

崩塌地治理適用原生草種初步評估與發展建議

許愷岐⁽¹⁾ 宋國彰⁽²⁾ 林信輝⁽³⁾

摘要

臺灣因位處於板塊交界處且降雨集中，經常發生崩塌、地滑、土石流等災害。以播種法導入之植株，其根系生長較植栽木發達且粗壯，因此播種法為目前崩塌地植生處理的主要工法。但因播種法往往屬全面性施做，因此需大量種子，才得以發揮功效。而臺灣因環境氣候溫差大，種子結果不定，且種子生產技術缺乏，因此過去崩塌地植生處理，草類種子大多仰賴國外進口。然而，外來物種種子雖可大量取得且快速使裸露地達到覆蓋，但是亦有研究顯示，植生處理所導入的外來物種，造成後續植群演替的遲滯。因此本研究透過文獻分析與專家學者訪談，篩選出7種(五節芒、狗牙根、兩耳草、假儉草、臺灣蘆竹、臺灣澤蘭、龍爪茅)適宜崩塌地應用之原生草本植物，並對7種植物進行發芽試驗。結果顯示，狗牙根、假儉草、臺灣澤蘭與龍爪茅之發芽率與發芽指數相當良好(發芽率>70%，發芽指數約30)，因此未來可嘗試應用；而五節芒、兩耳草及臺灣蘆竹發芽率較低，仍需進一步試驗與研究。此外，經訪談得知，為完整規劃出原生草類於崩塌地應用之發展方案與可行性評估，後續應結合產官學界專家學者與民間團體，針對種子生理、生產、繁殖與應用，一同研擬長期研究計畫。

(**關鍵詞**：植生復育、植生工程、草本植物、種子)

Preliminary Evaluations and Development Suggestions for Using Native Herbs in Landslide Remediation

Kai-Chi Hsu⁽¹⁾ *Guo-Zhang M. Song*⁽²⁾ *Sin-Huei Lin*⁽³⁾

PhD student⁽¹⁾, Assistant Professor⁽²⁾, Part-time Professor⁽³⁾ Department of Soil and Water Conservation, National Chung-Hsing University, Taiwan

ABSTRACT

Disasters such as collapses, landslides, and landslides often occur in Taiwan, because this island is at the junction of the tectonic plates and its rainfall is temporally concentrated. Roots of plants introduced through sowing are better developed and stronger than those through transplanting. Therefore, the sowing method is currently the main method of vegetation treatment for landslide sites. Nevertheless, a large number of seeds are needed if the sowing method is applied to large areas. Most herbaceous seeds for landslide revegetation are imported due to low fecundity associated with varying temperature

⁽¹⁾中興大學水土保持學系博士生

⁽²⁾中興大學水土保持學系助理教授(通訊作者 e-mail：mikesong@nchu.edu.tw)

⁽³⁾中興大學水土保持學系兼任教授

and the lack of seed production techniques. Although imported seeds can be obtained easily in large quantities and provide vegetation cover for bare lands quickly, studies have shown that some alien species introduced in vegetation treatments delayed subsequent plant succession. Therefore, based on literature review and interviews with experts and scholars, this study has selected seven native herbs suitable for landslide revegetation (*Arundo formosana*, *Cynodon dactylon*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Eremochloa ophiuroides*, *Eupatorium formosanum*, *Miscanthus floridulus*, *Paspalum conjugatum*). The results of germination tests for these seven species showed that the germination rates and germination indices of *Cynodon dactylon*, *Eremochloa ophiuroides*, *Eupatorium formosanum*, and *Dactyloctenium aegyptium* were relatively high (germination rate > 70%, germination index about 30), so it is attemptable to use them in practice in the future. However, further experiments and research were needed for *Miscanthus floridulus*, *Paspalum conjugatum*, and *Arundo formosana*, because of their low germination rates. Additionally, results of interviews indicated that, to have a comprehensive plan for the development and feasibility evaluation of using native grasses in landslide revegetation, the follow-up approach is to develop a long-term research project which is jointly proposed by the industry, government, academia, and non-government organizations and focuses on seed physiology, production, reproduction, and application.

(Keywords : Vegetation recovery, Vegetation engineering, Herbaceous plant, Seed)

前言

臺灣因位處於歐亞大陸與菲律賓海板塊交界處且降雨季節集中，因此每到颱風梅雨季，極端降雨量經常導致國有林發生崩塌、地滑、土石流等坡面災害。目前，已有許多文獻及研究證實，植物的生長在水土保持中扮演重要角色，其中草本植物對於裸露坡面具有減緩地表逕流的土壤沖蝕與降雨落下造成的雨滴沖蝕(陸象豫，2011)；而木本植物的根系，更能對坡面產生如同錨定的作用，以提升邊坡穩定(黃群翰，2013)。

播種法是過去崩塌地植生處理的主要方法。以播種法導入之植株，其根系生長較於植栽木發達且粗壯，較能適應不同的惡地環境(林信輝，2016)。因此透過播種法，可以

讓裸露坡面快速受到草類覆蓋，並隨時間增長，木本植物逐漸生長，以達到坡面保護的功能。但因崩塌地播種法往往屬全面性施做(如噴植工法)，因此需要較大量的種子，才得以達到保護坡面之功效。此外，因水土保持所應用植物大多屬耐環境應力性強之特殊物種，需在廣大空間作大量繁殖，才得以供應工程使用。而臺灣因氣候溫差大，植物成長過程中，易因環境變化太大，導致萌芽率低，此外，因水保草類植物種子小，因此過去進行崩塌地植生處理時，草類種子大多都以國外進口為主(彭心燕等，2010)。然而，雖外來種子大量取得容易且可快速覆蓋裸露地表，但是過去有研究發現，因植生工程導入的外來物種(如羅滋草(*Eustachys gayana*)、賽芻豆(*Macroptilium atropurpureus*))會長時間佔據施工地點，讓當地的植群無法順利地

往下一個階段演替(彭心燕等, 2010), 甚至入侵治理範圍以外地區。

臺灣自海岸沙丘地起、平地、丘陵到高山, 各處皆有特定的植群, 因此, 臺灣雖土地面積不大, 卻蘊育了豐富的生物多樣性, 就第二版臺灣植物誌記載, 臺灣具有4,000多種原生植物, 其中更有將近25%的植物屬於臺灣特有種植物(國立中興大學實驗林管處, 2019)。

因此, 若能從這4,000餘種的原生植物中, 找出合適於崩塌地植生導入之水土保持草類, 對於崩塌地除了可以達到坡面保護外, 更可以減少對後續植群演替的衝擊與入侵威脅。就此, 本研究欲透過文獻、案例蒐集與專家學者訪談之方式篩選出具有應用潛力之原生草本植物, 之後針對所選物種進行發芽試驗, 並彙整現階段原生草本植物於崩塌地應用及生產上之相關問題, 以初步評估原生草本植物於水土保持應用之可行性, 以作為未來崩塌地植生導入參考應用之依據。

