

羅茲草與賽芻豆覆蓋地區植生入侵演替機制之研究

彭心燕⁽¹⁾ 林信輝⁽²⁾ 吳振發⁽³⁾ 賴睽翔⁽⁴⁾

摘 要

鋪網噴植工法為崩場地植生工程中最常使用的工法之一，然噴植工法通常以快速植生覆蓋為設計目標，故常易造成施工區域之目標草類或非目標植物過度強勢生長，而影響後續植生演替。以石門水庫集水區為例，崩場地經整治過後，常見賽芻豆或羅茲草草地單純植相，其他木本植物無法順利入侵生長，造成整治復育成效受到外界質疑。本研究選取蘇樂橋羅茲草草地與高義橋賽芻豆草地，分別進行植物生長與入侵演替機制之試驗研究，其中針對蘇樂橋噴植施工個案中，木本植物演替機制以種實雨和殘株萌蘖為主要，而坡面上的土壤分布可能為影響入侵生長的原因之一。而羅茲草全面覆蓋後演替困難，樹叢之保留與後續之拓展有抑制羅茲草生長之情形。另外清除賽芻豆並觀察植物自然入侵之試驗發現入侵植物以昭和草為主，但無論僅清除地上部或連地下部一同清除之試區，其入侵狀況均差異不大。入侵植物於成長期若無法克服不利的環境因素，很快的就會被適應力強的賽芻豆取代，使得處理區最後再次成為單純植相。

(**關鍵字**：羅茲草、賽芻豆、種實雨、土壤種子庫、萌蘖)

A Study of Plant Succession Mechanism in Areas Covered with Siratro and Rhodes Grass

Hsin-Yen Peng

Doctoral graduate Student, Department of Soil and Water Conservation
National Chung Hsing University, Taiwan, R.O.C.

Shin-Hwei Lin

Professor, Department of Soil and Water Conservation
National Chung Hsing University, Taiwan, R.O.C.

Chen-Fa Wu

Assistant Professor, Department of Horticulture

⁽¹⁾ 國立中興大學水土保持學系博士班研究生(通訊作者)

⁽²⁾ 國立中興大學水土保持學系教授

⁽³⁾ 國立中興大學園藝系助理教授

⁽⁴⁾ 國立中興大學水土保持學系碩士

National Chung Hsing University, Taiwan, R.O.C.

Kuei-Shing Lai

Master, Department of Soil and Water Conservation

National Chung Hsing University, Taiwan, R.O.C.

ABSTRACT

Hydroseeding method with netting is one of the most common methods of vegetation engineering in landslides. The aim of hydroseeding is usually designed for quickly vegetation recovering so that it's easy to cause some vegetation overgrown and to have an impact on plant succession. For example, in Shihmen reservoir watershed, there are many pure siratro(*Chloris gayana*) or Rhodes grass(*Macroptilium atropurpureus*) grassland in landslides after regulation, and it's hard to process tree invasion and well done plants succession. In the research, two landslide areas with planting measures which are Sule Bridge and Gaoyi Bridge in Shihmen reservoir watershed are selected as the investigation areas of plant growth and succession mechanism. Results obtained are summarized as follows: The tree invasion and plants succession in Sule Bridge. The succession mechanisms of trees in the plot are seed rain and sprouting, and soil distribution probably is one of influence of tree invasion Rhodes grass is hard to grow in trees in the plot. *Crassocephalum crepidioides* is the major invasive plant, but it doesn't make big different between mowing or removing the whole crown. In the plot where siratro is mowed, siratro had a quick recovery. If invasive plants can't adapt to environmental conditions, it is easy to be replaced by siratro.

(**Keywords:** siratro, Rhodes grass, seed rain, soil seed bank, sprouting)

前言

草類發芽快速、立地適應能力強、適合做為復育初期之大面積覆蓋植物材料，或與木本植物配置栽植或混合

播種，具有其推廣應用價值(林信輝，2006)。但台灣地區氣候溫差異大，於植物的成長過程中，太大的環境條件變化，易導致萌芽率低，加上水土保持草類種子採種不易，因此多必需從國外進口外來馴化種或可購得之本地草種。雖然作為邊坡噴植使用效

果良好，假使選用之目的種子不適宜，則易造成邊坡特有植物過度強勢，影響植生演替。

植物的入侵與更新是造成地區演替的重要因子，通常一個崩塌地其入侵與更新材料的來源有種實雨(seed rain)、土壤種子庫(soil bank)和殘株萌蘖(sprouting)等，而在不同的環境及不同樹種的更新方式均有其獨特性和重要性，即使同種植物也會因生長環境的不同而顯現不同的更新方式，光量、季節性、干擾等環境因素(Harper, 1977)。近

年來水土保持局大力推動於已施工坡面上二次栽植苗木，但二次栽植需耗費人力以及金錢，且多處施工成果不盡理想，栽植之樹苗易受到先驅草本或藤類壓制而不利生長，故二次植生尚有待再試驗研發。相較之下，促使木本植物自然入侵及演替不諱為更佳之選擇。

