

# 菇舍堆肥上床機之改良

## Development of a Compost Loader Used in Mushroom Culture

國立中興大學農業機械工程學系講師

國立中興大學農業機械工程學系講師

欒 家 敏

彭 錦 樵

Jar-miin Luan

Jiin-chyau Pen

### 摘 要

針對目前試用之升降式堆肥上床機的部份缺點，予以評估與改良，以增進其作業性能，提高機械化作業之水準。改良工作分別由行走機構與動力系統兩方面進行，並建立一改良型試驗機。本試驗之結果如下：

1. 菇舍堆肥上床機之行走阻力與軌輪直徑有反比例的關係，換用直徑較大的軌輪，可能使行走阻力降低 50 % 以上。
2. 新創之「擺轉式軌輪」機構可自動補償堆肥上床機在轉彎運動中縮短的軌輪輪距，使該機能在半徑 3 m 的彎軌上平穩轉彎，無虞脫軌。
3. 在選定的輪軸上，增設油壓驅動裝置，使堆肥上床機具有自走能力，且倍增其作業能量，可有效節省人力，降低工作之辛勞程度。
4. 改良型的試驗機可使菇舍堆肥上床作業費用顯著降低，與人工法相比，則可節省 61 % 之作業成本。

### Abstract

An improved compost loader was built by modifying an manually propelled cart that has a hydraulic attachment for lifting compost. Modifications were given in the running mechanism and power system, and an engineering economic analysis was done to evaluate the modifications. The following results were obtained:

1. Running resistance of the loader is a function of its wheel radius. As substituting 88-mm-in-radius wheels for the original ones ( $r=46\text{mm}$ ), the loader decrease more than 50% of running resistance.
2. RT wheel, a rail wheel on a rock arm, is a new steering mechanism which was developed to protect the loader from running off the curved rails whose radii are less than 3 meters.
3. A self-propelling system was designed to have the loader run automatically
4. Compared with the conventional compost loading method that transport and lift compost manually, the improved loader has a potential to reduce 61% of the operating cost.

## 一、前言

洋菇是一種高經濟價值作物，種植於腐熟的堆肥裏，在特定的棚舍中生長而成。外觀潔白圓潤，內質營養美味。歷年在政府的輔導之下，早已成為重要的外銷農產品之一。根據統計，民國七十年的產量為六萬六千九百四十七公噸，價值新臺幣一十六億八千六百餘萬元，亦是今日農村重要穩定的收益來源。

菇舍堆肥上床工作為洋菇栽培作業的一環，是將稻草、石灰、豆餅粉等混合醱酵而成的堆肥，由堆積場運至菇舍內的各層床架上，再予以整平。這一項工作已往全憑人工手持竹筐或畚斗在密閉的棚舍與堆積場之間川梭奔走為之，不但耗時費工，而且極為辛苦。近年來國內工資高漲，使菇舍堆肥上床作業的費用大幅提高，而洋菇的生產成本亦與日俱增，若有適宜的機械來取代人力，則不但可以縮短作業的時間，節省人力，同時生產成本得以降低，市場的競爭力因而提高。但是臺灣的菇舍內部空間有限，除去菇床所佔的位置，只剩下三條寬僅七十五公分甚至更窄的通道。要在如此狹隘的空間裏進行機械化堆肥上床作業，十分困難。民國七十年，部份菇農開始試用一種升降式堆肥上床機，此種機械的主要功能是利用人力推動鐵軌上的台車，將

堆肥分批運入菇舍，並以安裝在台車下層之油壓機構把載有堆肥的台面推舉至菇床高度，取代菇農手持竹筐與高舉堆肥的動作。該機之體積小，構造簡單，不易故障，造價便宜是其優點；但缺點亦多，其中以行走阻力過大，且不易轉彎最為致命，致使此一機械之可用性遽為減低，無法推廣。

本研究乃針對上項試用之升降式堆肥上床機部份設計予以改良與評估，提高該機之作業性能，俾使菇舍內堆肥上床作業得以機械化而節省人工，縮短作業時間，降低生產成本，並減少菇農們工作的辛勞程度。

## 二、材料的方法

### (一)材料：

以農民試用之詮原牌升降式堆肥上床機（簡稱試用機）一台，做為原型機械，在中興大學農機工場內進行測試與改良。圖1所示為此機械之構造。該機屬於台車形式，以四隻鐵輪，靠人力推動，在管狀軌道上行走。最上層為放置堆肥的平台，下層有油壓機構，其是由一組 1 HP 電動機與油壓泵配合兩油壓柱塞缸而成，此一機構可將置於平台上的堆肥推舉至菇床高度，以便進行堆肥鋪置作業。表1所列則為試用機之規格與動力等基本資料。

