

國立中興大學森林學系碩士班
Department of Forestry
National Chung-Hsing University

碩士論文
Master Thesis

指導教授：歐辰雄 博士
呂金誠 博士
Advisor: Dr. Chern-Hsiung Ou
Dr. King-Cherng Lu

臺灣中部地區崩塌地植被恢復之研究
Studies on the Revegetation on the Landslide Area
in Central Taiwan

研究生：江政人 撰
By: Tzeng-Ren Chiang

中華民國九十三年六月
June, 2004

目錄

圖目次.....	II
表目次.....	III
中文摘要.....	1
SUMMARY.....	2
壹、前言.....	3
貳、前人研究.....	4
參、研究方法.....	8
一、研究區概況.....	8
二、材料與方法.....	9
肆、結果與討論.....	15
一、環境因子分析.....	15
二、植物名錄及種數變化.....	16
三、植物重要值之變化.....	21
四、植物之種間歧異度.....	25
五、生活型與蕨類商數.....	28
六、土壤中種子的組成.....	35
七、苗木動態調查.....	38
八、崩塌地之更新動態.....	40
伍、結論.....	44
陸、參考文獻.....	46
附錄一.....	51
附錄二.....	56

圖目次

圖 1. 研究區位置圖.....	9
圖 2. 樣區之全天光空域.....	11
圖 3. 北緯 22.5°太陽在天空中之軌跡.....	11
圖 4. 以方位表示之水分梯度級.....	12
圖 5. 各崩塌地研究區植物種數隨調查日期之變化.....	21
圖 6-1. 烏石坑植物重要值變化.....	22
圖 6-2. 大茅坪植物重要值變化.....	22
圖 6-3. 東卯橋植物重要值變化.....	23
圖 6-4. 平林植物重要值變化.....	23
圖 6-5. 九九峰植物重要值變化.....	24
圖 6-6. 烏溪植物重要值變化.....	24
圖 7-1. 烏石坑研究區物種歧異度指數隨調查日期之變化.....	26
圖 7-2. 大茅坪研究區物種歧異度指數隨調查日期之變化.....	26
圖 7-3. 東卯橋研究區物種歧異度指數隨調查日期之變化.....	27
圖 7-4. 平林研究區物種歧異度指數隨調查日期之變化.....	27
圖 7-5. 九九峰研究區物種歧異度指數隨調查日期之變化.....	28
圖 7-6. 烏溪研究區物種歧異度指數隨調查日期之變化.....	28
圖 8-1. 烏石坑研究區各生活型植物種數比率隨調查日期之變化.....	31
圖 8-2. 大茅坪研究區各生活型植物種數比率隨調查日期之變化.....	31
圖 8-3. 東卯橋研究區各生活型植物種數比率隨調查日期之變化.....	32
圖 8-4. 平林研究區各生活型植物種數比率隨調查日期之變化.....	32
圖 8-5. 九九峰研究區各生活型植物種數比率隨調查日期之變化.....	33
圖 8-6. 烏溪研究區各生活型植物種數比率隨調查日期之變化.....	33
圖 9. 各崩塌地研究區土壤中種子種類之相似性指數樹形圖.....	37
圖 10. 崩塌地各研究區喬木小苗數量之變化情形.....	39

表目次

表 1. 崩塌地各研究區之環境因子.....	15
表 2. 崩塌地各研究區環境因子間之相關分析.....	15
表 3. 各崩塌地植物各分類群統計.....	16
表 4-1. 烏石坑植物各分類群統計.....	17
表 4-2. 大茅坪植物各分類群統計.....	17
表 4-3. 東卯橋植物各分類群統計.....	18
表 4-4. 平林植物各分類群統計.....	18
表 4-5. 九九峰植物各分類群統計.....	19
表 4-6. 烏溪植物各分類群統計.....	19
表 5. 各崩塌地與全台灣各類微管束植物種數統計表.....	20
表 6. 各崩塌研究區微管束植物出現較多之 12 科統計表.....	20
表 7. 各崩塌地植物之生活型統計.....	30
表 8. 崩塌地與台灣各地植群蕨類商數(Ptph-Q)之比較表.....	35
表 9. 各研究區土壤中種子種類數量統計.....	36
表 10. 各研究區土壤中種子與地面種子植物種類之相似性.....	37
表 11. 各研究區喬木小苗數量及組成.....	38
表 12. 崩塌地各樣區各種喬木小苗之地徑及苗高之月平均生長量.....	40
表 13. 各崩塌地研究區植群更新動態之評價.....	41

中文摘要

本研究選定臺灣中部地區台中縣及南投縣 6 處崩塌地點作為研究區域，分別為烏石坑、大茅坪、東卯橋、平林、九九峰及烏溪，自 2001 年 9 月起至 2003 年 6 月進行調查，描述植被恢復之情形。6 處崩塌地緯度分布自北緯 24°00' 至北緯 24°16'，經度分布自東經 120°45' 至東經 120°55'，海拔分布自 381m 至 983m。

於各研究區域內設置固定樣區，調查植物之組成及變化，結果共出現 116 種植物，包含蕨類植物 10 種、裸子植物 1 種、雙子葉植物 79 種及單子葉植物 26 種。其中種類較多的科群有菊科之 12 屬 13 種及禾本科之 12 屬 12 種；較優勢之木本植物有山黃麻及羅氏鹽膚木，較優勢之草本植物則有火炭母草、百喜草、牧地狼尾草、紅毛草、蔓澤蘭及藤竹草。各研究區之蕨類商數均較臺灣全島平均為低，顯示崩塌地較為乾燥之微氣候環境。

在土壤種子庫的調查中，發現 13 種共 93 粒種子，各研究區之土壤種子庫種類間之相似性均低。而喬木小苗之監測方面，共標示 153 株，平均密度 1.28 株/m²，各研究區之喬木小苗地徑平均生長 0.09 mm/月，苗高平均生長 44.8 mm/月。

各研究區之植物種數，除大茅坪研究區外，均有緩慢或明顯增加之趨勢；物種歧異度分析顯示，各研究區之歧異度均高，且均有緩慢或明顯增加之趨勢；各研究區各生活型植物所佔比率方面，亦有緩慢或明顯接近之趨勢，代表各區植物社會之層次趨於複雜。綜合以上分析推測各研究區植物之更新動態，除大茅坪研究區之更新能力較為不佳、更新較為緩慢外，其餘研究區應可恢復崩塌前之植被覆蓋。

SUMMARY

In this study, 6 landslides sample plots which were Wushihkeng, Damaoping, Dongmao Bridge, Pinglin, Jioujiou Mountain, and Wu Stream in Taichung County and Nantou County were chosen for investigating into vegetation regeneration during September, 2001~ June, 2003. These plots distribute from 24°00'N to 24°16'N, from 120°45'E to 120°55'E, with elevations range from 381 to 983 meters.

Permanent quadrant plots were established the composition and the growth of invaded plants. There were 116 species including 10 species of fern, 1 specie of gymnosperm, 79 species of dicotyledon, and 26 species of monocotyledon in these permanent quadrart plots. Among these species, 13 species in 12 genera of Asteraceae and 12 species in 12 of Poaceae are abundant. Among woody plants, *Trema orientalis* and *Rhus semialata* var. *roxburghiana*, and among herbaceous plant, *Mikania cordata*, *Polygonum chinense*, *Panicum incommutatum*, *Paspalum notatum*, *Pennisetum setosum*, and *Rhynchelytrum repens*, were dominance. Pteridophyte- Quotient in the plots was lower than that in Taiwan, it showed that the microclimate of landslides was drier.

The soil seed bank had 93 seeds which including 13 species. The species of seeds were lower similarity among all soil seed bank. During monitoring period, the total seedlings amount was 153 stems and the average seeding density was 1.28 stem/ m². Ground diameter of seedlings increased 0.09 mm and height of seedlings increased 44.8 mm every month.

Species of plant increase slightly or obviously except for which at Damaoping plot. Species diversity analysis shows high diversity index which have slight or obvious increase in every plot. Ratio of each life-form plant became closer, it indicated that layers of plant community were became complex. By integrating all analysis on regeneration dynamic, except Damaoping, the other landslides had better regeneration and recover ability.

壹、前言

森林生態系(forest ecosystem)是一個動態的系統，植物社會在演替(succession)的過程會經過許多不同的階段，每個階段都可能受到不同程度的干擾(disturbance)。干擾是指人為或天然的因素，

使植群受到破壞，破壞後所釋出的空間提供其他植物有利的生長環境，亦使環境資源產生改變(Smith, 1992)。孔隙(gap)是指森林冠層所形成的開放空間或孔洞(Whitmore, 1978; Yamamoto, 1992)。干擾造成的更新(regeneration)孔隙，導致植物社會佔據的空間大小、形狀和分布上的改變，透過樹種不同的更新策略，使植物社會維持其種豐富度(species-richness)(Grime, 1979)。

造成孔隙的原因極多，孔隙的範圍可以由單株植物死亡所形成的孔洞，到毀滅性干擾的大面積破壞，雖然小孔隙出現的頻率比大孔隙多，但亦有人為干擾、火燒及颱風等諸多因子會形成大孔隙。臺灣地區山勢陡峻的地質特性，使得各種自然或人為力量均易造成各種崩塌，而崩塌也是一個容易造成大孔隙的重要因子。

Guariguata(1990)於波多黎各 Luquillo 山崩塌地對森林更新所進行的研究指出，以航空照片判釋結果，崩塌地約佔森林面積之 0.3%，而臺灣國有林地內之崩塌地約佔國有林面積之 0.4%(行政院農委會林務局網站)。在崩塌形成孔隙後的一系列動態，包括早期植群、土壤種子庫及小苗對森林植群更新演替的影響，均為研究森林演替的重要項目。此外，這些研究可以提供崩塌地復原的資訊來源，以作為經營者參考之依據。本研究調查臺灣中部地區數個崩塌地之植群及其各種更新形式，並加以分析，以期獲得崩塌地之植群資料並推測其更新動態。

貳、前人研究

一、孔隙與森林更新

Bray(1956)把林木死亡或倒樹造成的森林樹冠破裂(canopy opening)稱為孔隙(gap)。在森林生態系中，因樹木自然死亡、風倒木、閃電或人為引發之火災、崩塌或伐木等原因造成森林內的孔隙產生。這種普遍存在林內的孔隙現象，使森林結構在水平的空間尺度上呈現鑲嵌的構造，提供林木幼苗另一種生存空間與環境，成為林木主要的更新動態—孔隙更新(Runkle, 1981; Canham, 1989; Spies & Franklin, 1989; Whitmore, 1989; Yamamoto, 1992)。孔隙的出現，使得原本被未受干擾前植物所佔據的種種資源，諸如空間、陽光、水及營養鹽得以釋出(Denslow, 1980; Brokaw, 1985)。

Whitmore(1978)對於熱帶雨林的研究指出，熱帶雨林的更新是由倒木形成孔隙期(gap phase)、建造期及成熟期的方式存在，建造期或成熟期林分受土壤水飽和、風災或病蟲害的干擾又會產生孔隙，使一個區域之森林中同時維持著三個時期鑲嵌狀分布的形式存在。Oliver & Larson(1990)則以森林的發育來說明森林經干擾後的演替過程，即(1)林木初始期(stand initiation)：大干擾後空間及資源釋出，林木經由種子、萌蘖及其他更新形式，開始入侵林地；(2)林木排除期(stem exclusion)：由於早期侵入的樹木持續向上生長，隨著冠層開始鬱閉，林下新的樹木不再出現，林木因空間的競爭，產生天然自我疏伐，林冠層亦開始產生垂直層次的分化；(3)下層植被再現期(understory reinitiation)：上層林木成熟死亡後，導致許多孔隙出現，下層已見耐陰種之前生苗或其他灌木及草本入侵，此時直徑結構成反J型，林分多形成多代林；(4)老林階段(old growth)：由於週期性的干擾或老齡林木的死亡，使得冠層下層植物因生長空間釋放，而得生長至冠層，並形成典型之多代林。由於每次干擾的形式不同，強度及頻度也不同，使得整個森林各階段在空間上呈鑲嵌狀。

孔隙動態及其對森林更新的影響，是近年來國內生態學者所注意的焦點(周文邨，1999；周順軍，1995；林登秋等，1999；洪富文等，1994a、b；張乃航等，1998；張和明，1996；陳志煌，2001；陳明義等，2000；曾維宏，1994；游漢明，2000；蔡長宏，1997；賴宜鈴，1996；賴靖融，2003)，

這些研究包括了許多孔隙更新動態的研究，針對臺灣地區低海拔亞熱帶雨林、次生楠櫟林、中部暖溫帶闊葉林及人工林土壤種子庫、果實雨及林地小苗更新組成與結構動態變化，及微地位進行調查與長期監測，期能對孔隙更新之過程及演替模式有所了解。

二、土壤種子庫

土壤中子庫中儲存了大量植物種子，其中埋藏之草類、灌木之種子庫，可決定其早期演替階段的植物組成，尤其當森林移除時，其立地上初期的植物組成，主要係由現存於土壤種子庫的種類及豐富度所決定(Hill & Stevens, 1981)。

任何植物社會的種子庫，通常包括了暫時性及持久性兩類，屬於暫時性種子庫之植物，其種子活力不超過一年者，而種子存活時間超過一年者即構成持久性種子庫(Thompson & Grime, 1979)。熱帶地區成熟林樹種與先驅植物種子的休眠能力差異很大，因此種子成熟後掉落的動態有很大的不同，先驅樹種種子可埋藏在土壤中而維持活力的時間較久，且體積通常較小，容易進入土壤中形成持久性種子庫；而成熟森林樹種種子體積通常較大，具有比較多養分，有利於種子在鬱閉林下發芽，而不須光照，但是該類種子壽命通常不超過一年，或一年內未完成發芽者即死亡，而形成短暫性種子庫(Whitmore, 1983)。

在不同植群型中，可發現許多具活力的種子存在於土壤種子庫，同樣的，植群遭受干擾後形成的孔隙的土壤中亦是如此，對於闡明植物社會之演替趨勢或干擾後的立地更新動態，土壤種子庫的研究極為重要(張乃航等，1998)。

Major & Pyott(1966)指出，一個完整植物社會的描述，尚須包括其埋藏的活力種子，因其為決定地上植群組成的因素之一；尤其在一個常遭干擾的生育地，其種子庫與當地植群的組成極為相似。

在干擾林地由種子庫萌芽的植物，對於植物社會之早期組成具有重要之影響，因此了解土壤種子庫對干擾的反應，有助於土地經營者預測植物社會經干擾後的早期演替方向(McGee & Feller, 1993)。

三、苗木更新

從植株釋出的種子經散播到達林地，種子可立即發芽或進入土壤種子庫中。因此林地更新小苗的來源，可來自當年的種子發芽，或土壤種子庫經土壤或樹冠冠層干擾後萌芽而來(Archibold, 1981; Putz, 1983; Morgan & Neuenschwander, 1988; Houle, 1992)。

由於植物種類間個體生態的特性，包括種子大小、散播機制、休眠、發芽特性及對養分、光合作用的生理反應等等的不同，對孔隙大小形成環境的差異，造成植物種類間在幼苗階段對於孔隙大小或是大孔隙下的小立地所產生的環境梯度，有不同的適應程度；由於不同植物幼苗間對大小孔隙的生長反應不同，使得不同樹種得以共存，而增加了植物社會的歧異度(Pickett, 1983)。Uhl *et al.* (1988)指出，孔隙大小和光度影響了幼苗的發生，並影響了幼木的存活和生長，幼木的數量可隨孔隙的鬱閉而減少。通常屬於大孔隙的樹種，在較小孔隙的立地時，其幼苗死亡率極高，而在小孔隙下的耐陰樹種，其生長隨孔隙鬱閉而減緩。

四、崩塌地植物更新

崩塌地初期入侵之植物種類多以耐旱之陽性植物為主。吳正雄(1989)於林口台地堆積層傾斜面，就 1982 年 8 月因颱風豪雨造成的崩塌地調查崩塌後 6 年自然植生入侵情形，結果草本之優勢植物為五節芒、熱帶鱗蓋蕨及半邊羽裂鳳尾蕨，木本植物之優勢種為白匏仔、山黃麻及血桐等先驅樹種。而在崩塌跡地植物社會之演替，起點為五節芒之草本植物社會，隨著環境的改變及土壤的生成，陽性樹種之山黃麻、白匏仔、血桐、野桐等相繼入侵，形成過渡性社會。更有香楠、軟毛柿、大葉楠、茜草樹等較耐陰種出現，而朝向較佳的森林社會演進。林信輝、張俊斌(1995)調查中橫公路崩塌地之植物，林下部分以人為栽植之克育草為優勢植物，其次為五節芒、腎蕨及波葉山螞蝗，木本植物以水麻為優勢樹種，其次為臺灣赤楊、楊波、九芎、長梗紫芋麻及羅氏鹽膚木等。

崩塌地依崩塌部位不同可形成不同之類型，足以影響入侵之植群。廖本裕(1993)將崩塌地分為三個部位，依其所受逕流影響程度之不同，產生不同之植群種類：1. 存在懸崖下的崩坍壁及在崩坍坡面上端山脊低凹處逕

流匯集之崩坍源，基質母岩裸露，風化崩解作用盛行，地表乾燥，有機質含量微少，僅有稀落之臺灣蘆竹及耐乾旱蕨類生長；2. 沖蝕區(集水面)在崩坍地中坡部位，屢遭上方逕流主力能量累積之沖蝕，幾乎未有土壤與有機質存在，形成碎石坡，苔蘚、腎蕨、鱗蓋鳳尾蕨與糙葉耳藥花等耐旱瘠植群簇狀散佈在坡面上，尚有零星之臺灣馬桑及波葉山螞蝗灌叢局部存在；3. 沉積區(堆積域)在崩坍地下方，上方逕流沖蝕能量到此衰竭，承納累積上波流失之土壤與有機物質，地勢呈階段狀緩平，植生茂密，正值灌叢群落發育盛期。一般而言，崩塌範圍內較高處之沖蝕區，土壤及有機質含量較少，僅有少數耐惡劣環境之草本或蕨類入侵，而較低之堆積處則土壤含量豐富，易有多數陽性木本植物入侵(Guariguata, 1990)。

