

4S 於台灣地景分類之應用¹

馮豐隆²

《摘要》

利用遙航測(RS)、地理資訊系統(GIS)、衛星定位系統(GPS)與永久樣區(PSP)等技術於台灣地景分類上應用，以利土地經營管理。地景分類由(1)土壤分類(Soil Taxonomy)；(2)生育地型(Habitat Types)與(3)潛在自然植生(Potential Natural Vegetation)三方面著手，其依據的資料由全台灣島 40 m x 40 m 的 DTM 網格資料、1993 年公布之台灣第三次資源調查土地利用型圖，馮、高(2001)發表以 6 種氣候因子群集分析與歐氏距離區劃之台灣氣象區分布圖，再依坡度、坡向、地形、植生、母質等五項土壤生成因子，建立地形單元，再由之配合土壤剖面調查資料，進行土壤分類，建立土壤圖。再由樹種對緯度、海拔高、氣候、土壤等生育地需求，以決定主要造林樹種的生育地，進行生育地型評估，建立台灣各地主要造林樹種之適宜生育地分布圖。也由過去詳細的資源調查與生態調查資料，進行森林植物分布條件分析及生態學家的研究的分類準則，進行台灣潛在自然植生分類圖籍及屬性資料的彙整及一定解析度的網格資料成台灣地景地理資料庫，再由地理資訊系統的空間分析技巧進行分析，以完成潛在自然植生分布圖。那麼所建立的多尺度林地分類系統，可以透過地景分析及林地使用分區，規劃森林經營計畫，使森林在有效的安排、規劃、經營管理下，完成健康、生產力提升及歧異度維護的永續經營。

《關鍵字》地理資訊系統、地景、土地分類、土壤分類、生育地型、潛在植生、多尺度。

¹ 預定發表於 The 2nd IALE Asia-Pacific Region Conference “Landscape Change and Human Activity” Lanzhou, China, Sept. 22-25th, 2001.

² 國立中興大學森林系教授 Tel：(04)22854060 Fax：(04)22872027 E-mail：flfeng@nchu.edu.tw

*Apply 4S to Landscape Classification in Taiwan.*¹

Feng, Fong-Long²

《Abstract》

Remote sensing (RS)、geographic information (GIS)、global position system (GPS) and permanent sampling plot (PSP) technologies were applied to the landscape classification for land management in Taiwan. Landscape classification could be divided into 3 kinds; there is (1) soil taxonomy (2) habitat types (3) potential natural vegetation. Which classification was based on the landscape geo-referenced DBMS. The database included DTM with 40 m x 40 m grids, the report of 3rd Land Use and Forestry Survey in Taiwan and the Taiwan's climate ecoregions classified with cluster analysis and Euclidean distance by Feng and Kao (2001). Aspect, slope, topology, mother materials and vegetation cover are factors of soil development. We used these 5 variables for developing topological unit map. Integrating the surveyed data of soil profile with topological maps, we could do soil classification and soil maps were built. Longitude, elevation, climate and soil were used to do habitat assessment for deciding plantation species. The habitat suitability map of main plantation species was developed. To cite the data of forest inventory, ecology surveys and the criteria of vegetation distribution map, we get the potential natural vegetation map of the whole island with spatial analysis of GIS. The multi-scale land classification system could be used for landscape analysis, land-use zoning and forest management strategic & tactical planning. From the effective arrangement, planning and management, we could practice sustainable management for forest health maintaining, productivity promotion and diversity protection.

《Keywords》 GIS, landscape, land classification, soil classification, habitat, potential natural vegetation, multi-scale

¹ The paper will be presented in The 2nd IALE Asia-Pacific Region Conference "Landscape Change and Human Activity" Lanzhou, China, Sept. 22-25th, 2001.

² Professor of Department of Forestry, National Chung Hsing University. Tel:(04)22854060 Fax:(04)22872027
E-mail: flfeng@nchu.edu.tw

《摘要》

《Abstract》

一、前言

二、材料與方法

(一)材料

(二)方法

三、結果與討論

四、未來展望

五、結論

六、引用文獻

一、前言

I、Introduction

The ecosystem should be based on multiple factors. Ecosystems are defined by multiple factors. As Sokal (1974) points out, "Classifications based on many properties will be general: they are unlikely to be optimal for any single purpose, but might be useful for a great variety of purposes." This is termed a "natural classification". And some savants use land-use, landscape, vegetation pattern, ... et al. But most persons use climatic likely methods, because climate is the factor of distribution limit for bio-cenosis.

There are many methods to reclassify ecosystem boundary. All ecosystem mapmakers have to face two fundamental questions, which are the following, (1) what factors are of particular importance in the recognition of ecosystems? And (2) how are the boundaries of the different size of systems to be determined? (Bailey, 1995)

The study introduces some reclassification systems of climatic regions in Taiwan. Those are region zoning, map-overlay, and multivariate clustering method. The climatic regions zoning methods were derived 8 regions from 20 climatic sub-regions that used 100 climate stations according to Thornthwaite System by Zheng-Xiang Chen. The map-overlay climatic regions method was used Holdridge life zone classification model, which produces 11 climate regions in Taiwan. The multivariate clustering climatic regions method was the 948 habitat clusters in database of Taiwan environment factors that include elevation, slope, aspect those for climate and microclimate, mean temperature per year, mean high temperature of July, mean low temperature of January those for the limit of organisms distribution, total rainfall per year, winter semester, summer semester those for life source, soil class, soil texture, soil effective depth, those for tree growth, reclassified into climatic regions dendrogram by average linkage method. The correlations among the regions of each classification system were discussed in the paper.

(一)4S

利用遙航測(RS)、地理資訊系統(GIS)、衛星定位系統(GPS)與永久樣區(PSP)等技術於台灣地景分類上應用，以利土地經營管理。

4S，即長期調查監測具代表性的永久樣區(Permanent Sampling Plot, PSP)、遠距離收集資料、資訊的遙感探測(Remote Sensing, RS)，靠衛星定位系統(Global Position System, GPS)決定某地點位置的大地座標，以及將調查資料與地理位置資料結合，以具空間圖層與屬性表來表示的地理資訊系統(Geographical Information System, GIS)。

地景是不連續組織單元的交互作用所成，吾人不僅需有新的分類觀察方式，且需有辨別收集資料的新知識、技術。用遙感探測可以觀察植生，進行判釋分類，但無法決定捕食者的社會族群；植物可將水由土壤抽到大氣的能力而成不同植群結構，但遙

測無法獲得水移物的力量分布。生態系物件需直接觀察且資料需建入 GIS，就連人類貿易行為亦然(Perez & Trejo, 1993)，地景的過程模式對充分利用 GIS 是非常重要的！

另外，利用 4S(RS、GPS、GIS 與 PSP)科技，可以獲得地景結構、地景流與自然、人為干擾的資訊，更而進行目標地景之規劃設計、模擬評估與監測。在森林地景生態資訊與知識下，以長期試驗經營方式，進行適應性的經營管理。

4S(RS、GPS、GIS 與 PSP)科技，配合地景生態學原理與長期試驗調查研究、經營管理的知識與技術，進行森林生態系適應性的經營管理。

應用到大尺度科學的工具，如 GIS、RS、DBMS 與模擬之資訊，以利資源規劃與經營，生態單元圖可供規劃生態系、評估資源、進行環境分析、建立理想未來狀況、經營與監測自然資源。

近幾年有更多的自然資源經營者，利用地理資訊系統(GIS)和遙測(RS)於自然資源經營與監測，這些技術提供資源經營者分析及瞭解生態系，使其在做決策時有更好視覺效果且整合量化的資料。

GIS 可以處理空間資訊，亦可處理非空間屬性資料，且將之關連於資料庫管理系統中的不同圖層裏，藉由這些資料去產生圖的資訊，更而透過地點、位置，去查詢有關資料。

GIS 技術的展進，使其在貯存大量資料、經營處理分析空間資料與屬性資料更有效率。GIS 亦提供建立靜態和動態的生態模式的工具，如 Stow (1993)利用基於土壤型和地型性態值的靜態模式，推估沖蝕量，而利用動態 GIS 模式推算具代表空間地景在不同時間的變化狀況。

地理資訊系統於地景生態學經營理念下所提供的基礎，包含下列幾項功能(Stow, 1993)：

- 1、提供資料的有效儲存結構及大區域生態系範圍的經營資料；
- 2、使區域、地方、地景及樣區尺度的資料，彼此能歸併或分離；
- 3、提供研究樣區位置的性態值及求出生態敏感區域；
- 4、支持生態分布的空間統計分析；
- 5、發展遙測資訊萃取的功能；
- 6、發展生態系模式的輸入資料／參數。

以地理資訊系統為基礎的地理資料的建立，可以藉由各種尺度來源資料，彼此間的位相關係，提供多尺度生態系經營的基本資料庫。

(二)台灣地景

地景分類由(1)土壤分類(Soil Taxonomy)；(2)生育地型(Habitat Types)與(3)潛在自然植生(Potential Natural Vegetation)三方面著手：

1. 土壤分類(Soil Taxonomy)

台灣地區土壤調查工作始於 1913 年，由日本在台灣總督府轄下之農林試驗場所進行各州管內之土性調查計劃；台灣省林務局為求台灣地區的林業在經營上能合理化，則始於 1972 年開始進行森林土壤調查計劃，調查結束後，林務局並於 1980 年 9 月正式刊行比例尺為 1/400,000 的台灣森林土壤圖一份，並檢附「台灣森林土壤圖說明書」。

