



集水區植生群落調查應用手冊

T
治理
2007

會水土保持局

集水區植生群落調查應用手冊

The Manual of Vegetation Survey and Application in Watershed



行政院農業委員會
水土保持局
與您一起打拼

行政院農業委員會水土保持局圖書室



R000000385



行政院農業委員會水土保持局
南投縣中興新村光華路 6 號
<http://www.swcb.gov.tw>

行政院農業委員會水土保持局



目錄

表目錄.....	IV
圖目錄.....	V
第一章 總論.....	1
1-1 前言.....	1
1-2 植生群落調查之內涵.....	3
一、植生群落調查之定義與目的.....	3
二、植生群落調查之相關條文.....	3
三、植生群落調查之相關名詞釋意.....	5
1-3 植生群落調查之作業方法與種類.....	11
一、植生群落調查作業方法.....	11
二、植生群落調查項目與內容.....	18
1-4 植生群落調查資料之解析與應用.....	22
一、植生群落調查資料之解析與整理.....	22
二、文獻比對與調查資料應用.....	23
第二章 植生群落定量調查方法.....	24
2-1 樣區取樣法.....	24
一、取樣之目的.....	24
二、取樣考慮因子.....	24
三、調查取樣之方法.....	31
四、取樣調查項目與方法.....	32
五、植生群落調查取樣注意事項.....	34
2-2 無樣區調查法.....	35
一、威斯康辛距離法 (Wisconsin distance method).....	35
二、點中心四分法 (point-centered quarter method).....	37
三、點框法 (point-frame method).....	37
四、比特利西變徑法 (Bitterlich variable radius method).....	39
第三章 植生群落定性調查.....	41
3-1 植物之生活型.....	41
一、浪氏 (Raunkiaer) 之生活型.....	41
二、生活型譜分析.....	44
三、木本植物之特性與分類.....	46
四、草本植物之特性與分類.....	50
五、藤本植物之特性與分類.....	54
六、水生植物之特性與分類.....	58
3-2 植物之群集性.....	60
一、植物族群之群集與功能.....	60
二、植生群落之結構特性.....	62
3-3 植物之物候性.....	66

一、植物物候週期區.....	66
二、植物物候性觀測.....	67
三、物候觀測指標的確定.....	67
3-4 植物之根系.....	72
一、根系各部名稱.....	72
二、根系類型.....	73
三、根系研究調查法.....	74
第四章 集水區植生群落特性分析.....	81
4-1 種歧異度指數之應用.....	82
一、種豐富度(species richness, R).....	82
二、辛浦森氏歧異度指數(Simpson index of diversity, Dsi).....	82
三、Shannon 歧異度指數(Shannon index of diversity, D _{sh}).....	82
四、均勻度指數(Evenness index).....	83
4-2 景觀生態指標與參數之應用.....	84
一、生態效益指數評估.....	84
4-3 植生群落相似性與群團分析.....	88
一、群集歸屬的判定.....	88
二、群落組成類型與製作.....	88
三、植生群落相似性計算.....	89
四、矩陣群團分析.....	90
4-4 植生圖之製作與應用.....	92
一、植生圖之種類.....	92
二、植生圖之製作步驟.....	92
三、植生圖之應用.....	94
4-5 運用遙感探測之植生效益評估.....	96
一、被動式感測器.....	96
二、主動式感測器.....	96
第五章 台灣地區植生群落之分類.....	98
5-1 台灣地區環境與植被特性.....	98
一、地理位置.....	98
二、地形地質.....	98
三、物種歧異度高.....	98
5-2 主要植群類型之分布與植相概要.....	101
一、高山植群帶(alpine vegetation zone).....	101
二、冷杉林帶(<i>Abies</i> zone).....	103
三、鐵杉雲杉林帶(<i>Tsuga-Picea</i> zone).....	105
四、櫟林帶(<i>Quercus</i> zone).....	106
五、楠櫟林帶(<i>Machilus-Castanopsis</i> zone).....	108
六、楠榕林帶(<i>Ficus-Machilus</i> zone).....	109
5-3 其他特殊植群之分類與植相概要.....	111
一、竹林.....	111

二、草原群落.....	116
三、濕地.....	119
四、台灣海岸林植生群落.....	123
五、季風雨林.....	130
六、次生林.....	131
5-4 集水區生物多樣性保育與植物材料之應用.....	133
一、生物多樣性之定義.....	133
二、集水區之生物多樣性保育.....	133
三、生物多樣性保育與植物材料之應用.....	134
參考文獻.....	138

表目錄

表 1-1 影像圖類型及比例	12
表 1-2 調查時期及次數紀錄表	14
表 1-3 植生群落調查野外紀錄表	18
表 1-4 植物名錄(範例).....	19
表 1-5 植物種類隸屬特性統計表(以東埔溪植物調查為例).....	19
表 1-6 頻度等級區分.....	23
表 2-1 植生群落調查樣區設置之考量要點	25
表 2-2 各類植生群落調查之最小樣區面積	28
表 2-3 覆蓋度等級區分.....	33
表 2-4 最近個體法調查表格	35
表 2-5 最近鄰木法調查表格	36
表 2-6 點中心四分法調查表	37
表 3-1 台灣各地之生活型譜	45
表 3-2 地上部枝幹形態對照表	49
表 3-3 植物族群社會度分級表	60
表 3-4 植物之物候期區及其生長型態	66
表 3-5 喬木、灌木植物物候觀測記錄表(例).....	69
表 3-6 草本植物物候觀測記錄表(例).....	70
表 3-7 根系類型及台灣地區常見植物對照表	73
表 5-1 台灣山地垂直帶譜主要植群之分類	99
表 5-2 世界上部分國家或地區為管束植物的種類和密度	100
表 5-3 台灣中部山地垂直帶譜之植群帶及溫度範圍	101
表 5-4 台灣地區各縣市之竹林面積及蓄積	111
表 5-5 台灣各主要竹種之面積及其百分比	113
表 5-6 台灣之竹林面積(公頃).....	113

圖目錄

圖 1-1 植生調查之種類.....	11
圖 1-2 植生群落調查分析流程圖	13
圖 1-3 植生群落調查工具	15
圖 1-4 (左)植物引證標本採集；(右)引證標本	16
圖 1-5 線截法調查情形(穿越線通常與環境梯度變化線平行).....	20
圖 1-6 植生群落剖面圖(以明德水庫濱水帶為例).....	21
圖 2-1 進行調查樣區劃分及量測情形	25
圖 2-2 坡地利用直線截取法進行植生調查	27
圖 2-3 低莖草本樣區取樣調查	28
圖 2-4 高莖草本樣區取樣調查	28
圖 2-5 築巢法.....	29
圖 2-6 半徑增加法.....	30
圖 2-7 長方形增加法.....	30
圖 2-8 種數~面積曲線	31
圖 2-9 逢機配對法.....	36
圖 2-10 點中心四分法	37
圖 2-13 比特利西角度尺.....	39
圖 3-1 浪氏生活型之圖示	44
圖 3-2 喬木類植物圖例	46
圖 3-3 灌木類植物圖例.....	47
圖 3-4 藤本類植物圖例.....	48
圖 3-5 草類之形態(禾草).....	52
圖 3-6 禾本類植物圖例	54
圖 3-7 藤類植物主要攀援生長方法示意圖	56
圖 3-8 藤類植物之攀援類型及代表植物	56
圖 3-9 水生植物生長型態示意圖	58
圖 3-10 林帶植物群集性示意圖	62
圖 3-11 具有高歧異度的複層林(修改自 FISRWG, 1998).....	63
圖 3-12 明德水庫濱水帶(海棠島)植生結構(含優勢物種標示)	64
圖 3-13 寶山第二水庫濱水帶植生結構(含優勢植物標示)	65
圖 3-14 植物根系地下部之各部位名稱	72
圖 3-15 植物根系地上部名稱	73
圖 3-16 九芎木樁根系	75
圖 3-17 水平根系開挖法	75
圖 3-18 一般塊體法根系調查	76
圖 3-19 一般塊體法根系調查	76
圖 3-20 一般塊體法根系調查(針板法)	76
圖 3-21 螺鑽法根系調查	77
圖 3-22 清除壕溝壁面根系調查	77
圖 3-23 玻璃壁面法根系調查	78
圖 3-24 容器法—以鋁箔紙包覆管壁避免根系受到光照	79

圖 3-25 根系拉拔試驗	80
圖 4-1 樹形圖之雛形	91
圖 4-2 低海拔河岸主要植物圖例	94
圖 4-3 植被圖(以高屏溪林園紅樹林植被區為例)	95
圖 5-1 高山植群帶林相	102
圖 5-2 高山植群帶常見植物	103
圖 5-3 冷杉林帶林相	104
圖 5-4 冷杉林帶常見植物	104
圖 5-5 鐵杉雲杉林帶林相	105
圖 5-6 鐵杉雲杉林帶常見植物	106
圖 5-7 櫟林帶植相	107
圖 5-8 櫟林帶常見植物	107
圖 5-9 楠櫟林帶林相	108
圖 5-10 楠櫟林帶常見植物	109
圖 5-11 楠榕林帶林相	110
圖 5-12 楠榕林帶常見植物	110
圖 5-13 竹類的地下莖型態	113
圖 5-14 桂竹竹筴	115
圖 5-15 桂竹桿葉	115
圖 5-16 桂竹地下根莖分布情形	115
圖 5-17 桂竹植被覆蓋情形	115
圖 5-18 桂竹根系生長情形	115
圖 5-19 桂竹林崩塌地	115
圖 5-20 高山草原(玉山)	116
圖 5-21 高山草原常見植物	116
圖 5-22 河灘草地植生代表大片群落	117
圖 5-23 河灘草地植物	118
圖 5-24 人為干擾或整理地區之草地	118
圖 5-25 濕地與水生植物群落分布關係圖	119
圖 5-26 林澤植生群落	120
圖 5-27 台灣地區主要紅樹林樹種	121
圖 5-28 草澤植物群落	122
圖 5-29 草澤常見植物	122
圖 5-30 正海岸林植生群落	123
圖 5-31 熱帶海岸林植生群落	124
圖 5-32 林投林植生群落常見植物	125
圖 5-33 礁岩植物植生群落	126
圖 5-34 礁岩植生群落常見植物	126
圖 5-35 砂礫灘植物植生群落常見植物	127
圖 5-36 濱海草地常見植物	128
圖 5-37 海岸防風林植物-黃槿	129
圖 5-38 複層防風林	130
圖 5-39 典型海岸定砂與造林：台北海岸富貴角	130
圖 5-40 季風常綠闊葉林植物	131
圖 5-41 次生林林相	132

第一章 總論

1-1 前言

「集水區」(watershed)，係指溪流一定地點以上天然排水所匯集地區。而集水區治理係為保育水土資源、涵養水源、防治沖蝕、崩塌、地滑、土石流、洪水及土砂災害，並以淨化水質、維護自然生態環境為目的。集水區具有涵養水源、水土保持及生態保育等重要功能，而存於其中之水、土、生物及景觀資源是全體國人之重要資產。根據行政院農業委員會之劃定，台灣地區共分為 49 個主集水區、162 個次集水區、1,261 個子集水區，政府相關部門每年投入巨額經費於各重點集水區進行治理工作，其經營管理以永續利用、環境保全及資源保育為目標，以維持台灣集水區植生群落應有之生態活躍度。由於台灣地區之集水區大多屬森林生態系之範疇，其植生群落特性係集水區屬性之重要因子，亦為評估集水區內生態復育成效之指標。而集水區土地開發區域之保育、野溪集水區整治之規劃對策等，大抵以如何維持一足夠恢復生態棲地功能之永久植生帶為主要考量原則，因此擴及自然植生群落調查技術之應用，可進一步作為景觀植栽設計、景觀生態解說資料及集水區整體治理規劃之參考依據。

依據水土保持技術規範之說明，「植生群落調查」應包括定性描述及定量分析植物及植物社會在環境梯度上之分布情形。由於植生群落及其生育地之資料可做為植物資源調查樣點的基本單位，故記錄植生群落可供集水區進行植生導入作業時，選取符合經營與管理決策之適用植物；同時可做為未來植物或植物社會變動的參考依據，提供集水區調查植生群落之評估因子。

基於上述植生群落屬性對集水區經營管理上之重要性。本手冊根據多年野外植生調查、植物分類學研究與實際參與集水區植生治理計

畫之經驗所得，彙編植生調查之相關內容與方法，包括植生群落調查之定義與目的、定量與定性調查及植生群落特性分析方法等，並概要說明台灣地區植生群落之分類。全文文字敘述力求簡要、清晰並配合圖表之輔助說明，希冀提供實際使用此手冊人員之應用參考。

1-2 植生群落調查之內涵

一、植生群落調查之定義與目的

植生群落調查之方法因調查對象而異，調查時須依樣區特性、不同季節及調查樣區之管理規定，選定樣區進行植生群落現況普查工作，調查植物生長情形及其與現地環境之關聯性，並拍攝植物生長狀況及採集標本以作為比較及驗證。而後將調查結果製成植生分布及分配圖式化的植生圖加以說明。簡而言之，其為列舉一區域內植物社會之所有群集及其屬性，進而研析此植物群落之組成個體、大小、數量、排列等特性及相互間關係之技術。

植生群落調查之目的在瞭解一地區的植物群落概況，甚至推估物種的競爭情形、植物社會可能的演替路線。為了節省時間、人力、經費等，往往用樣本資料來推估龐大的母群，依植物相、植生結構性質以較少的調查資料推測植生群落之整體特性，做為未來植物或植物社會變動的參考依據。

二、植生群落調查之相關條文

1. 植生調查(水土保持技術規範第 41 條)

植生調查應包括定性描述及定量分析。調查區內如具有保育、景觀及學術研究上之重要植物群落，應特別記錄並加以保護。

2. 植生調查方法與項目(水土保持技術規範第 42 條)

植生調查方法項目如下：

- (1) 植生調查之量化計算，以重要值指數及生物量為主要評量依據。
植生群落之定性描述，得依其均質程度，以優勢種植物為植群代表，特殊地區應進行潛在植被調查。
- (2) 水土保持計畫有關植生工程之完工調查，應依植生工程施工範圍、工法配置、施工規範及植生覆蓋率、成活率及其他合約之相關規定，進行現地調查與核對。

3. 植生定性調查(水土保持技術規範第 43 條)

植生調查方法項目如下：

- (1) 植物個體之群集程度：可分為單獨生長、成群生長、成片生長、成小群生長、成大群生長等。
- (2) 植生層次：可分為蘚苔層、草本植物層、灌木植物層、喬木植物層。
- (3) 植物週期變化：植物隨季節性變化之情形有萌芽、開花、結實、落葉及休眠等。
- (4) 生活型：可分為喬木類、灌木類、藤本類、地表植物及地中植物等。

4. 植生定量調查(水土保持技術規範第 44 條)

植生定量調查項目如下：

- (1) 豐多度：植物存在數量之表示法。可分為稀少、偶爾出現、時常出現、豐多、很豐多。
- (2) 密度：單位面積內植物之個體數。
- (3) 頻度：某種植物在所調查的樣區中，被記錄到的樣區數。可區分為五級：A(1-20%)、B(21-40%)、C(41-60%)、D(61-80%)、E(81-100%)。
- (4) 優勢度：用以表示某種植物在該植物社會中所佔的重要性。可以覆蓋面積與所佔空間表示之。可分為五等級：A(少於 5%)、B(5-25%)、C(26-50%)、D(51-75%)、E(76-100%)。

5. 植生定量分析(水土保持技術規範第 45 條)

植生定量分析，係以植生定量調查結果之參數加以組合，或以不同解析方法計算群落指數，藉以探討植物社會之特性。其分析項目如下：

- (1) 基本定量計算：以密度、頻度及優勢度(或覆蓋度)等轉換成相對值，以為計算重要值指數之依據。

相對密度=某種植物之株數/所有植物之株數× 100，

相對頻度=某種植物之頻度/所有植物之株數× 100，

相對優勢度=某種植物之覆蓋率/所有植物之覆蓋率× 100

- (2) 重要值指數：用以表示一植物社會中所有植物種類之重要性，其計算方法為：相對密度、相對頻度及相對優勢度之總合。

6. 植生工程之檢查(水土保持技術規範第 61 條)

植生工程檢查方法如下：

- (1) 植生工程應依施工地區之立地條件、應用植物種類及植生方法等設計覆蓋率。一般土質坡面噴植或水土保持植生施工後並經維護管理之覆蓋率應達百分之九十以上。地被植物栽植施工後並經維護管理之覆蓋率應達百分之八十以上。崩塌地、泥岩惡地、砂礫岩或其他立地條件不佳的地區，覆蓋率之設計標準得依實際現地狀況調整之。
- (2) 一般坡面或緩衝帶之苗木栽植成活率須達百分之九十以上。
- (3) 植株成活之判定，應符合原規劃設計之植株尺寸、正常生長且無病蟲害及枯萎現象。
- (4) 山坡地違規使用，經主管機關處分並限期恢復裸露地植生之地區，其恢復植生之認定，依本條前三款之規定辦理。

三、植生群落調查之相關名詞釋意

進行植生群落調查前，需瞭解與調查相關之專有名詞以備未來進行資料之解析與整理，以下說明一般常用植生群落調查之名詞：

1. 植生群落與物種相關名詞

- (1) 植生(vegetation)

係指某一地區生長之所有植物的總和，本手冊特別是指地面上生長之草類、蕨類、灌木及喬木等高等植物。與一般所謂植被之意義相同。

(2) 植物相(plant stand, flora)

係指某一地區所有出現之植物種類。不同植物相之特徵可作為植群類型區分之依據。

(3) 植物族群(plant population)

某一區域範圍內所生長之同種植物群體。

(4) 植物社會(plant community)

生長在同一生育地之相同或不同之植物群落，彼此營運著不同功能，相互依存、影響及協調，達到一有系統規律而穩定的社會。植物社會之結構與功能會因棲地環境因子之變化而改變，造成植生群落取代之消長現象。

(5) 植物群落(plant association)

生長於同一生育地，且種類組成及形相統一之植物社會。植物群落分類之最小單位亦稱為植物群叢。

(6) 植物群落相似性(similarity of plant association)

藉由相似性公式探討兩兩樣區植群之間相似度，以矩陣方式表示之。

(7) 植生圖(vegetation map)

植生圖是指將某一地區之植被予以分類，依其分布情形按比例繪製而成。其可顯示出植生群落分布的基本規律、植物社會、群落外貌，甚至可反映出當地環境之特點及整體生態狀況，為研究植生群落與環境關係以及植被分布規律的重要依據。

(8) 生態優勢度(ecological dominance)

某一植物族群對能量流動及環境資源之控制能力稱之。

(9) 優勢種(dominant species)

優勢種是群落的每一層中所佔空間最大，生態作用亦最大者，且決定該層基本特點的植物種稱之。

(10) 共優勢種(codominants)

於一區域內由於優勢種種類較多，難以找出單一優勢種，

故此區域內之所有優勢種稱為共優勢種。

2. 綠化名詞釋義

(1) 綠資源(green resource)

廣義存在實質環境中之各式綠色空間(green space)，依其自然條件保持著植物穩定成長之土地與水域。

(2) 綠地(greenland)

含有土地利用型態之概念，泛指環境中存在之各式綠地，或可提供生態、景觀、防災、遊憩等功能之開放空間。

(3) 綠覆率(ratio of green cover)

綠色植物面積與空間面積之百分比值。

(4) 綠資源保育指標(conservation indicator of green resources)

陸域環境中綠資源(包含森林、草地、紅樹林等區域)佔全面積的比例。

3. 植生群落之定量介質

可定量之介量較為常用的有以下數項：

(1) 密度(density, D_i)

指單位面積內的個體數。

$$\text{某一植物之密度 } D_i = \frac{\text{總株數}}{\text{調查面積(區數)}}$$

(2) 頻度(frequency, F_i)

在所有調查的樣區中，某種植物出現樣區的百分率。

$$\text{某一植物之頻度 } F_i(\%) = \frac{\text{該植物出現樣區數}}{\text{全部調查樣區數}}$$

(3) 覆蓋度(cover)或優勢度(dominance)

以某種植物冠層面積或樹幹胸高底面積佔地表面積的百分率表示之。

(4) 優勢度指數(index of dominance)(Simpson, 1949)

某一植物社會中，組成植物之優勢度的集中情形。

$$c = \sum \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$$

$\frac{n_i}{N}$ ：表某一植物介量之可能率(可以高度、乾重、覆蓋面積)，

C 值介於 0 與 1 之間，此值表示植物優勢度之集中程度，故

亦稱為優勢度集中度。若 $C=1$ 表僅一種植物； $C=1/n$ 表 n 種

植物一樣多。

(5) 葉面積指數(leaf area index, LAI)

係指植生群落總葉面積對地表面積的比值。

(6) 豐多度、豐富度(abundance)

植物個體數(株數)之表示—絕對總量。通常分為五級，以 A、B、C、D、E 代表，或以“*”之數量代表豐多度之等級。

(7) 重要值指數(importance value index, IVI)

係常用植生定量調查介量組合之計算指數其計算公式如下：

重要值指數(IVI)=相對密度(relative density)+相對頻度(relative frequency)+相對優勢度(relative dominance)

相對密度=某種植物之株數/所有植物之株數 $\times 100\%$

相對頻度=某種植物之頻度/所有植物之頻度 $\times 100\%$

相對優勢度=某種植物覆蓋面積/所有植物覆蓋面積 $\times 100\%$

(8) 種歧異度(species diversity)

一個植物社會組成的複雜程度，常可代表其安定的程度。

而植物社會的複雜程度係以種歧異度來表示。其表示方法有以下幾種：

A. Simpson 歧異度指數(Simpson Index of diversity, D_{si})

B. Shannon 歧異度指數(Shannon Index of diversity, D_{sh})

4.天然植被與植生演替相關名詞

係指有多層樹冠或具連續之階層樹冠構造之森林。天然之混淆林(特別是針闊葉混淆林)通常有不同樹冠層次。人工造林地經疏伐、打枝作業增加林內光度，配合林下栽植，或先期規劃之複層栽植造林作業等，亦可達到複層林之功能。

(1)原生植物(indigenous plants)

指存在於自然分布區域內之物種，或稱為本地植物(native plants)，本地植物在內涵上略有較小自然分布區域之情形。有時亦稱為鄉土植物，但鄉土植物之定義較不嚴謹，故較不使用。如台灣二葉松、烏心石、山鹽菁、月桃、草海桐等。本地植物如僅分布於台灣地區，稱為台灣特有植物。如台灣欒樹、山芙蓉、台灣海棗、台灣澤蘭等。

(2)外來(種)植物(exotic plants)

當人類活動日益頻繁且跨越天然地理屏障，海空陸交通便利，許多生物經由人類活動行為(農業或貿易行為引入偷渡、具娛樂及觀賞價值、生物防治、科學研究所需、原來棲地改變等)，刻意或不經意被攜至原產地以外的其他地方，此些生物稱之為外來種生物。

(3)優勢(種)植物(dominant plants)

優勢度大者，稱為優勢種。就植物而言，係指植生是群落的一層中所佔空間最大，生態功能最大，且決定該層基本特點的植物種。優勢種植物會控制植物社會的大部分能量及資源，而從屬種及稀有種則控制植物社會的雜異度。

(4)複層林(compound storied forest)

係指有多層樹冠或具連續階層樹冠構造之森林。天然之混淆林(特別是針闊葉混淆林)通常有不同樹冠層次。人工造林地經疏伐、打枝作業增加林內光度，配合林下栽植，或先期規劃之複層栽植造林作業等，亦可達到複層林之功能。

5.極盛相(climax)

就所在現地之生物族群達到動態平衡且具生產力、結構、族群大小穩定狀況之社會。極相社會具有如下之特性：

- (1)最大種歧異度、生物多樣性。
- (2)種不被直接取代或破壞(漸進性取代)。
- (3)固定範圍內不同區域之調查均能符合。
- (4)最大生物量(儲蓄量最大)。
- (5)種與種間能達到相當穩定。

6.植生演替(plant succession)

一特定地區，植物種類、數量等隨時間系列改變之過程，稱為植生演替或植物消長。植物社會之組成(composition)與構造(structure)並非一成不變的，而是具有動態之性質(dynamic nature)。為一個植物社會被另一個植物社會取代之現象。

1-3 植生群落調查之作業方法與種類

一般植生調查可分為植物相(flora)調查及植生群落(vegetation association)調查兩部份，植物相調查以物種為對象，將某一地區所有植物種類列出清單，並詳細記錄每一物種的族群數量、結構、分布、動態及生育環境等基本資料；而植生群落調查則以植物群落為對象，利用取樣方式，調查某一地區所有植物群落，並記錄每一種植物群落的組成、結構、分布等，以推測各植物群落演替動態及植物群落間的相互關係，如下圖所示。上述兩種皆以標本作為主要準則，因此野外採樣對植物資源調查而言，顯得更加重要。