而探討崩塌地植生復舊不良問題之癥結，顏正平等(1993)指出崩塌地土壤中常因硫、鐵、鈣等元素含量過多，導致入侵植物生育不良；Francescato *et al.*(2001)亦指出，面積及坡度較大之崩塌地之植群更新較為不佳。另外尚有許多環境因子左右崩塌地之植群更新有待探討。

參、研究方法

一、研究區概況

本研究選定臺灣中部地區台中縣及南投縣共 6 處崩塌地點作為研究區域，分別為烏石坑、大茅坪、東卯橋、平林、九九峰及烏溪溪畔，各研究區域概述如下，其中氣候資訊來源為中華民國臺灣地區氣候圖集。

(一)烏石坑

烏石坑位於北緯 $24^{\circ}16'$ ，東經 $120^{\circ}55'$ ，行政區域屬於台中縣和平鄉，在烏石坑溪的流域範圍內。研究區一月平均溫度約 13°C ，七月均溫約 21°C ，年均溫約 19°C ，年雨量約 2,300mm，全年降雨量達 50mm 以上的日數約 13 日。

(二)大茅坪

大茅坪位於北緯 $24^{\circ}06'$ ，東經 $120^{\circ}50'$ ，行政區域屬於南投縣國姓鄉，在水流東溪的流域範圍內。研究區一月平均溫度約 15°C ，七月均溫約 26°C ，年均溫約 21°C ，年雨量約 2,000mm，全年降雨量達 50mm 以上的日數約 12 日。

(三)東卯橋

東卯橋位於北緯 $24^{\circ}11'$ ，東經 $120^{\circ}55'$ ，行政區域位於台中縣和平鄉，在東卯溪的流域範圍內。研究區一月平均溫度約 12°C ，七月均溫約 22°C ，年均溫約 18°C ，年雨量約 2,400mm，全年降雨量達 50mm 以上的日數約 16 日。

(四)平林

平林位於北緯 $24^{\circ}00'$ ，東經 $120^{\circ}45'$ ，行政區域屬於南投縣草屯鎮，在吃水坑溪的流域範圍內。研究區一月平均溫度約 15°C ，七月均溫約 26°C ，年均溫約 22°C ，年雨量約 2,000mm，全年降雨量達 50mm 以上的日數約 10 日。

(五)九九峰

九九峰位於北緯 $24^{\circ}00'$ ，東經 $120^{\circ}45'$ ，行政區域屬於南投縣草屯鎮，位於稜線上。氣候資訊與平林相同。

(六)烏溪

烏溪位於北緯 $24^{\circ}00'$ ，東經 $120^{\circ}46'$ ，行政區域屬於南投縣草屯鎮，鄰近烏溪流域。氣候資訊與平林相同。

6 個研究區當中，烏石坑及大茅坪樣區設於崩塌坡面上，東卯橋及烏溪則設於崩塌積腳，而平林及九九峰樣區設置於稜線上。

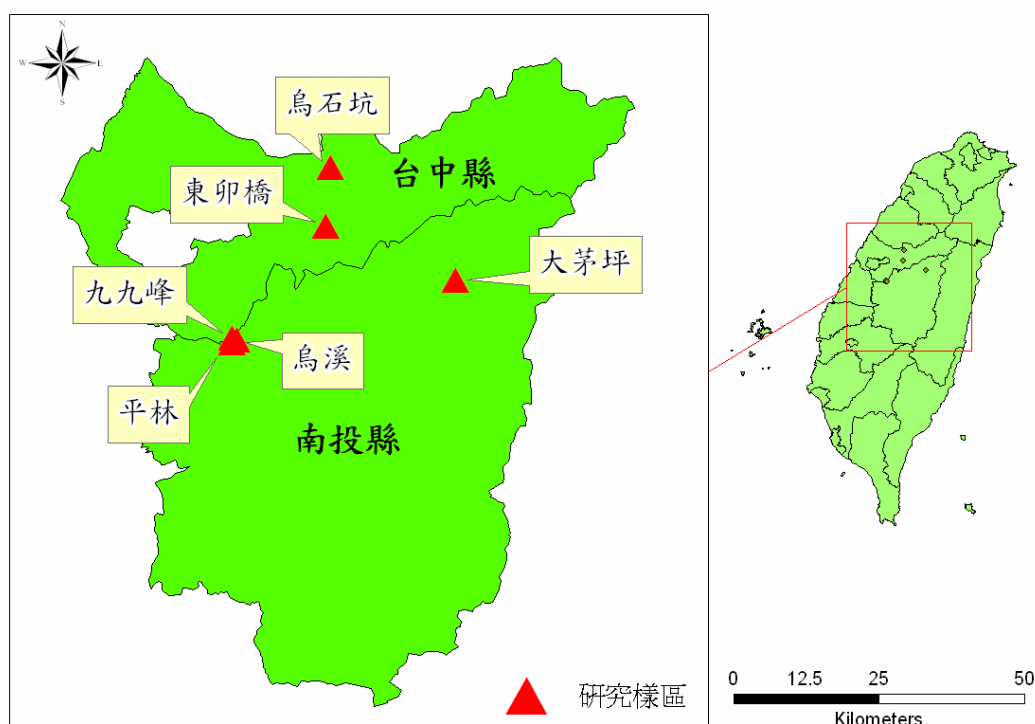


圖 1. 崩塌地各研究區位置圖

二、材料與方法

(一)選定研究區及踏勘

九二一地震後臺灣中部地區大小崩塌地不計其數，選擇其中易於到達與觀察之地點，唯後復因再次的崩塌破壞及人為的干擾，最後定案之研究區共 6 個。經確定研究範圍後，隨即進行區域內之踏勘，瞭解區內環境狀況及概略植群類型，以決定樣區設置地點及數目。

(二)資料蒐集及基本環境調查

針對各調查研究區內有關之基本環境資料進行蒐集整理，包括地理位

置、範圍、氣候與地形圖等資料，以對研究區之環境概況有初步瞭解，此外對前人的研究文獻，亦加以蒐集、整理。

(三)環境因子之觀測與評估

植物之生長常受環境因子所影響，其間具有複雜的反應關係。因此，植物更新的研究，亦針對環境因子加以探討。理論上，應以環境因子的整體效應，來評估植物的生育與分布，但環境因子彼此之間，亦具有複雜的交互作用及補償作用，因此不容易直接評估，為便於研究，因此常將此複雜的環境因素分離為若干單一因子，以利於觀測，而後再進行相關分析與探討。為了解環境因子與更新植群之關係，乃對 5 項環境因子進行調查及評估，其方法分述如下：

1. 海拔高(Altitude)

此係一間接影響因子，可作為局部氣溫的評估值。一般而言，當海拔上升 100m，溫度約下降 $0.5^{\circ}\text{C}\sim 0.6^{\circ}\text{C}$ 。本研究以 GPS 直接於樣區中心位置量測記錄，並以二萬五千分之一的地形圖比對校正。

2. 坡度(Slope)

坡度及坡面的仰角度，影響土壤的發育與堆積，亦左右土壤水分的含量與移動，同時亦控制太陽入射角，而影響太陽輻射強度與局部氣候。測量方法以羅盤儀直接測出樣區的平均坡度。

3. 全天光空域(Whole light sky)

太陽輻射為控制生育地大氣候的主要因子，當研究區涵蓋緯度差異不大時，生育地的輻射量變化，可用附近地形、地物的遮蔽率作為長期累積效應的評估。全天光空域是指樣區能接受到太陽輻射的空域大小，為綜合方位、坡度、地形遮蔽度及太陽輻射能的估計值，在調查時則量測各方位的稜線高度角，然後再以製圖的方式，求出未受遮蔽空域之面積，除以整個圓之面積，所得之百分率作為全天光空域(圖 2)。

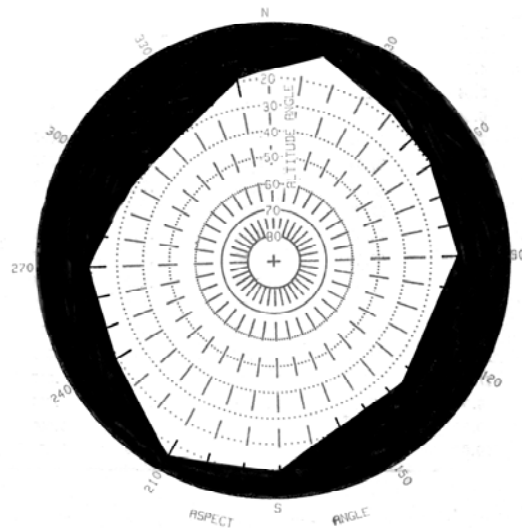


圖 2. 樣區之全天光空域(夏禹九、王文賢，1985)

4. 直射光空域(Direct light sky)

直射光空域係樣區中直接看到太陽在天空中運行的空域大小，其大小相當於太陽夏至與冬至軌跡的範圍(圖 3)，再扣除直射光被稜線所遮蔽的部分，可由天文計算求得(夏禹九、王文賢，1985)。以此二線中未受遮蔽之空域面積除以二線所夾之總面積，所得之百分率為樣區之 DLS 值。本研究使用羅盤儀直接於樣區中心量測附近山脊所在處之 12 個方位角及高低角，並以製圖方式求出未受屏蔽之天空範圍大小。

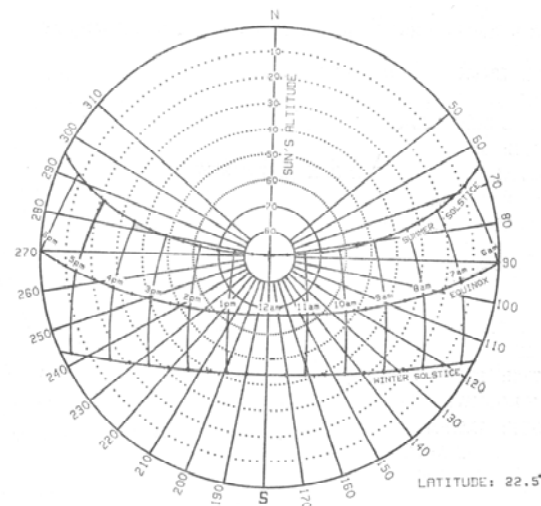


圖 3. 北緯 22.5° 太陽在天空中之軌跡(夏禹九、王文賢，1985)，扣除被稜線所遮蔽的部分即為直射光空域

5. 方位與水分梯度級(Moisture gradient class)

方位係指樣區坡度所面臨的方向，亦即樣區最大的坡度所面臨的方向。方位角度值對於植物生長並無直接效應，又不同方位實導致日照、氣溫與溼度的差異，故欲探討其與植物之關係，須將方位角度轉化為效應的相對值。本研究將方位視為水分梯度之對應值，通常北半球而言，西南向最乾燥，東北向最陰濕，故給予 1(最乾)至 16(最濕)之相對值(圖 4)(Day & Monk, 1974)。

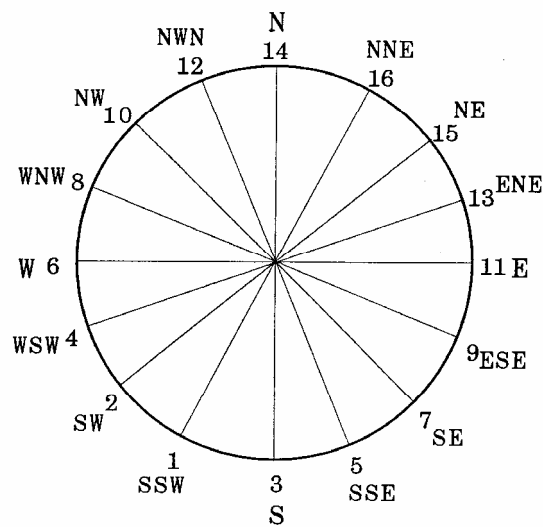


圖 4. 以方位表示之水分梯度級(Day & Monk, 1974)

(四)植群調查

於各研究區域之崩塌範圍內，設置固定樣區，自 2001 年 9 月起，原則上每 3 個月進行一次調查。本研究採用多樣區法(multiple-plot method)之集落樣區法(contagious quadrat method) ，於每個研究區域設置由 10 個(自 2002 年 10 月後增設為 20 個)2m × 2m 連結小區組成之樣區。樣區之設置主要考慮使其足以代表該研究區域。調查時，植群資料登錄植物之種類及覆蓋面積。

(五)植群資料之統計分析

首先對野外調查原始資料之植物種類進行編碼，於文書處理軟體中輸入樣區植物種類、代碼及各株之覆蓋度，計算各種植物在各樣區中之頻度

及優勢度，再轉換成相對值。樣區之植物社會介量以重要值指數 (important value index, IVI) 表示，下層植物社會之重要值即相對頻度和相對優勢度之總和，其意義代表某植物在樣區中所佔有之重要性。有關各計算公式如下：

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

$$\text{優勢度(dominance)} = \frac{\text{某種植物覆蓋面積總和}}{\text{所調查之總樣區數}}$$

$$\text{相對頻度(relative frequency)\%} = \frac{\text{某種植物之頻度}}{\text{所有植物頻度之總和}} \times 100\%$$

$$\text{相對優勢度(relative dominance)\%} = \frac{\text{某種植物之優勢度}}{\text{所有植物優勢度之總和}} \times 100\%$$

$$\text{重要值指數} = \text{相對頻度} + \text{相對優勢度} = 200$$

(六)物種歧異度分析

本研究使用 3 種生態歧異度指數計算植群種類之歧異度，因地被植物為複雜之構件生物(Modular organism)，難以計算其株數，故將株數改為覆蓋面積進行計算分析：

1. 新浦森歧異度指數(Simpson's index of diversity)

$$C = \sum(n_i / N)^2 = \sum(P_i)^2$$

$$Dsi = 1 - C$$

式中：

C: 為植物社會的優勢度

n_i : 為第*i*種植物的覆蓋面積總和

N: 為植物社會中所有植物種類覆蓋面積總和

P_i : n_i / N ，即在某林分覆蓋中，為第*i*種植物覆蓋的機率

Dsi: 為植物社會的 Simpson 氏歧異度指數

2. 夏農歧異度指數(Shannon's index of diversity)

$$Dsh = -\sum(n_i / N) \times \log(n_i / N) = -\sum Pi \times \log Pi$$

式中:

Dsh: 為植物社會的 Shannon 氏歧異度指數

3. 均勻度指數(Evenness index)

$$E = Dsh / \log S$$

式中:

E: 為植物社會的均勻度指數

(七)土壤種子庫調查

2002 年 10 月底於各研究區採集土壤，土壤採集方法為，於植群調查樣區外側邊緣隨機選擇 3 點，挖取深 10cm 之適量土壤，迅速置入封口袋中，編號後攜回。

採回之土壤樣本，依 6 個研究區及各 3 個採集點的不同，分別取 1,000ml 備用。另外準備 18 個塑膠發芽盤，盤中預先放置適量之介質(蛭石和泥炭土)，將土樣平均平鋪於其上，厚度約 2cm。

所有放置土壤之發芽盤，均放置於陽光充足且每日自動噴水之玻璃溫室當中，每星期記錄各土樣中發芽之植物種類，可以辨別者記錄後予以移除，無法辨別者則以木籤標示直到可以辨別，自 2002 年 11 月 12 日記錄至 2003 年 3 月 26 日，共歷時 4 個半月。

(八)喬木小苗調查

於各研究區植群調查樣區中，選擇 5 個小區為苗木調查樣區，調查各樣區中所出現的喬木小苗種類及數量，藤本及草本種類小苗不予調查。每株小苗以塑膠牌編號，並以魔帶綁繫以標示其位置。

為明瞭樣區中小苗之存活動態，自 2002 年 1 月起，每 3 個月調查各樣區中各類種苗之存活、死亡及新增情形，另外記錄存活及新增小苗之苗高及地徑，以了解喬木小苗之生長狀況。

肆、結果與討論

一、環境因子分析

森林生態系中，生物及環境資源，藉由物質循環及能量流動進行交互作用。生育地受氣候、土地、位置及生物等因子之交互作用下，在某一局部空間或環境，及在某一時期提供某一類植物生存。本研究針對 6 個研究區之 5 項環境因子調查資料(表 1)以 SPSS 10.0 套裝軟體之 Pearson 相關進行統計分析，並檢測各項因子間之相關性，以了解研究區內環境概況，並試圖解釋生育地因子間之交互關係，其結果如表 2。

表 1. 崩塌地各研究區之環境因子

環境因子	烏石坑	大茅坪	東卯橋	平林	九九峰	烏溪
海拔(m)	983	814	607	494	536	381
坡度(°)	28	49	16	0	0	33
全天光(%)	51.77	72.00	45.52	85.31	85.22	25.73
直射光(%)	47.11	84.57	62.54	93.05	90.69	37.69
坡向(°)	9	72	339	稜線	稜線	290
水分梯度級	14	13	12	1	1	8

坪林及九九峰位於稜線，故其水分指數皆以 1 計之

表 2. 崩塌地各研究區環境因子間之相關分析

	海拔	坡度	全天光 空域	直射光 空域	水分 梯度級
海拔(m)					
坡度(°)	0.443				
全天光空域(%)	0.087	-0.483			
直射光空域(%)	-0.075	-0.434	0.948**		
水分梯度級	0.691	0.795	-0.568	-0.561	

**：雙尾檢定顯著水準小於 0.01

各研究區海拔分布 381m ~ 983m，平均坡度為 $21^{\circ} \pm 17.72^{\circ}$ ，水分梯度級平均為 8.17 ± 5.4 ，全天光空域(%)平均為 60.93 ± 21.86 ，直射光空域(%)平均為 69.28 ± 21.57 。各研究區中全天光空域與直射光空域成正相關，因為兩者量測各方位的稜線高度角；其餘各項環境因子間皆無相關。

