

整地農具阻力測定方法之研究

Tillage Implement Testing Method Study

梁 桐 姜俊生

一 簡介整地農具試驗之需要及目的

吾人對整地農具 (Tillage Implement) 之要求，不外下列二點：(一)可改變土壤物理狀態，使其適合作物生長之需要，(二)改變土壤物理性質時，消耗動力最少。由此二點觀之，整地農具試驗之目的，主要即在於探求某一農具，是否具有達到上述兩個要求之能力。至於土壤究竟以何種狀態最適合作物生長，主要取決於土壤結構、土壤水份、作物種類等因素，雖然研究土壤物理之人士為數不少，而貢獻也甚巨，但至今描寫式 (Descriptive) 資料居多，且有些相互矛盾，農業工程師不能利用為設計根據，僅可供作參考。故目前農具設計，在性能 (Performance) 方面鮮有巨大改變，多為沿循現有農具之性能要求而設計，因此這方面之試驗也以觀察性者居多，無嚴密完整之試驗方法。

農具工作時所需克服之阻力，必為農業工程師關心之課題，故現行之農具試驗也以此部份工作為重心。土壤對農具所產生之阻力，並非局限於農具進行方向，上下、左右均產生阻力，如僅以獲取動力消耗量為着眼點時，則僅需獲得水平方向阻力 (Draft) 數據即可，故水平阻力 (Draft) 測定，又為現行農具試驗阻力測定部份之最重要項目，獲得此項數字，則曳引機設計者，可用以推算所需引擎大小，拉桿機體等所需強度，而農具設計者，可用以比較農具設計優劣，並可做適當之設計，以避免材料之浪費及脆弱之設計。至於上下、左右 (對農具進行方向而言) 阻力多不為一般試驗者所重視，僅在特殊需要時才測定。唯吾人須注意上下、左右阻力直接影響水平拉力及農具性能，故其數值有時也需測取，做為農具改良之指針。

二 現有之試驗法及其優劣點

現有之試驗方法，可依據土壤狀態分為二大類：(一)田間試驗：土壤為田間自然狀態，(二)人工土壤試驗：土壤面積有限，每次使用后，必須經人工處理，此類又可分為 (甲) 縮小比例尺模型試驗，(Model Test) (乙) 真尺寸 (True size) 農具試驗，每種試驗法之特殊處及其優缺點，分別解釋於下：

(一)田間試驗：此種試驗為一般農具製造工廠所採用，必須於作物收穫後，新作物未栽植前，短時間內試驗，用以測定及記錄阻力之裝置，則包括由昂貴之電變歪計 (Strain gauge)、電記錄計 (Oscillograph) 至便宜之油壓筒 (Hydraulic cylinder)，測定項目以水平阻力 (Draft) 為主，性能觀察如翻土等，也為試驗中之重要項目，此種方法至少具有下列缺點：

(甲)土壤影響阻力之因子不均勻 (Non-Homogeneous)，即同一農具在試驗田之各點，產生不同之阻力，雖在近尺而其差異有達一倍以上者，因此利用田間試驗所得數字，比較農具優劣，其結論必然發生相當錯誤。

(乙)試驗受天氣影響甚巨，且每年可試驗時間甚短，影響農具發展之速度。

(丙)土壤因子無法暫時控制 (Temporary Control)，試驗數字失去比較性，且農具之基本性試驗，如土壤水份對鏟犁阻力之影響等也無法進行，因太多因子同時變動，則其因果關係不易分析。

(丁)田區輻崎不平，而大多數之精確測定裝置易於受震損壞，故必須備有貴重防震之測定車輛，增加試驗困難及費用。

(戊)田面不平，農具耕深耕寬不易控制，因而測定數字失去比較性。

綜合以上主要缺點，吾人知道，如使用此種試驗結果，以比較農具動力消耗之優劣，必發生相當誤差，又因全年中可作試驗時間過短，一個新農具之設計，必需相當年代始能完成，對試驗工作之進度影響至巨。此類試驗缺點甚大，但因其與實際田間工作情形完全相同，故性能觀察較其他方法為優，且測得之拉力數據，作為設計曳引機及整地農具強度之依據較為安全。唯此種數據必須靠大量試驗，以求凡可能遭遇之土壤，均包括於試驗中，以避免零件強度偏高或過低之設計，試驗次數範圍加大必使試驗費成比例增加，因而此種試驗如欲達到希望之結果，必耗資甚巨，故此種實驗，應於農具已脫離初步比較試驗，而進入設計階段時使用，換言之即此種試驗不適於做比較農具優劣之目的，但對於供給農具曳引機機件強度之設計依據，則為必須，

