

新化林場地景變遷之探討

張鈞媛¹、馮豐隆²

【摘要】本研究為瞭解新化林場 1993-2002 年土地利用型之地景變遷情況，將 1993 與 2002 年之土地利用型以 FRAGSTATS 程式分別計算一般性面積指標、形狀性指標及地景多樣性指標之地景結構指數，比較造林地在 1993 年及 2002 年的土地利用類型之地景變遷情形。研究結果顯示，相思樹純林面積比例由 7.37%減少為 0.71%及大葉桃花心木-相思樹混淆林面積比例由 14.64%減少為 0.36%；龍眼純林面積比例由 6.56%減少為 0.92%，及大葉桃花心木-龍眼混淆林面積比例由 0.77%增加為 7.47%；竹林面積比例由 26.18%減少為 13.11%，及大葉桃花心木-竹混淆林面積比例由 0.24%增加為 6.97%；大葉桃花心木純林為 64.3ha，佔林場範圍 505ha 的 12.73%，而大葉桃花心木之混淆林為 167.76ha 佔 33.22%。在形狀指數方面，大葉桃花心木由 1.69 增加為 1.90，大葉桃花心木-柚木混淆林由 1.71 增加為 1.83，大葉桃花心木-竹混淆林由 0.62 增加為 0.94，以及大葉桃花心木-相思樹混淆林由 2.21 增加為 2.33，顯示了與桃花心木有關的林型有擴展趨勢。由地景多樣性指標顯著的增加，地景指標 Shannon's 多樣性指數由 2.19 增加為 2.81 以及修正 Simpson's 多樣性指數由 2.77 增加為 3.29，說明樹種組成在 2002 年較 1993 年的地景更多樣。竹類、柚木、相思樹等純林漸為與大葉桃花心木之混淆林所取代，說明大葉桃花心木可以與其他樹種一起生長良好，因此大葉桃花心木非常適合在新化林場更新生長。

【關鍵字】地景變遷、地景結構指數、新化林場、大葉桃花心木、土地利用型

A Case Study on Landscape Change of SHIN-HUA Forest

Experimental Station

Jun-Yuan Chang¹ Fong-Long Feng²

【Abstract】 This study concerned about the landscape change of land-use in Shin-Hua Forest Experimental Station in the year of 1993-2002. FRAGSTATS formula was used to analyze landscape structure index of land-use map in year 1993 and year 2002. We selected landscape index such as the general area index, the shape index and the landscape diversity index and landscape changes were discussed. The results showed that the *Acacia confusa* decreased for the percent of pure *Acacia confusa* forest and *Swietenia macrophylla*-*Acacia confusa* mixed forest was decreased from 7.37% to 0.71% and

¹國立中興大學森林系研究生

Graduate Student, Department of forestry, National Chung-Hsing University

Tel: 04-22854060; E-mail: jyunyuann@yahoo.com.tw

²國立中興大學森林系教授，通訊作者。

通訊地址：台中市南區國光路 250 號 國立中興大學 森林系

Professor, Department of Forestry, National Chung-Hsing University, Corresponding author.

Tel: 04-22854060; E-mail: flfeng@nchu.edu.tw

from 14.64% to 0.36%. The percent of pure *Dimocarpus longan* forest was decreased from 6.56% to 0.92% and *Swietenia macrophylla-Dimocarpus longan* mixed forest was increased from 0.77% to 7.47%. The percent of Bamboo pure forest was decreased from 26.18% to 13.11%, and *Swietenia macrophylla-Bamboo* mixed forest was increased from 0.24% to 6.97%. There is 64.3ha(12.73%) of Shin-Hua Forest Experimental Station was occupied by pure forest *Swietenia macrophylla*, and 167.76ha(33.22%) occupied by *Swietenia macrophylla* mixed forest landscape area on. From the results, we found that the 1993-2002 change of mean shape index(MSI) different forest type in Shin-Hua, as following: The pure forest of *Swietenia macrophylla* was increased from 1.69 to 1.90, *Swietenia macrophylla-Tectona grandis* mixed forest increased from 1.71 to 1.83, *Swietenia macrophylla-Bamboo* mixed forest increased from 0.62 to 0.94 and *Swietenia macrophylla-Acacia confusa* mixed forest increased from 2.21 to 2.33. The results showed *Swietenia macrophylla* related mixed forest types have expanded. The information revealed the increasing tendency of *Swietenia macrophylla* by the landscape diversity index. We could explain the forest types were more diverse in year 2002 than year 1993. The results of Shannon's diversity index (SHDI) change from 2.19 to 2.81 and modified Simpson's diversity index (MSIDI) increased from 2.77 to 3.29. It's showed that the *Swietenia macrophylla* be adaptive to regenerate and grow in that area. *Swietenia macrophylla* is growing well. Because the pure forests of bamboo, *Tectona grandis* and *Acacia confusa* were substituted by *Swietenia macrophylla* mixed forests.

【Keyword】 Landscape change, Landscape structure index, Shin-Hua Forest Experimental Station, *Swietenia macrophylla*, Land-use

一、前言

地景生態學是研究地景單元的類型組成、空間配置及其與生態學過程互相作用的綜合性科學，景觀的結構、功能和變遷，一直是地景生態學所研究的內容，其中，變遷即是指景觀在結構和功能方面隨著時間的變化，並藉由量化地景格局來描述土地利用的變遷(鄔建國，2003)。在量化的過程中，多以美國農部林務署所開發之 FRAGSTATS 來進行地景結構之量化與變遷分析，因其參數能清楚描述地景的基本組成和結構，以及有效描述真實的地景範圍(Ritters *et al.*, 1995)。

新化林場為中興大學實驗林之一，作為提供教學實習及研究的場所，早期林場內種植大葉桃花心木、柚木、麻六甲合歡、印度黃檀、鐵刀木、相思樹、台灣欒樹、龍眼、樟樹、荊竹、麻竹等各式樹種，然而，許多造林樹種卻

生長不良造成死亡。是故本研究針對新化林場 1993-2002 年之人工林地景變遷來做探討。

二、材料與方法

(一) 研究區域

新化林場乃中興大學農學院實驗林管處所屬，位於台南縣新化鎮礁坑里，為虎頭埤之水源涵養保安林，林場轄區範圍為 505.05ha，其中公私有林地佔 131.09ha，林場屬國有林地面積有 10 個林班共約 373.92ha，西起東經 120°21'39"，東至 120°23'，北起北緯 23°1'54"，南至北緯 23°(馮豐隆等，1997)。林場最低處海拔約 35m，最高處為觀音山，海拔高度 152.3m，除幾處有較急峻之坡面外，其餘均屬地勢較平坦的丘陵地。因林場為虎頭埤水源涵養保安林，故林場內所有溪流大多經由虎頭溪匯集於虎頭埤，而虎頭埤之水源亦幾乎全部匯於本林