二、植物名錄及種數變化

(一)植物清單調查

自 2001 年 9 月迄 2003 年 6 月止，對所有研究樣區植物種類進行辨識之結果，共記錄到 50 科 99 屬 116 種維管束植物(表 3)，其中包括 7 科 9 屬 10 種蕨類植物，1 科 1 屬 1 種裸子植物，35 科 68 屬 79 種雙子葉植物及 8 科 24 屬 26 種單子葉植物。其中楓香(*Liquidambar formosana*)、烏心石(*Michelia formosana*)及欒(*Zelkova serrata*)為人工栽植，且其覆蓋度極小，故以下各項目中不列入討論。所有植物名錄詳列於附錄一，所使用之學名主要依據 Flora of Taiwan(第二版)。

表 3. 各崩塌地植物各分類群統計

類 別	科	屬	種(含以下分類群)
蕨類植物	7	9	10
裸子植物	1	1	1
雙子葉植物	35	68	79
單子葉植物	8	24	26
總 計	51	102	116

1. 烏石坑

於烏石坑研究區共記錄到 41 種植物(表 4-1)，其中有 3 種蕨類植物、26 種雙子葉植物及 12 種單子葉植物，其中較具優勢之植物有火炭母草(*Polygonum chinense*)、有骨消(*Sambucus formosana*)、山黃麻(*Trema orientalis*)及棕葉狗尾草(*Setaria palmifolia*)。

表 4-1. 烏石坑植物各分類群統計

類 別	科	屬	種(含以下分類群)	百分比(%)
蕨類植物	3	3	3	7.32
裸子植物	0	0	0	0.00
雙子葉植物	13	22	26	63.41
單子葉植物	7	11	12	29.27
總 計	23	36	41	100.00

2. 大茅坪

於大茅坪研究區共記錄到 35 種植物(表 4-2)，其中有 5 種蕨類植物、24 種雙子葉植物及 6 種單子葉植物，其中較具優勢之植物有鵝仔草(*Lactuca indica*)、山黃麻、葛藤(*Pueraria lobata*)、加拿大蓬(*Erigeron canadensis*)、揚波(*Buddleia asiatica*)、五節芒(*Miscanthus floridulus*)及百喜草(*Paspalum notatum*)。

表 4-2. 大茅坪植物各分類群統計

類 別	科	屬	種(含以下分類群)	百分比(%)
蕨類植物	4	5	5	14.29
裸子植物	0	0	0	0.00
雙子葉植物	17	23	24	68.57
單子葉植物	2	6	6	17.14
總 計	23	34	35	100.00

3. 東卯橋

於東卯橋研究區共記錄到 45 種植物(表 4-3)，其中有 2 種蕨類植物、34 種雙子葉植物及 9 種單子葉植物，其中較具優勢之植物有山黃麻、葛藤及五節芒。

表 4-3. 東卯橋植物各分類群統計

類 別	科	屬	種(含以下分類群)	百分比(%)
蕨類植物	2	2	2	4.44
裸子植物	0	0	0	0.00
雙子葉植物	16	31	34	75.56
單子葉植物	4	9	9	20.00
總 計	22	42	45	100.00

4. 平林

於平林研究區共記錄到 33 種植物(表 4-4)，其中有 25 種雙子葉植物及 8 種單子葉植物，其中較具優勢之植物有山黃麻、牧地狼尾草(*Pennisetum setosum*)及紅毛草(*Rhynchelytrum repens*)。

表 4-4. 平林植物各分類群統計

類 別	科	屬	種(含以下分類群)	百分比(%)
蕨類植物	0	0	0	0.00
裸子植物	0	0	0	0.00
雙子葉植物	14	24	25	75.76
單子葉植物	3	8	8	24.24
總 計	17	32	33	100.00

5. 九九峰

於九九峰研究區共記錄到 37 種植物(表 4-5)，其中有 2 種蕨類植物、1 種裸子植物、24 種雙子葉植物及 10 種單子葉植物，其中較具優勢之植物有牧地狼尾草、紅毛草及老荊藤(*Millettia reticulata*)。

表 4-5. 九九峰植物各分類群統計

類 別	科	屬	種(含以下分類群)	百分比(%)
蕨類植物	2	2	2	5.41
裸子植物	1	1	1	2.70
雙子葉植物	15	23	24	64.86
單子葉植物	5	10	10	27.03
總 計	23	36	37	100.00

6. 烏溪

於烏溪研究區共記錄到 21 種植物(表 4-6)，其中有 1 種蕨類植物、15 種雙子葉植物及 5 種單子葉植物，其中較具優勢之植物有小花蔓澤蘭(*Mikania micrantha*)及藤竹草(*Panicum incomtum*)。

表 4-6. 烏溪植物各分類群統計

類 別	科	屬	種(含以下分類群)	百分比(%)
蕨類植物	1	1	1	4.76
裸子植物	0	0	0	0.00
雙子葉植物	9	13	15	71.43
單子葉植物	2	5	5	23.81
總 計	12	19	21	100.00

另統計各研究區與全臺灣各類維管束植物種數(表 5)，其中裸子植物、雙子葉及單子葉植物所佔總種數百分比，均接近於全臺灣各類維管束植物之種數百分比，僅蕨類植物(8.85%)明顯低於全台該類植物之比(14.18%)，推測原因見五、生活型及蕨類商數部分。

表 5. 崩塌地與全臺灣各類維管束植物種數統計表

類別	崩塌地		臺灣地區	
	種數	百分比(%)	種數	百分比(%)
蕨類植物	10	8.85	570	14.18
裸子植物	1	0.88	28	0.70
雙子葉植物	76	67.26	2,334	58.09
單子葉植物	26	23.01	1,086	27.03
總計	113	100.00	4,018	100.00

而統計各研究區維管束植物中數量較多的科群(表 6),其中屬世界性廣泛分布種之菊科(Compositae)及禾本科(Gramineae)植物,其種子結實量多與散佈能力俱佳,為大面積孔隙中常見藉風力傳播或授粉之種類,且通常生態幅度廣且耐受性高,研究區中所含的種類最多,菊科為 12 屬 13 種,禾本科為 12 屬 12 種。其他種類較多之科群,尚有蕁麻科(Urticaceae)、大戟科(Euphorbiaceae)及豆科(Fabaceae)等。

表 6. 各崩塌研究區維管束植物出現較多之 12 科統計表

科(Family)	種(Species)		
	小計	佔全區種數 百分率(%)	累加百分率(%)
菊科(Compositae)	13	11.40	11.40
禾本科(Gramineae)	13	11.40	22.80
蕁麻科(Urticaceae)	7	6.14	28.94
大戟科(Euphorbiaceae)	5	4.39	33.33
豆科(Fabaceae)	5	4.39	37.72
芸香科(Rutaceae)	4	3.51	41.23
鳳尾蕨科(Pteridaceae)	3	2.63	43.86
瓜科(Cucurbitaceae)	3	2.63	46.49
錦葵科(Malvaceae)	3	2.63	49.12
茄科(Solanaceae)	3	2.63	51.75
莎草科(Cyperaceae)	3	2.63	54.38
薑科(Zingiberaceae)	3	2.63	57.01

(二)植物種數變化

演替為有方向性之生物社會發育現象，自植物之發展言之，隨演替之進行，植物社會之種類歧異度，漸有增加，體型有增大之趨勢，社會之構造(層次)亦趨於複雜。此種趨勢在森林之演替至為明顯，故 Phillips(1934)謂所有演替均有進化之性質。此種由簡單變為複雜之演替，特稱為進化演替(Progressive succession)。一般演替均屬此種性質，如果演替之方向反其道而行，則為干擾之結果，應視為生育地之退化(Site degradation)現象，如由於生育地之退化，植物種類減少，構造趨於簡單，此種變化特稱為退化演替(Regrassive or retrogressive succession)。

圖 5 針對各研究區植物種數隨調查日期之變化做一統計整理。根據統計迴歸之結果，僅大茅坪研究區之植物種數有逐漸減少之趨勢，而東卯橋研究區植物種數有緩慢增加之趨勢，其餘研究區之植物種數均有明顯的增加。

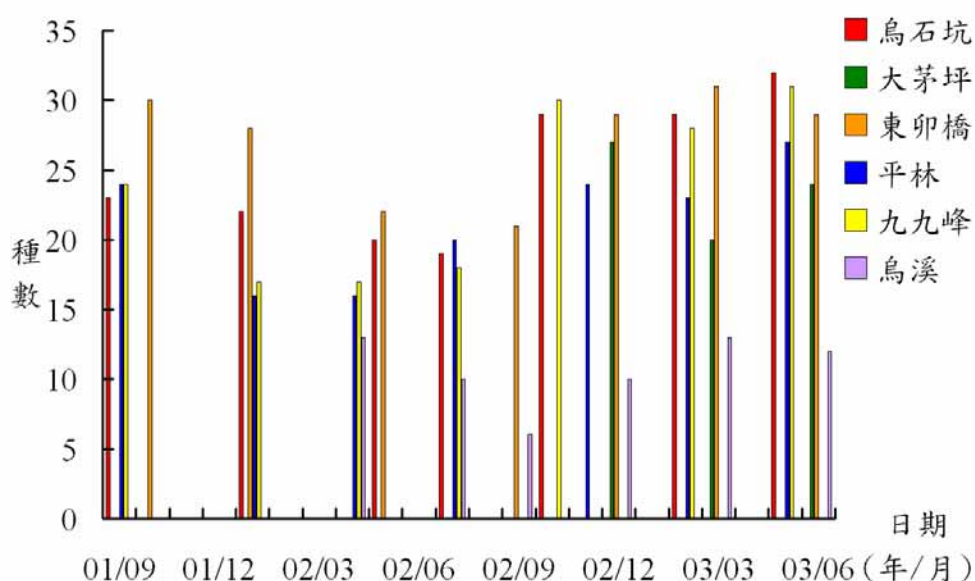


圖 5. 各崩塌地研究區植物種數隨調查日期之變化

三、植物重要值之變化

計算各研究區植物之重要值，代表該植物於樣區中容易發現程度及覆蓋程度，各樣區之重要值詳列於附錄二。重要值之變化可以顯示該植物於研究區中之消長情形，圖 6-1～圖 6-6 中顯示各研究區重要值較高之前幾名

植物的重要值變化情形。

烏石坑研究區之優勢植物以藤本為主，各種植物之重要值均變動不大，僅有臺灣何首烏呈現下降的趨勢，以各研究區調查結果顯示，通常臺灣何首烏於火炭母草逐漸增加後，由於兩者之生態地位接近，常常因此而有重要值逐漸下降之趨勢。

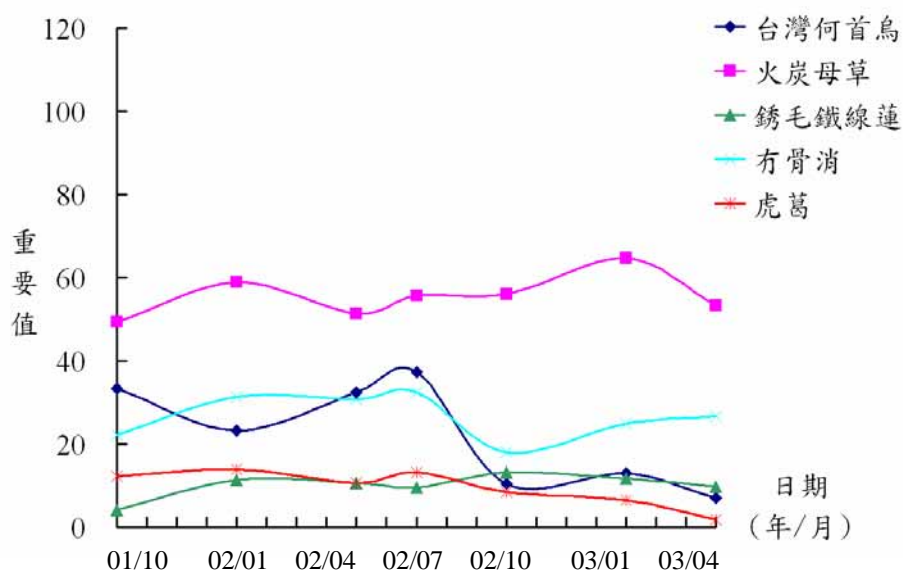


圖 6-1. 烏石坑植物重要值變化

大茅坪植物之重要值由於調查次數較少，難以看出其變化趨勢，圖 4-2 顯示百喜草及五節芒的波動幅度較大，應亦為二者生態地位重疊之故。

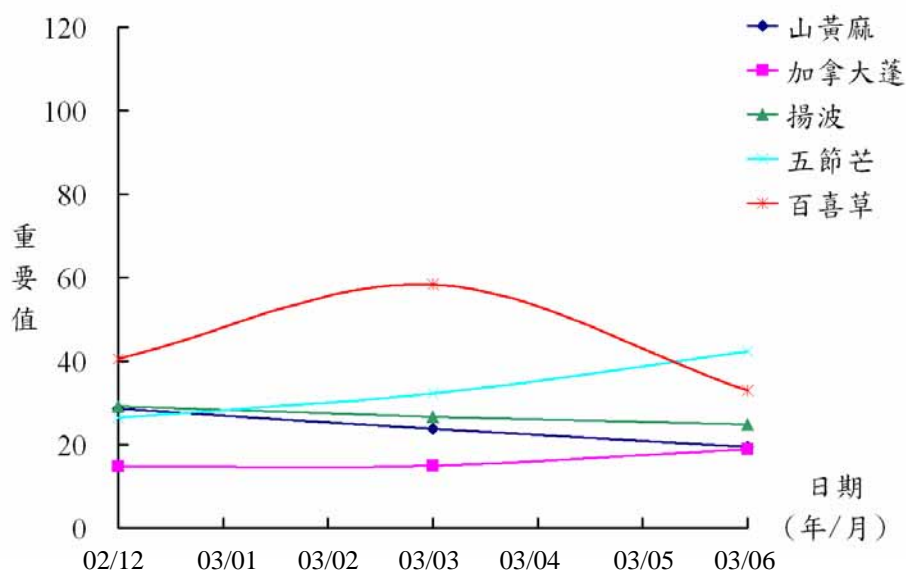


圖 6-2. 大茅坪植物重要值變化

東卯橋研究區優勢植物之重要值變化較大，其中藤竹草呈現巨幅的波動，而葛藤及五節芒則有明顯增加的趨勢，東卯橋植物種類較多，物種間的競爭相對也較大，造成各物種重要值之變化較為劇烈。

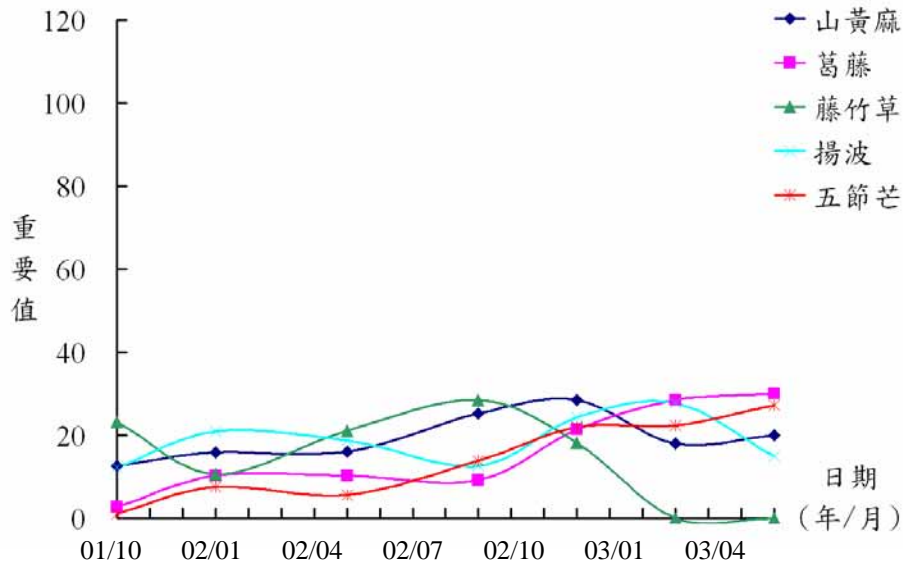


圖 6-3. 東卯橋植物重要值變化

平林研究區之優勢植物中，以牧地狼尾草之重要值呈現上下波動，而山黃麻之重要值則呈現下滑之趨勢。推測原因應為平林研究區位於稜線，上層無樹木覆蓋，且該地區雨量較少，造成某些植物無法忍受，牧地狼尾草因此於夏季時覆蓋度及密度皆下降，而調查後期陸續有新的植物增加，則是造成山黃麻重要值下降的主要原因。

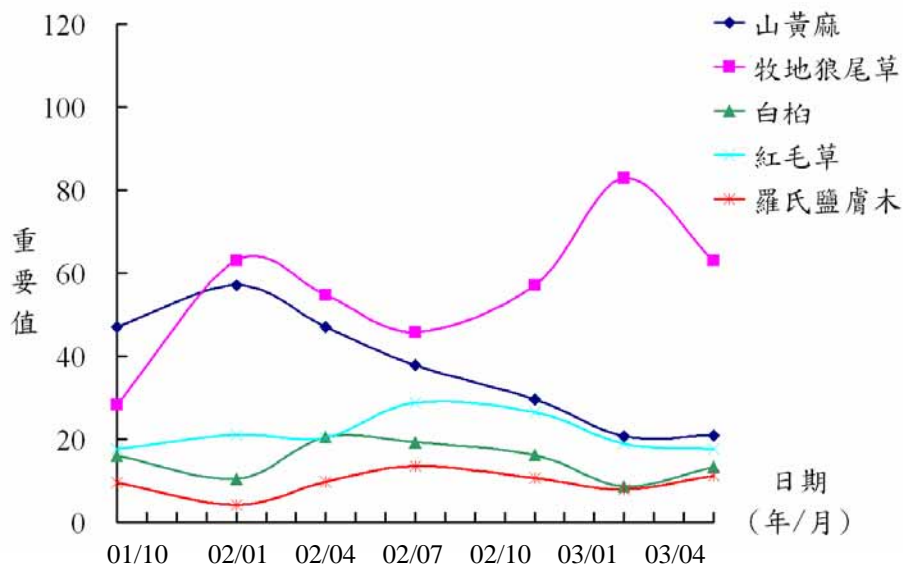


圖 6-4. 平林植物重要值變化

九九峰研究區和平林研究區同樣位於九九峰山系的稜線上，因此其微氣候環境十分類似，夏季過熱且乾燥的環境同樣也造成牧地狼尾草的重要值大幅波動，於夏季時下降，而冬季時又回復其較高之重要值。