材料與方法

1. 文獻回顧法與案例蒐集

文獻分析法 (Document Analysis) 是指根據一定的研究目的或課題, 透過蒐集有關市場資訊、調查報告、產業動態等文獻資料, 從而全面而精準地掌握所要研究問題的一種方法(朱柔若, 2000)。因此, 為建立崩塌地常用與常見草本植物名單, 本研究以文獻與案例蒐集之方式, 彙整崩塌地常用與常見草本資料庫, 而為增加資料多樣性, 本研究文獻與案例蒐集主要有三類來源, 分別為「崩塌地植生導入常用草本植物」、「崩塌地

治理後演替草本植物」、「崩塌地自然演替草本植物」。各類文獻案例與蒐集方式說明如下：

(1) 崩塌地植生導入常用草本植物

過去為使崩塌、裸露、等特殊地區快速恢復植生覆蓋, 許多專家學者經國內外施工案例與交流, 彙整出可用於崩塌地噴植治理之水保物種, 而當時對於崩塌地應用草本植物之選種要點主要包括 ①耐貧瘠、抗環境應力 ②生育初期及成長後, 覆蓋地表效果大 ③可快速生長、葉量多而茂盛 ④根系擴張固結土壤效果較大 ⑤有改良土壤並增加土壤有機質者。綜合上述特性與種子選擇要點, 過去於崩塌地噴植治理應用之草本植物種類, 如下表1所示：

(2) 崩塌地治理後演替草本植物

種子經人為導入治理後, 裸露坡面將隨時間逐漸生長而相互競爭, 最終雖仍可達到植生覆蓋, 但其存活物種未必為起初導入之物種, 而可能是由生長勢較強或較適生於該環境之現地物種。因此為了解經人為治理區其後續適生之原生草種, 本研究蒐集中部地區7處近5年之崩塌植生治理實際案例, 並將各案例施工導入物種與後續演替優勢物種予以彙整, 以了解經人為導入後之崩塌地其後續演替常見草本物種, 以作為篩選資料庫的參考。本研究所蒐集之7處崩塌地區域資訊與調查物種列如下圖1與表2所示：

(3) 崩塌地自然演替草本植物

倘若崩塌地具保全住戶或急需整治處理, 往往會以人為介入方式加速植生綠覆與演替, 但若該崩塌地對於民眾或是環境並無

直接衝擊影響，一般將置之使其自然復育。林試所為了解草本植物在崩塌地自然復育過程中更新潛勢與崩塌地更新入侵植物之關係，於102年12月至104年4月針對臺灣中部、南部與東部進行植生調查(行政院農委會林業試驗所，2015)。其調查海拔自206 m

到中高海拔2,550m，面積自150 m²到10 ha 以上，坡度在45-65°之間，而含石率在50-80%之間，總計16處崩塌地屬於不穩定的坡面。其調查結果與崩塌地具更新復舊潛力植物出現頻度與海拔分布列如下表3所示：

表1 過去崩塌地噴植主要應用之草本植物(林信輝，2006)

序	中 名	科名	學名	性狀、習性	種子型態	繁殖方法	種子粒數/公克	主要用途
1	類地毯草*	禾本科	<i>Axonopus affinis</i>	0.05~0.35 m 多年、匍匐莖	穎果	分株播種	2,500	坡面植生 草皮草種 噴植草種
2	羅滋草**	禾本科	<i>Chloris gayana</i>	多年、叢生匍匐莖	穎果	播種	4,250	噴植草種 鹽地植生
3	狗牙根*	禾本科	<i>Cynodon dactylon</i>	0.05~0.4 m 多年 走莖、宿根	穎果	扦插播種	3,800	路面植草 邊坡植生
4	假儉草	禾本科	<i>Eremochloa ophiuroides</i>	0.05~0.15 m 多年、匍匐莖	穎果	分株播種	1,600	噴植草種 邊坡植生 草皮草種
5	高狐草*	禾本科	<i>Festuca arundinacea</i>	0.5~0.8 m 多年、深根、叢生	穎果	播種	400	噴植草種 邊坡植生
6	多年生黑麥草*	禾本科	<i>Lolium perenne</i>	0.2~0.4 m 短期、叢生	穎果	播種	460	邊坡植生 噴植草種
7	五節芒	禾本科	<i>Miscanthus floridulus</i>	2~4 m 多年、叢生	穎果	播種分株	1,250	荒地植生 邊坡植生
8	兩耳草	禾本科	<i>Paspalum conjugatum</i>	0.05~0.3m 多年、走莖	穎果	扦插	4,600	果園覆蓋 先驅植物
9	百喜草* (小葉品系)	禾本科	<i>Paspalum notatum</i>	0.1~0.5 m 多年、分蘖	穎果	分株播種	350	草帶草溝 噴植草種 邊坡植生
10	培地茅*	禾本科	<i>Vetiveria zizanioides</i>	1.5~3 m 多年、叢生	不稔	分蘖播種	—	濱水帶 惡地植生
11	鐵掃帚	豆科	<i>Lespedeza cuneata</i>	0.6~1.0 m 多年、草本直立	莢果	播種	720	荒地植生 土質改良
12	賽芻豆**	豆科	<i>Macroptilium atropurpureum</i>	0.8~0.9 m 多年、藤本	莢果	播種	70~75	邊坡荒地 植生綠肥
13	白花三葉草*	豆科	<i>Trifolium repens</i>	0.2~0.3 m 短期、單生蔓莖	莢果	播種	700	邊坡植生 礦區植生 噴植草種

