

堆肥施用機械開發規劃與製作

龐國維¹、樂家敏²、田雲生¹

1)台中區農業改良場

2)國立中興大學農機系

摘 要

適量施用塊肥可改善土壤性質，並可以解決農畜產廢棄物的出路問題，且有助於農業之永續性經營。但堆肥用量龐大，人工施用時倍感笨重與辛苦，因此亟需以機械來達成。堆肥施用機械種類繁多，可概分為田面均勻撒施用之堆肥撒佈機與作物行間施用之堆肥挖溝施肥機兩大類，國內目前僅少數農戶使用前者機型，且多數為畜牧業使用，分佈於全省；後者機型則為近年來針對作物行間使用堆肥需求而發展出之機型，但並未引進國內。堆肥撒佈機之施用效率根據台中場對單一機型測試結果，可較人工快7~10倍，其經濟效益若以代撒施作業、大規模使用，可較人工節省成本達每公頃5,594元；若個別農戶用，則節省成本為每公頃4,319元，顯見堆肥施用機械非常值得開發並大力推廣。現況中農友施用堆肥需求量日益增加，但經調查施用方式計有八種，除一種利用機械撒施外，其餘方式均較費人力。有鑑於此，本場與中興大學農機系研究人員共同依據目前施用堆肥不同需求情況，並參酌小田區作物行株距及施肥量等條件，規劃堆肥施用機械之開發型式為四大類，分別為小型中耕機掛載型、較大容量專用型、挖深溝堆肥施肥機型及兼用型堆肥撒佈搬運車，以合於不同田區及不同需求使用。其中挖深溝堆肥施肥機已完成雛型並進行試車，其係採用油壓動力自走式底盤及動力挖掘鏈條，可掘深溝達70公分並兼施堆肥後覆土，適用於果樹區需深埋堆肥之情形使用；兼用型堆肥撒佈搬運車則初步完成雛型，尚未實際試車，採用搬運車底盤改裝動力傳導至後側可分離之堆肥撒佈裝置，進行預計9~11公尺寬度之撒佈，車斗容量約為1.1噸堆肥，其特殊之處在於後側撒佈裝置可與車體分離，該車體於平時即是農用搬運車，要施用堆肥時再加裝後側裝置，等於搬運車具多用途利用之附件，可降低設備成本，以冀廣為農友接受。未來對於如何推廣使用機械以增加堆肥之大量利用，例如如何建立代撒施制度或前述機型之開發及性能再改良等，均有待大家共同努力。

關鍵字：堆肥機械，挖溝施肥機，堆肥撒佈機，深溝施肥機，搬運車。

前 言

本省近年來環境保護意識抬頭，幾乎像是一夕之間，突然每個人都開始質問周遭的生活

環境怎麼出了這麼多的問題，無論是空氣、水、土壤、噪音、生態保育等等都有污染與保護的問題，如果再不努力加以解決，遲早會惡化至無法安居的地步。農業上也是如此，農藥過量使用及殘毒，農地地力持續劣化，畜禽廢棄物污染等等問題，在在都是大家心頭的陰影。長此以往，台灣農業將何去何從？農業環境將如何維持長治久安？我們這一代的人會不會成為斷送台灣農業經營環境的罪人？有識之士遂倡議永續性農業經營的理念，疾呼減少甚至不要使用化學藥劑與肥料，設法將農業及畜禽廢棄物回歸自然，達成自然與生態之平衡等，以維農業環境之清明，庶幾可以無愧於祖先及後代萬世。

這些問題中，農藥的用量不在本文討論研究的範圍；而畜禽廢棄物與土壤劣化的問題，則可以關聯到堆肥之使用來一併解決，也就是說土壤可以利用大量施用有機肥料及畜禽廢棄固形物所製堆肥來提升地力，也因而使廢棄物有所出路，不致形成大量污染。同時以近年來國民生活水準提高，以及精緻農業政策之推行，加上進出口貿易自由化等國際局勢之衝擊，農業結構勢需變革，生產較高經濟價值作物亦勢在必行等種種情形來看，堆肥除可改善地力外，亦可提升農產品質量而有助於精緻作物之生產。事實上目前本省已有許多高經濟價值作物之栽培使用有機質肥料以促進產品質量，其需求有逐年增加趨勢。依據估計，本省高經濟價值作物栽培面積至少20萬公頃計算，則全年堆肥需求量至少為100~400萬公噸，倘若再包括一般農藝作物、育林、牧草等所需，可見本省有機質肥料市場需求奇大⁽¹⁾。

然而堆肥之施用卻是一件十分笨重的工作，由於其數量及體積龐大，目前之人力撒施非常耗費時間及精力，搬運及人力之負荷均是極大問題。尤其目前農村勞力缺乏，影響農民施用的意願，致使推廣困難重重。故極需引進或開發適當之堆肥施用機械於農村推行，減輕施用堆肥的人力負荷，增加施用效率等，方能達到大量推廣使用堆肥的目的。