場。

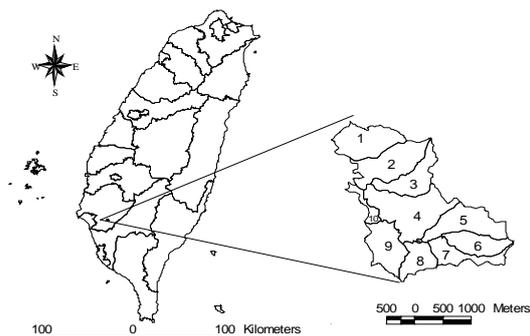


圖 1 新化林場位置圖(馮豐隆與蔡政弘等, 1998)

Fig.1 The position map of Shin-Hua Forest Experimental Station (Feng and Tsai, 1998)

(二) 研究材料

1. 正射影像圖檔

以包括 2002 年新化林場的正射影像圖檔，圖名、圖號分別為虎頭埤(9419-2-084)、三十六崙(9419-2-085)、五甲勢(9419-2-094)、九層嶺(9419-2-095)、大坑尾(9419-2-096)共五幅，如

圖 2。

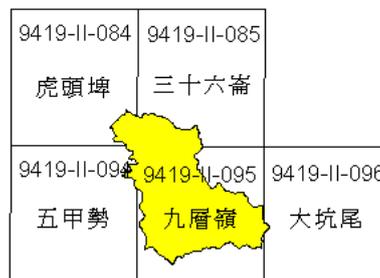


圖 2 新化林場之正射影像圖檔圖幅索引(馮豐隆等, 1994)

Fig.2 The index of picture files in Shin-Hua Forest Experimental Station (Fong *et al.*, 1994)

2. 土地利用型圖

本研究所使用 1993 之土地利用型圖，取自陳英彥與馮豐隆在 1994 年利用 GENAMAP GIS 軟體，數化之新化林場土地利用型圖籍檔，該圖是利用 1993 年航空照片判釋並建檔數化，經重新擷取編修而定，如圖 3。

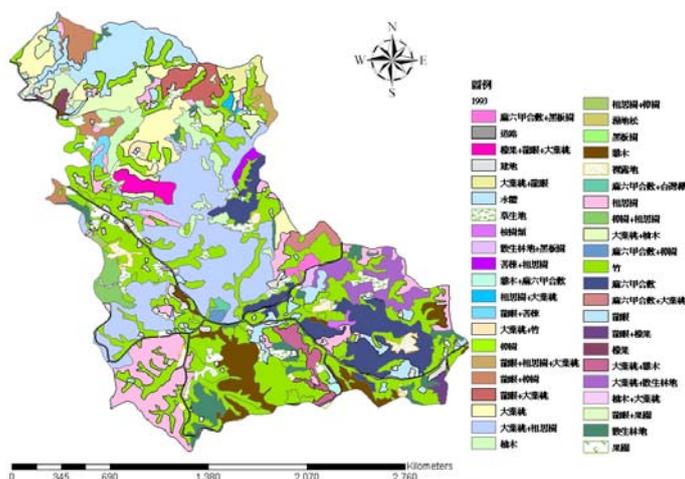


圖 3. 新化林場 1993 土地利用型圖(馮豐隆等, 1997a)

Fig.3 The landuse map in year 1993 of Shin-Hua Forest Experimental Station (Feng *et al.*, 1997a)

(三) 研究方法

1.2002 年土地利用型判釋

新化林場原先造林樹種有相思樹、印度黃檀、鐵刀木、柚木、木麻黃、麻竹、長枝竹及

荊竹等。但大部分樹種如印度黃檀及鐵刀木已完全失敗，相思樹亦多生長不良鬱閉破裂。中興大學實驗林管處(1986)為改良林相、發揮多目標公益功能，林場從 1975 年辦理林相改良工

作，將原有低劣樹種，逐步改植大葉桃花心木及其他樹種。至 1993 年 5 月為止，造林樹種包括苦楝、樟樹、麻六甲合歡、光臘樹、赤桉、玫瑰桉、欖木、楓香、荔枝、黑板樹、茄苳等樹種(馮豐隆等，1997)。因此，將 1993 與 2002 年之土地利用型進行比較探討，以瞭解在這段時間裡土地利用的變遷情況。

利用 ArcMap 將新化林場最新航空照片影像 2002 年正射影像圖檔進行林型判釋與數化，以獲得 2002 年的土地利用型圖(林型圖)。在判釋的過程中，以 PDA 作為輔助的工具，先將相關圖層以 sid 檔格式儲存於 PDA 內之 SuperPad，以方便作業。並於 2006 年 8 月~10 月間，前往新化林場進行土地利用現場探勘，因為新化林場為一人工栽植之試驗林，是故樹種較天然林單純；在判釋上，以航空照片所能看見之上層樹冠層為主要組成樹種。

2.FRAGSTATS 模組分析地景結構

使用美國農部林務署所開發的之 FRAGSTATS 程式集進行地景結構指標之運算。地景結構所選之地景參數如下(McGarigal and Marks, 1995)：

(1) 一般性指標

A.地景面積比(Percent of Landscape, %LAND)

當嵌塊體(類別)在地景中所佔的面積變的很小時，地景面積比就會接近於 0；當地景包含單一的嵌塊體時，其值為 100。所有嵌塊體面積和，除以總地景面積，再乘以 100，轉換為百分比等於地景面積比，它的範圍介於 0~100 之間。

$$\%LAND = P_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} (100)$$

式中，%LAND 是地景面積比， a_{ij} 是第 i 類第 j 塊嵌塊體面積，A 是總地景面積(m²)。

B.最大嵌塊比(Largest Patch Index, LPI)

當最大嵌塊體變小時，LPI 會趨近於 0；若當最大嵌塊體百分百包含整個地景時，則

LPI=100。LPI 等於最大嵌塊體面積除以總地景面積，乘上 100(轉換成百分比)，換言之，LPI 等於最大嵌塊體在地景中所佔的百分比，它的範圍介於 0~100 之間。

$$LPI = \frac{\max(a_{ij})}{A} (100)$$

式中，LPI 是最大嵌塊比， a_{ij} 是第 i 類第 j 塊嵌塊體面積，A 是總地景面積(m²)。

C.嵌塊體密度(Patch Density, PD)