*：外來種或引進植物 **：侵略性草種

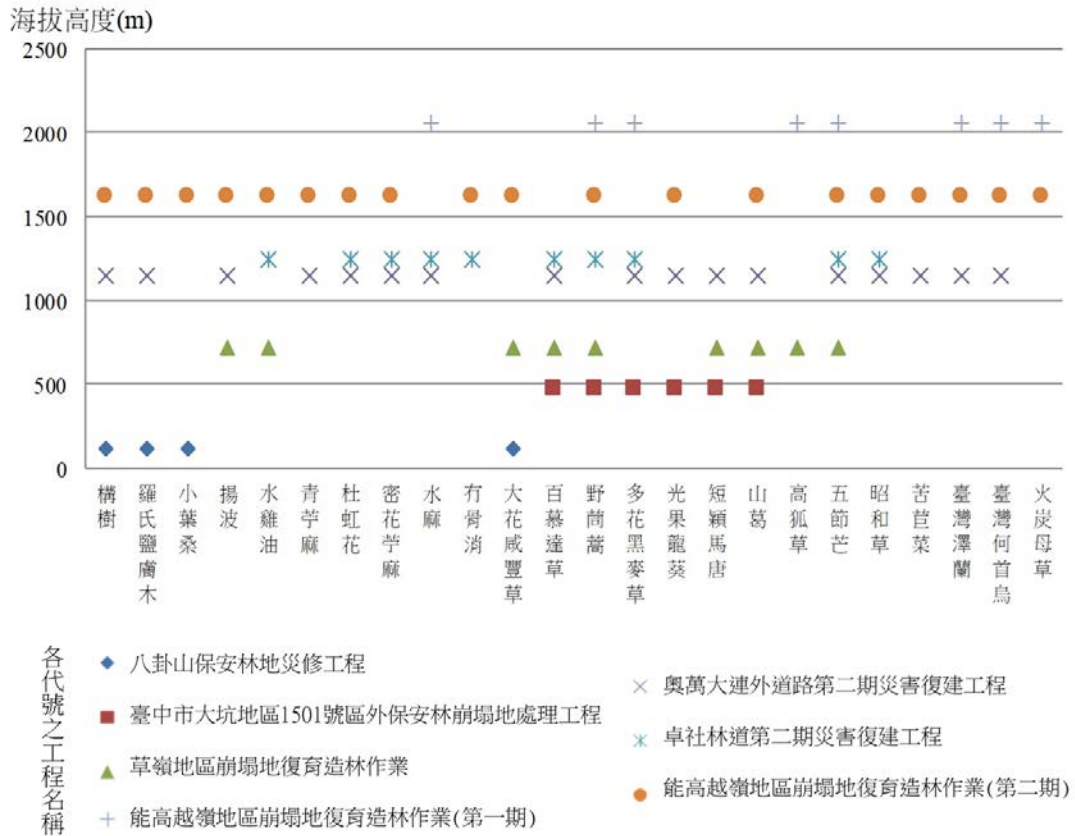


圖1 7處崩塌地演替初期草本植物出現海拔分布彙整(林德貴、林信輝，2009)

表2 過去崩塌地噴植治理應用之草本植物(林務局，2010)

序	工程名稱	施工地點	復育間距	人為導入草種	後續調查草本物種
1	八卦山保安林地災修工程	彰化縣/二水鄉	5年	小葉百喜草 類地毯草 百慕達草	羅滋草 五節芒 百慕達草
2	草嶺地區崩塌地復育造林作業	雲林縣/古坑鄉	2.5年	多花黑麥草 高狐草 類地毯草	五節芒 大花咸豐草 山葛 甜根子草
3	卓社林道第二期災害復建工程	南投縣/埔里鎮	4年	小葉百喜草 類地毯草 百慕達草 多花黑麥草	
4	奧萬大聯外道路第二期災害復建工程	南投縣/仁愛鎮	2.5年	小葉百喜草 類地毯草	五節芒 臺灣何首烏

				百慕達草 多花黑麥草	加拿大蓬
5	台中市大坑地區1501號 區外保安林崩塌地處理 工程	臺中市/北屯區	2.5年	百慕達草 小葉百喜草 多花黑麥草	大花咸豐草 山葛 短角苦瓜
6	能高越嶺地區崩塌地復 育造林作業(一)	南投縣/仁愛鄉	3年	多花黑麥草 高狐草 稻草蓆覆蓋	白背芒 臺灣何首烏 蔓黃苑 五節芒
7	能高越嶺地區崩塌地復 育造林作業(二)	南投縣/仁愛鄉	2.5年	多花黑麥草 稻草蓆覆蓋	白背芒 五節芒 臺灣澤蘭

表3 16處崩塌地具更新復舊潛力植物樣點出現頻度與海拔分布(林試所，2015)

植物種類	崩塌地出現頻度 (%)	覆蓋度(%)	林緣出現頻 度(%)	海拔分布(m)
五節芒	87.5	15~80	18.8	200~2,000
台灣蘆竹	31.3	5~40	-	400~2,030
高山芒	12.5	10~20	-	>2,000
棕葉蘆	12.5	2~10	-	200~1,300
大莞草	12.5	++~20	-	1,600~2,000
火炭母草	18.8	+	25.0	1,000~2,100
大葉溲疏	31.3	+	18.8	700~2,500
駁骨丹	31.3	+5	6.3	400~1,400
波葉山螞蝗	25.0	+25	-	1,400~2,100
山葛	43.8	++	12.5	200~1,400
密花芋麻	31.3	+~15	31.3	200~2,000
水雞油	12.5	++	12.5	400~1,000
水麻	-	++	18.8	400~1,600
笑靨花	4.3	40	6.3	2,000~2,100
臺灣懸鉤子	12.5	+~2	6.3	1,000~2,100
虎婆刺	25.0	+~15	6.3	400~2,000
苦懸鉤子	6.3		12.5	1,600~2,000
椴葉懸鉤子	18.8	+~5	12.5	200~1,000
大花落新婦	12.5	++~5	-	1,400~2,500
台灣澤蘭	56.3	+~40	6.3	700~2,000

2. 專家學者訪談

除上述相關文獻與案例蒐集彙整外，為了解國內業界與實務應用上之崩塌地物種、

種子生產、應用、取得等相關資訊，本研究諮詢產官學界等專家學者，包括水保、森林之學術研究單位(含在職與退休)、政府機構專家及種子廠商業者或民間植物專家等(如

表4)，請益有關現行崩場地適用之原生草本植物問題與生產、推廣等建議事項，以作為篩選物種之參考。本研究訪談之項目與訪談名單如下表4：

- ① 花軸採集：自花軸切取，採集整個花序敲打後收集，或鋪放於地面後，俟其種子掉落後收集之，如五節芒等。
- ② 採集器採集：種子容易飛散，採種時間不

表4 產官學界專家學者訪談名單

	名字	服務單位	植物專長領域
學術單位	郭華仁	國立臺灣大學農藝學系(已退休)	種子技術、生態、種源
	曾彥學	國立中興大學森林學系	樹木學、森林植物生態學
	楊勝任	國立屏東科技大學森林系	森林生態學、樹木學
	王志強	國立屏東科技大學森林系	樹木學、森林生態學
	謝杉舟	國立屏東科技大學水土保持系(已退休)	水土保持植物、植生工程
政府機構	陳志輝	行政院農業委員會特有生物研究保育中心	禾本科植物分類、生物多樣性保育
	林文智	行政院農業委員會林業試驗所-六龜研究中心	造林技術、林木生態生理
廠商業者	呂文賓		原生植物、種子採集、景觀
	吳建和	詠輝工程實業有限公司	草皮買賣、培育、繁殖
	陳泉鉉	大葉園藝有限公司	花草樹木種子買賣，水保植生
	周榮豐	飛達貿易股份有限公司	植生工程施工、種子採集
	林澤仁	甲業企業有限公司	植生工程施工