堆肥施用機械應引進或開發？由於多數國外的機型均相當龐大，可能只適用於部份國內大面積上使用，而多數國內田區狀況仍需不同的機型，同時引進之機械價格通常十分昂貴，因此開發研製的需要與工作應該是肯定的。而施堆肥機應開發那些急需應用於國內的機型？如何規劃？這些都是本研究中所努力並希望能提出答案者。

機械概要及分析

1. 機械概要與介紹

堆肥施用機械種類繁多，筆者另一報告中⁽²⁾曾有記述，此處為求便於了解，特贅述詳列並補遺各式機種資料如后：

堆肥施用機依其施用方式不同概分為兩種基本型式——做為均勻撒施應用之堆肥撒佈機，與作物行間週邊用之堆肥挖溝施肥機。以下即以此兩分類做一概要介紹。

A. 堆肥撒佈機

堆肥撒佈機係具有固定載台或容器能承載一定量的堆肥，並有打散碎塊及將堆肥輸送向出口方向並散佈出去之機構，採自走式或拖曳方式，並以動力輸入帶動各機構，達到將堆肥運送至農地，並將其打散後均勻散佈於農場地面上之一種農機具。其動力有畜力用(早期兩頭畜力拖曳之四輪馬車型)及機械動力用兩種，其中前者隨時代之進步已不復存在。

堆肥撒佈機型式不一而足，除農業機械學概論及Smith等⁽³⁾⁽⁴⁾書中曾做介紹分類外，日本機械化農業誌於1985年特集中曾將之分類為撒佈軸式及密閉桶式兩類，前者又細分立軸、透平、側施與附屬件等型式⁽⁶⁾，不過筆者以為其分類並不是十分詳盡，因此僅以研究收集所得大略上做以下不同方式分類。

(一)以撒佈軸型式區分

1.水平式：

(1)單軸：撒佈軸為橫向或縱向單支者。多用於小型較淺之堆肥載台，為最普遍使用型式，圖1機型即為此型式代表。

(2)雙軸：撒佈軸橫向雙支用於較大型較深堆肥載台。如德製KRONE Optimat。

2.垂直式：撒佈軸與地面垂直並有雙軸或多軸者，其優點為可增加載肥深度，多垂直軸則用於較寬車台。如圖2，3均為此型式。

3.其他：如圖4型式採旋轉盤狀撒佈方式者，可做較寬幅之撥撒動作。

(二)以撒佈方向區分

1.側向撒佈：

(1)單點：撒佈口在側邊為單一點出口者，通常用於密閉式載肥斗，但較不適用長纖維性堆肥，如圖5即屬之。

(2)側面：撒佈出口為載台全側邊者，可改善單點側向撒佈缺點，但動力需求極大，如歐洲Dowdeswell產製之2070 Sidespreader。

2.後向撒佈：撒佈出口為載台後方，與行進方向相反者，多數撒佈機屬之。

(三)以施用堆肥種類區分

1.乾式堆肥用(開放式)：撒佈機載台採開放式，堆肥藉撥肥鏈或其他輸送裝置向撒佈切刀與撒佈機構處移動，以達到均勻散佈的目的，由於其開放式架構若使用高水份堆肥時，其多餘液體會溢流於車體外，造成不便及環境與道路污染，因此並不適用於高水份濕式堆肥(如剛收集之雞糞等)，多數撒佈機屬此分類。

2.泥狀或濕狀堆肥用(密閉式)：撒佈機堆肥槽除撒佈出口外皆為封閉式，並採如大節距螺桿等較強制式輸送機構，其封閉架構不虞肥水外流，宜用於濕式堆肥，亦可適用於乾式堆肥，如美製GEHL MS-309(圖5)及卡車型堆肥車(圖6)等。

(四)以承載動力區分

1.曳引機承載式：

(1)拖曳式：以固定長度拖桿藉曳引機等動力母機拖曳，並由PTO傳導動力，達到載運並撒佈堆肥的目的，如圖1，2，3，4等多數均為此方式。

(2)三點連接承載式：藉曳引機三點連接承載，PTO傳動，以達工作目的，此種方式因承載量易受曳引機大小限制，較為少見，如圖7為由花蓮農業改良場研製之雞糞撒佈機即為此方式。

(3)並用式：以三點鏈接及標準拖曳法兩段式承載，以特殊三點懸吊轉接拖桿(圖8)，可縮小整體轉彎半徑至最小，如圖2及圖4機型即屬之。

2.自走式：

(1)卡車承載式：以卡車型式為承載動力，其載台上置放堆肥槽及撒佈裝置，如圖6即為此型式。

(2)多用途承載式：本身為一多用途承載車台，具有自走動力，可附裝多種不同功能之組件，如青割玉米機及飼料承載箱等，堆肥撒佈機構僅為其中之一項附件。若加裝堆肥撒佈機構及堆肥承載箱後即可做撒佈堆肥用，如圖9即為此型式。另外，亦有為解決裝載高度太高時易造成人力操作困難，而特殊設計之低床式堆肥撒佈機如圖10者。