而由於 1972 年之森林土壤調查其比例尺寸太小，已不敷目前林業經營管理的需求，故有鑑於，此台灣省林業試驗所乃呈請農委會資助並協同林務局共同成立一高山林地土壤調查隊，開始為期九年計劃的「臺灣高山林地土壤調查」工作(1993-2001)。目前本調查成果，經整理為二個部份：即土壤圖(1/25,000)及土壤調查報告書一冊，土壤圖明示調查地區之分佈位置及面積。而報告書方面中則除介紹調查方法及調查區域概況外，並敘述土壤之特徵、性質及立地條件等，讓使用者能清楚了解本調查區內之所有土壤之分佈、生成與其特性，俾使能作為林地規劃及經營管理之參考。

其調查目的為(1)建立完整之林地土壤基本資料；(2)建立一套符合台灣林地狀況之標準林地調查流程；(3)提供林區林地利用管理及林業永續經營之參考資料。調查方法則以(1)山坡地調查方法－網格式調查法(Grid Surveys)；(2)林地調查方法－土地單元調查法(Land unit Surveys)。

2. 生育地型(Habitat Types)

The forest habitat variables were: elevation, slope, aspect, yearly mean temperature, mean maximum temperature (from July), mean low temperature (from January), total precipitation per year, total precipitation per winter season, total precipitation per summer season, and soil class, soil texture, and soil effective depth. Interpolation methods used are Thiessen polygon, Kriging and trend method. Finally, mono-multinomial trend model was used to interpolate temperature, Kriging model to precipitation and soil effective depth, and Thiessen polygon method to soil texture and class.

Habitat classification was determined using multivariate cluster analysis. Habitat data used were collected from a Taiwan raster base-map of 35,990 grids that are 1km square. The 12 habitat variables of these grids were classified using cluster analysis K-means. A total of 948 habitat clusters were determined for Taiwan (R-square: 0.95). Habitat clusters and corresponding map variable data were used in Access 2000 and Arc/View 3.2 to construct a database for ecosystem study.

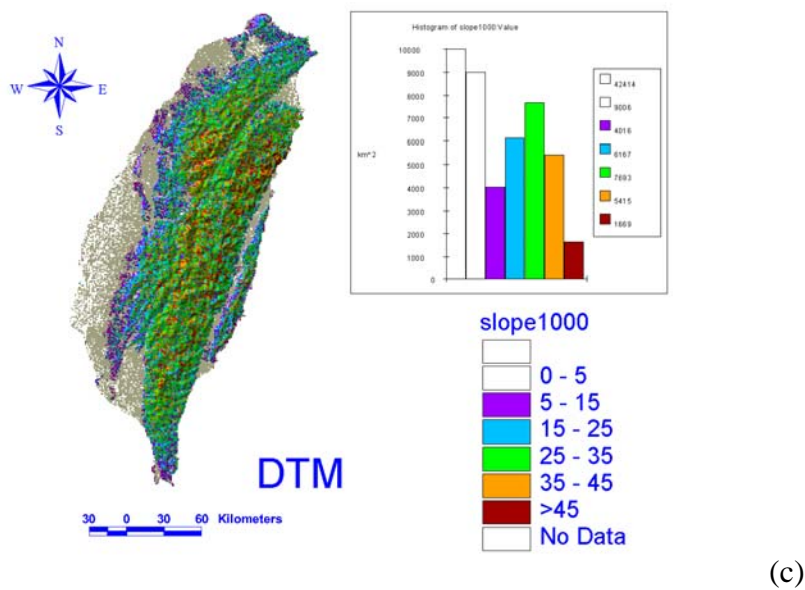
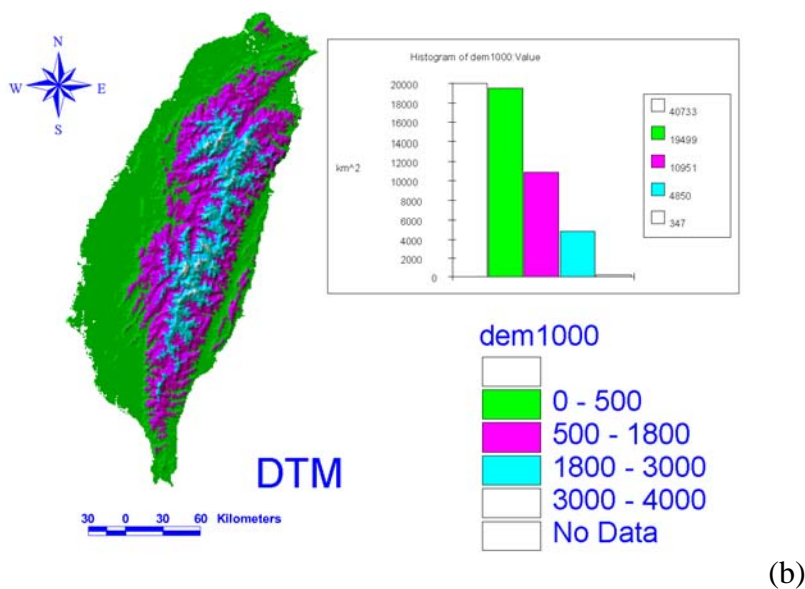
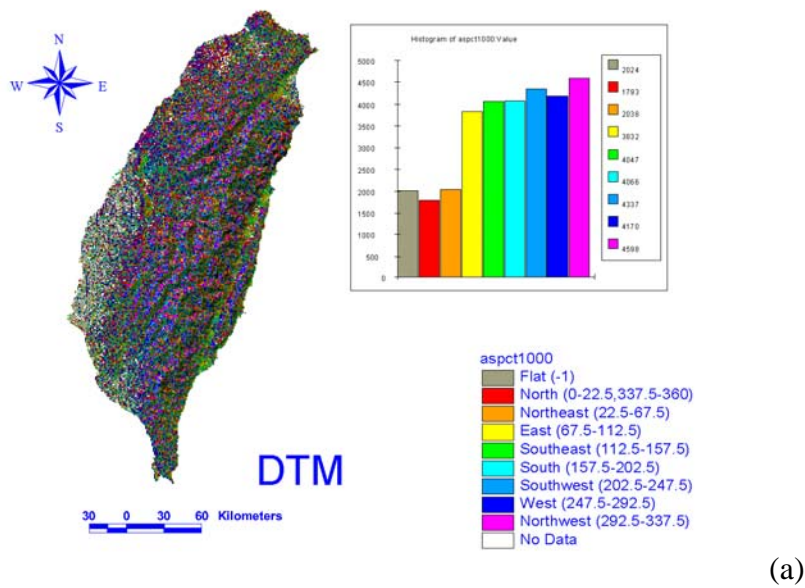


圖 1：位置因子轉化(a)DEM 1km x 1km；(b)坡度 1km x 1km；(c)坡向 1km x 1km。

Fig. 1 : DTM analysis of topographic factor: (a) elevation 1km x 1km ; (b) slope 1km x 1km x 1km ; (c) aspect 1km x 1km.

3. 潛在自然植生(Potential Natural Vegetation)

(三)地景分類

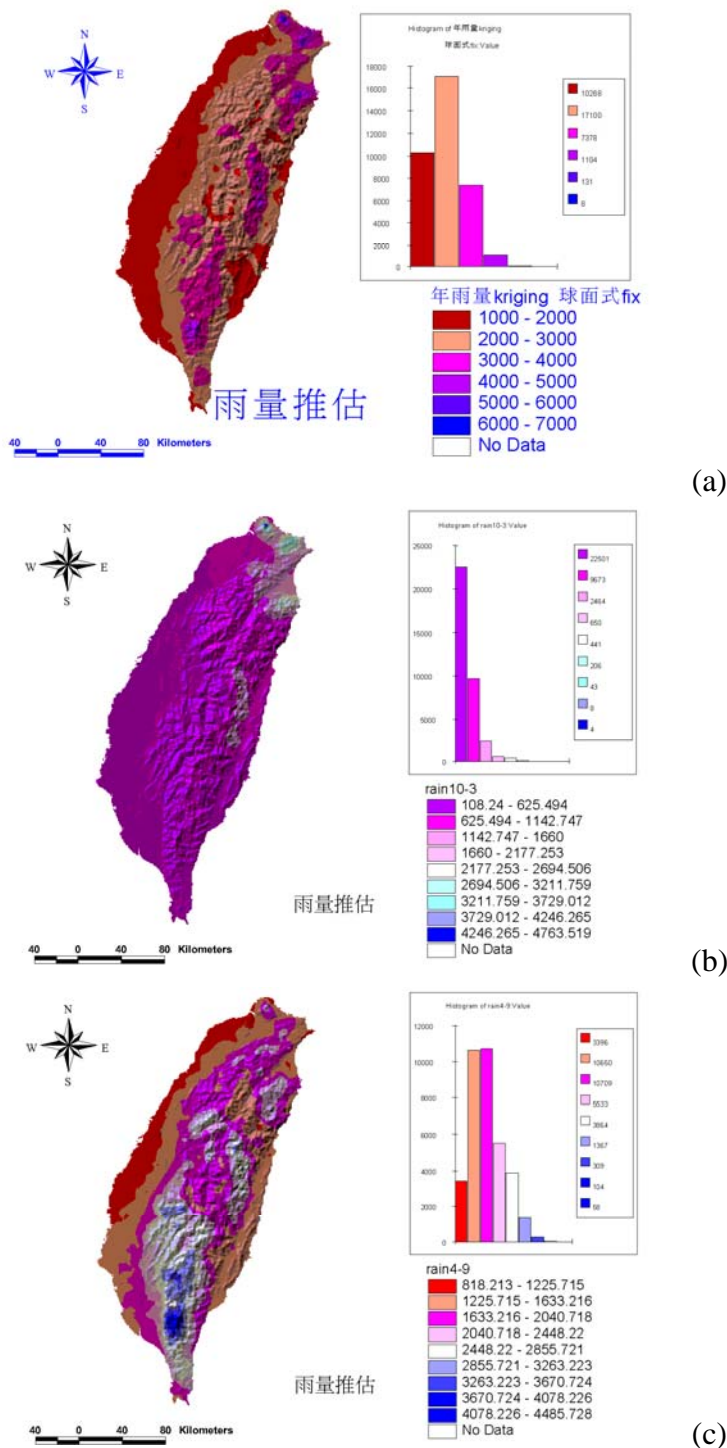


圖 2：雨量推估：(a)年雨量；(b)冬半年(10-3)雨量；(c)夏半年(4-9)雨量。

Fig. 2 : Results of interpolation for precipitation per year: (a) total precipitation; (b)

precipitation of winter season (10-3); (c) precipitation of summer season (4-9).

