

# 2005-2008 年七家灣溪濱岸植群之生物多樣性研究

## Biodiversity Investigation on Riparian Vegetations of Cijiawan Creek for the Years 2005-2008

蔡尚惠<sup>1</sup> 郭礎嘉<sup>2</sup> 曾喜育<sup>2,\*</sup>

Shang-Te Tsai<sup>1</sup>, Chu-Chia Kuo<sup>2</sup> and Hsy-Yu Tzeng<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup> 環球科技大學環境資源管理系 雲林縣 64063 斗六市鎮南路 1221 號

<sup>2</sup> 國立中興大學森林學系 臺中市 40227 國光路 250 號

<sup>1</sup> Department of Environmental Resources Management, TransWorld University.  
No. 1221, Jhennan Rd., Douliou, 64063 Yunlin.

<sup>2</sup> Department of Forestry, National Chung Hsing University. No. 250, Kuokwang Rd., 40227 Taichung.

\* 通訊作者: erecta@dragon.nchu.edu.tw

\* Corresponding author: erecta@dragon.nchu.edu.tw

### 摘 要

七家灣溪是臺灣櫻花鉤吻鮭的重要棲地，為使其族群得以延續，保護森林溪流生態系乃是當務之急。而本研究為瞭解其濱岸植群之組成與結構變化，於 2005、2007-2008 年進行喬木、地被層植物之監測調查。研究結果得知 2005、2007-2008 年之物種組成並無太大變化，其群團分析的結果相似；皆可分為蓮草－臺灣紫珠型，栓皮櫟－化香樹型，臺灣二葉松－臺灣赤楊亞型，臺灣二葉松－栓皮櫟亞型，以及臺灣二葉松－臺灣赤楊－臺灣紫珠亞型等。此外，本研究以 2005、2007-2008 年之七家灣溪濱岸植群的植群調查資料，進行種豐富度指數分析比較，結果得知 2005 與 2007-2008 年間喬木層植物之多樣性無明顯變化；而以有勝溪測站之多樣性及均勻度最高，又觀魚台測站的多樣性較低，另高山溪測站較不均勻。另僅 2005 年乾季、2007 年濕季之地被層的 Shannon 均勻度指數具顯著差異，即濕季的物種組成較為均勻；而相同季節於不同年度間，其植群的種豐富度指數則無顯著差異，此等顯示二年度間之地被層植物的多樣性變動不大。是故在現今武陵地區相關經營單位管理之下，2005-2008 年七家灣溪濱岸植群多樣性維持穩定。

## Abstract

Cijiawan Creek is the only stream of Taiwan where the Formosan landlocked salmon *Oncorhynchus masou formosanus* inhabits. To preserve this precious but endangered species, it is urgent to protect its stream habitat and riparian forest ecosystem. We investigated the overstory and understory vegetations of the riparian zone in 2005 and 2007-2008. The results showed that the species compositions resulted from the matrix cluster analysis were similar between 2005 and 2007-2008. They were dividable into two types and three subtypes: the *Tetrapanax papyriferus-Callicarpa formosana* type, the *Quercus variabilis-Platycarya strobilacea* type, the *Pinus taiwanensis-Alnus japonica* subtype, the *Pinus taiwanensis-Quercus variabilis* subtype, and the *Pinus taiwanensis-Alnus japonica-Callicarpa formosana* subtype. The results of the species abundance index analysis also showed that there was no significant difference in the species diversity of the overstory between 2005 and 2007. The diversity and evenness indices were the highest at Yousheng Creek Station, while the lowest diversity at the Fish-watching Platform Station and the lowest evenness at the Gaoshan Creek Station. There was significant difference in the evenness indices of the understory between the dry season in 2005 and the wet season in 2007, indicating the species composition was evener in the wet season. The species abundance indices of the understory were not significantly different in the same season among the different years. This meant that the diversities of the understories were fairly stable between the two years. Apparently, under the present management of the Wuling area authorities, the riparian vegetation diversity of Cijiawan Creek was fairly stable for the years 2005 to 2008.

**關鍵詞：**七家灣溪、濱岸植群、生物多樣性、種豐富度指數

**Key words:** Cijiawan Creek, riparian vegetation, biodiversity, species abundance indices

收件日期：2011年3月29日

接受日期：2012年1月19日

Received: March 29, 2011

Accepted: January 19, 2012

## 緒言

臺灣櫻花鉤吻鮭(*Oncorhynchus masou formosanus* Jordan & Oshima)原廣泛分布大甲溪上游各支流，然受到人為間接、直接及自然因素的影響，現僅存於七家灣溪流域，故為使櫻

花鉤吻鮭族群得以延續，保護森林溪流生態系乃是當務之急。是故欲對溪流生態系進行最有效的經營與管理，必須建立起完善的生態系資料庫，而濱岸生態系(riparian ecosystem)之植群組成(composition)與結構(structure)，係為研究生態系動態的重要參數之一。濱岸生態系為

陸、水域生態系相互作用的交界，經常受到干擾而有不同植物群落組合，具有明顯的邊緣效應(edge effect)，其邊界不易確定。而濱岸帶(riparian zone)的寬度及濱岸植群(riparian vegetation)對溪流之影響強度，視溪流、地貌改變、相鄰的森林有關，並隨著河道改變及水位升降有所關聯(Gregory *et al.* 1991)。

濱岸植群特指生長於濱岸帶之植群，其具有三項主要特徵：一為因位處於河道兩側，一般呈現狹長型；再者，由相鄰的生態系向溪流傳送的物質和能量，必然經過濱岸帶，因此，濱岸生態系為典型的開放性系統；三是由於位處陸域與水域的交界帶，常為高地與溪流之間的橋樑(陳1996)。在定期的洪氾(flood)干擾下，濱岸植群多由具有忍受、抵抗干擾能力或為演替初期的植物所組成。而其物種之結構與分布，由地域性氣候、地質構造與過程、濱岸兩側生物和非生物過程等因素所共同影響，並與地形、地貌、土壤、水文、干擾、河流級序(stream order)等密切相關，進而影響濱岸植群的植物組成、結構，亦使濱岸植群呈現鑲嵌狀(mosaic)的分布(White and Greer 2006)。濱岸帶位於水陸交界，同時受到陸、水域環境的影響，造就濱岸植群的特殊性，不僅直接影響植群結構與組成，更間接影響生活在濱岸帶的其他生物與環境。是故本研究之目的即監測七家灣溪濱岸植群之物種與組成，並探究濱岸植群於2005年、2007-2008年及乾、濕季間的多樣性(diversity)變化。

## 材料與方法

### 一、研究地區

七家灣溪濱岸植群之研究範圍如圖1所示；係以七家灣溪為主軸，北起桃山瀑布，南至七家灣溪匯入大甲溪之交叉點，東側以羅葉尾山經武佐野群山之稜線為界，西側則以第一道山脊之主要分界，總面積約為2,092.27 ha。