石門水庫集水區內地質脆弱且坡度陡峭，民國 93 年艾利颱風過境後，豪雨沖蝕造成集水區上游八百餘公頃的崩場地，連帶大漢溪淤積或危害主要幹道台 7 線及桃 113 線之行車安全，多數崩場地皆需立即處理。目前於石門水庫集水區之崩場地大多採用掛網或是型框噴植，因主要噴植草種賽芻豆 (*Chloris gayana*) 及羅茲草 (*Macroptilium atropurpureus*) 之強勢生長方式，其餘草類及木本植物種子皆無法順利發芽成長，周遭原生樹種亦無法拓殖至此，造成整治過後之崩場地大多為賽芻豆草地或羅茲草草地或是二者混生之情形。故擬訂本研究以探討自然生長與入侵演替機制之原因，盼能探討演替障礙之問題以供相關單位參考。基於以上動機和背景，擬定以下研究主題：(1) 對蘇樂橋噴植區進行植生入侵機制相關調查與研究，以瞭解小群樹木自然入侵與拓植之原因，並觀察植群對周圍羅茲草草地之影響。(2) 瞭解賽芻豆與羅茲草生長特性，並解決演替速度遲緩，促使其植物種順利入侵生長。

前人研究

在種子離開母樹後、到達地表前的這一段過程，稱之為種實雨(seed rain)。種實掉落

的數量及種類是更新材料的來源之一，會直接或間接對種子庫、小苗及上木的組成有所影響(陳明義等，2000；高貴珍，2006)。當植物社會受到干擾時，新的植物藉著當地或外地傳播來的樹種的種子或其它本身繁殖體而重新建造。大幅度的干擾後首先進入者通常以生命期較短且能產生大量生存期長且能持久存在於土壤種子庫或做長距離飛散的種實之植物為優勢(Grime, 1979)，意即以先驅樹種(pioneer species)為優勢。由外界進入孔隙中之種實雨，對林分產生的潛在影響，包括(1)增加林下幼苗和幼木的歧異度，減低林分的區塊結構；(2)由於擴大種子的散播範圍，因此增加族群間的基因流動(gene flow)；(3)透過散播，種子能在更適合的立地環境下存活，並使林木得以繁殖生長(游漢明，2000；Murray, 1988；Denslow and Gomez Diaz, 1990)。

儲存在土壤及其上枯落物中有活力之種子稱為土壤種子庫(soil seed bank)(Simpson et al., 1989)。無論是熱帶雨林、溫帶林或寒帶林均有植物利用土壤種子庫為主要更新來源之一(林文智等，2004)。土壤種子庫的主要來源為當地優勢植群的種實雨，也有少部分種子是透過風、水或動物所傳播的。而這些土壤種子庫組成以草本植物及灌木居多，少有木本植物，且多屬先驅樹種，因此由土壤種子庫完成更新的植群，其立地初期的植物組成，主要係由現存於土壤種子庫的種類及豐富度所決定，並與演替後期森林以耐蔭樹種為主的組成不同(Hill and Stevens, 1981；Depuy and Chazdon 1998；Tekle and Bekele, 2000)。

萌蘖(sprouting)一般泛指由植物體根部

(roots)、根基(root collar)、特殊化的地下莖部〔木質塊莖(lignotubers)或根莖(rhizome)〕或樹幹基部不定芽所產生之枝條，萌蘖也意味著原根系的持續和損害樹幹的取代(陳子英，1994；張和明，1996；Del Tredici, 2001)。在演替過程中，這些經由無性繁殖所發育出來的萌蘖枝條，對於某些樹種的更新上，往往扮演了重要的角色，除了藉種子達到入侵的目的之外，萌蘖亦是重要的手段之一(Grime, 1979；Ohkubo et al., 1988；劉業經等，1988)。萌蘖為樹種的重要生命史特徵，常常會出現在不利的生長逆境(stress)，早期研究多針對人為伐木後，未受損害的根部萌蘖狀況，而近年來生態學家才開始深入探索萌蘖在植被重建所佔的重要性，對於非人為干擾(disturbance)之下，如風災、火災、病蟲害等(Nearelle, 1995；Bellingham and Sparrow, 2000)。相對於一般樹種以種子苗更新的方式，萌蘖苗由於可利用原有母株的根系及養分快速生長，更可以在母株發生斷裂或死亡時利用原本的生長空間，因此在更新上更具優勢(Putz and Brokaw, 1989；Miura and Yamamoto, 2003)。

陳本康等(2000)對羅滋草與賽芻豆均做過生長方面的研究，在五種植生材料〔白花三葉草、羅滋草、百慕達草、百喜草和賽芻豆〕生長試驗中，其中以賽芻豆的生長情況最佳，其次為百喜草與羅滋草。從觀測試驗過程中發現，以百喜草與羅滋草的初期生長速率較快，但到後期的生長狀況會受到環境因子限制；而賽芻豆較能適應該惡劣環境，且其生長狀態有成為該區植生材料中優勢草種之趨勢。在植生與土壤硬度方面，經山中式土壤硬度計測得試區的土壤硬度測值約在