(1) 訪談項目

- ①對目前臺灣崩場地使用外來種之看法？
- ②臺灣應用原生種種子源之可行性？
- ③建議使用之崩場地原生草本植物？
- ④其他操作與實務上之相關建議？

3.種子篩選與採集

根據上述三種文獻資料與專家學者訪談之物種名錄，本研究將以文獻案例出現頻率較多之物種進行初步篩選，之後以該物種之特性與採種難易等進行第二次評估。而第二次篩選名單確認後，將進行種子的採集，並針對不同種子進行純化處理，以進行後續種子發芽試驗。草本物種之種子採集方法經文獻及業界專家學者訪談了解後彙整，有以下三種採種方法(圖2)

易把握，可利用塑膠網、吸集器收集種子，如臺灣澤蘭等。

- ③ 直接種子採集：種子顆粒較大者，或可現地直接收集，如兩耳草等。



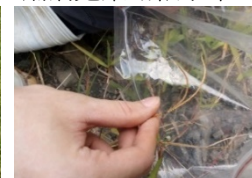
花軸採集臺灣蘆竹



鋪網蒐集甜根子草



吸取器蒐集澤蘭



直接採集種子

圖2 草本植物之採集方法

4. 種子發芽試驗

種子採集並經預備清理作業後，本研究皆於7日內依據1995國際種子檢查規則所列相關規定，以植物生長箱控制溫度25°C，濕度70%與12小時光照，針對種子進行發芽相關試驗(Germination test)，包括發芽率、發芽勢及發芽指數，以透過試驗結果更了解該物種之發芽能力與現地應用價值。而種子發芽之定義則採生理學之定義，即胚根(或胚芽)突出包覆組織(種皮、果皮、或其他附屬構造如內穎等)，目測可察覺者，即算該種子已發芽(郭華仁，2015)。然而，因部分死去種子，吸水後會因膨脹作用，使胚根略為突破包覆組織，因此為避免誤判，本研究以種子突出長度達2mm作為界定標準，倘若突出長度不達該標準，視為未發芽種子。各發芽試驗方法與說明如下：

① 發芽率(Germination rate)

係指在指定發芽條件下，正常發芽種子數目之比率。種子發芽率為衡量種子質量好壞的重要指標，可以顯示種子胚的活性，其計算方法如下：

$$\text{發芽率}(\%) = \frac{\text{發芽種子數}}{\text{試驗種子總數}} \quad (\text{式1})$$

② 發芽勢(Germination potential)

指自發芽試驗開始後，某一特定期間之發芽率，一般為最高發芽率日期(或稱發芽勢截止日期)之總發芽率，為決定種子的最大發芽潛能。發芽勢是反映種子質量優劣的主要指標之一。在發芽率相同時，發芽勢較高的種子，表示其種子生命力越強。

$$\text{發芽勢}(\%) = \frac{\text{發芽最高峰日期之發芽總數}}{\text{試驗種子總數}} \quad (\text{式2})$$

③ 發芽指數(Germination index)

用以判斷種子活力之指標，亦可用於反映堆腐產品對植物的影響。其試驗方法是在發芽試驗期間，每日記載發芽粒數，並依試驗天數與每日發芽粒數乘積與總試驗天數之比值進行計算。因此發芽指數高，表示種子發芽所用的時間短，發芽速度快，種子活力越高。發芽指數計算方法如下式：

$$\text{發芽指數} = \sum \frac{\text{發芽試驗終期內每日發芽粒數}}{\text{發芽試驗日數}} \quad (\text{式3})$$

結果與討論

1. 崩塌地具應用潛力原生草本植物彙整與初步篩選評估

(1) 專家學者建議之崩塌地適用草本植物

本研究依據訪談之結果，彙整專家學者所建議可嘗試應用之原生草本植物如表5所示，並將以下物種作為選種資料來源之一，以增加物種之選擇多樣性與實用參考性。

表5 專家學者建議之草本植物

物種名	學名
臺灣蘆竹	<i>Arundo formosana</i>
四生臂形草	<i>Brachiaria subquadripara</i>
竹節草	<i>Chrysopogon aciculatus</i>
狗牙根	<i>Cynodon dactylon</i>
龍爪茅	<i>Dactyloctenium aegyptium</i>
亨利馬唐	<i>Digitaria henryi</i>
假儉草	<i>Eremochloa ophiuroides</i>
距花黍	<i>Ichnanthus vicinus</i>
中華結縷草	<i>Zoysia sinica</i>
馬尼拉芝	<i>Zoysia matrella</i>
結縷草	<i>Zoysia japonica</i>
芻蓄草	<i>Thuarea involuta</i>
培地茅	<i>Chrysopogon zizanioides</i>
果園草	<i>Dactylis glomerata</i>
黑麥草	<i>Lolium perenne</i>
兩耳草	<i>Paspalum conjugatum</i>

狼尾草	<i>Pennisetum alopecuroides</i>
奧古斯丁草	<i>Stenotaphrum secundatum</i>

(2)崩塌地具應用潛力原生草本初步評估

依據「崩塌地植生導入常用草本植物」、「崩塌地治理後演替草本植物」、「崩塌地自然演替草本植物」與「專家學者建議之崩塌地適用草本植物」四項研究結果中物種出現頻率進行整理如下：

- ① 出現頻度三次者：狗牙根、五節芒。
- ② 出現頻度二次者：假儉草、兩耳草、火炭母草、臺灣澤蘭、山葛、臺灣蘆竹。

- ③ 出現頻度一次者：臺灣何首烏、光果龍葵、野茼蒿、高山芒、棕葉蘆、大莞草、大花落新婦、四生臂形草、竹節草、龍爪茅、亨利馬唐、距花黍、中華結縷草、馬尼拉芝、結縷草、芻雷草、地毯草、果園草、黑麥草、狼尾草、奧古斯丁草。

倘若該物種於上述結果中出現2~3次者，初步評估為崩塌地具應用潛力之原生草本植物。但該物種是否具量產效益或可應用於崩塌地植生導入，仍需進一步評估與試驗後才得以確認。崩塌地具應用潛力之原生草本植物初步篩選評估物種如表6所示：

表6崩塌地具應用潛力之原生草本植物初步評估

物種名	種子型態	生長分佈與棲地	結果時間
五節芒 ¹²³	穎果	海拔山野、溪流旁、荒廢地、丘陵地。	9~11月
狗牙根 ¹²⁴	穎果	向陽之草生地、空曠地、路旁、田埂等地。	全年可見
兩耳草 ¹⁴	穎果	低海拔的山區、平地、路旁、庭園及積水田畦。	6-11月
假儉草 ¹⁴	穎果	全島平原及低山路旁，常成群叢生。	7~12月
臺灣澤蘭 ²³	瘦果	裸露地、岩屑地等陽光充足之荒廢地與森林邊緣。	7~11月
臺灣蘆竹 ³⁴	穎果	海拔1,800公尺以下的山區或海邊海岸溼地以及內陸岩壁。	8~12月
山葛 ²³	莢果	海拔500~1,500公尺間的林緣、路旁、荒地、草地上。	9~翌年1月
火炭母草 ²³	瘦果	分供應較充裕的開闊地、溪谷邊、路邊與農墾地。	10-11月
備註： ¹²³⁴ 表示文獻中所出現之植物 ¹ 崩塌地植生導入常用草本植物 ² 崩塌地治理後演替草本植物 ³ 崩塌地自然演替草本植物 ⁴ 專家學者建議之崩塌地適用草本植物			