PD 等於相應嵌塊體數目，除以總地景面積，再乘上 10000 及 100(為了轉換成一百公頃)，PD>0。

$$PD = \frac{n_i}{A} (10,000)(100)$$

式中，PD 是嵌塊體密度， n_i 是地景中嵌塊體數目，A 是總地景面積(m²)。

(2) 形狀性指標

A.平均形狀指數(Mean Shape Index, MSI)

當所有嵌塊體為圓形或方形時，則 MSI=1；當嵌塊體形狀變的較不規則時，則 MSI 沒有限制地增加。MSI 等於嵌塊體週長總和除以嵌塊體面積之平方根，再除上嵌塊數。可藉由常數來調整為圓形標準或方形標準。換言之，MSI 等於嵌塊體形狀指標之平均值。

$$MSI = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(\frac{P_{ij}}{2\sqrt{\pi \cdot a_{ij}}} \right)}{N}$$

式中，MSI 是平均形狀指數， P_{ij} 是第 i 類第 j 塊嵌塊體的周長， a_{ij} 是第 i 類第 j 塊嵌塊體面積， π 是常數。

B.平均嵌塊碎形維度(Mean Patch Fractal Dimension, MPFD)

對於一個二維的地景而言，其碎形維度大於 1，當周長為圓形或方形時，則 MPFD 接近於 1；當周長被填滿時，則 MPFD 接近於 2。MPFD 等於嵌塊體周長之自然對數乘上 2 倍，除以嵌塊面積之自然對數，除以相同嵌塊數目。

$$MPFD = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (2 \ln p_{ij})}{N \ln a_{ij}}$$

式中，*MPFD* 是平均嵌塊碎形維度，*P_{ij}* 是第 *i* 類第 *j* 塊嵌塊體的周長，*a_{ij}* 是第 *i* 類第 *j* 塊嵌塊體面積。

(3) 多樣性指標

A.Shannon's 多樣性指數 (Shannon's Diversity Index, SHDI)

當地景層僅含有一種嵌塊體時，則 *SHDI*=0；當嵌塊類別隨面積比例增加時，則 *SHDI* 亦會隨之增加，其範圍 *SHDI* > 0。

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

式中，*SHDI* 是 Shannon 多樣性指數，*m* 是地景中嵌塊體類型數，*P_i* 是嵌塊體在地景中所佔之比例。

B.Simpson's 多樣性指數 (Simpson's Diversity Index, SIDI)

當地景層僅有一個嵌塊體時，則 *SIDI* 為 0；若是各種嵌塊體數目隨面積分佈比例而增加而增加時，則 *SIDI* 接近於 1，0 < *SIDI* < 1。

$$SIDI = 1 - \sum_{i=1}^m p_i^2$$

式中，*SIDI* 是 Simpson 多樣性指數，*m* 是地景中嵌塊體類型數，*P_i* 是嵌塊體在地景中所佔之比例。

C. 修正 Simpson's 多樣性指數 (Modified Simpson's Diversity Index, MSIDI)

當地景層只有一個嵌塊體時，則 *MSIDI* 等於 0。*MSIDI* 隨不同嵌塊體類別增加而增加，*MSIDI* > 0。

$$MSIDI = -\ln \sum_{i=1}^m p_i^2$$

式中，*MSIDI* 是修正 Simpson 多樣性指數，*m* 是地景中嵌塊體類型數，*P_i* 是嵌塊體在地景中所佔之比例。

D.Shannon's 均勻度指數 (Shannon's Evenness Index, SHEI)

當地景中僅含有一種嵌塊體時，或當各種嵌塊體面積分佈逐漸增加成奇數時則 *SHDI*=0；當嵌塊面積類別為偶數時，則 *SHDI*=1，它的範圍介於 0 < *SHEI* < 1。

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

式中，*MSIDI* 是修正 Simpson 多樣性指數，*m* 是地景中嵌塊體類型數，*P_i* 是嵌塊體在地景中所佔之比例。

3. 地景變化分析

利用建立之土地利用型圖檔轉換成 40m×40m 網格，並透過空間資料分析運算，來獲得兩時期之地景轉移量，以瞭解各個林型之變化情形。

三、結果與討論

(一) 2002 年土地利用型判釋結果

土地利用型主要在瞭解土地利用之現況，一般取得此資料均賴於航空判釋，而其精度常取決於判釋技術及航空照片之品質，而航空照片屬於高解析度的影像資料，其在不同的土地利用型上會有不同的影像性質，因而常被應用於土地利用型變遷之監測工具(黃國楨等，2004)。本研究之土地利用型因造林樹種多呈混交狀態，不同樹種間呈現多種組合，故其利用型區分類別極為龐雜。圖 4 為 2002 土地利用型的判釋結果，其中以大葉桃花心木(含純林與混淆林)為最多，高達 226.37ha，其次為麻六甲合歡(含純林與混淆林)為 62.86ha、黑板樹(含純林與混淆林)26.95ha、竹類 18.19ha、龍眼(含純林與混淆林)11.11ha、柚木(含純林與混淆林)2.31ha 及相思樹(含純林與混淆林)4.61ha。

根據馮豐隆等(1997)指出以大葉桃花心木(含純林與混淆林)造林面積最多，為 147.22ha，依次為竹類(含麻竹與荊竹)128.91ha、相思樹(含純林與混淆林)119.72ha、龍眼(含純林與混淆

林)66.24ha、麻六甲合歡(含純林與混淆林)38.26ha、柚木(含純林與混淆林)27.80ha等。由此可知，在1993到2002年這段期間，以大葉桃花心木增加79.15ha面積為最多、麻六甲合

歡則增加24.6ha；另外，相思樹面積減少115.11ha為最多、其次為竹類面積減少110.72ha、柚木面積減少25.49ha。

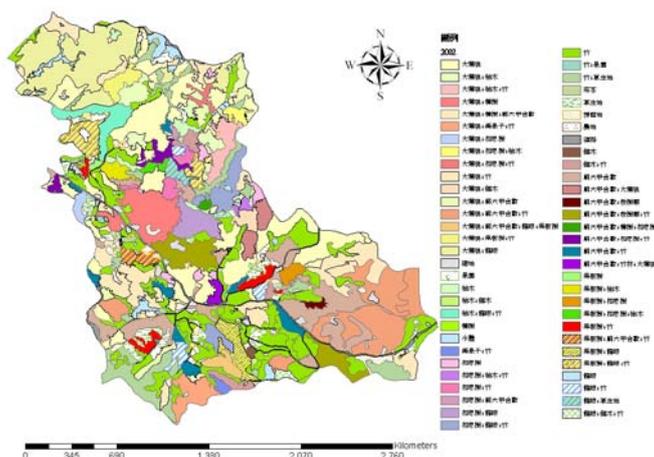


圖 4 新化林場 2002 土地利用型圖

Fig.4 The landuse map of Shin-Hua Forest Experimental Station in year 2002.