B.堆肥挖溝施肥機

溝施肥機不同於撒佈機者在於做為作物行間使用，必須開溝後埋入堆肥，因此具備有開溝或挖溝之機構，其原理類同一般之開溝施肥方式，只是施用材料為堆肥，須有較大容量堆肥桶以及類似於堆肥撒佈機之堆肥配出機構。此類型之機具為近年日本針對菜園與果園所發展出之機型，據所知國內目前尚無此類機具引進或應用，其型式有自走車型式(圖11)與裝於中耕機後型式(圖12)。另外在國內由農委會補助計畫中有國立中興大學農機系所主辦計畫中研製開發自走式挖溝施肥機已完成並試車，使用馬力為13馬力柴油引擎，採用鏈條型挖溝刀機構，可挖溝施肥於70公分以上深度內，最適於果園中應用。這些不同類型機械之大小不同與功能均有其特殊之處。

2.國內現有使用分佈現狀

堆肥溝施肥機目前國內並無引進及使用，此部份仍有待開發及拓展；堆肥撒佈機雖有少量引進，但使用仍不普遍。國產機型除谷林公司自行設計承製及景昱公司改裝製作之大型自走式撒佈車在南投縣埔里太平農場及屏東等地使用於蘿蔔專業區等之雞糞撒佈外，另有十餘機種由國內數家貿易商分別自歐、美、日等地引進使用，分佈於全省，經本場調查整理獲得分佈資料如下：北部約11台，中部約15台，南部約11台，東京約3台。顯示台灣西部使用量較多，北部發展坡地農業亦使用此機器，大部份屬乳牛飼養業者種植牧草使用。這些進口機械廠牌、數量及分佈概略如表1。其中由研究單位引進試驗研究者，中部1台為台中區農業改良場引進；南部3台分別由屏東技術學院及台糖公司所有；東部1台由花蓮農改場引進。餘均為農民所有，其中多數為畜牧業農民所有。一般而言在畜牧業工作比重中堆肥撒佈機每年僅使用1~2次，但其車體結構簡單，維護保養容易，在正常使用保養之下，使用年限很長。這些機械雖曾有它節省勞力的貢獻，但整體說來並未能完全善加利用，實在有些可惜。表1即為撒佈機分佈情形。

3.施肥效率試驗比較

由於堆肥撒佈機種類繁多，無法一一測試，此處僅就台中區農業改良場引進之日製SASAKI GT-1110K型進行測試之結果整理並與人工撒佈堆肥作一比較，測試方法及計算依據日本農業機械誌試驗方法進行⁽⁷⁾。該機屬小型撒佈機，容量1.1噸，價位14.5萬台幣，為一般農友所可能負擔者，其撥肥配出共有五段控制以做為施量調整用。

表 1. 本省現有各廠牌堆肥撒佈車分佈狀況表： 單位：台

廠 牌	製造國	地 區			
		北部	中部	南部	東部
KPONE	德 國	2	4	1	0
SASKI	日 本	0	2	0	0
STAR	日 本	0	0	1	1
GEHL309	美 國	3	6	5	2
GEHL175	美 國	5	2	1	0
KEMPER	德 國	0	0	1	0
PANTER	日 本	0	0	1	0
NEW HOLLAND	美 國	0	0	1	0
JF	丹 麥	1	1	0	0
總 計		11	15	11	3

表 2. 每分地機械撒佈與人工撒施作業之比較： 單位：分鐘

作業項目	機械作業時間				人工作業時間 (1 男工、1 女工)	
	撥肥鏈條段速				第五段	
	第一段	第二段	第三段	第四段		
撒施作業	13.9	10.9	8.2	7.5	7.2	66.3
裝肥作業	10.2	11.3	9.9	12.1	10.8	120.5
載肥及其 他作業	13.8	12.2	12.0	13.5	12.7	148.4
合 計	37.9	34.4	30.1	33.1	30.1	335.2

備註：(1)撒佈機為日製 SASAKI GT-1110K 型由 FORD 6600 型曳引機承載，P.T.O.作業轉速 547rpm，並由鏟斗機裝填堆肥。

(2)人工作業係靠人力將堆肥裝袋後，以手推車載運至田邊，再散佈於田間。

(3)試驗田面積採 50m×20m 規格，每分地堆肥測試量為 2 ton。

(4)堆肥場至試驗田距離假設為 500m。

這個測試的結果，並不足以代表所有的堆肥施用機械，列表於此處的目的是舉例，事實上，使用機械來施撒堆肥可減輕勞力負擔是顯而易見的，工作效率上也許不盡然如此處所列的比較結果，但必然比人力工作要快捷的多。

