167	8.4	1	10.0	9.2
	大武蜘蛛抱蛋	0.250	12.5	1	10.0	11.3
	異葉卷柏	0.083	4.2	1	10.0	7.1
	小葉複葉耳蕨	0.167	8.4	2	20.0	14.2
	半邊羽裂鳳尾蕨	0.167	8.4	1	10.0	9.2
	廣葉鋸齒雙蓋蕨	0.167	8.4	1	10.0	9.2
合 計		2.000	100	10	100	100

表 13：第 59 樣區植物監測調查喬木層及地被層植物種類重要值統計表

監測對象	喬木種名	密度 (stem/ha)	相對密度 (%)	優勢度 (m ² /ha)	相對優勢度 (%)	重要值 (%)
喬木層	相思樹	340	42.50	18.51	64.92	53.71
	光臘樹	300	37.50	7.47	26.20	31.85
	江某	60	7.50	1.04	3.64	5.57
	烏心石	80	10.00	1.31	4.94	7.47
	杜英	20	2.50	0.18	0.63	1.57
合 計		800	100	28.51	100	100
監測對象	草本種名	頻度	相對頻度 (%)	平均覆蓋度	相對覆蓋度 (%)	重要值 (%)
地被層	竹葉草	0.375	33.0	2	40.0	36.5
	麥門冬	0.625	55.5	2	40.0	47.8
	台灣山蘇花	0.125	11.1	1	20.0	15.6
合 計		1.125	100	5	100	100

表 14：第 90 樣區植物監測調查喬木層及地被層植物種類重要值統計表

監測對象	喬木種名	密度 (stem/ha)	相對密度 (%)	優勢度 (m ² /ha)	相對優勢度 (%)	重要值 (%)
喬木層	相思樹	240	22.2	12.15	30.3	26.3
	光臘樹	280	25.9	11.19	27.9	18.5
	台灣樂樹	100	9.3	4.97	12.4	10.9
	烏心石	20	1.8	1.99	5.0	3.4
	江某	120	11.1	5.11	12.8	12.0
	九芎	60	5.5	1.56	3.9	4.7
	黃杞	140	13.0	2.58	6.4	9.7
	黃梔子	20	1.8	0.17	0.4	1.1
	杜英	2	1.8	0.32	0.8	1.3
合 計		1080	100	40.04	100	100
監測對象	草本種名	頻度	相對頻度 (%)	平均覆蓋度	相對覆蓋度 (%)	重要值 (%)
地被層	麥門冬	0.375	23.1	2	22.2	22.7
	竹葉草	0.375	23.1	1	11.1	17.1
	長葉腎蕨	0.250	15.4	1	11.1	13.3
	萊氏腺蕨	0.125	7.7	1	11.1	9.4
	台灣山蘇花	0.250	15.4	2	22.2	18.8
	異葉卷柏	0.125	7.7	1	11.1	9.4
	橢圓腺蕨	0.125	7.7	1	11.1	9.4
合 計		1.625	100	9	100	100

2. 八仙山事業區十文溪永久樣區

表 15：第 92 樣區植物監測調查喬木層及地被層植物種類重要值統計表

監測對象	喬木種名	密度 (stem/ha)	相對密度 (%)	優勢度 (m ² /ha)	相對優勢度 (%)	重要值 (%)
喬木層	台灣二葉松	40	5.88	4.85	11.70	8.79
	台灣五葉松	180	26.47	24.58	59.94	43.21
	台灣栲	100	14.71	1.73	4.17	9.44
	楓香	180	26.47	6.80	16.40	21.44
	檫	40	5.88	0.41	0.99	3.44
	台灣石楠	40	5.88	0.40	0.96	3.42
	圓果青剛櫟	20	2.94	0.40	0.96	1.95
	奧氏虎皮楠	20	2.94	0.27	0.65	1.80
	栓皮櫟	40	5.88	1.35	3.27	4.58
	枸土(白雞油)	20	2.94	0.40	0.96	1.95
合 計		680	100	41.46	100	100
監測對象	草本種名	頻度	相對頻度 (%)	平均覆蓋度	相對覆蓋度 (%)	重要值 (%)
地被層	五節芒	0.250	20.0	1	17	18.5
	石葦	0.250	20.0	1	17	18.5
	腎蕨	0.125	10.0	1	17	13.5
	竹葉草	0.375	30.0	1	17	23.5
	天門冬	0.125	10.0	1	17	13.5
	月桃	0.125	10.0	1	17	13.5
合 計		1.250	100	6	100	100