### 二、研究方法

#### (一) 樣區設置與植群調查

本研究係植基於林(2002)執行「武陵地區生態系監測與模式建構規劃」，以及現仍執行中的「武陵地區長期生態監測暨生態模式建立」之整合計畫中的重要測站。故延續蔡等(2010)於2005年即在七家灣流域之桃山北溪(#1)、桃山西溪(#2)、觀魚台(#4)、繁殖場(#5)、高山溪(#8)及有勝溪(#9)等6處測站，分別設置永久樣區編號為1-12等12個10×25 m<sup>2</sup>的長形監測調查樣區(圖1)，其中2005年2月(乾季)調查喬木、地被層植物後，又於同年8月(濕季)調查地被層植物乙次。本研究再於2007年5-7月(濕季)及2008年2月(乾季)，完成喬木、地被層植物之複查。凡樣區內之樹木胸徑大於1 cm者，列入喬木層(overstory)，逐株予以量計胸高直徑(diameter at breast height, DBH)；其他胸高直徑小於1 cm之喬、灌木、草本、蕨類等皆列為地被層(understory)，並加以估計其覆蓋度(coverage)。

#### (二) 物種組成與植群型

原始調查資料之植物種類編碼建檔後，使用以CLIPPER程式語言所撰寫之程式(COMB.PRG, CLUSTER.EXE)，將各樣區原始調查資料轉換為資料庫格式，求得各種植物於各樣區之密度(density)、頻度(frequency)和優勢度(dominance)，再轉換為相對密度(relative density)、相對頻度(relative frequency)與相對優勢度(relative dominance)，三者加總而得之重要值指數(importance value index, IVI)，以瞭解各種植物於樣區中所占之重要性；而地被層植物之重要值指數係為相對頻度和相對覆蓋度(relative coverage)的總和。

矩陣群團分析法(matrix cluster analysis, MCA)係以各植物於各樣區中之重要值指數(IVI)為計算基礎；研究中採用 Motika *et al.* (1950)之相似性指數(index of similarity, IS)，首先計算兩兩樣區間之相似性指數，將相似性



圖 1. 七家灣溪濱岸植群監測研究區及樣區位置圖。

Fig. 1. The sampling stations and plots of riparian vegetations at Cijiawan Creek.

最高之二樣區合併為一合成樣區，再計算合併後之合成樣區與其他樣區間之相似性指數，如此依次合併，直至所有樣區合併至一合成樣區為止，各連結相似性指數繪製樹形圖(dendrogram)，以對植物群落加以分類。

### (三) 種豐富度指數分析

原始調查資料之植物種類編碼建檔後，本研究依蔡等(2007)所使用之三種種豐富度指數(species abundance indices)；即 Shannon 訊息統計指數( $H_{sw}$ , Shannon information statistics index)、Shannon 均勻度指數( $E_{sw}$ , Shannon evenness index,)、Berger 豐富度指數( $D_{BP}$ , Berger species abundance index)，將所得之監測調查資料加以分析，並透過 SPSS for Windows (Advanced Statistics 15.0) 統計軟體 (SPSS Inc, 2006)，針對喬木、地被層植物之各類種豐富度指數的

分析結果；而因受資料為非常態分布(non-normal distribution)的限制下，故選擇無母數檢定(non-parametric test)—K 獨立樣本(K independent samples)—Kruskal-Wallis 檢定(K-W test)，其中以 Monte Carlo 迭代演算 10,000 次求解其顯著性(雙尾)；再藉由非同質性假設(equal variance not assumed)的 Dunnett's T3 法比較其差異。

## 結果與討論

### 一、物種組成

將 2007-2008 年調查各測站之永久樣區中喬木層植物的重要值大於 30% 者，而地被層植物大於 10% 者選為優勢種；表 1-3 所列即各樣區之喬木、地被層的優勢種植物，茲分述如下：

表 1. 2007 年七家灣溪永久樣區喬木層優勢植物之重要值指數(%)

Table 1. Importance value indices (%) of the dominant species of overstory at the permanent sampling stations and plots along Cijiawan Creek, 2007

Species	Sampling stations and plots <sup>1/</sup>											
	#2		#5		#9		#8		#1		#4	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Gordonia axillaries</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	<b>31.7</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Rhododendron ellipticum</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	12.7	<b>30.8</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Quercus variabilis</i>	<b>62.2</b>	<b>34.4</b>	<b>88.5</b>	<b>44.5</b>	0.0	0.0	<b>30.5</b>	<b>51.6</b>	18.8	0.0	0.0	0.0
<i>Liquidambar formosana</i>	0.0	0.0	<b>39.9</b>	<b>56.4</b>	0.0	0.0	<b>32.0</b>	0.0	0.0	4.4	0.0	0.0
<i>Ulmus uyematsui</i>	3.0	9.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>32.9</b>	0.0
<i>Callicarpa formosana</i>	4.3	8.1	0.0	0.0	<b>33.7</b>	24.4	1.1	0.0	<b>71.7</b>	0.0	0.0	0.0
<i>Pseudotsuga wilsoniana</i>	0.0	2.1	<b>41.0</b>	6.1	26.0	6.7	4.7	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Platycarya strobilacea</i>	0.0	0.0	4.7	<b>47.3</b>	0.0	0.0	<b>77.9</b>	<b>83.9</b>	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Vaccinium bracteatum</i>	25.4	17.9	25.3	<b>38.2</b>	0.0	0.0	<b>49.4</b>	<b>119.9</b>	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Clerodendrum trichotomum</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>41.4</b>	0.0	0.0	0.0	<b>37.3</b>	0.0	0.0	0.0
<i>Pinus taiwanensis</i>	<b>95.3</b>	<b>137.0</b>	0.0	16.4	<b>42.5</b>	<b>36.9</b>	19.5	0.0	8.8	<b>44.1</b>	<b>57.6</b>	<b>191.3</b>
<i>Alnus formosana</i>	10.1	0.0	0.0	0.0	<b>75.9</b>	14.9	27.6	9.2	27.8	<b>177.3</b>	<b>202.5</b>	<b>108.7</b>
<i>Tetrapanax papyriferus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	<b>97.4</b>	8.1	0.0	0.0

<sup>1/</sup> Plots 1 and 2 were located at Taoshan West Stream Station (#2); Plots 3 and 4, at Salmon Breeding Center Station (#5); Plots 5 and 6, at Yousheng Creek Station (#9); Plots 7 and 8, at Gaoshan Creek Station (#8); Plots 9 and 10, at Taoshan North Stream Station (#1); Plots 11 and 12, at Fish-watching Platform Station (#4); bold numbers, importance values > 30%, indicating the dominant plants.