4.經濟效益分析：

此處僅就台中改良場所引進SASKI撒佈車單一機種試驗結果與部份假設做一概略效益分析如下：



圖1. 水平撒佈軸式撒佈機
日製STAR牌，由曳引機拖載，P.T.O.傳動，開放式，後向撒佈。



圖2. 垂直撒佈軸式撒佈機(雙軸)
日製STAR牌，由曳引機拖載，開放式，P.T.O.傳動，後向撒佈。



圖3. 垂直多軸式撒佈機(四軸)
德製KRONE牌，由曳引機拖載，開放式，P.T.O.傳動，後向撒佈。



圖4. 盤式堆肥撒佈機
日製SASAKI牌，並用式(三點連接+拖桿)拖載，P.T.O.傳動，後向撒佈。



圖5. 側向撒佈式堆肥撒佈機
美製GEHL牌，曳引機拖載，P.T.O.傳動，密閉式，側向單點噴撒。



圖6. 專用堆肥撒佈卡車
美製GEHL牌，自走動力，密閉式，側向單點噴撒，可撒泥狀液狀堆肥。



圖7. 國內研製施雞糞機
花蓮區農改場研製，曳引機三點懸吊承載，接地輪傳動，後向撒佈。



圖8. 特殊三點連接轉換拖桿
日製SASAKI牌，連接堆肥撒佈機用，可減少迴轉半徑。



圖9. 多用途式堆肥撒佈車
日本金子農機製造，行走底盤共用多項功能附件，亦可做搬運車用。



圖10. 低床式堆肥撒佈機
美製GEHL牌，降低機體高度，便於裝載堆肥之操作。



圖11. 自走式堆肥挖溝施肥機
日製SUN牌，自走動力，開溝施入，堆肥桶容量460公升，3.6km/hr。



圖12. 中耕機附掛堆肥條施覆土機
日製SUN牌，具雙槽，可用於施化肥及草木灰或細碎堆肥。雙桶容量為32及14公升。

表 3. 堆肥撒佈機使用成本分析：

項 目	數 量		說 明
	代撒施	個別戶	
購入價格 (元/台)	145,000	145,000	包括特殊小迴轉接架
殘 值 (元/台)	14,500	14,500	以購入金額 10%計算
預估使用年限 (元/台)	8	25	撒佈機為烤漆鐵材，年使用不高，但若保養好，耐久性可更長
年使用面積 (A) (公頃/年)	50	8	代撒施用以 50ha,個人用以 8ha 計算
總使用面積 (B) (公頃)	400	200	代灑施用以 400ha,個人用以 200ha 計算
折舊費(元/公頃)	326	652	$(145,000 \text{ 元} - 14,500 \text{ 元}) \div B$
維護費(元/公頃)	36	72	以購入金額 10%計算,14,500(元/台) / B(ha)
油料費(元/公頃)	320	320	柴油 12 元/公升 \times 20 公升/公頃+曳引機機油及撒佈車機油等 80 元
利 息(元/公頃)	174	1,087	$145,000 \text{ 元} \times 6 / 100 \div A \text{ ha}$
工 資(元/公頃)	750	750	撒佈機作業時間約 5hr / ha ,機械操作工以 1,200 元/工計算,每工 8 小時

備註：(1)機械使用壽命以總使用面積 400 公頃或使用年限 25 年做計算基準。

(2)撒佈機由 FORD 6600 型曳引機承載，PTO 轉速 547rpm，撥肥鏈條採第三段作業，每公頃堆肥撒佈量以 20ton 計算。

(3)曳引機並非僅供給承載撒佈機作業，而每台機械工作情況亦不盡相同，為簡化計算，曳引機所牽涉成本部份僅計算油耗，其餘則忽略不計。

(4)堆肥撒佈機作業使用成本因變異性很大，此表所列僅為一概略估算分析。

表 4. 機械撒佈堆肥與人工撒施作業之效益比較 單位：元/公頃

項 目	工 資	折舊費	維護費	油料費	利 息	合 計	效益比較
機械撒佈(代耕戶)	750	326	36	320	174	1,606	(+)5,594
機械撒佈(個 人)	750	652	72	320	1,087	2,881	(+)4,319
人 工 撒 施	7,200	—	—	—	—	7,200	

備註：(1)撒施之堆肥假設為向堆肥中心購買，由堆肥中心代裝堆肥，(以每車裝載堆肥 1.1 噸計一般市價約為 4,500~5,000 元，此部份不計入本使用成本分析中)。此處亦不考慮人工裝袋或鏟斗機裝填之工時與工資。

(2)人工撒施作業每公頃 20 噸計算，男工、女工各 1，約需 4.5 工作天(裝袋後以推車載入田間做均勻方式撒佈)。相同情形下，機械撒施約 5 小時。(包含多次往返假設之 500 公尺距離內裝載堆肥時間計約 3.5 小時，實際田間撒施計 1.5 小時)。工資以男女工分別為 1000 及 600 元計。

上述的效益分析比較是針對單一機種，並不足代表所有的機型，不過理論上來說，多數的堆肥施用機械效益分析起來，只要是操作上合理，耗損正常情形下，效益結果都應趨於近

似前一結果，只是效益比較的值會有高低不同。因此此處舉例如前述，意義即為表示“堆肥施用機械的使用會有相當正面的效益結果，尤其能做大面積應用時，機械的效益會更佳。”