其他試驗在這方面無出其右者。

(2)人工土壤真尺寸農具試驗：此類試驗以美國農部整地農具實驗室 (USDA Tillage Laboratory) 之試驗最著名，土壤之均勻性質較田間自然土壤為優，但仍不能達到完全均勻狀態，且因農具尺寸較大，而每農具必須重覆數次即，二三個設計比較時，也需寬大面積之試驗土壤，土壤面積加大，則更不易獲得均勻性質，又面積甚大時，土壤因子也幾無法暫時控制，而試驗土壤之性質在試驗期中變動，必定影響試驗結果之正確性。至於隨意控制其他土壤因子而變動一個因子，則成為不可想像之事，而此種要求又為基本試驗所必須。但此種試驗土壤位置一定，如有足夠經費仍可與以遮蓋以避免天氣影響，可全年工作，此為田間試驗所不能及者。測定儀器置於水平之鐵軌上震動小，而耕深耕寬也易控制，較田間為優，但因設備費用太巨，除經費充裕之試驗室外遠非一般研究機構財力所及，且其設備費高而缺點仍甚多，故採用者並不多。

(3)人工土壤縮比例尺模型試驗：於1956年美國農業工程學會刊首次出現此類試驗之提議，但並無具體之試驗裝置步驟，也無結果發表，僅述及此方法用於測定農具阻力之可能性。1960年又再度刊出此種方法之研究結果，所用之農具為圓盤犁，其試驗結果也頗滿意，但在一般情況下，找尋一影響阻力完整無缺之土壤農具構造因子組，頗為困難，且有時試驗之目的，即在於探求影響阻力之因子，唯模型實驗具有下列優點，因模型體積小則試驗土壤面積可縮小，因而均勻之土壤也易獲得，此為真尺寸農具試驗所不及者。至於減少製造試驗農具費用，在農具試驗並不重要。故這類試驗之最大優點即在於縮小試驗所須之土壤面積，因而較易獲得均勻性質之土壤以供試驗，其缺點為手續繁多，不如真尺寸之實驗結果一目了然，而其推計之誤差也使其試驗結果比較性較差，且有時不易找尋完全之模型公式，實驗無法進行。

綜合以上，吾人知上列數種方法用以測定農具阻力及性能各有優劣點，如以觀察農具性能為主，則田間試驗最優，人工土壤真尺寸農具試驗次之，而模型試驗則最次。以測定阻力比較農具設計優劣為目的時，則以試驗土壤之均勻度及阻力測定值之比較性，以決定其優劣，故模型試驗，人工土壤真尺寸試驗較田間試驗為優。但如欲測定阻力，以供曳引機農具設計師決定零件強度時，則又推田間試驗居首，其他二試驗相差無幾。故目前一個新農具之長成，必須經過二種

試驗始可放心大量製造，而其中之一必須為田間試驗。於設計改良之初期，試驗之目的以比較淘汰工作為主，又該時期所遭遇之不同設計數量必巨，故應使用一簡單準確不受天氣影響之快速方法為之。後期則為觀察性能，並測定田間可能遭遇之最大阻力以供製造設計用，因此時數量已減至一二件，故試驗速度可稍慢，可仰賴田間試驗供給必須資料。但田間試驗受天氣季節之影響，仍應設法尋求一實驗室法將其取代，則整地農具試驗工作可全年進行，不受天氣季節影響，如此則農具發展改良速度必較現在為快。

三 本文所述之方法與農具發展之關係

本文所述之方法，其特徵為(1)利用 $1/4$ 真尺寸農具做實驗，(2)採用小面積人工土壤（大於Model Test所需土壤面積），(3)農具阻力測定儀器靜止，土壤移動，這些特點已為上節所述各種試驗法分別據有，但無一種試驗能全部具有這些條件，下面將分別解釋本試驗法之優點：

(1) 真尺寸農具：

現在農具設計師及農具試驗學者所採用之田間試驗法，或USDA之試驗法，均採用真尺寸試驗，本文所述之試驗法，為避免模型試驗之不易找尋完全「無單位項組」(Dimensionless Product)之困難，及由模型試驗結果推斷大型真尺寸性能之偏差，故採用真尺寸，其測定結果可直接使用，但採用真尺寸農具又需同時保持小面積試驗土壤，則土壤均勻度 (Homogeneity) 及重覆性 (Reproducibility) 必引起困難。需要一優良之土壤處理法。

(2) 採用人工土壤：

人工土壤較田間土壤之優點已於前節詳述，但人工土壤面積必須小，方易獲得均勻度及復原性，否則本試驗法與USDA真尺寸農具試驗法具同樣缺點，土壤面積大，則均勻度及復原性均不易獲得，而設備費也昂貴。故本試驗必須將人工土壤面積縮小至吾人能利用一理想土壤處理法，獲得均勻性質土壤，且於土壤使用後使其復原，與未使用前性能相同。如是則土壤面積雖小，但因其可以無限制恢復原狀，無異一面積無限而性質均勻之土壤。其面大積小，以能使現有最大農具使用一次即足，此種