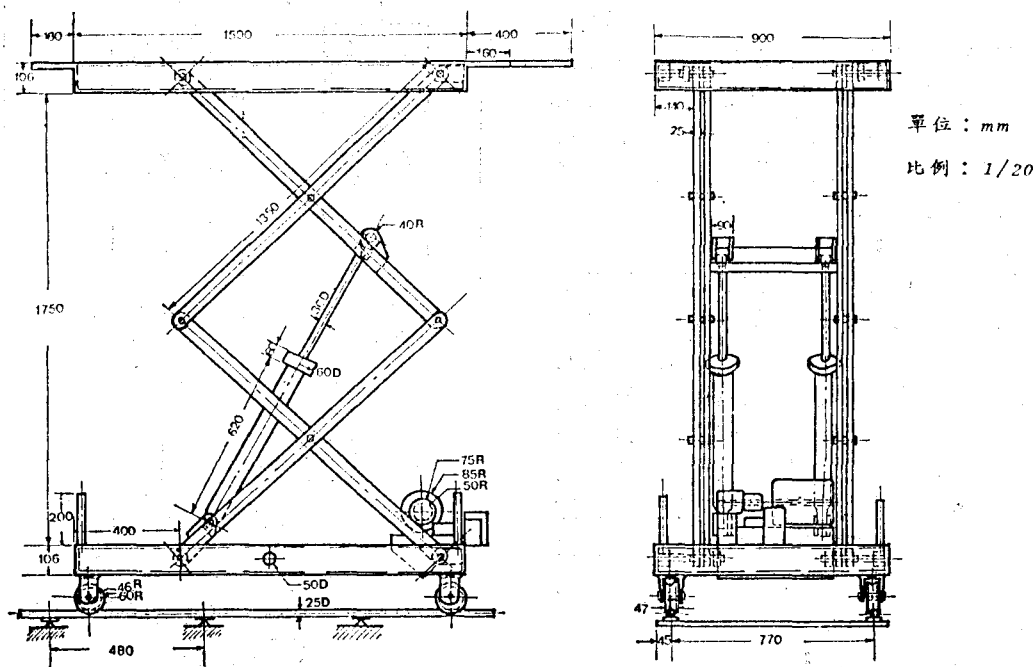


圖1. 試用機之構造圖

表 1. 試用機的基本資料

項 目	規 格/來 源
機 身 長 度 (ℓ)	1500 mm
機 身 寬 度 (b)	900 mm
機 體 重 量 (W <sub>b</sub> )	約 500 kg
軌 輪 半 徑 (r)	46 mm
鐵 軌 寬 度 (B)	770 mm
枕 木 跨 距 (L)	480 mm
最 大 載 重 量 (W <sub>c</sub> )	500 kg
動 力 來 源 :	
油 壓 系 統	電 力
行 走 機 構	人 力

(二)方法：

試用機在試用階段並未受到菇農的普遍接受。於調查中顯示該機有如下缺點：由人力推動、行走阻力過大、不能轉彎及載重量不理想等。因為菇舍堆肥上床機的主要功能為承載、輸送與推舉堆肥，所以該機行走機構設計之良窳，以及油壓系統之利用是否有效，最為影響其機動性與作業能量。本研究對於試用機之行走機構與動力系統兩方面，分別予以評估與改良：

1.行走機構之改良：

(1)減低行走阻力：

試用機雖在鐵軌上行走，但是阻力仍嫌過大。載荷 500 公斤的堆肥時，需要兩人才能推動。影響行走阻力的因素，主要為軌輪與鐵軌間的摩擦係數及變形量。所以，為減低行走阻力、減輕機體重量、加大軌輪直徑或減少軌輪與鐵軌間的變形程度等，皆為本試驗中嘗試的方法。

(2)改良轉彎性能：

菇舍與堆肥堆積場之間，有時無法以平直的鐵軌直接相連，必需鋪設弧度甚大的彎軌，使堆肥上床機在軌道上做小半徑的轉彎才能完成作業。農民的試用機在彎軌上因軌輪偏轉導致輪距縮短，造成脫軌而無法轉彎。本計畫中試驗改良的方法：其一、固定軌輪的輪距，使之在彎軌上仍能與鐵軌寬度相等，以免脫軌。其二、使軌輪輪距具有可調節性，能依照試用機迴轉弧度大小，自動適時地補償在彎軌上因偏轉而致縮短的輪距，使輪距與鐵軌寬度恒能保持一定，完成轉彎。

2.動力系統的選擇與改良：

(1)原動機的選擇：

試用機係以 1 HP 的馬達做為原動機，在菇舍與堆肥堆積場之間往返運動時，電源線即被拖曳而行，頗不方便。除馬達外，單缸柴油引擎或汽油引擎亦可被選為試用機的原動機，本試驗乃就上述機種之利弊予以評估，做為原動機選擇的依據。

