

以水土保持觀點談山坡地混農林經營

◎林業試驗所集水區經營組·盧惠生 (lusteve.tfri.gov.tw)

山坡地面積較多的國家，人民為了維持生計與山地自然資源保育，不時出現山坡地林木與坡地農業並存的現象，希望藉森林複層林冠與地被植生的水土保持、碳吸存、野生動物棲息地保護等多樣性功能，達成生態保育；也同時因坡地農業栽培作物的經濟收入效益，以維持山村居民的生活。然而地處濕潤多雨國家的山地，每當雨量多且降雨強度大的雨季，山地如果不當的失去茂密森林覆蓋，加以土壤因不適當的農耕作業，土壤物理性質將逐漸劣化，土壤粗孔度與有機質減少，土壤容重增加，導致土壤入滲減少，加上山區土壤較為淺薄，山坡地土壤儲蓄水分功能減少，導致地表逕流增加，這些逕流水沿著山區裸露坡面與道路，流向山區的小溪溝，再匯流至大溪溝，形成滾滾洪流，挾帶著泥砂，遠離山區，朝向低窪的平地聚集，造成河溪下游地區村落與市鎮淹水。因此各國政府執政團隊對於山坡地混農林經營，多少抱持存疑的態度，既期待混農林經營的經濟效益，以維持山村居民的生活；又怕不當的失去原有茂密森林覆蓋及不適當的農耕作業，造成坡地水土流失與下游地區洪患災害。

以現代農業科技的技術是否能解決山坡地混農林經營的水土流失弊害，同時獲得混農林栽培作物來維持山村居民生計效益。或是我們已經擁有減緩山坡地混農林的水土流失技術，但疑慮山村居民進行山地混農林經營作業時，未能確實配合，不敢冒然頒訂山地混農林經營作業規範。更或是現有的減緩山坡地混農林的水土流失技術，有其限制效

果，同時配套措施頗為繁瑣，以現有客觀環境與執法條件，不易實施，值得予以探討。

山村農民的現實問題

臺灣山多平地狹小，明朝末年鄭成功收復臺灣以前，大陸渡海來臺墾荒的先民不多，僅分佈於臺灣西部沿海平原地帶墾殖，因而彼時臺灣山岳丘陵地帶充滿著茂密的原始森林，鄭成功收復臺灣以後，歷經短暫時光，清康熙皇朝跨海來臺收復臺灣，此後大陸渡海來臺先民逐漸增多，原本狹小的平地不足以容納眾多的墾民需求，以致遷移來臺的先民開始進入山林，進行山坡地農墾，致臺灣山區茂密的森林，較為交通便利且坡度平緩的山地，被先民開墾為農地其來有自，因而山區原始森林的美麗寶島，早已逐漸形成山地混農林經營景象。

然而造成目前臺灣山地混農林經營問題，不單只是先民維持生計，另一重要原因，農業中的水果生產經濟收益與產期有關，水果



臺南玉井芒果園地表雜草全園覆蓋(盧惠生 攝)



東勢檳榔園石牆法與地表雜草覆蓋(盧惠生 攝)

產期受到氣溫的影響，溫度較低時，水果產期可延後，氣溫具有垂直效應，山區海拔高度每升高100 m，平均氣溫大約下降攝氏0.6度，故於較高海拔山區種植果樹，其水果的產期可相對延後，以錯開平地的水果產期，避免同時水果豐收，導致水果價格下跌。又臺灣地處亞熱帶，無法種植溫帶蔬果，亦可借由較高海拔山區的垂直降溫因素，生產蘋果、梨等溫帶水果與風味特色的高冷蔬菜。

山區進行農作墾殖，所需勞動與交通成本比平地為高，致目前臺灣山區的農作生產，多以高經濟收入的作物為主，如高山茶、水蜜桃、甜柿、梨、高冷蔬菜等。這些高經濟坡地作物多屬適於生長於氣溫較低的高山地區，而臺灣高山地帶地目多屬林地，又以國有林居

多，故原本租地造林的山居村民，為了維持生計與調節產期因素，違背租地造林契約，改種高經濟坡地作物，造成所謂的濫墾租地造林事件，層出不窮，政府林政當局極為頭疼。

山坡農地水土保持技術

政府於二次世界大戰結束，臺灣光復以後，自四十年代開始，已注意到臺灣颱風多雨季節，坡地農作地的水土保持問題，已進行一系列的坡地水土保持試驗，由田間水土流失多年的觀測數據，獲得簡易可行的農地水土保持處理方法。當坡地種植香蕉、柑橘、荔枝、鳳梨、檳榔、芒果、茶、麻竹時，坡度在45%(24°)以下，採取平台階段配合草類覆蓋、山邊溝配合草類全園覆蓋、或



南投蓮華池研究中心檳榔水土保持處理試區(盧惠生 攝)

草類全園覆蓋等水土保持處理，均可有效減緩地表逕流，不會超過10%，年土壤沖蝕深度不會超過0.1 mm，即每公頃每年1 ton。

由Dunne與Leopold收集世界各地土壤沖蝕數據，得到不同土地利用每年土壤沖蝕資料，森林0.02~0.2 ton/ha、草生地0.02~2.0 ton/ha、沒有水土保持處理的耕作地10~100 ton/ha、開路50~500 ton/ha。