思想即為本研究之中心。如欲達到此種目的，必須尋求一理想之處理土壤方法，而此種方法之探求，及證明此種方法之可靠性，即為本研究所急於獲得者，能達到此種目的，則其他各種試驗之缺點均可克服，如大面積土壤性質之不均勻性，土壤性質之不易暫時控制，天氣影響，模型之推算誤差等，將不再成為農具試驗之障礙。

(3) 靜止之農具阻力測定儀器：

目前僅模型試驗利用此法，其優點為儀器靜止可避免震動損壞，且一般用於農具測定之計錄計（oscillograph）受震後記錄之準確度受影響，使用特別避震裝置，可減少此種誤差，但也必增加預算，又電線之紛繞等遠不如土壤移動，而使電力部份之儀器及觀察者靜止為佳。

綜合以上三點，此法所測定之數字，較現有任何方法所測得數字，更據比較性，設備費及土壤暫時控制性比現有之模型試驗方法更佳，而結果可直接利用，具真尺寸試驗之優點。用於農具發展初期，比較農具設計之優劣，選擇一或數種設計繼續發展，而摒棄性質差者，省時省力，並可全年進行，此種優點遠非現行任何試驗方法可比擬。但因土壤面積小不利性能觀察要求，而測得數字，也不宜用來設計農具零件，及用來推斷動力消耗之絕對值，故此種方法為一種初步選擇淘汰工具，設計發明之新農具仍需經過田間試驗，方可製造出售。但農具之試驗設計以初步工作多而繁，試驗必須全年進行，田間試驗僅在發展之最後階段方為必需。

以田間試驗觀察性能（對完成工作目的而言，不包括產生阻力性能）、求取零件強度及動力消耗值，乃存在甚多問題，急需改進。田間土壤實際情形差異甚大，除非將田間試驗擴大地區，包括所有新發展農具預備使用地區之不同土壤，則其結果也僅安全，足以使用於已試土壤同性質者，故田間試驗數據之可靠性端賴大面積之試驗，每非一二季農閒期可完成，而農具之搬移費用，時間等均浪費不堪，故必須獲取一種方法，簡單而便利測取田間土壤因子，然後於試驗室內之土箱中，製造田間土壤則如此獲得之阻力數字必與田間所得者相近，省去農具車輛之搬移，而一區之土壤性質調查完畢後可永久使用，不必於每一件農具完成後，即舉行一次全面之田間試驗，性質觀察試驗也可藉高速攝影機，攝下其工作情形，然後以正常速度放映仔細觀看

，此種結果可能較田間更優，如是則除去田間土壤性質之調查外，其他農具之試驗可全部於室內全年進行，此種方法應為吾人追求之目標，但本文則僅包括農具比較試驗部份之改良工作。

四 土壤處理法之依據及目的

依照 M. L. Nichols 所發表之論文，土壤影響農具阻力之因子可分為(1)土壤顆粒結構 (Particle Size)，(2)膠體含量 (colloid content)，(3)水份含量 (moisture percentage)，(4)假比重或鬆緊度 (apparent specific gravity or State of compaction)，(5)有機質 (organic matter)，(6)膠體化學成份 (Chemical Composition of colloid)。土槽所採用之土壤決定後，僅水份含量及假比重可能發生變動，前者當大氣之相對濕度低時變動速度快，但如果時間（農具試驗由開始至完畢時間）較短，其變動量可能有限，但其變動量必須測定，以決定其影響，而後者則於農具使用後必然發生變動，如何使其恢復原來之均勻假比重，則為最重要之事項。如能使其二變動因子分別保持不變及使其復原，則土壤對產生阻力言，為一不變常數，則試驗結果之差異，必為農具在此種土壤工作時之差別，非土壤本身之差異。

土壤處理法之目的，即在於使土壤槽中之土壤於使用後，恢復使用前狀態，使所有參加試驗比較之農具，得均利用同一性質土壤。假比重即土壤鬆緊狀態，以W代表土壤重，V代表其體積，AG代表假比重，則