表 2. 2007 年濕季七家灣溪永久樣區地被層優勢植物之重要值指數(%)

Table 2. Importance value indices (%) of the dominant species of understory at the permanent sampling stations and plots along Cijiawan Creek during the wet season, 2007

Species	Sampling stations and plots <sup>1/</sup>											
	#2		#5		#9		#8		#1		#4	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Miscanthus sinensis</i>	<b>69.4</b>	<b>84.7</b>	<b>32.7</b>	<b>62.9</b>	3.3	1.7	<b>41.5</b>	<b>34.4</b>	<b>70.2</b>	<b>85.0</b>	<b>60.6</b>	<b>93.8</b>
<i>Polygonum multiflorum</i>	0.0	0.6	0.0	0.0	0.9	0.7	1.5	1.6	5.6	<b>15.2</b>	<b>15.5</b>	<b>21.5</b>
<i>Artemisia indica</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.7	0.0	4.5	<b>14.5</b>
<i>Clematis grata</i>	0.8	0.0	0.0	0.6	3.9	1.4	0.0	0.0	0.0	<b>13.2</b>	1.4	4.4
<i>Farfugium japonicum</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	<b>10.5</b>	9.3	1.0	2.9
<i>Arundo formosana</i>	0.0	0.8	0.0	0.0	<b>29.2</b>	<b>48.7</b>	0.0	0.0	5.3	2.9	2.3	2.8
<i>Myrsine Africana</i>	5.4	8.4	<b>10.4</b>	3.0	0.0	0.0	0.7	6.5	0.0	0.9	0.0	1.4
<i>Pilea rotundinucula</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>21.5</b>	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	9.7	0.0
<i>Urtica thunbergiana</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>10.6</b>	2.7	0.6	0.0	<b>14.2</b>	7.8	4.1	0.0
<i>Tetragium umbellatum</i>	0.7	0.9	0.5	0.0	5.8	<b>14.6</b>	5.2	8.9	8.6	5.7	0.8	0.0
<i>Tetrapanax papyriferus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	5.5	0.0	0.0	<b>10.1</b>	4.5	0.7	0.0
<i>Oplismenus hirtellus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	<b>14.7</b>	0.0	0.0	0.7	0.0
<i>Woodwardia orientalis</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>14.0</b>	4.8	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0
<i>Rhododendron noriakianum</i>	0.0	5.4	0.0	3.1	0.0	0.8	<b>31.5</b>	<b>19.4</b>	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Ophiopogon intermedius</i>	2.4	2.5	<b>27.4</b>	<b>19.7</b>	0.0	3.4	3.4	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Dryopteris atrata</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>11.2</b>	0.9	1.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0

<sup>1/</sup> Stations and plots denote to those in the footnote of Table 1; bold numbers, importance value >10%, indicating the dominant plants.

表 3. 2008 年乾季七家灣溪永久樣區地被層優勢植物之重要值指數(%)

Table 3. Importance value indices (%) of the dominant species of understory at the permanent sampling stations and plots along Cijiawan Creek during the dry season, 2008

Species	Sampling stations and plots <sup>1/</sup>											
	#2		#5		#9		#8		#1		#4	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 <sup>2/</sup>
<i>Miscanthus sinensis</i>	<b>86.1</b>	<b>37.7</b>	<b>35.3</b>	<b>52.0</b>	1.6	0.6	<b>32.5</b>	<b>23.4</b>	<b>15.9</b>	<b>98.1</b>	<b>61.2</b>	0.0
<i>Pilea rotundinucula</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>11.0</b>	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>27.8</b>	0.0
<i>Polygonum multiflorum</i>	0.0	0.7	0.0	0.0	3.9	2.2	2.9	2.3	<b>88.6</b>	<b>11.2</b>	<b>18.7</b>	0.0
<i>Rubus parvialifolius</i>	0.0	1.4	0.0	2.8	0.0	0.0	1.2	0.6	1.7	<b>10.1</b>	<b>11.1</b>	0.0
<i>Urtica thunbergiana</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	2.8	0.6	0.0	<b>10.9</b>	<b>11.0</b>	5.0	0.0
<i>Anisomeles indica</i>	5.0	<b>49.3</b>	2.1	0.0	0.6	0.0	4.1	2.3	0.0	0.0	3.1	0.0
<i>Arundo formosana</i>	0.0	4.2	0.0	0.0	<b>32.8</b>	<b>33.1</b>	0.0	0.0	9.4	3.9	1.1	0.0
<i>Rhododendron noriakianum</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>23.1</b>	0.0	1.6	0.0	1.0	0.0
<i>Woodwardia unigemmata</i>	1.8	0.0	0.0	0.0	<b>26.2</b>	<b>18.5</b>	0.6	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
<i>Tetragium umbellatum</i>	3.3	4.2	0.0	0.0	5.0	6.7	5.0	<b>15.7</b>	9.7	7.0	0.0	0.0
<i>Ophiopogon intermedius</i>	<b>10.5</b>	9.0	<b>24.1</b>	<b>39.1</b>	0.0	2.6	5.4	5.8	0.0	4.4	0.0	0.0
<i>Lepisorus pseudo-ussuriensis</i>	7.0	7.3	<b>10.3</b>	<b>12.3</b>	1.7	1.8	4.7	3.9	0.8	0.0	0.0	0.0
<i>Diplazium amamiana</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>29.0</b>	2.7	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0
<i>Pseudotsuga wilsoniana</i>	2.0	0.0	<b>11.4</b>	2.5	0.0	0.0	3.2	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Myrsine Africana</i>	8.6	<b>12.1</b>	<b>17.3</b>	0.9	0.0	0.0	1.2	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Spiraea prunifolia</i>	0.0	0.0	<b>21.9</b>	2.9	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Akebia longeracemosa</i>	0.0	0.0	8.3	<b>10.7</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Viburnum propinquum</i>	4.3	0.8	<b>12.5</b>	8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

<sup>1/</sup> Stations and plots denote to those in the footnote of Table 1; bold numbers, importance value >10% indicating the dominant plants.

<sup>2/</sup> Plot 12 was destroyed in the rain season of 2007, and thus, its data were "0" for all species in the dry season of 2008.

## (一) 桃山北溪測站(Station #1)

此測站之樣區 9、10 位於桃山北溪溪谷左岸之沖積扇。其喬木層優勢種植物為臺灣赤楊(*Alnus formosana*)、蓮草(*Tetrapanax papyriferus*)、臺灣紫珠(*Callicarpa formosana*)、臺灣二葉松(*Pinus taiwanensis*)，以及海州常山(*Clerodendrum trichotomum*)。而濕季時地被層優勢種植物如五節芒(*Miscanthus sinensis*)、臺灣何首烏(*Polygonum multiflorum*)、咬人貓(*Urtica thunbergiana*)、串鼻龍(*Clematis grata*)、臺灣山菊(*Farfugium japonicum*)及蓮草；又乾季時則以五節芒、臺灣何首烏、咬人貓，以及小椴葉懸鈎子(*Rubus parviaraliifolius*)為主。

## (二) 桃山西溪測站(Station #2)

此測站之樣區 1、2 位於七家灣溪上游之支流—桃山西溪左岸的溪谷邊坡。其喬木層優勢種植物為臺灣二葉松、栓皮櫟(*Quercus variabilis*)。而濕季時地被層優勢種植物以五節芒為主；又乾季時則為五節芒、金劍草(*Anisomeles indica*)、小葉鐵仔(*Myrsine africana*)、間型沿階草(*Ophiopogon intermedius*)。