表 16：第 31 樣區植物監測調查喬木層及地被層植物種類重要值統計表

監測對象	喬木種名	密度 (stem/ha)	相對密度 (%)	優勢度 (m ² /ha)	相對優勢度 (%)	重要值 (%)
喬木層	台灣五葉松	100	6.25	62.02	67.59	36.92
	台灣栲	1150	71.88	21.95	23.92	47.90
	山豆柿	50	3.13	0.39	0.43	1.78
	土肉桂	50	3.13	0.39	0.43	1.78
	白柏	50	3.13	3.92	4.27	3.70
	山漆	100	6.25	2.17	2.36	4.31
	檫	100	6.25	0.92	0.01	3.13
合 計		1600	100	91.7	100	100
監測對象	草本種名	頻度	相對頻度 (%)	平均覆蓋度	相對覆蓋度 (%)	重要值 (%)
地被層	細葉複葉耳蕨	0.25	43	1	25	34
	弓果黍	0.17	29	1	25	27
	大葉骨碎補	0.08	14	1	25	19
	落鱗鱗毛蕨	0.08	14	1	25	19
合 計		0.58	100	4	100	100

表 17：第 88 樣區植物監測調查喬木層及地被層植物種類重要值統計表

監測對象	喬木種名	密度 (stem/ha)	相對密度 (%)	優勢度 (m ² /ha)	相對優勢度 (%)	重要值 (%)
喬木層	杉木	1600	94.1	41.86	69.4	81.8
	台灣二葉松	100	5.9	18.44	30.6	18.2
合 計		1700	100	60.30	100	100
監測對象	草本種名	頻度	相對頻度 (%)	平均覆蓋度	相對覆蓋度 (%)	重要值 (%)
地被層	芒萁	0.334	36.38	2	40	38.19
	腎蕨	0.334	36.38	1	20	28.19
	求米草	0.167	18.19	1	20	19.10
	台灣山蘇花	0.083	9.04	1	20	14.52
合 計		0.918	100	5	100	100

表 18：第 91 樣區植物監測調查喬木層及地被層植物種類重要值統計表

監測對象	喬木種名	密度 (stem/ha)	相對密度 (%)	優勢度 (m ² /ha)	相對優勢度 (%)	重要值 (%)
喬木層	杉木	550	64.71	14.08	27.86	46.29
	三斗石櫟	100	11.76	3.43	6.79	9.28
	台灣二葉松	50	5.88	12.27	24.28	15.08
	江某	50	5.88	0.33	0.65	3.27
	楓香	50	5.88	20.08	39.73	22.81
	南投黃肉楠	50	5.88	0.35	0.69	3.29
合 計		850	100	50.54	100	100
監測對象	草本種名	頻度	相對頻度 (%)	平均覆蓋度	相對覆蓋度 (%)	重要值 (%)
地被層	芒萁	0.250	16.67	1	12.5	14.59
	生芽鐵角蕨	0.083	5.53	1	12.5	9.02
	腎蕨	0.583	38.87	2	25.0	31.94
	細葉複葉耳蕨	0.083	5.53	1	12.5	9.02
	五節芒	0.167	11.13	1	12.5	11.82
	竹葉草	0.167	11.13	1	12.5	11.82
	弓果黍	0.167	11.13	1	12.5	11.82
合 計		1.5	100	8	100	100