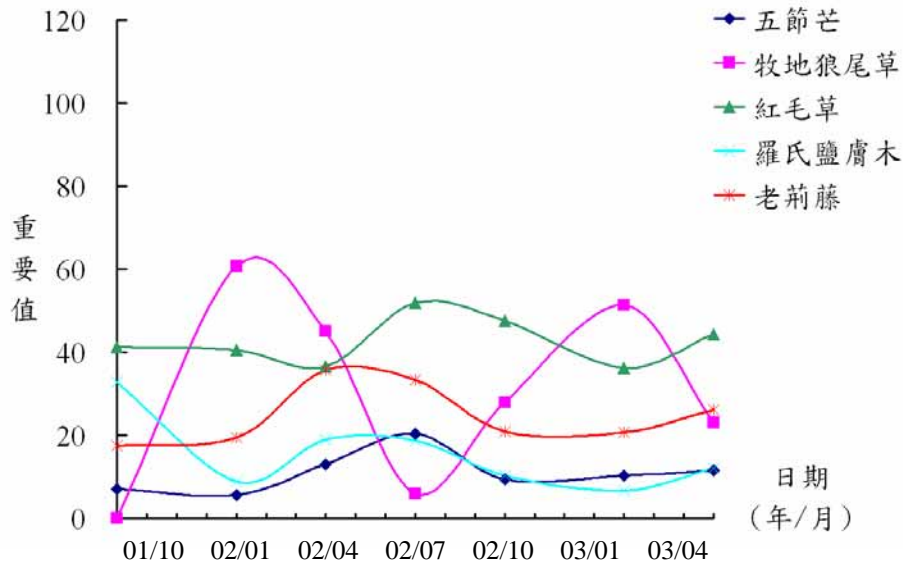


圖 6-5. 九九峰植物重要值變化

烏溪研究區之植物種類較單純，蔓澤蘭及藤竹草就佔去研究區中絕大部分的重要值，因此兩者其中之一的消長牽動著另一種的重要值變化，因此在 2002 年夏季時，為蔓澤蘭重要值之低點，而為藤竹草重要值之高點，而秋季後藤竹草重要值逐漸下降，也造成蔓澤蘭重要值的上升。

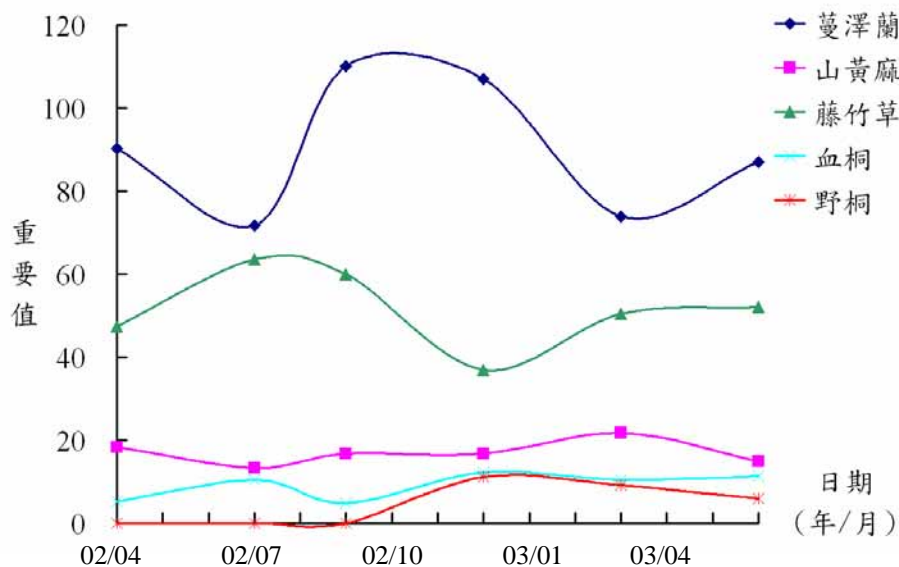


圖 6-6. 烏溪植物重要值變化

四、植物之種間歧異度

在生態系不同群落中，組成之生物具有生態歧異性，並各具有其生態地位(Ecological niche)，即使在同一生態地位中，亦由許多不同之分類群(Taxa)的生物所組成。換言之，在自然生態系統中，物種常具有許多變異；而物種之變異現象稱為生物群落之物種歧異度(Species diversity)。生物社會之物種組成(Species composition)，以優勢種之種數只佔少數，而從屬種及稀有種之種數佔多數之比例。優勢種控制社會大部分能量及資源，從屬種及稀有種之種數則控制社會之歧異度(劉崇瑞、蘇鴻傑，1983)。因此，一植物社會歧異度主要取決於從屬種及稀有種種類多寡與否。

就生態系的觀點而言，生物社會之歧異度，可顯示反饋系統(Feedback system)之作用程度。歧異度高，表示食物鏈較長，生物容易發生共生(Symbiosis)現象，負反饋作用也較明顯，因而增加社會之安定性。在穩定生態系中，歧異度大，反之，發育中之生態系則歧異度較小(劉崇瑞、蘇鴻傑，1983)。在一個森林生態系中，種類歧異度在森林發育的早期較低，晚期亦趨降低，主要是受到植物因具有相同生態地位而相互競爭所致。在演替中期，因演替初期的樹種尚未完全受到競爭淘汰而消退，同時亦因演替後期的物種出現，所以種類歧異度到達最大。Mutch(1970)亦指出，當森林生態系遭到適當的干擾時，可促使種類豐富度達到最高。

從本研究物種歧異度資料發現，各研究區之新浦森指數值介於 0.57～0.93，夏農指數介於 0.42～1.2，均勻度指數介於 0.58～0.91，各研究區之歧異度變化均呈上升之趨勢(圖 7-1～圖 7-6)。

烏石坑之夏農歧異度指數自 2001 年 9 月之 0.865 至 2003 年 5 月之 0.8867，呈現較大幅度之上升趨勢，而新浦森指數由 0.865 至 0.8827、均勻度指數由 0.7633 至 0.7788，均呈現小幅上升的趨勢。

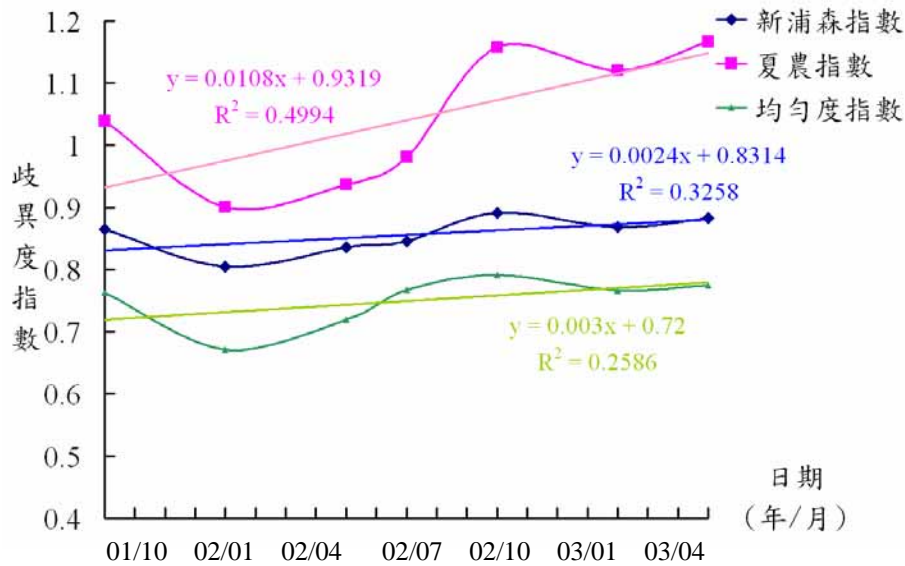


圖 7-1. 烏石坑研究區物種歧異度指數隨調查日期之變化

大茅坪之新浦森指數自 2002 年 12 月之 0.8377 至 2003 年 6 月之 0.8624、夏農歧異度指數自 0.9509 至之 0.97、均勻度指數由 0.672 至 0.7123。由於本研究區只進行 3 次調查，故較無法呈現歧異度之變化趨勢。

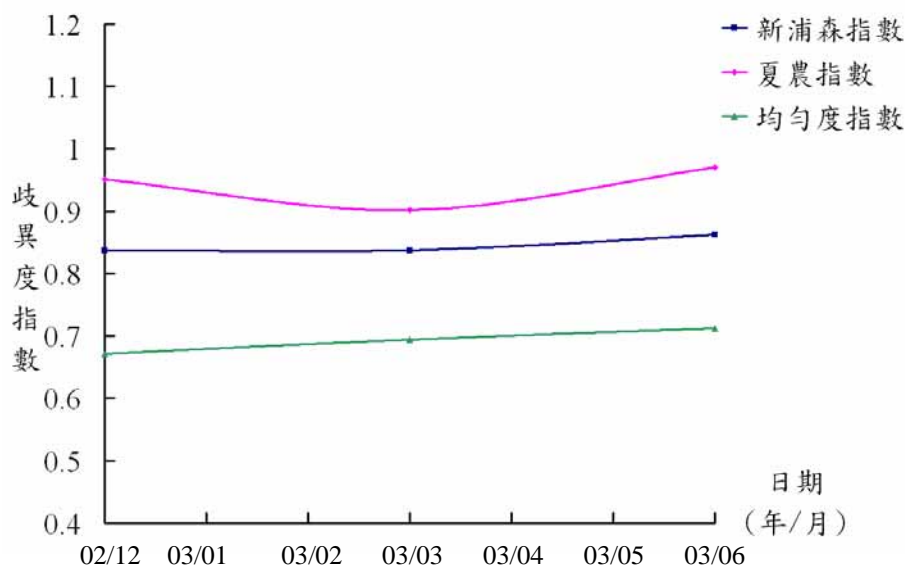


圖 7-2. 大茅坪研究區物種歧異度指數隨調查日期之變化

東卯橋之新浦森指數自 2001 年 10 月之 0.9037 至 2003 年 6 月之 0.918、夏農歧異度指數自 1.1683 至之 1.1962、均勻度指數由 0.7909 至 0.8357，3 種歧異度指數大致維持一定，變化不明顯。

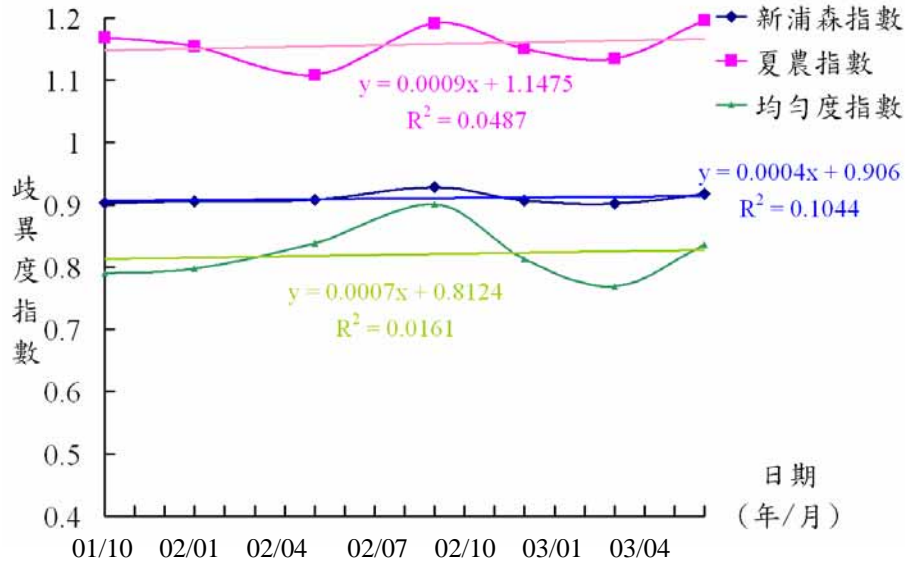


圖 7-3. 東卯橋研究區物種歧異度指數隨調查日期之變化

平林之新浦森指數自 2001 年 9 月之 0.8903 至 2003 年 5 月之 0.8408、夏農歧異度指數自 1.1056 至之 1.0208、均勻度指數由 0.801 至 0.7396，此 3 種歧異度指數大致維持一定，變化不明顯。

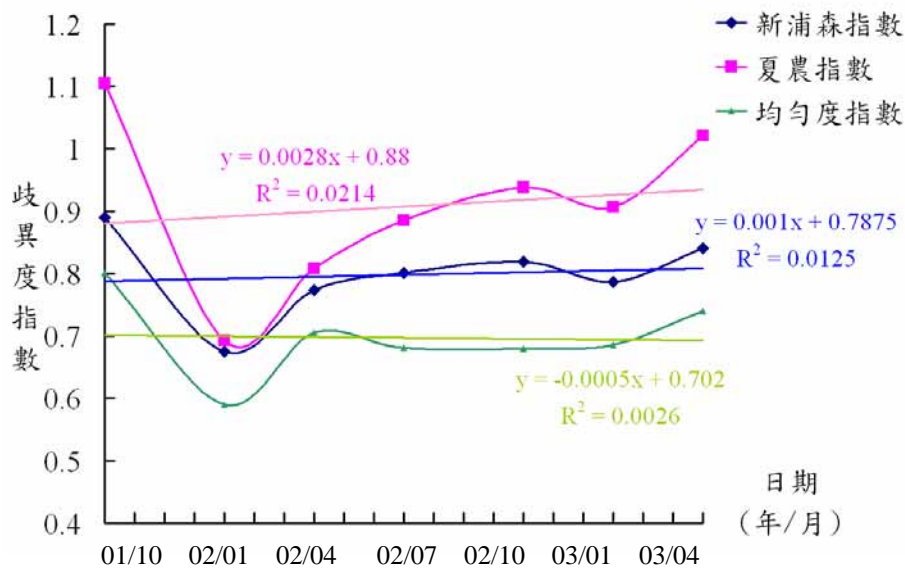


圖 7-4. 平林研究區物種歧異度指數隨調查日期之變化

九九峰之新浦森指數自 2001 年 9 月之 0.8695 至 2003 年 5 月 0.8989、夏農歧異度指數自 1.0606 至之 1.1473、均勻度指數由 0.7685 至 0.7928，3 種歧異度指數均呈現較明顯之上升趨勢。

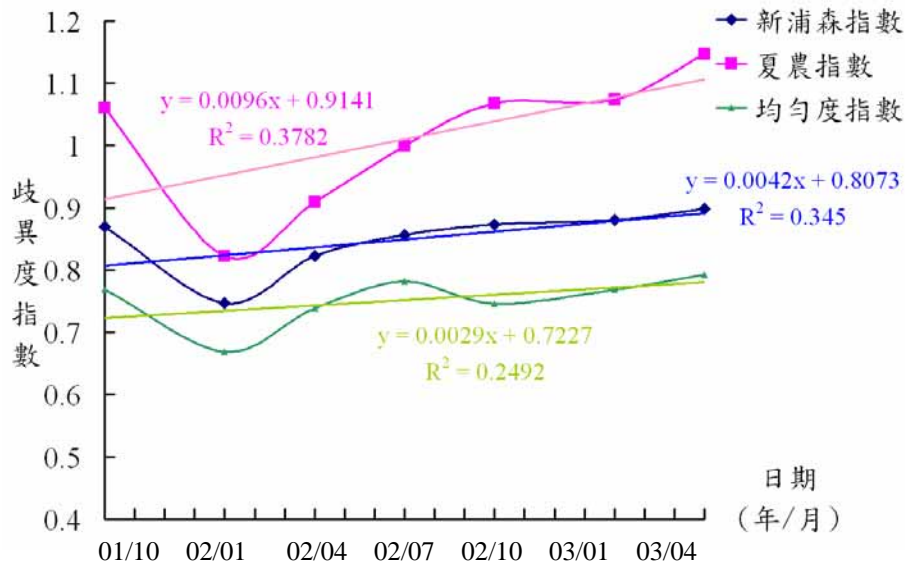


圖 7-5. 九九峰研究區物種歧異度指數隨調查日期之變化

烏溪之新浦森指數自 2002 年 4 月之 0.6946 至 2003 年 6 月 0.7305、夏農歧異度指數自 0.6888 至之 0.7313、均勻度指數由 0.601 至 0.6777，3 種歧異度指數亦呈現較明顯之上升趨勢。