(2)增設動力自走機構：

如前所述，試用機是由人力推動而行，只取代了菇農手持竹筐與高舉堆肥的動作，所節省人力有限，所以本試驗即在選定的軌輪上增設動上系統，驅動該輪，牽引試用機在軌道上自動行駛。同時考慮試用機油壓系統與自走機構相聯接，以提高油壓系統的利用效果，減少自走機構另添原動機的麻煩。

圖 2 所示，即為綜合上述各項而成的試驗機實驗改良的流程。行走機構與動力系統經過前述方法多次的試驗之後，原先的試用機即成為一台改良型的試驗機，此一改良型試驗機將接受綜合性的測試與評估，以確定其機械性能與經濟效益。倘若這兩方面皆有顯著的正效果，可被接受使用，則此一

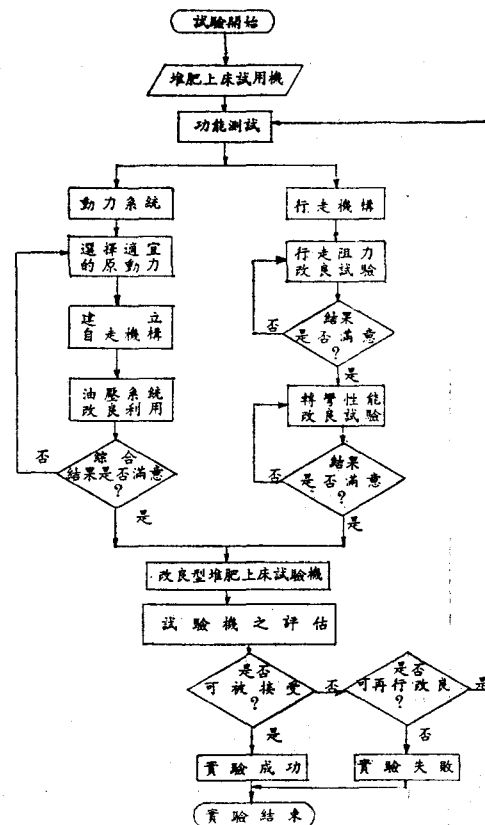


圖 2. 菇舍堆肥上床試用機改良試驗流程

改良試驗算是成功；否則，這一階段的工作評為失敗。

### 三、結果與討論

#### 1. 行走機構的改良：

##### (1) 試用機的行走阻力：

由於機體自身的重量以及承載的堆肥重量，試用機每個軌輪下的鐵軌承受一個壓力。若此壓力大至一定程度，則鐵軌有彎曲下沉的趨勢，且軌與輪之間會有微量的變形。圖 3—(a) 所示，即為軌與輪之間的關係。該輪因承受  $W$  kg 的重量，致使枕木跨距為  $L$  mm 的鐵軌在接觸點發生  $\delta$  mm 的沉陷，並使鐵軌外緣對水平方向形成一個夾角  $\theta$ 。此時軌輪若依順時針方向轉動前進，其條件狀況就如圖 3—(b) 所示。這一運動系統可由下列方程式表示之：

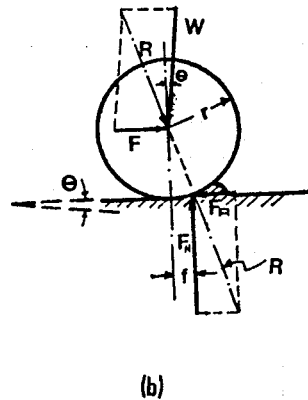
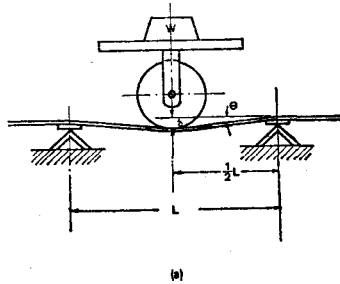


圖 3. 軌輪與鐵軌間的關係

$$\begin{aligned} F &= F_R + W \sin \theta \\ &= W \left( \frac{f}{r} \cos \theta + \sin \theta \right) \end{aligned} \quad (1)$$

其中  $F$  為軌輪的驅動力，相等於行走阻力。

$F_R$  為軌輪的滾動摩擦阻。

$r$  為軌輪的半徑，mm。

$f$  為一微小的距離，使軌輪與鐵軌之間滾動摩擦係數  $\mu_r = f/r$ 。

設試用機的機體重量為  $W_b$ ，最大的堆肥載荷量為  $W_c$ ，則每隻軌輪所受的最大重量為：

$$W_{max} = (W_b + W_c) / 4$$

$$\text{且 } \theta_{max} = \sin^{-1} \left( \frac{\delta_{max}}{0.5L} \right) \quad (2)$$