(四)4S 地景分類應用

1. 依據的資料由全台灣島 40 m x 40 m 的 DTM 網格資料、1993 年公布之台灣第三次資源調查土地利用型圖
2. 馮、高(2001)發表以 6 種氣候因子群集分析與歐氏距離區劃之台灣氣象區分布圖
3. 依坡度、坡向、地形、植生、母質等五項土壤生成因子，建立地形單元，再由之配合土壤剖面調查資料，進行土壤分類，建立土壤圖。
4. 由樹種對緯度、海拔高、氣候、土壤等生育地需求，以決定主要造林樹種的生育地，進行生育地型評估，建立台灣各地主要造林樹種之適宜生育地分布圖。
5. 由過去詳細的資源調查與生態調查資料，進行森林植物分布條件分析及生態學家的研究的分類準則，進行台灣潛在自然植生分類圖籍及屬性資料的彙整及一定解析度的網格資料成台灣地景地理資料庫，再由地理資訊系統的空間分析技巧進行分析，以完成潛在自然植生分布圖。
6. 那麼所建立的多尺度林地分類系統，可以透過地景分析及林地使用分區，規劃森林經營計畫，使森林在有效的安排、規劃、經營管理下，完成健康、生產力提升及歧異度維護的永續經營。
7. 地理資訊系統、地景、土地分類、土壤分類、生育地型、潛在植生、多尺度。

二、材料與方法

(一)材料

1. 依據的資料由全台灣島 40 m x 40 m 的 DTM 網格資料

Materials and Methods

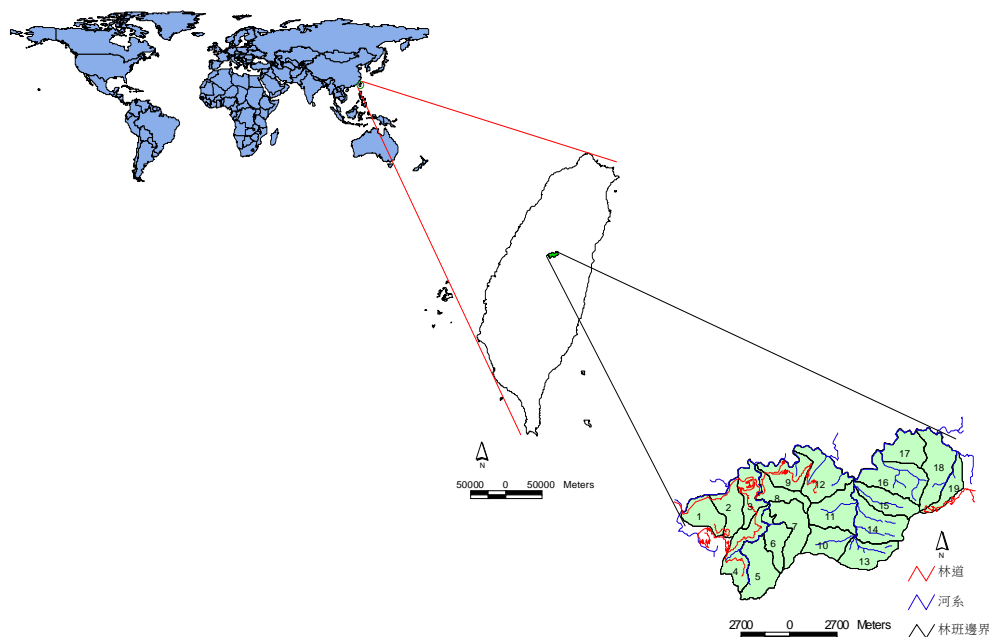


圖 3：惠蓀林場-關刀溪森林生態系空間多尺度一覽圖

2. 12 habitat factors in each 1km*1km grid (35,990) in Taiwan (showed in Fig.1)- mean temperature/yr, July temperature, Jan temperature, slope, aspect, elevation, summer season precipitation, winter season precipitation, total precipitation/yr, soil class, soil texture, soil depth.

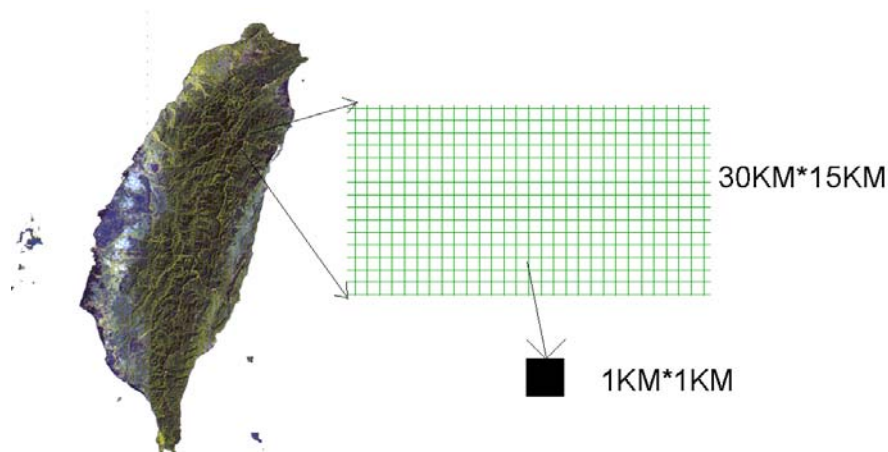


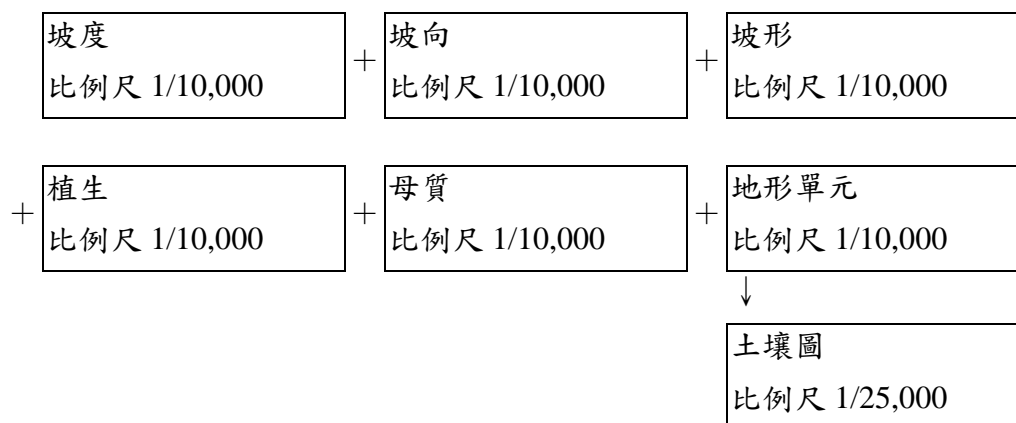
Fig 4 : The 35,990 units of 1km*1km grids distributed in Taiwan (Feng, 2001).

3. 1993 年公布之台灣第三次資源調查土地利用型圖
4. 馮、高(2001)發表以 6 種氣候因子群集分析與歐氏距離區劃之台灣氣象區分布圖
5. 依坡度、坡向、地形、植生、母質等五項土壤生成因子，建立地形單元
6. 配合土壤剖面調查資料
7. 由樹種對緯度、海拔高、氣候、土壤等生育地需求，以決定主要造林樹種的生育地，進行生育地型評估，建立台灣各地主要造林樹種之適宜生育地分布圖。
8. 由過去詳細的資源調查與生態調查資料，進行森林植物分布條件分析及生態學家的研究的分類準則，進行台灣潛在自然植生分類圖籍及屬性資料的彙整及一定解析度的網格資料成台灣地景地理資料庫，再由地理資訊系統的空間分析技巧進行分析，以完成潛在自然植生分布圖。