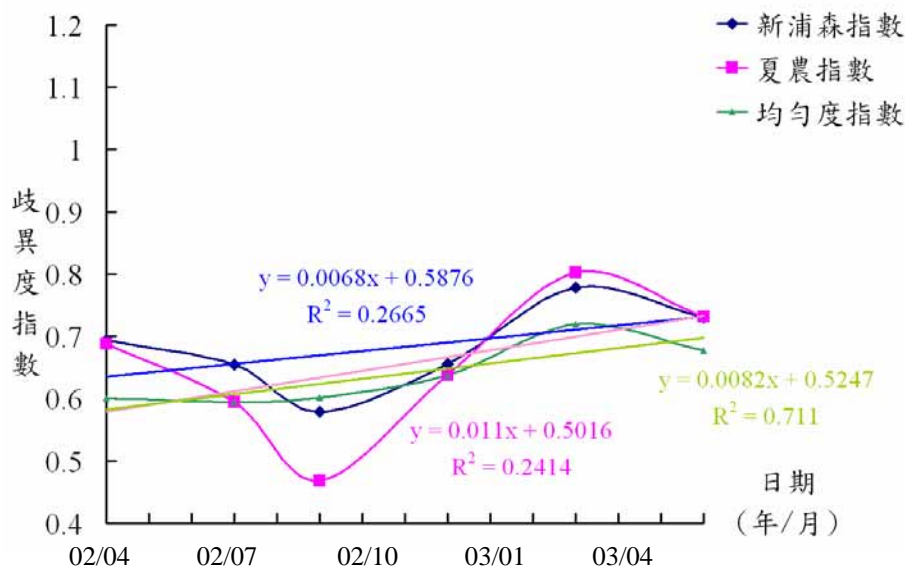


圖 7-6. 烏溪研究區物種歧異度指數隨調查日期之變化

五、生活型與蕨類商數

(一)植物生活型之統計

地區性出現的植物種類，可視為環境長期綜合作用下的結果。因此，

一地區所出現之植物亦常可反應各種氣候所具有之特殊習性，即植物之生活型。生活型主要是根據植物對不良環境之抵抗力及適應性來分類，而以生存芽或極端之受保護程度為重點。Rannukiaer(1934)提出以生存芽受保護程度，來決定對不良環境之適應性；故芽之高低(即距土壤之高度)及保護器官(鱗片或芽苞)，成為生活型之主要決定因素。雖然 Rannukiaer 之生活型分類過分強調生活型與氣候之關係，忽略土壤或歷史(冰河期)之影響，但目前仍常應用於一般之生態調查統計家以顯示當地之氣候環境，或印證植物與氣候之相關性(劉崇瑞、蘇鴻傑，1983)。本研究仿其做法，將區內所記錄之植物做下列區分：

1. 地上植物(Phanerophytes)：度過不良環境之生存芽，高挺入空中，位於多年生且有背地性之莖或枝條頂端。在熱帶植物中，以此型所佔比例最高。
2. 地表植物(Chamaephytes, Cham.)：生存芽位於離地面甚近之枝上(通常不超過 25cm)，可受冬雪或植物遺體枝葉層之保護。一般小灌木或亞灌木屬之。
3. 半地中植物(Hemicryptophytes, Hemi.)：生存芽恰位於土表，可受冬雪、枯枝落葉與土壤之保護。大多數二年生及多年生草本均屬之，在溫帶地區植物中佔有相當高的比例。
4. 土中植物(Geophytes, Geo.)：生存芽完全埋入土中，在不良季節受到土壤保護，在不良季節之時，地上部分枯萎，而生存芽則位於土壤中之特別器官上，僅於短暫生長季中才出現於地表。如部分之球莖(Corms)、鱗莖(Bulbs)及塊莖(Tubers)植物，大多為近寒帶之草本，在具有明顯旱季之地區亦常見。
5. 一年生種子植物(Therophytes, Ther.)：無生存芽，植物在極短之生長季中完成生活週期，以種子休眠的形態度過不良季節。在沙漠或草原植物中常見此型植物。

植物生活型以種子植物(Spermatophyte)為對象，分析各研究區植物之生活型(表 7)，103 種種子植物中，以半地中植物為主，達 44 種，佔總數之 42.72%，其次為地上植物之 20.39%、地表植物之 16.50%、一年生種子植物之 12.62%及土中植物之 7.77%。

表 7. 各崩塌地植物之生活型統計

生活型	各崩塌地	烏石坑	大茅坪	東卯橋	平林	九九峰	烏溪
地上植物	21	4	5	10	11	8	6
	20.39	10.53	16.67	23.26	33.33	22.86	30.00
地表植物	17	8	4	5	2	3	2
	16.50	21.05	13.33	11.63	6.06	8.57	10.00
半地中植物	44	16	12	18	13	15	8
	42.72	42.11	40.00	41.86	39.39	42.86	40.00
土中植物	8	6	0	1	1	2	1
	7.77	15.79	0.00	2.33	3.03	5.71	5.00
一年生種子植物	13	4	9	9	6	7	3
	12.62	10.53	30.00	20.93	18.18	20.00	15.00

上排數字：各研究區各生活型種數；

下排數字：各研究區各生活型植物所佔百分比(%)。

森林植物社會有高度之層次分化(Stratification)，某些植物固定生育在某一層次(Layer)。層次之高低可顯示其對整個社會優勢度之控制程度，亦可與同層次之植物形成聯群(Unions)或同生群(Synusia)，為決定社會構造之重要因素。但若僅考慮高度因子，在實際應用時常有若干困難，故生態學者改用植物習性或生態地位之因素加以劃分。目前聯群與同生群二名詞已具有相同之意義，凡植物社會之局部從屬組成，具有相同之習性或生活型，而且佔據相同之生態地位者，即稱為聯群或同生群。不同之聯群，分別生育於不同之微生育區，且其高度、習性、外形均較類似。

森林之層次分化，可增加生態歧異度及種類歧異度，產生較大之安定性。不同植物或聯群之植物具有相輔相成之作用，然屬於同一生態地位之植物，常發生激烈之競爭，蓋因其對環境資源之利用，在時間或空間上皆相同故也。圖 8-1~圖 8-6 顯示各崩塌地研究區之各生活型植物種數比率，隨調查日期之變化。

烏石坑研究區之半地中植物於 2001 年 9 月第一次調查時，佔了全部植物種數比率超過 50%，但之後逐漸下降，於 2003 年 5 月時已與土中植物所佔比率接近，而各種生活型植物所佔比率，有逐漸集中之趨勢。

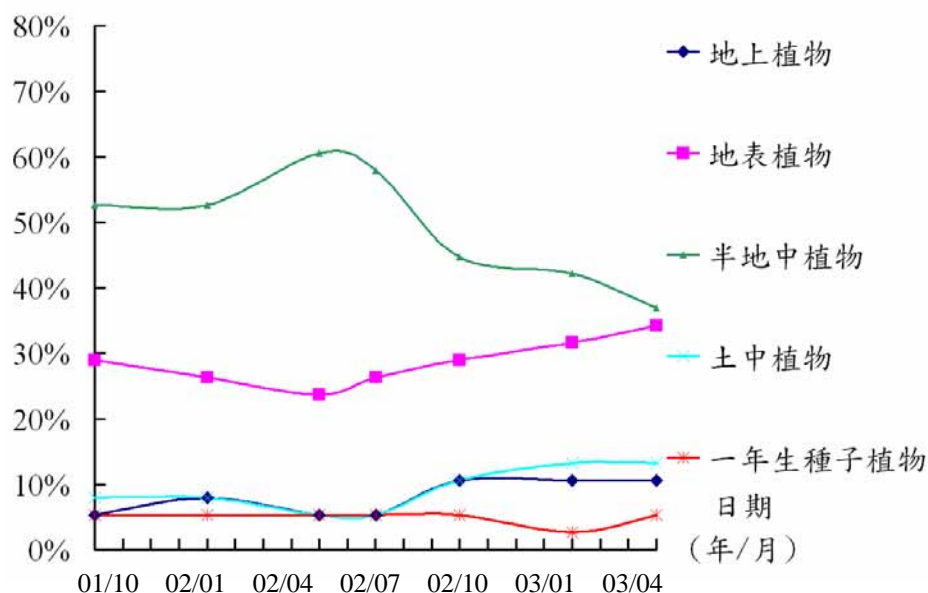


圖 8-1. 烏石坑研究區各生活型植物種數比率隨調查日期之變化

大茅坪研究區各生活型植物之比率變化不大，而各型比率差距亦稍有擴大之趨勢，不過由於調查次數較少，樣本數不足亦難以下定論。

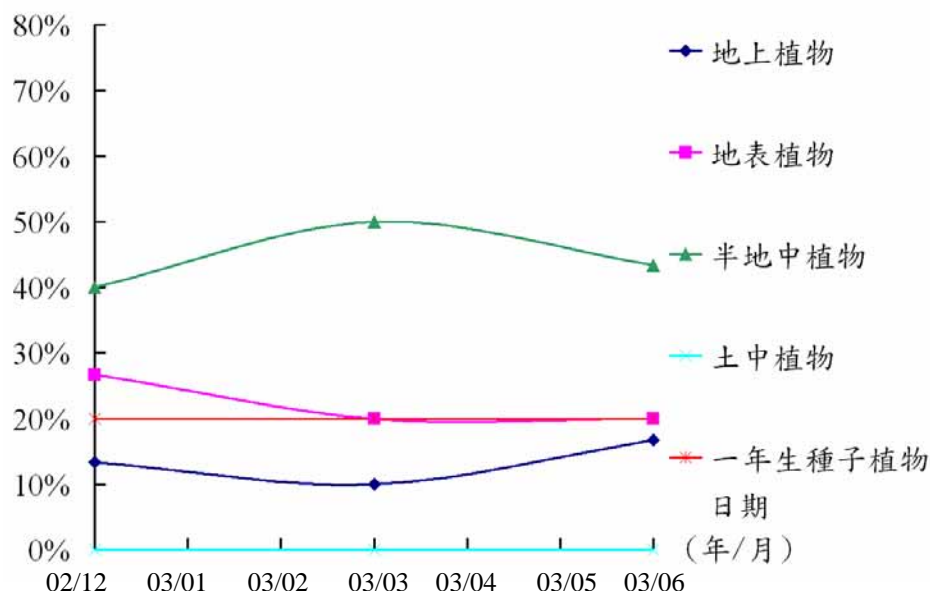


圖 8-2. 大茅坪研究區各生活型植物種數比率隨調查日期之變化

東卯橋研究區之地上植物、地表植物及土中植物比率略為上升，而半

地中植物及一年生種子植物比率則略為下降，整體變化不大，但各型比率亦有略為集中之趨勢。

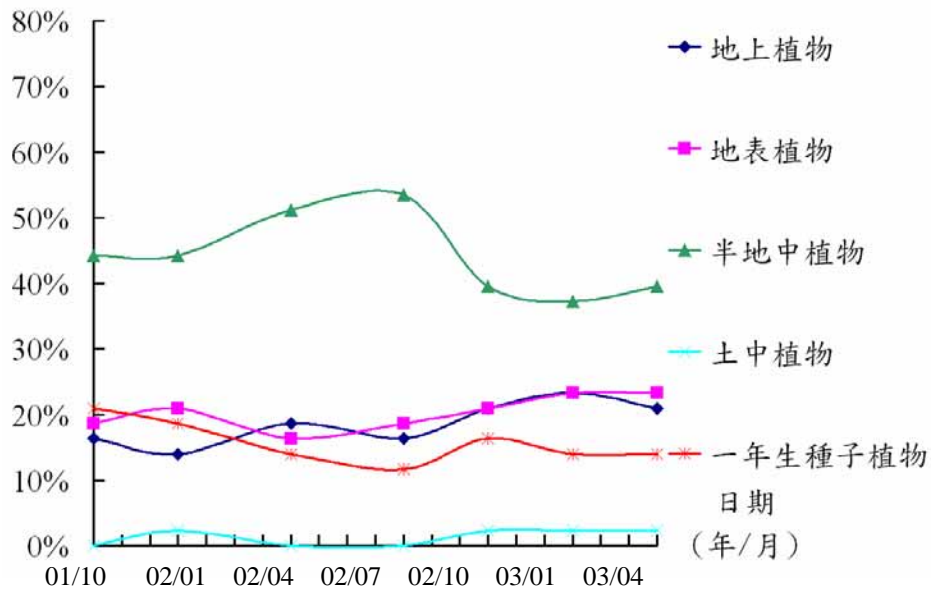


圖 8-3. 東卯橋研究區各生活型植物種數比率隨調查日期之變化

平林研究區之地上植物及半地中植物比率由 2002 年 9 月之相差 28%，至 2003 年 5 月之相差 9%，差距明顯縮小，而地表植物及一年生種子植物比率亦有增加，各型整體比率有明顯集中之趨勢。

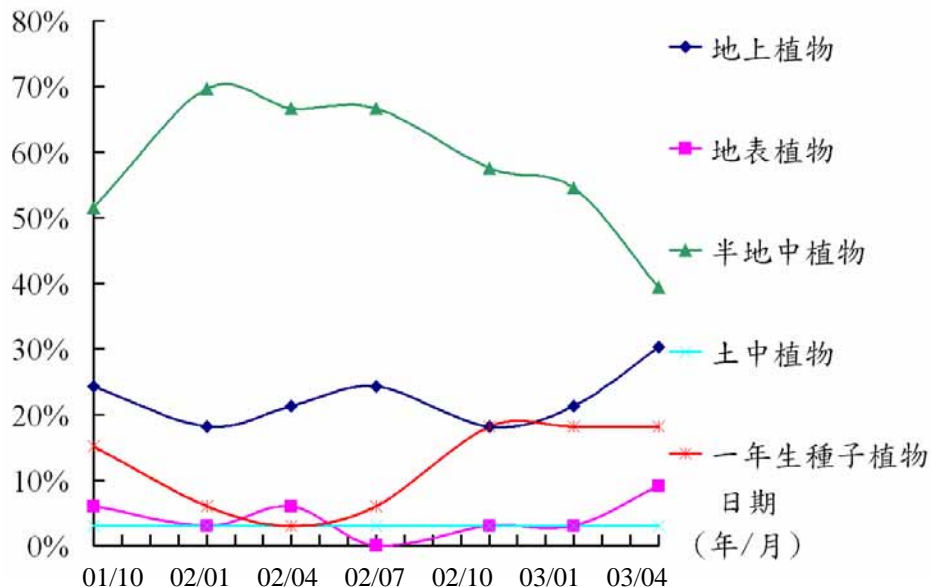


圖 8-4. 平林研究區各生活型植物種數比率隨調查日期之變化

九九峰研究區之半地中植物比率由 2002 年 1 月的 66% 下降到 2003 年

5 月的 40%，而其他各型比率亦有些微上升，各型整體比率有明顯集中之趨勢。

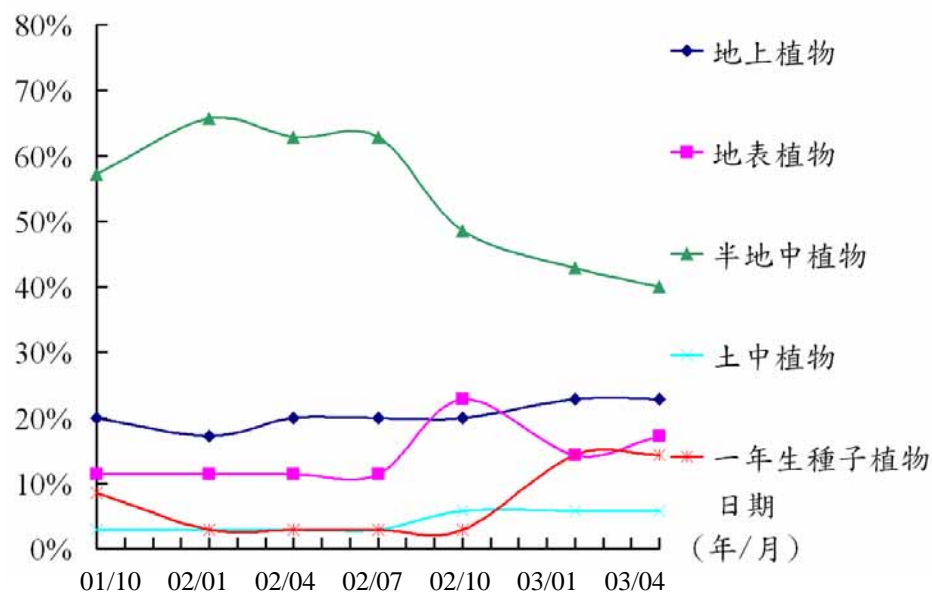


圖 8-5. 九九峰研究區各生活型植物種數比率隨調查日期之變化

烏石坑研究區之地上植物及土中植物比率略為上升，而地表植物、半地中植物及一年生種子植物比率則略為下降，各型整體比率有略為集中之趨勢。

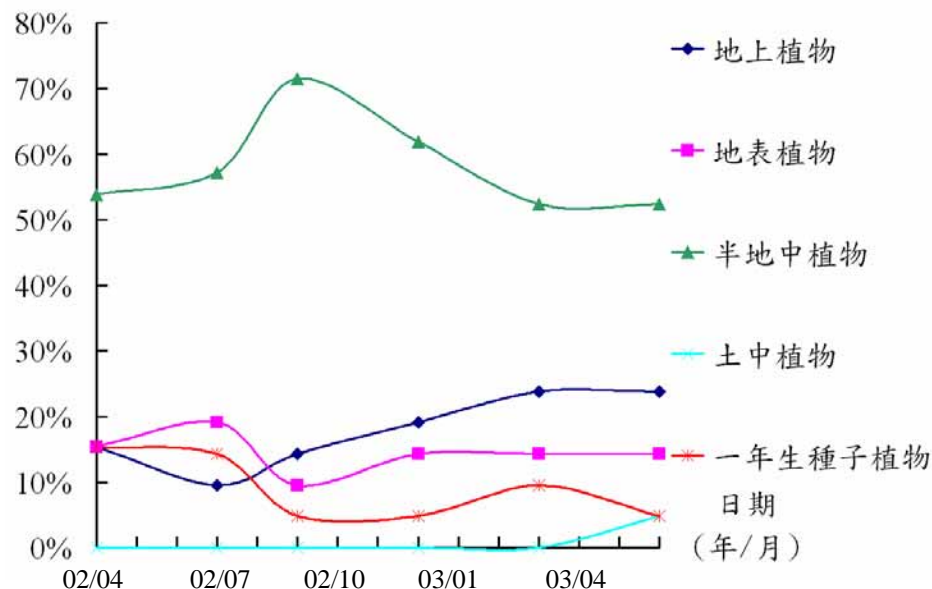


圖 8-6. 烏溪研究區各生活型植物種數比率隨調查日期之變化

(二) 蕨類商數

以上所述之生活型僅針對種子植物進行區分，對於蕨類植物，Raunkiaer(1934)則另行提出蕨類商數(Pteridophyte-Quotient, Ptp-Q)，用以說明氣候的乾濕現象與有無明顯之乾季。據氏之調查，當時全世界已知的種子植物約 14 萬種，蕨類則約有 5,600 種，全世界平均而言，種子植物約為蕨類植物之 25 倍，故建議一地區之蕨類比率，與世界平均值相比較。本研究以調查所得之植物名錄，依下列公式計算蕨類商數。

$$Ptp-Q = \frac{P \times 25}{S}$$

式中

P 為蕨類植物種數

S 為種子植物種數

在雨量稀少之地區，此數值最小；有明顯乾季之一年生種子植物氣候下，此數值亦低，常小於 1；在冷溫帶之半地中植物氣候中，此數值亦不太高，換言之，即這些類型的氣候均不適合蕨類植物之盛行。而在溼熱之地區，此數值達到最高。