2. 崩塌地具應用潛力原生草本植物特性分析與二次評估

初步篩選物種是透過「崩塌地植生導入常用草本植物」、「崩塌地治理後演替草本植物」、「崩塌地自然演替草本植物」與「專家學者建議之崩塌地適用草本植物」等四個研究結果中，物種出現次數進行選擇，因此

部分物種雖於各條件下經常見得，但假使其種子量與實際使用需求有所落差，仍不宜適用。此外，亦有部分物種雖出現次數僅一次，但於過去應用廣泛甚至具大量種源、採種容易，則仍可納入可行物種。因此第二次評估中，本研究依據文獻所查得之植物特性進行篩選：

(1) 五節芒

屬多年生叢生性草本，環境適應性幅度極廣，全島從濱海到海拔2,500m的高山都可見得。由於五節芒根面積比大，根域廣，所提供之根力大，於礦區捨石場及一般崩塌地水土保持綠化廣泛應用，亦可作為防砂、泥岩及土堤坡面等植栽物種。且每到9~11月，其種子成熟後，可採取整個花軸鋪置於坡面，或以收集器採集後播種，使種子成熟後發芽，故列為可行物種。

(2) 狗牙根

屬廣適性多年生匍匐性原生草本植物，具有相當優越的耐旱與耐鹽性。通常分布於向陽荒地、路邊、河堤等地區。為水土保持崩塌地治理、護坡、泥岩區等重要應用物種。狗牙根穎果細小，由堅硬的外稃包覆，每公克約含種子3,800粒，全年都可以看到狗牙根開花結果，故列為可行物種。

(3) 兩耳草

屬多年生匍匐原生草本，繁殖蔓延快，曾引進牧草用品系，且因耐蔭性強，常可見於荒地、林下路邊。兩耳草走莖節間長，根系短淺，因此土壤保育效果較低。但因該種子於每年6~11月經常可見，採種容易，故列為可行物種。

(4) 假儉草

屬多年生匍匐性原生草本，可外購種子，且耐旱性強，耐踐踏、生長速率極快，因此固坡效果良好，為水土保持常用物種。雖該種子價格昂貴，但配合噴植機使用，在植生工程施工作業上，仍具方便性與實用性，故列為可行物種。

(5) 臺灣澤蘭

屬多年生花草陽性植物，喜強光照射，於土壤淺薄的環境下仍能生長良好，全島平野至海拔3,000m之高山皆有分布，為荒廢地、崩塌地與森林邊緣常見植物，為多種蝴蝶與蜜蜂的重要蜜源。7~11月為臺灣澤蘭果實成熟期，雖種子易受風吹飄散，但因種子量多，可以採集器收集種子，故列為可行性物種。

(6) 臺灣蘆竹

屬多年生草本植物，環境適應力強，具有發達的根莖。在貧瘠、乾旱之礫石層中仍然生長良好，為岩壁上常見植物。草屯九九峰、三義火炎山、八卦山乾旱而陡峭之岩壁上均可見得，為臺灣礦區、岩壁重要水土保持物種。臺灣蘆竹花果期約為8~12月，其種子可剪取花軸後處理取得，故列為可行物種。

(7) 山葛

屬多年生強韌蔓性藤本，崩塌地先驅植物，臺灣全島山麓至中低海拔 500~1,500 公尺間的林緣、路旁、荒地、草生地上皆可見得。但因其具有粗大地下根且攀緣蔓延迅速，經常大量自成群落生長，而對其他植物造成侵略性，特別是幼小林木。因此，不列入後續試驗物種。

(8) 火炭母草

屬多年生攀援狀草本，大多生長中、低海拔水分供應充裕之開闊地、溪谷、山路旁，其生長匍匐、節處生根，種子為瘦果包於藍黑色肉質狀的宿萼內。因火炭母草莖葉較嫩，且果實可食，經常受蟲鳥啃食，因此

種子不易大量取得。此外，因種子受宿萼包覆，因此果實取得後需經繁瑣處理後才得以使用，故不列入後續試驗物種。

(9) 龍爪茅

屬一年生草本植物，植株呈叢生狀，具蔓延於地上之匍匐莖，且莖節處可節節生根及分枝，因較耐旱且對於裸露地表具有良好覆蓋效果，因此全島平地、沙地或路邊空曠地皆可看到。此外，因龍爪茅果皮與種子分離、種子取得容易且量較多，因此列為可行物種。

就二次篩選評估後，本研究選以五節芒、狗牙根、兩耳草、假儉草、臺灣蘆竹、

臺灣澤蘭與龍爪茅等7種草本植物進行後續種子採集與發芽試驗。

3. 具應用潛力之原生草本種子採種與處理

為取得可順利發芽之種子，本研究依據上述具崩塌應用潛力之原生草本種子之採種季節與採種方法進行種子採集，之後將野外與田間取回之種子以風吹、手選等方式去除內部碎葉、殘枝等雜質。而其中因狗牙根與假儉草為過去崩塌地、都市綠化常應用物種，且該兩種物種於野外無性繁殖生長良好，較少種子，因此直接向種商購得。各草本種子採種地點、方法與處理方式如下圖3與表7所示：



圖3 具應用潛力之原生草本種子採集與處理

表7 崩塌地具應用潛力之原生草本植物採集地點、方法與處理

物種名	學名	採種地點	採種方法	處理方式
五節芒	<i>Miscanthus floridulus</i>	嘉義瀨頭崩塌地	花軸採集	風吹法過篩
狗牙根	<i>Cynodon dactylon</i>	廠商購買	-	-
兩耳草	<i>Paspalum conjugatum</i>	嘉義達邦	直接採集	手動剝落
假儉草	<i>Eremochloa ophiuroides</i>	廠商購買	-	-
臺灣澤蘭	<i>Eupatorium formosanum</i>	奧萬大林道7K	花軸採集	風吹法過篩
臺灣蘆竹	<i>Arundo formosana</i>	花蓮秀林 南投仁愛	花軸採集	手動剝落
龍爪茅	<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	中興大學校園	花軸採集	手動剝落