2002 年之土地利用型出現了各樹種間混交的情形，以大葉桃花心木而言，1993 年的純林佔 20ha，混淆林主要是與相思樹為主，其次為柚木、雜木、龍眼和竹子(圖 5)。

2002 年大葉桃花心木純林的部分佔了 64.3ha，混淆林主要是與竹子為主，佔了 35.2ha，其餘皆是與其他樹種混交而成(圖 6)。

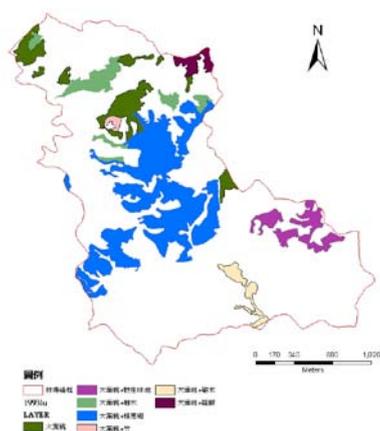


圖 5 新化林場 1993 年大葉桃花心木的混交情形
 Fig.5 The mixed forest types of mahogany of Shin-Hua Forest Experimental Station in year 1993.

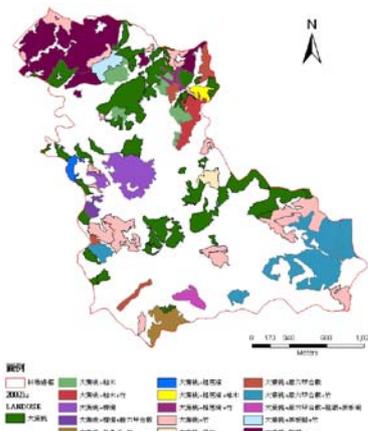


圖 6 新化林場 2002 年大葉桃花心木混交情形
 Fig.6 The mixed forest types of mahogany of Shin-Hua Forest Experimental Station in year 2002.

純竹林面積從 1993 年 128.91ha(圖 7)到 2002 年的 18.19ha(圖 8)，面積明顯的減少，而各樹種與竹林混交的情形也增多，其導致的原因可能是竹林的伐除或者被其他樹種入侵、取代。

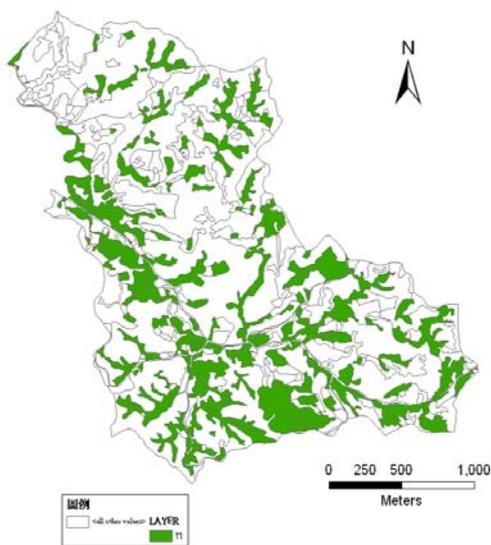


圖 7 新化林場 1993 年竹林分佈情況
Fig.7 The bamboo distribution of Shin-Hua Forest Experimental Station in year 1993.

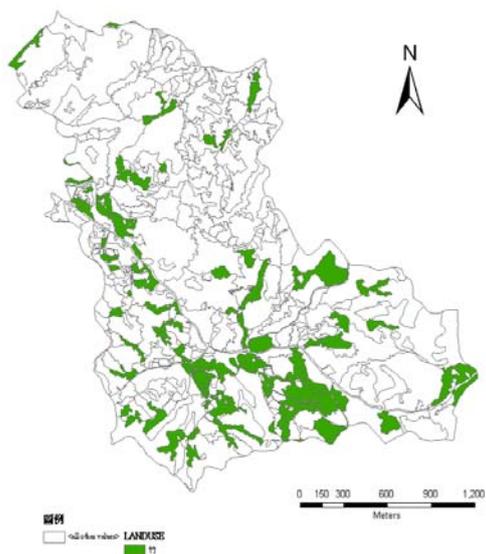


圖 8 新化林場 2002 年竹林分佈情況
Fig.8 The bamboo distribution of Shin-Hua Forest Experimental Station in year 2002.

(二) 地景結構指標之運算

將 1993 年和 2002 年之土地利用型以 FRAGSTATS 程式分別計算一般性指標、形狀性指標及地景多樣性指標三大類之地景結構指數，並從這兩個時期當中，將重複出現的樹種類型挑出來予以探討，其結果如表 1 所示。

1.一般性指標

一般性指標是指周長、面積、嵌塊體種類等資訊之概述，主要在描述和面積有關之資訊；當林木面積越大，代表樹種在該環境生長良好。每個嵌塊體面積和周長的變化的情形可以反映出某種林型擴展之趨勢(馮豐隆、黃志成, 1997b)。由圖 9 之地景面積比指數中可看出相思樹純林(7.37%-0.71%)有明顯的減少；大葉桃花心木純林所佔的比例大幅增加(4%-12.73%)，說明大葉桃生長良好，但也有可能在 1993 到 2002 這段時期裡有再進行大面積之人工造林；大葉桃花心木-竹之混淆林所佔比例增加(0.24%-6.97%)、大葉桃花心木-龍眼之混淆林所佔比例增加(0.77%-7.47%)，而竹林(26.18%-13.11%)、龍眼純林(6.56%-0.92%)則有下降的現象，說明樹種間彼此的競爭與擴展；大葉桃花心木-相思樹混淆林(14.64%-0.36%)、果園(1.73%-0.05%)及雜木林(3.86%-0.12%)亦有大幅的下降。

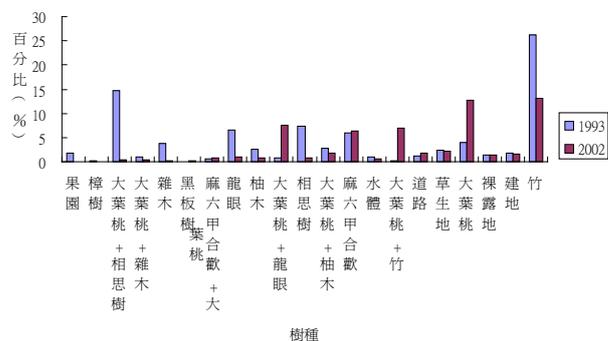


圖 9 新化林場 1993-2002 年地景面積比變化
Fig.9 The %LAND of Shin-Hua Forest Experimental Station in year 1993-2002

