

無人飛行載具播種植生工法

航空植生技術創新研發

蕭惠民¹

UAVs Assist in Vegetation Rehabilitation



摘要

臺灣地質構造複雜，地形陡峻或位於偏遠山區，施工機具無法到達之區域，無法以一般坡面植生工法進行植生復育工作。近期無人飛行載具（Unmanned Aerial Vehicle, UAV）技術發達，以過去崩場地植生治理之施工技術為基礎，結合現有 UAV 之新興技術與優勢，並研發出新型的植生材料——「植生粒劑」，進行一系列技術研發與試驗，突破水土保持植生工程受限之局勢，加強裸露區域之植生復育外，更可改善棲地環境，促進周遭植群進入生長，並作為未來推廣應用參考。

In Taiwan it is almost impossible to practice vegetation rehabilitation in regions with complicated geological structures like steep terrains and remote mountain areas which block access to machinery traditionally used on rehabilitation projects. Recently, the introduction of unmanned aerial vehicles (UAVs) combined with the traditional post-landslide rehabilitation methods and a newly-invented vegetative pellet has led to a breakthrough in soil and water conservation. The new technology greatly improves vegetation rehabilitation on bare land and better safeguards the environment, enabling nearby plant groups to grow. It deserves further promotion and application.

註 1：行政院農業委員會水土保持局。

一、前言

臺灣地處板塊交界，地形陡峭，地質構造複雜，颱風、豪雨侵襲或地震發生，常有山崩、地滑、土石流等災害發生。過去針對道路旁邊坡或人員可到達之崩場地，利用工程構造物配合植生工法，如噴植、打樁編柵、植生帶等相關治理方法，已有相當良好的成效。

但由於導致崩塌的因素甚多，且不同崩場地之崩塌規模差異甚大、許多屬零星分布、地形陡峻或位於偏遠山區，施工機具無法到達之區域，仍沒辦法以一般坡面植生工法進行全面性的整治與植生復育工作。

針對這些區域，過去曾嘗試以直升機結合噴植設備，進行噴植資材噴植作業，但因直升機航空噴植作業過程需耗費相當多的人力、物力，且因受到地形、氣候與空域申請等作業影響，經常無法準確掌握時效，導致事倍功半的結果。

近期，無人飛行載具（Unmanned Aerial Vehicle, UAV）技術先進發達，以 UAV 進行大規模監測、調查，

甚至農業應用上皆有許多實例與經驗。因此行政院農業委員會水土保持局（簡稱水保局）為推動十年防減災計畫，以過去崩場地植生治理之施工技術為基礎，結合現有 UAV 之新興技術與優勢，進行一系列技術研發與試驗，以作為未來推廣應用參考，並突破水土保持植生工程受限之局勢。



以直升機航空播種植生工法（懸吊式）。

二、UAV 之機型與應用

UAV 之發展類型可大致分為定翼型、單旋翼型與多旋翼型 3 種。不同類型之 UAV 因具有不同優劣勢，因此使用時機與功能也有所差異，定翼型 UAV 因航程較長，且抗風能力高，往往用於長距離，如大面積規模之航拍任務。單軸旋翼機因起降不受限制，可定點作業，因此機動性高，可用於短程飛行拍攝與調查作業等。多軸旋翼機除了具單軸旋翼之優點外，更具有較佳的抗風能力與穩定性，因此現階段農業藥物噴灑、種子撒播、追肥

表 1. 現階段曾進行航空植生撒播之 UAV 機型

機型	GAGI GX-9	AG-3	S-1000	LION-800	TL-M6-AG
軸數	單軸	單軸	8 軸	6 軸	6 軸
抗風性	蒲伏 9 級	蒲伏 8 級	蒲伏 4 級	蒲伏 5 級	蒲伏 6 級
機體空重	15 公斤	15 公斤	4.4 公斤	3.4 公斤	20 公斤
乘載重量	8 公斤	10~12 公斤	6 公斤	4.5 公斤	5 公斤
滯空時間	50 分鐘	60 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	30 分鐘
播種方式	噴出 / 投放	噴出 / 投放	投放	投放	噴出

表2. 不同材料製作之植生粒劑特性分析

材料種類 \ 粒劑種類	培養土植生粒劑	泥炭土植生粒劑	菇類堆肥植生粒劑
團粒穩定度 (%)	91.85	98.52	92.55
酸鹼度	7.06	5.48	7.25
電導度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1.97	0.94	1.75
總體密度 (g/cm^3)	0.69	0.6	0.54
有機質 (%)	17.91	40.56	21.8

等，大都以多軸旋翼 UAV 進行。目前曾應用於航空植生之 UAV 機種如表 1 所示。

因大多深山偏遠處或零星之崩塌地地形陡峭崎嶇，因此透過機動性與穩定性較高的多軸式旋翼機結合附掛箱體進行植生資材的導入作業，不但可準確將植生材料導入目標區域，更可減少傳統工法施工過程，開闢施工便道所造成環境衝擊之影響。