4. 種子發芽試驗

經崩塌地具應用潛力之原生種種子發芽試驗發現，各物種約可於試驗第8天達到發芽最高峰，且有六種於30天內完成發芽(圖4)。不同物種的發芽率有很大的差異，最低的臺灣蘆竹只有約10%，而最高的臺灣澤蘭可達97%。假儉草、龍爪茅、狗牙根、臺灣澤蘭之種子經採集、純化處理後皆可達到良好的發芽率(>70%)，故後續可針對此五種物種進行更深入之應用試驗；而五節芒、兩耳草、臺灣蘆竹雖有種子發芽，但仍需進一步試驗或文獻蒐集，如種子發芽促進處理或針對不同採種地點於合適的採種季節採集，以取得活力較佳之種子，或於施工設計過程增加種子播種量，以達到植生預期成效。各草本種子發芽試驗結果列茲說明如下：

(1) 五節芒

經試驗得知，五節芒種子發芽率約30%，試驗第6天開始發芽，第7天左右達到最高峰，第15天終止發芽，發芽勢約10%，種子發芽指數13.29。另由崩塌現地觀察所得，雖五節芒種子量多、且環境適應力強，但因其種子具毛翅，成熟後亦受風吹或外力影響而飛逝。本次試驗雖以花軸採集進行，但採集到的種子發芽率與發芽指數仍不高，故未來欲應用五節芒種進行植生導入作業時，其種子播種量應酌量增加，以達到預期成效。

(2) 狗牙根

經試驗得知，狗牙根種子發芽率約80%，試驗第4天開始發芽，第8天左右達到最高峰，第24天終止發芽，發芽勢約25%，

種子發芽指數35.07，狗牙根因屬廣適性植物，具有相當優越的耐旱與耐鹽性，過去於高爾夫球場、農塘、泥岩、崩塌地等區域之噴植、草苗鋪植已有幾十年之應用經驗，且有良好成效。而目前已有種子廠商針對狗牙根進行繁殖，並於市面上販售。就過去栽培經驗，狗牙根因為好陽性植物，倘若於溫度較低之區域種植狗牙根，應透過塑膠布一同栽培(黃文達等，2000)，以避免植株枯黃、根部淺弱。

(3) 兩耳草

經試驗得知，兩耳草種子發芽率約20%，試驗第6天開始發芽，第7天左右達到最高峰，第15天終止發芽，發芽勢約10%，種子發芽指數9.15。依楊軒昂(2001)記載過去試驗中建議種子發芽適宜溫度為21.7°C~36.7°C，發芽水勢在-0.4 Mpa 以上。在本次試驗中，雖已控制種子生長環境，但發芽率與發芽指數仍有較低趨勢，推測可能是因採種時機過早，導致部分種子尚未成熟，而影響發芽。另由野外採種過程中發現，兩耳草種子之採集，應於8~9月接近成熟時採種，以避免過熟落粒。

(4) 假儉草

經試驗得知，假儉草種子發芽率約80%，試驗第6天開始發芽，第8天左右達到最高峰，第23天終止發芽，發芽勢約25%，種子發芽指數38.52。過去假儉草廣泛應用在公園綠化與水土保持上，因此該種子之種子採集與處理已有相當經驗(陳嘉政，1997)，但即使如此，因該草種子採集過程需耗費大量工時，使得種子單價較高。故後續若欲利用假儉草進行植生導入，則可搭配

其餘草種或豆科植物混播，以降低成本單價。

(5) 臺灣澤蘭

經試驗得知，臺灣澤蘭種子發芽率約97%，試驗第4天開始發芽，第7天左右達到最高峰，第26天終止發芽，發芽勢約25%，種子發芽指數35.69。澤蘭屬植物雖種子好光性，但生長卻不受土壤深厚影響，因此採回後之種子進行發芽試驗，其發芽率與活力指數相當良好，且可於7天後快速發芽生長。目前臺灣澤蘭主要為荒地自然演替之蜜源植物(羅貴禾, 2009)，對於該植物之種子繁殖與生長，仍可進一步試驗。

(6) 臺灣蘆竹

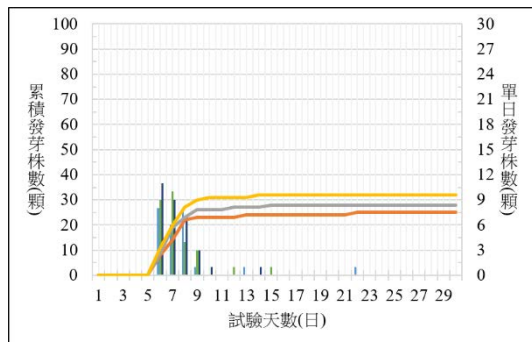
經試驗得知，臺灣蘆竹種子發芽率約10%，試驗第7天開始發芽，第8天左右達到最高峰，第11天終止發芽，發芽勢約5%，種子發芽指數7.15。臺灣蘆竹雖常見於海岸或淺山地區之岩壁或荒廢貧瘠土壤地區，但因其果實為披針型，種子小而輕，約為0.20-

0.35 cm 的穎果，因此容易隨風傳播，軸上所取下的種子發芽率仍甚低。現場觀察或經驗得知，若以花軸播種，則可發芽迅速及生長良好。因蘆竹在生態系與環境工程具有相當利用價值，故中國地區積極大量栽培與利繁殖(蔡正一等, 2014)。國內雖可大量見得，但對於蘆竹之繁殖與培育技術相關資料仍甚缺乏，若欲大量採集臺灣蘆竹進行植生導入，仍需進一步進行相關試驗與研究。

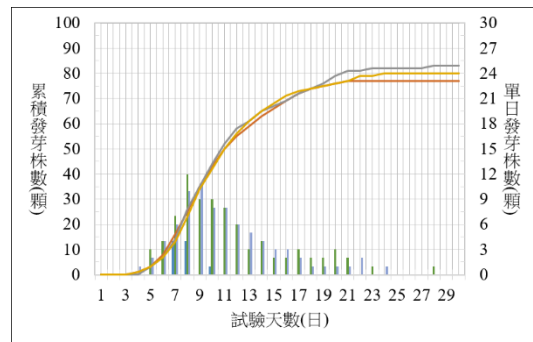
(7) 龍爪茅

經試驗得知，龍爪茅種子發芽率約70%，試驗第4天開始發芽，試驗天數第9天左右達到最高峰，第28天終止發芽，發芽勢約40%，種子發芽指數29.37。龍爪茅為旱作田區、路邊裸地之野草，曾被視為雜草；但因種子受果實包覆，種子不易受風吹飛散，故採集後種子發芽率與活性皆相當良好，評估其可作為崩塌地原生草類種子之選用材料，可嘗試進行更深入試驗，以評估是否適作為植生導入應用物種。