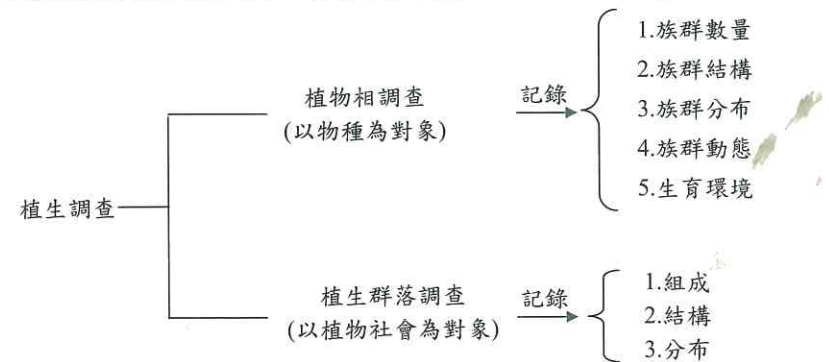


圖 1-1 植生調查之種類

一、植生群落調查作業方法

一般進行野外植生群落調查時之過程包括前置作業、野外調查及研究分析三部份。

1.前置作業

依調查目的、對象及方法，經相關文獻、資料蒐集及現場踏勘後擬定調查計畫。

(1)相關資料蒐集

於前期調查作業時，應盡量取得欲調查地區之影像圖，其類型及比例如下表 1-1 所示。同時蒐集該地區前人研究之資料文獻，供調查地區鄰近植生群落和現存植生群落比較。

表 1-1 影像圖類型及比例

影像圖類型	比例
地形圖	1/50,000
航照圖	1/5,000 或 1/10,000
事業區林班圖	1/25,000
河川流域圖	1/100,000

資料蒐集之主要目的在於增加勘查時對野外地形、植物社會、植物種類、植生圖與過去歷史的瞭解並進而確保勘查作業的成功性，其主要之資料蒐集項目為：

A. 自然環境相關資料

蒐集調查樣區過去氣候、地形、地質、水文、及人文相關資料，以增加對調查區域過去環境的瞭解。

B. 植群調查資料

蒐集樣區過去調查的植生群落資料，如文獻或標本資料等，或是勘查前後的簡單分類資料及植物相的調查資料。

C. 林相圖及航空照片之資料

初步由航照圖或林相圖簡單將整個區域做簡單的分層，甚至可將過去地面之林相圖、航空照片等資料經數化後，以地理資訊系統匯出林相圖，最後再由勘查及實際調查兩部份之資料加以修正，做成最終的林相圖。

(2) 調查計劃之擬定

野外調查計畫之擬定，應包括預先的勘查作業、樣區位置的設立、樣區的調查、取樣方法的決定及相關環境因子的觀測與評估。下圖 1-2 為植生群落調查分析之詳細流程圖。

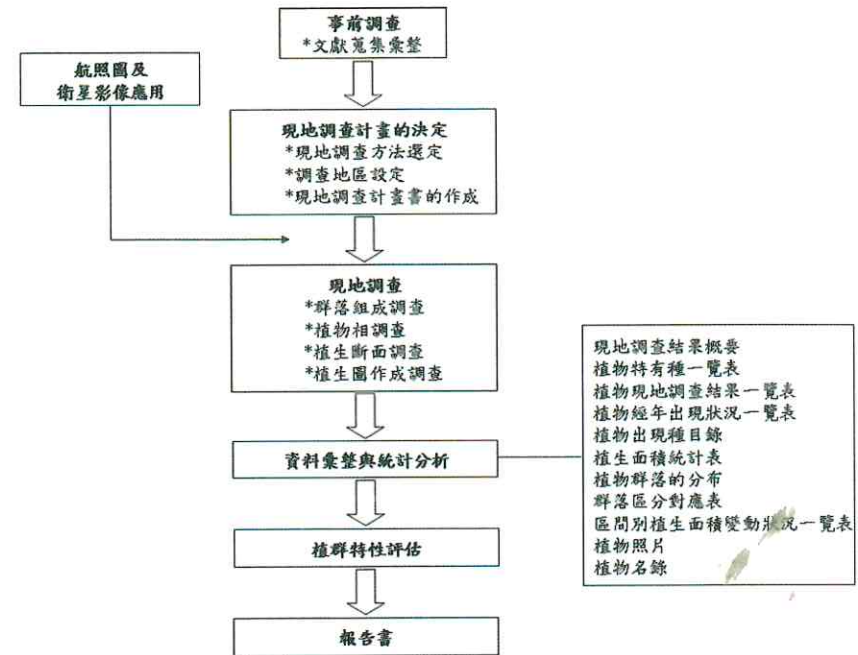


圖 1-2 植生群落調查分析流程圖

A. 現場踏勘

野外勘查方面，在路線選擇、人力考量、時間調配及後勤支援作業上極為重要。此為在進行詳細的現地植生群落調查前，藉由相關地圖先至調查地區實地瞭解植生群落現況，初步掌握植生群落分布變異，俾供調查區範圍決定之參考。

B. 調查樣區位置之選定

從相關圖籍、文獻及現場踏勘所得資料，選定調查地區。

C. 訂定調查項目

a. 植物相調查

瞭解該地區植物種類，製作植物清單，尤其須評估及建立稀有植物資料，供工程規劃、施工地點、施工方法及施工中植物社會維護與施工後復舊之參考。

b. 植生群落調查

在均質環境的自然植生群落設置樣區，並調查且紀錄樣區內植物種類、構造、樹高及胸高直徑等資料，供植群型式分析、植生圖及植生群落剖面圖之製作參考。

c. 植生圖

供調查地區植生群落分布概況之瞭解參考。

d. 植生群落剖面圖

瞭解植生群落中各種組成植物之分布層次及優勢度，可供潛在植生群落選擇及植生群落復舊時之參考。

D. 調查時期及次數

植生群落調查應以調查前、中及調查結束三階段進行，各調查一次至數次。因植物在其生長週期之不同階段中，外表型態會有差異，特別是落葉樹種。因此，如時間、經費及人力許可之狀況下，應於不同季節前往調查，或至少於春、夏之開花時期及秋、冬之結果時期前往調查。調查表格應包含調查時期及調查次數，並紀錄每一時期植物生長情形及型態等，可使調查更具完整性，如下表 1-2 所示。

表 1-2 調查時期及次數紀錄表

季節	調查項目				調查時期	備註
	1	2	3	4		
春						
夏						
秋						
冬						

註：1. 植物相調查

2. 植生群落調查

3. 植生群落剖面調查

4. 植生圖製作調查

(3) 調查工具準備與應用

基本調查工具如調查用紙、畫板、筆記文具、卷尺、折疊尺、地形圖、植物採集用具、照相機、測量儀器、衛星定位儀器(GPS)、植物相關工具書、望遠鏡(調查地可能包括森林)等。



圖 1-3 植生群落調查工具

A. 野外植生群落調查表

一般常用的格式為國際生物學事業(IBP)的 JCT(P)製成之植生群落調查表。但於集水區因地形或土壤較一般特殊，其草本植物群落相當多，不適合一般森林調查使用之植生群落調查表，須另作適合集水區之調查表。

B. 地形圖之應用

一般使用 1/50,000 或者 1/25,000 地形圖。若是在比較狹小有各種型式的植生群落存在的地方進行調查時，須備有 1/2,500 或 1/5,000 或者更大比例尺的地形圖。又集水區之位置或大小因洪水而變化，盡可能買最新版的地形圖，因為與現況有出入的地形圖不宜當作植生群落之基本圖。

C. 植物採集器

植生群落調查時發現不明或需再鑑定之種類時，應採集之。採集之工具包括：高枝剪、挖根工具、修枝剪、大塑膠袋、紙袋等。所採集的標本須貼標籤並註明調查地點，同時於植生群落調查表列述之資料亦一併記錄之。

2. 野外調查

(1) 植物相調查

一般於野外常用的植物相調查方法包括，穿越線法、沿線調查法、目視記錄法及標本採集法等，茲分述如下：

A. 穿越線法

於調查樣區內先進行勘查並選設若干穿越線，穿越線數可依調查樣區面積之大小、植物社會之多樣性、環境變化幅度或人力資源的充足與否等條件增減。穿越線之長度可為 100 m、500 m 或 1,000 m 不等，其可依現有之步道、等高線或沿稜線、溪谷等設置；設置後由調查者沿所設置之穿越線將兩旁 5 m 內可見到之植物一一記錄，無法判釋但可取得標本者，攜回鑑定。

B. 沿線調查法

於各調查區內沿著現有的公路、林道、產業道路、登山步道、步行小徑等，選定若干調查路線，此路線長度可為 1km、2 km 或 3 km 等或某兩處明顯地標物之間現有的路徑。俟路線選定後，由調查者沿所設置之路線將兩旁可見到之植物一一記錄。

以上兩種方法皆應將沿途所記錄之物種，儘量採一份引證標本，見圖 1-4(左)，而此引證標本最好是具繁殖器官(花、果實或種子)者，見圖 1-4(右)；此外同一路線需每季進行一次調查。



圖 1-4 (左)植物引證標本採集；(右)引證標本

C. 目視記錄法

凡出現在調查區內之植物經調查者判釋之物種皆一一記錄，調查者依經驗直接記錄所見之物種，不需採標本，但需注意那些是優勢種、那些是稀有種、那些是較特殊的物種等。

D. 標本採集法

凡出現在調查區內之植物，皆以採集所得之標本作為記錄，除較為特殊之物種，如好幾年才開花一次或結果一次的植物。但仍以所記錄之物種均需引證一份標本為主。

E. 植物基本資料之主要記錄項目：

樹高：木本植物由地面量至樹梢頂部的最終生長高度。

胸高直徑：木本植物主幹距地約 1.2m 高之樹幹直徑。

根鉢：植物根系分布範圍。

樹冠：位於樹幹上方，每年新生枝條，增加樹高，枝端芽能不斷生長。

冠寬：木本植物樹冠的最大寬度。

(2) 植生群落調查

決定野外取樣方法時，可先考慮取樣目的、林分之等質性及種歧異度。就台灣山區之複雜地形而言，逢機樣區及系統樣區之取樣法頗多困難之處，考慮地形與樹木分布型之關係，可由調查者主觀在研究區內選擇數個代表性地點設立樣區。

目前一般植生群落調查大多採取多樣區法，選擇地形與植物組成較為均質之林分，設置 20 個 5 m x 5 m 之小區集合為一合成樣區。同時記錄樣區海拔高度、坡度、坡向、土壤等環境因子，並拍攝各種植群及周圍環境，供往後分析時參考。所有樣區位置標於地圖上，再於每一 5 m x 5 m 方形小區範圍內記錄植物種類，測量覆蓋度、植物之基本資料等，實地取樣資料，經登錄於野外紀錄表格，如表 1-3。各樣區內典型植物標本或未知植物種類，均加以採集攜回進行研究鑑定。

表 1-3 植生群落調查野外紀錄表

調查時間：				調查人員：			
調查地點：				相片基本編號：			
樣區編號：				樣區二度分帶座標：			
樣區長度：				樣區概述：			
環境特性描述(包含植被覆蓋情形等)：							
基本資料(集水區面積等)：				植被剖面圖：			
植生群落狀況圖(濱水帶)：				備註(稀有、特有或最大優勢植物)：			
植物名稱	編號	覆蓋長度	胸高直徑	豐多度	頻度	優勢度	備註
合計							

註：植物名稱包括陸域、水域及人工構造物，樣區出現稀有或特有植物需要加註紀錄。

二、植生群落調查項目與內容

1. 植物相調查

(1) 種類調查

為瞭解集水區植物相，進行植物之採集及記錄工作，可參照 Flora of Taiwan(2003)、圖鑑及標本館等資料，逐一鑑定核對，以確定種類無誤，並製作集水區植物名錄如表 1-4，且以植物名錄屬性為主製作隸屬特性統計表，以瞭解整體植物相狀況，如表 1-4。

表 1-4 植物名錄(範例)

FAMILY	FAMILY	SPECIES	SPECIES	生長習性	屬性	稀有度
Adiantaceae	鐵線蕨科	<i>Pityrogramma calomelanos</i>	粉葉蕨	草本	歸化	普遍
Blechnaceae	烏毛蕨科	<i>Blechnum orientale</i>	烏毛蕨	草本	原生	普遍
Dennstaedtiaceae	碗蕨科	<i>Microlepia speluncae</i>	熱帶鱗蓋蕨	草本	原生	普遍

表 1-5 植物種類隸屬特性統計表(以東埔溪植物調查為例)

		蕨類植物	裸子植物	雙子葉植物	單子葉植物	總計
科屬統計	科數	19	1	41	14	75
	屬數	37	1	87	32	157
	種數	13	1	113	35	162
生長習性	草本	13	0	54	34	101
	喬木	0	1	18	1	20
	灌木	0	0	24	0	24
	藤本	0	0	17	0	17
屬性	原生	12	0	59	20	91
	特有	0	0	1	0	1
	歸化	1	0	25	7	33
	栽培	0	1	28	8	37

範例說明：東埔溪植物種類，計有維管束植物 75 科 157 屬 162 種，其中有 13 種蕨類，1 種裸子植物，113 種雙子葉植物，及 35 種單子葉植物。依其屬性區分，其中臺灣特有種 1 種，非特有之原生種 91 種，歸化種 33 種，栽培種 37 種；若以形態區分，喬木 20 種，灌木 24 種，藤本 17 種，草本 101 種，原生種(特有種+非特有之原生種)比例約估計畫區植被 56.79%。

(2) 稀有植物及大樹調查

根據調查所得之名錄資料，將其詳細核對環境影響評估作業準則之附件---臺灣地區特稀有植物名錄或農委會臺灣的稀有及瀕危植物資料庫，檢查有無特稀有植物種類。並評估及建立稀有植物名錄及稀有植物及大樹分布位置，以供工程規劃、施工地點、施工方法及施工中植物社會維護與施工後復舊之參考。

2. 植生群落調查

在均質環境的自然植生群落設置樣區，並記錄調查樣區內植物種類、構造、樹高、胸高直徑等資料，供植生群落型態分析、植生圖及植生群落剖面圖之製作參考。

3. 植生群落剖面圖

調查地區植生群落分布概況，藉以瞭解植生群落中各種組成植物之分布層次及優勢度，以供潛在植生群落選擇及植生群落復舊時之參考。實作時取一具代表性植生群落社會寬 2~5 m 之穿越線，記錄沿線之植株種類、高度、位置等介量，並依此繪製植生群落剖面圖。



圖 1-5 線截法調查情形 (穿越線通常與環境梯度變化線平行)

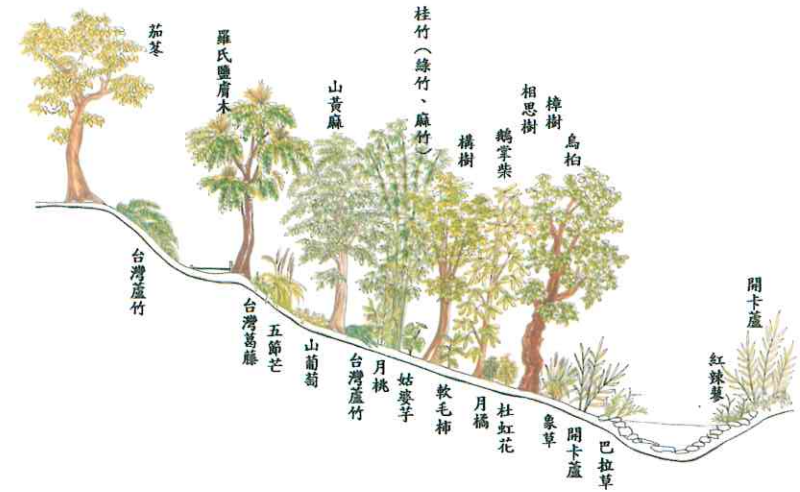


圖 1-6 植生群落剖面圖(以明德水庫濱水帶為例)

1-4 植生群落調查資料之解析與應用

一、植生群落調查資料之解析與整理

利用植生群落之調查資料，可得知植生群落組成，並製作成各冠層分析圖，亦能求得植物多樣性之相關指數，然植生群落調查資料最重要的利用在於植物群落之類型分類與決定。群落分類可利用仿種的分類體系，其基本單位稱謂群叢(association)，更高層次的單位依序為群團(alliance)－群集(order)－群級(class)，群叢之下更分為亞群叢(subassociation)、簡叢(facies)各階級。

植生群落分類可依下述步驟順序進行：

1.調查資料表之製作

作成「以行表示種，列為調查區」之調查資料表，填入各個種之優勢度、覆蓋度等調查資料。

2.頻度表的製作

依頻度「相對於調查區數某種出現的調查區比率」之高低順序把不同種之植物分類排列。

3.依據表列資料分之植物種類

將種組成相似的調查區與出現樣本相似的植物種移動行列排序及歸類，重複操作並抽離出代表種植生群落與調查區之類群。

4.代表種表格之製作

將代表種植物類群與調查區種之調查資料重新排列，並製作表格。

5.總頻度表之製作

頻度以百分率表示，如一植物在所有樣區均出現，則其頻度為100%，一般為統計方便，將頻度百分率分為五級如表 1-6。如植物群落基本單元類型及群集之歸屬無再檢討之必要時，可依調查區給予群落名稱。

表 1-6 頻度等級區分

頻度等級	A: 頻度 1—20%
	B: 頻度 21—40%
	C: 頻度 41—60%
	D: 頻度 61—80%
	E: 頻度 81—100%

6.群集歸屬的判定與組成表之製作

與既有之資料作比較檢討，決定植生群落群集之種類。並製作特徵種或列示代表種的群落組成表。

二、文獻比對與調查資料應用

植生群落調查的資料經統計及分析後，一方面與相關植生群落文獻做比對，進行植生群落分類，區分主要植群型；一方面進行野外評估與測試植群型在植物社會中是否有重現性，以供調查地區植生群落地圖的繪製。

第二章 植生群落定量調查方法

植生群落定量調查方法係依調查地區之環境，植物之生活型、冠層結構分布及調查目的等條件，選取適宜之樣區，進行植物種類數量及生長情形之調查，再依調查所得之相關參數加以組合分析，作為計算植物群落特性之方法。

2-1 樣區取樣法

一、取樣之目的

取樣之目的，理論上應包括定性(qualitative)及定量(quantitative)兩方面。定性主要為鑑定植物之種類，通常以種(species)為基礎，測計樣區內各個植物之種類；定量則為調查每株植物之數量，如株數、優勢度等植物社會介量，至於定性及定量兩項孰著輕重，常依調查者之目的及所允許之時間、經費或人力而定。

植物社會之調查方法，係依植物相、植生群落結構性質均勻之地區設置調查區，相當於層化之抽樣，以較少的調查資料推測植生群落之整體特性。因集水區植生群落分布在時間上、空間上顯現較不均勻，同時它處於比較容易受到河川特有植物以外植物的入侵，選定調查區時，需事先瞭解調查地區周邊整體的植生群落被覆情形。

二、取樣考慮因子

在決定取樣方法之時，應事先考量取樣是否可行，先決條件為確認欲調查區之等質性，惟有等質之調查區，才能設置一小樣區以代表調查區，此外樹種重現性及優勢度指數等亦是取樣前應考量因子，若於取樣前謹慎考量影響因子，如此一來可達有效定性或定量之目的。

植生群落調查面積之考量，以集水區而言應加大範圍。實際調查時，一般採取逐漸加大調查面積以判定最小面積。亦即，從調查區中心附近出現的植物加以記錄，渦旋狀方式逐漸向外擴大調查面積。面

積大到某一程度幾乎不再出現新種時，可當作最小面積(可略加大面積或整數化)。



圖 2-1 進行調查樣區劃分及量測情形

有關植生群落調查樣區之設置，需考量的樣區特徵因子有：樣區形狀、樣區走向、樣區分布方式、最小樣區面積、最低樣區數目，如表 2-1 所示。

表 2-1 植生群落調查樣區設置之考量要點

樣區特徵	考量要點
樣區形狀	環境梯度小(均質)：以等徑樣區效率高 環境梯度大：長型樣區效率高
樣區走向	單樣區取樣：順著環境梯度變化 多樣區取樣：與環境梯度變化垂直
樣區分布	逢機取樣、系統取樣、分層取樣
樣區面積	以最小的樣區面積達所需的調查精度， 可以「種數—面積」曲線求得
樣區數目	以最小的樣區面積達所需的調查精度， 可以「種數—樣區數量」曲線求得

1. 樣區形狀之選定

樣區之選定可依地形及調查的便利性而有所不同，一般常用的有等徑樣區(isoradius plot)，如正方形、圓形樣區，帶狀橫截樣區或直線橫截樣區(線截法)等。

(1) 等徑樣區

包含正方形、圓形等樣區。方形樣區每邊均相等，設置較方便，可於任何植生群落中取樣；圓形樣區之設置，更為簡便，只要決定一中心點，以一定半徑之測繩或皮尺拉直並圍繞一圈即可，但其適用於較低之植生群落，如草原或幼苗區等。目前針對台灣森林植生群落調查多採用方形樣區；而造林地幼苗成活率之調查，則擇一使用。

(2) 長方形或帶狀橫截樣區

當樣區之長度及寬度不相等時，即成長方形樣區；若長度遠大於寬度，樣區呈長帶狀，即稱為帶狀橫截樣區。此兩類樣區常用於推移帶之取樣，因推移帶之植生群落變化常呈現梯度變化，若此種樣區之長軸橫跨其變異方向，則所得資料變異最小，較具有代表性。是故植生群落若有某種梯度之變異，應採用長方形樣區且其長軸應跨越等高線、土壤型或植生群落之帶狀變化等，進行取樣。若採取帶狀橫截樣區取樣時，可將許多方形區緊靠排成一線，或在一定方向上，每隔一定距離設一方形區，惟此方向亦須橫跨植生群落或環境之梯度，此種方式亦稱為直線排列樣區(line plots)。

(3) 直線橫截樣區

將帶狀樣區之寬度縮小為零，則樣區呈一直線，稱為直線橫截樣區或稱直線截取法。此種線形樣區僅有長度，沒有寬度，適用於調查較低層之植生群落覆蓋(vegetation cover)，或山坡地覆蓋植物。植物之數量，由截取線上之長度表示之，可作為優勢度之指示，而在所有測線上出現之次數百分率可計為頻度。但本法不能測計株數或密度，其在測線上之截取量，為枝葉之覆蓋量，故主要對象為灌木或草本，現今集水區或坡地植物覆蓋常用此調查法。



圖 2-2 坡地利用直線截取法進行植生調查

(4) 點狀樣品

若將取樣面積極端縮小，即沒有長度及寬度，僅有點的位置者，稱為點狀樣品法。在調查區內設立許多測點，僅有位置，沒有面積及邊界，故亦可算是無樣區取樣法之一種。點狀樣品以點框法(point frame method)較常用，因其取樣最簡單，調查最迅速，故建議推廣為下層植物及草原之取樣調查法。

2. 樣區之走向與分布

除等徑樣區之外，其他各種樣區之設置，尚須考慮其走向(orientation)，即長軸或短軸之配列方向。若植生群落為等質性，則走向較無影響，但一般集水區調查樣區多為山區植群，因地形起伏而稍有變化梯度，故選定樣區之長軸應跨越變化梯度，以求得準確(變方較小)之資料。但若所調查地區為大規模植生群落，非單一植物社會，此時常用客觀之合成法設置樣區，再將所得樣區資料分類，以求出鑲嵌體構造。此時，每一林分若設置一大樣區，令其足以單獨代表該林分，以便與其他樣區比較，則帶狀橫截樣區或長方形區之長邊，應沿著等高線或植生群落帶狀分化之平行方向，以避免與其他樣區重疊。此種情形，應與單一植物社會之分析取樣原理不同。

樣區的配列，可分成主觀的選擇及客觀取樣；早期依調查之便利性，海拔每升高 100 m 設置一樣區，概屬於主觀的選擇。客觀的取樣可分成逢機取樣、系統取樣及分層逢機取樣，前二者在台灣地形陡峭的狀況下，有時地圖上仍可以作業，但部分地區可到達度低，一般會

影響取樣之效率，有時會漏掉一些面積較少的植群型，至於分層隨機取樣，雖能獲得較好的效果，但仍必須靠確實的勘查作業才能確保取樣上的成功。

3. 樣區之面積

在取樣調查時，首要決定為設置樣區面積之大小。一般而言，選取樣區面積除考慮植生群落之組成是否等質外，其與植生群落之生活型態息息相關，選取樣區大小時，可依定性、定量分析及依經驗法則，選擇適宜方法求取樣區大小。

