

專 論

坡地農業機械作業之研究發展

Development of Slopeland Mechanization

Projects in Taiwan

農復會農業資源及森林組技正

涂 本 玉

Pen-Yu Tu

ABSTRACT

Taiwan is dominated by slopelands which account for more than two-thirds of the total land area. The slopeland farming constitutes an essential part of the whole agriculture. However, the slopeland farming is restricted by steepness of slope and irregularity of terrain. As most slopelands in Taiwan are of steep slope and in rugged shape, cultivation becomes difficult, land use rate declines, and soil erosion seriously occurs. To cope with these problems, slopeland mechanization is required to promote slopeland farming and sustain safe and intensified land use.

In the past six years, the slopeland mechanization projects were initiated and implemented by JCRR in cooperation with concerned universities, colleges and agricultural units. All the projects can be grouped into two major categories:

1. Mechanical slopeland conditioning, which includes slopeland reclamation and shaping, construction of soil conservation works and basic farm installations, and study on work production rate and standard operational procedures of machines used, aiming at improvement of slopeland conditions for efficient and sustained slopeland farming.

2. Slopeland farm mechanization, which covers observation on the performance of farm machining used on slopeland, improvement of farm machinery for better slopeland use, and development of farm machinery and mechanical farming facilities suited the slopeland conditions, aiming at promoting slopeland farm mechanization.

The major work accomplished or being done are outlined as follows:

1. Construction of soil conservation works and basic slopeland farm installations:

With procurement of 30 medium-and small-size bulldozers bulldozers and setting up of a well-equipped maintenance shop, the Taiwan Mountain Agricultural Resources Development Bureau (MARDB) has, since 1971, completed construction of hillside ditches for 5758 ha., bench terrace for 469 ha., orchard hillside ditches for 580 ha., connecting roads by 382 km, farm roads by 142 km,

farm ponds by 26,600 m³, livestock house foundation by 60,500 m³, and other works in integrated slopeland conservation and utilization project areas. Under the circumstance of acute labor shortage, all these works could not be completed without the of machines.

2. Investigation on the field efficiency of the construction equipment and setting up of their standard operational procedures:

Field efficiency investigations were made for JD350 and JD450 crawler tractors in construction of hillside ditches, bench terraces, farm roads and connecting roads, and clearing and shaping of bushy slopeland under different slope and soil conditions. Formulas for estimating the production rate for constructing hillside ditch and bench terrace by JD tractors will be worked out after one more year investigation. In the meantime, observations of the different operations under different conditions have been made by MARDB and Taiwan Livestock Research Institute for seeking proper operation methods so that standard operational procedures can be established to maintain the work quality.

3. Improvement and development of badly needed farm machinery and mechanical facilities for slopeland use:

To meet the need for solving the most difficult problems in slope-land farming in terms of high labor-demanding and essential operations, emphasis has been given on transportation means and pest control facilities. Important accomplishments include: (a) Development and manufacturing of motor-carts by Wu's Agricultural Machinery Manufacture Company; (b) Improvement and manufacturing of mono-rack by Chishiang Machine Works; (c) Investigation and standardized designing of farm cableways by National Taiwan University; (d) Improvement of high pressure sprayer mounted on motor-carts by Wu's Company and Taitung District Agricultural Improvement Station; (e) Standardization of pipeline spraying systems for slopeland orchards by Taichung Hsien Government; and f. Investigation and standardized designing of pipeline spraying facilities by National Chungshing University.

4. Improvement and development of other slopeland farm machinery:

Other slopeland farm machinery improvement and development projects implemented with good results are: (a) Improvement of mower and grass regeneration machinery by Pingtung Junior College of Agriculture; (b) Development of a ripping-type mower which is efficient in cutting entangled Pengola grass by Wu's Agricultural Machinery Manufacturing Company; (c) Investigation of machinery operations in slopeland orchards and development of rotary-type cultivator for upland use by Chiayi Junior College of Agriculture; (d) Development of fruit-picking platform and fruit conveying tube by Taitung District Agricultural Improvement Station; and (e) Development of a winch-cable drawing equipment for facilitating machinery operating on steep slopes by Pingtung Junior College of Agriculture.