其中  $\delta_{max}$  為軌輪承受  $W_{max}$  重量時的沉陷。

對試用機而言， $W_b$  與  $W_c$  皆為常數，所以  $W_{max}$  與  $\theta_{max}$  亦為常數，將此條件代入方程式 (1)，便得：

$$\begin{aligned} F &= (f/r) W_{max} \cos \theta_{max} + W_{max} \sin \theta_{max} \\ &= (f/r) K_1 + K_2 \end{aligned}$$

其中  $K_1$  與  $K_2$  為常數，且

$$K_1 = W_{max} \cos \theta_{max}$$

$$K_2 = W_{max} \sin \theta_{max}$$

$f$  值因鐵軌與軌輪的材料性質而定，它亦受軌輪半徑的影響而變化。根據理論， $f$  值約與半徑的平方根成反比，換言之，軌輪半徑愈大， $f$  值愈小，因此  $f/r$  之值亦趨減小。所以增加軌輪半徑，必有助於降低其驅動力  $F$ ，即有助於降低該機之行走阻力。

試用機的軌輪材料為鑄鐵，半徑為 46 mm。鐵軌為鍍鋅 B 型鐵管。目前市售最大同型軌輪的有效半徑為 88 mm。初步試驗結果顯示，當軌輪半徑為 46 mm 與 88 mm 時， $f$  值分別為 1.73 mm 與 1.21 mm，此外，當試用機空車未承載堆肥時，鐵軌下沉量  $\delta$  為 1.06 mm，而滿載 500 kg 時， $\delta$  變為  $\theta_{max}$ ，等於 1.43 mm。根據上述資料，試用機之理論行走阻力可利用方程式 (1) 計算出來。同時，試用機之實際行走阻力  $F_p$ ，亦可由實驗測知。表 2 所列，即為理論值與實驗值之比較。一般而言，實驗值較理論值稍大，此項差別可能肇因於試用機輪軸的摩擦阻力或機體重量之誤差。由表二之數據顯示，增加軌輪直徑確能降低試用機之行走阻力，同時，將試用機上 46 mm 半徑之軌輪換為 88 mm，則其阻力降低比率分別為：

表 2, 試用機之行走阻力

機 種		試用機與舊軌輪	試用機換裝大軌輪
軌輪有效半徑 (r)		46 mm	88 mm
f 值		1.73 mm	1.21 mm
行走	無負荷	理論值 (F)	21.0 kg
		實驗值 (Fp)	28.0 kg
阻力	全負荷	理論值 (F)	43.6 kg
		實驗值 (Fp)	46.0 kg

理論值：無全負  $\frac{21.0 - 9.2}{21.0} \times 100\% = 56.2\%$

全負荷  $\frac{43.6 - 19.6}{43.6} \times 100\% = 55.1\%$

實驗值：無負荷  $\frac{28.0 - 12.5}{28.0} \times 100\% = 55.4\%$

全負荷  $\frac{46.0 - 19.0}{46.0} \times 100\% = 58.7\%$

另一方面，減輕試用機體的重量，可使方程式(1)中的 W 值降低，有助於降低行走阻力，但為考慮機體結構強度，所能減輕的重量甚為有限，故其效果較不明顯。又若考慮增加枕木的數量以縮短枕木間的跨距，則可使鐵軌沉陷量  $\delta$  減小，亦能造成阻力的略微下降，然而其績效經過測定試驗亦不若軌輪半徑因素顯著。

綜上所述可知，軌輪半徑為影響行走阻力的最重要因素，因此將改良型試驗機安置半徑 88 mm 之軌輪，使行走阻力降低 50 % 以上。

(2)軌輪轉彎機構：

試用機上的四隻軌輪，皆屬活動輪，本身可做 360° 了的自由旋轉。試用機在鐵軌上的轉彎運動可如圖 4 所示。該機在半徑等於 R 的彎鐵軌上行走，依照輪型車輛的轉彎原理，試用機的輪距會由原先的 AB，縮短為 BE，因 BE 垂直於 AE，所以：