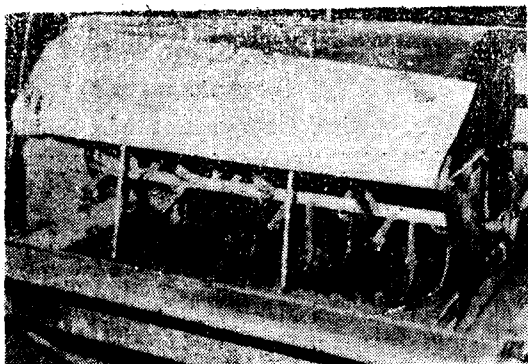
$$AG = \frac{W}{V}$$

土壤槽中之土壤，當水份無變動時，則其W不變，於使用後，吾人如能尋找一壓輻法，將其壓至原來之V，則假比重應無變化，唯當土壤體積龐大時，深度及水平各點之假比重值差異必然存在，（雖然AG值不變），故必須設計一套工具，於土壤使用後將其打鬆，然後將鬆土平均分配於土槽內，即未使用輻壓手續前，土壤各點之AG值已相等，此部工作較之壓輻手續更為重要。故本文所述之土壤處理法有二個大目標：(一)盡量保持土壤水份不變，(二)土壤經恢復原狀處理後，各點之假比重必須均勻且與未使用前相同，至於如何證明本文所述方法之是否符合需要，則於第六節申述。

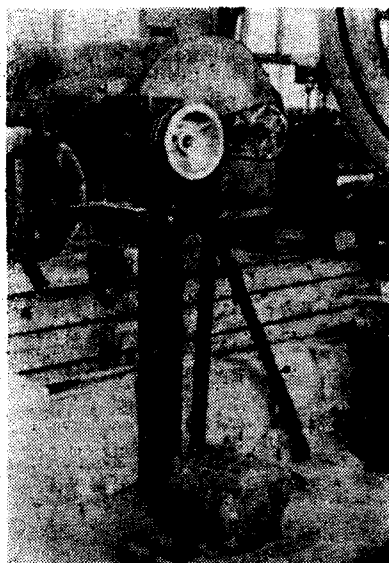
五 設備儀器構造及其功用

本文所述土壤處理法使用之設備儀器，可依性質分爲三大類：(甲)土壤處理設備，(乙)土壤槽運動系統裝置，(丙)測定設備及儀器。分別介紹於下：

(1)碎土刃：利用28支耕耘刃作成，碎土刃軸轉速約每分200轉左右，其目的在於打碎土壤，使其顆粒均勻，鬆軟及深度相同，即在未壓輾前土壤槽內各點之土壤密度已相同，其構造及轉動系參看圖一及圖二。