開發規劃

機械施用堆肥之效率依各種車型不同之容量大小、撒施寬度等性能差異與裝載地點(堆肥場)至田間距離等因素會有極大差異。但一般而言，機械撒施較人工撒施要快且均勻的多，以前文中所做單一車型測試及人工比較，效率要較人工撒施快7~10倍之多。其經濟效益分析則由於各廠牌機型價格成本差異甚大，使用田區與堆肥舍距離遠近不一、不同田區施肥量不同等各種因素，實在很難確實分析。不過就前述針對單一車型所做概略評估分析來看，不論小面積或大面積使用，均有其一定之效益，而代耕用較大面積使用之成本與個人用較小面積使用之成本差異則達每公頃1275元。高效率、高效益之優點並再衡諸現時農村人力老化及不足等，施用堆肥可說亟需要機械化之設備。但是考慮本土化之特殊條件與需求以及進口堆肥施用機動輒十數元至數十萬元，十分昂貴等等因素，國內自行開發堆肥施用機械的工作可說非常值得且勢在必行。本場研究人員有鑑於此，遂與中興大學農機系授及研究人員等共同進行了堆肥施用機械開發規劃並進行試驗製作的工作。整個的規劃首先調查並彙整了本省現行施用堆肥的需求與方式，其次則以假設之田區大小與作物行之長、寬等，計算於每公頃推薦施用量時之行列施用數量，以做為機械之不同堆肥載量及機體大小設計之依據。

首先，在文獻記載中，農業機械實驗一書中對於肥料(含化肥與有機肥)之施用方法共有7種⁽⁸⁾方式，分別如下：

- 1.在農場實施全面散佈。
- 2.施於犁溝內，再用次一犁翻土條加以覆蓋。
- 3.於播種前隨破碎心土工作之同時將其施於土壤下層。
- 4.施於與種子同一位置或其附近之處。
- 5.施於作物近旁之土壤內。
- 6.施於牧草地之土壤內。
- 7.溶解於灌溉水內再行施之。

對於這些施肥方法所需機械，該書作者認為“無論就肥料性狀或施用法而言，僅使用一或兩種肥機無法應付前述所有不同工作”，因此對於堆肥施用機械之初步開發規劃時考慮了前一原則，準備就不同需求與不同條件，規劃開發不同數種之機型。其次，在現況之堆肥施用需求與方式之調查與彙整上，經整理目前本省施用堆肥有機肥之方式概約有如下8種：

- 1.田間人工撒佈後翻耕：使用人工撒佈堆肥並儘量拖平後再以機械翻耕。
- 2.田間機械撒施後翻耕：以機械撒佈有機肥後以機械翻耕。
- 3.行間人工條施：以袋裝堆肥用人工於作物行間做條施(不覆土)
- 4.人工條施後中耕培土：人工條施堆肥後再以中耕機混耕土壤培至作物行側。
- 5.樹冠下人工圍施並覆土：於樹根周圍施用有機肥料並覆蓋。

- 6.中耕機幅射開溝施肥：於樹冠下開幅射數溝後施入肥料再覆土。
- 7.怪手挖深溝後施肥：以怪手於果樹區樹側挖深溝後施肥覆土。
- 8.其他：如混合化肥與堆肥共施等或其他特殊區用法。

其中，除了第2種方式使用機械即堆肥撒佈機進行堆肥施撒，其餘方式則使用人工下肥後再輔以機械耕犁；或以機械挖掘開溝，再以人工下肥後覆土。可說都是十分耗費人工的操作方式。這些若以施肥機操作進行，必定可節省人力及時間。

開發規劃分由兩個大類進行，第一即是堆肥撒佈機。對於堆肥撒佈機之眾多型式，若於類如牧草區等之大規模田區使用，則國外機械已是使用多年的機型，無論引進或參考其架構自行製造均不會有太大問題，因此不列入本計劃開發之考慮。本省田區許多均屬狹小田區，對於曳引機掛載堆肥撒佈機方式，無論行走農路或轉彎或田間調頭等均十分不便且有困難。因此需以開發針對本土小田區需求之撒佈機。規劃之開發型式即針對前述需求，將本省極普遍之農地搬運車與撒佈機結合，直接用搬運車斗部份做為堆肥載運空間，如此可以將整機裝於搬運車架構內，縮短總長度，同時達到操作方便，節省製造成本之各項目的以為農友所接受。此為規劃開發機型其一。

對於堆肥挖溝施肥機部份，由於並非全面施撒，而是於作物行間做條施等之方式，牽涉到作物行、株距及作物高等等條件。這些條件的變化很大，因此必須先做些假設，以推算每行之施用堆肥數量，並據以決定機體載肥容量乃至於機型之大小。表五即假設一分地為長寬各40公尺乘25公尺，中間作物之畦寬為1.2~1.3公尺時，換算為每分地約20畦溝，依此標準換算不同公頃推薦量時，每畦溝行所需施肥量等。

表五、規劃設計基準

推薦量(Kg/分地)	行數(畦溝數/分地)	溝施量(Kg/行)	施肥量(Kg/m)
500	20	25	0.625
1000	20	50	1.25
1500	20	75	1.875
2000	20	100	2.5