五節芒



狗牙根



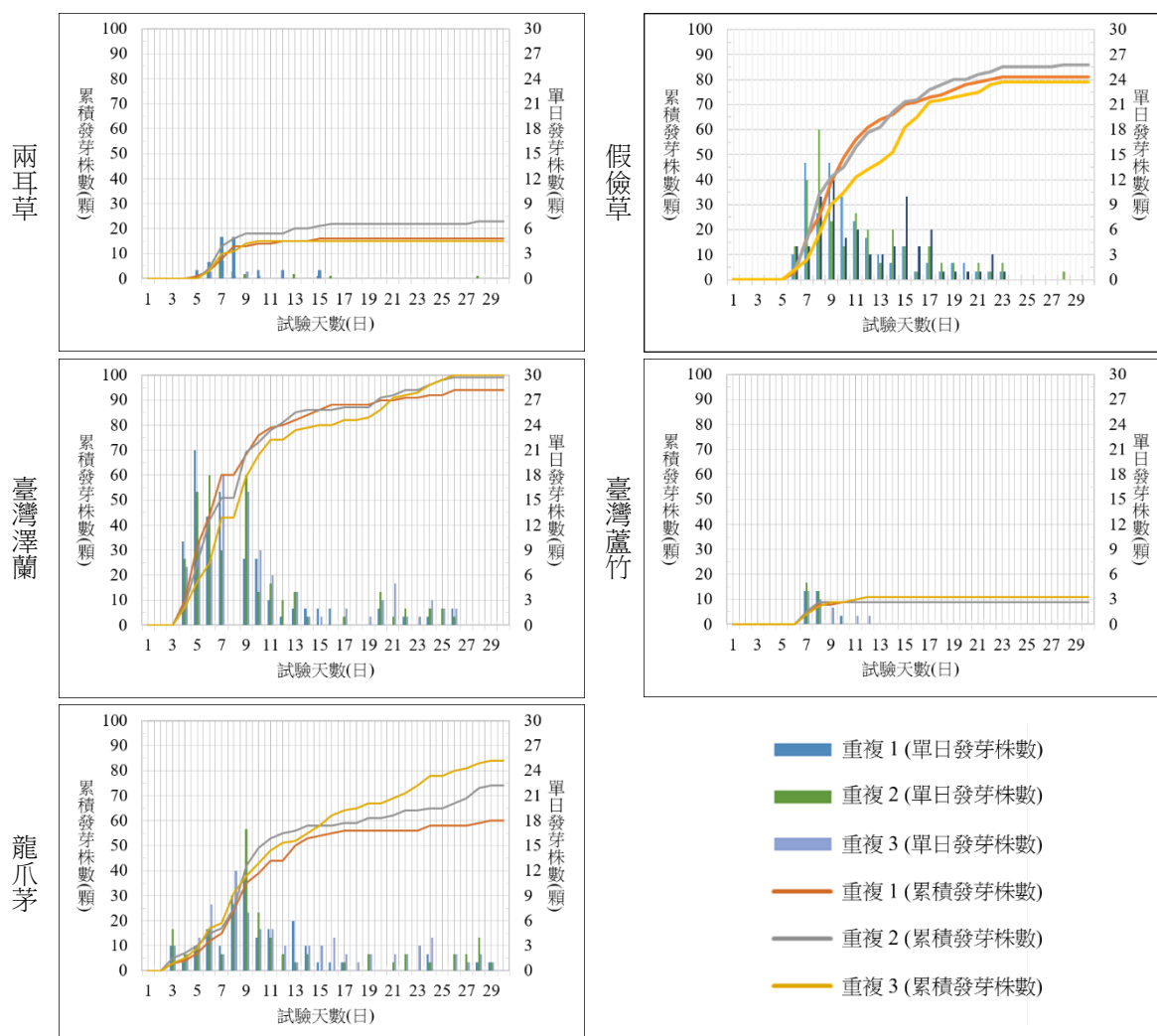


圖4 崩塌地具應用潛力之原生草本植物種子單日與累積發芽歷線圖

5. 專家學者之訪談彙整與建議對策

經本研究與產官學界專家學者訪談後發現，於不同環境立場，各領域對於崩塌地應用外來種草類有明顯之觀點不同，以學術界而言，雖水保應用之物種有部分屬於外來物種，但是若其能於後續演替過程慢慢消逝，則仍可作為裸母物種使用，以避免崩塌前裸露坡面受到降雨打擊，造成二次災害。而政府單位部分認為崩塌之急，應以快速恢復坡面植被為主，後續再逐漸栽植原生物種以改

善植群演替情形；但亦有部分觀點認為現今應用之外來物種對於未來之入侵影響往往需要長時間觀察才得知。而當入侵一旦發生時，整體生態將難以復原，如小花蔓澤蘭，因此應盡量避免使用。廠商業者則認為，臺灣因氣候環境變化大，種子生產品質、生產量不易控制，因此進口國外種子難以避免。

此外現階段臺灣對於草類之種子繁殖技術缺乏，若要自行生產種子，實有挑戰性。倘若仍期望以原生草種進行播種，則需產官

學界共同攜手合作規劃，才得以有較完整與全面的生產規劃。

而產官學界除了對於崩塌地應用外來物種想法有所落差外，經訪談得知，崩塌地應用原生草本植物仍具有許多困難與問題有待解決與研討，因此本研究彙整臺灣崩塌地應用原生草本種子之應用、生產與量產等相關問題與建議對策如下，以作為未來相關領域(水保局、林務局等)崩塌地治理或水土保持原生草本生產之參考方向與依據。

(1) 人為導入物種之演替影響調查與分析

- ① 現階段對於崩塌地植生復育工程前後演替調查資料缺乏，不同草種植物對於崩塌地環境之侵略性與拓展性受立地環境、植生方法與維護管理作業等不同而有所差異。因此一般文獻上所述之環境功能屬性與演替系列影響，仍須視現地情況而定。
- ② 後續政府單位(如林務局、水保局等)可選定典型且具代表性之崩塌地治理點位，進行植生導入後續追蹤調查，以了解後續植群演替情形與復育成效。
- ③ 有些植生草類可能具有初期侵略性或拓展性，但亦可能具有裸母功能及促進演替效益。倘若調查結果顯示有些導入物種僅於崩塌初期生長，後續即消失或被其他物種取代，則可就其對植生覆蓋環境之改善功能，探討其在崩塌地植生之應用價值，亦可利後續在地植物演替生長。
- ④ 目前生態意識興起，未來進行國有林治理工程作業可配合生態檢核機制，調整與蒐集更多人為治理後之崩塌地演替資料，以更加確定人為導入之物種是否具侵略性。