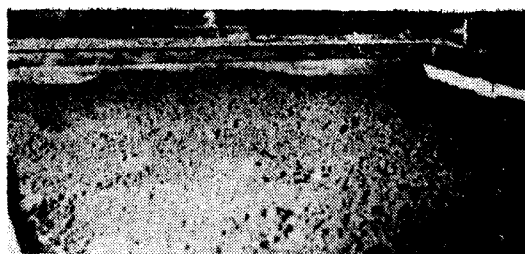
圖一：碎土刃



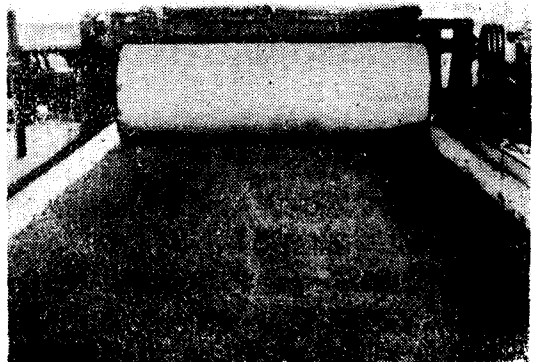
圖二：碎土刃傳動系統

(2)水平刮板及土壤壓輾滾：用以刮平經碎土刃打碎之土壤，刮土板可藉螺旋裝置昇降，其構造如圖三，土壤壓輾滾形狀參看圖四。

(3)土壤槽：

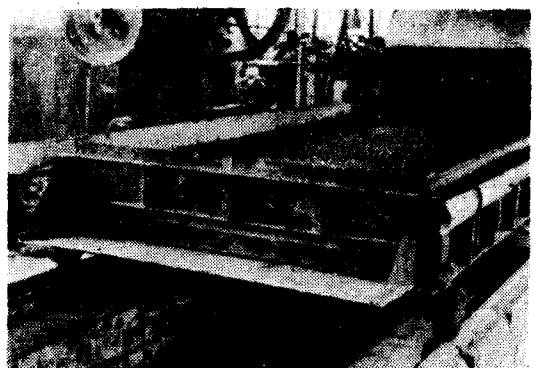


圖三：刮土板刮土情形



圖四：土壤壓輾滾壓輾土壤情形

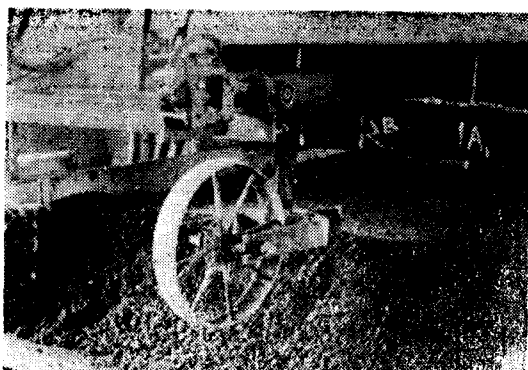
土槽寬48英吋長72英吋深12英吋，上槽四週利用塑膠(Plastic)半圓形滴水瓦，以防止碎土刃打擊時，土壤落在地面不易收回，一端有活動門以便測定農具進入土槽，也即增加土槽內，土壤有效使用長度，土壤藉動力拖動，以達農具之正常運動速度。參看圖五及圖六。



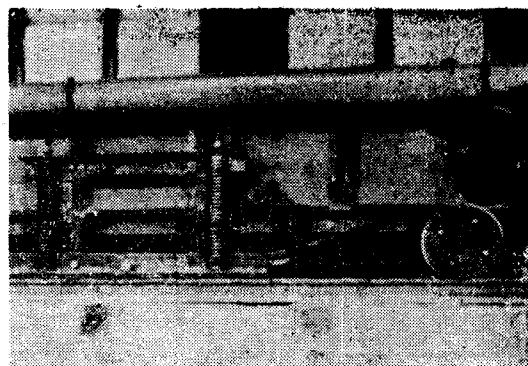
圖五：土槽活動門關閉情形

(4)土槽傳動系統：

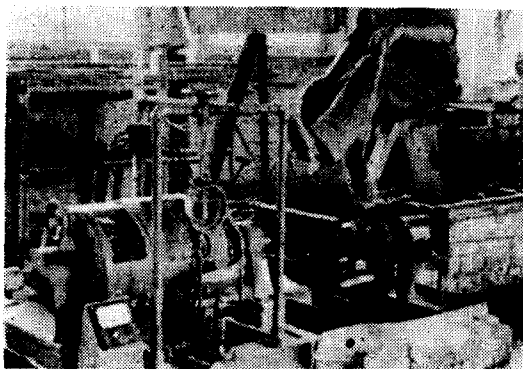
包括一5馬力變速交流電動力計，三前進一後退正齒輪變速箱，及一組蝸輪固定減速裝置，蝸輪軸上裝有一鏈輪，籍鏈條拖曳土箱前進或後退，前進速度自最低0.2米每秒至4米每秒，故足以包括任何農具在田間之使用速度。圖七及圖八。