(二)方法

1. 依坡度、坡向、地形、植生、母質等五項土壤生成因子，建立地形單元，再由之配合土壤剖面調查資料，進行土壤分類，建立土壤圖。

土壤生成五大因子：地形、母質、植生、氣候、時間

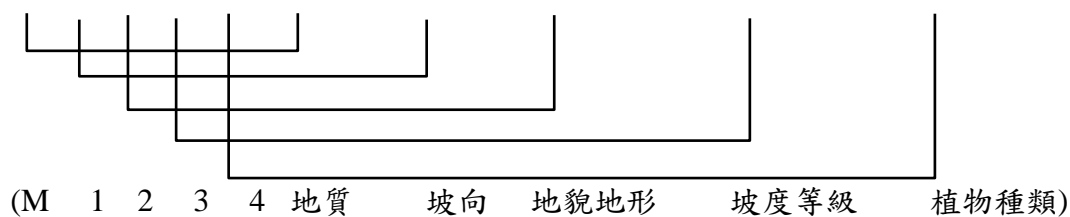


2. 地形單元代號及土壤代號綜合表示法：

茲舉例說明如下：

a、地形單元代號

地形單元代碼 代表意義



(a)地質

M1：沉積岩（不含砂頁岩）

M2：火成岩

M3：變質岩

P：洪積層

S：砂頁岩

(b)坡向

1：北

2：東

3：南

4：西

5：山頂、嶺線（不分坡向）

(c)地貌地形

1：山頂、嶺線、鞍部

2：山腰、山腹

3：山腳、山麓

(d)坡度等級

1：小於 5°

2：6° ~ 15°

3：16° ~ 25°

4：26° ~ 35°

5：36° ~ 45°

6：大於 45°

(e)土地利用

- 1：針葉林
- 2：人造針葉林、針闊混淆林
- 3：闊葉林、人造闊葉林
- 4：草生地（含散生地 30 % 以下）
- 5：雜地（果園、苗圃、建地、開墾地等）
- 6：箭竹林（含草生地、箭竹混生林等）

3.調查流程

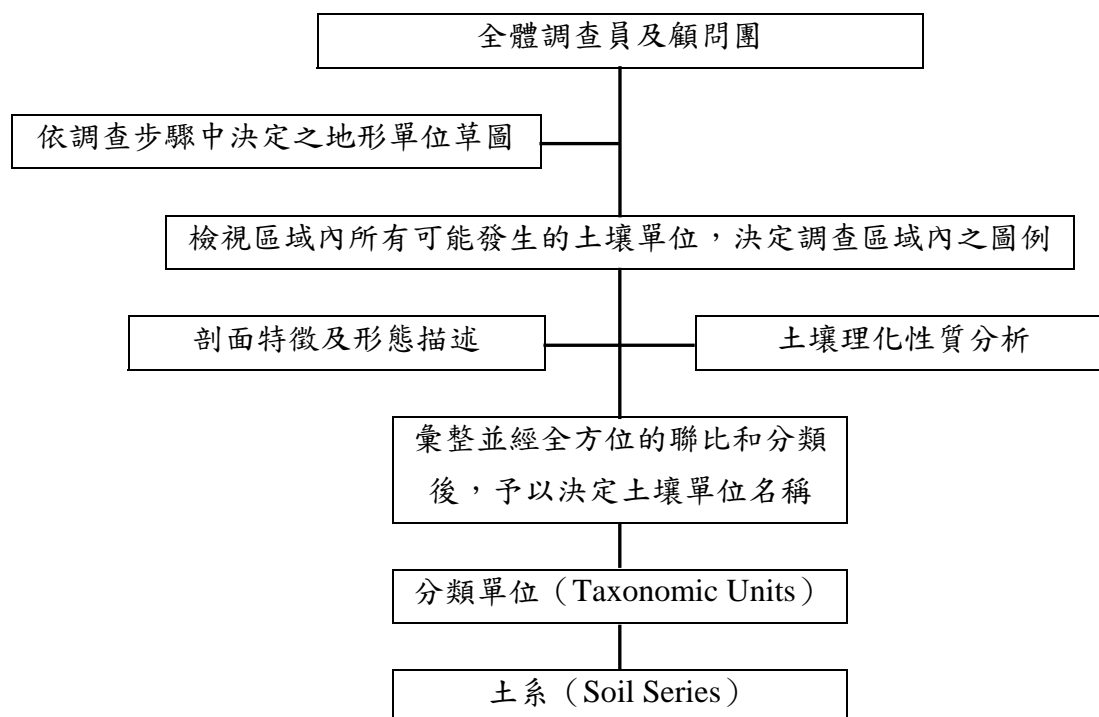


圖 5：土壤圖例調查一般流程（參考謝兆申、王明果、郭鴻裕，1993）

- 4.由樹種對緯度、海拔高、氣候、土壤等生育地需求，以決定主要造林樹種的生育地，進行生育地型評估，建立台灣各地主要造林樹種之適宜生育地分布圖。
- 5.林地分等(林天良製)

等 別	土壤與地形
一等地	棕色森林土適潤或弱濕性型(崩積土)土壤，多在山麓或山谷之緩坡地。
二等地	棕色森林土弱濕性型(定積土)及適潤型(葡行土)、黑土(團粒狀型)、紅(黃)土(團粒狀型)，多在廣闊臺地及緩坡地。
三等地	棕色森林土弱乾燥型及過濕型(定積土)、黑土(粒狀型)、紅(黃)土(塊狀型)、灰化土(濕性或弱灰化型)，多在急坡地或丘陵地。

四等地	棕色森林土乾燥型、黑土(壁狀型)、紅(黃)土(堅果狀型)、灰壤土(灰化或低濕型)，多在山頂或低窪地。
五等地	表土被流失或受沖蝕者。

6.林地之等級與適宜栽植樹種(林天良製)

寒帶：二千五百公尺以上	二等地—落葉松、雲杉、冷杉。 三等地以下—（須靠天然更新，不宜採用人工造林）。
溫帶：一千五百～二千五百公尺	一等地—柳杉、香杉、臺灣杉。 二等地—紅檜、扁柏、臺灣二葉松、落葉松、肖楠。 三等地—五葉松、華山松。 四等地—（以下採用天然更新為宜）。
暖帶：五百～一千五百公尺	一等地—杉木、柳杉、香杉、泡桐、樟樹、構樹、孟宗竹、麻竹。 二等地—楓香、肖楠、桉樹、烏心石、桂竹。 三等地—檫木、光蠟樹。 四等地—琉球松、馬尾松、相思樹。 五等地—臺灣赤楊、相思樹。
熱帶、亞熱帶：○～五百公尺	一等地—杉木、泡桐、芳樟、桃花心木、構樹、苦楝、柚木、銀樺、麻六甲合歡、香椿、可可椰子、麻竹、綠竹、介壽果（嘉義以南低拔地）。 二等地—濕地松、大葉桉、檸檬桉、楓香、鐵刀木、黃連木、桂竹。 三等地—琉球松、印度紫檀、光蠟樹、檫木、馬尾松、長枝竹。 四等地—相思樹、印度紫檀、馬尾松、琉球松、刺竹。 五等地—銀合歡。

7.由過去詳細的資源調查與生態調查資料，進行森林植物分布條件分析及生態學家的研究的分類準則，進行台灣潛在自然植生分類圖籍及屬性資料的彙整及一定解析度的網格資料成台灣地景地理資料庫，再由地理資訊系統的空間分析技巧進行分析，以完成潛在自然植生分布圖。

三、結果與討論

1.依坡度、坡向、地形、植生、母質等五項土壤生成因子，建立地形單元，再由之配合土壤剖面調查資料，進行土壤分類，建立土壤圖。

依據的資料由全台灣島 40 m x 40 m 的 DTM 網格資料，所完成的坡度、坡向、地形等圖。配合 1993 年公布之台灣第三次資源調查土地利用型圖的植生分布與地質調查之母質圖。再依方法所示之規則將坡度、坡向、地形、植生、母質等五項土壤生成因子，建立地形單元，再由之配合土壤剖面調查資料，進行土壤分類，建立土壤圖。

因為台灣島以 40 m x 40 m 的網格資料加以分析圖的展示不易所以以 7,600 ha 之惠蓀林場表示。

2. 利用馮、高(2001)以 6 種氣候因子群集分析與歐氏距離來區劃之台灣氣象區分布圖。

From the 948 habitat clusters of cluster analysis from interpolation map of those 12 habitat factors, we could get the number distribution by Euclidean distance as follows.

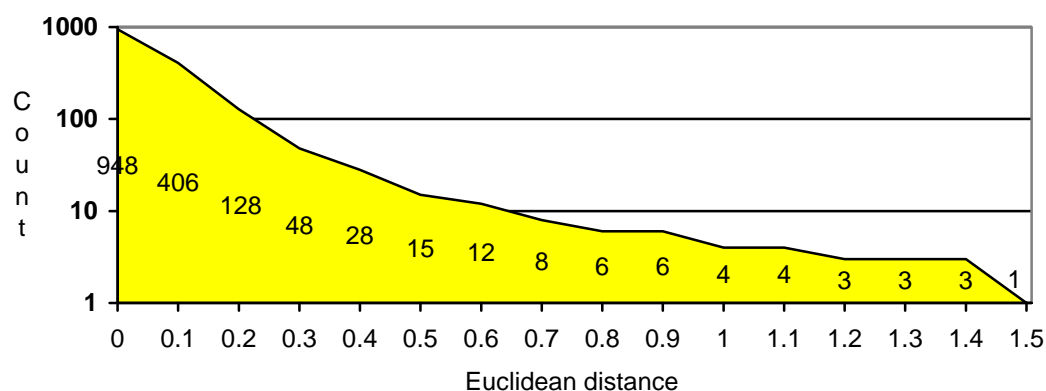


Fig 6 : Reclassification counts.