(1) 最小樣區面積決定

在植生群落調查時，樣區所需之最小面積，依植物社會種類之豐富度而定，其最小樣區面積之決定，如表 2-2 所示。

此法為依不同植生群落類型直接選取最小樣區面積，除需考慮現地植物社會組成是否具均質性，且不為零星分布外，選取時多仰賴經驗判定，故使用上較無客觀性。

表 2-2 各類植生群落調查之最小樣區面積

植生群落類別	最小樣區面積(m ²)
草本樣區	1(1x1)
低灌木及高莖草本樣區	4(2x2)
高灌木樣區	16(4x4)
喬木樣區	100(10x10)



圖 2-3 低莖草本樣區取樣調查



圖 2-4 高莖草本樣區取樣調查

(2) 種數-面積曲線法

此法利用樣區逐次增加方式進行樣區內植物種類調查，依序記錄所有出現於此一樣區中之植物種類。再逐次將樣區面積放大兩倍，調查其所出現新的植物種類。

增加樣區選定方式一般分為：I 築巢法 II 半徑增加法 III 長方形增加法。而後將調查所得結果，進行繪圖分析決定樣區面積。

A. 築巢法(nested plot method)

採用正方形樣區自最小單位(如 1m²)開始，測計植物之種數，而後加倍設立一緊鄰之正方形，則新樣區成 2:1 之長方形，再加倍之後，又恢復 4 倍大之正方形，依此類推，將面積逐漸增大，最終繪製植物種數與樣區面積之關係圖，求得種數-面積曲線。

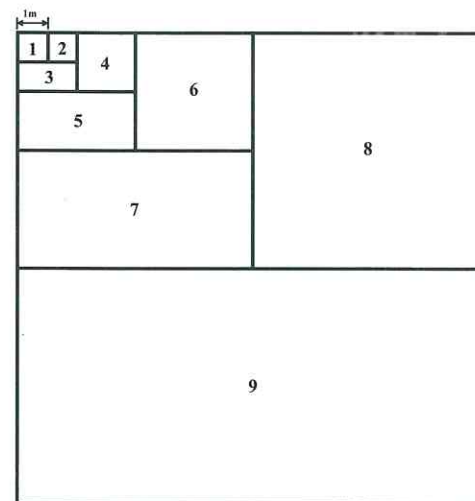


圖 2-5 築巢法

B. 半徑增加法(increasing radius method)

此法多應用於低矮之植生群落，以半徑一倍方式增加圓面積，並逐一記錄圓內所出現新植物之種數，最終繪製植物種數與樣區面積之關係圖，求得種數-面積曲線。

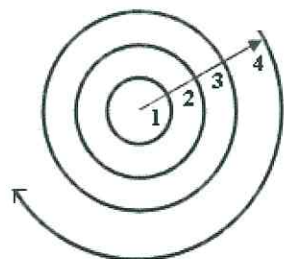


圖 2-6 半徑增加法

C. 長方形增加法(rectangular plot method)

此法多應用於長帶狀鑲嵌體構造之調查區如台灣闊葉林，先於調查區等質方向上設立基線，再於基線兩側，逐一設置長方形樣區，沿基線 AB 前進，整個樣區逐成帶狀橫截樣區。

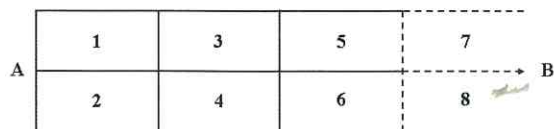


圖 2-7 長方形增加法

將調查的樣區面積設置為 X 軸，所出現植物種數為 Y 軸，繪成「種數~面積曲線」圖，而所需之最小面積，即為此一曲線斜率變小，曲線近乎水平之點所對應之面積。

Cain(1938)指出此種圖形所代表之最小面積，易受縱座標與橫座標之比例影響。若將縱座標對橫座標之比例予以縮小，則表面看起來，所需之最小面積亦縮小。為克服此缺點，Cain 便為最小面積圖定了一個不會影響 Y/X 比值的標準，當樣區面積增加 10%，而種數也僅增加 10%，這時沿著曲線上的點所對下來的面積，即為所需的最小樣區面積。由於此方法所得最小面積，亦僅為近似值，因此一般均採四捨五入至平方公尺為止。

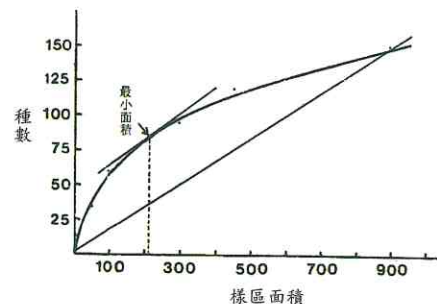


圖 2-8 種數~面積曲線

4. 樣區之數量

樣區的數目一般須由植生群落之變化、後勤時間、經費及人力等因素決定。然而在精密之植生群落調查，應先確定樣區佔研究地區面積之百分率，同時在勘查時看出有幾種植群型，並於取樣時每一種植群型不僅皆需涵蓋，同時應有所重複。因樣區之數目會影響調查之精度，而在決定適當之樣區數時大多採用「種數-樣區數曲線」法，此法與種數-面積數曲線法相似，即以植物種數與樣區數目之關係進行繪圖研析。

三、調查取樣之方法

決定取樣方法時應先考慮可行性，其先決條件為調查林分之等質性(homogeneity)，於等質林分作樣區之取樣較具意義。

取樣的方法有許多種，但除配合植群型取樣的條件外，同時應配合現場地形的變化、植生群落的特性及調查人力與時間上的可行性來進行調查，以下分述之：

1. 樣區抽取法(releve sampling)

此法強調定性，以植生群落中所包含的植物種類為主，根據植物組成(floristic composition)做分析，由種數-面積曲線決定樣區之大小。

2. 計數樣區法(count-plot sampling)

此法較重視定量，在調查前先分區勘查，其決定樣區面積之大小，通常以多樣區法—設置數個小區以控制量的精確性。小區面積數目，可隨機散佈或排列整齊，一般是植生群落中主要優勢種的平均數穩定且沒有變化，就是最小取樣面積。

四、取樣調查項目與方法

1. 植生群落之定量介質

可用來定量植生群落較為常用的為密度(density)、頻度(frequency)、覆蓋度(cover)或優勢度(dominance)。此外，尚有許多可使用的介量，如生物量，此乃經由收割獲得，常以每單位面積之重量來表示。另葉面積指數(leaf area index)，亦為常用之介量。

2. 密度測定

密度之計算通常以每 m^2 或 ha 上之株數來表示。但在應用上常引起困難，原因如下：

A. 個體確認之困難

樹木及單幹的一年生植物於辨識上較為容易，其他生活型(life form)的植物則技術上會發生困難，如叢生竹木、匍匐狀灌木或草皮等。

B. 樣區之邊界效應(marginal effect)

樣區的邊界可能跨過一個植物個體，對此一被穿過的個體是否該計算，或加以排除，便需做一決定。

C. 時間之花費

於計算草本植物或灌木植物時，常需花費大量時間。但數量在研究演替的改變上，有其特殊價值；此外在相似植物社會中，個體之計算亦可表示重要訊息。

3. 頻度測定

頻度乃為一植物在依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，而僅計算出現與否，因此頻度測量遠較密度容易。

頻度雖然可用密度及覆蓋度等介量提供較客觀的調查方法，但頻度並非絕對的量值，其受樣區大小及形狀影響甚大。在植物種類豐富之地區，樣區的面積稍微增加一點，將會使頻度增加很多。因此，依不同植生群落之區別設置頻度調查之最小樣區面積較為合理，最小樣區面積之設置如前述表 2-2 所示。

4. 覆蓋度測定

密度表示一族群的大小，頻度則表示植物在該社會中的分布情形，但植物對於生育地的適應情形則不易由前二者表達出來，通常以優勢度表示，而不以覆蓋度或生物量來計算。

覆蓋度可定義為依植物種類之樹冠或枝條面積，對地表面積之比值，以分數或百分比率表示。覆蓋面積通常用樣區面積之百分率表示，為方便統計以百分率予以分級如表 2-3 所示。

表 2-3 覆蓋度等級區分

覆蓋度等級	覆蓋面積小於 1%
第 1 級	1~5%
第 2 級	6~25%
第 3 級	26~50%
第 4 級	51~75%
第 5 級	76~100%

五、植生群落調查取樣注意事項

1. 植群型與取樣的條件(取樣之均質性)

取樣時應注意植生群落過去歷史及環境之均質性，其考慮重點在於植生群落社會均質性之大小及程度、植生群落中優勢種樹木之分布及環境是否為逢機等。

2. 研究目的及分析方法

取樣時應針對調查之目的與分析的方法加以考量，若僅是表達植物社會之組成，在調查上僅需簡單的取樣與分析方法。反之，如需要表達植物社會在環境梯度上量的變化，則需精細的調查與分析方法。

3. 取樣時必須客觀且有同一標準

若分析取樣法所得之資料，將來準備用於合成法或大規模之植生群落分析，則受調查員之分析及分類觀點所影響。如：樹種的鑑定上必須各種類一致，同時覆蓋度與胸徑的量測方法都應相同，最好在種類的辨識上都經由同一調查員來做度量。

4. 調查的效率

調查取樣前應先決定路線、基地位置並考量水源、食物補給等，並於出外調查前，考慮人數及調查所需時間，以估計工作時數，提昇效率。進行植生群落調查時，航空照片、照片基本圖的使用及調查員取樣技術的熟練度，都將影響調查的效率。

2-2 無樣區調查法

進行植生群落取樣分析時，一般皆以特定面積為基礎，其通稱為面積樣品法(area sample method)，基本之取樣單位為二維的參考區域。進行面積樣品法時，須於調查區內設立樣區之邊界，以測繩或皮尺將邊界圍繞，其步驟較費時且易受地形、植生群落分布或邊界效應之影響。有鑑於面積樣品法之缺失，可藉由無樣區取樣法進行取樣。

無樣區取樣依其意為不需畫分樣區面積即可取樣，通常採用距離法(distance method)，可普遍用於一般林分植生群落分析。其為藉由若干測點，以量取出鄰近樹木間之平均距離，而後計算兩者間關係，於量測之同時鑑定樹種及量取胸高直徑，亦可算出其他介量。

距離法又因量測方式不同分為威斯康辛距離法、點中心四分法、點框法及比特利西變徑法等，相關無樣區取樣調查法概述如下：

一、威斯康辛距離法 (Wisconsin distance method)

1. 最近個體法(closest individual method)與最近鄰木法(nearest neighbour method)

此兩種方法皆為選擇一對林木量測其距離。最近個體法，只需量出與樣點最近林木之距離即可，所選取之林木依欲調查項目填入表中如表 2-4。最近鄰木法係將所選取樣區中之每株樹給予編號，再逢機選出一株林木，並量測與其距離最近之一株林木如表 2-5。

於此二法中，所量測之距離皆與實際有所差異，故必須給予一校正係數。在最近鄰木法中，其校正係數為 1.67，即量測距離乘以此一校正係數，即近等於實際之距離。而最近個體法的校正係數為 2。

表 2-4 最近個體法調查表格

測點	林木種類	胸徑	距離

表 2-5 最近鄰木法調查表格

測點	第一株		第二株		距離
	林木種類	胸徑	林木種類	胸徑	

2. 逢機配對法(random pair method)

逢機配對法(random pair method)其為藉由測量兩林木間的距離及兩林木之數種名稱與胸徑等進行定性分析，方法步驟如下：

- 用逢機或系統(如沿著一線的定間距)的方法建立一些樣點。
- 找出距一樣點最近之林木，以此樹為第一株。
- 調查者於此樣點上，面對此林木，張開雙臂，找出距此樹 180° 以外最近之林木。
- 量測此樹與第一株之間的距離，並記錄其樹種名稱等相關資料，逢機配對法之調查表同最近鄰木法。

逢機配對法亦需以其所量測出之距離乘以一校正係數 0.8，才可得實際之距離。

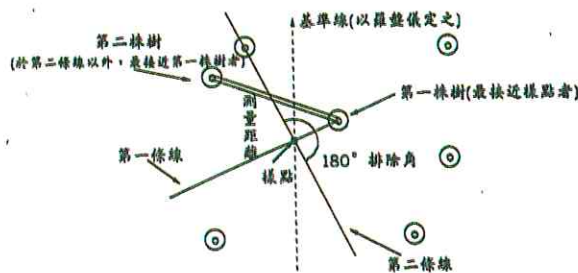


圖 2-9 逢機配對法

二、點中心四分法(point-centered quarter method)

本法亦稱為四象限法其效率較威斯康辛距離法高，且不需乘以一校正係數。於此法中每一個樣點需量測四個距離，其步驟如下：

- 先以羅盤儀定出一基準線，於此線上訂出一些樣點。
- 於每一樣點上，以一線垂直於基準線，將之劃分成四象限，如圖 2-10。

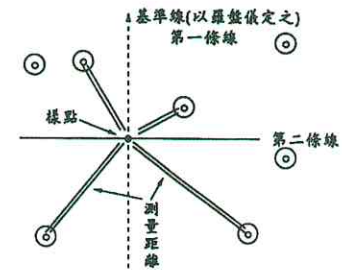


圖 2-10 點中心四分法

- 量測每一象限中，距此樣點最近之林木與此樣點間之距離，並參考表 2-6 記錄每一樹種名稱與胸徑，以供分析使用。

表 2-6 點中心四分法調查表

測點	象限號碼	林木種類	胸高直徑(cm)	距離(cm)
1				
2				
3				

三、點框法(point-frame method)

本法亦稱點截法(The point-intercept method)、點樣區法(point-quadrat method)。其原理為估測植物覆蓋度時，將植物覆蓋的輪廓描繪至方格紙上，然後計算其所佔方格數，所得加以計算即為此植物之覆蓋度。量測時，所適用器具為點頻度框如圖 2-11。此框架係由木材所製，高與長均為 1 m，具有十根與支架等長之線針，從孔中

穿插而過。此框因高度受限，故只適用於一般高度(20~50 cm)之草本植物或低矮灌木群等。取樣時，因沒有邊界及面積之限制，僅需考慮位置因子，故其為最簡單、迅速之調查方法，但一般以調查下層植物為宜。點頻度框之尺寸、孔數多寡或線針間隔可視草本植群情形調整，亦可以貼地面板框降行調查如圖 2-12。

用此種調查方法，各植物種類之覆蓋度計算方法如下：

$$\text{種A之覆蓋度} = \frac{\text{種A被線針接觸到的點數}}{\text{所調查的線針總點數}}$$

$$\text{種A之相對覆蓋度} = \frac{\text{種A的覆蓋度}}{\text{所有被調查到的植物之覆蓋度總合}}$$

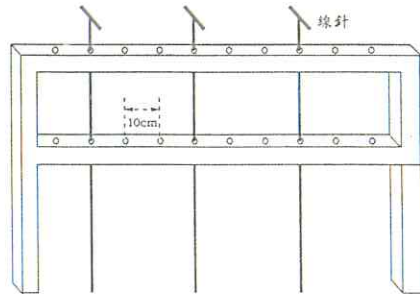


圖 2-11 點頻度框(point-frequency frame)構造示意圖



圖 2-12 點截法使用之板框

四、比特利西變徑法(Bitterlich variable radius method)

比特利西變徑法或稱為無樣區調查法(plotless method)，此法具有省時、省工、設備簡便等多重優點，使用器具主要為比特利西角度尺如圖 2-13。

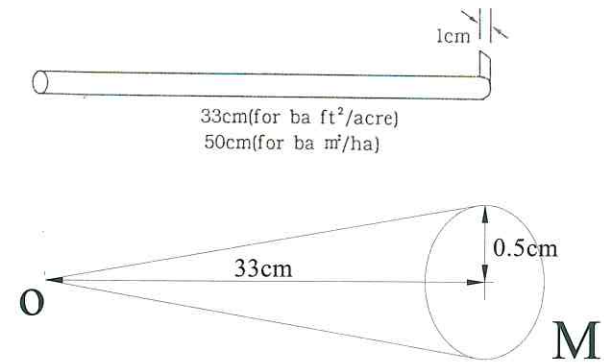


圖 2-13 比特利西角度尺

使用時將角度尺平坦一端持近眼睛，有橫板的一端則水平指向每一株林木，在一定點上繞一圈，若林木的直徑大於角度尺所挾的角度則予計數，並記錄其種類；若林木的直徑比角度尺所挾的角度為小，則不予計算。因繞著樣點的圓形樣區並沒有一定的直徑，其直徑係隨著每一被計算林木的直徑而定，故名為變徑法，同時因沒有固定的樣

區範圍，故亦屬於無樣區法。以角度尺來計算林木，林木能被計算到的株數，與其直徑的大小，或與每單位地表面積上的林木斷面積成正比。

此法主要目的為計算林木株數，無法估算頻度等相關介量僅能滿足莖覆蓋資料取得，於實際應用上並不適宜，主要原因為地形、植群型態等限制因子不易克服，或亦可能是對於此調查方法之生疏。

第三章 植生群落定性調查

植物定性調查為依均質程度，以優勢種植物為植生群落代表，於特殊地區進行潛在植生群落調查。定性植物社會特徵，通常藉由主觀觀察，就一植物社會所組成之植物，賦予依特性描述以表此植物之性狀，往後可藉由植物性狀間接瞭解當地環境特性。

3-1 植物之生活型

植物依生活型態，可區分喬木類、灌木類、藤本、草本等生長型(growth form)，此外亦有浪氏(Raunkiaer)等不同派別之分類生活型(life form)。生長型即是植物的形狀類別，依植物特徵如高度、木本、草本、莖型、落葉或常綠等進行分類；生活型意指植物對於綜合生活環境條件長期適應而形成植物種類，為植物對一定生活環境適應一種表現方式，一般多採用浪氏生活型分類系統。

進行植物定性調查時，應於集水區植生調查的植物名錄上，註明植物種類之生育型態屬性，以利於植生復原或水土保持、景觀利用選擇合適的種類。

一、浪氏(Raunkiaer)之生活型

浪氏(1934)所謂生活型意指植物為適應各種氣候所具有之特殊習性，主要是根據植物對不良環境抵抗力及適應性分類，浪氏依植物此型態初步分類：

1. 挺空植物或地上植物(Phanerophytes)

此種植物多為喬木，其芽所受之保護最少，依喬木或木本植物之高度，可分為大喬木植物(Megaphanerophytes)、中喬木植物(Mesophanerophytes)、小喬木植物(Microphanerophytes)及灌木植物(Nanophanerophytes)等四種類型。

2. 地表植物(Chamaephytes)

生存芽位於離地面甚近之枝上(通常不超過 25 cm)，可受冬雪或植物遺體枝葉層之保護，如一般小灌木植物，其植物體及花軸均為背地性，花只出現於適宜季節，即生長季。

3. 半地中植物(Hemicryptophytes)

生存芽恰位於土表，可受冬雪、落葉層及土壤之保護，大多二年生及多年生之草本均屬此型。此種植物多數出現於有明顯生長季之地區，換言之，此地區有一可見之不良環境，即低溫或者乾燥之時期，但此時期不會太長。半地中植物又可細分為如下之亞型：

(1) 原始半地中植物(proto-Hemicryptophytes)

此種植物在發芽時，形成明顯而挺空之莖，為背地性，生存芽位於基部，花軸自莖之上部或中部抽出，最大之葉生於莖之中部，而上下方之葉逐漸縮小。

(2) 半放射葉半地中植物(partial Rosette plants)

具有莖，但葉大多生長在基部，節亦密集於此，通常第一年發生放射狀之葉，第二年再生挺空之莖，上部開花，亦有在同一年開花者，因葉集基部，芽所受之保護，較原始半地中植物為大，故更能適應不良環境。

(3) 半匍匐莖半放射葉植物(half-creeping partial Rosette plants)

植物發芽後，莖先作水平匍匐延伸，其向性與地心成直角，與橫走莖相似，至某一長度後，則變成背地性，由此向空中發展成直立之莖，並生出放射葉，繼而伸出細長之花軸而開花，其生存芽位於放射葉下方之莖上。

(4) 放射葉半地中植物(Cosette plants)

此種植物最大之特徵，為不具有莖，放射葉全部根生(radical)，通常第一年生放射狀葉，第二年才抽出挺空之花軸而開花，花軸上不具有葉。

4. 地中植物(Cryptophytes)

生存芽完全埋入土中或浸入水中，在不良季節時，可受土壤或水之保護。其中生於水中者，稱為水中植物(Hydrophytes)，又分為沉水植物(submerged plants)、挺水植物(emerged plants)及浮水植物(floating plant)；生於土壤中之陸上植物，稱為土中植物(Geophytes)，在不良季節時，地上部分枯萎，而生存芽則位於土壤中之特別器官上。茲依其地下器官，再分為下列各亞型：

(1) 地下莖土中植物(rhizome Geophytes)

具有水平之地下莖，雖不膨大，但帶有生存芽。地下莖之向性與地心成直角，但有時也可上下移動，以保持適當之深度，在生長季節可發生背地性之莖，並迅速開花結果，完成其生活週期。

(2) 塊莖土中植物(stem-tuber Geophytes)

水平之地下莖膨大成塊狀，是為其貯藏組織，並帶有生存芽。

(3) 塊根土中植物(root-tuber Geophytes)

根膨大成塊狀，並帶有生存芽，其貯藏之養分，可供發芽之用。

(4) 球莖地中植物(corm Geophytes)

地下莖膨大成球形，帶有生存芽，並具有多數節，且由膜質鱗片予以保護。

5. 一年生種子植物(Throphytes)

無生存芽，植物在極短之生長季中完成生活週期，而以種子之休眠形態渡過不良季節。

浪氏之生活型分類，除上述五大型以外，另分出肉質莖植物(Succulent-stemmed plants)及著生植物(Epiphytes)二類，隸屬於地上植物。

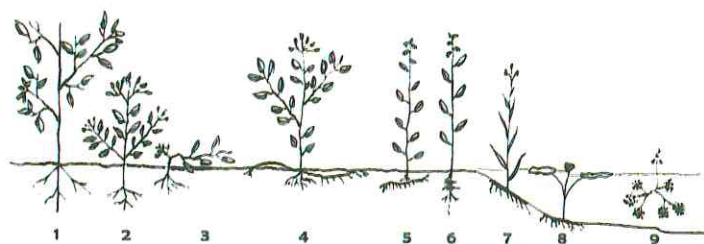


圖 3-1 浪氏生活型之圖示

註：1 地上挺空植物；2~3 地表植物；4 半地中植物；5~9 地中植物

二、生活型譜分析

依照浪氏之理論，一地區植物主要之生活型與當地氣候有關，故可將植相中之各植物，分別歸入其所屬之生活型，然後統計各型所佔之種數百分率。如此形成之數列，稱為生活型譜(life-form spectrum)。浪氏有系統地從世界各地選出 1000 種植物，並分析其生活型，建立所謂常態譜(normal spectrum)，以此作為評估各地生活型譜之一般根據，並顯示各地氣候及植相之分化情形。

台灣地區各地森林之植生群落分析，為數甚多，對生活型譜之分析，亦不在少數。分析方法，大多採用浪氏之系統，計分成 10 群，其沿用代號如下：

S：肉質莖植物

E：著生植物

MM：大喬木及中喬木植物

M：小喬木植物

N：灌木植物

Ch：地表植物

H：半地中植物

G：土中植物

地上挺空植物

HH：水中植物(Hydrophytes)及喜水植物(Heliophytes)

Th：一年生種子植物

Dansereau(1957)曾對若干浪氏之生活型略作修正，將藤本植物分出，列為攀援性地上植物(climbing Phanerophytes)以 Ps 代號表示；下表 3-1 茲以浪氏為基礎，另加入藤本(Ps 或 V)以比較台灣各地之生活型譜。

表 3-1 台灣各地之生活型譜

地點或植群	資料來源	植物 總數	S	E	MM	M	N	Ps (v)	Ch	H	G	HH	Th	Ph
鵝鑾鼻海岸林	正宗嚴敬 (1931)	143	0.7	0	2.1	42.7	17.5	0	15.4	4.2	0.7	0	16.8	63
南插天山	鐘補勤 章樂民 (1954)	338	0.59	6.52	13.3	15.4	32.6	0	21.9	0.29	1.77	2.07	5.50	68.47
大元山	章樂民 (1961)	263	0	13	11	25	24	0	11	12	0	0	4	73
鹿場大山	柳楷 章樂民 (1962)	332	0	0	25.28	14.15	17.76	7.83	12.6	8.73	3.3	0.3	8.43	65.02
大甲溪肖楠林	章樂民 (1962)	118	0.8	5.1	30.5	1.7	31.4	6.8	13.6	7.6	1.7	0	0.8	76.3
紅檜扁柏混交林 (太平山)	章樂民 (1963)	74	0	0	16.5	24.3	32.4	5.4	17.5	1.35	0	1.35	1.35	78.25
熱帶雨林	章樂民 (1966)	201	0	8.5	40.8		15.9	12.4	19.4	0	1.0	0	2.0	77.6
鴛鴦湖	柳楷 徐國士 (1973)	103	0	2	9.26	12.96	30.56	8.33	12.04	4.63	1.85	10.18	8.33	63.08
溪頭	劉崇瑞 柳重勝 (1975)	1013	0.6	10.66	6.61	11.05	19.34	0	7.2	26.45	2.07	2.46	13.46	48.26
船帆石海岸林	Wang, C.K (1975)	178						17.9	10.1	9.6	1.7	0	9.6	51.1
南仁山	劉崇瑞 劉儒淵 (1977)	974	1.03	4.11	7.91	16.3	14.89	11.09	7.14	19.18	1.64	4.62	13.4	55.33
台東海岸山脈	劉崇瑞 蔣鴻傑 潘富俊 (1978)	801	1.25	4.37	11.23	10.74	26.97		8.74	18.97	2.75	3.5	11.48	54.56