壹、臺灣坡地農業現狀及其問題

臺灣土地總面積三分之二以上為山坡地，其中屬於山坡地保育利用範圍內宜於農牧利用者約四十餘萬公頃。據臺灣省山地農牧局初步調查，目前已供種植利用之坡地面積約三十餘萬公頃，以果樹十萬零五千餘公頃為最多，特作面積九萬七千餘公頃次之，稱作面積七萬餘公頃與雜作五萬餘公頃又次之。由此可知，坡地農作面積佔全省耕地總面積三分之一以上，在整個臺灣農業中，坡地農業實佔有相當重要之地位。

但臺灣坡地農業經營受着坡度與地形兩大限制，因為臺灣坡地大部份均屬陡坡地，耕作困難，常有沖刷問題發生，而且由於坡地分佈零散，地形不整，勞動生產力與土地利用率均為偏低。為促進坡地開發，加強其保育與利用，應積極推行坡地機械作業，一方面利用適當之工程機械進行坡地綜合整理，構築水土保持與公共設施，改善坡地農牧經營環境，以獲致坡地安全永續之利用；另一方面改良與發展坡地農機與機械作業設施，提高勞動生產力，以利坡地農業機械化之推行。

貳、臺灣坡地農機作業研究概況

農復會於六十年開始推展坡地農機作業研究，茲就六、七年來進行之工作簡述於下：

一、關於加強水土保持處理與改善坡地農業經營環境之機械作業。

1. 水土保持處理與農場設施之機械施工

協助臺灣省山地農牧局購置中小型推土機，建立保養場，訂定機械作業辦法，為各項坡地保育利用計畫進行水土保持處理與農場設施之機械施工。目前該局共有中小型推土機三十臺，自六十年至六十七年六月止共完成山邊溝 5 758 公頃，平臺階段 469 公頃，果園山邊溝 580 公頃，連絡道 382 公里，農路 142 公里，農塘 26.600 立方公尺，畜舍地基 60.500 立方公尺，以及坡地開墾整理與其他作業。

水土保持處理與農場設施之機械施工，均係基於各種環境情況下水土保持之需要，配合坡地農場規劃及農機作業予以進行。其中以構築山邊溝為主因為此種山邊溝是本省最近發展的一種水土保持處理方法，不僅水土保持效果良好，成本低廉，而且可配合坡面種植，供作業道使用，利於機械作業。

根據我國六年經建計畫，本省今後三年每年水土保持面積 3,000 公頃，坡地開墾面積為 1,000 公

頃。坡地農場經營環境改善面積 7,000 公頃。在當前農村勞力缺乏與工資高昂之情況下，此種重勞之工作，均非仰賴機械之協助完成不可。為使坡地農業開創一新境界，以機械進行坡地綜合整理實具有決定性的作用。

2. 坡地農業工程施工機械作業效率調查與作業方法改進

目前臺灣坡地工程機械作業是以進行水土保持處理與興建連絡道為主，其次為開闢農路，開墾林地，整理坡面，挖掘農塘，以及改善農場設施等，因之，採用之機械大部份為中、小型之 John Deere JD450 與 350 推土機，馬力分別為 42 及 65，其刀鏟可作平鏟、角鏟、斜鏟、浮鏟等四種不同作業方式之使用，且為一桿操縱，操作方便，甚適合坡地作業。其他機械有 Case 之 J1450 與 850 Caterpillar 之 D4D，以及 Komatsu 之 D50A 等。此等機械之作業能量隨坡度、土質、地上物、作業種類、氣候分佈等不同而有差異。為瞭解各項機械在各種不同情況下之作業能量，一方面統計各項機械日常作業紀錄，以求得一般作業能量分佈狀態，另一方面進行各項機械作業效率觀察，分析作業效率之差異，俾進一步求得推估一種機械在某些情況下作業能量之經驗公式。