表 19：第 62 樣區植物監測調查喬木層及地被層植物種類重要值統計表

監測對象	喬木種名	密度 (stem/ha)	相對密度 (%)	優勢度 (m ² /ha)	相對優勢度 (%)	重要值 (%)
喬木層	柳杉	1150	79.31	48.99	61.76	70.54
	香杉	200	13.79	8.65	10.91	12.35
	杉木	50	3.45	1.49	1.88	2.67
	台灣二葉松	50	3.45	20.19	25.45	14.45
合 計		1450	100	79.32	100	100
監測對象	草本種名	頻度	相對頻度 (%)	平均覆蓋度	相對覆蓋度 (%)	重要值 (%)
地被層	細葉複葉耳蕨	0.334	13.81	1	7.1	10.46
	小杜若	0.417	17.25	2	14.3	15.76
	姑婆芋	0.250	10.34	2	14.3	12.32
	竹葉草	0.167	6.91	1	7.1	7.01
	霧社蜘蛛抱蛋	0.167	6.91	1	7.1	7.01
	五節芒	0.167	6.91	1	7.1	7.01
	地膽草	0.167	6.91	1	7.1	7.01
	月桃	0.083	3.43	1	7.1	5.27
	中國穿鞘花	0.083	3.43	1	7.1	5.27
	台灣山蘇花	0.083	3.43	1	7.1	5.27
	麥門冬	0.250	10.34	1	7.1	8.72
	吊竹草	0.250	10.34	1	7.1	8.72
合 計		2.418	100	14	100	100

表 20：第 28 樣區植物監測調查喬木層及地被層植物種類重要值統計表

監測對象	喬木種名	密度 (stem/ha)	相對密度 (%)	優勢度 (m ² /ha)	相對優勢度 (%)	重要值 (%)
喬木層	大葉苦槠	140	20.59	1.45	2.96	11.78
	樟樹	20	2.94	0.17	0.35	1.65
	山紅柿	40	5.88	0.45	0.92	3.40
	台灣五葉松	100	14.71	15.44	31.52	23.12
	錐果櫟	100	14.71	14.38	29.36	22.04
	木荷	140	20.59	11.00	22.46	21.53
	豬腳楠	20	2.94	3.32	6.78	4.86
	無患子	80	11.76	1.32	2.96	7.23
	江某	40	5.88	1.45	2.96	4.42
合 計		680	100	48.98	100	100
監測對象	草本種名	頻度	相對頻度 (%)	平均覆蓋度	相對覆蓋度 (%)	重要值 (%)
地被層	細葉複葉耳蕨	0.250	20	1	16.7	18.35
	五節芒	0.375	30	2	33.3	31.65
	麥門冬	0.250	20	1	16.7	18.35
	石葦	0.250	20	1	16.7	18.35
	山菅蘭	0.125	10	1	16.7	13.35
合 計		1.250	100	6	100	100

表 21：第 48 樣區植物監測調查喬木層及地被層植物種類重要值統計表

監測對象	喬木種名	密度 (stem/ha)	相對密度 (%)	優勢度 (m ² /ha)	相對優勢度 (%)	重要值 (%)
喬木層	台灣二葉松	1300	66.66	52.80	84.29	75.5
	大葉苦槠	300	15.38	3.59	5.73	10.6
	楊梅	50	2.56	0.91	1.45	2.0
	奧氏虎皮楠	50	2.56	0.73	1.16	1.9
	木荷	50	2.56	0.71	1.13	1.9
	大頭茶	50	2.56	0.59	0.94	3.0
	烏心石	50	2.56	0.62	0.98	3.0
	山豬肝	50	2.56	1.92	3.07	2.8
	江某	50	2.56	0.77	1.23	1.9
合 計		1950	100	62.64	100	100
監測對象	草本種名	頻度	相對頻度 (%)	平均覆蓋度	相對覆蓋度 (%)	重要值 (%)
地被層	芒萁	0.83	30.2	3	25	27.6
	五節芒	0.83	30.2	3	25	27.6
	山菅蘭	0.17	6.2	1	8	7.1
	裏白	0.42	15.3	2	17	16.2
	腎蕨	0.42	15.3	2	17	16.2
	落鱗鱗毛蕨	0.08	2.9	1	8	5.5
合 計		2.75	100	12	100	100