(2) 臺灣自產種子之執行建議與推動

- ① 臺灣因環境氣候條件影響，崩塌地原生草類種子取得不易，且國內草類種子市場需求較小，若要大面積大量生產原生草類種子，政府需有輔助或相關配套措施支援，使種子商可在供需穩定平衡情況下，利用作物栽培方法進行草類種子培育與儲存。
- ② 目前崩塌地治理或植生導入作業上，為實際植生復育與減緩土壤沖蝕之目的，多使用水土保持常用草類配合部分本地樹種施作。未來應多加推廣工程單位以原生種種子施工，以提升施工廠商購買原生種種子需求與種子商生產種子意願，以達到雙贏之結果。

(3) 原生草類種子之相關研究發展與生產技術開發

- ① 臺灣目前對於草類相關研究，大多注重於抑止與清除，而對於草類種子之生產與栽培相較缺乏，因此建議未來應結合產官學界專家學者與民間團體一同研擬長期計畫，嘗試針對部分崩塌地可應用草類進行繁殖與栽培試驗，並進行現地原生草種之播種試驗，以充實現地試驗資訊與實作經驗。
- ② 由於原生草種之發芽較慢，且發芽勢弱而不齊。未來可透過政府單位推動或學術單位向國科會提出相關計畫。執行內容除了應包含草類相關生理資訊外，亦須配合種子商、草苗商之實務經驗，以試驗不同植生之操作方法，或期望使用少量種子達到植生覆蓋效益，亦可配合植生材料(如植生粒劑、植生帶...等)之製作，以提高種子發芽生長之可能性。並作為未來後續推

廣應用之參考依據。

- ③ 有些植生草類可能具有初期侵略性或拓展性，但亦可能具有裸母功能及促進演替效益。倘若調查結果顯示有些導入物種僅於崩塌初期生長，後續即消失或被其他物種取代，則可就其對植生覆蓋環境之改善功能，探討其在崩塌地植生之應用價值，亦可利後續在地植物演替生長。

(4) 崩塌地應用原生種草類之長期規劃與操作建議

- ① 民間種子商、草苗商實務經驗豐富，後續可彙整種苗商之知識與經驗，以建立不同原生植生種子材料之屬性資料、採集繁殖技術與生產操作方法等，並建置如手冊等參考資料，使原生種草類之應用有更完整的官話，以方便施工廠商操作執行。
- ② 原生草類種子因生產經費可能高，無法以現行一般崩塌地植生方法達到植生效益。因此後續實際使用，建議可配合其它植生基材施工(如植生網毯、植生帶...等)，以期望使用少量種子達到植生覆蓋效益。
- ③ 未來可建立諮詢團隊、整合資料，包括經濟、執行與操作面...等，以多面向評估及做完整規劃發展方案。

結論與建議

1. 本研究依據過去崩塌演替、應用與專家學者建議及各物種之特性分析，進行兩次篩選評估，並以五節芒、狗牙根、兩耳草、假儉草、臺灣蘆竹、臺灣澤蘭與龍爪茅等7種植物進行種子採集及發芽試驗。
2. 種子發芽試驗中，假儉草、龍爪茅、狗牙

根與臺灣澤蘭經採集與純化處理後，皆可達到良好發芽率(>70%)，因此未來或許可嘗試應用；而五節芒、兩耳草及臺灣蘆竹發芽率較低，仍需進一步試驗與研究。

3. 五節芒與臺灣蘆竹經發芽試驗與現地採種發現，雖其種子量大，但因種子易受風吹飄散，因此所採集到之種子發芽率與活力較低；而兩耳草推測因本次採種時機稍早，導致種子尚未成熟，發芽率低，建議後續採集兩耳草種子可於8~9月進行，以避免種子未成熟或落粒。
4. 後續應增加崩塌治理區域之後續植生調查，以了解人為導入之物種，是否具入侵影響，或具有前期保護功能之裸母物種，並配合現有生態檢核機制，以選擇適用於臺灣之水土保持草本物種。
5. 未來應由政府單位推廣工程治理應用原生物種，並輔助種子商栽培、培育與儲存，以達到市場之供需平衡。
6. 學術界應增加水土保持應用原生草類之相關研究，包括生理、栽培、施工與量產等技術研發，此外亦可針對部分崩塌現地進行草類播種與栽植，以增加原生草類之實用經驗。
7. 未來應結合產官學界專家學者與民間團體一同研擬長期計畫，計畫內容包括原生草類之種子生理、儲藏、催芽、育苗等，並結合種苗商採種、繁殖等實務經驗，建置如手冊等參考資料，以方便執行廠商操作。此外，建立諮詢團隊、整合資料，包括經濟與操作面等，以多面向評估並完整規劃原生草類之崩塌地應用發展方案與可

行性。

參考文獻

1. 朱柔若(2000)，「社會研究方法: 質化與量化取向」，楊智文化事業股份有限公司。
2. 行政院農委會林業試驗所(2015)，「台灣原生草本植物應用於崩塌地植生復育調查研究」，行政院農業委員會林務局計畫成果報告，tfbr-102-00-5-20。
3. 林信輝(2016)，「坡地植生工程 第二版」，五南文化廣場出版。
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. 林德貴、林信輝(2009)，「國有林崩塌地森林化之研究」，行政院農業委員會林務局計畫成果報告，98農科-7.5.1-務-e3。
6. 國立中興大學實驗林管處(2019)，「森林植物多元利用開發之研究」行政院農業委員會林務局計畫期末報告，tfbc-1070508。
7. 郭華仁(2015)，種子學，國立臺灣大學出版。
8. 陳嘉政(1997)，「草坪建立之雜草管理研究」，國立台灣大學農藝學系碩士論文。
9. 陸象豫(2011)，「坡地土壤流失量估算簡介與植生覆蓋之效益」，林業研究專訊，第十八卷，第四期，第63-66頁。
10. 彭心燕、林信輝、吳振發、賴睎翔(2010)，「羅茲草與賽芻豆覆蓋地區植生入侵演替機制之研究」，水土保持學報，第四十二卷，第二期，第113-226頁。
11. 黃文達、張新軒(2000)，「百慕達草之特性與利用」，中華民國雜草學會會刊，第二十一卷第一期，第31-40頁。
12. 黃群翰(2013)，「植物根系生長型態於植生邊坡穩定之角色」，國立高雄第一科技大學營建工程研究所碩士論文。
13. 楊軒昂(2001)，「類地毯草及兩耳草種子發芽行為之研究」，國立臺灣大學農藝學研究所碩士論文。
14. 蔡正一、馮豐隆(2014)，「覆蓋陡峻坡地的綠色地毯—台灣蘆竹」，台灣林業，第四十卷第六期，第69-74頁。
15. 羅貴禾(2009)，「陽明山國家公園蝴蝶與蜜源植物交互作用關係之探討」，臺北市立教育大學環境教育與資源研究所環境資源組碩士論文。

水土保持學報51 (1): 2741-2758 (2021)

Journal of Soil and Water Conservation, 51 (1): 2741-2758 (2021)

110年 4月 20日收稿

110年 5月 5日修改

110年 5月 25日接受