## (三) 觀魚台測站(Station #4)

此測站之樣區 11、12 位於七家灣溪中段之溪谷沖積扇左岸，地勢平緩，植群極易受溪流洪氾影響；其中樣區 12 即因 2007 年雨季後樣區遭沖毀。喬木層優勢植物主要是臺灣赤楊、臺灣二葉松，次為阿里山榆(*Ulmus uyematsui*)。而濕季時地被層優勢種植物則以五節芒為主，其次是臺灣何首烏、艾(*Artemisia indica*)；另乾季時仍以五節芒為主，其次是圓果冷水麻(*Pilea rotundinucula*)、臺灣何首烏、小椴葉懸鈎子。

## (四) 繁殖場測站(Station #5)

此測站之樣區 3、4 位於七家灣溪左岸。其喬木層優勢種植物如栓皮櫟、楓香(*Liquidambar formosana*)、化香樹(*Platycarya strobilacea*)、臺灣黃杉(*Pseudotsuga wilsoniana*)，以及米飯花(*Vaccinium bracteatum*)。而濕季時地被層優

勢種植物為五節芒、間型沿階草、小葉鐵仔；又乾季時則以五節芒、間型沿階草、擬烏蘇里瓦葦(*Lepisorus pseudo-ussuriensis*)、笑靨花(*Spiraea prunifolia*)、小葉鐵仔、臺灣黃杉、高山莢蒾(*Viburnum propinquum*)、五葉長穗木通(*Akebia longeracemosa*)等為主。

## (五) 高山溪測站(Station #8)

此測站之樣區 7、8 位於七家灣溪支流—高山溪之右岸邊坡，其較不易受洪氾影響。喬木層優勢種植物諸如米飯花、化香樹、栓皮櫟、楓香。而濕季時地被層優勢種植物為五節芒、細葉杜鵑(*Rhododendron noriakianum*)，以及求米草(*Oplismenus hirtellus*)；又乾季時則以五節芒、細葉杜鵑、臺灣崖爬藤(*Tetrastigma umbellatum*)為主。

## (六) 有勝溪測站(Station #9)

此測站之樣區 5、6 係位於武陵農場入口收費站旁之有勝溪下游右岸，由低河階延伸至中坡，地形由平緩至陡峭，兩岸腹地小；此測站為監測比較之對照測站。其喬木層優勢種植物為臺灣二葉松、臺灣赤楊、海州常山、臺灣紫珠、大頭茶(*Gordonia axillaris*)、西施花(*Rhododendron ellipticum*)。而濕季時地被層優勢植物主要以臺灣蘆竹(*Arundo formosana*)、圓果冷水麻、臺灣崖爬藤、東方狗脊蕨(*Woodwardia orientalis*)、桫欏鱗毛蕨(*Dryopteris atrata*)、咬人貓為主；又乾季時則為臺灣蘆竹、頂芽狗脊蕨(*W. unigemmata*)、奄美雙蓋蕨(*Diplazium amamiana*)、圓果冷水麻。

此次複查濱岸植群之優勢種植物組成與蔡等(2010)之研究比較差異不大；即喬木層優勢植物多為陽性樹種，如臺灣二葉松、臺灣赤楊、栓皮櫟與化香樹等，而臺灣二葉松與臺灣赤楊是永久樣區中最為優勢的樹種。其中臺灣二葉松係武陵地區早期的主要造林樹種，迄今仍有大面積的臺灣二葉松林，因此，超過半數的樣區中以臺灣二葉松為其優勢種之一；另臺灣赤楊的生態幅度廣泛，為演替初期最早進入

裸地之樹種，常見七家灣溪沿岸受干擾之河谷開闊地、裸地及向陽地；又栓皮櫟為中海拔開闊地常見的陽性樹種，而 12 個永久樣區中，栓皮櫟僅於溪水干擾較少的樣區占有優勢，故洪氾可能會限制栓皮櫟之拓殖。王及邱(2004)指出自 1963-2003 年武陵地區共記錄林火 37 次。而呂(2004)論及火燒時高溫將臺灣二葉松球果的樹脂溶化，使種子得以釋放，並於適當時機萌芽，形成苗木；另栓皮櫟則具有厚樹皮保護形成層，於火燒後快速萌蘖。此等顯示次數頻繁的林火，使對火燒具有抵抗或適應機制的臺灣二葉松與栓皮櫟成為區內的優勢樹種。

Hsieh *et al.* (1989)在德基水庫的植群研究中指出：臺灣赤楊為演替早期的先驅樹種，在干擾後得以快速建立形成優勢，而在干擾後 30-45 年，臺灣赤楊常發生更新困難之現象。然七家灣溪之洪氾干擾使濱岸植群維持在演替初期，而臺灣赤楊得以保持優勢。廖(1998)於臺灣赤楊之生態生理特性研究中提及：臺灣赤楊水分輸導能力高，且具根瘤能固定空氣中游离之氮素，並具有高光合速率，高葉片導度與廣溫性之特性，此等可能是臺灣赤楊在高光度，水分含量差異大的濱岸環境，具有優勢的關鍵。臺灣赤楊在武陵地區主要分布於溪谷沖積扇(郭 1995；徐 2006)，而許多研究亦指出在溪谷旁常有臺灣赤楊之分布(田等 2005；陳等 2007；陳等 2009；Hsieh *et al.* 1989；Yang *et al.* 2008)，顯示臺灣赤楊對濱岸環境具有極佳之適應性。

地被層優勢植物中最為優勢的植物為五節芒，除有勝溪測站之樣區外，五節芒於其他樣區的重要值都大於 30%。此外，吳(2006)於武陵地區進行之外來植物入侵及分布研究中指出：武陵地區最優勢的外來植物為大扁雀麥(*Bromus catharticus*)，其次為野茼蒿(*Conyza sumatrensis*)、白花三葉草(*Trifolium repens*)及大花咸豐草(*Bidens pilosa* var. *radiata*)。然無

論 2005 年首次調查，或後續之複查中，外來植物僅發現野茼蒿、加拿大蓬(*Conyza canadensis*)等，且於樣區內的數量稀少(甚至沒有)。其主要原因為吳(2006)係針對步道與道路兩旁的植群，其環境受人為干擾影響，與本研究所設置樣區之生育地環境或所受之干擾因子不同。因此，研究中樣區內外來種植物少，顯示目前外來種植物對濱岸植群不具入侵性，或入侵性尚未顯現，至於是否具有入侵情形，仍需持續觀察與研究方能確定。

## 二、植群型

研究中所繪之樹形圖(圖 2)，可依不同相似性指數之臨界值(threshold)劃分植物群落。研究中植群型依照合成樣區之優勢種予以命名，若同一林型中，優勢種有明顯差異，則再區分為亞型。若以相似性指數(IS) = 30%為臨界值，可將 2007 年之永久樣區的調查資料，劃分為 3 種主要植群型；即臺灣二葉松型(*Pinus taiwanensis* type)，蓮草—臺灣紫珠型(*Tetrapanax papyriferus-Callicarpa formosana* type)，以及栓皮櫟—化香樹型(*Quercus variabilis-Platycarya strobilacea* type)。又臺灣二葉松型依其內之優勢種組成之不同，可依相似度指數(IS) = 42%，再區分為臺灣二葉松—臺灣赤楊亞型(*Pinus taiwanensis-Alnus formosana* subtype)，臺灣二葉松—栓皮櫟亞型(*Pinus taiwanensis-Quercus variabilis* subtype)，以及臺灣二葉松—臺灣赤楊—臺灣紫珠亞型(*Pinus taiwanensis-Alnus formosana-Callicarpa formosana* subtype)，茲將各植群型之生育地環境與植物組成分述如下：