說明：由上表可見，臺灣之生活型譜，雖各地植群有所差異，表中分類系統也稍有不同，但均以地上挺空植物佔優勢(高山植群除外)，以中海拔至低海拔地區而言，地上植物(包括藤本、肉質莖植物及看生植物)之百分率高達 50~70%，足見臺灣大多數地區屬於溫暖多雨之地上植物氣候。

三、木本植物之特性與分類

1. 基本特性

木本植物(arboreous plants)有高聳而生存一年以上的莖，且其形成層能年年增長以增大直徑的植物，木本植物亦通稱為樹木。

木本植物對於物候之變化，係因植株本身一般在短期內無消長之變化，故種類較不會因調查時間而有出入。故於季節性調查中，強調植物之生長、開花結果等週期之記錄。

2. 依整體型態分類

(1) 喬木類(trees)

樹體高大，有明顯主幹者且具頂芽生長優勢。又可依樹高區分為：

- A. 大喬木：具有明顯主幹者，且樹木高度在 12 m 以上屬大喬木。如樟樹、烏心石、楓香等植物。
- B. 中喬木：具有明顯主幹，樹木高度在 9~12 m 屬中喬木。如羅氏鹽膚木、九芎、白雞油等植物。
- C. 小喬木：具有明顯主幹，且樹木高度約為 4.5~6 m。如臺灣石楠、森氏紅淡比、大頭茶等植物。



大喬木(青剛櫟)



中喬木(九芎)



小喬木(森氏紅淡比)

圖 3-2 喬木類植物圖例

(2) 灌木類(shrubs)

樹體矮小(5 m 以下)，無中心主幹，分株部位接近地面，及其枝下高較小，如月橘；而植物枝下高的大小，亦可以作為喬木與灌木的區分。

- A. 高灌木：無明顯主幹或主幹甚短者，高度約為 2~4.5 m，某些種類之葉片可延展至地面。本分類植栽如臺灣山芙蓉、臺灣山桂花、滿福木等。
- B. 中灌木：無明顯主幹或主幹甚短者，約為 1~2 m，葉片延伸至地面或稍高於地面。本分類植栽如臺灣馬醉木、山薔薇、淡綠葉衛矛等。
- C. 低灌木：無明顯主幹或主幹甚短者，高度約在 1 m 以下，30 cm 以上。如冬葵子、金午時花等。



高灌木(山芙蓉)



中灌木(桃金娘)



低灌木(冬葵子)

圖 3-3 灌木類植物圖例

(3) 藤本類(lianas)

必須攀附他物才能向上生長的植物，一般多借助於吸盤(如地錦等)、吸附根(如凌霄花等)、卷鬚(如葡萄等)、蔓狀枝條(如九重葛)以及幹莖本身纏繞性而攀附它物(如台灣葛藤)。



九重葛(蔓性藤本)

台灣葛藤(纏繞性藤本)

圖 3-4 藤本類植物圖例

3. 依落葉特性分類

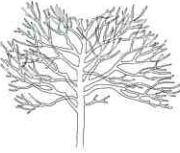
上述喬木、灌木若依落葉性，可區分為落葉樹或常綠樹。

(1) 落葉樹(deciduous trees)：指冬天樹葉全部脫落的喬木、灌木，如落羽松、欖仁、楓樹、台灣欖樹等。

(2) 常綠樹(evergreen trees)：指終年具綠葉的喬木、灌木，如樟樹、杜英、青剛櫟、香楠、榕樹等；台灣大部分的樹木多屬之。

4. 依地上部枝幹形態分類：

表 3-2 地上部枝幹形態對照表

株幹形態	代表喬木	植物照片	枝幹形態
垂枝	垂柳		
橫枝	小葉欖仁		
直立枝	龍柏		
開展枝	羅漢松		

株幹形態	代表喬木	植物照片	枝幹形態
角枝	楓香		
展枝	榕樹		
曲枝	日本黑松		

四、草本植物之特性與分類

1. 草本植物之定義

草本植物(herbaceous plants)係指植株之莖無木質化，而為草質莖或多肉質莖之植物。與草本植物之名稱相似或相關連之名詞，為便於區分，茲分別說明如下：

(1) 草地(lawn)

禾本科植物或類似禾本科之纖細外部形態之植物群落，自然生長或因人為經營管理後頗為整齊劃一，且大面積覆蓋地表面者。特指土壤表層部分被植物根與匍匐莖佔據，全體緻密土壤表

面部分。

(2) 地被植物(ground covers, ground cover plants)

為保護土地表面或工程構造物表面之自然風化作用，或人為造景、工程應用目的之地點，密植被覆地表用的植物稱之。依利用目的可分為耐踏壓與不耐踏壓地被植物，且不分木本植物或草本植物均可適用。由於上述之解釋涵蓋太廣，因全部的植物在粗放管理下，也可自然地生長於地表面且細密覆蓋之。因此，限定在修剪容易且維持低高度之植物種類，並依其利用或生長之目的做為目前地被植物材料之主要考慮要件。

(3) 緻密草皮(turf)

均質且密生之草地，莖葉部地下匍匐莖、根群等密生而形成地毯狀，以及包括地表部分之土壤層整體稱之。如高爾夫球場之草皮或低割造成均勻之草皮。

(4) 草皮草種(turf grass)

構成緻密草皮之植物種類稱之，通常以具有纖細莖葉，植株高度較低之禾本科植物為主。

(5) 草皮(sod)

上述緻密草皮切割成一片片含土壤、根群及密生莖葉部分稱之。通常指以做為草皮營養繁殖或草皮鋪植之材料而言。

(6) 草原(grassland)

禾本科草類植物占優勢之植物群落，且地面上草本植物占50%以上之覆蓋度者稱之。在農業應用上之草原草地依草之高度區分為長草型草原或短草型草原，或可區分為人工草地、天然草地、放牧地、採草地等。

2. 草本植物之功能

草本植物具有一些特性，這有助於它在裸露地上生長，並可達到如下的保育功能：

(1) 莖矮且柔嫩，生活史短，枯死後可做為土壤中的有機質。

- (2)生長快速而密集，匍匐地面，可覆蓋土壤免受侵蝕。
- (3)草類種類繁多，可因地制宜，選擇適合當地條件的草類種類，克服惡地形。
- (4)草類的根系短，分布在土壤表層，可擔任固結土壤的角色。
- (5)具自播性、易繁殖、生命力強、侵略性強，適合初期快速的荒山綠化之用。

草本植物在植生綠化上的利用，包括可做為崩塌地泥岩惡地形初期植生覆蓋、果園覆蓋、道路邊坡植生、景觀造園、綠地植草、一般坡面噴植用種子材料等。

3.禾草植物

於水土保持應用上多選用禾本科草類作為植物導入首要選擇，因其易管理、易生長等特性，因此為地被植物材料主要考慮要件，有關禾草之各部位形態特徵如圖 3-5 所示，茲介紹如下：

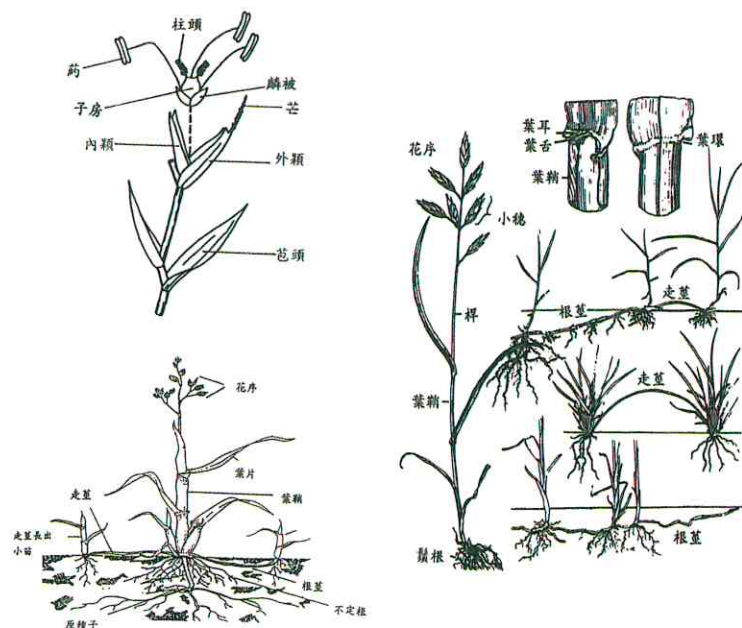


圖 3-5 草類之形態(禾草)

(1) 稈、地下莖及根部

禾本科植物的莖通常呈圓形而中空有節，唯在部分禾本科植物中，稈之中空部分，因節內之稈壁有橫隔板存在，將稈閉塞，而為髓所填滿成為實心者，如甘蔗、玉蜀黍、高粱等。在某些禾本科植物中，稈亦有扁平者，如兩耳草。禾本科植物之生長通常極為迅速，每節葉鞘包圍的節間基部均具有細胞分裂能力的節間分生組織，可以繼續不斷的進行細胞分裂、生長。

禾本科植物的莖，若生長在地面上，其節間延長，每節生根蔓延者稱為匍匐莖(stolon)，匍匐莖有時離地面之距離較高，其莖生長數節後觸地再生根，又可稱為走莖，如狗牙根。有些匍匐莖緊貼著地面生長，如類地毯草。而若生長於地下，節間緊縮、略膨大成白色或褐色，且具有鱗片者，稱為根莖(rhizome)，如百喜草。稈或地下莖之每節均有芽，若屬稈基部的芽，長出新枝生根所形成者，則稱為分蘖。

禾本科植物的根系均為鬚根(fibrous roots)；穎果萌芽時最先長出來的胚根(radicle)，在早期即停止生長，而為不定根(adventitious roots)所取代。

(2)葉

禾本科植物的葉由葉鞘、葉片及葉舌所構成。葉鞘通常呈圓筒形，包圍稈節；但亦有扁平或有脊者；或膨脹而疏鬆形成浮囊狀者。在竹類及較原始的禾本科植物中，其葉鞘之頂端具關節，葉片由此掉下，稱為鞘節(sheath node)。葉鞘有較節間長者，亦有較節間短者，成為區別種類的重要特徵之一。葉片位於葉鞘上面，其形狀為線形扁平而無葉柄，即通常被稱為葉子的部分。生長在熱帶森林邊緣的種類，葉身常短而寬，呈披針形、橢圓形、卵形；生長在乾旱地或砂丘的禾本科植物則其葉片常呈針狀。

葉片與鞘相連接處之內側，具一膜質狀或纖毛狀之突起物，稱為葉舌。葉舌之質地、形狀、毛茸之有無，可作為鑑定種類之

重要特徵。葉片的基部兩側有時尚有一對耳狀突起物，是為葉基之一部分。



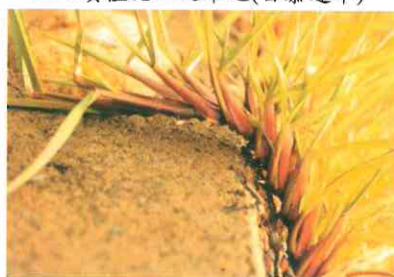
天然草原(類地毯草)



人工噴植施工之草地(百慕達草)



梨園內之兩耳草



百喜草單株(大葉品系)

圖 3-6 禾本類植物圖例

五、藤本植物之特性與分類

1. 基本特性

藤本植物亦稱為蔓性植物，係指其莖的主幹不能直立，須靠其莖纏繞他物、或靠特殊器官攀附他物上升或貼覆地面而生長的植物。

2. 依生育型分類

藤類植物依蔓莖之木質化程度可分為草本的草質藤類和木本の木質藤類。藤類植物依其生育型(growth form)、莖的外部形態、構造及其生育狀態的不同，其伸長與攀援方法包括吸附生長、下垂覆蓋、鋪地覆蓋、纏繞伸長、卷鬚伸長等，茲介紹如下：

(1) 蔓狀藤類(decumbent vine)

莖為蔓狀或半蔓性狀，無特殊攀援器官者。如苦藍盤、扛香藤、白花藤、軟枝黃蟬、大頭艾納香、九重葛等。

(2) 伏生藤類(prostrate vine)

莖呈匍匐狀臥生於地面者，無走莖或不每節生根的匍匐藤類。如濱刀豆、濱豇豆、蟛蜞菊、雙花蟛蜞菊等。

(3) 匍匐藤類(creeping vine)

莖匍匐地面，能從每節生根或具有橫行於地面的走莖者。如蔓荊、濱水菜、濱刺參、馬鞍藤、白花馬鞍藤、過江藤、蛇莓、蚶殼草、單花蟛蜞菊、過長沙等。

(4) 纏繞藤類(twining vine)

莖本身纏繞它物上升者，其纏繞莖左旋上升者如台灣葛藤、野木瓜、牽牛花、菟絲子、無根藤、串花藤、落葵等。其右旋者如血藤、日本山藥、葎草、忍冬等。而部分植物的纏繞莖兼有左旋與右旋者，如何首烏。

(5) 攀援藤類(climbing vine)

靠特殊器官攀附他物上升者。可區分如下：

- A. 根攀：如附著根附著他物生長，如風藤、抽葉藤、長春藤等；另有卷鬚具吸盤，附著伸長似根攀者，如地錦(爬牆虎)。
- B. 刺攀：以棘刺或鉤刺塔懸他物攀昇，如黃藤、扛板歸及金劍草等。
- C. 卷攀：以卷鬚或葉柄盤繞他物上升，如葡萄、絲瓜、鐵線蓮等。

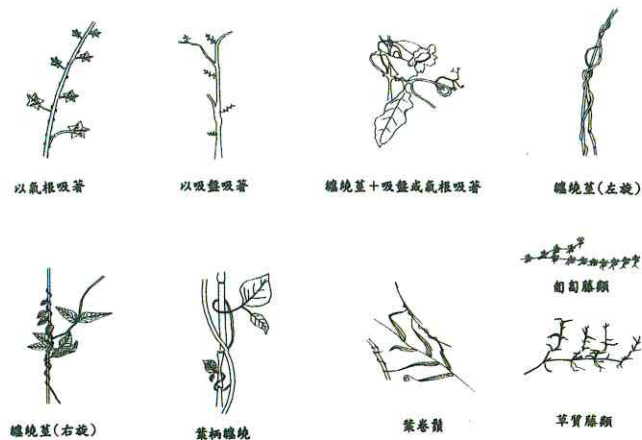


圖 3-7 藤類植物主要攀援生長方法示意圖



纏繞藤類-槭葉牽牛



攀援藤類-卷攀(菝葜)



攀援藤類-根攀(地錦)



纏繞藤類(老荊藤)



匍匐藤類(蔓荊)



纏繞藤類(山林投)

圖 3-8 藤類植物之攀援類型及代表植物

3. 藤類植物應用

(1) 藤類植物之應用條件

藤類植物種類甚多，其中可供為環境綠化上用途之植物，需具備某些特殊條件，才能達到所設計之綠化目的與效果。茲歸納如下：

- 木本藤類在環境綠化上之應用價值較高，唯部分多年生草質藤類亦可擇地使用。
- 生長快速，能早期全面覆蓋。
- 生長強健，病蟲害少。
- 綠化覆蓋後具美觀效果。
- 容易維護管理。
- 扦插或種子繁殖容易。
- 具大面積推廣價值。
- 在耐旱地或土壤貧瘠地區能生長良好。

(2) 藤類植物之應用地點

早期藤類之利用主要為配合庭園美化之栽植設計，而使用於環境綠化或配合坡面植生工程之藤類穴植、栽植槽植藤等綠化工法，則為最近 10 餘年來才被廣泛推廣應用。目前除石牆、建築物壁面或隔音牆之綠化需使用藤類外，有關特殊地區如礦區綠化、棄土地綠化、崩塌地植生、紅土礫石地綠化、海岸砂地或岩岸之植生等，亦廣泛使用藤類做為植生材料。另外，以藤類做為地被植物之材料亦有漸趨增加之情形。此原因一方面係因藤類之生長、管理與維護容易；一方面可以由點之栽植達到全面綠化之效果。

六、水生植物之特性與分類

1. 基本特性

水生植物意指生長於水中之植物群落，一般依生長型態分為沉水、漂浮、固著(主要為固著浮葉植物)、挺水植物群落如圖 3-9。

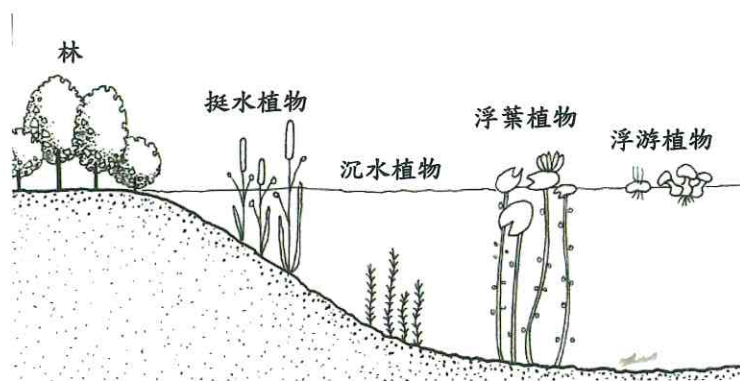


圖 3-9 水生植物生長型態示意圖

2. 依生長型態分類

(1) 沉水植物群落

此類植物完全沉浸在水中，沒有水上形態，它們多生長在水較深的地方，根長在土裡，葉片通常呈線形、帶狀或絲狀。大部分的種類會在繁殖時期將花挺出水面，以便授粉。

(2) 漂浮植物群落

此類植物的根沒有固定在土裡，植物體會隨著水流四處飄行，而且通常體型較小、繁殖力驚人。

(3) 固著(固著浮葉植物)植物群落

根莖或球莖固定於水底的泥土裡，葉片由長長的葉柄支撐著，平貼在水面，葉片通常呈寬大的圓形或橢圓形。和挺水植物一樣，浮葉性植物也會長出沉水葉。

(4) 挺水植物群落

此類植物通常生長在水邊或水位較淺的地方。同沉水性植物其根亦生長在土裡，但葉片或莖卻挺出水面；花大多於水面上開放。

3-2 植物之群集性

一、植物族群之群集與功能

1. 植物族群之社會度

植物族群的社會度(sociability)係指植物族群個體聚集之程度，即群族個體之相對群居性或集結度(relative gregariousness or clumping)，社會度可分為五級，用於野外調查時之估測如下表所示。

表 3-3 植物族群社會度分級表

級序	生長型態	示意照片
第一級 (soc.1)	單株生長 (Growing Solitary, Single)	
第二級 (soc.2)	形成集團或密生之群體 (Forming clumps or dense groups)	
第三級 (soc.3)	形成小塊群體或被覆情形 (Forming small patches or cushions)	

第四級 (soc.4)	生育成小塊聚落或形成較大面積之被覆情形 (Growing in small colonies or forming larger carpets)	
第五級 (soc.5)	生育成大塊群體，幾乎成為純林植物相分 (Growing in larger, almost pure population stands)	

2. 林帶植物之群集性

林帶(woody strip)係指樹冠層較週邊環境高之樹木群體，其包含防風林(windbreaks)、樹籬(hedgerows)及林地廊道(woodland corridors)等，說明如下：

(1) 防風林(windbreaks)

指用來作為防風用途的林帶，包括海岸防風林、耕地防風林等。

(2) 樹籬(hedgerows)

泛指從窄的線狀廊道至寬度由數行喬木或灌木所構成的綠籬，主要用途為分隔開放的空間。樹籬(hedgerows)這名詞是一個通稱，包含任何機械所造成的籬笆(fencerows)、田籬(planted hedges)或是殘留的線狀樹林(remnant lines of trees)。

(3) 林地廊道(woodland corridors)

亦常簡稱為林帶，係指由自然生長或人為栽植之較寬樹林帶。

所有的林帶都與人類的起源相關，有些可能是人為所種植的，而有些則是因為人類的活動而形成的。通常這些林帶都較直、較窄，且需要較多經費去維護。

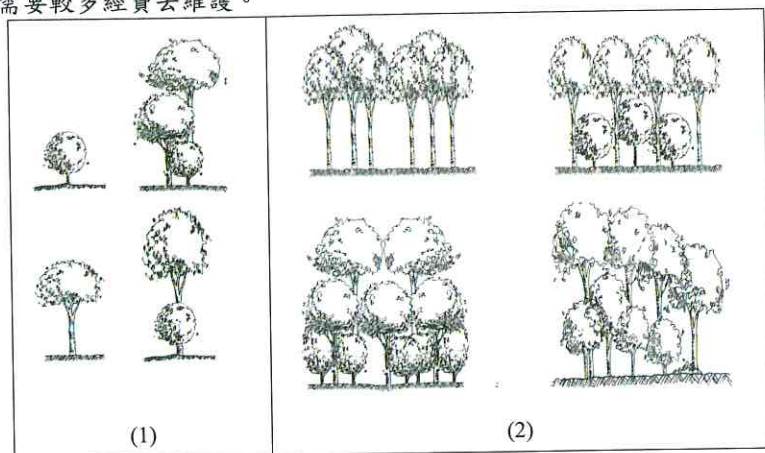


圖 3-10 林帶植物群集性示意圖

說明：(1)單行林帶(single-row strips)：包括綠籬、行道樹及一些自然生長的單行綠帶。

(2)多行林帶(multiple-row strips)：係指由人為所種植的複層綠帶，常見的像是防風林帶或緩衝林帶。

二、植生群落之結構特性

植生群落一般具有下列基本特徵：

1. 有一定的生物組成。
2. 各種生物互相依賴、相互影響。
3. 生物族群與其環境關係緊密並相互影響。
4. 族群中的生物常有優勢分子，主導族群的表現。
5. 在生物分布上有分層現象，在時間上有晝夜節律、季節變化和消長等現象。

1. 植生群落之物種結構

在某些植生群落中，有少數樹種的數量或活動可以產生控制或主導族群的作用，稱為優勢種。例如臺灣針葉林中的鐵杉和冷杉，它們不只是生產者，也是動物生活的庇護所，它們的發展對整個族群結構會產生一定的影響，是臺灣針葉林中的優勢分子。而陸地生物群集中，通常會以該地優勢植物命名如「五節芒植群」中的五節芒為優勢種；高山地區「箭竹林」中的箭竹為優勢種。以不同優勢種所形成的植物群落，其物種結構不同，植群外貌也就不同。如落葉林植群、高山針葉林植物群落、珊瑚植物群落、海邊防風林植物群落等。

2. 空間結構

生物族群的空間結構，係指某種生物的各族群在空間上的配置狀況，包含各植生群落之層次(垂直結構)和水平結構。

(1) 植生群落之層次(垂直結構)

森林植生群落社會有高度之層次分化(Stratification)如森林層次中多分為 1. 地被層 2. 灌木層 3. 喬木層 4. 草本層 5. 樹冠層等，如圖 3-11 所示。有些植物固定生育在某一層次(layer)，且層次高低可顯示整個植物社會優勢度之控制程度，故進行植生調查之時應分別依植物層次予以分類，於每株植物賦予記號，以便記錄各層次之植物。

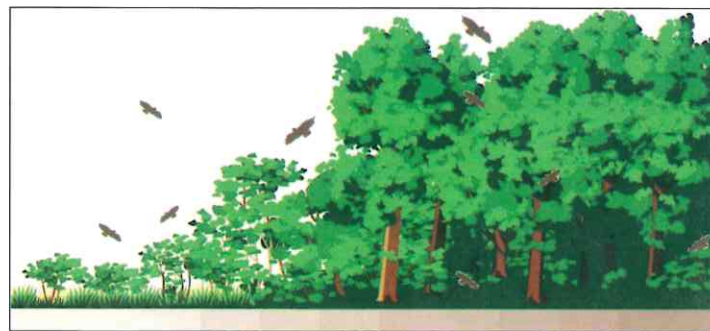


圖 3-11 具有高歧異度的複層林(修改自 FISRWG, 1998)