$$BE = AB \cos \alpha$$

換言之，以該機輪距縮短之距離為 S，則：

$$S = AB - BE = AB (1 - \cos \theta) \quad (3)$$

$$\alpha = \cos^{-1} \left( 1 - \frac{S}{AB} \right) \quad (4)$$

設鐵軌與軌輪間之裕度為 T，則當 S 大於或等於 T 值時，試用機即行脫軌。用 T 取代方程式(4)中

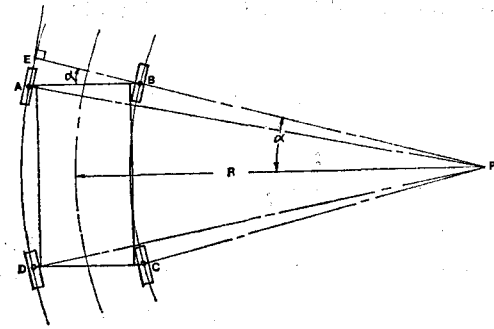


圖 4. 試用機之轉彎運動

的 S，使：

$$\alpha = \cos^{-1} \left( 1 - \frac{T}{AB} \right)$$

即可算出試用機的最小半徑 R，其方程式為：

$$R = \frac{0.5 BC \sin (\pi/2 - \alpha)}{\sin \alpha} + \frac{AB}{2}$$

$$= \frac{BC \cot \alpha + AB}{2} \quad (5)$$

參照圖 1 及表 1 之數據，令 T 等於鐵軌外徑的八分之一，亦即 T=3.1 mm，則：

$$\alpha = 5.14^\circ$$

且  $R = 8050 \text{ mm} = 8.0 \text{ m}$

然而觀察目前菇舍的作業環境，堆肥上床機的最小轉彎半徑必須小於或等於 3 m，所以試用機的轉彎性能不能適合於目前菇舍的環境。欲使試用機在 3 m 半徑的彎軌上不致脫軌的對策有二，其一為設法使輪距保持恒定，其二為設法補償縮短的輪距。圖 5 之機構即為保持輪距恒定不變的方法；軌輪被固定於軸的垂直方向，而軸却可以其中心點 M<sub>1</sub> 與 M<sub>2</sub> 擺動。此法的製造程序較繁，且適用於輕負荷作業，故不能滿足菇舍堆肥上床作業的高載重量要求條件。「擺轉式軌輪」機構為本試驗新

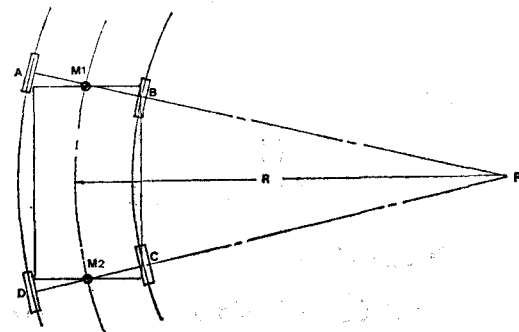


圖 5. 輪距恒定不變的轉彎機構

創作的一種軌輪轉彎機構，對於轉彎而縮短的輪距有自動補償的作用，使輪距可因此而保持與鐵軌同一寬度。圖 6 所示，即為擺轉式軌輪之機構圖：軌

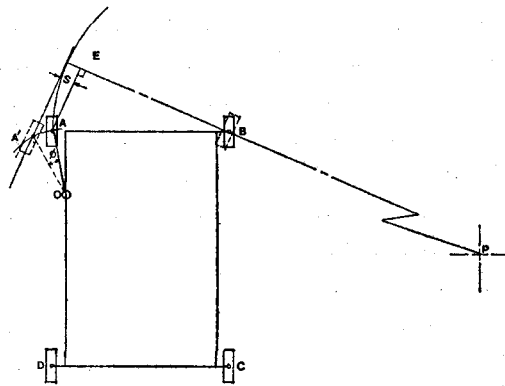


圖 6. 擺轉式軌輪機構

輪 A 裝置於一搖臂 OA 之上，故可在 AA' 弧形軌跡上擺動，又 A 輪為活動輪，可自由轉動，因此，依前述轉彎原理，輪距由 AB 縮短為 BE 時，搖臂 OA 便向左侧擺動一個角度  $\phi$ ，使軌輪 A 移至 A' 的位置，且 AA' 連線在 PB 上的投影距離，恰好等於輪距所縮短的距離 S，致使輪距得以補償而保持原有 AB 之長度。此一補償作用，得力於搖臂 OA 的「擺」動及軌輪 A 的自身「轉」動，故將該機構命名為「擺轉式軌輪」機構。

在試用機上安裝一組擺轉式軌輪，依照前述方法計算得知，軌輪上的搖臂只需擺動  $15^\circ$  左右，試用機的轉彎半徑即可小至 3 m。圖 7 所示亦即為擺轉式軌輪的構造圖。由田間實驗結果顯示，試用機安裝此一機構後，在半徑 3 m 以內的彎軌上即能平穩轉彎無慮脫軌。