### (一) 臺灣二葉松型

#### 1. 臺灣二葉松—臺灣赤楊亞型

樣區 10、11、12 屬之；本型分布於桃山北溪、觀魚台等測站，樣區臨近溪水之第一河階，地形開闊平緩，易遭受洪水干擾。喬木層植物以臺灣赤楊、臺灣二葉松最為優勢；另地被層優勢植物則為五節芒、臺灣何首烏、串鼻龍等。

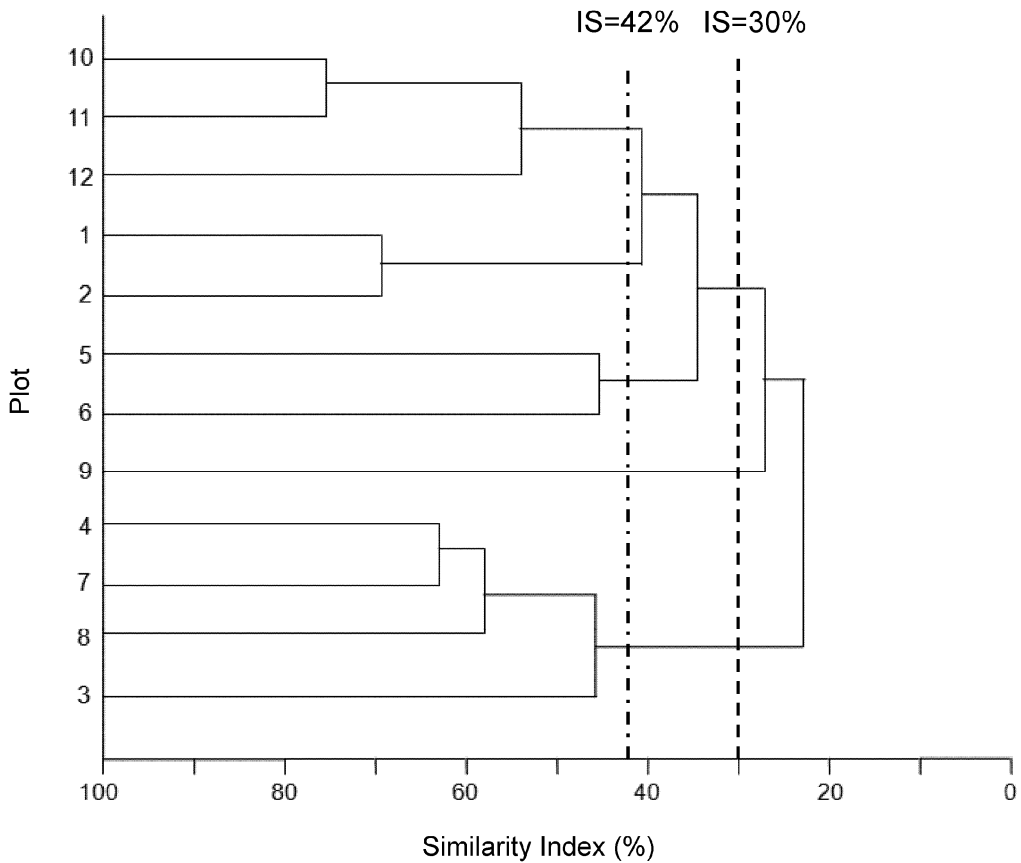


圖 2. 2007 年七家灣溪濱岸植群之永久樣區相似性樹形圖

Fig. 2. A dendrogram of riparian vegetatons at the permanent sampling plots along Cijiawan Creek, 2007.

2. 臺灣二葉松－栓皮櫟亞型

樣區 1、2 屬之；本型分布於桃山西溪測站，位於中坡地段而離溪水遠，較不易受洪氾干擾。其優勢樹種多為陽性樹種，諸如臺灣二葉松、栓皮櫟等；又地被層優勢植物主要如五節芒、高山破傘菊(*Syneilesis subglabrata*)。

3. 臺灣二葉松－臺灣赤楊－臺灣紫珠亞型

樣區 5、6 屬之；本型位於有勝溪測站。主要之喬木層優勢植物為臺灣二葉松、臺灣赤楊，除此二陽性樹種外，尚有大頭茶、海州常山、西施花、臺灣紫珠等；又此型之生育地環境較為潮濕，因此，五節芒並非此林型中地被層之優勢植物，取而代之的是喜好濕潤環境的臺灣蘆竹、圓

果冷水麻、臺灣崖爬藤、杪羅鱗毛蕨等。

(二) 蓮草－臺灣紫珠型

本型以樣區 9 為代表；分布於桃山北溪測站左岸一帶，地勢平坦，林地土壤層淺薄，多為堆積之砂質壤土。喬木層主要為中、小喬木，諸如蓮草、臺灣紫珠、海州常山；另地被層植物則以五節芒、咬人貓、山菊及蓮草為主。

(三) 栓皮櫟－化香樹型

樣區 3、4、7、8 屬之；本型分布於繁殖場、高山溪等測站。上層林冠為栓皮櫟、化香樹所構成，而次優勢樹種則是米飯花、楓香與臺灣黃杉等混生；又地被層則以五節芒、間型沿階草、細葉杜鵑、小葉鐵仔、五葉長穗木

通、求米草爲主。綜觀本型多位於中坡地段，亦常以栓皮櫟、臺灣二葉松混生爲主。

Harper and Macdonald (2001)指出濱岸植群隨著與溪流的距離增加呈現梯度變化，表現出明顯的邊緣效應。而 Nilsson and Svedmark (2002)將影響濱岸植群變化的主要因素分成三個層面；即水文、廊道(corridor)與地景(landscape)，並指出水文條件影響濱岸植群的主要因素，規律與穩定的洪氾有助於物種多樣性的維持與林分更新，亦能提高林分對環境干擾之敏感性(sensitivity)。本研究另將 2005 年之 12 個永久樣區資料進行群團分析，而此相似性樹

形圖(圖 3)與 2007 年複查的結果(圖 2)相似；唯一明顯之差異爲 2007 年的樣區資料中，繁殖場測站之樣區 4、高山溪測站之樣區 7 的相似度較高。而由重要值指數之結果比較研判；其主要原因爲樣區 7 的楓香略微增加，而使其植群之物種組成、豐富度等與樣區 4 較爲相似，因此，於歸群時先歸爲同群。是故依相似度臨界值 30%，將蔡等(2010)於 2005 年之樣區資料加以分群，則其植群歸群的結果與 2007 年相同，且樣區內的優勢植物組成變化不大，顯示喬木層的主要樹種組成及重要值，於此二年間無太大的差異。