上項作業效率調查原由臺灣省山地農牧局辦理，已獲得多項基本資料，近由於臺大農工系參加合作辦理，各項資料均用電腦處理分析，效果甚佳，近內即可獲致結果，以供坡地工程機械施工作業之參考。

機械作業效率與作業方法關係巨大，良好之作業方法可提高作業效率與作業品質。因此，為各項坡地機械施工作業制訂一套標準作業程序實至為必要。此項標準作業程序現正不斷從現場觀察及參考有關資料予以研訂中。

二、關於坡地農業機械及機械設施之改良與發展

機械對坡度之適應性甚為敏感，即坡度愈大，機械作業愈受限制。一般平地機械用於坡地，在坡度 5 度以下時，可作平地一樣之使用。在坡度 5 度至 8 度之間，機械作業性能降低，需要相當操作經驗。在坡度 8 度至 15 度之間，不僅需要有經驗，而且亦須就機械作適當之改良。15 度以上之坡度，一般平地機械即難以作業，此即為平地機械用於坡地之作業限度。所以在坡度 15 度以上，即須研製坡地專用機械。

坡地專用機械隨坡度之限制可分為二類，一為行走型，其最大坡度限制為 25 度，如超過 25 度，則無法行走，而有翻覆之虞。一為固定設施型，即坡度超過機械行走之作業限度，或無法進行行走之作業時，即採用固定機械作業設施，如索道、單軌車、作業道、管路噴藥等。

近數年來，吾人在坡地農機方面之研究，係針對需要勞力最多，作業最重要之搬運與病蟲害防治優先加強進行，以解決坡地農業經營上最重大之問題。此外，對於坡地割草，牧草更新管理，果樹採收等機械從事改良研究。

1. 坡地搬運機具

坡地搬運作業可分為二種方式，一是配合坡地農場規劃，利用農路系統（包括農路、支線路、連絡道）及山邊溝作動力搬運車之搬運，一是在陡坡與地形困難地區，因無法配置道路系統，即裝設索道或單軌車作固定線型設施之搬運。

(1) 動力搬運車之研製與發展

隨着山坡地保育利用計劃之推行，許多山坡地區均設置道路系統作農場內交通搬運之用。此種坡地農場內之小型搬運需要一件機體輕小，爬坡力強，安全性高，而且價格低廉的車輛。基於此種需要，農復會乃於六十一年輔導伍氏工業社進行研製，次年即完成一種雛形三輪動力搬運車，使用三馬力，汽油引擎，裝接蝸形齒輪予以減速傳動，載重 200 公斤，爬坡可達 20 至 25 度。其後該社根據坡地農民使用之經驗與要求，以創新之技術與設計，就此種搬運車不斷進行改良，至今已有高性能之四輪及履帶型之搬運車出產。其主要改進之處為採用方形鋼管車架，五馬力汽油與柴油兩用引擎，自行設計之三段六速變速裝置，以及前輪架中央之以調節左右兩前輪高低位置之樞軸裝置。其他尚有採用寬輪胎與履帶之改良。此種新型車輛不僅車架增強，馬力大，用油費節省，機動性與安全性大為增加，而且車形優美，製作精良，遠勝於進口之日本產品。現今伍氏工業社已擴大改組為端翔企業公司，大量生產內銷，並外銷東南亞。今年九月三十日 蔣總統經國先生曾往該社參觀，並親自操作，甚獲 蔣總統讚賞。