表 1 新化林場 1993 年與 2002 年相同樹種之地景結構指標

Table1 The landscape index of the same species in year 1993 and year 2002

| 土地利用型 | 1993 | | | | | 2002 | | | | |
|-----------|----------|----------|----------------------|------|------|----------|----------|----------------------|------|------|
| | 地景面積比(%) | 最大嵌塊比(%) | 嵌塊體密度 (no./100ha) | 形狀指數 | 碎形維度 | 地景面積比(%) | 最大嵌塊比(%) | 嵌塊體密度 (no./100ha) | 形狀指數 | 碎形維度 |
| 麻六甲合歡-大葉桃 | 0.69 | 0.69 | 0.20 | 1.99 | 1.37 | 0.84 | 0.43 | 0.40 | 1.50 | 1.34 |
| 果園 | 1.73 | 0.28 | 4.30 | 1.43 | 1.40 | 0.05 | 0.05 | 0.20 | 1.12 | 1.35 |
| 大葉桃-雜木 | 1.01 | 1.01 | 0.20 | 3.21 | 1.45 | 0.45 | 0.45 | 0.20 | 1.82 | 1.37 |
| 大葉桃-龍眼 | 0.77 | 0.77 | 0.20 | 2.24 | 1.39 | 7.47 | 6.18 | 0.99 | 2.18 | 1.40 |
| 大葉桃-柚木 | 2.71 | 1.48 | 1.17 | 1.71 | 1.37 | 1.81 | 0.67 | 1.39 | 1.83 | 1.40 |
| 大葉桃-竹 | 0.24 | 0.24 | 0.20 | 1.62 | 1.37 | 6.97 | 1.75 | 3.96 | 1.94 | 1.41 |
| 大葉桃 | 4.00 | 1.85 | 1.76 | 1.69 | 1.38 | 12.73 | 1.87 | 7.92 | 1.90 | 1.41 |
| 相思樹 | 7.37 | 3.71 | 5.27 | 1.76 | 1.41 | 0.71 | 0.20 | 1.39 | 1.60 | 1.41 |
| 龍眼 | 6.56 | 4.08 | 3.90 | 1.74 | 1.73 | 0.92 | 0.29 | 0.99 | 1.86 | 1.41 |
| 麻六甲合歡 | 5.98 | 3.66 | 1.17 | 2.29 | 1.41 | 6.27 | 1.95 | 3.37 | 2.03 | 1.42 |
| 大葉桃-相思樹 | 14.64 | 10.37 | 1.37 | 2.21 | 1.38 | 0.36 | 0.36 | 0.20 | 2.33 | 1.43 |
| 竹 | 26.18 | 1.64 | 25.77 | 1.74 | 1.41 | 13.11 | 0.83 | 18.81 | 1.78 | 1.43 |
| 樟樹 | 0.19 | 0.17 | 0.39 | 1.38 | 1.40 | 0.06 | 0.06 | 0.20 | 1.65 | 1.44 |
| 黑板樹 | 0.04 | 0.04 | 0.20 | 2.06 | 1.53 | 0.11 | 0.10 | 0.40 | 1.42 | 1.46 |
| 雜木 | 3.86 | 2.14 | 1.95 | 2.20 | 1.45 | 0.12 | 0.07 | 0.40 | 1.92 | 1.46 |
| 草生地 | 2.33 | 0.38 | 5.47 | 1.47 | 1.41 | 2.28 | 0.36 | 7.72 | 1.64 | 1.48 |
| 裸露地 | 1.40 | 0.34 | 2.93 | 1.50 | 1.41 | 1.44 | 0.28 | 8.12 | 1.52 | 1.48 |
| 柚木 | 2.68 | 1.05 | 2.73 | 1.56 | 1.40 | 0.77 | 0.30 | 0.99 | 2.42 | 1.49 |
| 水體 | 0.92 | 0.40 | 3.32 | 1.71 | 1.46 | 0.51 | 0.21 | 3.96 | 1.42 | 1.49 |
| 建地 | 1.79 | 0.16 | 9.96 | 1.29 | 1.42 | 1.61 | 0.12 | 16.04 | 1.30 | 1.49 |

| | | | | | | | | | | |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 道路 | 1.12 | 1.11 | 0.39 | 9.92 | 1.69 | 1.78 | 0.80 | 5.54 | 3.93 | 1.74 |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|

最大嵌塊指數能反映地景的分化與合併，由圖 10 可看出大葉桃花心木-相思樹混淆林的比例明顯的下降，其值由 10.37%-0.36%、相思樹純林由 3.71%-0.2%，皆顯示造林地被其他樹種取代而減少。另外龍眼純林由 4.08%-0.29%及大葉桃-龍眼混淆林由 0.77%-6.18%的增加，說明大葉桃花心木林型的擴展。

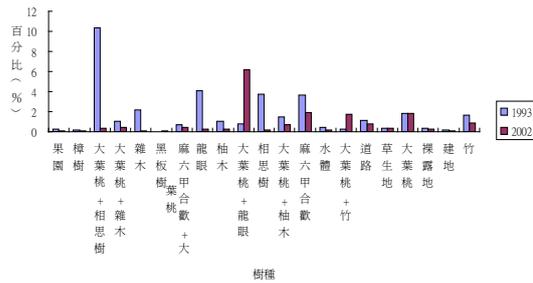


圖 10 新化林場 1993-2002 年最大嵌塊比變化
Fig.10 The LPI of Shin-Hua Forest Experimental Station in year 1993-2002.

嵌塊體密度可反應地景的複雜程度，嵌塊體密度較高，表示基質中有許多散佈的小嵌塊體，如圖 11 所示，可發現 2002 年的大葉桃花心木純林、大葉桃花心木-竹之混淆林以及道路具有較多散佈的嵌塊體，也表示地景中之碎塊最多；其中，在道路的部分，因為透過航空照片數化時，林木樹冠層遮蔽部分道路，導致道路呈現不連續狀態，因而具有散佈的嵌塊體。

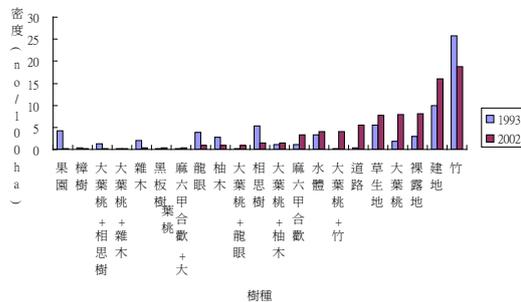


圖 11 新化林場 1993-2002 年嵌塊體密度變化
Fig.11 The PD of Shin-Hua Forest Experimental Station in year 1993-2002.