(2)水平結構

植物之組成結構會因為地理位置、地質、地形、光照的明暗、濕度等因素，使植物呈現成群的水平分布。以水庫濱水帶(含保護帶)為例，在水域周邊或濕度較大的區域常見巴拉草、開卡蘆及象草成群的生長，而陽光充足的貧瘠地或崩塌跡則遍生五節芒。裸露岩層或林地外緣常見台灣蘆竹、杜虹花等陸域地區(根系不受水位影響之範圍)則常見相思樹、構樹、桂竹、山黃麻等，如圖 3-12 及圖 3-13 所示。



圖 3-12 明德水庫濱水帶(海棠島)植生結構(含優勢物種標示)



圖 3-13 寶山第二水庫濱水帶植生結構(含優勢植物標示)

3-3 植物之物候性

物候現象主要是受到遺傳因子及環境因子影響，不同的植物有不同的物候現象。同一種植物在不同的生育地，物候現象亦可能不同；甚至不同的單株也會呈現不同的物候現象。台灣對於物候的調查大多是針對一個地區的所有植物來做觀察紀錄，而藉由瞭解植物之物候現象可作為氣候指標，亦可反映植物生育地外在環境之差異，以及每年四季之提早、遲延及異常等，因此對於植物物候學之瞭解是不可或缺的一環，其可作為調查區環境因子變化之指標。

生態系在自然氣候、環境或人為干擾狀態下形成一個動態的生物共同體，其所組成的各種生物可能有其消長變化，亦即在單一時段觀察時，可能無法掌握當地所有植物種類或生長週期，而無法對該地植物生態環境描繪完全。故應考量調查野生種及當地栽植種，是否有季節性之變化。

一、植物物候週期區

一般植物物候期區約可分為下列 8 期如下表 3-4 所示。

表 3-4 植物之物候期區及其生長型態

物候期	型態
抽芽期 (budding phase)	芽苞膨大開始抽長至芽伸出嫩葉的尖端
幼葉期 (tender leaf phase)	可以明顯地看出綠色葉芽起至葉展開且葉未完全變色
展葉期 (leafing phase)	葉片展開至葉完全平展並轉變為成熟葉色為止
落葉期 (leaf falling phase)	針對落葉樹種而言，在秋冬時葉開始掉落至葉片完全掉落
開花期 (flowering phase)	花苞開始膨大或花序抽長至花落
結果期 (fruiting phase)	雌花柱頭變黑為幼果期之開始到果實長大至成熟時之大小
熟果期 (mature fruiting phase)	果實開始由綠轉為褐色
落果期 (fruit falling phase)	果實開始掉落至全部掉落止

二、植物物候性觀測

1. 觀測植物的選擇

若欲取得等物候性之資料，則所觀測的植物要有分布的廣泛性，群落中物候觀測的物種可為優勢種。在觀測時，應選擇生長發育正常並已開花結實的植株作為觀測植物，觀測植物選擇好以後，應作好標記，並記錄其基本特性。

2. 觀測地點選擇

以研究目的為依據設立一定樣區面積，且此樣區地形因子變化差異小並按照取樣規則確立一定數量的觀測植物。

3. 觀測日期的確定

觀測日期隨研究目的而定，而研究樣地則按統一規定的觀測日期進行，一般約 3 天左右觀測一次；而在開花期和結實期觀測次數可多些，最好每天觀測一次。每天觀測的時間在中午或下午為宜。如果在同一個目的同時在多個地點進行觀測時，其觀測日期必須相同。

三、物候觀測指標的確定

物候觀測應按照統一的指標(物候期)進行。植物的物候期大體上包括：I. 幼苗；II. 營養期(禾草的分蘗、葉簇和枝條的形成，抽莖和分枝、出葉等)；III. 孕蕾期；IV. 開花期；V. 結果期；VI. 果熟期；VII. 下種期(成熟的果實、種子、孢子和其他繁殖體脫離母體)；VIII. 果後營養期。在實際觀測當中，還可根據研究目的及所觀測的物件不同，進行必要的調整。

1. 木本植物之物候指標

對於木本植物，所觀測的物候期可細分為：I. 萌動期；II. 展葉期；III. 開花期；IV. 果實或種子成熟期；V. 新梢生長期；VI. 葉變色期；VII. 落葉期等 7 個時期，各時期之觀測記錄之項目如列表 3-5。

2. 草本植物之物候指標

對於草本植物，所觀測的物候期可細分為：I.萌動期；II.展葉期；III.開花期；IV.果實或種子成熟期；V.枯黃期等5個時期，各時期之觀測記錄之項目如列表3-6。

3. 蕨類植物之物候指標

對於蕨類植物而言，主要是指其無性世代的物候期，大致可分為：I.葉的出現(卷葉)；II.卷葉完全伸展；III.孢子囊的出現；IV.孢子成熟(孢子囊顏色變深，震動時有孢子散落)；V.死亡期或休眠期(地上營養部分乾枯)。

表 3-5 喬木、灌木植物物候觀測記錄表(例)

物候觀測單位：	觀測人：	觀測日期：
編號：____；中名：____；學名：____；樹齡或種植年代：____		
觀測地點：____縣(市)____鄉鎮____；X：____Y：____；海拔____m		
生態環境：		
地形及坡度：____土壤類型及酸鹼度：____伴生植物：____		
I 萌動期		
1.葉芽開始膨大期：____2.葉芽開放期：____		
3.花芽開始膨大期：____4.花芽開放期：____		
II 展葉期		
1.開始展葉期：____2.展葉盛期：____		
III 開花期		
1.花蕾或花序出現期：____2.開花始期：____		
3.開花盛期：____4.開花末期：____		
5.第二次開花期：____		
IV 果實或種子成熟期		
1.果實或種子成熟期：____2.果實或種子脫落開始期：____		
3.果實或種子脫落末期：____		
V 新梢生長期		
1.一次梢開始生長期：____2.一次梢停止生長期：____		
3.二次梢開始生長期：____4.二次梢停止生長期：____		
5.三次梢開始生長期：____6.三次梢停止生長期：____		
VI 葉變色期		
1.秋季或冬季葉開始變色期：____		
2.秋季或冬季葉完全變色期：____		
VII 落葉期		
1.落葉開始期：____2.落葉末期：____		

表 3-6 草本植物物候觀測記錄表(例)

物候觀測單位： 觀測人： 觀測日期：
編號：____；中名：____；學名：____；樹齡或種植年代：____
觀測地點：____縣（市）____鄉鎮____；X：____Y：____；海拔____m
生態環境： 地形及坡度：____土壤類型及酸鹼度：____伴生植物：____
I 萌動期 1.地下芽出土期：____ 2.地上芽變綠期：____
II 展葉期 1.開始展葉期：____ 2.展葉盛期：____
III 開花期 1.花蕾或花序出現期：____ 2.開花始期：____ 3.開花盛期：____ 4.開花末期：____ 5.第二次開花期：____
IV 果實或種子成熟期 1.果實或種子開始成熟期：____ 2.果實或種子全熟期：____ 3.果實脫落期：____ 4.種子散佈期：____
V 枯黃期 1.開始枯黃期：____ 2.普遍枯黃期：____ 3.全部枯黃期：____

4.觀測與記錄

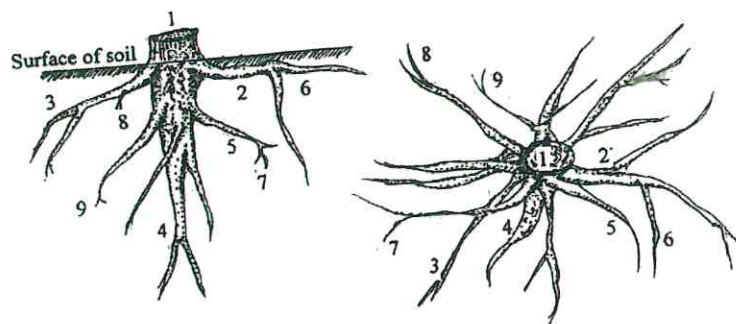
植物物候觀測的種類和數量可能很多，但均可根據不同的生活型（喬木、灌木、草本等）分別詳細記錄在不同表格上，且必須在觀測時隨看隨記，不要憑記憶事後補記。如遇到高大喬木肉眼難辨時，可借助望遠鏡，必要時用高枝剪切取相關部位進行觀察。由於對各物候期的理解和把握程度不一，因此在物候描述時文字要力求精練、規範，並最好附有標準圖，以利於觀測範圍內各地的觀測者掌握並取得統一標準。這樣的物候觀測資料如持之以恆則是頗有科學價值的。

對於一項完整的研究，為闡明在不同環境條件下物候期更替的差異，必須同時對其他環境條件加以並行觀測，例如微氣候、土壤化學成分與水分、以及植物本身的生理過程如光合、呼吸作用等。同時還需採集不同物候期的標本等。

3-4 植物之根系

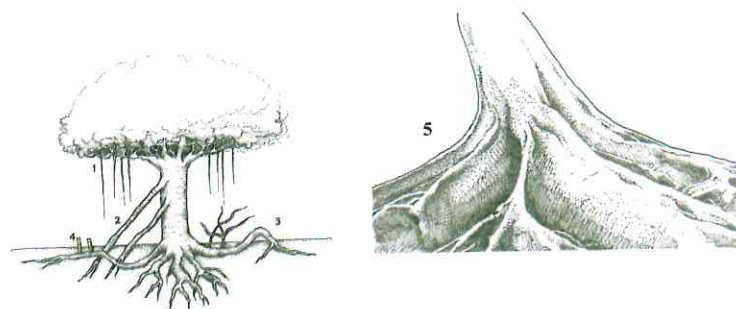
一、根系各部名稱

依過去文獻資料對根系各部名稱進行整理，可將根部進行各種分類：如分為直根、心根、側根(水平根、斜出根等)、吸收根；或分為直根、心根、平根；或分為根株、主根(直根、心根及平根)，副根(垂下根及突根)，細根(鬚根及吸收根)；最後，可依根系生長分布方向分為水平根、垂下根及斜出根。圖 3-14 與圖 3-15 分別為植物根系地下部及地上部各部位名稱示意(摘自顏正平，2004)。



- | | |
|------------------------|------------------------|
| 1. 根株 stump | 6. 垂下根 pendent root |
| 2. 水平根 horizontal root | 7. 突根 curt root |
| 3. 斜出根 oblique root | 8. 鬚根 hair root |
| 4. 貫入根(主根) tap root | 9. 吸收根 absorption root |
| 5. 心根 heart root | |

圖 3-14 植物根系地下部之各部位名稱



- | | |
|------------------|------------------------|
| 1. 氣根 air root | 4. 直立根(呼吸根) erect root |
| 2. 支柱根 prop root | 5. 板根 plank root |
| 3. 膝根 knee root | |

圖 3-15 植物根系地上部名稱

二、根系類型

一般對於植物地下部之瞭解，較地上部為少，蓋因根系之調查，實為一困難而繁重之工作，若非用力深掘，難窺全貌。植物根系除具生理作用外，尤具固土網結之機械功能，其作用主要取決於根系的分布狀態及力學強度，故植物地下部之研究至為重要，如造林樹種及立地選定、栽植距離、間伐疏伐、混交林之決定、林相改良、土地價值之評判及水土保持特定目的之應用等，若不瞭解其根系分布型態便無從著手研究。根系分布與基本型態分類如下表 3-7 及圖 3-16 所示。

表 3-7 根系類型及台灣地區常見植物對照表

根系類型	植物種類
平行型(P-type)	臺灣二葉松、山胡椒、麻六甲合歡、臺灣紅豆、楓香、楊梅、臺灣黃杞、山黃麻、稜果榕、小葉桑、蘋婆、山芙蓉、白袍子、土密樹、香港饅頭果、小葉桃花心木等屬之。
水平型(H-type)	琉球松、廣葉杉、臺灣扁柏、臺灣肖楠、刺番荔枝、樟樹、天臺烏藥、南投黃肉楠、墨點櫻桃、印度黃檀、長尾尖櫚、巒大石櫚、檳、臺灣朴樹、構樹、雀榕、山龍眼、薯豆、千年桐、血桐、重陽木、大頭茶、厚皮香、臺灣楊桐、番石榴、欖仁樹、龍眼、紫珠葉泡花樹、黃連木、山鹽荳等屬之。

根系類型	植物種類
平行與水平型 (PH-type)	紅花八角、烏心石、香桂、日本槿楠、五掌楠、江茛、蓮草、栓皮櫟、川上氏槭、苦扁桃葉石櫟、短尾葉石櫟、銀木麻黃、榕樹、倒卵葉山龍眼、黃槿、麻瘋樹、烏柏、山红柿、綠樟、柚木、九芎等屬之。
直角型(R-type)	濕地松、柳杉、紅檜、香楠、變葉新木薑子、相思樹、山羊耳、臺灣海桐、無患子、臺灣狄氏厚殼等屬之。
垂直與水平型 (VH-type)	臺灣冷杉、鐵刀木、大葉合歡、水柳、臺灣赤楊、木賊葉木麻黃、木棉、山柏、野桐、木荷、瓊崖海棠、大葉桉、苦楝、大葉桃花心木、檬果、破布子等屬之。
垂直型(V-type)	金合歡、銀合歡、白飯樹等屬之。
圓網型(M-type)	印度田菁、有骨消、山油麻、山漆莖、蓖麻、伯拉木、夾竹桃、埔姜、苦藍盤、馬纓丹等屬之。

(資料來源：顏正平，2000)

三、根系研究調查法

進行根系力學研究前，必須採用正確之根系調查法，方能在擾動最小的情況下獲得根系生長分布狀況，或取得有效之根系試樣提供相關試驗使用。Kolesnikov(1971)將根系調查法彙整分類如下所示：

1.壕溝開挖法(excavation method)

本法為最早期應用於生態學研究上之調查法。將植物之根系直接完全暴露於開挖面後，再進行後續之研究。開挖時，必須小心地以工具挖掘並移除根系周邊之土壤，並避免損害到根系主體。完成之開挖剖面，可依調查需求採用繪圖或是攝影等方式記錄根系分布狀況、相對位置及其他關係：

- (1)選定調查樹種
- (2)挖掘壕溝，其深度應達植物根系最深處(或調查所需深度)
- (3)移除根系周邊土壤
- (4)繪圖或攝影
- (5)儲存開挖之根系之樣本

本法在應用上，除直接開挖時最常採用之手工具，如圓鋤、方鋤、十字鎬等，於特殊情況為有效分開團聚於根系之土壤粒子，可搭配使用水沖法(本法相對於一般之乾式開挖又稱濕挖法)或是氣壓法。另外，相對於垂直開挖調查，亦有所謂的水平開挖法，很適用於調查大規模根系之水平面分布狀況。

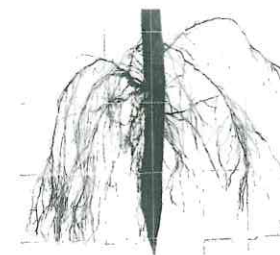
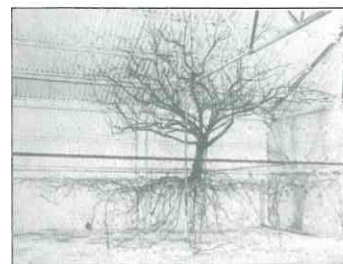


圖 3-16 九芎木椿根系



圖 3-17 水平根系開挖法

2.塊體法(monolith methods)

為獲致根系於土壤表層較為粗略之性狀，以小鏟等工具於土層挖成約 20 cm 正方之塊體，以調查根系狀況。一般可將塊體挖出並移置篩上，於浸泡後，使用水管及噴槍清洗根系，並以目視方式依其尺寸加以分類。

依照塊體的形狀或工作方法，本調查法如下圖 3-18~3-20 所示：



圖 3-18 一般塊體法根系調查
(方塊體法)

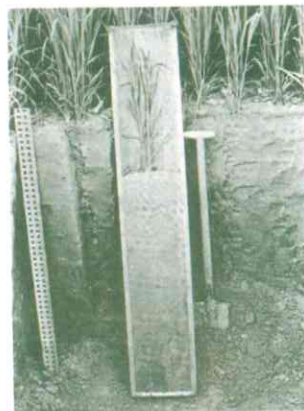


圖 3-19 一般塊體法根系調查
(箱體法)



圖 3-20 一般塊體法根系調查(針板法)

3. 螺鑽法(auger methods)

依使用設備及方法可分類為手動螺鑽法(hand auger methods)及機械螺鑽法(mechanized equipment methods)。利用手動或機械式螺鑽設備進行取樣及相關調查工作，適用於進行根系分布較深而窄之單株植物之調查。如下圖 3-21 所示。



圖 3-21 螺鑽法根系調查

樣心剝裂法(core-break methods)為觀察根系於土中之生長情形，將試樣儘可能在避免傷害根系下，小心剝裂，以進行樣心根系之調查。

4. 剖面法(profile wall methods)

當調查區位僅容許根系作局部暴露時，無法以壕溝開挖法之全面開挖調查，即可採用本法。依操作程序及目的可分類如下：

(1) 傳統壕溝剖面開挖法

利用人工或機械於調查區進行壕溝開挖，開挖時必須避免傷害到根系。開挖完成後，再以人工方式小心地清除壕溝壁面之多餘土塊，將根系暴露，以便於進行調查，如圖 3-22 所示。

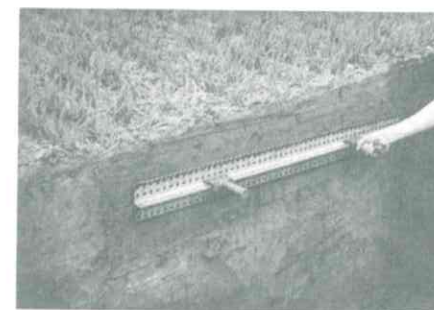


圖 3-22 清除壕溝壁面根系調查

(2)透明板法

為有效率調查根系，本法改良自傳統剖面法，於根系暴露並沖洗後，使用透明塑膠板或壓克力板等，於現場剖面前，直接進行根系分布之繪製或進行相關根系參數之量測及調查。

5.玻璃壁面法(glass wall methods)

於植物根系生長區進行大範圍開挖，並裝設玻璃壁面，可供長時間觀察並記錄根系生長狀況。本法相當適合於正式研究單位或大型試驗計畫採用。配合大規模開挖及支撐，將各種根系樣本，於地下開挖廊之玻璃壁面上加以展示，以便進行長時間之研究與調查。此外，尚有玻璃管調查法，於植物旁適當位置挖掘一小坑洞後，將玻璃管插入，並利用內視鏡觀察根系。



於剖面前透過透明板繪製根系及土層分布
於地下開挖廊道架設玻璃壁面觀察根系生長分布
圖 3-23 玻璃壁面法根系調查

6.容器法(Container methods)

將植物種植於適當之容器中，可避免現場取樣試體受到擾動，並可長期觀察植物根系之生長。容器可選用透明玻璃、塑膠、壓克力等材料製作，而其形式可分為盆型、長箱型、管柱型等。



圖 3-24 容器法—以鋁箔紙包覆管壁避免根系受到光照

7.根系力學試驗

根系力學試驗在根系力學模式建立及驗證上，有其必要性。其中，包含單根抗拉試驗、根系拉拔(pull-out)試驗、土~根(含根土壤)直剪(direct shear)試驗等。以上三種試驗皆為植生邊坡穩定分析，決定強度參數所必須。

國內外學者常以根系之單根拉力、拉拔力及直接剪力試驗成果，經統計回歸後，用以評估含根土壤之強度參數。

8.試驗程序

由於根系力學試驗程序目前並無標準規範可依循，因此，在試樣準備方式、試區條件、加載速率、操作程序及儀器設備組裝等，皆因人因地而異。故類似之土壤力學及加勁土試驗規範仍可供參考。

進行單根抗拉強度試驗，根系常於夾具(平面夾片或錐形夾片)處發生斷裂，其原因大都由於夾具之挾持力造成根樣局部開裂，因而產生集中應力，或因根樣之表皮於試驗時剝落，使試驗時根樣自夾具滑脫所致。以上後果，將導致根系拉伸強度之低估。因此，在夾具方面之設計，可參考 V.Opertstein, S. Frydman(2000)之作法，或於根樣與夾具間使用適當的保護墊片，避免根樣於夾具端斷裂。

在現地之根系拉拔試驗方面，一般常使用之試驗設備及佈置方式及試驗中，根系被完全拉拔出之狀況，如圖 3-25 所示。



手持根系拉拔機



荷重變換器及 SMD 測定儀



根系完全拔出

圖 3-25 根系拉拔試驗

第四章 集水區植生群落特性分析

植生群落特性分析之主要目標，在探討植物社會分布之法則；藉此植生群落分布方式進而研析與環境等因子之相關性、導出不同植物生育範圍以外、對於植物社會中之主要優勢種，亦可決定其生態幅度或耐性極限等，以供往後集水區植生導入時可參考使用。

植生群落分析之工作，視其所允許之時間、經費、人力等因素而有所不同之規模或幅度。依調查之精密度可分為三級，即勘查(reconnaissance)、初步調查(primary survey)及精密調查(intensive survey)三種。所謂勘查即前往調查區域做初步之觀察，先準備適宜比例尺之地圖，並參閱有關該地之植物誌，到現場注意植物社會之變遷，觀察主要之優勢種、植生群落與地形或土壤之大致關係，是否為天然植物社會或有無近期之干擾發生。對於不認識之植物，亦宜採回標本，加以鑑定，以利往後調查之進行。此種工作，有時可在大比例尺之航空照片上進行。若時間有限或經費及人力不足，僅勘查一趟即可作成勘察報告。於早期，大多植生群落分析即屬此種調查，但此種研究調查，偏於主觀，不易發現微小或有意義之生態系資料，且無量的數據可供參考。

初步調查之工作，主要列出植物之組成，並主觀認出群叢之分類，以推測其相互關係並繪製分布圖。初步調查可依調查研究之需要，可調查一地區所有植生群落之分群或專門研究某一種群系(Formation)或一系列相關之群叢或林型。

精密測計係調查一地區所有之植生群落或某一特殊社會，通常面積雖不大，但要作強度詳細調查，對植物組成及構造，須採用計量標準，故要設立樣區測計各植物之社會介量，如測量樹木之胸高直徑、樹高或覆蓋度等，所得資料亦須經統計方法分析。

4-1 種歧異度指數之應用

一個植物社會，若其組成分子越複雜，則其越能夠承受外力的干擾。反言之，若這個植物社會的物種相當單純，一旦植物社會的優勢植物種類遭受干擾，則對於整個植物社會的影響，將極為嚴重。例如當一植物社會遭受病蟲害的干擾時，若此一植物社會之組成甚為單純，且此一病蟲嗜食其優勢種，由於食物供應極為充足，此一病蟲將大量的繁殖，終至釀成災禍。由此可見一個植物社會組成的複雜程度，常可代表其安定的程度。而植物社會的複雜程度係以種歧異度(species diversity index)來表示。其表示方法有下列四項：

一、種豐富度(species richness, R)

$$R = \frac{S}{N}$$

S：在所調查的植物社會中，總共出現的種類。

N：在所調查的植物社會中，總共出現的個體數(株數)。

二、辛浦森氏歧異度指數(Simpson index of diversity, Dsi)

$$Dsi = 1 - \sum \left(\frac{n_i}{N} \right)^2 = 1 - \sum (P_i)^2$$

n_i ：第 i 種植物個體數。

N：整個植物社會所有植物種類個體數之和。

$$P_i = \frac{n_i}{N}$$

三、Shannon 歧異度指數(Shannon index of diversity, Dsh)

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

n_i ：第 i 種植物個體數。

N：整個植物社會所有植物種類個體數之和。

$$P_i = \frac{n_i}{N}$$

四、均勻度指數(Evenness index)

$$E = \frac{Dsh}{\log S}$$

S：在所調查的植物社會中，總共出現的種類

Dsh：Shannon 歧異度指數

4-2 景觀生態指標與參數之應用

一、生態效益指數評估

生態指數為敘述生態系統、型態及趨勢最直接且有利之工具，其可以被用來與動物、植物等土地利用及人為分相互作用分析，以瞭解生態系統。利用美國 USDA(1995)所開發的 FRAGSTATS 系統計算景觀生態指標類別面積(CA)、總景觀面積(TLA)、塊區數目(NUMP)、平均塊區大小(MPS)、塊區大小之變異係數(PSCV)、總邊緣(TE)、平均形狀指數(MSI)、平均碎形維度(MPFD)、多樣性指數(SHDI)、總核心面積指數(TCAI)，分述如下：

1. 類別面積(class area)

此所計算為所有類型的塊區之面積和，公式如下：

$$CA = \sum_{j=1}^n a_{ij}$$

a_{ij} ：表示塊區 ij 處之面積，以平方公尺表示。塊區分類面積(平方公尺)，最小為 0，最大與景觀的總面積相等。

2. 總景觀面積(total landscape area)