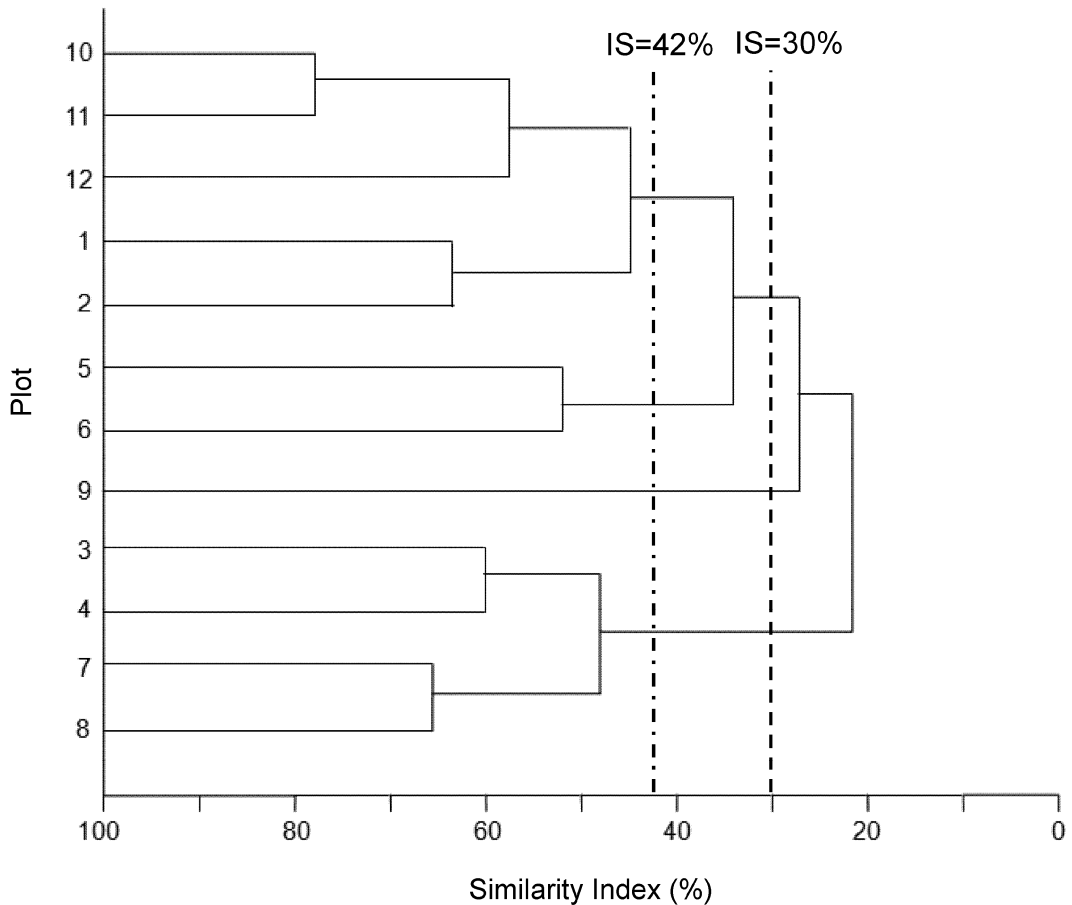


圖 3. 2005 年七家灣溪濱岸植群之永久樣區相似性樹狀圖

Fig. 3. A dendrogram of riparian vegetatons at the permanent plots along the Cijiawan Creek, 2005.

三、多樣性之探討

種間歧異度常以種豐富度(species richness)與種豐富度加以呈現，其中種豐富度僅以種數與總株數計算，而種豐富度則更深一層考量各物種間數量分配之情形。由表 4 之喬木層植物於 2005、2007 年之種豐富度指數的分析結果得知：各樣區的 Shannon 訊息統計指數(H<sub>sw</sub>)為 0.5-2.8，2005 年 Shannon 訊息統計指數最高者為有勝溪測站之樣區 6 (2.812)，而以觀魚台測站的樣區 12 最低(0.536)；又 2007 年亦以有勝溪測站之樣區 6 最高(2.716)，而觀魚台測站的樣區 12 最低(0.580)。另 Berger 豐富度指數(D<sub>BP</sub>)為 0.1-0.8，2005 年 Berger 豐富度指數最高者為觀魚台測站之樣區 12 (0.773)，而有勝溪測站的樣區 6 最低(0.134)；又 2007 年亦以觀魚台測站之樣區 12 最高(0.733)，而有勝溪測站的樣區 6 最低(0.140)。此外，Shannon 均勻度指數(E<sub>sw</sub>)為 0.6-0.9，2005 年 Shannon 均勻度指數以有勝溪測站的樣區 5 最高(0.903)，

而高山溪測站的樣區 8 最低(0.564)；又 2007 年亦以有勝溪測站的樣區 5 最高(0.887)，而高山溪測站的樣區 8 最低(0.552)。

為瞭解 2005 年乾、濕季，2007 年濕季及 2008 年乾季等 4 個時期地被層之多樣性變化，茲將各時期的種豐富度指數分析結果列於表 5 加以比較之；其中 2005 年 Shannon 訊息統計指數為 2.5-4.0，最高者是 2005 年濕季時有勝溪測站之樣區 6 (3.970)；而以 2005 年濕季的觀魚台測站之樣區 12 最低(2.514)。另 Berger 豐富度指數為 0.05-0.25，其中以 2005 年濕季的觀魚台測站之樣區 12 最高(0.209)，主要是樣區內之五節芒具有明顯優勢；而最低者為 2005 年濕季時高山溪測站之樣區 5 (0.076)，較無明顯的優勢種。又各樣區的 Shannon 均勻度指數為 0.8-0.9，最高者為 2005 年濕季時觀魚台測站之樣區 11 (0.905)，而以 2005 年乾季時繁殖場測站之樣區 3 最低(0.761)。此外，2007-2008 年各樣區的 Shannon 訊息統計指數

表 4. 2005、2007 年七家灣溪永久樣區喬木層植物之多樣性分析

Table 4. Results of the species diversity analysis of overstory at the permanent sampling stations and plots along Cijiawan Creek, 2005-2007

Samplin gstations	Sampling plots	2005					2007				
		Number of species	Number of individuals	H <sub>sw</sub> <sup>1/</sup>	D <sub>BP</sub> <sup>2/</sup>	E <sub>sw</sub> <sup>3/</sup>	Number of species	Number of individuals	H <sub>sw</sub> <sup>1/</sup>	D <sub>BP</sub> <sup>2/</sup>	E <sub>sw</sub> <sup>3/</sup>
#2	1	17	122	2.265	0.221	0.799	20	145	2.468	0.179	0.824
	2	19	101	2.371	0.297	0.805	20	113	2.479	0.274	0.827
#5	3	14	164	2.337	0.189	0.886	15	164	2.361	0.177	0.872
	4	15	135	2.303	0.178	0.850	16	136	2.341	0.176	0.844
#9	5	17	92	2.557	0.141	0.903	15	81	2.403	0.160	0.887
	6	25	187	2.812	0.134	0.874	23	157	2.716	0.140	0.866
#8	7	19	193	2.111	0.368	0.717	23	182	2.321	0.308	0.740
	8	13	230	1.447	0.522	0.564	14	234	1.456	0.521	0.552
#1	9	7	45	1.562	0.356	0.803	9	58	1.768	0.310	0.804
	10	6	70	1.333	0.471	0.744	8	60	1.533	0.483	0.737
#4	11	4	67	0.925	0.627	0.667	5	62	1.023	0.613	0.635
	12	2	44	0.536	0.773	0.773	2	45	0.580	0.733	0.837