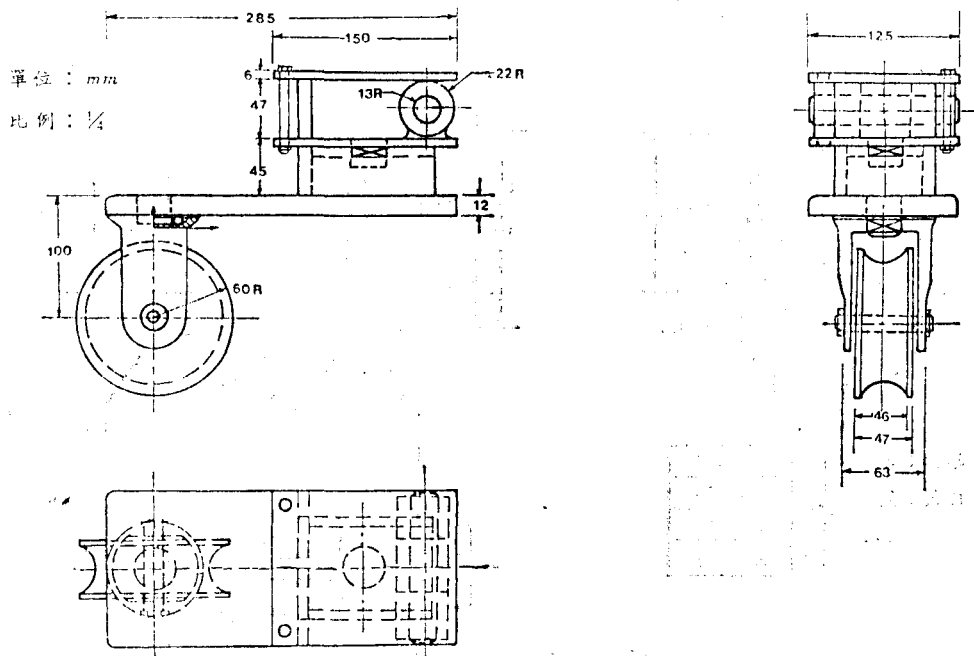


圖 7. 擺轉式軌輪之構造圖

## 2. 動力系統

### 1. 原動機的選擇

試用機是以馬達為原動機，在試用期間，因受電源的影響，電線必須隨車拖曳，造成電線可能被輾壓及額外收放線工作的困擾。除馬達外，單缸汽油引擎或柴油引擎，亦被考慮做為動力來源。在試

驗過程中，經對此三種原動機的利弊比較，結果決定不改變試用機的動力來源，即仍然採用馬達為原動機，但加裝電源線自動收放機構，以減免上述電線隨車拖曳所發生的困擾。以下表 3 即是此三種原動機的利弊比較表。

表 3. 三種原動機的利弊比較

項 目	馬 達	柴油引擎	汽油引擎	堆肥上床 作業需求
馬 力	1 HP ✓	5 HP 以上	25 HP 以上	1 HP 以上
體 積	小 ✓	大	小	小
價 格	低 ✓	高	中 等	低
故 障	少 ✓	少	多	少
噪 音	小 ✓	大	大	小
廢 氣	無 ✓	多	多	無
動力源牽制 因 (電源位置)	有 無	無	無	無
試用機活動 範圍	小	大	大	大
試用機多功 能發展可能	小	大	大	—

綜合表 3 所示，對於此三種原動機的利弊比較得知，如果只對洋菇堆肥作業的需求而言，則馬達

的特性：體積小、價格低、故障少、噪音小，及無廢氣等（如表中畫有「✓」之記號者）之優點，業已能够充分支持試驗機的動力來源，以採用馬達為宜。然而若考慮洋菇堆肥上床機，除堆肥上床工作外，尚可提供其他多方面的利用，如採果、樹梢噴藥、搬運等，則馬達因受動力源（電源位置）的牽制，無法充分擴大該機的活動範圍，而不能達成此一多元利用的目的，但是柴油或汽油引擎憑其馬力大，不受動力源牽制的特性，對於將來發展洋菇堆肥上床機的多功能利用，是非常具有潛力，可是這已超出本計畫的研究範圍。

### (2) 自走機構與油壓利用

圖 8 所示，為試用機增設的油壓驅動自走裝置。此裝置係將一個  $\frac{1}{2}$  HP 的油壓馬達安裝選定的軌輪軸上，並與試用機原有的油壓泵相連接，使油壓驅動軌輪，牽引試用機前進，使試用機不再依靠人力推動而能自走。