TLA 為景觀之總面積，其值大於 0 以 ha 表示，不包括景觀內塊區的面積，計算公式如下所示：

$$TLA = A \left(\frac{1}{10000} \right)$$

3. 塊區數目(number of patches)

塊區數目的多寡，表示景觀上之地物類型愈零散、以下式表示於景觀內 i 類別的塊區數目，NP 大於 1，即無單位亦無任何限制：

$$NP = n_i$$

4. 平均塊區大小(mean patch size)

$$MPS = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i} \left(\frac{1}{10000} \right)$$

a_{ij} ：表示 i 類塊區中第 j 個之面積，以 m^2 表示。

n_i ：於景觀內 i 類別的塊區數目。

MPS：為平均塊區的面積，以 ha 表示。塊區愈大，保育能力愈強。

5. 塊區大小之變異數(patch size coefficient of variation)

PSCV 表示塊區大小之變異係數，單位為百分比，若此值愈大表示此景觀中塊區的大小的差異愈大；反之此值愈小表示塊區差異較小。

$$PSCV = \frac{PSSD}{MPS} (100)$$

其中 PSSD 表示塊區大小的標準差，所代表的意義與上變異係數雷同，此值愈大，顯示在景觀中的塊區大小離差愈較大，反之，則為較小之塊區，計以公式如下所示。

$$PSSD = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n \left[a_{ij} - \left(\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i} \right) \right]^2}{n_i}} \left(\frac{1}{100000} \right)$$

6. 邊緣(total edge)

TE 所表示者為塊區的邊緣總長度，邊緣長度關係到塊區與相鄰的景觀單元的能量、物質及物種的相互作用，且若能與塊區的大小、形狀結合，較具生態上的意義。

$$TE = \sum_{k=1}^m e_{ik}$$

e_{ik} ：為景觀中兩相鄰塊區 i 、 k 邊界的長度以 m 表示。

m_i ：為塊區的類別數，亦包括景觀邊界。

7. 平均形狀指數(mean shape index)

形狀指數表示塊區形狀的變化，其值愈近於 1，其塊區形狀愈接近圓形，其平均形狀指數(MSI)可由下式求得：

$$MSI = \frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{0.25 p_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}} \right)}{n_i}$$

a_{ij} ：表示 i 類塊區中第 j 個之面積，以 m^2 表示。

n_i ：於景觀內 i 類別的塊區數目。

p_{ij} ：為屬於 i 類塊區中第 j 個之邊緣周長，此以 m 表示。

8. 平均碎形維度(mean patch fractal dimension)

碎形維度為量度塊區形狀特徵，MPFD 為平均塊區碎形維度，其值測於 1~2 之間，若值愈大，則表示塊區形狀愈複雜。

$$MPFD = \frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{2 \ln(0.25) p_{ij}}{\ln a_{ij}} \right)}{n_j}$$

a_{ij} ：表示 i 類塊區中第 j 個之面積，以 m^2 表示。

n_i ：於景觀內 i 類別的塊區數目。

p_{ij} ：為屬於 i 類塊區中第 j 個之邊緣周長，以 m 表示。

9. 多樣性指數(Shannon's diversity index)

SHDI：Shannon 之多樣性指數，為量測一地區之景觀單元組成類型，其值愈高表示景觀單元的組成愈多樣，因此景觀之多樣性可由 Shannon-Weaver，即熵值(Entropy)求得。

$$SHDI = -\sum_{i=1}^m (P_i \ln P_i)$$

p_i ： i 類嵌塊體在景觀中所佔之百分比。式中 m 為塊區類型數目。

10. 總核心面積指數(total core area index)

TCAI 所代表者為緩衝區 m 公尺之總塊區面積，單位為百分比。

$$TCAI = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij}^c}{A} (100)$$

a_{ij}^c ：表示在特定緩衝區 m 公尺下，以 i 類第 j 個嵌塊體的為主的
核心面積。

A ：景觀總面積。

11. 平均鄰近指數(mean proximity index)

MPI 為兩塊區之鄰近程度，其值愈大表示兩塊區相鄰程度愈近，其值愈小表示兩塊區的分離度高。

$$MPI = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{s=1}^n \frac{a_{ijs}}{h_{ijs}^2}}{n_i}$$

a_{ijs} ：為距 a_{ijs} 塊區 m 公尺內所搜尋到之塊區面積(m^2)。

h_{ijs} ：表示兩塊區邊緣之距離。

4-3 植生群落相似性與群團分析

為比較兩植物群落之相似度，可將所調查之結果依不同植物群落進行分類歸群成群叢(association)，分類依定性及定量而不同。定性以所出現的共同種和單獨出現的植物種類名錄做為基礎；而定量以個別種類出現之數量資料加以解釋，一般而言所調查方法不同亦有不同植物群落分類方式。

一、群集歸屬的判定

與既有之資料作比較檢討，進行決定植群群集之種類。群團(alliance)、群集(order)、群級(class)等其歸屬亦須記載加以檢討。若尚未經發表的新族群，循植物社會學命名規約進行有關族群的記載。

二、群落組成類型與製作

製作特徵種(群集或更高層次的植生單元給予以定位特徵之植物種)或明列代表種的群落組成表。資料的分析上，使用的方法極多，較常使用於區分植群型的有三類，簡扼敘述如下：

1. 直接梯度分析(direct gradient analysis)

已知重要之環境因子，將樣區或植物依其在環境梯度上之位置加以排列，即完成梯度分析，然須確知主要之影響因子才能進行，例如極盛相適應數、典範對應分析(DCCA)或降趨典範對應分析等。

2. 分布序列(ordination)

先分析植物樣區資料(原始矩陣)中之資料結構，求出主要變異方向，再測試此變異方向與環境因子之相關性，推測出影響植物分布之環境梯度，尋求林型或植物種類與環境之關係。此種分析法係將樣區在環境梯度中依某種次序或座標加以排列，然事先並不預知那一環境因子具有影響，故又稱間接梯度分析，例如極分布(polar ordination)、主成份分析(PCA)或降趨對應分析(DCA)等。

3. 分類(classification)

係將樣區資料加以比較，把相似之樣區加以合併，組成某種林型或植群型，然後再由環境因子之資料推測各型之生育地環境，並將各型予以命名，例如矩陣群團分析(Maxtrix cluster analysis)或雙向列表比較法(TWINSPAN)等。此外歐洲大陸學派採用表格排列法(列表比較法)進行分類，其結果亦以表格列舉，具有植群檢索表功能。

三、植生群落相似性計算

為比較兩植物群落之相似度，同時在植群分類時，將不同的植物群落歸群成群叢，可利用許多數學公式如 Jaccard 氏、Sorensen 氏等來計算和表示植物群落之間相似性。

1. Jaccard 氏之相似性指數

此公式根據植物出現或不出現之種數為計算基礎，為共同種與所有植物種數之比值，以百分率表示之：

$$\text{相似性係數} = \frac{\text{共同種數目}}{\text{所有植物種類}} \times 100$$

相似性係數原用來比較兩地區植相(floras)之相似性，但亦可應用於比較植生群落或比較兩林分之組成相似性。此公式考慮植物之種數，而不涉及量之多少，故為定性之比較方式，故可簡化如下：

$$IS_j = \frac{c}{a+b+c} \times 100$$

式中 c 為 A 林分及 B 林分之共有種，a 為 A 林分之固有種，b 為 B 林分之固有種數目。

2. Sorensen 氏之相似性指數

相似性係數之其他形式，皆由 Jaccard 氏公式變化而來，其中應用最為廣者為 Sorensen 氏(1948)：

$$IS_s = \frac{2c}{A+B} \times 100$$

式中 c 為 A 林分及 B 林分之共有植物種數，A 及 B 各代表 A 及 B 兩林分之植物種數。

Sorensen 氏相較於 Jaccard 氏給予共同種數較大之比重，因此若同筆資料計算結果 Sorensen 氏會得較大相似性指數。

3. 計量之相似性指數

上述兩公式均只測計植物之出現種數，未考慮出現之數量多寡。因此若考慮定量之植生群落分類或分布序列時，上述兩公式即不甚適用；為考量定量因子 Motyka 等氏(1950)提出 Motyka 相似性指數，沿用至今多受應用：

$$IS_{MO} = \frac{2Mw}{M_A + M_B} \times 100$$

M_A ：A 樣區所有種類量的總和

M_B ：B 樣區所有種類量的總和

Mw ：兩樣區共同種最小量的總和

四、矩陣群團分析

依上述不同相似性指數之計算，進行矩陣群團分析可將調查區域之植生群落加以歸群，最終以樹形圖方式表達此調查區植生群落分布情形。一般而言，計算出任意兩樣區或林分間之相似性係數，排成矩陣而後依相似性水準，將兩相似之樣區，依相似性之高低次序，先後合併，逐次分群。此分類法稱為矩陣群團分析，又稱為樹形圖圖解法(dendrogram)。現今多利用此方法探討各樣區植生群落之關係和植群的分類及組成。

建立樹形圖之計算步驟如下：

1. 選擇一群落相似性指數公式，來計算所有樣區兩兩之間的相似性指數，製成一相似性指數矩陣。
2. 從相似性指數之矩陣中，找出相似性指數最大者，挑出此二樣區，

在圖上將其連結在一起。

3. 將此面積區合併為一樣區後，再計算所有族群樣區之相似性指數矩陣。
4. 指出重新計算所得之相似性指數最大者，將其再合併為一族群樣區。
5. 重複3.4之步驟，到最後剩兩樣區為止，如此可依相似性指數之大小連結，即為一樹形圖，如下圖4-1所示。

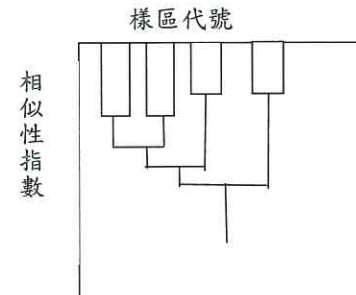


圖 4-1 樹形圖之雛形

4-4 植生圖之製作與應用

將植生群落的分布情形以平面表示稱之為植生圖。植生圖有助於瞭解某一地域植生的大概分配情形，可配合地形圖、地質圖、土壤圖等環境基本圖使用，在利用地理資訊(GIS)管理地域計畫時等必須利用植生圖之重要性更高。

一、植生圖之種類

現存植生圖視其表現方法可分為二類，其一為依據植生相製作之植生圖，另一是採用植物社會分類製成之植生圖。而河川植生圖製做時兩者都可使用。

1. 植相圖

係依植物群系或優勢種所區分的植物群落(優勢群落)當圖例使用。根據群落最上層的優勢植物的生活型態而區分，如落葉闊葉樹林或草原、灌木林等，或相思樹優勢群落、紅樹林，銀合歡優勢群落、象草優勢群落等。

2. 植物社會分類之植生圖

依據構成植物群落的植物種組成區分植生單位，作為圖例的植生圖稱之。其植生單位一般採用群集，惟群團或亞族群、變族群等亦使用之。

二、植生圖之製作步驟

植物社會分類之植生圖其圖化作業步驟如下：

1. 瞭解現場

事先掌握群落種類及其分布情形。決定植生圖之比例尺及其精確度。

2. 基本圖資之準備

準備空中照片，作為攝影基準的地形圖之購置或地形測量。

3. 由照片判讀及製作植相植生圖

空中照片上判別較為均質的範圍，以顏色別記載於基圖上。但於集水區優勢群落自空中照片難於判別時，先把它歸納為一圖例。

4. 植生圖圖例之先期植生調查製作

就可能作為圖示的植生群落進行植生調查並製作植生圖例。如下圖 4-2 之低海拔河岸主要植物圖例。

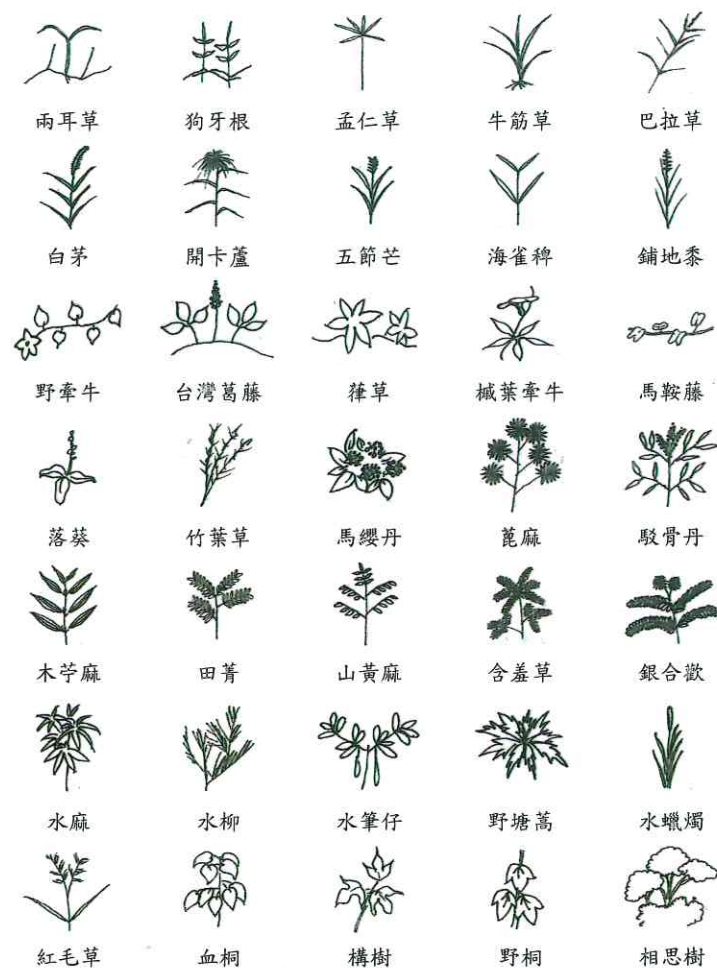




圖 4-2 低海拔河岸主要植物圖例

5. 決定植生單元

將植生群落調查資料加以處理、解析，製作群落單元識別表。

6. 製作植生群落指導手冊

製作識別種或植生群落之指導手冊，在植生圖上所圖示的土地利用型等也加註。

7. 依據現場勘查群落分布與補充植生調查

採用植生群落圖化指導手冊，與預先作好植相之植生圖在現場實際對照各植生群落單元之分布，將圖例予以整合或分開圖示之。如果現場發現有不屬於原設定之群落植相存在時，將該植相分布予以圖示之，進而再作植生群落調查。

8. 調製植物社會學的植生圖

將補充調查資料予以檢討之後完成植生圖。

9. 植生圖之總整理

最後以製圖筆畫出植生圖界線，就圖例別分開上顏色。圖例的顏色彼此需能清楚分辨。圖例顏色一般草原採用黃色系統，森林即綠色系統，使得植生群落全體的分布狀況一目瞭然。

三、植生圖之應用

將植生調查結果，依植生群落之分布標示於地形上，可做為參考之依據。

1. 植生圖之植物群落分布，可視植群均質程度，以優勢種植物為群叢 (association) 之代表，或依其定性或形相性質標示之。
2. 在擬開發之土地內，自然度較高、對人為干擾具敏感反應之植生群落，已確定列為保護區之植生群落，需製作植生圖。
3. 特殊必要地區需製成潛在植生圖，說明其立地之潛在能力，供進行植生復育、綠地環境創造等之參考。
4. 植生調查之目的，在篩選適合植生施工地點之植物材料，以及評估人為栽植或噴植植生工程之效果，作為工程品質驗收之依據。



圖 4-3 植被圖(以高屏溪林園紅樹林植被區為例)

4-5 運用遙感探測之植生效益評估

遙感探測係經由使用不同之感測器系統，通常為空載或太空承載系統來蒐集地球表面之資料和接近地表之環境資料，經過資料處理過程，這些資料便能被轉換成我們用於瞭解和管理自然環境之資訊。

遙感探測之感測器，一般可歸類為被動式感測器及主動式感測器兩種。

一、被動式感測器

係指感測器本身無法提供檢測地表物體所需之電磁波，必須經由接收地表物體反射或散射太陽輻射能之能量強度，以亮度值型式，記錄地表資訊，現階段大部分資源衛星所攜帶之感測器及航空攝影飛機所攜帶之多光譜影像感測器或高光譜影像感測器，均屬於此種被動式之感測器系統。

二、主動式感測器

係指由感測器本身放射檢測地表物體之電磁輻射能，而部分電磁輻射能之能量會被大氣散射，其餘之能量可穿透大氣，並於接觸地表物體時，被地表物體反射，感測器再藉由接收此反射之能量強度，以提供地表之環境資訊，目前雷達感測器即屬於此種類型之系統。此外，遙測影像若依感測器之載台則可分為空載之遙測影像與衛星影像兩類，二者飛行高度不同，故具有不同之地面解析力及涵蓋範圍。

在植物資源方面，因遙測資料具有空間、時間及光譜等三類特性，故在空間特性方面，其適用於大範圍之資源監測或植生群落調查；在時間特性方面，可以定期通過同一地區並記錄分析以作為變遷偵測；在光譜特性方面，光譜區域涵蓋了可見光與非可見光，故可計算植生指標。因此在不同時間、空間與頻譜條件下之遙測資料，其萃取之植生指標常被用於植生群落與變遷之相關分析。

綠色植物有吸收藍光、紅光及強烈反射近紅外光之特性，故應用多頻譜資訊於植物資源之探測，多使用可見光與近紅外光之比值或差值，即所謂之植生指標。植生指標依其計算方式，大略可分成三類，

其包括：

A. 多頻譜資訊之單波段(Individual MSS channel)，如使用 MSS 之 CH4(綠波段)、CH5(紅波段)。

B. 多頻譜資訊之各波譜比值(band ratios)，如 $R75 = CH7/CH5$ 。

C. 多頻譜資訊之波譜直線式組合(linear combination bands)，如常態化差異植生指標(normalized difference vegetation index, NDVI)。

常態化差異植生指標(NDVI)係為近紅外光波段與紅光波段之差與這兩波段之和的比值，可以用來判別植生反射量之多寡及監測植生變化。常態化差異植生指標之計算原理，係採用健康的綠色植生在近紅外光有強烈反射且因光合作用對紅光有強烈吸收的特性，其公式一般表為：

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

式中 NIR：近紅外光反射值

R：紅光反射值

常態化差異植生指標值域介於 -1~1 之間，NDVI 值小於零之像元，通常屬於非植生群落之雲層、水域、道路及建築物等，而指數越大，代表綠色生物量越多。NDVI 較一般植生比(vegetation index, VI = NIR/R)來得嚴謹，VI 可測定某地區之相對綠度，但對地區間及季節間則會產生頗大之差異，而 NDVI 則改善了此種情形，此乃因該指標具有常態化效果，可減低地區間及季節間因光能量不同所造成之波譜反射差異，故為植物生長狀態及植被空間分布密度之最佳指標之一，其已被廣泛應用於測定綠色植物之光合作用、植物之覆蓋率及生物量等。例如許多學者常以法國 SPOT 衛星影像分析，以推求葉面積指數(leaf area index, LAI)或評估其綠色植生量之變遷情形及植物含水量之變化。另台灣之華衛二號具有更高之遙測對地解析度：全色態(黑白)影像 2 m、多頻譜(彩色)影像 8 m，更可以定期針對地表植物生長狀況、健康情形與環境變遷提供最新資料，供監測與評估分析之用。

第五章 台灣地區植生群落之分類

5-1 台灣地區環境與植被特性

一、地理位置

台灣位於亞洲大陸東南方，四面環海，加上境內由北向南縱貫的山系，造成了生態環境的複雜變化性。除此之外，北迴歸線西起嘉義，東至花蓮，橫越台灣，造成南(熱帶)、北(亞熱帶)氣候明顯差異，連帶影響台灣地區植物群落的分布。一般而言，除高山地區外，各地年平均溫度在 21°C 以上，另外，因季風和地形因素相互作用，雨量豐沛，一般年降雨量都在 2,500 mm 以上，但高山地區降雨量明顯增加，最大可達 8,000 mm 以上。高溫多雨的氣候環境，造成了豐富的島嶼和山區植物區系。

二、地形地質

台灣地區因地質年紀較輕、高山較多，且有較複雜的地質、地形條件，海拔分布自 3,952 m 的高山到平原，因此造就了台灣地區豐富且多樣的植物群落如表 5-1 台灣山地垂直帶譜主要植生群落之分類。

三、物種歧異度高

台灣土地面積僅 360 萬 ha，而維管束植物種類有 4,000 種以上，和其他地區相較並不算多，但就單位面積種數(種密度)而言，全世界大約只有夏威夷(0.99)、新克里多尼亞(1.72)、牙買加(2.66)、波多黎各(2.84)等地區，種密度大於台灣，但此類地區的種數皆不及台灣；又如美國、加拿大、中國等地，其物種雖多，但是因幅員遼闊，種密度不到 0.1。由此可見，台灣的物種歧異度之大，生物資源之豐富，非其他地區所能比擬。如表 5-2 所示。

表 5-1 台灣山地垂直帶譜主要植群之分類

群系型	氣候帶	植群型	海拔高	主要代表植物
高山植群	亞寒帶	針闊葉灌木叢	3,600 公尺以上(寒原)森林界線約 3,200 公尺以上	玉山圓柏、玉山杜鵑、高山草本植物
森林	冷溫帶亞高山針葉樹林	香柏林	3,400 公尺以上	玉山圓柏
		冷杉林	2,800~3,700 公尺	台灣冷杉
		玉山箭竹林	2,800 公尺以上	玉山箭竹
	涼溫帶山地針葉樹林	雲杉林	2,000~3,000 公尺	台灣雲杉、台灣冷杉、台灣鐵杉
		鐵杉林	2,000~3,000 公尺	台灣雲杉、台灣二葉松、台灣鐵杉、高山櫟
		山地松林	2,000~3,000 公尺	台灣二葉松、高山櫟、玉山箭竹
	暖溫帶山地針葉樹林	檜木林	1,600~2,400 公尺	台灣扁柏、紅檜、雲杉、台灣鐵杉
		其他針葉樹混交林	1,700~2,300 公尺	台灣雲杉、台灣鐵杉、台灣二葉松、木荷
		針闊葉樹混交林	1,200~2,500 公尺	台灣扁柏、紅檜、台灣雲杉、台灣鐵杉、台灣肖楠、樟櫟群叢
	暖溫帶雨林	暖溫帶常綠闊葉樹林	500~2,100 公尺	樟櫟群叢—樟科、殼斗科
	(亞)熱帶雨林	熱帶常綠闊葉樹林	北部 500 公尺以下 南部 700 公尺以下	楠木類、樟類、榕樹類、九芎、茄冬

(資料來源：蘇鴻傑，1978)

表 5-2 世界上部分國家或地區為管束植物的種類和密度

	面積 ($\times 10^3 \text{ km}^2$)	種數	密度 (種數/ km^2)
台灣(Taiwan)	36	4,000	0.111
中國(China)	9,600	30,000	0.003
日本(Japan)	377	5,565	0.014
夏威夷(Hawaii)	16.6	1,817	0.109
菲律賓(Philippines)	300	8,930	0.03
澳洲(Australia)	7,716	15,000	0.002
紐西蘭(New Zealand)	268	1,996	0.007
辛克里多尼亞(New Caledonia)	17	3,256	0.192
歐洲(Europe)	9,932	10,500	0.001
大不列顛(British Isles)	308	1,443	0.005
西非(West tropical Africa)	4,500	7,500	0.167
南非(South Africa)	2,573	18,550	0.007
加州(alifornia)	411	5,046	0.012
巴拿馬(Panama)	75	6,800	0.091
古巴(Cuba)	115	5,900	0.051
牙買加(Jamaica)	11	3,247	0.295
波多黎各(Puerto Rico)	8.9	2,809	0.316
瓜地馬拉(Guatemala)	109	7,817	0.072
巴西(Brazil)	8,512	38,700	0.005

(資料來源：農委會特有生物研究保育中心，2003)

5-2 主要植群類型之分布與植相概要

以台灣中部山區垂直分布之植群分布範圍為例，如下表 5-3 所示。

表 5-3 台灣中部山地垂直帶譜之植群帶及溫度範圍

高度帶 (altitudinal zone)	植群帶 (vegetation zone)	海拔高度 alt.(m)	年均溫度 tm($^{\circ}\text{C}$)	溫量指數 Wi($^{\circ}\text{C}$)	相當氣候帶 (equivalent climate)
高山帶 (Alpine)	高山植群帶 (Alpine vegetation zone)	3,600	<5	<12	亞寒帶 (subarctic)
亞高山帶 (Sualpine)	冷杉林帶 (<i>Abies</i> zone)	3,100~3,600	5~8	12~36	冷溫帶 (cold-temper ate)
山地上層帶 (Upper montance)	鐵杉雲杉林帶 (<i>Tsuga-Picea</i> zone)	2,000~2,500	8~11	36~72	涼溫帶 (cool-temper ate)
山地帶(Montane)	櫟林帶(上層) (<i>Quercus</i> upper zone)	2,000~2,500	11~14	72~108	溫帶 (temperate)
	櫟林帶(下層) (<i>Quercus</i> lower zone)	1,500~2,000	14~17	108~144	暖溫帶 (warm-tempe rate)
山地下層帶 (Submontane)	楠櫟林帶 (<i>Machilus-Castanopsis</i> zone)	500~1,500	17~23	144~216	亞熱帶 (subtropical)
山麓帶 (Foothill)	榕櫟林帶 (<i>Ficus-Machilus</i> zone)	<500	>23	>216	熱帶 (tropical)