三、種子與植生資材結合的新技術——「植生粒劑」

崩塌地環境大多乾燥缺水，且土壤貧瘠缺乏有機質，而種子材料因重量輕且體積小，若直接撒播於崩塌地，除了難以附著坡面外，因缺乏保護，容易受到外在環境影響或是鳥蟲啃食而死亡。因此以往進行植生導入作業前，都會將種子材料與植生資材（包含土壤介質、黏著劑、保水劑、肥料以及養生材等）混合後再進行噴植或撒播。如此一來不但可提升種子發芽率，更可改善崩塌基地之環境條件。

但因種子材料與植生資材大多為分散之粒狀體（直徑小於5公釐），若



UAV 航空植生應用之 UAV (上) 與附掛箱體 (下)。

直接將材料混合後進行航空撒播，種子與材料將無法抵達目標範圍，且材料將於撒落後分離飄散。

因此，107 年開始，水保局與國立中興大學研發出新型的植生材料——「植生粒劑」（表2）。植生粒劑是將種子材料與植生資材透過黏著劑以機器加工後製成之材料，粒劑中含有豐富的草本與木本種子，此外因資材中含有土壤、肥料等養生材料，因



植生粒劑完成之成品。



種子與植生資材拌合加工。

此當植生粒劑導入崩場地後，除了可以增加裸地區之植生復育外，更可改善棲地環境，以促進周遭植群進入生長。

四、現地施作與植生成效

上述之植生粒劑自 107 年開始進行 UAV 航空植生一系列試驗研究，並於新竹縣尖石鄉秀巒、嘉義縣阿里山樂野、嘉義仙湖與瀨頭等多處崩場地進行現地撒播實驗，而經試驗過程與結果發現，因崩場地區環境起伏大，且 UAV 於飛行過程容易受到山谷風、周圍樹冠甚至山區 GPS 訊號薄弱等影響工作執行。因此於作業執行前應進行現地的基地調查與航拍、LiDAR 或影像分析等，以選擇適宜的施工點位與飛行航線規劃，並適時調

整施工飛行距離與每次乘載植生粒劑之重量，以減少作業所需執行的時間及避免施工意外的發生。

植生粒劑經 UAV 播種於崩場地後，大多植生粒劑會在蝕溝或較低窪處停留，並於 4 個月沒人力補水、追肥的情況下，提升植生覆蓋率約 15%。此外，植生粒劑即使在乾旱、貧瘠、日照強烈的環境下 2 個月，內部種子只要再賦予水分，其仍有發芽能力。

五、植生粒劑之延伸應用與試驗

依據以往 UAV 播種試驗與案例發現，因植生粒劑經航空撒播後，大多聚集於坡面蝕溝或滲水凹地等，但當有豪雨或坡面土砂再次滑落時，粒劑



1 2
+
3 4

1. 施工前之基地勘查作業（嘉義瀨頭）。
2. 以 UAV 進行拍攝與擬定路線（嘉義樂野）。
3. UAV 航空植生實作情形（嘉義樂野）。
4. 植生粒劑撒播情形（屏東小路野溪）。



1 | 2

1. 不同網材製成之植生粒劑包。

2. 植生粒劑包現地生長情形（嘉義樂野）。

將產生移動甚至流失。因此，為加強植生粒劑於坡面之固著效果，在109年度將植生粒劑結合過去植生網材，進行植生粒劑包的製作。而經初步試驗發現，植生粒劑與不同網材結合後，除了可以保有植生粒劑之發芽率效果外，更可結合網材對於坡面之粗糙度，而使粒劑更有機會固著坡面；此外，因植生粒劑與網材結合後，資材受風面積較大，當材料自空中落下後，具有減緩降落速度的效果，如此更可讓材料準確撒播至目標區域，以減少施工材料之損失。但因植生粒劑包的相關試驗仍於測試階段，若欲得更精確之材料特性、使用量與成效，仍有待後續更多精進試驗。



植生粒劑於蝕溝內生長（嘉義仙湖）。

六、UAV 航空植生適用區域

UAV 航空植生適用區域為：

1. 水庫集水區偏遠地區的崩塌地，一般施工機具無法到達的地點。
2. 大面積土砂災害的堆積區、裸露崩塌地且須快速進行植生綠化的地點。
3. 使用 UAV 播種較其他植生工法經濟有效的地點。

七、結語

依據崩塌現地之播種試驗結果證實，UAV 之機動性與即時性可將植生材料導入人力無法到達或是深山的偏遠處。而植生粒劑確實可於乾旱貧瘠區保護內部種子，更提供種子良好環境使種子發芽生長，並覆蓋裸露地，以加速崩塌地復育。

目前 UAV 航空植生工法對於崩塌地治理頗具成效，但植生粒劑之種子材料、應用資材以及較大型 UAV 與不同播種作業方式，隨著科技發展及裝置設備改良，仍有長足進步的空間。