蕨類商數僅計算植物的種數，未涉及量的多寡，為植物社會定性的特徵，其主要功用在與生活型譜相對照，以應證植物與氣候之相關程度。蕨類植物之生活環境為林下較潮濕處，崩塌地各研究區出現的蕨類多為偏陽性種類。計算各研究區之蕨類商數，各崩塌地整體之蕨類商數為 2.43，相較於臺灣全島(海拔 0~3,952m)之 4.22 為低(表 8)，僅大茅坪一處接近此值，顯示崩塌地之微氣候條件較偏乾燥。

表 8. 崩塌地與臺灣各地植群蕨類商數(Ptph-Q)之比較表(仿陳建志，1998)

地理分區	研究地區	海拔(m)	範圍(ha)	資料來源	維管束 植物種數	Ptph-Q
臺灣全島		0-3,952	3,576,000	Li <i>et al.</i> (1979)	4,029	4.22
西北 內陸區	鹿場大山	700-2,640	-	柳 楷、章樂民 (1962)	395	4.74
	雪見	1,300-2,300	-	歐辰雄等(1996)	596	5.04
中西 內陸區	溪頭	500-2,050	2,562	劉崇瑞、柳重勝 (1975)	1,013	5.54
	雪山坑	1,000-1,900	351	歐辰雄等(1995)	469	6.86
	關刀溪	700-1,675	47	歐辰雄、呂金誠 (1996)	326	7.21
西南區	雙鬼湖	620-2,735	43,215	歐辰雄等(1994)	588	4.10
東南區	南仁山	300- 500	1,500	劉崇瑞、劉儒淵 (1977)	1,179	5.26
東區南段	海岸山脈	419-1,684	75,360	劉崇瑞等(1978)	921	3.75
東區北段	清水山	200-2,400	-	劉崇瑞、廖秋成 (1979)	600	4.75
東北 內陸區	插天山	300-2,130	7,759	邱清安(1996)	750	5.76
	達觀山	1,400-1,900	75	張美瓊(1996)	376	5.98
	鴛鴦湖	1,670-2,423	374	大津高等(1989)	155	8.12
	太平山	1,800-2,600	-	章樂民(1963)	104	10.1
	松蘿湖	1,230-1,441	72	陳建志(1998)	309	8.73
崩塌地	烏石坑	983	-	江政人(2004)	41	1.97
	大茅坪	814			35	4.17
	東卯橋	607			45	1.16
	坪林	494			33	0
	九九峰	536			37	1.43
	烏溪	381			21	1.25

六、土壤中種子的組成

(一)土壤中種子的組成與數量

在所試驗的 18 個 1,000 ml 土樣中，如表 9 所示，總計種子數量 93 粒，分屬 13 種植物種子。在所有植物種類中，只有揚波一種為木本植物，其餘皆為草本植物。

表 9. 各研究區土壤中種子種類數量統計

植物種類	烏石坑	大茅坪	東卯橋	平林	九九峰	烏溪	總計
揚波	2*	0	16	0	10*	1*	29
鼠麴草	0	0	0	1*	1*	0	2
加拿大蓬	0	1	13	1	0	8*	23
磚子苗	0	0	0	0	0	2*	2
薄瓣懸鉤子	0	0	0	0	0	3	3
牧地狼尾草	0	0	0	1	0	0	1
酢醬草	1*	0	0	2*	0	0	3
昭和草	0	0	5	3	4	8	20
紫背草	2*	0	1	0	0	0	3
藤竹草	0	0	1	0	0	0	1
紅毛草	0	0	0	0	3	0	3
青苧麻	0	0	0	0	0	2	2
霍香薊	0	0	0	0	0	1*	1
合計	5	1	36	8	18	25	93
種數	3	1	5	5	4	7	13

*:表示未出現於其地面植物種類中者

(二)土壤中種子與地面植物種類之關係

表 9 當中，6 個研究區土壤中種子所屬的植物種類，未出現於其地面植物種類中者，均註以 * 號，這些種子經由各種傳播方式進入研究區儲藏於土壤中且尚未發芽生長，並非地面植物之種子。

為了解種子是否為地面植物下種所致，故計算土壤中種子與地面種子植物中已成熟可以結實的種類之相似性(Jaccard 氏相似性指數)，其結果如表 10 所示。表中顯示，各研究區計算所得之相似性均低，故推測土壤中種子之累積，並非地面植群下種所致，可能為鄰近植群或崩塌前植群種子散播所形成之結果。

表 10. 各研究區土壤中種子與地面種子植物種類之相似性(%)

烏石坑	大茅坪	東卯橋	平林	九九峰	烏溪
0	0	13.89	11.54	6.45	15.79

(三)不同研究區土壤中種子種類之相似性比較

由各研究區土壤中種子所屬的植物種類，經計算各研究區兩兩間之相似性(Jaccard 氏相似性指數)，並將之繪製成樹形圖(dendrogram)(圖 9)。

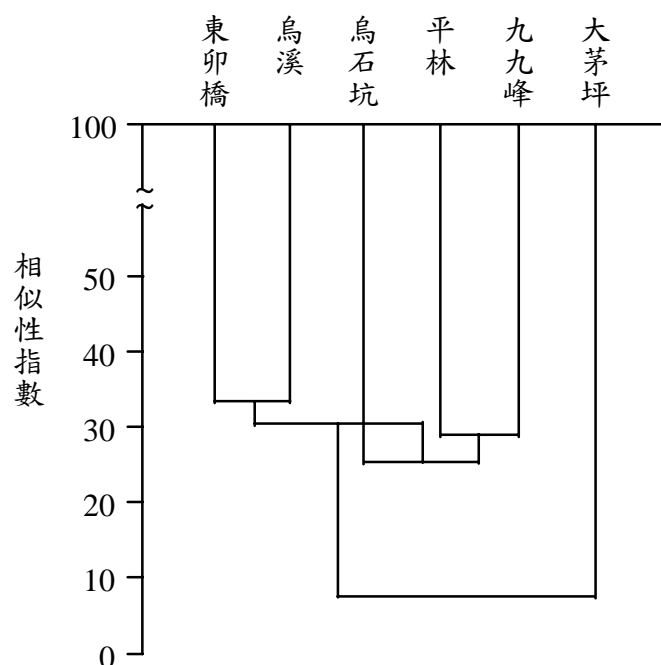


圖 9. 2002 年 10 月各崩塌地研究區土壤中種子種類之相似性指數樹形圖

圖 9 中顯示各樣區間之相似性皆較低，僅有東卯橋及烏溪研究區之相似性指數 33.33% 為最高。東卯橋及烏溪兩研究區皆緊鄰溪邊，坡向西北，水分指數分別為 12 及 8，且全天光空域及直射光空域皆小於 6 個樣區之平均值，環境較為潮濕，兩者環境較為相似。烏石坑、東卯橋、平林、九九峰及烏溪 5 個研究區連結於相似性指數 30.77%，連結樣區與大茅坪僅連結於相似性指數 7.69%，大茅坪、平林及九九峰之全天光及直射光空域都較其他 3 個樣區高出許多，但大茅坪位於陡峻之坡面上，坡向南向，水分指

數高達 13，均與平林及九九峰相去甚遠，故此研究區與其他研究區之環境大不相同。

七、苗木動態調查

(一)苗木的組成與數量變化

自 2002 年 1 月起陸續對崩塌地各研究區之喬木小苗進行調查，6 個研究區共標示苗木 153 株(表 11)，其中包含烏石坑 1 株、大茅坪 6 株、東卯橋 79 株、平林 7 株、九九峰 53 株及烏溪 7 株。

表 11. 各研究區喬木小苗數量及組成

小苗種類	烏石坑	大茅坪	東卯橋	平林	九九峰	烏溪	總計
野桐	1	1			6	1	9
山黃麻		4	16	1	4	3	28
揚波		1	47				48
山芙蓉			15				15
九芎			1				1
白柏				4	9		13
無患子				2			2
羅氏鹽膚木					19		19
臭茉莉					13		13
臭辣樹					2		2
血桐						3	3
株數	1	6	79	7	53	7	153
小苗密度(株/m ²)	0.05	0.30	3.95	0.35	2.65	0.35	1.28

喬木小苗之發生及死亡可決定苗木之存活數目，崩塌造成的大面積孔隙促使許多先驅樹種小苗大量發生，但由於許多環境因子的影響，可能會使得小苗死亡，因此，實際存活的小苗數量乃是決定更新方向的重要原因。

在苗木的數量變化方面，各研究區均無較大之波動，僅有東卯橋研究

區之小苗數量呈現逐漸降低之趨勢(圖 10)。在小苗密度方面而言，東卯橋於 2002 年 1 月初次調查時達到其最大值，即 3.95 株 / m²，如此高的密度造成個體間的激烈競爭，以致小苗株數呈逐漸下降之趨勢，於 2003 年 3 月最後一次調查時，達到 1.00 株 / m²。

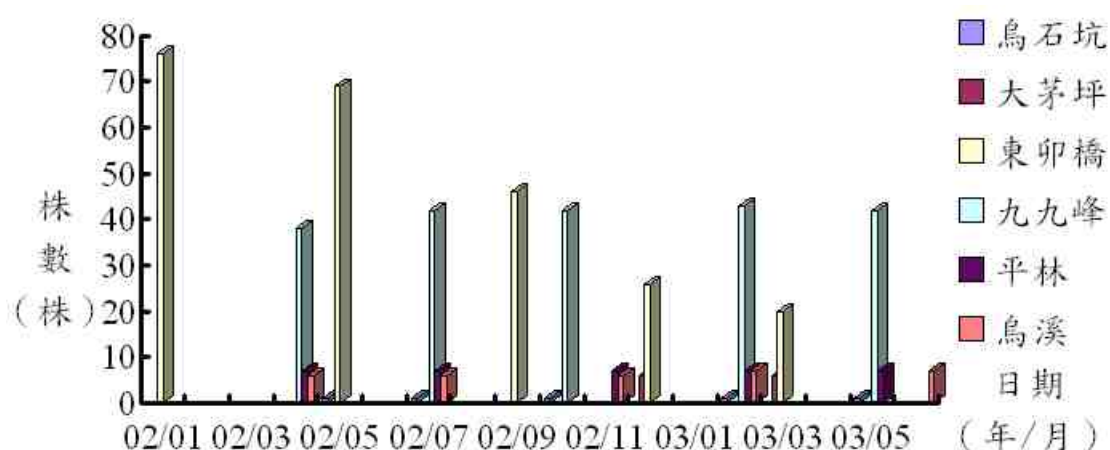


圖 10. 崩塌地各研究區喬木小苗數量之變化情形

(二) 苗木之生長發育

崩塌後形成的大孔隙雖然使得一些陽性先驅樹種入侵，但由環境因子的改變，崩塌地通常均為不佳之生育環境。本研究自 2002 年 1 月起，監測崩塌地喬木小苗之生長狀況，記錄其地徑及苗高，計算其每月之平均生長量，結果如表 12 所示。

表 12 顯示，各樣區之喬木小苗之地徑均有逐月增加之趨勢，最小值為九九峰之臭辣樹，平均每月生長不到 0.01 mm，最大值則為東卯橋之山黃麻，平均每月增加 0.09 mm，而九九峰的野桐呈現負成長的狀況，應為測量誤差之結果。至於苗高方面，孔隙中喬木小苗發生後，高生長應為主要生長，但由於多株小苗激烈競爭之結果，造成較矮小的小苗無法獲得充足之陽光，養分不足以致幹稍容易折斷，如東卯橋的九芎；或是由於無較大的喬木遮蔽，易產生風折現象，如大茅坪的揚波，故許多小苗之苗高反而出現負成長。而各研究區喬木小苗中，以野桐及山黃麻具有較大之高生長，平均每月可生長 21.9 ~ 285.7mm。

表 12. 崩塌地各樣區各種喬木小苗之地徑(上排數字)(mm/月) 及苗高(下排數字)(mm/月) 之月平均生長量

樹種	烏石坑	大茅坪	東卯橋	平林	九九峰	烏溪
九芎			0.01 -53.3			
白柏				0.03 8.3	0.02 20.9	
山芙蓉			0.09 36.2			
羅氏鹽膚木					0.01 5.9	
無患子				0.07 9.2		
野桐	0.12 77.1	0.02 43.3			0.00 -1.7	0.30 285.7
臭茉莉					0.03 11.4	
揚波		0.11 -18.3	0.16 33.0			
臭辣樹					0.00 7.1	
山黃麻		0.06 60.0	0.37 241.7	0.05 25.0	0.08 21.9	0.08 34.8
血桐						0.20 48.1

八、崩塌地之更新動態

在 2001 年 9 月至 2003 年 6 月近兩年的調查中，各崩塌地研究區以實地所見，草木均有愈發茂盛之情況，似乎恢復崩塌前植群並不困難，但如就烏石坑研究區而言，其於兩年中就曾經發生過數次大小崩塌，而九九峰地區長期以來更是經常性的崩塌，導致植物無法長久留存於地表。本部分以上述各項調查獲得之結果推估崩塌地各研究區之更新動態，暫不考慮生育地因子衰退之現象。

表 13 針對各項足以決定崩塌地植群更新動態或演替方向之因子，就研究分析之數據予以評價，有利於植群更新或進化演替者標以＋號，反之則標以－號，影響性不大者則不予標誌。

表 13. 各崩塌地研究區植群更新動態之評價

	烏石坑	大茅坪	東卯橋	平林	九九峰	烏溪
環境優劣		+	+	—		
植物種數增加	+	—		+	+	+
種間歧異度增加	+				+	+
層次趨於複雜	+	—		+	+	+
喬木小苗密度	+	+	+	+	+	+
喬木小苗生長狀況	+	+	+	+	+	+

表 13 中之環境優劣取全天光、直射光、坡度及水分指數四項因子予以評價，全天光、直射光及水分指數介於標準差範圍內者給予正分，反之則給負分，坡度小於平均值加上標準差後之數值者給予正分，反之亦給予負分，4 項因子相加後得正分者於環境優劣項目標以+，得負分者標以—，零分者不予標誌。喬木小苗密度方面，其數值高於平均減去標準差後之數值者標以+號，反之則標以—號。喬木小苗生長狀況，以各研究區所有小苗之平均地徑生長量及苗高生長量，其數值高於平均減去標準差後之數值者標以+號，反之則標以—號。

然崩塌地植群之更新並非是單純就幾項因子可以定論的，而每項因子對植群更新的影響更是佔有不同的權重，下文中僅以本研究獲得之結果，對崩塌地之植群更新動態作一推測。

(一)烏石坑

就植物種類及數量而言，烏石坑研究區一共出現 41 種維管束植物，雖然大部分均為草本植物，但山黃麻亦佔有相當的優勢度，若與臺灣地區所有維管束植物之比例來比較，僅蕨類植物較少，其他分類群之比例則相仿，而植物種數有增加之現象，各植物之種間歧異度有上升之趨勢，且植物社會之層次亦有趨於複雜之現象。本研究區之喬木小苗之生長情況良好，顯示該地適宜生長。就以上結果而言，烏石坑研究區應可迅速恢復森林之覆蓋。

(二)大茅坪

大茅坪研究區位於崩塌面上，為一東北向陡坡，易於發生再次崩塌之情形。於該樣區總共記錄到 35 種維管束植物，其中以雙子葉植物之比例較多，而喬木之山黃麻及揚波重要值亦不低，但植物種數逐漸減少。歧異度方面，而各植物之種間歧異度變化不大，且植物社會之層次趨於簡單化。本研究區之喬木小苗密度僅有 $0.3 \text{ 株} / \text{m}^2$ 。研判本研究區應不具有恢復森林覆蓋之潛力，或者必須較長時間才能恢復其覆蓋。

(三)東卯橋

就植物種類及數量而言，東卯橋研究區一共出現 41 種維管束植物，是 6 個研究區中植物種類最多密度最高者，且植物種數持續在增加當中。本研究區之歧異度指數較其他區為高，但卻無增加之情況，層次亦無複雜化之趨勢。東卯橋研究區之坡度較為平緩，而水分指數較高的結果也使植物易於生長。其喬木小苗密度為最高($3.95 \text{ 株} / \text{m}^2$)，雖然在競爭下小苗數量有稍微減少，綜合以上結果，本研究區應有潛力恢復森林之覆蓋。

(四)平林

平林研究區一共出現 33 種維管束植物，雖然亦有較大株之山黃麻，但仍以禾本科之牧地狼尾草及紅毛草佔大多數，而本區之光照量偏高，水分指數亦偏低，不佳的立地環境只適合少數植物生育，蕨類植物在本區甚至沒有出現，儘管如此，但其植物種數又有增多之趨勢。本研究區喬木小苗達到 $0.35 \text{ 株} / \text{m}^2$ ，植物層次分化亦趨於複雜，故本研究區應有潛力恢復森林之覆蓋。

(五)九九峰

九九峰及平林兩研究區均位於九九峰山系之稜線，氣候環境條件相似的情形下，以至於兩者之優勢植物亦非常類似，37 種植物中以牧地狼尾草及紅毛草為主。但本研究區崩塌地四周原生植群較為豐富，天然下種的小苗數量亦較多，且出現所有研究區中唯一一種裸子植物。本區植物之種數有增加趨勢，種間歧異度有顯著上升之趨勢，而植物社會層次亦趨於複雜，喬木小苗之密度達到 $2.65 \text{ 株} / \text{m}^2$ ，且生長狀況良好。雖然立地環境較差，但在其餘指標均為正面的結果下，推測應可以克服惡劣之環境，迅速