表 22：大武事業區安朔溪永久樣區歧異度值

樣區		歧異度指數			說 明
		Simpson (SP)	Shannon (SW)	Evenness (E _{sw})	
92	喬木層	0.54	0.40	0.66	本樣區歧異度值不高，除了種數稀少外，種個體數分佈亦不均勻。其中喬木層以光臘樹與相思樹為優勢；地被層則以麥門冬為優勢。
	地被層	0.63	0.51	0.85	
79	喬木層	0.34	0.25	0.52	本樣區喬木 3 種地被 12 種，其中喬木層以光臘數為優勢，歧異度值極低。地被層則以麥門冬為優勢，整體而言，地被層各種植物數量分佈均勻，歧異度為該事業區最高。
	地被層	0.90	1.03	0.95	
91	喬木層	0.55	0.39	0.65	本樣區喬木層歧異度值不高，以相思樹與光臘樹為優勢。地被層則以麥門冬與蕨類為優勢，歧異度值極高。
	地被層	0.88	0.94	0.99	
59	喬木層	0.60	0.49	0.70	本樣區喬木共五種，其中以相思樹與光臘樹為優勢，歧異度值不高。地被層僅記錄到三種，其中以麥門冬為優勢，為本事業區樣區內地被層歧異度最低之區域。
	地被層	0.61	0.44	0.92	
90	喬木層	0.86	0.76	0.80	本樣區共計喬木九種，地被 7 種。整體而言，本樣區不論種數與個體數分佈均極佳，為本事業區物種多樣性最佳之樣區。
	地被層	0.84	0.82	0.97	

表 23：八仙山事業區十文溪永久樣區歧異度值

樣區		歧異度指數			說明
		Simpson (SP)	Shannon (SW)	Evenness (E _{SW})	
92	喬木層	0.75	0.98	0.98	本樣區喬木共 10 種，其中以台灣五葉松為優勢，歧異度值高。地被層則有六種，無明顯優勢種，個體數分佈極均勻。
	地被層	0.86	0.77	0.99	
31	喬木層	0.63	0.53	0.63	本樣區共計喬木 7 種，地被 4 種。其中喬木以台灣五葉松、台灣栲為優勢，地被則以蕨類為優勢，在本事業區中歧異度均屬中等。
	地被層	0.73	0.59	0.98	
88	喬木層	0.30	0.21	0.70	本樣區共有喬木 2 種，地被 4 種。其中喬木以杉木為優勢，為本事業區樣區中歧異度最低之區域；地被則以蕨類植物為優勢，歧異度值中等。
	地被層	0.71	0.57	0.95	
91	喬木層	0.70	0.62	0.80	本樣區喬木 6 種，地被 7 種。其中喬木以杉木為優勢種，歧異度中等。地被層則以腎蕨為優勢種，其餘種類個體數極均勻。
	地被層	0.82	0.80	0.95	
62	喬木層	0.47	0.38	0.63	本樣區喬木 4 種，地被 12 種。其中喬木以柳杉為優勢種，歧異度值極低。地被則無明顯優勢種，各種類之數量極為均勻，為本事業區樣區中歧異度值最高之區域。
	地被層	0.91	1.05	0.97	
28	喬木層	0.83	0.83	0.87	本樣區喬木 9 種，地被 5 種。其中喬木以台灣五葉松、錐果櫟、木荷為優勢，歧異度值高。地被層則以五節芒為優勢，歧異度值中等。
	地被層	0.78	0.68	0.97	
48	喬木層	0.41	0.46	0.48	本樣區喬木 9 種，地被 6 種。其中喬木以台灣二葉松為優勢，雖然喬木層種數比其他樣區多，但是由於種個體數差異極大，分佈及不均勻，故歧異度值極低。地被層則以芒萁、五節芒為優勢，歧異度值中等。
	地被層	0.79	0.72	0.93	