2. 形狀性指標

形狀性指標是指嵌塊體圖形的複雜程度。當形狀指數=1 時，則表示嵌塊體越接近方形或圓形，形狀指數能代表人為活動在景觀形成的干擾程度與自然特性限制人為活動的程度，而人為對地景的經營規劃則可能使形狀指數增大。如圖 12 所示，除道路由 9.92-3.93 外，其他樹種在 1993-2002 年形狀指數皆在 3.21-1.12 之間，顯示在這段時間裡人為干擾並不大。

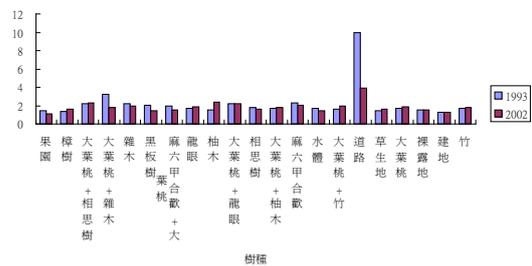


圖 12 新化林場 1993-2002 年形狀指數變化
Fig.12 The MSI of Shin-Hua Forest Experimental Station in year 1993-2002.

3. 地景多樣性指標

碎形維度，其值介於 1-2 之間，若值越大，則表示嵌塊體形狀越複雜。如圖 13 所示，除龍眼、道路外，其他樹種之碎形維度值則相差不遠，表示地景破碎程度不大，僅是土地利用型的轉變。

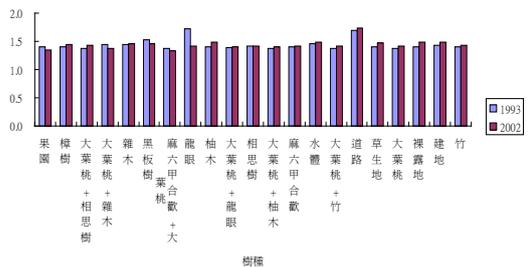


圖 13 新化林場 1993-2002 年碎形維度變化
Fig.13 The MPFD of Shin-Hua Forest Experimental Station in year 1993-2002.

3. 地景多樣性指標

如表 2 所示，2002 年的地景多樣性指數比 1993 年來的高，當地景是由單一區塊所構

成時，地景是均質，其不具地景的多樣性，SHDI、SIDI 及 MSIDI 均為 0，代表地景並無多樣性。隨區塊類型數目的增加，SIDI 最大值為 1，SHDI 及 MSIDI 則沒有限制；當 SHEI 趨近於 0 時，表示整個地景的組成不均勻，有某些類別分佈佔優勢，若是趨近於 1 時，則表示整個地景組成均勻，各類地景要素所佔有之面積比例相當。而當地景中的土地利用型種類增多時，由一種土地利用型佔優勢的可能性降低，因此地景均勻度亦有增加的趨勢(陳正華，2001)。

表 2 化林場 1993-2002 年地景多樣性指標

Table2 The landscape diversity index of
Shin-Hua Forest Experiment Station in year
1993-2002.

| | 1993 | 2002 |
|-------|--------|--------|
| SHEI | 0.7374 | 0.8047 |
| SIDI | 0.8883 | 0.9400 |
| MSIDI | 2.1922 | 2.8126 |
| SHDI | 2.7735 | 3.2946 |

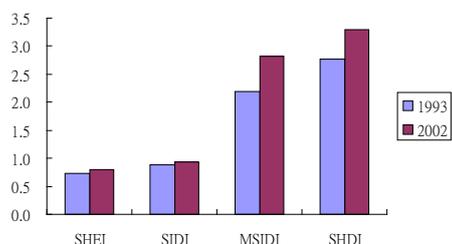


圖 14 新化林場 1993-2002 年 Shannon's 均勻度指數(SHEI)、Shannon's 多樣性指數(SHDI)、Simpson's 多樣性指數(SIDI)、修正 Simpson's 多樣性指數(MSIDI)

Fig.4 The SHEI, SHDI, SIDI and MSIDI of Shin-Hua Forest Experimental Station in year 1993-2002.

(三)地景變化分析

藉由地景變化分析來瞭解新化林場各林型之轉變情形，將新化林場兩個時期之土地利

用型圖檔轉換成 40m×40m 網格，進行套疊運算，並計算出各種土地利用型之轉移量，林場轄區範圍總面積(含公私有林地)為 505.05ha，透過網格圖層計算所得之林場面積為 504.48ha，誤差值為 0.57ha，其中變化明顯者如附錄 1 所示：

1.相思樹在 1993 年佔 36.96 ha，在 2002 年約 7.84 ha 轉變為竹類和草生地以及約 3.84 ha 轉變為大葉桃花心木。

2.竹類在 1993 年佔 126.7 ha，在 2002 年有 9.28 ha 轉變為大葉桃花心木、5.6 ha 轉變為大葉桃花心木_竹之混淆林，以及 4.48 ha 轉變為裸露地。

3.龍眼在 1993 佔 33.28 ha，到了 2002 年則有 16.32 ha 轉變為大葉桃花心木_龍眼之混淆林。

4. 大葉桃花心木在 2002 年佔 64.48 ha，其面積之增加來自 12.32 ha 之大葉桃花心木_相思樹混淆林，以及來自 9.28 ha 之竹類轉變而來。

5. 大葉桃花心木_竹之混淆林在 2002 年佔 34.88 ha，其面積之增加來自 6.72 ha 之大葉桃花心木_相思樹混淆林、5.12 ha 之大葉桃花心木_散生林地，以及 5.6 ha 之竹類轉變而來。

6. 大葉桃花心木_龍眼之混淆林在 2002 年佔 38.88 ha，其面積之增加來自 16.32 ha 之龍眼轉變而來。

四、結論

為比較不同時期新化林場之地景結構差異，利用地景結構指標，來求算出 1993-2002 年之變化情形，研究結果顯示，相思樹純林面積比例由 7.37%減少為 0.71%及大葉桃花心木_相思樹混淆林面積比例由 14.64%減少為 0.36%，而大葉桃花心木純林的增加，說明相思樹林型漸為大葉桃花心木所取代；龍眼純林面積比例由 6.56%減少為 0.92%及大葉桃花