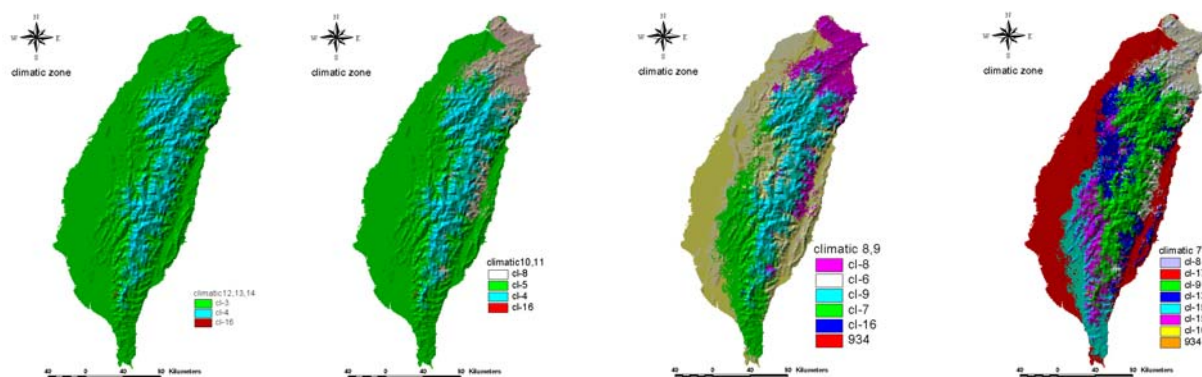


Fig 7 : Climatic cluster regions which progressively each level.

3. 依坡度、坡向、地形、植生、母質等五項土壤生成因子，建立地形單元，再由之配合土壤剖面調查資料，進行土壤分類，建立土壤圖。
4. 由樹種對緯度、海拔高、氣候、土壤等生育地需求，以決定主要造林樹種的生育地，進行生育地型評估，建立台灣各地主要造林樹種之適宜生育地分布圖。
5. 由過去詳細的資源調查與生態調查資料，進行森林植物分布條件分析及生態學家的研究的分類準則，進行台灣潛在自然植生分類圖籍及屬性資料的彙整及一定

解析度的網格資料成台灣地景地理資料庫，再由地理資訊系統的空間分析技巧進行分析，以完成潛在自然植生分布圖。

The study displays the climatic regions map and the intercross table that show what difference between with the Chen's climatic regions, Holdridge life zone classification model in Taiwan and climatic cluster regions which progressively each level. The Chen's climatic regions in Taiwan were 1. North-East (NE) 2. North (N) 3. South-West (SW) 4. South (S) 5. East Coast (E) 6. Central Mountain (CM) 7. West Coast (W) 8. Peng-Hu (PENG) according to factors: 1.monsoon 2.precipitation 3.potential evapo-transpiration and moisture balance 4. annual thermal and the zone.

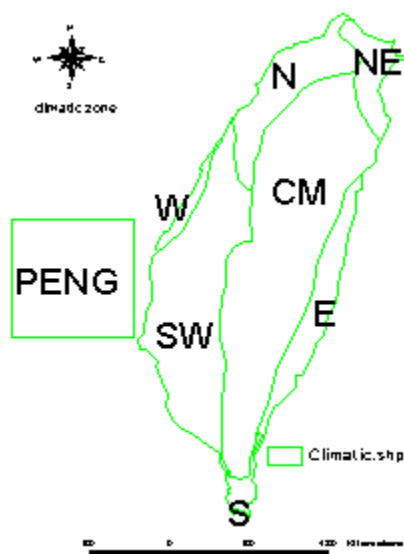


Figure 8 : The Zheng-Xiang Chen's climatic regions in Taiwan.

6. To develop Holdridge life zone of Taiwan with (1) mean annual bio-temperature (2) average total precipitation (3) potential evapor-transpiration ratio (PET ratio).

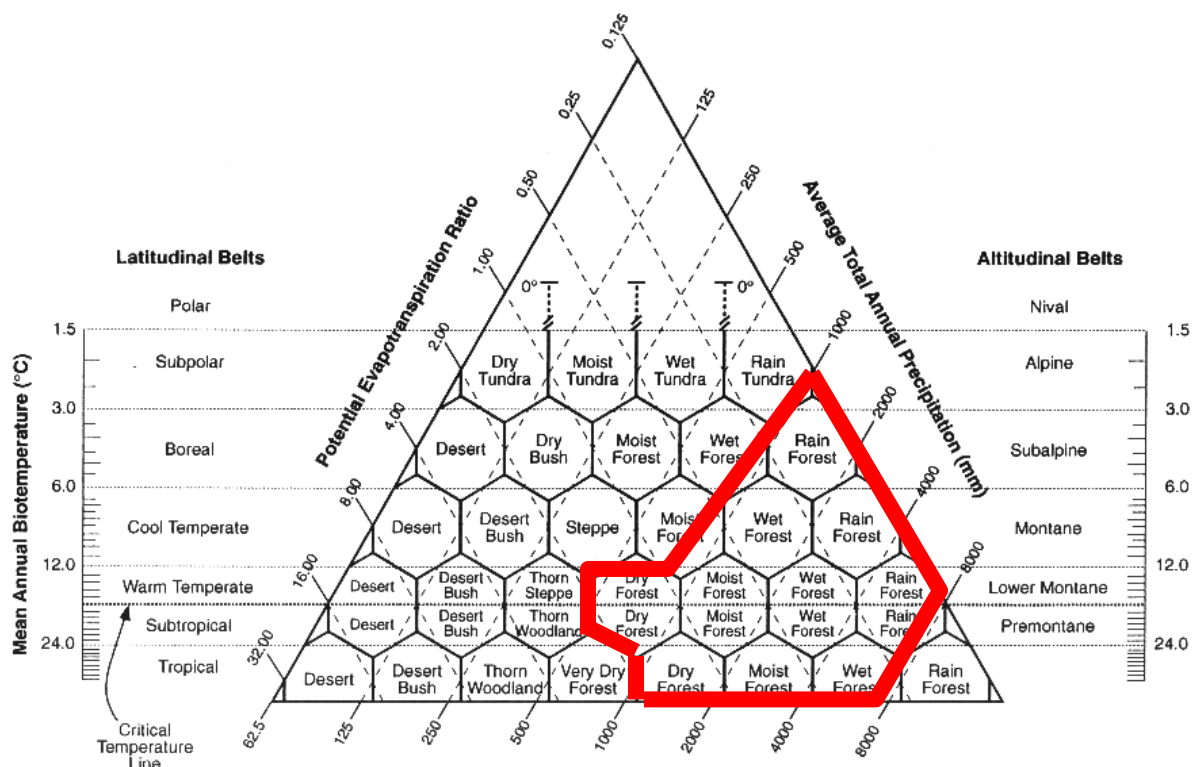


Fig 9 : Holdridge life zone classification model (Holdridge, 1967).

The Holdridge life zone classification model was used the factors: 1. mean annual bio-temperature 2. average total annual precipitation 3. potential evapotranspiration ratio to map-overlay and produces life zones: 1. subalpine rain forest 2. mountain rain forest 3. mountain wet forest 4. lower mountain rain forest 5. lower mountain wet forest 6. lower mountain moist forest 7. subtropical moist forest 8. subtropical dry forest 9. tropical wet forest 10. tropical moist forest 11. tropical dry forest. The climatic regions dendrogram shows there are equable climatic clusters where Euclidean distance between 1.4 ~ 0.8. There are CL3: plain and premontance, CL4: mountain, CL8: North-Eastward wet forest, CL9: mountain, CL15: South-Westward wet forest, CL16: premontance where summer monsoon and winter dry, like Tai-Wu, Ma-Jia region, CL17: plain, CL19: southern wet forest, 934: Da-Wu-Mountain region as equable climatic clusters. The difference between three methods were due to diverse in interest classified factors in the paper.

There are 10 life zones in Taiwan's Holdridge model showed in Fig 9. There are Lower mountain wet forest (41%), sub-tropical moist forest (22%), lower mountain moist forest mountain rain forest (16%), lower mountain rain forest (6%), subtropical dry forest, tropical moist forest (5%), mountain wet forest (2.3%), sub-alpine rain forest (0.15%), tropical wet forest (0.13%) and tropical dry forest (0.01%).

7. To compare and discuss the clustered climate regions with Chen Zheng-Xing system.

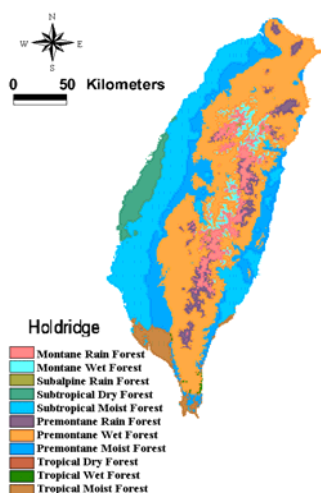


Fig 10 : Holdridge life zone classification model in Taiwan.