參考文獻

1. 中興大學. 1998. 保護區植群調查訓練班講義. 台灣省林務局.
2. 王伯蓀、余世孝、彭少麟、李鳴光. 1996. 植物群落學實驗手冊. 廣東高等教育出版社.
3. 吳忠勇. 1997. 論環境監測學的產生和發展. 現代化研究 12: 56-65.
4. 呂光洋. 1990. 森林溪流淡水魚保育訓練班論文集—溪流生態系. 台灣省農林廳林務局.
5. 呂福原、歐晨雄、廖秋成. 1983. 惠蓀林場蘭島溪沖積地山黃麻植群之演替 (I). 興大實驗林研究報告 5: 32-46.
6. 李世純、劉喜悅、張興泉、孫悅華、王麗. 1994. 森林採伐對鳥類群落的影響. 森林生態系統研究. 7: 131-137.
7. 李國忠、陳建霖. 1993. 生物歧異度與森林生態經營模式之模擬. 台大農學院研究報告 33(4): 229-250.
8. 李培芬. 1994. 雪霸國家公園保育監測系統之規劃研究. 內政部營建署雪霸國家公園管理處.
9. 林金樹. 1995. 資源與環境變遷時間地理資料庫之設計. 中華林學季刊 28(2): 23-42.
10. 林俊義. 1980. 族群生態學的研究與應用. 科學月刊 11: 53-58.
11. 林讚標. 1997. 應用在物種歧異與生態問題的探討. 台灣省林業試驗所專訊. 17: 8-13.
12. 邱祈榮. 1998. 林地資源調查與分類. 森林生態系經營中文文獻彙編: 193-207.
13. 金恆鏞 (譯). 1998. 森林學概論. 國立編譯館.
14. 奚為民. 1997. 霧靈山國家自然保護區森林群落物種多樣性研究. 生物多樣性 2: 121-125.
15. 孫志鴻. 1989. 地理資訊系統簡介. 台灣農業 25(4): 29-34.
16. 高義盛. 2000. 生態系經營理念下監測系統之建立. 中興大學森林研究所碩士論文.
17. 張詩岳. 1996. 關刀溪森林生態系之指標植物. 中興大學植物研究所碩士論文.
18. 張篤見、葉曉姪、由文輝. 1999. 浙江天童常綠闊葉林地被層的研究. 植物生態學報 23(6): 544-556.
19. 曹月華、趙士洞. 1997. 世界環境與生態系統監測和研究網路. 科學出版社.
20. 郭寶章. 1958. 溪頭柳杉林分之被覆植物. 台大實驗林研究叢刊第 18 號.
21. 陳建霖. 1993. 生態目標與最適林分結構之研究. 台灣大學森林研究所碩士論文.
22. 陳朝圳. 1996. 生物資源生態資料庫之建立與管理. 台灣林業 23(4): 29-38
23. 陸繼雄. 1988. 環境監測. 淑馨出版社.
24. 陶福祿、李樹仁、馮宗煒、王建文、劉金良. 1998. 豫西山區日本落葉松林下植物物種多樣性的研究. 生態學雜誌 4: 1-6.
25. 彭少麟. 1996. 南亞熱帶森林群落動態學. 科學出版社.
26. 馮豐隆、黃志成. 1993. 森林資源監測系統建立之研究. 中興大學實驗林研究報告 15: 83-101.
27. 馮豐隆、楊正澤、蔡尚愷. 1998. 以東北角海岸國家風景特定區之植物與昆蟲為例探討整合性森林資源調查與監測系統之建立. 農林學報 47(3): 67-87.
28. 馮豐隆. 1995. 生物與生態監測. 台灣林業 21(9): 12-18.
29. 馮豐隆. 1996. 美國國有林健康監測計畫. 台灣林業 22(9): 39-42.
30. 馮豐隆. 1997. 生態系經營理念與實務作法之研究. 兩岸林業科技發展暨實務交流研討會: 85-105. 台灣省林業試驗所、中華林學會.
31. 馮豐隆. 1998. 大陸長期生態研究系統介紹. 台灣林業 24(6): 21-28.
32. 馮豐隆等. 1993. 森林資源監測系統建立之研究. 中興大學實驗林研究報告 15: 83-101.
33. 馮豐隆等. 1998. 地理資訊系統在樣區設置上的應用. 中興大學實驗林研究彙刊 20: 81-99.
34. 黃志成. 1998. 森林地景之監測研究. 中興大學森林研究所博士論文.
35. 楊政川、潘富俊. 1993. 生物歧異度與林業經營之永續. 台灣森林資源的永續經營研討會論文集: 104-123.