<sup>1/</sup> Shannon information statistic index

<sup>2/</sup> Berger species abundance index

<sup>3/</sup> Shannon evenness index

表 5. 2005-2008 年七家灣溪永久樣區地被層植物之多樣性分析  
 Table 5. Results of the species diversity analysis of understory at permanent sampling stations and plots along the Cijiawan Creek, 2005-2008

Sampling stations	Sampling plots	Dry season 2005				Wet season 2005				Wet season 2007				Dry season 2008			
		H <sub>SW</sub> <sup>1/</sup>	D <sub>BP</sub> <sup>2/</sup>	E <sub>SW</sub> <sup>3/</sup>	Number of species	H <sub>SW</sub> <sup>1/</sup>	D <sub>BP</sub> <sup>2/</sup>	E <sub>SW</sub> <sup>3/</sup>	Number of species	H <sub>SW</sub> <sup>1/</sup>	D <sub>BP</sub> <sup>2/</sup>	E <sub>SW</sub> <sup>3/</sup>	Number of species	H <sub>SW</sub> <sup>1/</sup>	D <sub>BP</sub> <sup>2/</sup>	E <sub>SW</sub> <sup>3/</sup>	Number of species
#2	1		0.143	0.849	54	3.169	0.169	0.794	42	3.250	0.150	0.870	45	3.138	0.154	0.824	45
	2			0.822	59	3.451	0.093	0.846	52	3.432	0.098	0.869	51	3.238	0.124	0.824	51
#5	3	3.054	0.194	0.761	46	3.307	0.098	0.864	50	3.565	0.064	0.911	34	2.834	0.152	0.804	34
	4		2.725	0.141	61	3.512	0.097	0.854	66	3.889	0.046	0.928	43	2.973	0.146	0.791	43
#9	5		2.965	0.088	77	3.850	0.076	0.886	66	3.896	0.064	0.930	66	3.654	0.075	0.872	66
	6		3.656	0.087	98	3.970	0.084	0.866	64	3.889	0.047	0.935	73	3.766	0.063	0.878	73
#8	7		3.743	0.160	77	3.602	0.093	0.829	70	3.734	0.094	0.879	56	3.431	0.125	0.852	56
	8		3.444	0.182	60	3.541	0.086	0.865	65	3.565	0.095	0.854	48	3.313	0.117	0.856	48
#1	9 <sup>a</sup>	- <sup>a</sup>	- <sup>a</sup>	- <sup>a</sup>	46	3.028	0.186	0.791	41	3.122	0.110	0.841	36	2.753	0.194	0.768	36
	10 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>	- <sup>a</sup>	- <sup>a</sup>	43	3.091	0.147	0.822	39	3.136	0.104	0.856	27	2.729	0.202	0.828	27
#4	11 <sup>a</sup>	- <sup>a</sup>	- <sup>a</sup>	- <sup>a</sup>	46	3.465	0.086	0.905	46	3.299	0.162	0.862	34	2.812	0.224	0.797	34
	12 <sup>a</sup>	- <sup>a</sup>	- <sup>a</sup>	- <sup>a</sup>	25	2.514	0.209	0.781	28	2.699	0.248	0.810	0 <sup>b</sup>	0.000 <sup>b</sup>	0.000 <sup>b</sup>	0.000 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> The plot was not set up yet in the dry season in 2005, so there was no datum.

<sup>b</sup> The plot was destroyed during the rain season in 2007, so data "0" for the dry season in 2008.

<sup>1/</sup> Shannon information statistic index

<sup>2/</sup> Berger species abundance index

<sup>3/</sup> Shannon evenness index

為 2.7-3.9，其中最高者為 2007 年濕季時有勝溪測站之樣區 5 (3.896)；而以 2007 年濕季時觀魚台測站之樣區 12 最低(2.699)。另 Berger 豐富度指數為 0.05-0.25，其中以 2007 年濕季時觀魚台測站之樣區 12 最高(0.248)，即仍以五節芒為此區之優勢種；而最低者則為 2007 年濕季時繁殖場測站之樣區 4 (0.046)。又 Shannon 均勻度指數為 0.8-0.9，最高者為 2007 年濕季時有勝溪測站之樣區 6 (0.935)，而以 2008 年乾季時桃山北溪測站之樣區 9 最低(0.768)。

將二年度喬木層之種豐富度指數進行 Kruskal-Wallis 檢定的結果得知；2005、2007 年喬木層植物的種數(P=0.659)、總株數(P=0.963)、Shannon 訊息統計指數(P=0.557)、Berger 豐富度指數(P=0.763)、Shannon 均勻度指數(P=0.890)，顯示二年度間喬木層植物之多樣性沒有明顯變化。然若以個別樣區而言，可發現 2007 年時喬木層植物的晉級生長使其歧異度增加，而其各樣區喬木層植物之種數、總株數與 Shannon 訊息統計指數等多高於 2005 年；又 Berger 豐富度指數強調植群中之最優勢種，Berger 豐富度指數之下降，即代表優勢種占總量的比例減少，以及種數之增加，此與前述之 Shannon 訊息統計指數上升的結果相符。Yang *et al.* (2008) 於楠梓仙溪上游植群研究中之優勢種為臺灣赤楊、臺灣紫珠、長葉木薑子與大葉溲疏的臺灣赤楊林型之 Shannon 訊息統計指數為 2.3。此與本研究位於中坡之臺灣二葉松—栓皮櫟亞型、臺灣二葉松—臺灣赤楊—臺灣紫珠亞型，以及栓皮櫟—化香樹型的 Shannon 訊息統計指數相近，而鄰近溪流灘地的臺灣二葉松—臺灣赤楊亞型、蓮草—臺灣紫珠型則較低。Lyon and Gross (2005) 指出喬木層植物生命史長，不易在干擾強度大的溪流灘地建立族群，故具適應能力的樹種較易形成優勢，而喬木層植物之多樣性亦隨之降低。此結論與本研究結果相符，是故進一步推論臺灣二葉松