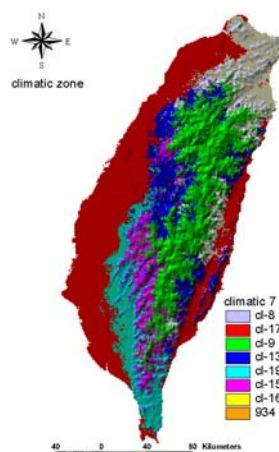
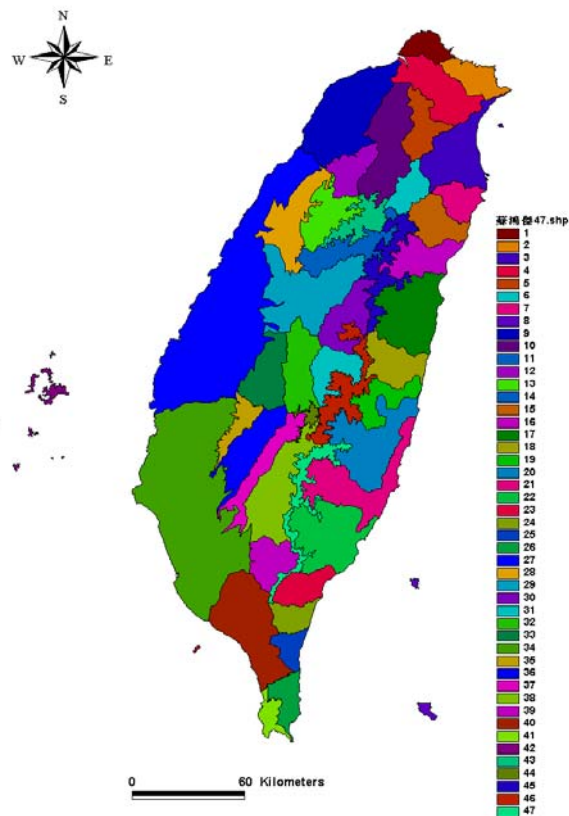
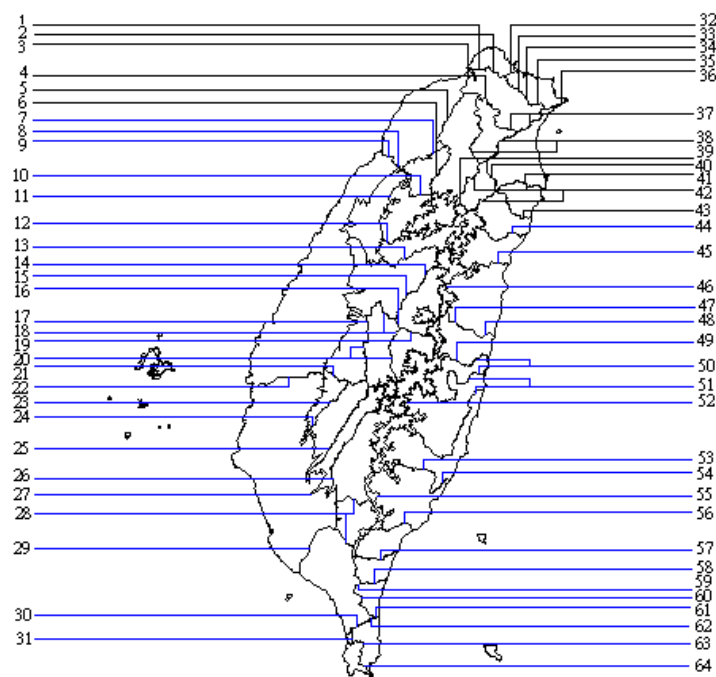


Figure 11 : Clustered climate region.

8.那麼所建立的多尺度林地分類系統，可以透過地景分析及林地使用分區，規劃森林經營計畫，使森林在有效的安排、規劃、經營管理下，完成健康、生產力提升及歧異度維護的永續經營。

9.C:\2-論文發表\ASIAGIS2001\VEG-MAP\蘇鴻傑 47.bmp





植群帶 氣候區及小區	榕楠 林帶	楠櫟林帶		櫟林帶		鐵杉雲杉 林帶	冷杉 林帶	高山 植群帶
		下	上	下	上			
NEC 1.大屯山群(竹子山、七星山、大屯山)	—	0	350	750	—	—	—	—
2.基隆火山群(東北角—平溪)	—	0	300	700	—	—	—	—
3.蘭陽溪下游(玉蘭—大元山以北)	—	0	300	850	—	—	—	—
NEI 4.景美溪及北勢溪(木柵、石碇、坪林)	—	0	300	800	—	—	—	—
5.南勢溪(烏來—塔曼山)	—	0	400	950	1500	2000	—	—
6.蘭陽溪中游(四季、太平山)	—	0	400	1000	1550	2100	—	—
7.南澳溪(金巢山、神秘湖北側)	—	0	400	1000	1550	2100	—	—
LAN 8.蘭嶼、綠島	0	300	—	—	—	—	—	—
NVC 9.林口—新竹臺地	—	0	300	—	—	—	—	—
NVI 10.大漢溪上游(大溪—北橫西段—大霸尖)	—	0	500	1100	1600	2300	2800	3300
11.蘭陽溪上游(南山村—思源啞口)	—	0	500	1100	1600	2200	2800	3300
12.頭前溪及中港溪上游(竹東—觀霧)	—	0	600	1050	1600	2200	—	—
13.大安溪上游(馬達拉溪、南坑溪)	—	0	600	1200	1800	2400	3000	3500
14.大甲溪上游(德基—思源—日新崗)	—	0	500	1300	1900	2500	3100	3600
EN 15.和平溪(南北二溪、澳花溪、和平林道)	—	0	450	1150	1800	2500	3000	3500
16.立霧溪(中橫東段、清水山)	—	0	450	1150	1800	2500	3000	3500
17.木瓜溪(能高越、木瓜山)	—	0	450	1100	1800	2600	3000	3500
18.萬里溪(材田山、萬榮林道、馬鞍溪)	—	0	500	1100	1800	2600	3100	3600
ES 19.紅葉溪及豐坪溪	0	100	550	1100	1650	2300	2800	3400
20.樂樂溪及清水溪(新中橫東段)	0	100	450	1100	1650	2300	2900	3500
21.新武昌溪(南橫東段)	0	200	650	1200	1800	2400	2900	3500
22.鹿野溪(延平林道、臺東以西)	0	200	650	1200	1800	2350	2900	—

SE	23.知本溪及太麻里溪(鬼湖林道)	0	250	700	1250	1600	2350	—	—
	24.金崙溪及大竹溪	0	250	650	1200	1600	2300	—	—
	25.大武溪(浸水營東段)	0	200	650	1150	—	—	—	—
	26.港口溪及恆春半島東側(里籠山以東)	0	100	550	1000	—	—	—	—
CVC	27.苗栗丘陵—北港溪	0	350	—	—	—	—	—	—
CVI	28.後龍、大安及大甲三溪下游	—	0	600	1200	1800	2400	—	—
	29.大肚溪上游(南北港溪、埔里—惠蓀)	0	300	800	1400	2000	2500	—	—
	30.濁水溪北源(霧社支線、能高越西段)	0	500	1050	1500	2100	2600	3100	3600
	31.濁水溪南源(丹大、邵林溪)	0	500	1050	1500	2100	2600	3200	3700
	32.陳有蘭溪(水里—塔塔加鞍部)	0	400	850	1400	1900	2500	3100	3600
	33.清水溪(竹山—瑞里)	0	300	750	1300	1800	2350	—	—
SVC	34.朴子溪—高屏溪	0	—	—	—	—	—	—	—
SVC	35.八掌溪(奮起湖以南—關仔嶺)	0	300	900	1400	—	—	—	—
	36.曾文溪(遠邦—曾文水庫)	0	300	900	1400	1800	2400	—	—
	37.楠梓仙溪及荖濃溪西側(南橫西段)	0	300	850	1400	1900	2400	3000	3500
	38.荖濃溪東側(濁口溪、內本鹿越)	0	300	800	1350	1900	2400	3000	—
	39. 察溪(霧頭山—北大武山)	0	250	850	1400	2000	2600	—	—
	40.東港溪—枋寮溪(大漢林道、浸水營西段)	0	250	850	1300	1900	2400	—	—
	41.恆春半島西側(楓港—恆春)	0	200	600	—	—	—	—	—
	42.澎湖群島	0	—	—	—	—	—	—	—
	43.雪山山脈	—	—	—	—	—	—	3000	3400
	44.玉山山脈	—	—	—	—	—	—	3200	3600
	45.中央山脈一 能高越以北	—	—	—	—	—	—	3000	3400
	46.中央山脈二 能高至關山嶺	—	—	—	—	—	—	3200	3600
	47.中央山脈三 關山嶺以南	—	—	—	—	—	—	3000	3400

10.那麼所建立的多尺度林地分類系統，可以透過地景分析及林地使用分區，規劃森林經營計畫，使森林在有效的安排、規劃、經營管理下，完成健康、生產力提升及歧異度維護的永續經營。

The objectives of forest ecosystem management are different with hierarchical levels and scale. The relationship of ecological levels could be defined by landscape ecology and hierarchy theory. Ecosystem could be described by the interaction of landscape patterns and processes. We have to estimate the status, function and change of ecosystem for the decision-making of forest ecosystem management. Individual trees made up stand. Landscape is composed of many stands. There are many landscapes in forest ecosystem. There is hierarchical system in individual tree, stand, landscape and ecosystem in different temporal scale and spatial scale. The constrain of natural environment, the behavior of management and the disturbance of forest would affect the composition, structure, pattern and change of forest in different levels, spatial scale and temporal scale. GIS is a tool for integrating the database of natural

resource and environment. In the same time, GIS is a good tool for spatial analysis of time series in different levels, also.

In the study, GIS were applied in ecosystem management (EM) as follows: (1) To develop the forest ecosystem multi-scale database of Taiwan in biology and habitat. (2) 4S techniques were used to data collection and storage (3) GIS were used to retrieve the data for developing spatial interpolation models and predict model. (4) Apply the GISs for eco-region classification. (5) To set up the criteria and index of sustainability in different levels and eco-regions.(6) GIS were used to interpolate and display the results of simulation with bio-ecological scenarios or/and social-economical scenarios in different spatial and temporal scales. (7) To scale-up the information of different scales. (8) To build up the monitoring system of ecosystem management with 4S technique (9) To integrate GIS and landscape ecology in designing the desired future condition (10) To do adaptive management in forest ecosystem management with experimental design.