27-30mm 左右，所有試驗植生材料中以賽芻豆根系之穿透能力較強且較能適應乾旱環境，故生長情況較佳。

在水土保持植生應用上，邱創益(1985)由土壤客土法導入植生之試驗得知，泥岩裸露坡面可用直接客土法或施用有機肥料法，將羅滋草單播或百喜草、百慕達草與鐵掃帚(*Lespedeza cuneata*)、羅氏鹽膚木(*Rhus javanica*)、野桐(*Mallotus japonicus*)等植物混播，導入坡面。而陸象豫和林信輝(1980)對於有關臺灣石灰石礦區之植生試驗結果中，以賽芻豆、營多藤(*Desmodium intortum*)及相思樹(*Acacia confusa*)等豆科植物種子之生長及覆蓋效果較佳，且賽芻豆適用於坡腳回填之植生上。郭張權(1998)對工法試驗之植生調查中，以番石榴(*Psidium guajava*)、羅氏鹽膚木、百喜草、百慕達草、黃野百合(*Crotalaria pallida*)和賽芻豆 6 種植生材料比較下，植生帶、肥束網帶法、擋土柵配合截留束法之處理區中皆以賽芻豆之重要值為最高。基於羅滋草與賽芻豆的生長速度快、覆蓋率高、適應惡劣之立地環境優良，並能有效抑制並減少表層土壤流失(陳本康、楊長壽，2000)，故近年來已被大量配合應用於各種植生工法上。林信輝(2001)與邱創益(2003)先後提出賽芻豆施用於植生工程上所造成之影響。賽芻豆雖可作為覆蓋、綠肥作物，並為優良牧草，而且種子可作為邊坡噴植用草種，並曾於石灰石礦區棄石地試驗效果良好，但其優勢生長會影響其他植生草類之生長。更甚者，被誤用混播之賽芻豆所獨占，極少有木本植物之存活，確實有阻礙植生演替及造成坡面沖蝕之虞。之後，林信輝(2006)亦對羅滋草之生長勢強提出看法，羅滋草於植生覆蓋後，其他植

物之入侵演替困難，故應用於水土保持目的之裸坡地植生工程，應酌量且謹慎使用。

材料與方法

1. 羅茲草與賽芻豆之基本資料

羅茲草	
學名	<i>Chloris gayana</i> Kunth
英名	Rhodes grass
科(屬)名	禾本科 (虎尾草屬)
別名	羅氏草、蓋氏虎尾草
習性	多年生草本，適生於海拔高約 500 m，喜日照，不耐蔭，耐高溫、耐鹽、耐旱性強，但不耐寒。適用多種土壤，能生長於野外荒地、河床、道路邊坡、海濱地區。
用途	本草種雖可在較陡坡上播種繁殖，亦能與豆草混合種植，或應用於崩場地或泥岩惡地區坡面植生材料。需注意的是，本草種之生長勢強，其植生覆蓋後，其他植物之入侵演替困難，故應用於水土保持目的之裸坡地植生工程，應酌量且謹慎使用。
	
羅茲草之匍匐莖與厚層覆蓋	
賽芻豆	
學名	<i>Macroptilium atropurpureus</i> (DC.) Urban
英名	Purple bean, Siratro
科(屬)別	豆科 (賽芻豆屬)
習性	多年生纏繞性草質藤本，適生於 500 m 以下。喜鹼性砂、壤土及石質土。
用途	可作為覆蓋、綠肥作物，並為優良牧草。種子可作為邊坡噴植用草種，曾於石灰石礦區棄石地試驗效果良好，其優勢生長會影響其他植生草類之生長，有阻礙植生演替及造成坡面沖蝕之虞。
	
賽芻豆纏繞木本植物與覆蓋情形	

2. 研究區域

石門水庫集水區以淡水河上游之大漢溪流域為其主流，集水面積約為 76,340 公頃，東鄰台北、宜蘭二縣，南接台中縣，西南與苗栗縣相連，西屬桃園與新竹二縣，行政區域除東邊之一部份屬宜蘭縣大同鄉、西端一帶屬新竹縣五峰鄉，西北角之極少部份屬新竹縣關西鎮、桃園縣大溪鎮與龍潭鄉外，大部分地區均隸屬桃園縣復興鄉與新竹縣尖石鄉。本研究試區則分別位於桃園縣復興鄉蘇樂橋與高義橋崩場地整治區。