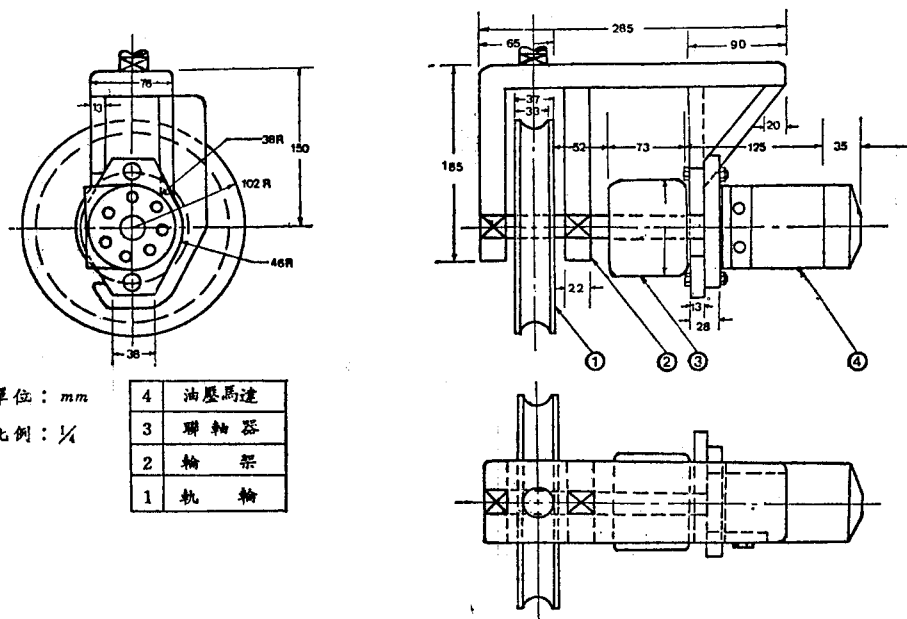


圖 8. 油 壓 驅 動 自 走 裝 置

試用機上的油壓機構，具有 1 HP 的功率，但其功能，只限於把載堆肥的臺面推至菇床高度而已，其餘的時間，皆閒置不用，殊為可惜。當推舉堆肥時，試用機是在菇舍中靜止不動的；然而，當試用機搬運堆肥時，堆肥臺面則必已降至最低位置。所以，上述兩項作業對於油壓動力的需求時間，

恰巧互相交錯，沒有重疊。因此利用原有的油壓設備來驅動試用機使其自走，不但可免除自走機構另添原動機的麻煩，提高油壓動力系統的利用效果，且不致造成該系統超過負荷的困擾。

增設的油壓馬達，具有 0.5 HP 的功率，可使驅動輪在不同的速度條件下產生相對應的牽引力

，因為

$$HP = \frac{F \times v}{76} \quad (6)$$

其中 HP 為馬力數，HP。

F 為牽引力，kg。

v 為行走速度，m/sec。

觀察菇農的作業習慣得知，堆肥上床機的行走速度 v，以每秒 0.35 m 至 0.5 m 為宜。令 v=0.5 m/sec，則此一 1/2 HP 的油壓馬達可驅動軌輪產生的最大牽引力 F<sub>max</sub> 為

$$\begin{aligned} F_{max} &= \frac{76 HP}{v} \\ &= \frac{76 \times 0.5}{0.5} \\ &= 76 \quad (\text{kg}) \end{aligned}$$

F<sub>max</sub> 之值遠比試用機承載 500 kg 堆肥時的行走阻力 19.0 kg 為大，所以試用機增設自走機

構後，便具有能力承載更多的堆肥。換言之，試用機的最大載荷量因此而得以提高。依照公式計算得知，試用機最大載荷量的理論值，約等於 2350 kg。但考慮油壓機構推舉堆肥的能力，試用機的實際載荷量必行減低。初步試驗結果顯示，試用機的油壓機構若以每秒 37.5 mm 之平均速度向上推舉，則其最大承載量為 1250 kg 左右。為避免產生過負荷現象，試用機的最大承載量應以 1000 kg 為宜。試驗結果顯示，換用半徑 88 cm 軌輪的試用機，載重 1000 kg 時，可在鐵軌上輕易自走，其行阻力為 27.0 kg。

### 三、作業性能及經濟效益評估

研究改良試用機的目的，是為了解決該機在使用時所發生的問題，雖然改良型試驗機（圖 9）不但通過試驗室內的性能檢驗，而且亦通過實地田間試驗的測試，均在在顯示，試用機時代的問題已被