四、未來展望

五、結論

六、引用文獻

- 李宣德，2000，森林空間動態模式之建立與應用，國立中興大學森林學研究所碩士論文(指導論文)，93頁。
- 林務局，1995，第三次台灣森林資源及土地利用調查，台灣省林務局，258頁。
- 高堅泰，1998，群集分析法應用於台灣生育地之研究，國立中興大學森林學研究所碩士論文，88頁。
- 高堅泰、馮豐隆，1998，森林生育地因子之空間推估與生育地分類，第二屆兩岸測繪學術研討會暨第十七屆測量學術及應用研討會論文集(二)，737-747頁。
- 高堅泰、馮豐隆，1999，台灣生態環境資料庫查詢及應用於 WWW，台灣林業，25(5)：36-45頁。
- 陳正祥，1957，氣候之分類與分區，台灣大學實驗林林業叢刊，(7)：99-95頁。
- 陳晁峰、馮豐隆，1995，空測資料收集與資訊管理系統，遙感探測，22：39-52頁。
- 惠蓀林場經營計畫，1982，國立中興大學農學院實驗林管理處各實驗林場近期經營計畫案，中興大學農學院林管處印，73頁。
- 游繁結，1996，關刀溪長期生態區氣象觀測
- 馮豐隆、吳瑋軒，1998，遙控飛機與數位錄影機於森林資源調查與環境監測上之應用，87年中華林學會年會及會員大會，87年12月11日於台灣大學森林館。
- 馮豐隆、李宣德，2000，林木位置圖之製作與應用，林業研究季刊，22(2)：69-78頁。

- 馮豐隆、高堅泰，1999，應用克立金推估模式於降雨製圖，台大實驗林研究報告，13(2)：155-163 頁。
- 馮豐隆、高義盛，2000，臺灣森林生態系經營的準則和指標之研擬，林業研究季刊，22(1)：79-90 頁。
- 馮豐隆、黃志成，1993，森林資源監測系統建立之研究，興大實驗林研究報告，15(2)：83-101 頁。
- 馮豐隆、黃志成，1996，整合 GIS 與 GPS 技術於林業製圖，中興大學實驗林研究彙刊，18(1)：137-150 頁。
- 馮豐隆、黃志成，1997，空間模式應用於林分結構母數推估之研究，中興大學實驗林研究彙刊，19(2)：57-75 頁。
- 馮豐隆、蔡政弘，1998，地理資訊系統在樣區設置上之應用，中興大學實驗林研究彙刊，20(1)：81-99 頁。
- 馮豐隆、蔡政弘，2000，地理資訊系統在森林分層取樣設計上之應用，中華林學季刊(印梓中)。
- 簡炯欣，1999，關刀溪長期生態試驗地之地景變遷及其代表性分析，國立中興大學森林學研究所碩士論文，77 頁。
- 蘇鴻傑，1987，森林生育地因子及其定量評估，中華林學季刊，20(1)：9-14 頁。
- Addicott, J. F., J. M. Ahl, M. F. Antolin, D. K. Padilla, J. S. Richardson, and D. A. Soluk. 1987. Ecological neighborhoods: scaling environmental patterns. *Oikos* 49:340-346.
- Allen, T. F. H., and T. W. Hoekstra. 1986. The critical role of scaling in land modeling. Pages 9-13 in R. Gelinas, D. Bond, and B. Smit, editors. *Perspectives on land modeling*, Polyscience Publications, Montreal, Quebec.
- American Forest of Paper Association. 1994.
- Bailey, R. G. 1980. Descriptions of the ecoregions of the United States. USDA Forest Service. Miscellaneous Publication 1391. U.S. Government Printing Office, Washington, D. C.
- Bailey, R. G. 1987. Suggested hierarchy of criteria for multi-scale ecosystem mapping. *Landscape and Urban Planning* 14:313-319.
- Bailey, R. G. 1989a. Ecoregions of the continents (map). Scale 1:30,000,000. USDA Forest Service, Washington, D. C.
- Bailey, R. G. 1989b. Explanatory supplement to the ecoregions map of the continents. *Environmental Conservation* 15:307-309.
- Bailey, R. G., S. C. Zoltai, and E. B. Wiken. 1985. Ecological regionalization in Canada and the United States. *Geoforum* 16(3):265-275.
- Barnes, B. V., K. S. Pregitzer, T. A. Spies, and V. H. Spooner. 1982. Ecological forest site classification. *Journal of Forestry* 80:493-498.
- Baskent, E. Z., and G. A. Jordan. 1995. Characterizing spatial structure of forest landscapes. *Canadian Journal of Forest Research* 25:1830-1849.

- Botkin, D. B. 1990. *Discordant harmonies*. Oxford University Press, New York, New York.
- Chen, J., J. F. Franklin, and T. A. Spies. 1993. Contrasting microclimate among clearcut, edge, and interior of old-growth Douglas-fir forest. *Agriculture and Forest Meteorology* 3:219-237.
- Cornell, H. V., and J. H. Lawton. 1992. Species interactions, local and regional processes, and limits to the richness of ecological communities: a theoretical perspective. *Journal of Animal Ecology* 61:1-12.
- Dunning, J. B., B. J. Danielson, and H. R. Pulliam. 1992. Ecological processes that affect populations in complex landscapes. *Oikos* 65:169-175.
- Ebert, D. J., T. A. Nelson, and J. L. Kershner. 1991. A soil-based assessment of stream fish habitats in coastal plains streams. *Proceedings of warmwater fisheries symposium*, June 4-8, Phoenix, Arizona.
- Feng, Fong-Long and Hsuan-Der Lee. 2000. The Integration of Individual Tree Growth Model and GIS in Forest Ecosystem Management. XXI IUFRO World Congress 7-12 Aug, 2000 Kuala Lumpur. Malaysia.
- Feng, Fong-Long and Jian-Tai Kao. 2000. Climatic Regions of Taiwan. XXI IUFRO World Congress 7-12 Aug, 2000 Kuala Lumpur. Malaysia.
- Fong-Long Feng. 1996. GIS Model-Based Spatial Analysis of Forest Stand Structure and Volume Estimation. *Journal Exp. Forest of NCHU*. 18(2):65-77.
- Forman, R. T. T., and M. Godron. 1986. *Landscape ecology*. John Wiley and Sons, New York, New York.
- Frankin, J. F. 1997. Ecosystem management. An Overview Boyce and Haney 1997 edit *Ecosystem Management-Applications for Sustainable Forest and Wildlife Resources*. Chap 2:21-53.
- Holdridge, L. R. 1967. *Life zone ecology*. Tropical Science Center. San Jose, California.
- Jordan, J. K. 1982. Application of an integrated land classification. Pages 65-82 in *Proceedings, artificial regeneration of conifers in the Upper Lakes Region*, October 26-28, Green Bay, Wisconsin.
- Kimmins. 1989. *Forest Ecology*. Springer-Verlag, New York, New York.
- Kolasa, J., and S. T. A. Pickett (editors). 1991. *Ecological heterogeneity*. Springer-Verlag, New York, New York.
- Luvall, J. C., and H. R. Holbo. 1991. Thermal remote sensing methods in landscape ecology. Pages 127-152 in M. G. Turner and R. H. Gardner, editors. *Quantitative methods in landscape ecology*. Springer-Verlag, New York, New York.
- Marjor. J. 1969. Historical development of the ecosystem concept. Pages 9-22 in G. M. Van Dyne, ed. *The ecosystem concept in natural resource management*. Academic Press, New York, New York.
- O'Hara, K. L., R. S. Seymour, S. D. Tesch, and J. M. Guldin. 1994. Silviculture and our changing profession: leadership for shifting paradigms. *Journal of Forestry* 92(1): 8-13.

- O'Neill, R. V., and J. R. Krummel, R. H. Gardner, G. Sugihara, B. Jackson, D. L. DeAngelis, B. T. Milne, M. G. Turner, B. Zygmunt, S. Christensen, V. H. Dale, and R. L. Graham. 1994. Indices of landscape pattern. *Landscape Ecology*. 1:153-162.
- O'Neill, R. V., and S. J. Turner, V. I. Cullinan, D. P. Coffin, T. Cook, W. Conley, J. Brunt, J. M. Thomas, M. R. Conley, and J. Gosz. 1991. Multiple landscape scales: an intersite comparison. *Landscape Ecology*. 5:137-144.
- Platts, W. S. 1979. Including the fishery system in land planning. USDA Forest Service. Gen. Tech. Rep. INT-60. Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, Utah.
- Probst, J. R., and T. R. Crow. 1991. Integrating biological diversity and resource management. *Journal of Forestry* 89:12-17.
- Rowe, J. S. 1980. The common denominator in land classification in Canada: an ecological approach to mapping. *Forest Chronicle* 56:19-20.
- Rowe, J. S. 1992. The ecosystem approach to forest management. *Forest Chronicle* 68:222-224.
- Ruth. 1997.
- Simon, H. A. 1973. The organization of complex systems. Pages 3-27 in H. H. Pattee, editor. *Hierarchy theory: the challenge of complex systems*. George Braziller, New York, New York.
- Spies, T. A., and B. V. Barnes. 1985. A multifactor ecological classification of the northern hardwood and conifer ecosystems of Sylvania Recreation Area, Upper Peninsula, Michigan. *Canadian Journal of Forest Research* 15:949-960.
- Stow. 1993. The role of Geographic Information Systems for landscape ecological studies in landscape ecology and Geographic Information Systems edits by Roy Haines-young David. R. Green. Stew Consons Taylor Francis.
- Turner, M. G. 1989. Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annual Review of Ecology and Systematics* 20:171-197.
- Turner, M. G. 1990. Spatial and temporal analysis of landscape patterns. *Landscape Ecology* 4:21-30.
- Udvardy, M. D. F. 1975. A classification of the biogeographical provinces of the world. Occasional Paper 18. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, Morges, Switzerland.
- Walter, H., and E. Box. 1976. Global classification of natural terrestrial ecosystems. *Vegetatio* 32:75-81.
- Watt, A. S. 1947. Pattern and process in the plant community. *Journal of Ecology* 35:1-22.
- Wertz, W. A., and J. A. Arnold. 1972. Land systems inventory. USDA Forest Service, Intermountain Region, Ogden, Utah.