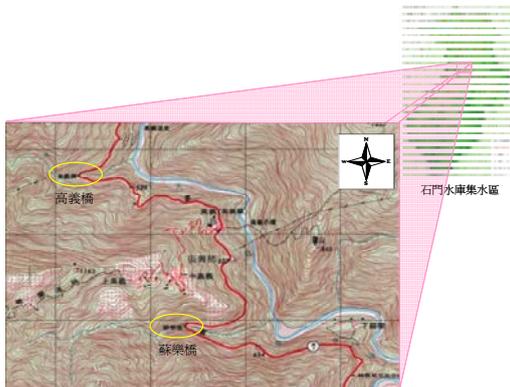


圖 1 研究試區蘇樂橋與高義橋位置圖

Figure 1 The locations of study areas of Sule Bridge and Gaoyi Bridge

3. 調查區之選定

(1)復興鄉蘇樂橋崩場地處理區

地點	桃園縣復興鄉高義村台 7 線 41.3K 處		
調查日期	2008 年 9 月 17 日		
TM2 度分帶座標	285305,	坡度	47°
	2732957	坡向	168°
施工期間	94~ 95 年	海拔	643 m

植生概述	全坡面緻密覆蓋羅滋草，於坡底有少量賽芻豆。坡面上方林型為大面積之桂竹林，下方鄰近大漢溪岸為演替初期及中期之低海拔闊葉樹種組成，主要有山黃麻、構樹、青剛櫟、朴樹、江某、山漆、臺灣欒樹、小葉桑、杜虹花、櫟、黃荊及臭辣樹等樹種。
試驗項目	1. 針對蘇樂橋羅滋草草生地中的樹叢進行研究，以瞭解其順利入侵生長之原因與機制。 2. 清除羅滋草並以薄層噴植處理，促使種子入侵生長。

(2)復興鄉高義橋崩場地處理區

地點	桃園縣復興鄉高義村台 7 線 37.5K 處		
調查時間	2008 年 9 月 17 日		
TM2 度分帶座標	284281,	坡度	38°
	2734708	坡向	153°
施工期間	94~ 95 年	海拔	629 m
植生概述	目前坡面植被以賽芻豆為主，其他尚有五節芒、大花咸豐草、青芎麻和羅滋草等。雖然坡面仍然有少數的木本植物，但在賽芻豆的厚層覆蓋下，生長受阻，大多無法順利成長。		
試驗項目	清除賽芻豆並觀察植物自然入侵之情形。		

4. 蘇樂橋木本植物入侵生長機制調查

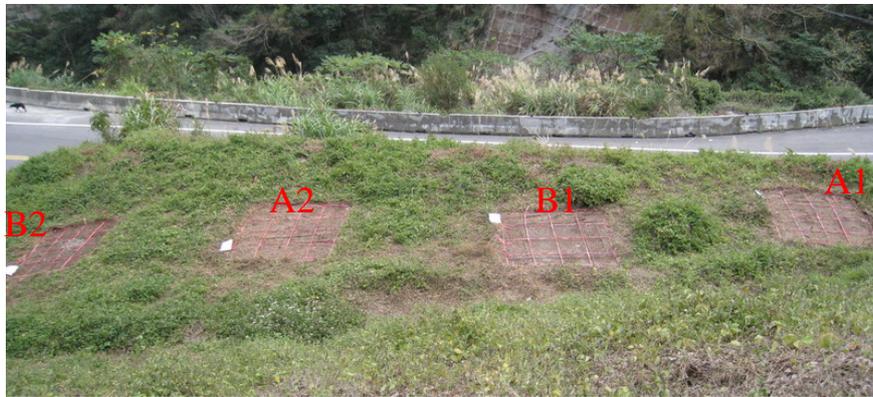
(1)種實雨之調查分析

本試驗於蘇樂橋之樣區，沿研究之帶狀樹叢搭設由 PVC 管組合，面積 1 m x 1 m，

頂高 0.8m，網目 1 mm×1 mm 之種實收集網 4 座，沿坡面由下而上依序編號為 1~4。種實雨之試驗方法，為每月蒐集掉落在種實網內所有粒徑 >1 mm 植物之花、果實、種子及其碎片，而後將各種實雨收集網之樣本進行室內試驗，以一種實網為單位，鑑定掉落種實之種類並將之分類、計數，並分別裝袋保存，若收集之種子太小不易判斷種類時，即進行發芽試驗，待其發芽後再給予以辨識。

(2)土壤種子庫之試驗

土壤採集方法為於植群調查樣區邊緣由下而上隨機選擇 4 點，挖取面積 20 cm×20 cm、深度 10cm 之適量土壤，0~5 cm 與 5~10 cm 分別各採取 1 袋土樣，共 8 袋，迅速置封口袋中，編號後攜回。本研究採行