恢復森林之覆蓋。

(六)烏溪

就植物種類及數量而言，烏溪研究區僅出現 6 個研究區中數量最少的 21 種維管束植物，且喬木所佔的重要值相當低，但在種數增加、歧異度增加及層次分化方面，均獲得正面之評價。其喬木小苗有 $0.35 \text{ 株} / \text{m}^2$ ，雖然陰暗潮濕的環境使一些陽性先驅植物的小苗不易生長，但就以上結果而言，烏溪研究區仍應有能力迅速恢復森林植被覆蓋。

伍、結論

- 一、本研究針對中部地區 6 處崩塌地(烏石坑、大茅坪、東卯橋、平林、九九峰及烏溪)設置固定樣區進行調查，分析各研究區域環境因子之相關性，僅全天光空域與直射光空域有顯著之正相關。
- 二、6 研究區共記錄到植物 116 種，其中蕨類植物 10 種，裸子植物 1 種，雙子葉植物 79 種及單子葉植物 26 種。其中各研究區植物分別有 41 種、35 種、45 種、33 種、37 種及 21 種，除了大茅坪研究區植物種數隨調查日期有減少趨勢，東卯橋研究區緩慢增加之外，其餘 4 個研究區植物種數均隨調查日期有明顯的增加，顯示其演替方向為進化演替。
- 三、各研究區優勢植物之重要值隨調查日期之變化方面，大致可分為以下三種類型：1. 佔據相同的生態地位導致重要值相對的增加或減少，如烏石坑的火炭母草與臺灣何首烏；2. 植物種類及數量很多，為競爭資源造成得植物重要值大幅波動，如東卯橋研究區之植物；3. 無法忍受崩塌地夏季的惡劣環境造成某種植物之重要值隨季節波動，如平林及九九峰之牧地狼尾草。
- 四、各研究區植物之三種種間歧異度指數(新浦森歧異度指數、夏農歧異度指數及均勻度指數)，除東卯橋研究區及平林研究區為緩慢之上升趨勢外，其餘各研究區均有明顯之上升趨勢，顯示處於演替初期，且其演替方向為進化演替。
- 五、分析各研究區植物之生活型，於各研究區各種生活型植物種數比率隨調查日期之變化方面，除大茅坪研究區各型比率差距有擴大趨勢，東卯橋研究區各型比率略有集中趨勢外，其餘各區各生活型比率均有明顯集中之趨勢，為其植物層次複雜化之結果，也顯示其演替方向為進化演替。而在蕨類商數方面，僅有大茅坪研究區高於臺灣全島之平均值，顯示崩塌地之微氣候環境較為乾燥。

六、調查各研究區土壤種子庫，其中大部分為草本植物之種子，而計算各研究區土壤種子庫植物種類相似性，結果均大不相同。

七、監測各研究區之喬木小苗，結果顯示烏石坑、大茅坪、東卯橋、平林、九九峰及烏溪之小苗密度分別為 0.05 株/m²、0.3 株/m²、3.95 株/m²、0.35 株/m²、2.65 株/m²及 0.35 株/m²，而各樣區各樹種小苗之地徑及苗高大部分均有成長，地徑平均生長 0.09 mm/月，苗高平均生長 44.8 mm/月。

八、以本研究之結果推測 6 個研究區之更新動態，大致可分為以下三種類型：1. 可迅速更新，恢復崩塌前之植物覆蓋者，如烏石坑、九九峰及烏溪；2. 較為緩慢，但仍可以恢復崩塌前之植物覆蓋者，如東卯橋及平林；3. 較為緩慢或者不易恢復崩塌前之植物覆蓋者，如大茅坪。

陸、參考文獻

- 吳正雄(1990)崩塌地優勢草本植物根力特性之研究。中華水土保持學報 21(1): 47- 54。
- 周文邨(1999)關刀溪森林生態系孔隙更新之研究。國立中興大學植物學系碩士論文。106 頁。
- 周順軍(1995)臺灣北部福山地區低海拔闊葉森林地被植物及樹種小苗分布類型之研究。臺灣大學植物學研究所碩士論文。97 頁。
- 林民生(1990)中華民國臺灣地區氣候圖集。中華民國交通部中央氣象局。臺灣台北。
- 林信輝、張俊斌(1995)中橫崩塌地植被特性及其優勢植物主要生理反應之研究。中華水土保持學報 26(1): 1- 16。
- 林登秋、林則桐、江智民、夏禹九、金恆鑣(1999)颱風對臺灣東北部天然闊葉林林冠干擾之研究。中華林學季刊 32(1): 67- 78。
- 洪富文、游漢明、馬復京、張慧玲(1994a)福山次生樟櫟林的果實雨。林業試驗所研究報告季刊 9(4): 339- 347。
- 洪富文、程煒兒、游漢明、馬復京(1994b)光度與養分對於福山次生樟櫟林苗木生長的影響。林業試驗所研究報告季刊 9(3): 257- 265。
- 夏禹九、王文賢(1985)坡地日輻射潛能之計算。臺灣省林業試驗所試驗簡報第 001 號。臺灣台北。28 頁。
- 張乃航、馬復京、游漢明、許原瑞(1998)福山地區次生闊葉林土壤種子庫及幼苗動態。臺灣林業科學 13(4): 249- 289。
- 張和明(1996)臺灣北部福山地區天然闊葉林土壤種子庫與樹種更新之研究。臺灣大學植物學研究所碩士論文。76 頁。
- 陳志煌(2001)關刀溪森林生態系干擾地土壤種子庫及小苗組成之研究。國立中興大學植物學系碩士論文。94 頁。
- 陳明義、周文邨、蔡進來(2000)關刀溪森林生態系之倒木孔隙更新。林業研究季刊 22(1): 23- 32。

- 陳建志(1998)松蘿湖集水區植群之研究。國立中興大學森林學研究所碩士論文。112 頁。
- 曾維宏(1994)南仁山區低海拔亞熱帶雨林林隙更新之研究。臺灣大學植物學研究所碩士論文。102 頁。
- 游漢明(2000)竹東林區天然闊葉林與人工疏伐林分更新之研究。國立中興大學森林學系博士論文。180 頁。
- 廖本裕(1993)清昌溪-小集水區崩塌地植群演替研究。國立臺灣大學森林研究所碩士論文。88 頁。
- 蔡長宏(1997)關刀溪森林生態系干擾地更新之研究。國立中興大學植物學系碩士論文。94 頁。
- 劉崇瑞、蘇鴻傑(1983)森林植物生態學。臺灣商務印刷館。臺灣台北。462 頁。
- 劉業經、呂福原、歐辰雄(1994)臺灣樹木誌(增補修訂版)。國立中興大學農學院叢書第七號。925 頁。
- 賴宜鈴(1996)南仁山亞熱帶雨林小苗動態及地被層植物組成之研究。臺灣大學植物學研究所碩士論文。135 頁。
- 賴靖融(2003)環山火燒跡地植群變化之研究。國立中興大學森林學系碩士論文。92 頁。
- 顏正平、林昭遠、林信輝(1993) 裸露地區植生復育困難問題之研究。水土保持學報 25(2): 79- 88。
- Archibold, O. W. (1981) Buried viable propagules in native and agricultural sites in central Saskatchewan. *Can. J. Bot.* 59: 701- 706.
- Bray, J. R. (1956) Gap phase replacement in a maple-bass wood forest. *Ecology* 37: 598- 600.
- Brokaw, N. V. L. (1985) Gap-phase regeneration in a tropical forest. *Ecology* 66: 682- 687.
- Canham, C. D. (1989) Different responses to gaps among shade-tolerant tree species. *Ecology* 70: 548- 550.

- Day, F. P., and C. D. Monk (1974) Vegetation patterns on a southern Appalachian watershed. *Ecology* 55: 1064- 1074.
- Denslow, J. S. (1980) Patterns of plant species diversity during succession under different disturbance regimes. *Oecologia* 46: 18- 21.
- Francescato, V., M. Scotton, D. J. Zarin, J. C. Innes, and D. M. Bryant (2001) Fifty years of natural revegetation on a landslide in Franconia Notch, New Hampshire, U.S.A. *Can. J. Bot.* 79: 1477- 1485.
- Grime, J. P. (1979) Plant strategies and vegetation processes. John Wiley & Sons. 222pp.
- Guariguata, M. R. (1990) Landslide disturbance and forest regeneration in the upper Luquillo Mountains of Puerto Rico. *J. Ecol.* 78: 814- 832.
- Hill, M. O., and P. A. Stevens (1981) The density of viable seed in soils of forest plantations in upland Britain. *J. Ecol.* 69: 693- 709.
- Houle, G. (1992) The reproductive ecology of *Abies balsamea*, *Acer saccharum* and *Betula alleghaniensis* in the Tantar'e Ecological Reserve, Qu'ebec. *J. Ecol.* 80: 611- 623.
- Huang Tseng-Chieng (1994) Flora of Taiwan, Second Edition. Editorial Committee of the Flora of Taiwan, Second Edition. Taipei, Taiwan, ROC.
- Major, J., and W. T. Pyott (1966) Buried viable seeds in two California bunchgrass site and their bearing on the definition of flora. *Vegetatio* 13: 253- 282.
- McGee, A., and M. C. Feller (1993) Seed banks of forest and disturbed soils in southwestern British Columbia. *Can. J. Bot.* 71: 1574- 1583.
- Morgan, P., and L. F. Neuenschwander (1988) Seed-bank contributions to regeneration of shrub species after clear-cutting and burning. *Can. J. Bot.* 66: 172- 196.
- Mutch, R. W. (1970) Wildland fires and ecosystem—a hypothesis. *Ecology* 51: 1046- 1051.

- Oliver, C. D., and B. C. Larson (1990) *Forest Stand Dynamics*. McGrae-Hill. New York. 467pp.
- Phillips, J. (1934) Succession, development, the climax and the complex organism. An analysis of concepts. *J. Ecol.* 22: 559- 571.
- Pickett, S. T. A. (1983) Differential adaptation of tropical tree species to canopy gaps and its role in community dynamics. *Trop. Ecol.* 24: 68- 84.
- Putz, F. E. (1983) Treefall pits and mounds, buried seeds, and the importance of soil disturbance to pioneer trees on Barro Colorado Island, Panama. *Ecology* 64(5): 1069- 1074.
- Ranukiaer, C. (1934) *Life- forms of Plants and Statistical Plant Geography*. Clarendon Press, Oxford.
- Runkle, J. R. (1981) Gap regeneration in some old-growth forests of the eastern United States. *Ecology* 62: 1041- 1051.
- Spies, T. A., and J. R. Franklin (1989) Gap characteristics and vegetation response in coniferous forests of the pacific northwest. *Ecology* 70(3): 543- 545.
- Thompson, K., and J. P. Grime (1979) Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *J. Ecol.* 67: 893- 921.
- Uhl. C., K. Clark, and N. Dezzeo (1988) Vegetation dynamics in Amazonian treefall gaps. *Ecology* 69(3): 751- 763.
- Whitmore, T. C. (1978) Gaps in the forest canopy. *In* P. B. Tomlinson and M. H. Zimmerman (eds.), *Tropical Trees as Living Systems*. University Press, Cambridge, England. p. 639- 655.
- Whitmore, T. C. (1983) Secondary succession from seed in tropical rain forest. *Forest Abstracts* 44(12): 767- 779.
- Whitmore, T. C. (1989) Canopy gaps and the two major groups of forest trees. *Ecology* 70(3): 536- 538.

Yamamoto, S. (1992) Gap characteristics and gap regeneration in primary evergreen broad-leaved forests of western Japan. Bot. Mag. Tokyo 105: 29- 45.

附錄一、各崩塌研究區植物名錄

蕨類植物

1. Adiantaceae 鐵線蕨科

1. *Pityrogramma calomelanos* (L.) Link 粉葉蕨

2. Athyriaceae 蹄蓋蕨科

2. *Diplazium dilatatum* Blume 廣葉鋸齒雙蓋蕨

3. Dennstaedtiaceae 碗蕨科

3. *Dennstaedtia scabra* (Wall.) Moore 碗蕨

4. *Microlepia speluncae* (L.) Moore 熱帶鱗蓋蕨

4. Equisetaceae 木賊科

5. *Equisetum ramosissimum* Desf. 木賊

5. Oleandraceae 蓀蕨科

6. *Nephrolepis auriculata* (L.) Trimen 腎蕨

6. Pteridaceae 鳳尾蕨科

7. *Onychium japonicum* (Thunb.) Kunze 日本金粉蕨

8. *Pteris excelsa* Guad. 溪鳳尾蕨

9. *Pteris vittata* L. 鱗蓋鳳尾蕨

7. Thelypteridaceae 金星蕨科

10. *Christella parasitica* (L.) Lev. 密毛小毛蕨

裸子植物

8. Pinaceae 松科

11. *Pinus taiwanensis* Hay. 臺灣二葉松

雙子葉植物

9. Acanthaceae 爵床科

12. *Lepidagathis formosensis* Clarke ex Hay. 臺灣鱗球花

10. Amaranthaceae 莧科

13. *Achyranthes bidentata* Blume 牛膝

11. Anacardiaceae 漆樹科

14. *Rhus semialata* Murr. var. *roxburghiana* DC. 羅氏鹽膚木

15. *Rhus succedanea* L. 山漆

12. Apiaceae 繖形花科

16. *Hydrocotyle nepalensis* Hook. 乞食碗

13. Asteraceae 菊科

17. *Ageratum conyzoides* L. 霍香薷

18. *Bidens pilosa* L. var. *minor* (Blume) Sherff 咸豐草

19. *Blumea oblongifolia* Kitamura 臺灣艾納香
20. *Crassocephalum rabens* (Juss. ex Jacq.) S. Moore 昭和草
21. *Elephantopus mollis* H. B. K. 地膽草
22. *Emilia sonchifolia* (L.) DC. 紫背草
23. *Erigeron canadensis* L. 加拿大蓬
24. *Erigeron sumatrensis* Retz. 野茼蒿
25. *Eupatorium formosanum* Hay. 臺灣澤蘭
26. *Lactuca indica* L. 鵝仔草
27. *Mikania micrantha* H. B. K. 小花蔓澤蘭
28. *Sonchus arvensis* L. 苦苣菜
29. *Youngia japonica* (L.) DC. 黃鵪菜
- 14. Basellaceae 落葵科**
30. *Basella alba* L. 落葵
- 15. Caprifoliaceae 忍冬科**
31. *Sambucus formosana* Nakai 有骨消
- 16. Celastraceae 衛矛科**
32. *Celastrus hindsii* Benth. 南華南蛇藤
- 17. Convolvulaceae 旋花科**
33. *Ipomoea acuminata* (Vahl.) Roem. & Schult. 銳葉牽牛
34. *Ipomoea obscura* (L.) Ker-Gawl. 野牽牛
- 18. Cucurbitaceae 瓜科**
35. *Momordica charantia* L. 苦瓜
36. *Thladiantha punctata* Hay. 斑花青牛膽
37. *Trichosanthes homophylla* Hay. 芋葉括樓
- 19. Euphorbiaceae 大戟科**
38. *Macaranga tanarius* (L.) Muell.-Arg. 血桐
39. *Mallotus japonicus* (Thunb.) Muell.-Arg. 野桐
40. *Mallotus paniculatus* (Lam.) Muell.-Arg. 白飽子
41. *Mallotus repandus* (Willd.) Muell.-Arg. 扛香藤
42. *Sapium discolor* Muell.-Arg. 白柏
- 20. Fabaceae 豆科**
43. *Desmodium sequax* Wall. 波葉山螞蝗
44. *Dumasia bicolor* Hay. 臺灣山黑扁豆
45. *Millettia reticulata* Benth. 老荊藤
46. *Mucuna macrocarpa* Wall. 血藤
47. *Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi 葛藤

21. Hamamelidaceae 金縷梅科

48. *Liquidambar formosana* Hance 楓香(人工栽植)

22. Loganiaceae 馬錢科

49. *Buddleia asiatica* Lour. 揚波

23. Lythraceae 千屈菜科

50. *Lagerstroemia subcostata* Koehne 九芎

24. Magnoliaceae 木蘭科

51. *Michelia formosana* (Kaneh.) Masam. 烏心石(人工栽植)

25. Malvaceae 錦葵科

52. *Hibiscus taiwanensis* Hu 山芙蓉

53. *Sida cordifolia* L. 圓葉金午時花

54. *Urena lobata* L. 野棉花

26. Menispermaceae 防己科

55. *Pericampylus formosanus* Diels 蓬萊藤

27. Moraceae 桑科

56. *Broussonetia papyrifera* (L.) L'Herit. ex Vent. 構樹

57. *Morus australis* Poir. 小葉桑

28. Myrsinaceae 紫金牛科

58. *Maesa perlaria* (Lour.) Merr. 鯽魚膽

29. Oxalidaceae 酢醬草科

59. *Oxalis corniculata* L. 酢醬草

30. Passifloraceae 西番蓮科

60. *Passiflora foetida* L. var. *hispida* (DC. ex Triana & Planch.) Killip
毛西番蓮

61. *Passiflora suberosa* L. 三角葉西番蓮

31. Polygonaceae 蓼科

62. *Polygonum chinense* L. 火炭母草

63. *Polygonum multiflorum* Thunb. var. *hypoleucum* (Ohwi) Liu, Ying & Lai
臺灣何首烏

32. Portulacaceae 馬齒莧科

64. *Talinum triangulare* Willd. 土人參

33. Ranunculaceae 毛茛科

65. *Clematis lasiantha* Maxim. 小木通

66. *Clematis leschenzultiana* DC. 銹毛鐵線蓮

34. Rosaceae 薔薇科

67. *Rubus piptopetalus* Hay. 薄瓣懸鉤子

35. Rubiaceae 茜草科

68. *Richardia scabra* L. 擬鴨舌

36. Rutaceae 芸香科

69. *Evodia meliaefolia* (Hance) Benth. 臭辣樹
70. *Toddalia asiatica* (L.) Lam. 飛龍掌血
71. *Zanthoxylum ailanthoides* Sieb. & Zucc. 食茱萸
72. *Zanthoxylum nitidum* (Roxb.) DC. 崖椒