七、附錄

38.臺灣省造林樹種表

(1)主要造林樹種、適合造林、生育環境一覽表

中名	學名	地區	Min 海拔	Max 海拔	土壤 濕度	方向	土壤種類	備註
臺灣雲杉	<i>Picea morrissonicola</i> Hay	全省	2,300	3,000	濕、潤	北、東	砂質壤土	
華山松	<i>Pinus armandi</i> Franch	中	2,000	2,700	乾、潤	南、西	壤土	
琉球松	<i>Pinus luchuensis</i> Mayr	全省	0	1,000	乾、潤	南、西	壤土	
臺灣二葉松	<i>Pinus taiwanensis</i> Hay	全省	800	3,000	乾、潤	南、西	壤土	
濕地松	<i>Pinus elliottii</i> Engelm	全省	0	800	乾、潤	南、西	砂·粘質壤土	
柳杉	<i>Cryptomeria japonica</i> D. Don	全省	1,000	2,000	濕、潤	北、東	砂質壤土	
香杉	<i>Cunninghamia lanceolata</i> (Lamb) Hook	北、中	1,000	2,500	濕、潤	北、東	砂質壤土	
杉木	<i>Cunninghamia lanceolata</i> (Lamb) Hook <i>formlatifolia</i> Y. C. Liu et Shieh	全省	500	2,000	潤、濕	北、東	砂質壤土	
臺灣杉	<i>Taiwania cryptomerioides</i> Hay	全省	1,000	2,000	潤、濕	北、東	砂質壤土	
紅檜	<i>Chamaecyparis formosensis</i> Mats	全省	1,000	2,000	潤、濕	北、東	坩·粘質壤土	
臺灣扁柏	<i>Chamaecyparis taiwanensis</i> Masam et Suzuki	全省	1,500	2,500	潤、濕	北、東	坩質壤土	
臺灣肖楠	<i>Calocedrus formosana</i> Florin	全省	500	1,500	乾、潤	北、東	砂·粘質壤土	
烏心石	<i>Michelia formosana</i> Masam	全省	400	1,800	潤、濕	北、東	坩質壤土	
樟類	<i>Cinnamomum camphora</i> (Linn) Sieber	全省	0	1,500	潤	北、東	砂·粘質壤土	包括芳樟
木荷	<i>Schima superba</i> Gartn et Champ	全省	800	2,000	潤、濕	南、西	粘質壤土	
檸檬桉	<i>Eucalyptus citriodora</i> Hook	全省	0	700	乾、潤	南、西	砂質壤土	
大葉桉	<i>Encalyptus robusta</i> Smith	全省	0	700	乾	南、西	砂質壤土	
相思樹	<i>Acacia Confusa</i> Merrill	全省	100	1,000	乾	南、西	各種土壤	
麻六甲合歡	<i>Albizia falcata</i> Backer	全省	100	800	潤、濕	南、西	各種土壤	
臺灣赤楊	<i>Alnus formosana</i> Makino	全省	200	2,500	乾、潤	南、西	砂質壤土	
木麻黃類	<i>Casuarina</i> spp	全省	0	300	乾	南、西	砂土	
臺灣欒	<i>Zelkova formosana</i> Hay	全省	500	1,200	潤	南、西	砂質壤土	
光臘樹	<i>Fraxinus formosana</i> Hayata	中、南	0	1,000	乾、潤	南、西	各種土壤	
泡桐	<i>Paulownia fortunei</i> Hemsl	全省	400	1,500	潤	南、西	砂質壤土	
刺竹	<i>Bambusa stenostchya</i> Hackel	南、中	50	500	乾、潤	南、西	各種土壤	
綠竹	<i>Bambusa oldhami</i> Munro	全省	50	500	潤	南、西	砂質壤土	
長枝竹	<i>Bambusa dolicleclada</i> Hay	南、中	0	750	乾、潤	南、西	砂·粘質壤土	
孟宗竹	<i>Phyllostachys edulis</i> Houzeau de Lehaie	中、北	800	1,600	潤	東、北	砂·粘質壤土	
桂竹	<i>Phyllostachys makinoi</i> Hayata	全省	100	1,300	潤	東、北	砂質壤土	
麻竹	<i>Dendrocalamus latiflorus</i> Munro	全省	0	1,000	潤	東、北	砂質壤土	

(2)次要造林樹種、適合造林、生育環境一覽表

中名	學名	地區	Min 海拔	Max 海拔	土壤 濕度	方向	土壤種類	備註
臺灣冷杉	<i>Abies kawakamii</i> Ito	全省	2,300	3,300	濕		砂·粘質壤土	
臺灣五葉松	<i>Pinus morrisonicola</i> Hay	中	600	2,000	乾、潤	南、西	砂質壤土	
馬尾松	<i>Pinus massoniana</i> Lamb	北	300	1,300	乾、潤	南、西	砂質壤土	
威氏帝杉	<i>Pseudotsuga Wilsoniana</i> Hay	中	800	1,500	潤	北、東	砂質壤土	
鐵杉	<i>Tsuga chinensis</i> Pritz	全省	1,000	3,000	潤、濕	北、東	粘質壤土	
牛樟	<i>Cinnamomum micranthum</i> Hay	全省	500	1,500	潤	北、東	砂·粘質壤土	
豬脚楠	<i>Machilus thunbergii</i> S. et Z.	全省	500	1,500	濕、潤	北、東	砂質壤土	
香楠	<i>Machilus Zuihoensis</i> Hay	全省	500	1,500	濕、潤	北、東	砂質壤土	
臺灣檫樹	<i>Sassafras randaiensis</i> Reld	中、北	800	2,000	乾、潤	南、西	砂質壤土	
銀樺	<i>Grevillea robusta</i> A. Cunn	中、南	100	1,000	乾、潤	南、西	砂質壤土	
欖仁樹	<i>Terminalia Catappa</i> Linn	全省	0	500	乾	南、西	砂質壤土	
木棉樹	<i>Gossampinus malaparica</i> (DC) Merr. (<i>Bombax Ceiba</i> L.)	中、南	50	200	乾	南、西	砂·粘質壤土	
油桐	<i>Aleuries fordii</i> Hemsl	全省	100	800	潤	南、西	粘質壤土	
千年桐	<i>Aleuries montana</i> Wils	南中北	100	800	潤	南、西	粘質壤土	
栲皮樹	<i>Acacia decurrens</i> Willd var <i>mollis</i> Lindl. (<i>A. mollissima</i> Willd)	全省	500	1,500	乾、潤	南、西	砂質壤土	
毛柿	<i>Diospyros discolor</i> Willd	南	300	以下	乾、潤	南、西	粘質壤土	
銀合歡	<i>Leucaena glauca</i> Benth	全省	0	500	乾		各種土壤	
印度紫檀	<i>Pterocarpus indicus</i> Willd	中、南	100	400	乾、潤	南、西	各種土壤	
楓香	<i>Liquidambar formosana</i> Hance	全省	100	1,000	乾、潤	南、東	砂質壤土	
板栗	<i>Castanea mollissima</i> Blume	中南北	500	2,000	乾、潤	南	砂質壤土	
長尾尖錐栗	<i>Castanopsis longicandata</i> Kaneh et Hatus	全省	300	2,000	濕、潤	南、西	砂質壤土	
青剛栗	<i>Cyclobalaopsis glauca</i> Oerst	全省	300	1,500	濕、潤	南、西	砂·粘質壤土	
山黃麻	<i>Terema orientalis</i> Blume	全省	200	1,000	濕、潤	南	砂質壤土	
構樹	<i>Broussonetia papyrifera</i> L. Heritier	全省	0	800	潤	南、西	砂質壤土	
大葉桃花心木	<i>Swietenia macrophylla</i> King	中南東	0	300	潤	北、東	粘質壤土	
桃花心木	<i>Swietenia mahagoni</i> Jacq	中南東	0	300	潤	北、東	粘質壤土	
龍眼	<i>Euphoria longana</i> Lam	中、南	50	500	乾、潤	北、東	各種土壤	
欖果	<i>Magifera indica</i> Linn	中、南	50	500	乾、潤	北、東	各種土壤	
黃連木	<i>Pistacia chinensis</i> Bunge	全省	100	750	乾	南、西	砂質壤土	
安南漆	<i>Rhus succedanea</i> L. var <i>dumoutieri</i> Kudo et Matsum	中、南	0	700	乾、潤	南、東	粘質壤土	
腰果	<i>Anacardium occidentale</i> L	南	50	400	乾、潤		砂質壤土	
柚木	<i>Tectona grandis</i> Linn	南	50	500	潤、濕	南、西	砂質壤土	