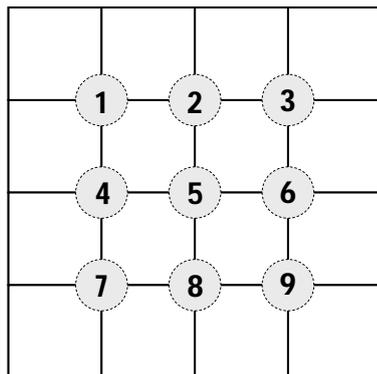


A1 和 A2：僅清除賽芻豆地上部之試區

B1 和 B2：清除賽芻豆地上部及地下根部之試區

圖 2 賽芻豆割刈範圍位置圖

Figure 2 Distribution of test areas



(a)試區內相對照度之測量位置與編號

01	02	03	04
05	06	07	08
09	10	11	12
13	14	15	16

(b)樣區內 16 個小區之編號

圖 3 試區內區塊編號

Figure 3 Coding the parts of test plots

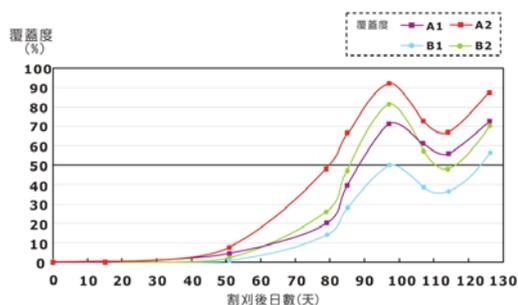


圖 4 高義橋割刈賽芻豆藤蔓試驗之覆蓋度變化圖

Fig.4 Coverage in plant growth experiment in Gaoyi Bridge

Simpson 等 (1989)的發芽試驗法(seedling emergence technique)。採回之土壤樣本，依 4 個採集點，將土樣放入預先準備好的 8 個塑膠發芽盆，平均平鋪於其上並與培養土均勻混合，厚度約 5~7cm 。將所有放置土壤之發芽盤均放置於陽光充足玻璃溫室當中，且每日給予適量水分以保持濕潤，並於發芽盆外圍以尼龍網罩住，防止其他外來種子進入。每星期記錄各土樣中發芽之植物種類及數量 1 次，可以辨別者記錄後予以移除，無法辨別者則以木籤標示待其生長成株直至可辨識為止。

(3) 植株萌蘖與拓展調查

坡面出現之此植群可能為坡面崩塌後殘存於土中之樹木殘株或殘根萌蘖而成，故本研究先覆蓋於表層之鐵絲網剪開，並配合鋤頭、鏟子等工具進行徒手挖掘，將採取此法剝除周圍植株與土壤，直接挖掘樹根，以判定樹木是否為萌蘖苗或實生苗。

5. 高義橋試區賽芻豆割刈試驗

本試驗於高義橋試區取 4 個試區，其面積各為 2 m×2 m，以人工方式直接將賽芻豆清

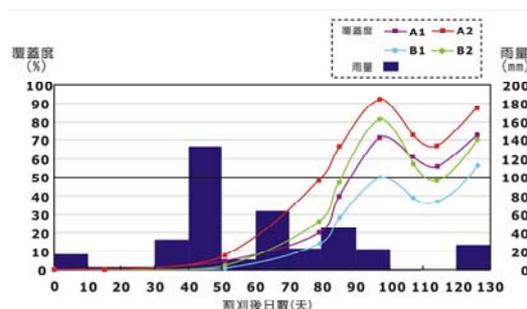


圖 5 試區植生覆蓋度與雨量變化圖

Fig.5 The relationship between coverage and rainfall

除，割刈狀況分別為：(1)僅清除賽芻豆地上部分，(2)清除賽芻豆地上部分及地下根部，各 2 區。並將每個試區，以 0.5 m×0.5 m 之面積大小等分為 16 個小區，以便日後觀察記錄 (如圖 2)。

每月至試區觀察入侵生長狀況，定期以 2 台照度計(型號：TES-1339R)分別於試區內固定點位 1 至 9 (圖 3(a)) 與周圍空曠無遮蔭地區測量之相對照度(relative illuminance) (圖 3)，另外計算 16 個小區塊和整體的覆蓋度變化 (圖 3(b))，與監測其恢復速度，並同時調查有無其他物種生長並拍照記錄。

結果與討論

1. 蘇樂橋噴植試區木本植物入侵與拓展機制調查

一般天然闊葉林更新材料的來源有掉落的果實與種子、土壤表層的種子庫，以及根株的萌蘖。蘇樂橋崩塌地試區內木本植物之更新拓展機制的調查結果整理於表 1，出現於種實雨收集網的樹種有小葉桑、山黃麻、紅面將軍、朴樹、烏榕和構樹等 6 種，經由發

芽試驗無發現任何木本植物種子於土壤種子庫中，而有呈現殘株萌蘖現象的植株則有小構樹、水麻、水雞油、紅面將軍、青芋麻、桂竹、烏柑仔、構樹和廣東油桐等 9 種。

依試驗結果而言，試區裡的樹種於崩塌初期，以種實雨和殘株萌蘖為主要更新拓展方式，特別是數量較多的樹種多有殘株萌蘖之跡象，而目前來說驗林試區內則僅以種實雨更新為主，可於試區多處發現有小苗陸續生長。此外，樹叢內相對照度為 27.3%，單位面積的光量大約為樹叢外的四分之一，不耐陰的羅茲草似乎因此而無法順利生長，除了樹叢內的羅茲草數量較為稀少外，部分進入樹叢密集處的羅茲草也有枯萎的現象。就此來說，樹木之生長有助於抑制羅茲草之生長，有可能因此促進其他木本植物入侵生長。