—臺灣赤楊亞型、蓮草—臺灣紫珠型等之植群型中，諸如臺灣赤楊、臺灣二葉松、蓮草、阿里山榆、臺灣紫珠等，亦較具有抵抗溪水干擾的能力。

2005、2007-2008 年之乾、濕季間地被層的種豐富度指數經 Kruskal-Wallis 檢定為種數(P=0.316)、Shannon 訊息統計指數(P=0.130)、Berger 豐富度指數(P=0.360)、Shannon 均勻度指數(P=0.004)，即 Shannon 均勻度指數具顯著性差異。而再經 Dunnett's T3 法進行事後檢定得知：僅 2005 乾季與 2007 年濕季有所差異(P=0.009)，即濕季的物種組成較為均勻。綜上得知於相同季節，各樣區地被層多樣性於不同年度無明顯變化。Jiang *et al.* (2002) 於三峽地區的濱岸植群研究中提及濱岸植群受到擾動大，地被層植物多以一年生草本為主；而由於乾季時部分一年生草本植物死亡，致使物種種數、種豐富度指數下降。又趙(2003)於洪水頻率與河畔植生關係的研究中，其濱岸地被層植群則以多年生的禾本科植物為優勢種。本研究中多數樣區的地被層優勢物種為五節芒，若五節芒在樣區內大量增長，占據大部分資源，影響其他物種之生長空間，則使其物種豐富度較低(如樣區 9-12)；而有勝溪測站之樣區 6 的生育地環境潮濕，林下鬱閉，五節芒數量較少，使其他物種具有足夠的生長空間，故物種豐富度亦較高。

## 結論與建議

對濱岸植群而言，溪水的干擾具有一定程度的影響。七家灣溪濱岸植群除溪水氾濫影響外，水流的侵蝕作用導致邊坡陡峭，偶有崩塌的現象發生，故而環境較不穩定。然以其物種組成而言，2005、2007-2008 年的物種組成並無明顯變化，且歸群後之群團分析結果相似；皆可分為蓮草—臺灣紫珠型，栓皮櫟—化香樹型，臺灣二葉松—臺灣赤楊亞型，臺灣二葉松

一栓皮櫟亞型，以及臺灣二葉松—臺灣赤楊—臺灣紫珠亞型。

2005、2007 年間喬木層植物之多樣性沒有明顯變化，其中以有勝溪測站之歧異度及均勻度最高；又觀魚台測站的歧異度較低，而高山溪測站之均勻度較低。此外，2005 或 2007-2008 年之乾、濕季間地被層的種豐富度指數，僅 2005 乾季與 2007 年之濕季具顯著差異，即濕季的物種組成較為均勻；而相同季節於不同年度間，其植群多樣性則無顯著差異，即表示兩年度間之地被層植物的多樣性變動不大。綜上得知；在現今武陵地區相關經營單位管理之下，2005-2008 年七家灣溪濱岸植群多樣性維持穩定。又良好之濱岸植群覆蓋，可維持溪流溫度之恆定，有利於臺灣櫻花鉤吻鮭族群之生長及繁衍，而持續監測其濱岸植群之動態變化，亦有助於權責單位對其經營策略之擬定及執行方案績效的瞭解。

## 誌 謝

本研究承蒙內政部營建署雪霸國家公園管理處的經費補助，特此致謝。此外，中興大學生命科學系林幸助教授提攜參與此難得之整合性計畫；又雪霸國家公園管理處、東勢林區管理處及武陵農場先進們於試驗研究期間之協助，另中興大學森林學系森林植物分類與生態研究室同學們於野外調查的辛勞，以及廖冠茵小姐於原稿費心校閱，謹此致上由衷謝忱。

## 引用文獻

- 王筱萱、邱祈榮。2004。武陵地區林火發生機制之分析。中華林學會 93 年度學術論文發表會論文集 pp.140-153。宜蘭縣。
- 田永柔、鄧書麟、呂福原、何坤益、張坤城。2005。嘉義縣低海拔地區崩塌地先驅植群之調查研究。中華林學季刊 38(1): 49-65。
- 吳姍樺。2006。雪霸國家公園外來植物入侵與分佈之調查。內政部營建署雪霸國家公園管理處。苗栗縣。
- 呂金誠。2004。武陵火燒後植被變化監測研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處。苗栗縣。
- 林幸助。2002。武陵地區生態系監測與模式建構規劃。內政部營建署雪霸國家公園管理處。苗栗縣。
- 徐憲生。2006。七家灣溪濱岸植群監測與地景變遷。國立中興大學森林系碩士論文。臺中市。
- 郭城孟。1995。七家灣溪潛在植被之研究。雪霸國家公園管理處。苗栗縣。
- 陳吉泉。1996。河岸植被特徵及其生態系統和景觀中的作用。應用生態學報 7(4): 439-448。
- 陳志豪、陳明義、陳文民、陳恩倫。2009。合歡河流域植群分類與製圖。林業研究季刊 30(1): 1-15。
- 陳德仁、李金玲、許炳修、陳和田、薛燕璘、呂福原。2007。臺大實驗林沙里仙區楠櫛林帶之臺灣赤楊植群研究。中華林學季刊 40(2): 165-183。
- 廖天賜。1998。臺灣赤楊生理生態之基礎研究。國立中興大學植物學研究所博士論文。臺中市。
- 趙偉成。2003。洪水頻率與河畔植生關係之研究於臺灣南部地區。國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文。臺南市。
- 蔡尚惠、林志銓、黃立彥、呂金誠、歐辰雄、吳聲海。2007。惠蓀林場紅檜人工林與闊葉樹次生林之種豐富度指數分析。中華林學季刊 40(3): 287-300。
- 蔡尚惠、徐憲生、呂金誠。2010。七家灣溪濱岸植群之組成與結構。林業研究季刊 32(1): 19-38。
- Gregory, S. V., F. J. Swanson and W. A. Mckee.

1991. An ecosystem perspective of riparian zones. *BioScience* 41(8): 540-551.
- Harper, K. A. and S. E. Macdonald. 2001. Structure and composition of riparian boreal forest: new methods for analyzing edge influence. *Ecology* 82(3): 649-659.
- Hsieh, C. F., T. H. Hsieh and S. M. Lin. 1989. Structure and succession of the warm-temperate rain forest at Techi Reservoir. *Journal of Taiwan Museum* 42: 77-89.
- Jiang, M. X., H. B. Deng and Q. H. Cai. 2002. Characteristics, classification and ordination of riparian plant communities in the Three-Gorges area. *Journal of Forestry Research* 13(2): 111-114.
- Lyon, J. and N. M. Gross. 2005. Patterns of plant diversity and plant-environmental relationships across three riparian corridors. *Forest Ecology Management* 204: 267-278.
- Motika, J., B. Dobrzanski and S. Zawadski. 1950. Wstepne badania nad lakami poludniowoschodniej Lubelszczyzny (Preliminary studies on meadows in the southeast of the province Lublin. Summary in English). *Annals of the University Marie Curie-Sklodowska, Section E* 5 (13): 367-447.
- Nilsson, C. and M. Svedmark. 2002. Basic principles and ecological consequences of changing water regimes: Riparian plant communities. *Environmental Management* 30(4): 468-480.
- SPSS Inc. 2006. SPSS 15.0 for Windows. SPSS Inc., USA.
- White, M. D. and K. A. Greer. 2006. The effects of watershed urbanization on the stream hydrology and riparian vegetation of Los Peñasquitos Creek, California. *Landscape and Urban Planning* 74: 125-138.
- Yang, K. C., J. K. Lin, C. F. Hsieh, C. L. Huang, Y. M. Chang, L. H. Kuan, J. F. Su and S. T. Chiu. 2008. Vegetation pattern and woody species composition of a broad-leaved forest at the upstream basin of Nantzuhsienhsi in mid-southern Taiwan. *Taiwania* 53(4): 325-337.