圖六：土槽活動門開啓，開始試驗情形



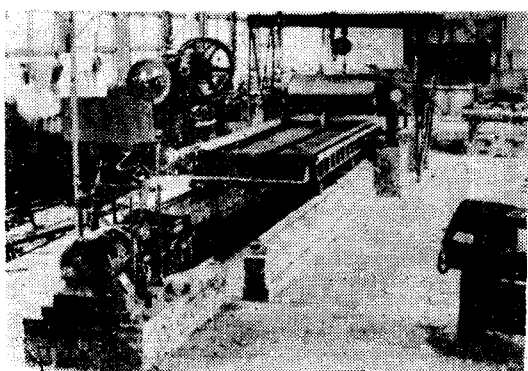
圖九：剎車全部構造



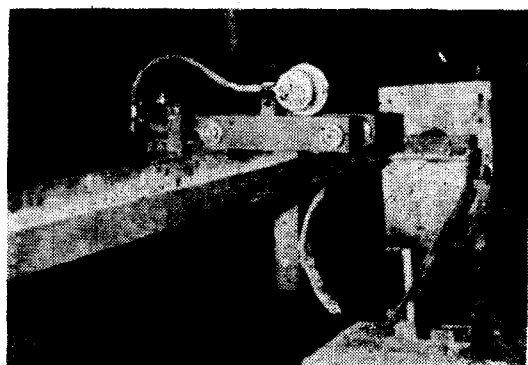
圖七：傳動系全部



圖一〇：剎車啓動器已啓動剎車



圖八：傳動系與土槽連接結合相關位置



圖一一：農具架及待試農具

(5) 土槽停止剎車：

剎車之構造如圖九，可於3英尺內將4米每秒行速之土槽全部停止，鐵軌上裝有一剎車啓動器，可自動於軌道上之任何地區自動剎車。

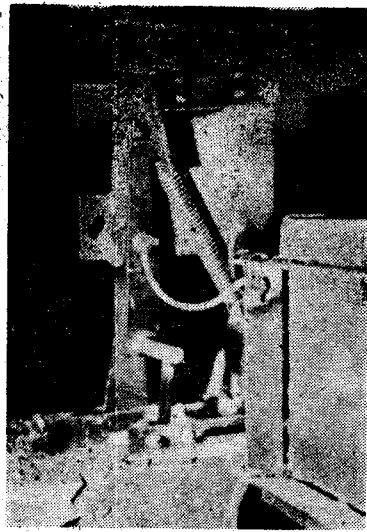
(6) 測定農具安裝架：

農具安裝架橫跨土槽，待測農具可自由做橫向滑動，以便充分利用土槽內土壤，農具架能配合土槽位置，自動將農具彈出土壤，以避免剎車失靈時裝置損壞，其構造參看圖一一、一二、一三。

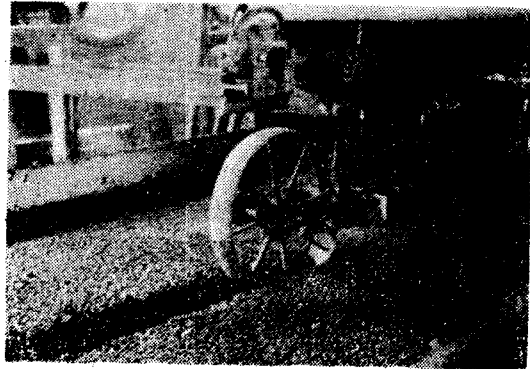
農具阻力測定裝置為農具架之一部份，唯可在農具架上滑動，該裝置可減少農具阻力扭力矩所產生之摩擦力，以增加測定裝置精確度，油壓筒利用汽車剎車總幫浦改裝而成，壓力錶採用一般水壓錶，其構造參看圖一四。

六 試驗方法

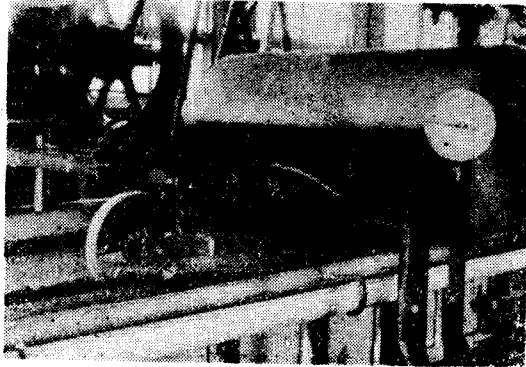
綜合以上，本文所述之阻力測定法，與現行方法最大不同處，即為同時使用真尺寸裝具及小面積人工



圖一二：農具彈離土壤瞬間



圖一三：農具架及試驗中農具



圖一四：農具架之阻力測定裝置部份

，因此改良試驗土壤之均勻性 (Homogeneity) 及重覆性 (Reproducibility) 仍成爲必須，唯如欲獲得此目的，則必須保持土壤假比重相同，或近似相同，而此種性質並可重覆獲得，且其絕對值相等，其次即需保持水份含量不變，因此本文之重心即在尋求一有效方法，以達到上述之要求。欲證明之事項即已決

土壤定，其次即爲採用之證明方法，證明方法可分爲二大類，即(一)現行試驗所採用土壤之性質，與本文所採用方法作一比較，(二)求證土壤經本文所採用方法處理后，土壤中各點假比重之差異是否顯著。此將所採用方法，依照次序詳爲解釋。

(1) 土壤水份試驗：

(甲) 試驗中土壤水份損失情形：

試驗開始前即逢機抽取土樣10個，土壤槽內土壤處理10小時後，取土樣10個，比較土壤水份之差異是否顯著，如不顯著則證明本文所採用之防止土壤水份損失方法有效。

(乙) 試驗休閒期間土壤水份損失情形：

試驗開始即抽取土樣10個，每隔12小時抽取樣品10個，共做24小時，即抽取樣品3組共30個，比較3組間水份含量平均值間差異是否顯著，如不顯著，即證明土壤水份可確保不變。

(2) 土壤均勻度 (Homogeneity) 試驗

本試驗包括二大類，一爲比較性，另一爲土壤本身假比重值差異之比較

(甲) 比較試驗：

選取一塊土壤性質均勻之田間土地 (水田)，

依照下圖，測取9點3種深度之假比重，此9點所得數字爲一組，於田間及土槽中每個深度，分別測取12組數字，並分別求每組內9個數字之變異係數 (Coefficient of variation)，故每個深度田

	←12"←	←12"→	
↑	×	×	×
	1	2	3
36"			
↓	×	×	×
	4	5	6
	×	×	×
	7	8	9

間及土槽共可求得24個 (每一個深度)，然後分別求田間及土槽每個深度各12組、變異係數 (C.V.) 之算術平均值，此算術平均值越低，即表示土壤每組內各點假比重之差異小，換言之即土壤性質均勻，故比較田間及土槽組之變異係數平均值，可以判定土槽和田間土壤水不平均勻性孰優孰劣。