註：以長寬 40×25 公尺為一分地計算，畦寬 1.2~1.3 公尺，推得每分地約為 20 畦溝，並據以概略估算溝施量值。

容量設計即依據上表，針對較小田區及較大田區之開溝施肥之需要，並考慮一次容量施肥的距離為40公尺左右，以免施肥中途需再裝載肥料，如此則基本容量為50~100公斤左右為小型，如為較大型或果園區一次裝載量需較大時則必須由專用車體型式，裝載量約為300~450公斤。此小型及較大型兩不同容量機型為規劃開發機型其二及其三。另外針對特殊果園之挖深溝施肥，則需以另一機型開發，規劃此車需進入果園，機體不能太寬大，因此規劃其裝載容量與較大型之300~450公斤接近此，機型即為規劃開發機型其四。以下表六即為各機型分類規劃之規格。

表六、急需發展機型規劃分類

機 型	規劃容積(m ³)	載肥量(kgs)	施肥距離(m)
1.挖深溝堆肥施肥機		50~100	——
2.小型中耕機掛載型		300~450	20~40
3.較大容量專用型		300~450	120~180
4.兼用型堆肥撒佈車		1000~1300	(0.5~1 分地)

註：堆肥密度一般自 0.3~0.7kg/l 不等，此處假設為 0.6 做計算基準，單位長度施肥量則假設為 2.5kg/m。

至此，參酌各方面狀況及條件後及假設條件等，四大類型堆肥施用機械即列入本計劃規劃所急需開發之機型，並即著手由中興大學農機系及台中場等分頭開始各項設計、材料準備及試驗製作等工作。

試驗製作與結果

1.挖深溝堆肥施肥機

本機由中興大學農機系主持研製，係針對果園深溝施肥之需要而設計。機體底盤輪距97.5公分，軸距為185公分，採用18馬力柴油引擎，行走動力為雙傳動系統：路面行走時直接由引擎帶動變速箱傳動行走；田間進行挖溝作業時則以油壓動力行走，挖溝機構採鏈條式挖掘刀以油壓調節深淺方式挖掘寬約15公分之土溝，接著將堆肥下至溝中後，以後端覆土推板覆土。圖13即為此機之構造圖。

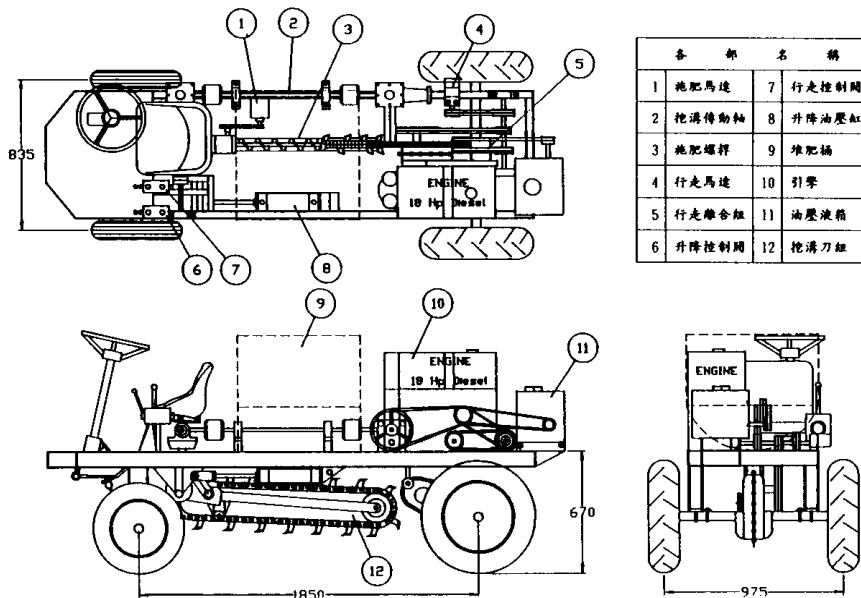


圖 13.中興農機研製之自走式挖深溝堆肥施肥機構造圖

該機已完成雛型機並經田間初步測試，其挖掘動作十分確實，可挖至70公分以上深度，堆肥入溝後再覆土，功能表現甚佳，較適用於平地果樹區需深埋堆肥之情形使用。唯堆肥桶容量不足、作業能量偏低等缺點，有待繼續改進。

2.開淺溝堆肥施肥機

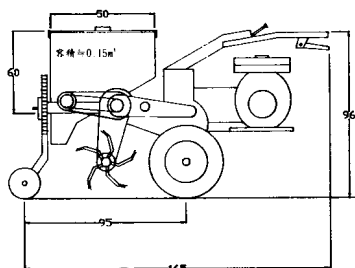
此部份之機型僅需開約10公分以內淺溝將堆肥置入後覆蓋，或以培土刀將堆肥與土壤混耕後培至作物根部。除較大容量之專用機必須自附動力及行走底盤外，其他型式則計劃以現有機械附掛，共計有3種可能之機台，分別為小型中耕機、大型中耕機及台中場開發之迷你型田間搬運車。分別以這三種機台之尺寸規劃完成初步之設計圖面，並以其容納之最大可能空間，設計規劃容積與載肥量如表七：