而臺灣的農地水土保持手冊，亦規定山坡地坡度在55% (28.5°C)以下，可為農牧地，同時必須予以適當水土保持處理：平台階段、山邊溝、草帶法、石牆法。

由土壤沖蝕學理來看，土壤被沖蝕，先由降雨的雨滴動能打擊地表土壤，造成土粒分離，再由地表逕流的沖蝕作用，將被分離土粒搬運至河溪。雨滴動能係0.5倍雨滴質量乘以雨滴終端速度的平方，而降雨強度愈大，雨滴顆粒也愈大，最大雨滴顆粒直徑可達6 mm，雨滴終端速度為空氣阻力等於雨滴重

力加速度時的雨滴降落速度，依據試驗研究雨滴終端速度最大可達9 m/s，且雨滴以自由落體方式降落時，經過8 m距離即可抵達終端速度。高大喬木的樹冠經常高過8 m，僅依賴林木的樹冠阻截降雨，並不能減少雨滴動能，因降雨經樹冠阻截後，可再以自由落體方式降落至地面，這個距離經常超過8 m，足以促使雨滴重新獲得最大動能。只有當林木下層具有茂密的灌木叢、地被植生或枯枝落葉，或是地表覆蓋與敷蓋茂密的草類等地被物，才具有抵擋阻截雨滴動能。

地表逕流的沖蝕作用，必須依賴逕流速度與逕流深度，逕流速度與坡度及逕流深度成正比，但與地表粗糙度成反比。坡度愈大，逕流深度愈大，逕流的沖蝕作用愈大。地表具有地被植生或枯枝落葉，地表粗糙度愈大，逕流的沖蝕作用愈小，具有茂密灌木叢、地被植生或枯枝落葉的複層森林，地表粗糙度愈大，可減少逕流的沖蝕作用。複層森林的根系與腐植質，可改善土壤物理性質，土壤粗孔度與有機質增加，導致土壤入滲增加，減少地表逕流，逕流的沖蝕隨之減少。而草類等覆蓋同樣可改善土壤物理性質，增加地表粗糙度，以減少逕流的沖蝕。

地表逕流的沖蝕作用，必須依賴逕流速度與逕流深度，逕流速度與坡度及逕流深度成正比，但與地表粗糙度成反比。坡度愈大，逕流深度愈大，逕流的沖蝕作用愈大。地表具有地被植生或枯枝落葉，地表粗糙度愈大，逕流的沖蝕作用愈小，具有茂密灌木叢、地被植生或枯枝落葉的複層森林，地表粗糙度愈大，可減少逕流的沖蝕作用。複層森林的根系與腐植質，可改善土壤物理性質，土壤粗孔度與有機質增加，導致土壤入滲增加，減少地表逕流，逕流的沖蝕隨之減少。而草類等覆蓋同樣可改善土壤物理性質，增加地表粗糙度，以減少逕流的沖蝕。

山坡農地配套措施的困境

山坡農地不僅要注意水土保持問題，

坡地農作尚需道路搬運與水源灌溉系統，一塊孤立山坡農牧地，雖然符合水土保持的要求，沒有道路與灌溉系統配合，難以想像其可經營，坡地的灌溉水源比平地更為困難獲得，一般假日喜歡爬山的民眾，經常可見山區引水的塑膠管線，沿著山壁或道路邊坡橫行，這些引水可能為山村居民的日常生活或飲用水，也可能是坡地農作的灌溉用水，塑膠管線引水灌溉，應該不夠大面積的坡地農作使用，僅能供應小塊坡地田坵，只有規劃有系統的排水系統，將雨季時沿著坡面流失的逕流水，匯集至下坡蓄水池。如果預定的山坡農牧區域位於下坡蓄水池的更下方，則只需規劃灌溉管線以重力方式供給灌溉，如果山坡農牧區域位於下坡蓄水池的上方，必須以電力系統抽水至上坡的蓄水池，再以重力方式經灌溉管線供給灌溉，因而坡地灌溉將導致坡地農作的經營成本增加。

另外，坡地農作物的施肥與噴藥，收成物的搬運，均需仰賴道路系統的搬運功能，開闢山地道路難免需挖填山坡，促使坡面穩定性下降，無雨的晴天坡面安定性尚可。雨季時由



颱風豪雨引發山地道路邊坡崩塌(盧惠生 攝)

於雨水滲入山壁，土壤孔隙水壓上升，導致坡壁土體磨擦抵抗力下降，坡壁抗滑力往往小於滑動力，引發坡體滑動，即所謂道路崩塌滑落，此等現象於颱風多雨的臺灣，屢見不鮮，然道路崩塌治理經費極為龐大，且由於地質與岩性及土力的問題，往往同樣地點治理後，又屢屢再犯。因而臺灣坡地農作的問題，重點往往不在水土流失，因現有的農地水土保持處理方法尚可克服，而在颱風季節坡地農路系統的維護與引發的崩塌地治理。

臺灣山地混農林經營展望

臺灣山地的混農林經營不是完全不可實施，而是有其限制條件，也就是必須事先要有完善的規劃，混農林經營規劃時要以整體山地區塊為單位，不可零星區塊各行其事。混農林經營首先選擇坡度不可過陡，且土壤較為深厚的山地，然後整體規劃適當的農路系統與灌溉系統，農路系統需考慮道路邊坡穩定的維護費用，灌溉系統需考慮逕流水收集與蓄水池設施，再依山坡地土地可利用限度分類標準，將整體山地區塊區分農牧與林地區塊，超過農牧用地可利用限度分類標準的區塊，劃為林地，而農牧用地必須依農地水土保持手冊，做好水土保持處理，農牧用地種植果樹時，果樹間的空隙地保持草類覆蓋，可減少坡地逕流與土壤沖蝕。同時整體山地區塊最下緣的下坡區段，規劃為緩衝林帶，以阻截坡地水土流失，達成國土保育終極目標。⊗