(乙) 行列間假比重值平均數差異比較：

於土槽內依照下圖分別永取12個點，依照行

	第一行	第二行	第三行	第四行	列分別組成三列組及四行組，列與列比較，行與行比較 (P=0.05)，以求列與列及行與行間假比重值有無差異。
第一列	×	×	×	×	
第二列	×	×	×	×	
第三列	×	×	×	×	

(3) 土壤性質重覆獲得性 (Reproducibility) 試驗：

證明法可利用已有之資料，及測定農具阻力，分別為之。

(甲)假比重法：

⊖比較法：求證土壤均勻性所獲得之72組9點資料，可用來求證土壤性質重複獲得性之優劣，先求每組之算術平均值，再分別求每個深度田間及土槽各12組算術平均值之變異係數，如變異係數小，即表示每組間之差異小，也即每組性質相近，即重複獲得性較佳。

⊙變異數分析法：利用已獲得之4組12點數據，使用變異數法求證4組間之平均數有無差異。如無差異即表示其重複獲得性高。

(乙)農具阻方法：

選用二不同形式農具，分別於土槽，土壤中使
用各4次，土壤每處理一次，每農具可得4個數字，土壤處理三次共分別獲得二大組（兩農具各為一組）24個數字，然後分析（利用變異數分析法）求
(1)土壤處理對農具產生阻力之影響，如此影響不顯著，即證明土壤處理可重複將土槽內土壤恢復原狀。
(2)農具設計及土壤共同對阻力之影響（Interaction），
(3)農具設計因子對阻力之影響。

七 試驗記錄分析

(A)土壤水份試驗：

⊖ 試驗中土壤水份之損失

時 間	大氣相對濕度	試驗前土壤水份含量	試驗後土壤水份含量
10 小 時	80%—80%—85%	20.99%	21.00%

注：(1)水份含量為Dry Basis。

(2)10小時為連續不斷試驗時間。

(3)試驗中共測取濕度三次。

土壤水份含量之差異甚微，其差異在 $P=0.7$ 時始成爲顯著，而農具之阻力比較，因土壤因子差

異不易控制，選用水準必在 $P=0.05$ 或 $P=0.01$ ，故可認爲土壤於室內連續使用10小時（較一般之工作時間長2小時）後，土壤水份無變動，唯此種試驗於80%相對濕度下舉行，如濕度太低之地區似，應將室門密閉，並利用人工方法將濕度提高。

⊖ 試驗休閒期間土壤水份損失情形

時 間	大氣相對濕度	試驗前土壤水份	12小時後水份含量	24小時後
24 小 時	90%—92%	22.04%	21.82	21.78

此種差異於 $P=0.05$ 或 $P=0.01$ 時均不顯著。

由試驗⊖之結果可知在臺灣之大氣情形下，土壤水份對農具阻力比較試驗之結果無影響，在試驗休閒時間（如夜間），試驗土壤應利用塑膠，或其他防

止土壤水份蒸發之器具，予以密密罩住。

(2)土壤均勻度試驗：

(甲)比較試驗

表1：田間每小區三種深度9點假比重值變異係數（coefficient of variation）數據表

田 區 深 度	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12											
	0—12"	28.3	18.8	15.6	14.6	14.1	18.6	12.2	6.66	17.2	14.9	12.1
2"—4"	24.2	19.5	16.6	19.3	20.5	18.6	9.6	17.4	17.75	16	14.3	13.8
4"—6"	9.7	13.7	12.5	20.0	8.95	16.3	14.1	25.9	24.2	28.4	16	29.2

表 2：土槽土壤每次處理三種深度 9 點假比重值變異係數 (Coefficient of variation) 數據表

處理 深度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0—2"	7.8	9.3	3.3	13.5	9	9	17.5	8.9	9.3	10	12.1	9
2"—4"	6.1	7.2	11.5	9.5	11	9.25	11.6	8.5	7.3	8.7	8.55	10.15
4"—6"	7.2	12.2	10.1	6.75	6.4	5.7	12.1	6.1	5.63	8.8	4.8	10.4

表 3：田間及土槽三種深度假比重變異係數 (C.V.) 平均值比較表

深 度	田 間	土 槽	田 間 / 土 槽
0—2"	20.2%	9.81%	2.1倍
2"—4"	23.6%	9.11%	2.56
4"—6"	24.77%	8.0%	3.1

由表三觀之，可見土槽內之土壤遠較田間土壤之均勻性為佳。

(乙) 行列間假比重平均數差異比較

表 4：行間假比重平均值比較之 F 計算值表

土 槽 土 壤 處 理 代 號	F 計算值	F0.05	F0.01
1	3.08	4.26	8.02
2	1.4		
3	1.3		
4	0.78		

由上表可知土槽內土壤經每次處理後，行與行間之土壤性質無變化。

表 5：列間比較之 F 計算值表

土 槽 土 壤 處 理 代 號	F 計算值	F0.05	F0.01
1	2.07	4.07	7.59
2	5.55		
3	2.2		
4	7.		