36. 葉慶龍. 1994. 恆春半島山地植群生態及其保育評估. 國立台灣大學森林研究所博士論文.
37. 劉一新. 1999. 森林地景分析及設計. 行政院農業委員會林業試驗所林業叢刊第 107 號.
38. 劉美麗. 1982. 柳杉、杉木林下草本植群之地上部生物量及養分含量之研究. 國立中興大學研究所碩士論文.
39. 劉棠瑞、蘇鴻傑. 1978. 大甲溪上游台灣二葉松天然林群落組成及相關環境因子之研究. 台大實驗林研究報告 121 : 207-239.
40. 劉棠瑞、蘇鴻傑. 1982. 森林植物生態學. 台灣商務印書館.
41. 劉琪環、趙士洞、代洪才、代力民、陝華、文詩韶、蔚曉軍. 1994. 闊葉紅松林與楊樺林早春階段草本植被幾個數量特徵. 森林生態系統研究 7 : 28-35.
42. 劉業經、林文鎮、歐晨雄、呂金誠. 1986. 惠蓀林場闊葉樹次生林林相改良報告 (I) —採伐三十年後之植生組成及初步處理. 中華林學季刊 19(3) : 1-12.
43. 劉儒淵. 1987. 溪頭柳杉林分疏伐後地被植群之變遷. 台大實驗林研究報告 1(3) : 113-121.
44. 劉儒淵. 1998. 森林生態系經營之植群調查與評估. 森林生態系經營中文文獻彙編 pp.281-288.
45. 蔡尚憲. 1996. 整合性森林資源調查與監測系統之研究. 中興大學森林研究所碩士論文.
46. 蔡政弘. 1997. 地理資訊系統在森林分層取樣設計上的應用. 中興大學森林研究所碩士論文.
47. 蔡碧麗. 1997. 瑞岩溪自然保護區台灣紅豆杉植群之監測. 台灣林業. 23 : 54-66.
48. 鄭美麗. 1998. 整合性地理資訊系統應用於植群監測之研究. 中興大學森林研究所碩士論文.
49. 墾丁國家公園管理處. 1992. 墾丁國家公園亞熱帶雨林永久樣區調查. 墾丁國家公園管理處.
50. 錢宏、劉琪環、邵國凡、王慶禮. 1992. 長白山闊葉紅松林早春草本層的群落生態學初步研究. 森林生態系統研究(6) : 31-44..
51. 謝長富、陳尊賢、孫義方、謝宗欣、鄭育斌、王國雄、蘇夢淮、江斐瑜 . 1992. 墾丁國家公園亞熱帶雨林永久樣區之調查研究. 保育研究報告第 85 號. 160 pp.
52. 謝長富、廖啓政、賴宜鈴. 1996. 墾丁國家公園熱帶雨林永久樣區之調查. 墾丁國家公園管理處保育研究報告第 94 號.
53. 謝萬權、林文鎮、蔡進來. 1977. 以不同取樣方法調查泡桐林下植被之比較. 中華林學季刊 10(1) : 11-18.
54. 謝萬權、林文鎮、蔡進來. 1978. 台灣泡桐林下指標植物之研究. 中華林學季刊 11(1) : 53-60.
55. Goff, F. G., Dawson, G. A. & J. J. Rochow 1982, Site examination in a series of islands. In: Synge, H. (ed.), The Biological Aspects of Rare Plant Conservation, pp.67-79, John Wiley & Sons Ltd.
56. IUFRO 1992. IUFRO Guidelines for World Forest Monitoring. IUFRO.
57. Pielou, E. C. 1975. Ecological Diversity. John Wiley.
58. Pylvänäinen, M. 1993. Manual for Integrated Monitoring. Environment Data Center (National Board of Waters and the Environment), Helsinki.
59. Shannon, C. E. & W. Weaver 1963. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana.
60. Simpson, E. H. 1949. Measurement of Diversity. Nature 163: 688.
61. Sun, I. F., Hsieh, C. F. & S. P. Hubbell 1996. The structure and species composition of a subtropical monsoon forest in southern Taiwan on a steep wind-stress gradient. In : I. M. Turner, C. H. Diong, S. S. L. Lim & P. K. Ng (eds.), Biodiversity and the Dynamics of Ecosystems. DIWPA Series Vol. 1 : 147-169.
62. US Department of State 1979. Long-term Ecological Monitoring in Biosphere Reserves, National Committee for Man and Biosphere, Washington, D. C., 31 pp.
63. White, P. S. & S. P. Bratton 1981. Monitoring vegetation and rare plant population in US national parks and preserves. In: Synge, H. (ed.), The Biological Aspects of Rare Plant Conservation, pp.265-278, John Wiley & Sons Ltd.