就 3 棵原保留木朴樹、烏榕和構樹比較，朴樹和烏榕沒有新植株的產生，而構樹卻成為此區的優勢種，基本上三者均屬於良好的水土保持應用樹種，依目前所知有不少構樹是由萌蘖形成，而朴樹和烏榕則無，對於它們的種子發芽生長的障礙仍需進一步研究才可確定。

本崩塌地坡面整治工程於民國 95 年完工至今僅 3 年的時間，由原 3 株保留木慢慢擴張形成一叢樹木，而於坡面上成為所謂的樹島(tree island)，依據 Nyland(1998)調查結果顯示，由相近的苗木所形成的樹島，最後會聯結聚合成一多齡階而連續之林分。而於試區內的樹種多數相當年輕，對於是否能單純依靠自然演替方式，由此樹島順利向外擴張，與試區周圍數個零星小叢樹木(小樹島)相連成一體，進而使坡面森林化則有待後續觀察。

表 1 蘇樂橋崩場地試區內木本植物之更新拓展機制的調查結果

Table 1 The investigation of tree invasion mechanism in the landslide area in Sule Bridge

樹種	演替機制			備註
	種實雨	土壤種子庫	根株萌蘖	
小葉桑	○	×	×	
山黃麻	○	×	×	
水麻	×	×	○	
水雞油	×	×	○	
臺灣欒樹	×	×	×	噴植樹種
紅面將軍	○	×	○	
朴樹	○	×	×	原保留樹
杜虹花	×	×	×	
長梗紫麻	×	×	×	
青芋麻	×	○	○	
桂竹	×	×	○	
烏柑仔	×	×	○	
臭辣樹	×	×	×	
野桐	×	×	×	
烏榕	○	×	×	原保留樹
構樹	○	×	○	原保留樹
臺灣狄氏厚殼	×	×	×	
廣東油桐	×	×	○	
羅氏鹽膚木	×	×	×	噴植樹種

註：○ 表物種有呈現此演替機制；
X 表物種無呈現此演替機制

2. 高義橋試區賽芻豆割刈試驗

(1) 不同割刈處理之生長調查

在僅清除賽芻豆地上部之試區，其主要再生方式，初期試區的中間部分以賽芻豆地下殘根萌蘖為主，而試區周圍未清除的部分亦會同時向試區內生長，包括賽芻豆、百慕達草和大花咸豐草等，到了後期經由傳播進

入的種子也會開始發芽生長，以昭和草和賽芻豆為主。在清除賽芻豆地上部與地下部之試區，初期再生狀況較為緩慢，僅依靠試區周圍的植物由外緣向內入侵生長，試區的中間部分要到種子入侵後才開始生長，以點狀式蔓延覆蓋，比較之下，僅清除賽芻豆地上部之試區則以全區域同時再生覆蓋進行。

值得注意的部分，原先在未做任何處理前進行植生調查並無發現昭和草，於進行割刈處理後，均可在 4 個試區內發現昭和草，且於部分試區佔覆蓋面積相當大的比例，但尚無發現任何木本植物入侵生長之情形。

(2)不同割刈處理之再生覆蓋比較

A.覆蓋度之變化

試驗時間由 2009 年 1 月 20 日開始，到了 3 月初較有明顯的植物生長(即割刈後 50 天)，其覆蓋度變化如圖 4 所示，A1 和 A2(僅清除賽芻豆地上部之樣區)明顯大於 B1 和 B2(清除賽芻豆地上部與地下部之樣區)，4 個試區覆蓋度均尚未達 10%，A1 和 A2 試區覆蓋度大於 B1 和 B2 試區，此時以殘根萌蘖和匍匐莖入侵生長為主。到了 4 月 9 日(即割刈後 80 天)，A2 覆蓋度已經將近 50%，B2 覆蓋度大於 A1，B1 為 4 個試區中最低約 14%，在 A2 和 B2 中可發現大量的昭和草和賽芻豆的種子而形成之小苗(亦有大花咸豐草但數量不多)，在 A1 和 B1 則較不明顯。4 月 15 日(割刈後 86 天)之後，A2 的覆蓋度遠遠大過其他三者，覆蓋度其次的 B2 僅接近 4 月 9 日(割刈後 80 天)A1 數值。4 月 27 日(割刈後 98 天)A2 覆蓋度超過 90%，為紀錄中的最高值，之後 5 月 7 日(割刈後 108 天)和 5 月 14 日(割

刈後 115 天)4 個試區覆蓋度都呈現負成長，而原本覆蓋度略小於 B2 的 A1，開始大於 B2。整體覆蓋度到了 5 月 26 日(割刈後 127 天)再次出現增加之情形。