由上表知於 $P=0.05$ 時，土壤處理1及3之土壤，列間性質無差異，而2及4差異顯著，唯在 $P=0.01$ 時，四種處理均無差異，但列間之差異對農具試驗無顯著影響，故比較農具阻力差時，仍應選用 $P=0.05$ 水準

為佳。

(3)土壤性質重複獲得性(Reproducibility)試驗：

(甲)假比重法：

⊖比較法：

表6：田區及土槽假比重變異係數(Coefficient of variation)比較表

處理 深度	田 間	土 槽	田 間 / 土 槽
0-2"	28.6%	4.4%	6.5
2-4"	29.3%	9.25%	3.16
4-6"	22%	7.67%	2.86

由表6可見人工土壤之重複獲得性(即獲得相同性質之土壤以供實驗之可能性)較田間自然狀態之土壤為佳，唯其輕微之差異性質是否顯著，可由下二表獲得結論。

⊖變異數分析法：

表7：土壤每次處理之假比重值及利用變異數法求算結果

土 壤 處 理	假 比 重 總 值 (12點假比重值之和)	F 計 算 值	F0.05	F0.01
No.1	764	1.03	2.82	4.26
No.2	777			
No.3	756			
No.4	786			

土槽內土壤經處理後，其性質仍保持不變，換言之即土壤性質之重複獲得性可以達到，此點之成功，可使吾人於小型有限之土槽內，舉行真尺寸農具試驗。

(乙)農具阻力法：

表8：農具阻力值計算結果

因 子	平 方 和	自 由 度	不 偏 變 異 數	F (計算值)	F0.05	F0.01
全 體	24613	23	1070			
土 壤	3	2	1.5	0.002	19.44	99.45
農 具	15403	1	15403	30.1	4.41	8.28
農具×土壤	8	2	4			
誤 差	9199	18	511			

由表 8 可見土壤 (不同次處理之土壤) 具高度之重複性, 較利用本節 ⊖ 法求得之結果更具重複性, 但土壤係利用同一方法處理其重複性應相近, 其相異之原因, 主要為農具阻力測定裝置, 乃係利用油壓式指示計, 其記錄已為平均值, 而 ⊖ 法所測得之土壤鬆緊度 (State of Compaction) 係利用穿透計 (penetrometer) 量取, 而所取之數值又較少, 故其差異較大。

八 結 論

(1) 由於本文所述之土壤處理法, 可重複獲得性質均勻且相同之土壤, 故農具阻力之測定, 可利用真尺

寸 (True size) 農具, 於小面積土壤上測取, 量取之阻力, 較以往試驗結果更具比較性 (無試驗土壤本身差異之影響, 模型試驗推算結果之誤差等), 即吾人可更正確的根據測得阻力數據, 以判斷農具設計之優劣, 而作取捨之依據。

(2) 本文所述試驗方法之優點, 在於測定數據 (Draft) 具有較優之比較性, 但利用田間試驗以測取田間實際阻力之範圍, 以做農具設計根據仍為必須, 故目前本文所述方法, 仍需與田間試驗配合, 但田間試驗, 僅於農具發展之最後期方為必要, 故此法之成功可使農具之研究發展速度大為增加。

(本研究之完成得國家長期發展科學委員會補助)

參考文獻：

1. Soil physics L. D. Baver 1956
2. Soil Testing for Engineers T. William Lambe 1956
3. Soil Engineering M. G. Spangler 1951
4. Draft measurement for Tillage Tools B. Telischi, H. F. Mccolly, E. Erickson 1956
5. Evaluating and Improving performance of Traction Wheeis, G. E. Vanden Berg, I. F. Reed, A. W. Cooper 1961
6. Similitude in studies of Tillage implement Proces K. K. Barnes, C. W. Bockhop, H. E. Mcleod 1960
7. Soil physical Condition and Plant growth Bynont Shaw (Editor) 1957
8. 統計學 陳超塵 民國 51 年
9. Statistical Technique in Agniicultural Research D. D. paterson 1939

三 壬 營 造 廠

經 理 許 壬 子

地址 雲林縣北港鎮公館里博愛路 98 號

電話 北 港 3 7 號