(2) 農用索道之調查與改良

近十年來臺灣坡地農家裝設索道作農產品搬運之用者為數甚多，因其為兩點架空之裝置，可在陡坡地及地形複雜之交通困難地區裝設，且作業易

便，運搬量大，實有多方面之使用價值。為明瞭臺灣一般坡地農用索道裝設使用之情況，改進其缺點，並進而制定主要索道之設計標準，以利有效推廣，乃由農復會與國立臺灣大學農工系合作，於六十三年辦理臺灣坡地農用索道調查，獲知目前臺灣坡地農家使用之索道多為雙索道，單索道為數甚少，循環索道僅有南州青果合作社使用，索道數量之分佈，以宜蘭地區為最最多，其次為中部與北部地區，南部與東部均甚少。宜蘭地區之索道主要用於運輸柑桔，中部地區之索道主要用於運輸溫帶水果，其他地區則為運輸其他水果或農產品。

大多數雙索道均利用重力，一方由上端載重下降，另一方即被拉着由下而上。其載運量較小，自 90 公斤至 250 公斤不等。亦有裝置動力拉引者，其載量較大。單索道均裝備動力，其運載量可達 400 至 800 公斤。

目前各地裝設之農用索道均無標準設計與規格，往往發生鋼索大小不當，上下支架不穩固，裝設位置欠妥，以致造成鋼索斷裂，吊籃脫落，支架滑動，以及意外災害等現象。

為提高索道運輸效益，確保使用安全，應對臺灣現行使用之主要索道加以改良，並訂定標準設計。因此，乃先對現行最多使用之雙索道，選用宜蘭陳錫江氏所製造者予以規格化，以供一般使用參考。同時，委請臺大農工系進行農用索道設計研究，提供索道設計方法，從地形測量，圖面規劃，計算鋼索最小下垂距離（撓度）與安全負荷下，下垂百分率，並訂定安全係數，計算鋼索自重張力與剩餘張力，求出鋼索張力總負荷與純負荷，純負荷即為索道可承載之安全負荷。再由無負荷下垂百分率與有負荷下垂百分率求出鋼索之長度。最後計算無負荷鋼索在最大載重情況下產生安全負荷下垂距離所需之張力，此即為選擇鋼索時所需要之安全張力。

為擴大索道運輸效果，現已委請臺大農工系進行循環索道之研究。

(3) 單軌車之研製

單軌車為一種具有適應陡坡地之搬運機具，其主要構成可分為車軌、支柱、牽引車及拖車等四部份。其特點為構造簡單，架設容易，可隨坡面變化而調節其上下坡度，並可左右彎曲，不為地形及地上物所限制。車軌為四方形或菱形，其下方裝有齒條，或在上方鑽有齒孔或鑄成齒節，使與牽引車驅動齒輪之齒互相齧合，因而可免車體在車軌上發生

下滑現象。為控制下坡時之等速運轉，在驅動軸上裝有離心剎車，即當下坡速度超過一定安全行速時，此種剎車即因離心力加壓於驅動軸，使速度降低下來，以免因下坡加速度而發生下衝之危險。

農復會曾於民國六十年由日本進口「立加利」單軌車二套，供臺東區農業改良場賓朗坡地果園作示範測驗之用，並於六十四年委請季祥機械廠自行研製此種單軌車，當年即製作完成，經臺灣省農業試驗所作性能測驗，認可在平均坡度30度，載重150公斤，行車速度每秒0.55公尺之情況下值得推廣。

單軌車之搬運效率隨坡度與面積之增大而增加，故在陡坡地與較大面積之園地使用甚有價值。但其裝置成本較高，目前在梨山溫帶果樹地區，因收益豐厚，有多處果園裝設單軌車，使用情形甚為良好。現在臺灣製造單軌車之工廠，尚有三重市弘星工業社。

2. 管路噴藥設施

坡地果園噴藥是一項重勞與費時之工作。以柑桔為例，一年噴藥次數達十二至二十次之多，噴藥費用佔總生產成本百分之四十以上。近數年來由於農村勞力缺乏日益嚴重，坡地果園噴藥工作已由背負式噴藥漸漸改為管路噴藥。據中興大學黃陽仁博士調查，現臺灣使用管路噴藥之果園面積在3,000公頃以上，其效率為背負式噴藥之六至七倍，作業效益為傳統噴藥方式之三至六倍。但各地設置之管路噴藥設施型式不一，規格各異，作業效率普遍低，不能充分發揮其效益。