表七、目前規劃設計完成數種可能開淺溝堆肥施肥機

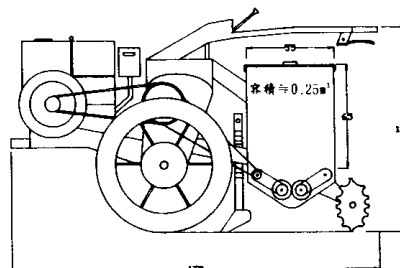
機 型	規劃容積(m ³)	載肥量(kgs)	施肥距離(m)
小中耕機	0.15	90	36
大中耕機	0.25	150	60
迷你搬運型	0.48	288	115
專用型	0.91	546	218

註：堆肥密度一般自 0.3~0.7kg/l 不等，此處以平均 0.6 為計算基準，單位長度施量為 2.5kg/m。

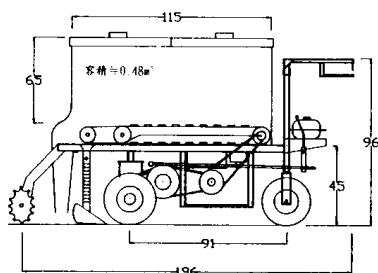
這些機型之規劃設計圖如下圖14，目前正進行材料準備中，尚未完成雛型。



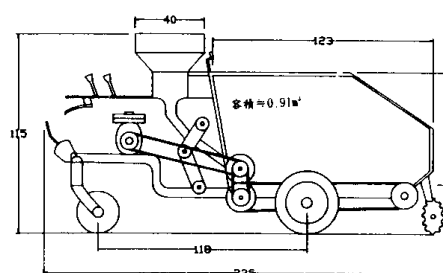
A. 小中耕機掛載用



B. 大中耕機掛載用



C. 迷你搬運車掛載用



D. 專用型

圖 14、四種開淺溝堆肥施肥機規劃設計圖

3.兼用型堆肥撒佈搬運車

本型機械設計的旨在結合搬運車功能與堆肥撒佈功能。利用16馬力農用搬運車一台，將底盤動力改裝傳導至後側，將此分導之動力軸以傳動皮帶與撒佈裝置連結。撒佈裝置為一具切碎軸與撒佈盤之獨立裝置，以四點位置六支插銷與車架連接固定，不使用時將插銷拔除，動力皮帶脫離後即可以專用之載台拖開，此時搬運車再加上後柵板即可做為一般搬運車使用。後側之撒佈裝置可與車體分離，等於是搬運車多用途利用之附件，平時則做為搬運車使用，可降低製造成本且方便利用。此機目前已初步完成雛型架構，尚未及試車測試，其構造如下圖15：