心木-龍眼混淆林面積比例由 0.77%增加為 7.47%、竹林面積比例由 26.18%減少為 13.11%及大葉桃花心木-竹混淆林面積比例由 0.24%增加為 6.97%；大葉桃花心木純林為 64.3ha，佔林場範圍 505ha 的 12.73%，而大葉桃花心木之混淆林為 167.76ha，佔林場範圍 33.22%。在形狀指數方面，大葉桃花心木由 1.69 增加為 1.90、大葉桃花心木-柚木混淆林由 1.71 增加為 1.83、大葉桃花心木-竹混淆林由 0.62 增加為 0.94 以及大葉桃花心木-相思樹混淆林由 2.21 增加為 2.33，顯示了與桃花心木有關林型的擴展。另外，地景多樣性指標亦有明顯增加的現象，地景指標 Shannon's 多樣性指數由 2.19 增加為 2.81 以及修正 Simpson's 多樣性指數由 2.77 增加為 3.29 的結果說明樹種組成在 2002 年較 1993 年的地景更多樣。竹類、柚木、相思樹等純林漸為大葉桃花心木混淆林所取代，說明大葉桃花心木的生長良好。至於大葉桃花心木的擴展機制則尚須探討。而桃花心木林下亦生長許多小苗，因此研判其具有天然下種更新之能力，因此大葉桃花心木非常適合在新化林場更新生長。

大葉桃花心木因其木材具有漂亮的紋理、堅硬與紅棕色的特性，而被廣泛使用於商業貿易上(Herron, 1999)，更在 2002 年 11 月放入野生動植物相之瀕危物種國際貿易附件 II (CITES Appendix II)中，為了確保桃花心木的永續經營，桃花心木的資源調查與評估以及建構桃花心木永續經營之準則與指標是未來永續經營的重要課題。

五、誌謝詞：感謝行政院農業委員會林務局提供「公私有林綠資源資料庫建立與應用-以新化林場為例」計畫(95-00-5-16)經費資助以及興大實驗林新化林場工作人員之協助，才得以完成本研究，僅致上無限之謝忱。

六、參考文獻

- 馮豐隆、羅紹麟、陳英彥、許榮章、黃志成、林明進、陳志賢、紀素榕(1994) 中興大學實驗林地理資訊系統之建立與應用(一)第一章 土地利用型圖製作-興大森林系研究報告。興大森林系、農委會遙測小組印，1-3 頁。
- 馮豐隆、林子玉、黃志成、陳志賢、陳英彥、林明進(1997a) 新化林場第二次林木資源調查與地理資料庫之建立。中興大學實驗林研究彙刊，19(1)：1-21。
- 馮豐隆、黃志成(1997b) 惠蓀林場土地利用之地景排列和變遷。中華林學季刊，30(4)：387-400。
- 馮豐隆、蔡政弘(1998) 地理資訊系統在樣區設置上的應用。中興大學實驗林研究彙刊，20(1)：81-100。
- 黃國楨、鍾玉龍、林美雲、李久先(2004) 航空照片應用於大鵬灣土地利用變遷之研究。航測及遙測學刊，9(4):35-46。
- 陳正華(2001) 南仁山生態保護區地景變遷之研究。國立屏東科技大學森林學研究所碩士論文，105 頁。
- 鄔建國(2003) 景觀生態學-格局、過程、尺度與等級。五南圖書出版公司，364 頁。
- Herron, S (1999) The Natural History of Mahogany. <http://www.siu.edu/~ebl/leaflets/mahogany.htm>
- McGarigal, K., B.J. Marks (1995) FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure, General Technical Report PNW-GTR-351, 122p.
- Ritters, K. H., O'Neill, R. V., Hunsaker, C. T., Wickham, J. D., Yankee, D. H., Timmins, S. P., Jones, K. B., & Jackson, B. L. (1995). A factor analysis of landscape pattern and structure metrics. *Landscape Ecology*, 10(1): 23-39.

七、附錄

附錄 1. 新化林場 1993-2002 年土地利用轉移量統計表

Appendix 1. Area transition of land-use in 1993-2002.

單位：公頃 Unit : ha

| 1993 土地利用型 | 2002 土地利用型 | | | | | | | | | |
|------------|------------|-------|------|-------|------|------|------|------|-------|-------|
| | 大葉桃 | 大葉桃-竹 | 木 | 眼 | 思樹 | -竹 | 相思樹 | 龍眼 | 竹 | 合計 |
| 麻六甲合歡 | 0.16 | 1.12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.48 | 1.76 |
| 麻六甲合歡-黑板樹 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 麻六甲合歡-台灣檫 | 0.8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.8 |
| 麻六甲合歡-樟樹 | 0.8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.8 |
| 麻六甲合歡-大葉桃 | 3.36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.16 | 3.52 |
| 黑板樹 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.16 | 0.16 |
| 竹 | 9.28 | 5.6 | 0.64 | 1.12 | 0.16 | 0.48 | 0.64 | 1.44 | 43.36 | 62.72 |
| 桉樹類 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.16 | 0.16 |
| 草生地 | 0.64 | 1.92 | 0 | 0.32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.6 | 4.48 |
| 雜木 | 0.64 | 0 | 0 | 0.32 | 0 | 0.32 | 0.48 | 0 | 2.08 | 3.84 |
| 雜木-麻六甲合歡 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.16 | 0.16 |
| 相思樹 | 3.84 | 2.88 | 1.44 | 0.48 | 0.16 | 0 | 0.64 | 0 | 2.24 | 11.68 |
| 相思樹-樟樹 | 0.64 | 0.16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.8 |
| 相思樹-大葉桃 | 0.32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.32 |
| 樟樹 | 0.16 | 0 | 0.48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.16 | 0.8 |
| 樟樹-相思樹 | 0.64 | 1.12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.48 | 2.24 |
| 龍眼 | 1.92 | 2.08 | 0.64 | 16.32 | 0 | 0 | 0 | 2.24 | 1.76 | 24.96 |
| 龍眼-相思樹-大葉桃 | 0.8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.8 |
| 龍眼-樟樹 | 0.32 | 1.92 | 0 | 3.04 | 0 | 1.28 | 0 | 0 | 0 | 6.56 |
| 龍眼-苦楝 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.32 | 0 | 0 | 0 | 0.32 |
| 龍眼-檬果 | 0 | 1.92 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.92 |
| 龍眼-大葉桃 | 3.84 | 0.48 | 0.48 | 0.8 | 0 | 0 | 0 | 0.48 | 0 | 6.08 |
| 龍眼-果園 | 0.64 | 0 | 0 | 1.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.24 |
| 裸露地 | 0.16 | 0.16 | 0 | 0.32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.64 | 1.28 |
| 苦楝-相思樹 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 檬果 | 1.12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.12 |
| 檬果-龍眼-大葉桃 | 2.08 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.08 |
| 大葉桃 | 11.36 | 0.64 | 0.16 | 5.44 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.96 | 18.56 |
| 大葉桃-麻竹 | 0.16 | 0 | 0.96 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.12 |
| 大葉桃-雜木 | 0 | 0.48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.16 | 4.64 |
| 大葉桃-相思樹 | 12.32 | 6.72 | 1.76 | 0 | 0.48 | 0 | 0.8 | 0.32 | 1.12 | 23.52 |
| 大葉桃-龍眼 | 0.16 | 0.48 | 0 | 2.24 | 0 | 0 | 0.16 | 0 | 0 | 3.04 |
| 大葉桃-散生林地 | 3.04 | 5.12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.32 | 8.48 |
| 大葉桃-柚木 | 0.64 | 0 | 1.44 | 4 | 0 | 0.48 | 0 | 0 | 0.48 | 7.04 |
| 散生林地 | 2.08 | 0.8 | 0 | 0.16 | 0.48 | 0 | 0 | 0 | 2.56 | 6.08 |
| 散生林地-黑板樹 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 果園 | 0.32 | 0.64 | 0 | 0 | 0.32 | 0.48 | 0 | 0.16 | 0.96 | 2.88 |
| 道路 | 0.32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.16 | 0 | 0.64 | 1.12 |
| 柚木 | 1.6 | 0.16 | 0.64 | 0.32 | 0 | 4.48 | 0.48 | 0 | 0.32 | 8 |
| 柚木-大葉桃 | 0.16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.16 |
| 建地 | 0 | 0.32 | 0.16 | 0.8 | 0.16 | 0 | 0 | 0 | 0.96 | 2.4 |
| 水體 | 0.16 | 0.16 | 0 | 1.6 | 0 | 0.16 | 0 | 0 | 0.48 | 2.56 |
| 合計 | 64.48 | 34.88 | 8.8 | 38.88 | 1.76 | 8 | 3.36 | 4.64 | 66.4 | 231.2 |