為瞭解目前臺灣坡地果園管路噴藥實際作業情形，並研訂各項設施之設計標準，以達到經濟有效使用之目的，農復會一方面與臺中縣政府水土保持課合作，以其多年指導農民裝置管路噴藥設施之經驗，依據臺灣一般坡地果園環境情況，製訂一種集團果園共同作業之管路噴藥設施規格，供果農使用之參考。另一方面與中興大學農教系農機組合作進行管路噴藥設施調查及設計研究，就各地主要管路設施調查其作業能量，分析其效益，提供改進意見，並研訂標準設計，使坡地果園管路噴藥設施與作業臻於標準化。

臺中縣政府水土保持課所發展定型之管路噴藥設施，係以十公頃左右坡地果園為一集團作業規模，按每戶果園面積約二公頃，由五戶果農共同設置使用。其主要設施有4,000公升調藥池，二馬力單相馬達，25-35kg/cm³高壓幫浦，13mm PVC輸藥管及9.5mm噴藥軟管等。一次使用四支噴槍，工作一上午或一下午四小時可完成一戶2公頃噴藥工作。全部10公頃果園可在2.5天內噴藥完畢。

中興大學農教系農機組所進行之管路噴藥設施調查及設計之研究工作，已完成現場調查及實驗室測定，重要之發現為許多設施原為共同作業而設置，但因缺乏合作性，却漸漸變為個別使用，以致噴槍使用數減少，顯示管徑太大，藥液回流率過高，機械效率減低，整個設施不能發揮其效益，浪費甚多。

為補救當今管路噴藥之缺失，除對共同設施加強推行共同作業及改進各項設計標準外，對需要個別作業之果園，應採半移動式噴藥作業，縮小各項設施標準，增大其機動性，以提高其作業效率與效益。此種半移動性噴藥作業之設計標準為：

- (1)動力：2-2½馬力單相馬達220V。
- (2)高壓幫浦：600-1,000 rmp 送藥液壓力20-30 kg/cm² 一般為22 kg/cm²。
- (3)調藥塑膠桶：二個各600-1,000 l，一個在上方接水源調藥，一個在下方接高壓幫浦噴藥。
- (4)輸藥管徑13mm，流速2.4m/sec，流量20 l/min，回流率20-40%。
- (5)噴頭：側入空心式，孔徑0.8-1.35mm，霧化壓力5-7kg/cm²，噴藥有效距離3-4m。
- (6)幫浦噴藥效率：60-80%。

其作業方法為：果園坡面上方之塑膠桶置於水源一側，供調藥用，下方之塑膠桶可移動，置於噴藥適中地點。用13mm軟管或PVC管接上方調藥桶，再由高壓幫浦接高壓軟管(9.5mm)，將藥液打至噴槍予以噴出。噴槍可為一支或二支。下方藥液桶之藥液噴完，可由上方調藥桶不斷調藥供應。此種噴藥方式在一般面積較小之果園甚為適用。

3. 其他坡地農機

其他坡地農機之改良研究(1)屏東農專之割草機改裝鐵輪及加裝平衡與防滑裝置，政製中耕、施肥兼用型之割草機，(2)臺東區農業改良場之坡地輸果裝置，(3)嘉義農專之坡地農機調查與動力中耕除草機研製，(4)以及屏東農專之陡坡地絞盤作業機械研究等。

叁、今後坡地農業機械作業之重點研究

- 一、坡地施工機械作業效率與標準作業程序之研訂。
- 二、多用途索道與絞盤作業機械研究。
- 三、動力搬運車之繼續改良研究。
- 四、管路噴藥與噴灌自動化作業研究。
- 五、坡地省工管理作業機械研究。
- 六、坡地果樹收穫機械研究。