B.降雨量對覆蓋度之影響

氣候對於植生之生育與分布影響甚大，特別以氣溫與降雨量更具影響力。經初步觀察後，因氣溫與試區植生覆蓋度變化沒有明顯相關性，故此處僅討論降雨量對植生覆蓋度變化之影響。水分為植物發芽與生長的重要因子之一，必須從土壤中獲得，而土壤水分又來自大氣中。對於試區內植生覆蓋度之消長，推論與水分有所關聯，故繪製雨量與覆蓋度之關係圖 5 以了解變化。

就整體而言，割刈後 30 天才有發芽生長之跡象，50 天左右開始有較明顯擴張覆蓋，30~50 天期間有累積雨量有顯著的增加，之後就大致維持一定的雨量持續至割刈後 100 天，大約在 80~100 天之間整體覆蓋度均急速擴張，在 100 天左右(2009.04.27)達覆蓋度最大，之後，可以發現覆蓋度隨雨量減少而明顯下降，而於現場可見大量的植物因水分不足而枯萎，大概在 115 天(2009.05.14)前後覆蓋度下降至最低，之後即有再恢復之情形。

(3)賽芻豆割刈試驗結果討論

以試區覆蓋度和相對照度去評估植生再生狀況，本試驗結果顯示，如果單純考慮賽芻豆割刈後的再生情況，僅清除賽芻豆地上部之試區因有地下殘根、種子傳播與外緣入侵同時進行，故再生速度較快也使覆蓋度較高，這部分在生長初期和昭和草大量枯死期較明顯。

4 個試區均有出現非此地原有種的昭和草，且部分試區的入侵狀況相當不錯，但因為成長期間水分不足而造成大量枯死，而使得原生長區被適應力強的賽芻豆所取代，顯示即使種子初期能成功入侵生長，但成長期無法克服不利的環境因素，仍然無法順利長期於賽芻豆草生地生長。而賽芻豆的清除狀況似乎對物種入侵沒有太明顯的影響。此外，試區內並無任何木本植物入侵，試區周圍木本植物以青苧麻為主，其果期為 9~12 月，與本試驗期錯開，故缺乏自然入侵之種源。

結論與建議

結論：

1. 蘇樂橋崩場地噴植示範地區保留木及其拓展調查

(1) 本研究試區中，木本植物之種類有 10 科 18 屬 20 種，共 144 株，以生活型區分，則有喬木 11 種、灌木 9 種。除了原保留木朴樹、烏榕及構樹各 1 株，其他均為後來生成，構樹和水雞油為此樹叢的優勢種。

(2) 原崩場地整治噴植樹種中，僅出現台灣欒樹和羅氏鹽膚木各 1 株。

(3) 殘餘坡面上的土壤分布可能為影響木本植物入侵生長的原因之一，而坡度對試區內木本植物入侵生長影響較為明顯，但對試區外圍地區較不顯著。

2. 蘇樂橋噴植地區木本植物入侵與拓展情形調查

(1) 試區裡的樹種以種實雨和殘株萌蘖為主要更新拓展方式，有收到 6 種木本植物的種子，有 9 種木本植物出現殘株萌蘖之情形。殘株萌蘖調查部分，建議等樹叢能更加穩固於坡面後，再進一步調查以了解萌蘖對此植群之重要性。

(2) 於植群內的羅茲草受到樹冠遮蔭的影響，生長狀況不佳，也顯示其不耐陰性，推估樹木之生長與拓展有助於抑制羅茲草之生長。

3. 高義橋試區賽芻豆割刈試驗

(1) 無論僅清除地上部或連地下部一同清除之賽芻豆試區，外界植物入侵狀況均差異不大，但僅清除地上部之試區整體上賽芻豆再生速度較快。入侵植物於成長期若無法克服不利的環境因素，很快的就會被適應力強的賽芻豆取代，使得處理區最後再次成為單一植相。

(2) 在賽芻豆割刈試驗中，降雨量會影響植生覆蓋度，故可於雨季來臨前進行割刈，較有助於其他植物之入侵生長。

(3) 有關賽芻豆季節性的生長狀況之差異，與木本植物未能順利入侵之原因還有待後續研究。

建議：

1. 在不影響坡面整治與較為穩定不易再次崩塌地區，除了危木傾倒移除外，建議保留多數殘存木，或者保留未受損害的根部。崩塌發生後，相對於一般樹種以種子苗更新的方式，萌蘖苗由於可利用原有母株的根系及養分快速生長，更可以在母株發生斷裂或死亡時利用原本的生長空間，因此在更新上更具

優勢。

- 2.在形成單一植相草地之崩場地,建議以除刈的方式,並配合木本植物於雨季之播種以利於崩場地演替進行。
- 3.如崩場地植生工程需二次植生導入,建議選擇於造林季節播種或苗木導入,否則必須進行較為完善之養護作業,充分供給水分以彌補天然降水不足及不利的環境因素等。