(資料來源：蘇鴻傑，1978)

一、高山植群帶(alpine vegetation zone)

1. 分布環境

本植群帶主要分布於海拔 3,600 m 以上之高山地帶，如玉山山脈之玉山、玉山北峰，中央山脈之南湖大山、秀姑巒山及雪山山脈之雪山等，年平均溫度(tm)約 5°C 以下，溫量指數(wi)約 12°C 以下，屬亞寒帶(subarctic)之氣候帶。

2. 植生群落或植相

因本地帶經年受強風吹襲，冬雪削壓，故植生群落多成低矮匍匐狀，有草原、灌叢及岩原類型，較具代表性的植物有香柏(玉山圓柏)、玉山杜鵑、玉山小蘗、玉山野薔薇、高山沙參、玉山水苦蕒、玉山金絲桃、玉山艾、玉山薊、玉山飛蓬、尼泊爾籜蕭、玉山雀麥及玉山佛

甲草等，其中以香柏(玉山圓柏)最具代表。



高山植群帶

圖 5-1 高山植群帶林相



玉山圓柏



玉山杜鵑



玉山飛蓬



玉山佛甲草



高山沙參



玉山薊

圖 5-2 高山植群帶常見植物

二、冷杉林帶(*Abies zone*)

1. 分布環境

台灣的冷杉林帶主要分布於海拔 3,100-3,600 m 的高山上，年平均溫度(tm)約 5-8°C，溫濕指數(wi)12-36°C，屬冷溫帶(cold-temperate)之氣候帶。

2. 植生群落或植相

本林帶為台灣森林界線之所在，代表性植物以台灣冷杉及玉山箭竹最具特色。台灣冷杉主要分布在濕度高的東向、北向至西向的山地上，大多集中於北向背陽的谷地，且常形成大面積純林。在台灣冷杉林下出現的植物以刺柏、玉山鬼督郵、玉山針蘭、川上氏薊、高山白珠樹及玉山佛甲草等較為常見，而玉山杜鵑、香柏、玉山小蘗及玉山野薔薇等數量亦不少；另玉山箭竹為台灣分布海拔最高的竹類，常在陽光極強的南向坡形成大片聚落，玉山箭竹是一種適應力極強能屈能伸的植物，在強風盛行的環境上，株高不及 30 cm，但在有森林庇護的環境下可高達 4 m。伴生於玉山箭竹草原中的植物以台灣龍膽、玉山龍膽、矮菊、高山白珠樹、川上氏薊及寬葉冷蕨等較常出現。



圖 5-3 冷杉林帶林相



冷杉林帶



玉山箭竹



矮菊



高山白珠樹



玉山龍膽



台灣龍膽

圖 5-4 冷杉林帶常見植物

三、鐵杉雲杉林帶(*Tsuga-Picea* zone)

1. 分布環境

本林帶主要分布於台灣本島海拔 2,500 m 至 3,100 m 間之山地，年平均溫度(tm)約 8-11°C 之間，溫量指數(wi)約 36-72°C 之間，屬涼溫帶(cool-temperate)之氣候帶。

2. 植生群落或植相

代表性植物有台灣鐵杉、台灣雲杉、台灣華山松、高山芒、高山櫟及台灣二葉松等，其中台灣鐵杉、台灣雲杉、台灣華山松等大多分布在北向坡或向陰的溪谷中，常形成台灣鐵杉或台灣雲杉純林；高山芒主要分布在東向或西向的開闊地；高山櫟分布於東南向或西向的山坡地上；台灣二葉松主要分布於南向或西南向陽光強的山坡，氣候乾燥，土壤貧瘠，常與華山松形成大面積的松林，地被則以玉山箭竹或高山芒鋪覆，形成地毯，其顏色常隨四季而有所變動，由於松樹植物體內含豐富油脂再加上其生育地環境為乾燥的南向坡，故本林帶常發生火燒，導致演替頻繁，常出現不同演替階段的鑲嵌植被。



圖 5-5 鐵杉雲杉林帶林相



台灣雲杉



台灣鐵杉



高山芒



台灣二葉松

圖 5-6 鐵杉雲杉林帶常見植物

四、櫟林帶(*Quercus zone*)

1. 分布環境

所謂“櫟林帶”即以殼斗科植物為代表的森林帶，主要分布於海拔 1,500-2,500 m 的山地，年平均溫度(tm)約 11-17°C，溫量指數(wi)約 72-144°C，屬暖溫帶至溫帶之氣候帶。

2. 植生群落或植相

台灣山區的海拔高度範圍內，有一明顯的盛行雲霧帶，櫟林帶恰位於此一範圍，其所代表者為常綠闊葉林，然常混入各種針葉樹林，尤以紅檜為主之檜木林分布最多，此種針葉樹常隨雲霧帶上下位移，且與櫟林帶之海拔相當，在演替上紅檜林與此一地帶之闊葉林亦有先後次序，當紅檜成林後櫟林帶之闊葉樹即進入紅檜林下之第二層樹冠，而紅檜之壽命極長，使此種林相成為擬極盛相(quasiclimax)(Liu, T. 1975)。霧林帶為台灣山區植群之明顯分界線，在櫟林帶之上方，全為台灣鐵杉及台灣冷杉之大面積針葉林相，在此帶之下則屬於楠櫟之

闊葉林，即為楠櫟林帶。主要的代表性植物有森氏櫟、狹葉櫟、錐果櫟、卡氏櫟、赤皮、雲葉、校力及南投黃肉楠等；針葉樹有紅檜、台灣扁柏、台灣杉、巒大杉及南方紅豆杉等，其他落葉性樹種以台灣紅榨槭、青楓、川上氏槭、台灣胡桃、阿里山榆、川上氏鵝耳櫪（阿里山千金榆）及化香樹等為代表。



圖 5-7 櫟林帶植相



狹葉櫟



森氏櫟



紅檜(上)與扁柏(下)



台灣紅榨槭

圖 5-8 櫟林帶常見植物

五、楠櫟林帶(*Machilus-Castanopsis* zone)

1. 分布環境

分布於海拔 500-1,500 m 間之山地。年平均溫度(tm)17-23°C，溫
量指數(wi)144-216°C，屬亞熱帶之氣候帶。

2. 植生群落或植相

本林帶主要以樟科的檳楠屬(*Machilus*)植物及殼斗科的櫟屬(*Castanopsis*)植物所構成的植被帶。主要代表植物有日本檳楠、大葉楠、台灣雅楠、瓊楠、南投黃肉楠、台灣山香圓、九芎、卡氏櫟、川上氏櫟、火燒栲、烏來栲、反刺櫟、木荷、黃杞及校力等，針葉樹則以台灣黃杉及台灣肖楠為代表，其中台灣黃杉常形成小群落，而台灣肖楠則常呈單株或數株出現。

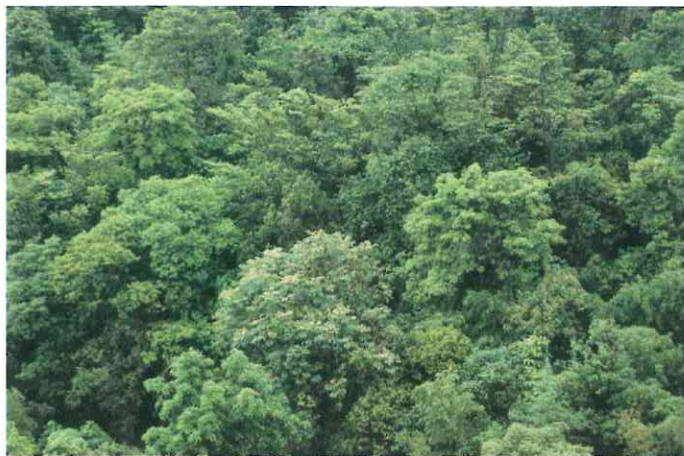


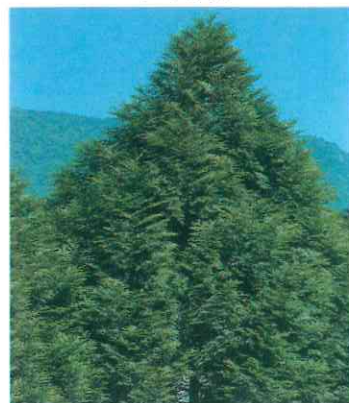
圖 5-9 楠櫟林帶林相



台灣雅楠



卡氏櫟



台灣肖楠



九芎

圖 5-10 楠櫟林帶常見植物

六、楠榕林帶(*Ficus-Machilus* zone)

1. 分布環境

本林帶主要分布於海拔 500 m 以下的平地，年平均溫度(tm)23°C
以上，溫量指數(wi)216°C 以上，屬熱帶之氣候帶。

2. 植生群落或植相

植物組成主要以桑科的榕屬(*Ficus*)植物和樟科的檳楠屬植物最
具代表性，因台灣人口幾乎集中於此林帶，加上土地開發迅速，殘存
的原生植被已不多，主要代表性植物以大有樹、榕樹、稜果榕、澀葉
榕、白肉榕、香楠、台灣雅楠、小梗木薑子、茄苳及咬人狗等，而海
濱植物則以蔓荊、馬鞍藤、濱刺草、林投、黃槿、台灣濱藜、濱刀豆

及濱豇豆等較具代表性。



圖 5-11 楠榕林帶林相



香楠



大有樹



茄冬



林投

圖 5-12 楠榕林帶常見植物

5-3 其他特殊植群之分類與植相概要

一、竹林

全世界之竹類約有 1,200 餘種，以亞洲為主要產區，其次為南美洲、非洲及澳洲，而北美洲及歐洲僅產少數矮小之矢竹類。一般叢生竹類多分布於熱帶，散生型竹類則多分布於溫帶。亞洲地區以印度自生竹類(不包括栽培種)136 種為最多；其次中國大陸約 60 餘種，主要分佈在江南各省。另泰國約產 40 種；菲律賓、印尼及馬來西亞各約 30 餘種；日本產竹類 33 種，但很少有叢生型。

台灣位居亞熱帶，自生竹類有 7 屬 17 種，散生型及叢生型兼具，以蓬萊竹屬(Bambusa)及箭竹類為主，如包括引進栽培之竹類，共約 18 屬 73 種(呂錦明 1993)。

1. 台灣地區之竹林面積與蓄積

根據行政院農業委員會林務局的統計，臺灣地區在 1999 年底，竹林面積有 149,516 公頃，佔臺灣林地面積 2,101,719 公頃之 7.11%，其在各地區縣市分布之面積和蓄積如下表 5-4 所示：

表 5-4 台灣地區各縣市之竹林面積及蓄積

	面積(公頃)	蓄積(千支)
總計	149,516	1,108,921
台北市	565	3655
高雄市	109	317
台北區	12,913	159,774
台北縣	9,548	108,251
宜蘭縣	2,648	40,369
基隆市	717	11,153
新竹區	31,444	466,361
桃園縣	6,519	97,107
新竹縣	9,591	141,359
苗栗縣	15,334	277,895
新竹市	—	—

台中區	29,393	115,681
臺中縣	436	128,301
彰化縣	1,171	7,598
南投縣	22,310	69,720
台中市	1,551	10,062
台南區	44,907	132,502
雲林縣	7,033	27,835
嘉義縣	21,713	47,270
台南縣	16,074	57,209
嘉義市	87	188
臺南市	—	—
高雄區	16,236	50,706
高雄縣	15,319	48,039
屏東縣	918	2,667
台東區（台東縣）	5,350	39,595
花蓮區（花蓮縣）	8,598	140,330
澎湖區（澎湖縣）	0	0

各縣市中，以南投縣之 22,310 公頃最多，包括竹山、鹿谷、信義、雲林縣古坑及嘉義縣梅山一帶產竹最多。其次為嘉義縣 21,713 公頃(14.2%)，其他依次為台南縣 16,074 公頃(10.7%)、苗栗與高雄縣各 15,319 公頃(10%)、新竹縣 9,591 公頃(7.2%)。此外，在高山地區有約 17,800 公頃之箭竹草原，主要種類為玉山箭竹(*Yushania niitakayamensis*)及台灣矢竹(*Sinobambusa kunishii*)，形成較為特殊的高山植物景觀。更有廣達 23 萬公頃的玉山箭竹或其他箭竹類，生育在高海拔地區的台灣冷杉、鐵杉、雲杉及松樹林下，構成鬱密的地被植物群落。

台灣主要竹種面積如下表 5-5。台灣之竹林資源調查研究，係於 1971 年 1 月至 1972 年 6 月間，由前農復會、林務局及前屏東農專等機關合作進行者，方法利用一萬分之一比例尺航空照片分析調查全島竹林資源，其結果如表 5-6 所示。桂竹與長枝竹、刺竹、麻竹、綠竹及孟宗竹為臺灣地區 6 種最重要之經濟竹種。目前竹類標本園：主要有溪頭、竹山瑞竹、台北植物園、嘉義埤子頭及高雄扇平等五處。

表 5-5 台灣各主要竹種之面積及其百分比

竹種	桂竹	孟宗竹	麻竹	刺竹	長枝竹	綠竹	合計
面積公頃	39,542	2,297	18,146	8,011	3,706	3,573	75,275
百分比%	52.53	3.05	24.11	10.64	4.92	4.75	100

資料來源：林維治等(1962)

表 5-6 台灣之竹林面積(公頃)

竹種	麻竹	刺竹	綠竹	孟宗竹	桂竹	其他	合計
純林面積	14,911	17,280	4,434	3,296	43,774	735	84,430
混生林面積	75,954	13,378	25	—	—	1,851	91,208
合計	90,865	30,658	4,459	3,296	43,774	2,586	175,638
百分比%	51.73	17.46	2.54	1.88	24.92	1.47	100.00

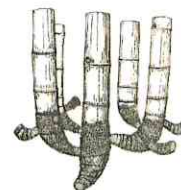
資料來源：戴廣耀等(1973)

2. 竹類地下莖之型態

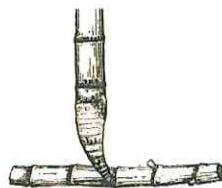
竹類依其地下莖之型態及發育特性可分為四類：I. 走出莖合軸叢生型—玉山箭竹類；II. 地下莖合軸叢生型—麻竹類；III. 地下莖橫走側出單秆散生型—桂竹類；IV. 地下莖橫走側出合秆叢生型—箭竹類、唐竹類。臺灣較具有經濟價值之竹類較多數屬於地下莖合軸叢生型和地下莖橫走側出單秆散生型兩種。



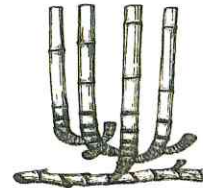
I. 走出莖合軸叢生型



II. 地下莖合軸叢生型



III. 地下莖橫走側出單秆散生型



IV. 地下莖橫走側出合秆叢生型

圖 5-13 竹類的地下莖型態

3. 桂竹之型態與生育特性

桂竹在臺灣樹木分類為種子植物、被子植物門、第二亞門、單子葉植物、穎花綱、禾本部、禾本科、竹族、毛竹屬。地下莖橫走側出單稈散生，稈僅自地下莖之芽發生，稈基之芽亦僅萌發地下莖而形散生狀，箨片長三角形；稈圓柱形；節上無刺；分枝通常2枚。

桂竹地下莖大部份實心。稈高達10 m，徑3~10 cm，光滑，壁厚約5 mm，節有二明顯環，上環起較高，表皮堅硬。箨密佈暗褐色斑塊，生有柔毛；箨耳不顯著；箨舌短小；箨葉披針形，先端略尖。葉2~5片成簇，批針形，基部楔形，長6~15 cm，背有毛，邊緣具針狀鋸齒；葉耳顯著，叢生鬚毛，成熟時脫落；葉舌凸出，舌狀，膜質；葉鞘長3~6 cm。產臺灣海拔100~1,500 m山間，主要以地下莖繁殖，稈不具形成層，在發筍後數個月之內，即完成竹稈的成長，之後不再繼續肥大生長，此種以地下莖貯存養分，供地上竹稈快速地完成生長之特徵，與一般林木的生育形式不同，較類似於草本植物。但竹類亦為多年生之灌木或喬木，稈多為直立且為木質化，其林冠部構成大型的植物，在生態上歸類為林木但部份分類學者認為竹類既不為草本植物，亦不為木本植物，而係界於草本及木本植物兩者中間之獨特性狀的植物。

目前桂竹林地可能導致之坡面崩塌之機制及其邊坡穩定之正負面評價雖仍未定論，但早期之經濟利用價值已不復存在，如何減少其面積及以更新造林方式，達到保育效果較佳之複層林植生群落為未來集水區保育之目標及研究課題。



圖 5-14 桂竹竹筍



圖 5-15 桂竹桿葉



圖 5-16 桂竹地下根莖分布情形



圖 5-17 桂竹植被覆蓋情形



圖 5-18 桂竹根系生長情形



圖 5-19 桂竹林崩塌地

二、草原群落

草原群落主要以禾草、禾草型的草本植物和其它草本植物佔優勢的植被為主，且木本植物極少存在(覆蓋率不超過 30%)的草本類型。

1. 高山草原

多分布在山地區域，以耐寒多年生、旱中生性草本植物佔優勢。其特點為群落結構簡單，常由一些特有的高山植物組成，且主要分布於高海拔地區風衝地帶。一般來說，常見的高山草原植物有高山芒、石松、玉山鋪地蜈蚣、雞舌蕨、玉山懸鉤子、虎杖、玉山針蘭等，其生態系主要外力的干擾包括火災、強風、乾旱等。



圖 5-20 高山草原(玉山)



玉山懸鉤子



虎杖



玉山針蘭

圖 5-21 高山草原常見植物

2. 低地草原

此為多分布於台灣較低海拔區域之草本植生群落，主要分布於低海拔地區風衝地帶，大多以禾本科為主，消長迅速，通常內部會有輪迴性的植生演替系列變化，其生態系的外力干擾包括強風、鹽霧、火災以及特性地質土壤等。

(1) 河灘草地

多分布在河流地勢較高灘地上，群落是在週期性淹水地綜合影響下發育，這類草地因族群年齡較輕，種類組成較貧乏；一般而言，比較乾燥地段上有較多雙子葉植物，於中度濕潤上主要為莎草科，台灣常見群落如五節芒及甜根子草群落。



河灘草地優勢種：五節芒



河灘草地優勢種：甜根子草

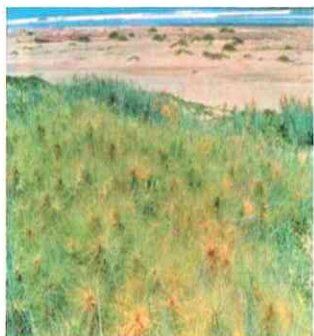


河灘植被(加走寮溪)

圖 5-22 河灘草地植生代表大片群落

A.濱海草地：多分布在濱海、沙灘或含有石沙地海邊地區，組成種類多為耐鹽植物，如濱刺麥。

B.疏灌草地：由分布在亞熱帶、熱帶地區的中生或旱中生草本植物組成的群落類型；一般也是由於森林遭受破壞後形成一種次生植生群落，分布範圍廣泛多見於荒地上，此類植物多具有耐旱耐貧瘠的適應能力，群落中常伴有陽性喬灌木，如黃荊、山黃麻等。



濱海草地之常見植物-濱刺麥



疏灌草地之常見植物-黃荊

圖 5-23 河灘草地植物

(2)人為干擾或整理之草地

部分牛羊放牧之草地、低度遊客踐踏或干擾之天然草原、定期人工修剪之草坪，如類地毯草、竹節草、假儉草草地等。其主要植物為草皮草種及部分入侵之禾本科、豆科、菊科植物為主。



圖 5-24 人為干擾或整理地區之草地

三、濕地

濕地和水生植生群落都是與生育環境中過量水分有聯繫，是生長在多水生境中的植生群落類型。由於水中環境一致，故種類較廣佈，且所形成群落多為跨帶。

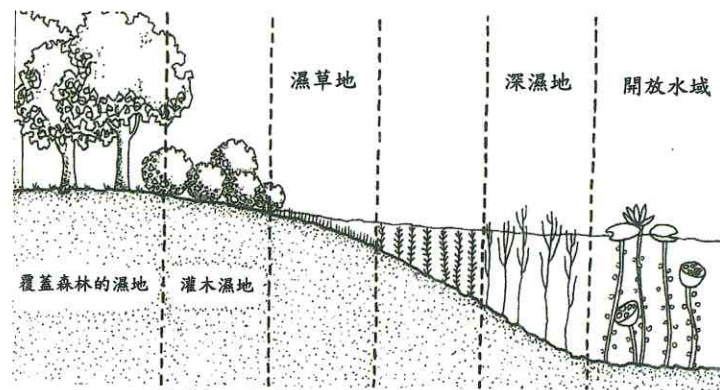


圖 5-25 濕地與水生植物群落分布關係圖

1.濕地之定義

「濕地」一詞源自英文 wetland，是由「wet」(潮濕)和「land」(土地)兩詞所組成。濕地自成一個生態系統，位於陸地生態系統(如森林或草原)與水生生態系統(如海洋或河流)之間的過渡帶(ecotone)。

依國際濕地公約(Ramsar, 1971)對濕地的定義為：凡是包含草澤、林澤、泥澤或水域等地，不論是自然或是人為、暫時或是永久、其水體是否流動、是否含有鹽分，甚至海水深度在潮位時不深過 6 m 之地區。更進一步，也可以把濕地毗鄰的海岸或河岸地區皆納入。

濕地依主要的植生群落不同可分為草澤(marsh)與林澤(swamp)，草澤是以草本植物為主的濕地，常見的植物有鹽飄拂草、中華結縷草、鹽地鼠尾粟、海雀稗、苦藍盤、單葉鹹草、蘆葦等。林澤是以木本植物佔優勢的濕地，以紅樹林最具代表性。

2. 林澤(swamp)

其以木本植物佔優勢的濕地，以紅樹林最具代表性。紅樹林為木本鹽生植物，具有呼吸根、胎生苗及特殊的生理適應性，並具林業生產、保護海岸、增進海產及庇護野生動物之功效；紅樹林區的植物可分為真紅樹林植物(true mangrove)與半紅樹林植物(minor mangrove)；真紅樹林植物僅在潮間帶環境生長の木本植物，全世界共有 23 科 30 屬 81 種，台灣曾經有 3 科 6 屬 6 種，但其中紅茄苳及細蕊紅樹已絕種，僅剩下水筆仔、紅海欖、欖李和海茄苳四種。目前最大面積者為淡水河口的水筆仔紅樹林，亦是全球分布緯度最北的紅樹林，其他地點如新竹紅毛港、仙腳石、嘉義東石、台南、高雄一帶尚有小面積。紅樹林生長環境需要廣闊的潮間帶，而台灣西部廣闊的泥質地地形正符合其生長條件，故紅樹林以西部居多，而東部多岩岸地形並不適合紅樹林之生長。



圖 5-26 林澤植生群落

台灣地區主要紅樹林之種類與特性如下：

- (1) 水筆仔：紅樹科植物，主要分布在淡水河流域，包括關渡、竹圍、挖仔尾、社子等河岸地區，其中竹圍紅樹林保護區是目前台灣面積最大的紅樹林，也是全世界面積最大的水筆仔純林。
- (2) 紅海欖：熱帶紅樹科植物，現在僅存一千多棵，是真紅樹林中數量最少的一種，零星分布在嘉義、台南、高雄沿海，以台南

四草與四鯤身一帶為主要生育區。

- (3) 欖李：使君子科植物，是紅樹林植物中最耐鹽的樹種，目前僅存四千多棵，主要分布在台南四草鹽田區的堤岸、溝渠邊。
- (4) 海茄苳：為馬鞭草科植物，主要分布在中南部沿海沼澤，數量以台南縣市最多，另分布於嘉義、高雄等地海邊潟湖、魚塭堤岸、排水溝岸等，是最常見的護堤及防風樹種。



水筆仔



紅海欖



欖李



海茄苳

圖 5-27 台灣地區主要紅樹林樹種

3. 草澤(marsh)