縱軸為 1993 年土地利用型，橫軸為 2002 年土地利用型

續附錄 1. 新化林場 1993-2002 年土地利用轉移量統計表

Con. Appendix 1. Area transition of land-use in 1993-2002.

單位：公頃 Unit : ha

| 1993 土地利用型 | 2002 土地利用型 | | | | | | | | | |
|------------|------------|--------|----------|--------|----------|-------|------|------|-------|--------|
| | 竹-草生地 | 相思樹-龍眼 | 相思樹-龍眼-竹 | 黑板樹-龍眼 | 黑板樹-龍眼-竹 | 麻六甲合歡 | 竹 | 草生地 | 其他 | 合計 |
| 麻六甲合歡 | 0 | 0 | 6.24 | 0 | 0 | 12.32 | 0.32 | 0 | 10.24 | 29.12 |
| 麻六甲合歡-黑板樹 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.6 | 0 | 0.16 | 0 | 1.76 |
| 麻六甲合歡-台灣檫 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.16 | 0 | 0 | 0 | 0.16 |
| 麻六甲合歡-樟樹 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 麻六甲合歡-大葉桃 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.16 | 0.16 |
| 黑板樹 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 竹 | 7.36 | 0.64 | 0 | 2.24 | 1.44 | 3.84 | 3.2 | 3.04 | 42.24 | 64 |
| 桉樹類 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.16 | 0 | 0 | 0.32 | 0.48 |
| 草生地 | 0.64 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.56 | 4 | 7.2 |
| 雜木 | 0 | 0 | 2.4 | 3.68 | 0 | 0.8 | 0 | 0 | 9.76 | 16.64 |
| 雜木-麻六甲合歡 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.32 | 0 | 0 | 0 | 0.32 |
| 相思樹 | 7.84 | 0 | 0 | 0 | 0.96 | 4.32 | 0.16 | 1.92 | 10.08 | 25.28 |
| 相思樹-樟樹 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 相思樹-大葉桃 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.16 | 0.16 |
| 樟樹 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 樟樹-相思樹 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.16 | 0.48 | 0 | 1.76 | 2.4 |
| 龍眼 | 0.64 | 0 | 0 | 0 | 0.16 | 0.64 | 0 | 0.32 | 6.56 | 8.32 |
| 龍眼-相思樹-大葉桃 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.6 | 1.6 |
| 龍眼-樟樹 | 0.16 | 0 | 0 | 0 | 1.12 | 0.32 | 0 | 0.16 | 1.44 | 3.2 |
| 龍眼-苦楝 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.96 | 0 | 0 | 0 | 0.16 | 1.12 |
| 龍眼-檬果 | 0.16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.16 |
| 龍眼-大葉桃 | 0.8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.48 | 1.28 |
| 龍眼-果園 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 裸露地 | 1.44 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.64 | 0 | 0.48 | 4 | 6.56 |
| 苦楝-相思樹 | 0.16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.28 | 1.44 |
| 檬果 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.16 | 0.16 |
| 檬果-龍眼-大葉桃 | 0.48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.48 | 0 | 0 | 2.24 | 3.2 |
| 大葉桃 | 0.48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.4 | 2.88 |
| 大葉桃-麻竹 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.16 | 0.16 |
| 大葉桃-雜木 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.16 | 0.48 | 0 | 0.32 | 0.96 |
| 大葉桃-相思樹 | 1.28 | 5.76 | 0.32 | 0 | 2.88 | 3.2 | 0 | 0.16 | 35.52 | 49.12 |
| 大葉桃-龍眼 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.12 | 1.12 |
| 大葉桃-散生林地 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.16 | 0 | 0 | 3.68 | 3.84 |
| 大葉桃-柚木 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.64 | 0 | 0 | 7.04 | 7.68 |
| 散生林地 | 0.64 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.64 | 1.6 | 0.16 | 5.76 | 8.8 |
| 散生林地-黑板樹 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.64 | 0 | 0 | 0.16 | 0.8 |
| 果園 | 0.48 | 0 | 0 | 0 | 0.16 | 0 | 0 | 1.28 | 2.88 | 4.8 |
| 道路 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.48 | 0 | 0 | 3.84 | 4.32 |
| 柚木 | 0.16 | 0.48 | 0 | 0 | 0.16 | 0.48 | 0 | 0 | 3.84 | 5.12 |
| 柚木-大葉桃 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 建地 | 0.16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.48 | 0.64 | 5.28 | 6.56 |
| 水體 | 1.12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.32 | 0.96 | 2.4 |
| 合計 | 24 | 6.88 | 8.96 | 5.92 | 7.84 | 32.16 | 6.72 | 11.2 | 169.6 | 504.48 |

縱軸為 1993 年土地利用型，橫軸為 2002 年土地利用型