誌謝

本研究承行政院農委會水土保持局台北分局委辦石門水庫集水區治理工程植生復育及生態棲地調查分析之研究計畫經費提供,謹此誌謝。

參考文獻

1. 林文智、郭耀綸、陳永修、張乃航、洪富文、馬復京, 2004, 台灣南部多納針闊葉林土壤種子庫與森林更新, 台灣林業科學 19(1) : 33-42。
2. 林信輝, 2001, 水土保持植生工程, 高立圖書公司。
3. 林信輝, 2005, 台灣地區噴植工法之研究, 2005 台日治山防災與植生綠化工法研討會論文集, P 155-168。
4. 林信輝, 2006, 坡地植生草類與綠肥植物, 行政院農業委員會水土保持局。
5. 邱創益, 1985, 台灣西南部青灰岩(泥岩)裸露地植生復舊之研究(第三報), 屏東

農專學報 26 : 59-86。

6. 邱創益, 2003, 陡峭岩壁與礫石層之生態綠化技術, 泥岩自然生態工法研討會論文集, P 25-53。
7. 高貴珍, 2006, 孔隙對苗栗縣海岸木麻黃林物種多樣性之影響, 國立中興大學森林系碩士論文。
8. 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, 國立臺灣大學植物學研究所碩士論文。
9. 郭張權, 1998, 泥岩挖方坡面植生工法之土壤保育功效探討, 中興大學水土保持學系碩士論文。
10. 陳子英, 1994, 臺灣北部楠儲林帶儲木林型主要樹種天然更新方式之研究, 國立臺灣大學森林學研所博士論文。
11. 陳本康、楊長壽, 2000, 砂頁岩邊坡植生探討, 水土保持植生工程研討會論文集。
12. 陳明義、周文郢、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) : 23-310。
13. 陸象豫、林信輝, 1980, 石灰石礦區廢土石地植生覆蓋試驗, 中華水土保持學報 11(2) : 117-130。
14. 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, 中興大學森林系博士論文。
15. 劉業經、歐辰雄、呂金誠, 1988, 臺灣中部地區闊葉樹林人為干擾後植群之演替, 中華林學季刊 21(1) : 11-28。

16. Bellingham, P.J., Sparrow, A.D., 2000. Resprouting as a life history strategy in woody plant communities. *Oikos* 89:409-416.
17. Del Tredici, P., 2001. Sprouting in temperate trees : a morphological and ecological review. *Bot. Rev.* 67 (2) : 121-140.
18. Denslow, J. S., and A. E. Gomez Diaz, 1990. Seed rain to tree-fall gaps in a neotropical rain forest. *Can. J. For. Res.* 20:642-648.
19. Depuy JM, Chazdon RL, 1998. Long-term effects of forest regrowth and selective logging on the seed bank of tropical forest in NE Costa Rica. *Biotropica* 30: 223-37.
20. Grime J . P . , 1979. Plant strategies and vegetation process. John Wiley and Sons . U.K.
21. Harper, J. L., 1977. Population biology of plant Academic Press, London.
22. Hill, M. O., and P. A. Stevens, 1981. The density of viable seed in soils of forest plantations in upland Britain. *Journal of Ecology* 69: 693- 709.
23. Miura M., S. I. Yamamoto, 2003. Structure and dynamics of a *Castanopsis cupidata* var. *sieboldii* population in an old-growth, evergreen, broad-leaved forest: The importance of sprout regeneration. *Ecological Research* 18:115-129.
24. Murray, K. G., 1988. Avian seed dispersal of three neotropical gap-dependent plants. *Ecol. Monogr.* 58:274-298.
25. Nearelle R. R. B, 1995. Sprouting after uprooting of canopy trees in the Atlantic rainforest of Brazil. *Biotropica.* 27(4): 448-454.
26. Nyland, R. D. 1998. Patterns of lodgepole pine regeneration following the 1988 Yellowstone fires. *Forest Ecology and Management* 111: 23-33.
27. Ohkubo, T., M. Kaji and T. Hamaya, 1989. Structure of primary Japanese beech (*Fagus japonica* Maxim.) forest in Chichibu mountains, central Japan, with special reference to regeneration processes. *Ecol. Res.* 3:101-106.
28. Putz, F. E. and N. V. L. Brokaw, 1989. Sprouting of broken trees on Barro Colorado Island, Panama. *Ecology* 70:508-512.
29. Simpson RL, Leck MA, Parker VT, 1989. Seed banks: general concepts and methodological issue. In: Leck MA, Parker VT, Simpson RL, editors. *Ecology of soil seed banks*. San Diego, CA: Academic Press. p 3-8.
30. Tekle K, Bekele T, 2000. The role of soil seed banks in the rehabilitation of degraded hillslopes in southern Wello, Ethiopia. *Biotropica* 32: 23-32.

99年03月08日收件

99年03月22日修改

99年03月23日接受

水土保持學報 42(2) : 113-226(2010)

Journal of Soil and Water Conservation,42(2) : 113-226 (2010)