37. Sapindaceae 無患子科

73. *Sapindus mukorossii* Gaertn. 無患子

38. Solanaceae 茄科

74. *Solanum biflorum* Lour. 雙花龍葵
75. *Solanum lyratum* Thunb. 白英
76. *Solanum nigrum* L. 龍葵

39. Thymeleaceae 瑞香科

77. *Wikstroemia indica* C. A. Mey. 南嶺薨花

40. Ulmaceae 榆科

78. *Trema orientalis* (L.) Blume 山黃麻
79. *Zelkova serrata* (Thunb.) Makino 櫟(人工栽植)

41. Urticaceae 蕁麻科

80. *Boehmeria frutescens* Thunb. 青苧麻
81. *Debregeasia edulis* (Sieb. & Zucc.) Wedd. 水麻
82. *Elatostema lineolatum* Forst. var. *major* Thwait. 冷清草
83. *Gonostegia hirta* (Blume) Miq. 糯米團
84. *Pouzolzia elegans* Wedd. var. *formosana* Li 水雞油
85. *Urtica thunbergiana* Sieb. & Zucc. 咬人貓
86. *Villebrunea pedunculata* Shirai 長梗紫麻

42. Verbenaceae 馬鞭草科

87. *Callicarpa formosana* Rolfe 杜虹花
88. *Clerodendrum philloppinum* Schauer 臭茉莉

43. Vitaceae 葡萄科

89. *Ampelopsis brevipedunculata* (Maxim.) Trautv. var. *hancei* (Planch.)
Rehder 漢氏山葡萄
90. *Cayratia japonica* (Thunb.) Gagnep. 虎葛

單子葉植物

44. Araceae 天南星科

91. *Alocasia macrorrhiza* (L.) Schott & Endl. 姑婆芋
92. *Colocasia formosana* Hay. 山芋

45. Commelinaceae 鴨跖草科

93. *Murdannia keisak* (Hassk.) Hand.-Mazz. 水竹葉

46. Cyperaceae 莎草科

94. *Carex baccans* Nees 紅果苔
95. *Kyllinga brevifolia* Rottb. 短葉水蜈蚣
96. *Mariscus sumatrensis* (Retz.) T. Koyama 磚子苗

47. Liliaceae 百合科

97. *Asparagus cochinchinensis* (Lour.) Merr. 天門冬
98. *Dianella ensifolia* (L.) DC. ex Redoute. 桔梗蘭

48. Musaceae 芭蕉科

99. *Musa formosana* (Warb.) Hay. 臺灣芭蕉

49. Poaceae 禾本科

100. *Arundo formosana* Hack. 臺灣蘆竹
101. *Chloris barbata* Sw. 孟仁草
102. *Cynodon dactylon* (L.) Pers. 狗牙根
103. *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. 馬唐
104. *Miscanthus floridulus* (Labill.) Warb. ex Schum. & Laut. 五節芒
105. *Oplismenus undulatifolius* (Arduino) Roem. & Schult. 求米草
106. *Panicum incommutatum* Trin. 藤竹草
107. *Paspalum notatum* Flügge 百喜草
108. *Pennisetum setosum* (Sw.) L. C. Rich. 牧地狼尾草
109. *Rhynchosyris repens* (Willd.) C. E. Hubb. 紅毛草
110. *Saccharum spontaneum* L. 甜根子草
111. *Setaria palmifolia* (Koen.) Stapf 棕葉狗尾草

50. Smilacaceae 菝葜科

112. *Smilax bracteata* Presl subsp. *verruculosa* (Merr.) T. Koyama 糙
莖菝葜
113. *Smilax lanceifolia* Roxb. 臺灣土茯苓

51. Zingiberaceae 薑科

114. *Alpinia intermedia* Gagn. 山月桃仔
115. *Alpinia speciosa* (Windl.) K. Schum. 月桃
116. *Costus speciosus* (Koenig) Smith 絹毛鳶尾

附錄二、烏石坑植物研究區之重要值

植物種類	2001.9	2002.1	2002.5	2002.7	2002.10	2003.2	2003.5
臺灣何首烏	33.3	23.2	32.4	37.3	10.5	12.9	7.0
火炭母草	49.3	59.0	51.4	55.7	56.0	64.6	53.3
斑花青牛膽	16.6	5.0	17.7	6.8	0.8	6.2	9.3
鏽毛鐵線蓮	4.1	11.3	10.6	9.5	13.1	11.7	9.8
咬人貓	2.2	3.8	3.9	2.4	10.4	9.3	4.8
小木通	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
有骨消	22.2	31.4	30.9	32.5	18.0	24.9	26.6
昭和草	8.7	2.0	1.8	2.9	8.7	0.0	0.0
鵝仔草	3.7	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
白英	9.3	7.0	7.3	7.6	1.2	0.9	2.2
冷清草	2.2	2.5	2.0	0.0	2.1	1.5	1.1
虎葛	12.2	13.8	10.6	13.1	8.5	6.4	1.8
雙花龍葵	1.9	1.9	2.2	0.0	1.8	3.1	0.8
狗牙根	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
小花蔓澤蘭	4.4	4.8	0.0	3.2	3.6	2.6	1.9
姑婆芋	2.2	2.1	0.0	0.0	1.0	0.9	0.0
月桃	2.7	5.0	2.7	5.0	0.0	1.9	3.3
絹毛鳶尾	1.9	2.1	1.9	2.1	1.0	1.8	0.8
糙莖菝契	1.8	2.0	0.0	2.2	2.2	1.9	2.3
山黃麻	4.4	12.2	0.0	0.0	9.6	2.1	14.7
牛膝	3.1	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0
葛藤	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
野桐	1.6	1.8	1.8	2.2	0.9	1.0	1.7
構樹	0.0	3.0	7.4	2.9	2.0	3.7	2.3
龍葵	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
臺灣山黑扁豆	0.0	1.9	4.2	6.7	3.9	4.5	3.3
血藤	0.0	0.0	4.7	2.7	0.0	1.5	2.3
求米草	0.0	0.0	2.5	2.4	4.0	3.0	6.0
紅果苔	0.0	0.0	2.2	2.9	2.1	0.9	0.0
棕葉狗尾草	0.0	0.0	0.0	0.0	19.7	12.5	18.2
腎蕨	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.9
溪鳳尾蕨	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	2.9	4.1
小葉桑	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	2.2	2.9
廣葉鋸齒雙蓋蕨	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	6.3	4.1
山芋	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	3.0	2.4
臺灣芭蕉	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5	4.8	4.8
水雞油	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	1.3	0.9
加拿大蓬	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5
天門冬	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8
臺灣土茯苓	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
糯米團	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6
總 計	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0

附錄二(續)、大茅坪植物研究區之重要值

植物種類	2002.12	2003.3	2003.6
臺灣何首烏	10.8	0.0	0.0
昭和草	1.7	1.7	1.6
鵝仔草	0.8	12.7	14.7
小花蔓澤蘭	0.9	2.0	3.8
山黃麻	28.7	23.8	19.5
葛藤	4.2	7.7	14.3
野桐	0.9	0.9	0.9
構樹	1.7	0.0	1.7
加拿大蓬	14.8	14.9	19.0
藤竹草	0.0	0.0	2.0
揚波	29.1	26.7	24.9
山芙蓉	0.0	0.0	1.5
五節芒	26.5	32.2	42.4
咸豐草	4.2	2.7	2.5
霍香薊	0.0	3.4	0.8
野茼蒿	0.0	0.8	0.0
粉葉蕨	1.7	0.0	0.0
三角葉西番蓮	0.8	0.0	0.0
野牽牛	1.7	0.9	0.8
百喜草	40.6	58.4	33.0
乞食碗	0.8	0.0	0.8
苦苣菜	6.8	0.0	0.0
馬唐	8.7	0.0	0.0
臺灣艾納香	0.8	0.0	0.0
鱗蓋鳳尾蕨	3.7	3.9	4.4
密毛小毛蕨	0.8	0.0	0.0
甜根子草	3.5	0.0	0.0
熱帶鱗蓋蕨	2.0	1.9	2.8
薄瓣懸鉤子	2.1	1.9	2.0
飛龍掌血	0.8	0.0	0.0
鯽魚膽	0.8	0.9	0.8
漢氏山葡萄	0.0	0.8	0.0
日本金粉蕨	0.0	1.9	4.6
苦瓜	0.0	0.0	0.8
短葉水蜈蚣	0.0	0.0	0.8
總 計	200.0	200.0	200.0

附錄二(續)、東卯橋植物研究區之重要值

植物種類	2001.10	2002.1	2002.5	2002.9	2002.12	2003.3	2003.6
臺灣何首烏	16.4	29.6	11.7	5.5	6.9	8.5	7.9
火炭母草	1.4	2.2	4.9	8.3	2.3	6.1	5.8
斑花青牛膽	34.8	11.2	0.0	0.0	7.5	3.5	12.4
昭和草	4.1	1.8	0.0	0.0	2.2	1.4	1.5
鵝仔草	10.3	7.7	3.3	1.1	3.7	2.2	3.6
狗牙根	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
小花蔓澤蘭	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	3.5	3.6
山黃麻	12.6	15.9	16.1	25.2	28.5	18.0	20.0
葛藤	2.7	10.2	10.4	9.1	21.5	28.5	30.1
野桐	1.4	0.0	0.0	1.1	1.8	0.0	0.0
構樹	0.0	0.0	1.3	0.0	5.0	2.2	2.9
龍葵	2.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
血藤	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	1.9	0.0
求米草	1.0	14.4	1.3	0.0	7.1	15.2	0.0
紅果苔	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	1.5	0.0
棕葉狗尾草	5.9	4.2	5.2	7.6	4.4	2.3	4.6
小葉桑	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.7
臺灣芭蕉	0.0	1.0	0.0	0.0	0.8	0.9	1.0
水雞油	2.7	3.8	2.7	1.1	0.0	0.0	0.0
加拿大蓬	5.9	13.4	13.4	11.9	2.1	2.1	2.8
藤竹草	23.2	10.6	21.1	28.5	18.2	0.0	10.0
揚波	12.2	20.9	18.9	12.6	24.4	27.7	14.9
波葉山螞蝗	7.5	2.5	49.5	9.9	2.6	2.4	1.5
芋葉括樓	1.4	0.0	1.5	8.4	0.0	0.0	0.0
土人參	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	3.6
水竹葉	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0
山芙蓉	10.7	12.4	13.1	14.7	5.1	6.0	8.2
五節芒	1.1	7.6	5.6	13.8	22.0	22.4	27.2
咸豐草	2.8	1.9	1.3	5.2	0.7	1.4	1.6
霍香薊	16.5	4.5	0.0	5.0	2.2	15.1	0.7
血桐	4.7	6.2	7.9	13.0	6.3	4.6	4.5
野茛蒿	6.3	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
木賊	1.2	2.2	1.3	0.0	1.6	0.0	0.0
臺灣澤蘭	6.9	7.8	7.1	14.9	13.5	9.3	12.7
九芎	0.9	0.0	1.2	1.1	0.0	0.7	0.8
紫背草	0.9	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0
粉葉蕨	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
青芋麻	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
三角葉西番蓮	0.0	0.9	0.0	0.0	1.4	1.4	0.8
水麻	0.0	0.8	0.0	0.0	1.0	0.7	1.7
野牽牛	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0
長梗紫麻	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.7	0.0
臺灣蘆竹	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0
銳葉牽牛	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	7.1
落葵	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
總 計	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0

附錄二(續)、平林植物研究區之重要值

植物種類	2001.9	2002.1	2002.4	2002.7	2002.11	2003.2	2003.5
火炭母草	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
昭和草	11.5	0.0	0.0	0.0	1.2	4.2	5.1
狗牙根	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
小花蔓澤蘭	1.9	6.6	4.3	0.0	2.5	4.3	3.6
山黃麻	47.0	57.1	47.0	37.9	29.5	20.8	20.9
野桐	3.4	0.0	4.6	5.7	3.3	3.3	1.9
紅果苔	10.5	9.3	0.0	8.5	5.7	2.6	5.7
加拿大蓬	4.6	4.3	4.2	3.8	4.4	4.0	7.3
五節芒	9.3	2.9	2.6	4.4	3.2	3.2	3.3
咸豐草	1.6	0.0	0.0	0.0	2.2	7.3	11.2
霍香薊	3.7	2.9	0.0	1.8	1.1	3.2	2.2
紫背草	11.9	0.0	0.0	0.0	1.1	5.3	6.9
苦瓜	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
白匏子	2.8	4.7	3.0	3.6	0.0	1.6	1.3
牧地狼尾草	28.2	63.0	54.7	45.7	57.2	82.9	63.1
臭辣樹	1.5	2.1	0.0	1.8	0.0	0.0	0.8
白柏	16.0	10.5	20.5	19.2	16.2	8.7	13.4
磚子苗	1.6	0.0	11.8	3.7	3.3	1.0	0.9
無患子	3.9	0.0	4.9	2.6	2.6	2.1	2.0
紅毛草	17.6	21.0	20.3	28.9	26.4	18.9	17.6
毛西番蓮	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
野棉花	3.0	2.1	0.0	3.5	2.1	2.0	3.2
崖椒	3.9	4.6	4.3	6.1	2.2	4.5	1.9
羅氏鹽膚木	9.6	4.2	9.7	13.6	10.6	7.9	11.2
山月桃仔	1.7	2.5	2.4	2.0	1.3	1.2	1.1
食茱萸	1.7	2.2	2.1	1.8	1.1	0.0	0.8
南華南蛇藤	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0
黃鵪菜	0.0	0.0	0.0	3.5	1.1	0.0	0.0
擬鴨舌黃	0.0	0.0	0.0	1.8	7.9	0.0	0.0
南嶺蕘花	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	1.0	0.0
孟仁草	0.0	0.0	0.0	0.0	12.8	8.9	10.2
臭茉莉	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7
杜虹花	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	1.0
總 計	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0

附錄二(續)、九九峰植物研究區之重要值

植物種類	2001.9	2002.1	2002.4	2002.7	2002.10	2003.2	2003.5
火炭母草	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	3.4	2.0
昭和草	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	3.6
小花蔓澤蘭	8.1	6.0	3.3	3.9	4.7	5.0	10.4
山黃麻	6.9	8.0	8.9	6.8	6.3	6.3	5.8
野桐	2.7	4.1	2.0	3.8	1.7	1.6	1.5
紅果苔	2.2	3.7	0.0	0.0	0.8	0.0	1.2
加拿大蓬	6.3	6.8	2.4	3.6	9.3	7.5	9.3
臺灣土茯苓	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0
五節芒	7.0	5.6	13.0	20.4	9.4	10.2	11.5
咸豐草	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1
霍香薊	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	3.7
九芎	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.9
紫背草	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	0.7
粉葉蕨	3.5	5.6	2.1	1.8	0.8	0.8	0.0
野牽牛	0.0	0.0	0.0	3.5	0.7	0.0	0.7
甜根子草	3.5	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0
苦瓜	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0
牧地狼尾草	0.0	60.8	45.0	6.0	28.0	51.3	23.5
臭辣樹	2.2	0.0	2.0	1.8	0.8	0.7	0.8
白柏	5.8	4.6	5.4	3.6	1.6	1.6	1.7
磚子苗	4.9	0.0	0.0	8.9	2.3	0.0	3.2
紅毛草	41.3	40.6	36.5	51.9	47.5	36.2	44.3
野棉花	14.8	8.0	6.8	3.8	1.5	3.7	2.8
羅氏鹽膚木	32.8	8.9	18.9	18.7	10.2	6.6	12.1
山月桃仔	2.2	2.9	2.9	2.2	0.9	0.8	1.0
擬鴨舌黃	17.5	0.0	0.0	16.8	21.4	0.0	4.4
孟仁草	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
臭茉莉	7.1	8.6	8.4	5.2	2.1	1.9	2.1
老荊藤	17.5	19.4	35.7	33.4	20.9	20.7	26.2
蓬萊藤	1.8	2.7	2.3	0.0	3.3	0.0	0.8
圓葉金午時花	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
臺灣二葉松	4.8	3.8	4.6	4.0	8.0	10.3	11.6
碗蕨	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
桔梗蘭	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	2.0	3.3
烏心石	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	3.9	2.2
楓香	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.8	1.9
檫	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	2.3	3.1
地膽草	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	6.4	1.7
扛香藤	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0
酢醬草	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0
總 計	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0

附錄二(續)、烏溪植物研究區之重要值

植物種類	2002.4	2002.7	2002.9	2002.12	2003.3	2003.6
串鼻龍	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0
昭和草	5.4	8.4	0.0	0.0	9.8	0.0
小花蔓澤蘭	90.2	71.8	110.1	107.1	73.9	87.1
姑婆芋	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7
山黃麻	18.3	13.4	16.7	16.8	21.8	15.0
野桐	0.0	0.0	0.0	11.1	9.1	6.0
棕葉狗尾草	3.1	0.0	0.0	1.9	1.4	5.2
藤竹草	47.4	63.6	60.0	36.9	50.4	52.1
五節芒	9.1	13.9	0.0	0.0	1.8	0.0
血桐	5.3	10.5	4.9	12.2	10.4	11.3
紫背草	2.5	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0
青苧麻	0.0	0.0	0.0	3.6	6.1	6.9
野牽牛	2.5	2.7	0.0	0.0	1.4	0.0
銳葉牽牛	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6
熱帶鱗蓋蕨	0.0	0.0	0.0	5.0	8.4	2.4
薄瓣懸鉤子	5.8	5.7	4.0	0.0	0.0	0.0
白匏子	2.6	0.0	4.4	3.7	4.1	8.9
牧地狼尾草	5.6	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0
臺灣鱗球花	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
山漆	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0
臭辣樹	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7
總 計	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0