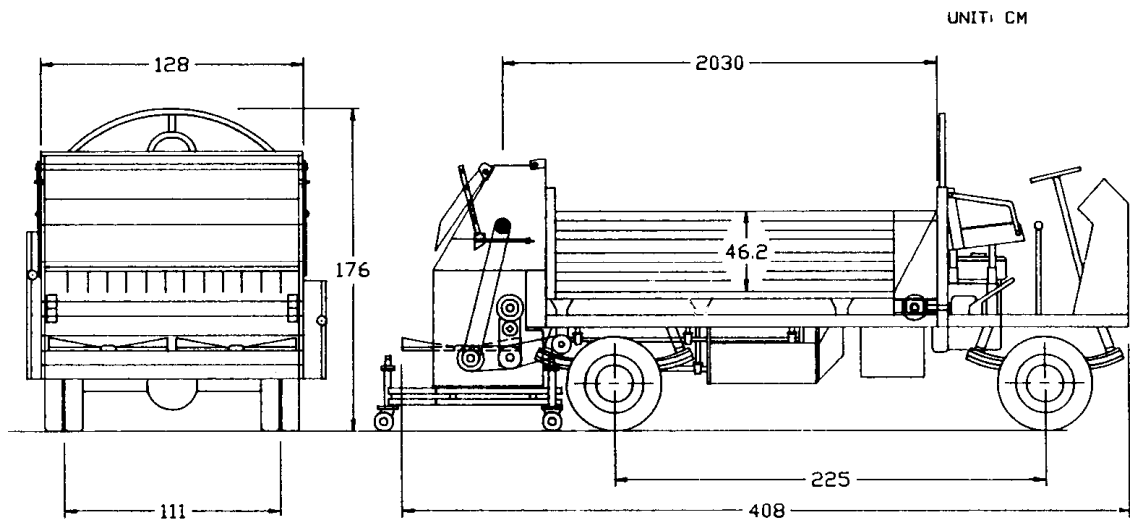


圖 15、兼用型堆肥撒佈搬運車構造圖

討論與結論

- 1.推廣利用堆肥有一舉數得的好處，且可對農業之永續經營極具幫助。近年來畜禽廢棄物處理的環保問題及土壤劣化等問題日益嚴重的時候，正是推廣堆肥利用的極佳時機。整個堆肥利用與推廣牽涉許多問題與困難，其中以堆肥施用機械為最直接，也最迫切。
- 2.影響堆肥施用機械效率與效益的變數很多，但以高作業能量及節省人工等效益最值得肯定的，即堆肥施用機械的使用與推廣有其必然的意義存在。
- 3.堆肥施用機械種類繁多，除適於大面積撒施堆肥用之拖曳式堆肥撒佈機可直接引進或由國內自行製造應用外，計有小型中耕機掛載型施堆肥機、較大容量專用型施堆肥機、挖深溝堆肥施堆肥機與兼用型堆肥撒佈搬運車四大類型施堆肥機械為國內亟需開發研製之機型。
- 4.挖深溝施堆肥機的雛型已製作完成，初步測試的結果，一次完成挖掘70公分以上的深溝並同時下肥覆土可說沒有問題，不過受限於車體不能太寬以便進入果園區作業，因此車體空間有限，堆肥桶承載量會受到限制。如何突破此限制或做最大能量的設計，以及在有限容量情況下，操作方式如何做到最佳模式，這些都有待進一步的研究。

5. 兼用型堆肥撒佈搬運車試製的雛型可達成搬運車兼具堆肥撒佈功能。不過在動力傳動系統上，要將現有搬運車動力改裝傳動至撒佈裝置會是件十分費事的工作。因此規劃上考慮建議搬運車業者能於製造新車時，同時將動力輸出軸預留以便未來裝置撒佈頭使用。同時在撒佈裝置之撥肥機構目前設計為固定於車台上，這些配肥鏈與配肥板多少會對正常搬運功能有些影響，未來希望能將整套撒佈裝置做更為獨立的設計，最好完全不影響及正常搬運車架構及功能，這些都是有待進一步努力的工作。
6. 以現時本省農村人力不足及老化情況，許多農業作業均逐漸走上代耕制度，對於堆肥施用之推廣，若仿效雜糧代耕中心制度建立代撒施制度，一則機械成本易回收，一則較易大量推廣堆肥之施用，應屬一有利之推廣方向。因此建議或可由專家學者開會研商討論堆肥代撒施制度可行性及各項鼓勵，或代撒施補助措施並大力宣導推廣，如此相信會很快將堆肥施用及堆肥利用機械推廣步入理想狀況。

誌 謝

感謝行政院農委會及台灣區雜糧發展基金會補助試驗經費，農委會、農林廳、農業機械化研究發展中心、台灣大學農機系、中興大學農機系、屏東技術學院等各單位長官及專家學者指導；及台糖公司訓練中心林峰吉先生、花蓮區農業改良場陸應政先生、景昱有限公司壯金發先生、谷林農機有限公司林瑞寬先生、鍵農農機企業公司謝錦明先生等熱心提供資料；以及本場同仁簡茂村先生、許樹山先生、陳識安先生、吳順進先生勤力協助試驗與試作並積極提供建議，陳令錫先生協助電腦繪圖，吳雅惠小姐協助整理資料及撰打報告等，謹此致謝。

參考文獻

1. 王西華 1987 台灣地區有機質肥料與既有堆肥資源調查與研究 台大農化系。
2. 龍國維、樂家敏 1992 畜禽堆肥利用機械 養豬業與環保研討會論文集 台灣省畜產試驗所。
3. 關昌揚 1977 農業機械學概論 6th Ed. 470PP, P.249~252。
4. Smith, H.P. 1965 Farm Machinery and Equipment 5th Ed. 519PP, P.269~275。
5. 機械化農業誌 1985 均一廣幅散布 改良進 1985.3, P.18~20。
6. 龍國維、田雲生、陳令錫 1992 引進堆肥撒佈機之試作與觀摩總結報告 台中區農業改良場。
7. 日本農業機學會 1977 農業機械施設試驗方法便覽(I) 182PP, P.34~38。
8. 關昌揚 1975 農業機械實驗 2th Ed. 561 pp. P.281.

Development of Manure Application Machines

Gwo-Wei Long¹ Jar-Miin Luan² Yun-Sheng Tien²

1)Taichung District Agricultural Improvement Station

2)Dept of Agricultural machinery, Chung-Hsing University

ABSTRACT

Manure application may improve farm productivity and lower down the environmental pollution caused by livestock. It is helpful too in promoting organic agriculture. However, manure application is very laborous.

Suitable machines are in need. Manure spreaders and furrow manure applicators are two major categories of the of the machinery used in Taiwan for manure distribution. The former are usually utilized by animal husbandary farmers and the later by row crop growers. The evaluation results reported by Taichung DAIS showed that a spreader imported from Japan is 7 to 10 times higher than labor in performance. This spreader may save NT\$ 5,594 per hectare based on contract farmers and NT\$ 4,319 on ordinary farmers.

The researchers in Taichung DAIS and Chung – Hsing University fabricated a manure spreader using an agricultural carrier. This spreader may carry 1.1 tons of manure each time and may work as fast as the imported one. In addition to this, the researchers also developed a subsoil manure applicator. Preliminary test showed that this machine may open a ditch, dump manure, and refill the ditch simultaneously. The maximum depth of the ditch reaches 70cm.

In the future, the requirement of manure application machinery in Taiwan would be wide and huge.

Key words: Manure application, Furrow application, Manure spreader, Subsoil applicator, Agriculture carrier.