河川水域受到中上游集水區逕流與挾帶土石匯流於下游河段，部分寬廣河域形成沼澤濕地與浮覆地，沼澤濕地與水域因水流較緩，有些因泥砂淤積自成封閉的壺洞(pothole)，親水性植物或水生植物便慢慢移殖至此形成族群，而產生溼地生態體系，並提供內陸水域動植物不同的生育環境。在此生長的植物也扮演重

要的角色，例如緩衝水流強度、減少河岸沖刷、穩固土壤與保護野生動物。草澤之主要植物開卡蘆、蘆葦之形態相似，茲說明如下：

- (1)開卡蘆：多年生草本，高可達 5 m，具地下根莖，以種子或根莖繁殖，葉劍形，長 1 m 以上，寬 3 至 5 cm，平行脈，圓錐狀花序寬約 1 m，黃綠色。為生長於內陸河川水域的高大禾草，常成群分布於台灣低海拔地區溪畔、山谷、溼地旁等。
- (2)蘆葦：多年生草本，高可達 2 m，具地下根莖，以種子或根莖繁殖，葉劍形，長 1 m 以上，寬 2 至 3 cm，平行脈，圓錐狀花序，花黃褐色。為生長於河口及沿海沼澤的高大禾草，如宜蘭冬山河、台北關渡、台中高美、台南四草等。



圖 5-28 草澤植物群落



開卡蘆



蘆葦

圖 5-29 草澤常見植物

四、台灣海岸林植生群落

沿海植生群落由於受風害、鹽害及乾旱等衝擊，形相、種類、形態及生理特性皆與內陸植被有所不同。西部海岸較易形成海岸森林，而東部因地勢較陡且風力作用僅避風處可見海岸森林，大部分地區海岸植物成灌木狀。台灣沿海植物按其生育地特性及現況，可概分為以下幾種類型：

1. 正海岸林植生群落

由於沿海地區被大量開發，本植型已被破壞殆盡，在西部地區已幾乎不存。在花蓮長虹橋下之獅球嶼一帶尚可發現，優勢之種類有黃槿、血桐、刺裸實、白肉榕、俄氏刺芩、俄氏胡頹子等，並有少部分外來的植物種類如馬纓丹、銀合歡等。依調查所得，在台灣西部原始正海岸林中，朴樹、台灣海桐、海桐、月橘、黃連木等種類應占有極為重要之地位。



白肉榕



白肉榕



海桐



黃連木

圖 5-30 正海岸林植生群落

2. 熱帶海岸林植生群落

目前僅存於恆春、蘭嶼一帶，其成因係植物組成分子之果實(外果皮)或種子具纖維質構造，藉海飄傳播，另靠生理上的功能(抗拒鹽浸之能力)，在海岸邊發芽並發育成林，優勢之樹種有榕樹屬(*Ficus* spp.)、水芫花、蔓荊、欖仁樹、台灣樹蘭、棋盤腳樹、蓮葉桐(臘樹)、毛柿、土樟、刺裸實等，種類極其豐富，惜所存面積亦最少。



棋盤腳果實(左)和花(右)



毛柿



蓮葉桐

圖 5-31 熱帶海岸林植生群落

3. 林投林植生群落

最具代表性者可能為鵝鑾鼻、龍坑一帶，林投佔絕對之優勢，偶混有稜果榕、俄氏刺茅、咬人狗、黃槿、台灣海棗等樹種，依調查所得，本林型為持續遭受干擾所形成，若干擾中止，將形成正海岸林或熱帶海岸林之類型。



林投



稜果榕



黃槿



台灣海棗

圖 5-32 林投林植生群落常見植物

4. 礁岩植生群落

台灣部分海岸屬於礁岩型海岸，如東部的石梯坪、澎湖等地，常見一些韌性極強之先驅植物(pioneer plants)，其終年受強風之吹襲及海浪的拍擊，且生育地之土壤無法堆積形成表土，因此植物殆著生於礁岩縫隙間，以多年生的草本植物或灌木為主，優勢種類有鹽飄拂草、黃花磯礪、水芫花、鴨嘴草、海埔姜、草海桐、蜆蜞菊等。較避風處則亦常有台灣百合、月桃、文殊蘭、台灣海棗等散生其間。另外像鵝鑾鼻公園、龍坑、龍磐公園、貓鼻頭東岸、社頂自然公園等地區，生長在該地區的植物常具有特殊的功能，如耐旱、抗風、抗鹽、植物形態成匍匐狀，常見之樹種有雀榕、山豬枷、榕樹、紅柴、樹青、毛柿、象牙樹、台灣海棗等。



圖 5-33 礁岩植物植生群落



山豬枷



山欖



樹青

圖 5-34 礁岩植生群落常見植物

5. 砂礫灘植生群落

台灣恆春半島沿岸之沙灘大部分屬於鹽性之珊瑚碎屑，其顆粒大小不同。若剛由珊瑚礁支解後之珊瑚碎屑顆粒較大，生長於此之植物種類、數量較少，而這些碎屑經由風化、搬運及堆積作用後所形成之珊瑚礁細砂，其保水力及含鹽量較前者豐富，故植物之多樣性自然明顯。優勢植物有濱刀豆、濱豇豆、單花蟛蜞菊、馬鞍藤、黃花磯松等。另外，此社會之植物有些特化之器官，說明如下：



代表植物：馬鞍藤



代表植物：濱刀豆

圖 5-35 砂礫灘植物植生群落常見植物

(1) 匍匐生長

生長於砂礫灘之植物，為了對抗強風，大多有匍匐生長之傾向，讓莖葉貼近地面，來避免強風烈日之傷害。

(2) 莖葉肥厚

海邊的強風及烈日加速植物水分之蒸散，為了儲存更多的水分，植物將莖葉特化成肥厚保水力強的狀態，以維持正常之生理機能。

(3) 節節生根

匍匐性之植物的節常長出一些細根以抓附地面，用來固定植物避免強風之吹襲。

(4) 深根性

砂礫灘的植物為了吸收充足之水分及養分，通常具有較長之

根系；有些植物之根還可儲存養分，以供不時之需。

6. 沙丘地植生群落

台灣西部海岸，北起淡水河口，南至楓港附近，長四百多公里，由於各大河流之堆積作用，形成多處砂丘地帶。此類生育地保水力差且貧瘠，經常高溫、乾旱，加上砂粒易隨風移動，植物遭掩埋或根群暴露。能適應這種乾生環境之植物，大多是宿根性，匍匐蔓狀，葉厚而肉質，葉表被臘質或茸毛，柵狀組織發達，氣孔內凹，根系發達，莖節上生不定根，以固定植物體及增加吸水機能。典型的砂地草本植物有濱刺麥、海砂菊、濱雀稗、海埔姜、濱芒、文珠蘭等，這類植物藉著形態或生理上的適應，抵抗風害、鹽害及砂埋，並維持水分收支平衡而生存。



文珠蘭



海埔姜(蔓荊)



濱刺麥

圖 5-36 濱海草地常見植物

7. 防風林(人工造林)植生群落

海岸地區之氣候、土壤條件惡劣，故於海岸最前線造林時，需用抗旱、耐鹽及抗風植物，如甜根子草、馬鞍藤、蔓荊、草海桐、濱刺麥、蟛蜞菊、濱刀豆、台灣海棗等。

為了構成歧異度大之複層防風林，因此，人工造林帶以生長快速、耐旱、抗風力強之木麻黃配合以耐鹽、萌芽力強之檉柳，以單株混植方式，形成帶狀保護行，第二年因當地的土壤環境逐漸適合植物生長，便可混植其他植物以達到複層防風林的目標，主要適用植物包括白水木、海欖果、福木、欖仁、瓊崖海棠、黃槿、水黃皮、木麻黃、林投、山欖等。



圖 5-37 海岸防風林植物-黃槿

複層防風林之應用植物，依冠層之層次而言，上、中層之樹木，如木麻黃、黃槿、福木、瓊崖海棠、海欖果、蓮葉桐、水黃皮、榕樹、砂朴、小葉南洋杉、紅淡比、相思樹、白千層、茄苳（重陽木）、烏榕、台灣海桐、欖仁、大葉山欖、樟樹、無葉檉柳、苦楝、毛柿等。下層以灌木為主，如林投、草海桐、夾竹桃、白水木、朱槿、臭牡丹、胡頹子、日本女真等。



圖 5-38 複層防風林



圖 5-39 典型海岸定砂與造林：台北海岸富貴角
(沙灘→攔砂籬→定砂草類→草海桐→林投→木麻黃)

五、季風雨林

季風雨林(monsoon rain forest)簡稱季雨林，又稱季風林。為分布在有明顯周期性乾、濕季節交替地區的一種植生群落，其特徵為在乾季時，群落中之冠層林木常常大量落葉情形；具有比較明顯的季節變化，其分佈區域頗受季風所影響，其樹冠高度不及熱帶雨林，其組成及結構亦與雨林不同。(Takhtajan, 1986)。

台灣地區季風雨林之植生群落類型主要分布於台灣地區北回歸線以北地區，並以海拔 900 m 以下的低山、丘陵和台地為多。其分布地區的氣候條件為高溫多濕，年均溫約 20~22°C，年雨量約 1,700~2,000 mm。

本植生群落類型的群落形相終年常綠，群落的層次結構較複雜，

整個群落可分為 5-6 層，其中喬木 2-3 層、灌木 1-2 層、草本植物 1 層，層間植物豐富，有大型木質及草質藤本攀援於各層之間，纏繞交錯。群落構成的主要種類為樟科、桑科、桃金娘科、五加科及楝科，其次為無患子科、梧桐科及山龍眼科。灌木種類以茜草科、紫金牛科、灰木科、山茶科及芸香科等為多。



大葉赤榕



榕樹

圖 5-40 季風常綠闊葉林植物

六、次生林

次生林是一個植物社會演替達到某一階段或已建立一穩定生態系後，因天然或人為因子之干擾，生態平衡突然遭受破壞，演替再度開始之植物社會。

一個植物社會的形成受到許多因子之綜合影響，而呈動態之變化。事實上，一個地區常有許多外來的干擾，破壞該地區的植群，以致演替方向常常遭受改變。森林植群遭受破壞後，要恢復到原有的組成，時間、空間及干擾的強度有關。故森林二次演替進行之時，在未達到極盛相之前，所有不同組成植物社會之出現，均為暫時性的。(李明益, 1993)

由於次生林一詞所涵蓋之植生群落間差異甚大，植生結構之時間系列變化亦大。在台灣之淺山森林地區，如其植生群落仍可見山黃麻、相思樹等先驅樹種存在時，一般可謂其屬次生林植生群落。



圖 5-41 次生林林相

5-4 集水區生物多樣性保育與植物材料之應用

一、生物多樣性之定義

生物多樣性(biodiversity)保育包括基因多樣性、物種多樣性與生態系棲地多樣性保育。生物多樣性具有經濟、生態、科教、文化、美學等方面的價值，是人類永續發展的基礎，生物多樣性保育是近代全球重大議題之一。

而生物多樣性保育已受全球所重視，1992 年在巴西地球高峰會議所訂定的生物多樣性公約(COB, Convention on Biodiversity)，全球已約有 180 個國家或經濟體簽署成為締約國，共同謀求全球生物多樣性之永續利用。在國內，生物多樣性之保育也已受到重視，2001 年 8 月行政院第二七四七次會議已通過「生物多樣性推動方案」，由各部會分工執行，納入各部會之施政計畫。

二、集水區之生物多樣性保育

臺灣地區地形複雜，具有熱帶、亞熱帶、溫帶及寒帶等多樣性環境，生物資源相當豐富，概估全台灣之生物約有 15 萬種。植群類型有海岸林帶、溼地草澤、榕楠林帶、楠櫟林帶、櫟林帶、檜木林帶、鐵杉林帶、冷杉林帶及高山植群帶。依據臺灣植物誌第二版之記載，臺灣之原生維管束植物約近四千二百種，種密度約 1.2 種數/ Km^2 。而當中特有種約一千種，約佔四分之一。

由於台灣本島高山林立，山勢高低起伏，3000 公尺以上高山眾多，各山頭形成一座座的生物棲息島，山與山之間可形成許多微環境，這些變化多端的因素，提供了不同樣式、細膩的棲息環境，這是臺灣生物非常多樣化的原因之一。為保育物種之多樣性，臺灣之保護區系統包括依文資法公告之自然保留區、國家公園、國有林內之自然保護區，以及依野生動物保育法所設立之野生動物保護區與野生動物

重要棲息環境等，加上最近設立的中央山脈生態廊道，所有的保護區系統約佔全島面積的 17.5%。

為考量生物多樣性保育及減少外來種之衝擊，集水區保育治理宜優先應用本地(原生)植物。外來植物之應用須加以謹慎考量，應就其對生態系的可能影響程度及其對生物多樣性所構成的威脅，進行研究及風險評估分析。然目前應用本地植物時，常因種子供應困難或籌措不及，除較大量使用之造林樹種外，具商用價值之本土植物種子仍甚缺乏。集水區整治或植生工法施工地區應用植物或從事植生綠化設計時，植物材料之供應性、實用經濟價值等亦應充分考慮。

三、生物多樣性保育與植物材料之應用

1. 台灣地區外來植物之問題

本地種是指存在於自然分布區域內之物種；外來種是指引進至正常分布區之外的物種，引進可能是刻意安排的，也可能是自然情況下進行的。但並非每個外來植物種皆會成功拓殖與完成生活史。成功入侵之植物需具有高生殖率與高散佈能力，可在新的有利生育地迅速建立族群，而人為干擾地或在植群演替初期的地區最易被外來植物入侵霸佔。如蔓澤蘭、銀合歡、布袋蓮、天竺草、大花咸豐草、豬草、銀膠菊、毛地黃、法國菊等。通常外來種會產生以下的問題：

- (1) 佔據原本本地種生態棲位(niche)之空檔。
- (2) 外來種若成長迅速，阻礙他種的生育。
- (3) 與本地種產生競爭關係，造成生態系嚴重之影響。

為減低外來侵入種之危害，應加強邊界控制與檢疫，及早發現、消滅與控制。外來侵入種的控制方法雖包括機械控制、化學控制、生物控制與生態管理，但控制措施未必能有效地減少所造成的破壞，以及減少外來侵入物種的族群數目。

2. 植生工程應用植物材料之選擇

外來種植物可能成為侵略種的植物材料不應使用。但在治山防災上，為快速植生覆蓋或為防止大面積填土坡面沖蝕，且尚無適當工法的情況下，只有利用禾本科或豆科草種迅速達成植生效果，如目前引進使用之百慕達草(狗牙根)、百喜草、類地毯草等。該等草類種子均為國際普遍使用之裸坡地使用草種，在台灣亦有 20~30 年以上之使用經驗，目前尚無嚴重逸出與生態系干擾之情形。惟為減低外來種植物可能造成之衝擊，有關植物種子材料之外購須特別注意其生產地點，避免來自作物疫區之產品，選擇較具不稔性、生命週期短等短年生植物為及早檢討或開發新整治工法為宜。至於木本植物，因台灣地區可應用之木本植物種類甚多且其採種較合乎經濟效益，應以本地原生植物材料為主。

對於植物材料而言，外來植物引進除可能影響本地植物及造成大面積繁殖入侵，人為大面積「單一物種栽培」農業方式，亦是生態系上極為危險之作法，一旦物種因氣候或病蟲害之影響，極可能有全面覆滅之情形。早期在台灣曾大量引進外來琉球松及黑松，連帶亦將松材線蟲引入，儘管潛蟄數十年才全面爆發，其影響範圍不僅導致外來松樹悉數死亡，其後更進一步波及原生樹種台灣二葉松。

3. 施工基地植生調查評估與監測

植生施工後演替過程可透過管理階段促成，如該生態系之變化不盡與預期符合，宜從新檢討工法進行調整。當進行生物多樣性保育之植生管理與監測等，需要有植物、生態、土木與景觀等各方面之專業知識、技術及經驗，有必要培養兼備各種技能之人員，同時整合各領域間之共同作業。一般大面積裸露地植生工程完工後初期之成果評估，以發芽數或密度、覆蓋率及成活率作為主要評估依據。如長期植生演替不如預期或導入植物材料有擾亂自然環境之情形者，其植生之

評價需包括群落特性、景觀生態學等相關參數。茲分述如下：

(1)有關規劃設計之評估

- A.植生目標是否適宜(時間規模、空間規模)。
- B.計畫內容是否適當(基地整理、植生導入與管理方法等)。
- C.植生基材(含表土之處理)之設計是否合理。
- D.植物之選用是否適宜，是否可能影響當地之生態系。

(2)供苗與施工階段之評估

- A.植生材料之產地規格、採取、保存是否合乎規定及按照計畫供給。
- B.是否按照計畫施工，如有變更計畫，是否影響目標進度。
- C.原基地計劃是否與現地相符，有無需檢討植生計劃之相關需求。

(3)完工後植生調查

- A.植物材料施工是否達到計畫水準，植生演替是否在控制情況下進行。
- B.植生基礎工程(基地計畫)，是否具備生物棲息環境應有之構造及穩定性。
- C.完工後植物之發芽、成活、成長個數，是否達到預定成果。
- D.完工後數個月(一年以內)，應調查植物之成活狀況、入侵種之生育狀況、及相關環境因素(氣象、病蟲害等)。

(4)生態綠化目標達成率之評估

- A.生態綠化目標達成率須將植物相、物種組成，植群結構等綜合評估之。

B.大面積之植生施工地區，需斟酌考量群落入侵演替等之景觀生態特性。

- C.棲地機能調查需包括土壤條件(有效土壤、有機物質、三相分布等)、生態系資源(根域、棲息空間、可用生物或非生物素材等)。
- D.植群效益評估應佐以該區開發前之植群作為對照。包括典型植生群的樹種林齡組成、植被覆蓋率、冠層構造、群落高度或總斷面積等。

參考文獻

1. 中華水土保持學會，(2004)，水土保持技術規範，行政院農業委員會。
2. 中華水土保持學會，(2005)，水土保持手冊—植生篇、生態工法篇，行政院農業委員會水土保持局編印。
3. 行政院農業委員會特有生物研究保育中心，(2003)，野生維管束植物資源調查方法研習手冊。
4. 呂金誠，(1996)，森林生態學實習講義，國立中興大學。
5. 呂福原、歐辰雄、鄧書麟、林德勳，(2007)，台灣濱海鹽溼地造林與綠美化植物圖說。行政院農委會林務局出版。
6. 李明益，(1993)，惠蓀實驗林場楠櫟帶次生林植群生態之研究，國立中興大學森林學研究所碩士論文。
7. 李權裕、陳明義，(2004)，關刀溪森林生態系殼斗科植物之物候週期，特有生物研究 6(2)：pp95-110。
8. 林信輝(主編)，(2007)，坡地植生工程暨植生調查應用手冊。行政院農委會水土保持局編印。
9. 林信輝(編著)，(2006)，水庫濱水帶植物。經濟部水利署編印。
10. 林信輝，(2001)，水土保持植生工程，高立圖書有限公司。
11. 林信輝、張俊彥，(2004)，景觀生態與植生工程規劃設計。明文書局。
12. 林信輝、楊宏達、陳意昌，(2005)，九芎植生木樁之生長與根系力學之研究。中華民國水土保持學報，36(2)：123-132。
13. 林信輝、歐辰雄，(2002)，臺灣海岸地區應用植物，經濟部水利署編印。
14. 林維治、康佐榮、黃松根、江濤，(1967)，臺灣竹林資源之調查。行政院農委會林試所出版品。
15. 林憲德，(1999)，城鄉生態，詹氏書局。

16. 柳樞，章樂民，(1962)，鹿場大山森林植物生態之調查。林試所報告，85 號。
17. 柳樞、徐國土，(1973)，鴛鴦湖自然保護區之生態研究。林試所報告，237 號。
18. 財團法人林學會(日本)，(1990)，林學檢索用語集。
19. 國立台灣大學生物多樣性研究中心，(2004)，台灣的自然資源與生態資料庫(1)：生物多樣性。行政院農委會林務局出版。
20. 國立台灣大學植物學系，(2003)，FLORA OF TAIWAN(第二版)。國立台灣大學植物學系。
21. 郭城孟(主編)，(2002)，發現絕色台灣：台灣植物專輯。行政院農委會林務局出版。
22. 郭瓊瑩，營造台灣生態水池調查評估與規劃設計操作手冊，內政部營建署。
23. 陳明義、蔡進來，(1983)，植物生態學實驗，國立中興大學。
24. 陳耀榮，(2006)，桂竹林地崩塌機制動態之調查研究，國立中興大學水土保持學系研究所碩士論文。
25. 章樂民，(1961)，大元山植物生態之研究。林試所報告，70 號。
26. 章樂民，(1962)，大甲溪肖楠植物群落之研究。林試所報告，79 號。
27. 章樂民，(1963)，紅檜台灣扁柏混交林生態之研究。林試所報告，91 號。
28. 章樂民，(1966)，台灣熱帶降雨林生態之研究，(二)植被之研究，林試所報告，126 號。
29. 黃俊仁，(2001)，苦藍盤與冬青菊在泥岩地區之根系特性與水分生理之研究，國立中興大學水土保持學研究所碩士論文。
30. 劉崇瑞、柳重勝，(1975)，台灣天然林之群落生態研究(一)，國立台灣大學實驗林溪頭之森林植群，台灣省立博物館科學年刊，18：1~56。
31. 劉崇瑞、劉儒淵，(1977)，恆春半島南仁山區植群生態與植物區

系之研究，台灣省立博物館科學年刊，20：51~150。

32. 劉崇瑞、蘇鴻傑，(2000)，森林植物生態學，臺灣商務印書館。
33. 劉崇瑞、蘇鴻傑、潘富俊，(1978)，台灣天然林之群落生態研究(五)，台東海岸山脈之植群與植相之研究，台灣大學實驗林研究報告，122：143~192。
34. 蔡進來，(1986)，植物野外實習，國立中興大學。
35. 鍾補勤、章樂民，(1954)，南插天山植物生態初步調查。林試所報告，41 號。
36. 顏正平，(2000)，根系型在水土保持適用效能之研究，水土保持植生工程研討會論文，p.127~137。
37. 蘇鴻傑，(1978)，中部橫貫公路沿線植被、景觀之調查分析，(PP95-176)，台灣大學森林系生態研究室。
38. 日本綠化工學會(編)，(1990)，綠化技術用語事典。山海堂。
39. Böhm W. (1979), Methods of study root system, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York.
40. Cian, S.A.(1938).The species-area cruve.Amer.Midl.Nat.19:573-581.
41. Kolesnikov, V.A.(1971), The root system of fruit plants,Moscow. USSR, Mir publishers, P.269.
42. Liu, T.(1975) , Ecological study on Chamaecyparis forests in Taiwan. Journ. Agr. Assoc.China N . S. 92：143-178.
43. Operstein, V and S. Frydman, (2000), The influence of vegetation on soil strength, Ground Improvement (2000) 4, p81~89.
44. Raunkiaer, C. (1934). Life – forms of plants and statistical plants geography.Clarendon Press, Oxford. 632P.
45. Takhtajan, A., (1986), Floristic Regions of the World . Los Angeles.
46. Tansley, A.G., (1946), Introduction to plant ecology. London, George Allen and Unwin.
47. Wang, C.K, (1975), Ecological study of tropical strand forest of Hengchun Peninsula. Biological Bull.41:1~28.

48. 農委會林務局自然資源與生態資料庫 網址：

<http://ngis.zo.ntu.edu.tw/rareplant/index.htm>

49. 農委會特有生物研究保育中心網址：<http://www.tesri.gov.tw/>

國家圖書館出版品預行編目資料

集水區植生群落調查應用手冊 / 林信輝 主編

--初版--南投縣：農委會水土保持局，民 96

136 面 19x26 公分

ISBN-978-986-00-9041-3 (平裝)

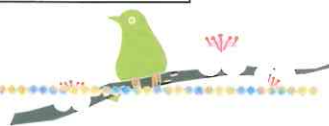
GPN-1009600567

1.植物 - 臺灣

375.232

96004457

集水區植生群落調查應用手冊



出版機關/ 行政院農業委員會水土保持局

發行人/ 吳輝龍

發行地址/ 南投縣中興新村光華路六號

電話/ 049-2394233

主編/ 林信輝

編輯/ 曾彥學、陳建男

美工繪圖/ 胡田田、程怡婕、方玉蘭

編審委員/ 王晉倫、李訓煌、林仕修、施柏喬、張文詔、趙國昭、蕭惠民(姓名順序依筆劃排列)

印刷/ 方圓商業攝影印刷有限公司

執行編印/ 國立中興大學

聯絡地址/ 台中市 402 南區國光路 250 號

國立中興大學水土保持學系

聯絡電話/ (04) 22854322

編印日期/ 中華民國九十七年十二月 (二版)

售價/ 300 元

行政院農業委員會水土保持局圖書室



R000000385