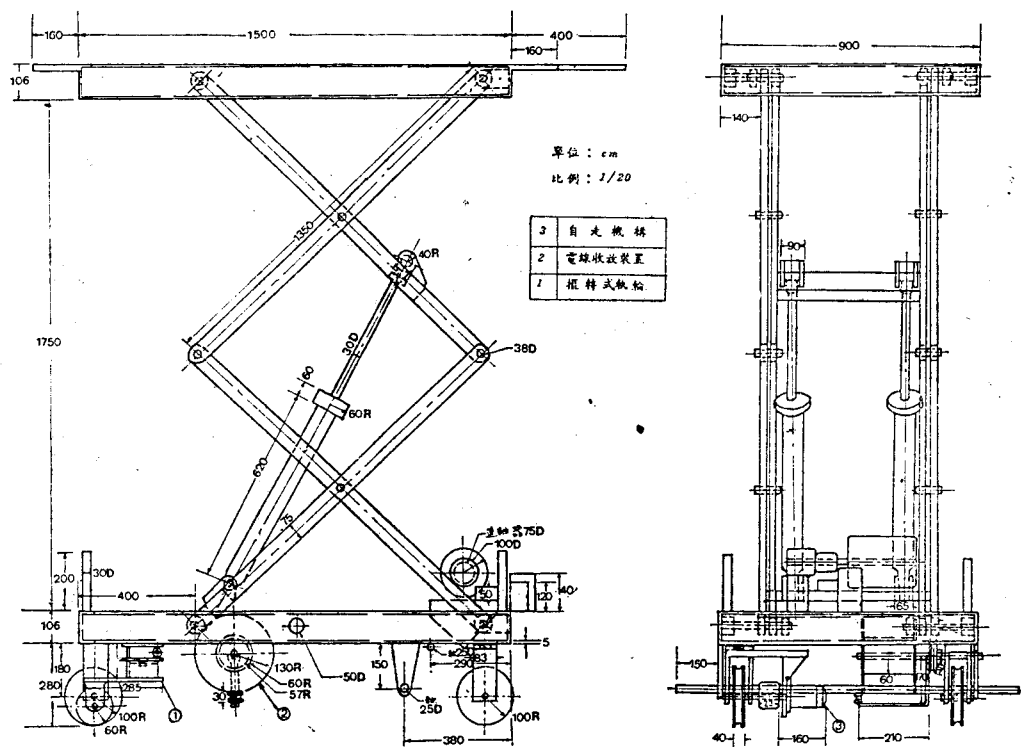


圖 9. 改良型試驗機之構造圖

完滿解決，然而試驗機的實際可行性與其推展的價值意義都應該受到關切，因此本節乃就菇舍堆肥上床作業採用舊型的堆肥上床機（試用機），改良型

堆肥上床機（試驗機）及人工法三種方式分別依機械作業性能與經濟效益加以評估，參見表 4 之作業性能與表 5 經濟效益評估。



表 4. 機械作業性能評估

項 目	方 法	舊型堆肥上床機	改良型堆肥上床機	備 註
		(試用機) A	(試驗機) B	
行走阻力	空 車	28.0 kg	12.5 kg	1. 試用機之最大載重量為 500 kg 2. 降低比率 = (A-B)/A 空車：55.3 % 載重 500 kg：58.7 %
	載重 500 kg	46.0 kg	19.0 kg	
	載重 1000 kg	—	27.0 kg	
轉 彎 性 能		只適合在直軌上行走若行小半徑的轉彎則脫軌	裝有「擺轉式軌輪」可在半徑 3m 的軌道上平穩迴轉不脫軌。	「擺轉式軌輪」為本計畫的新創作
自 走 機 構		無	具有 1 馬力之驅動力，只需按鈕，便可進退自如。	試用機靠人力推動行駛，載重 500 kg 時，需兩人合力方能推動
油 壓 系 統 利 用		只用於推舉堆肥	推舉堆肥並驅動自走機構	
載 重 量		500 公斤	1000 公斤	試驗機若以每秒 0.5 公尺的速度運動，具有承載 1000 公斤以上堆肥之能力
作 業 能 力		每臺每季 20 棟之標準菇舍	每臺每季 40 棟以上之標準菇舍	1. 一年可有兩季 2. 每棟標準菇舍為 50 坪

表 5. 經濟效益評估

項 目	人 工 法 (A)	舊型堆肥上床機 (試用機) (B)	改良型堆肥上床機 (試驗機) (C)	說 明
人工成本	20 人每日完成兩棟標準菇舍，折算為每棟 80 工時或每棟 6000 元	人每日完成一棟標準菇舍，折算為每棟 48 工時或每棟 3600 元	6 人每日完成兩棟菇舍，折算為每棟 24 工時或每棟 1800 元	1. 依照菇農習慣作業方式計算 2. 每工時現價 75 元 3. 農民對試驗機尚不熟悉，所費工時較多，若能熟練操作每棟約可降至 20 工時 4. 數據來自田間試驗調查
機械折舊	無	350 元/棟	405 元/棟	1. 每臺堆肥上床機的壽命為 300 棟菇舍 2. 殘值為零 3. 直線折舊法
油電與維修成本 (每棟)	無	油壓油：10 元 電 費：25 元 維修費：50 元	油壓油：10 元 電 費：35 元 維修費：50 元	1. 耗電試用機 5 度試驗機 7 度 2. 維修費 = 維修總成本 / 機械壽命 = 油壓設備成本 / 300
每棟菇舍之堆肥上床作業總成本	6,000.00	4,035.00	2,340.00	1. 試驗機之作業能力以每季 40 棟計算 2. 降低比率： 人工法—試用機： (A - B)/A = 33% 人工法—試驗機 (A - C)/C = 61% 試用機—試驗機 (B - C)/C = 42%

根據表 4，機械作業性能的評估得知，不論任何評估項目，試驗機都勝於試用機，其次再表 5 所列的經濟效益評估分析，而判定改良型堆肥上床機不但在機械作業性能方面，被認可值得使用，同時也比人工法及舊型堆肥上床機獲得較高之經濟效益（參考表五中每棟菇舍之堆肥上床作業總成本欄）。是故改良型堆肥上床機的實際可行性受到作業性能與經濟效益評估的充分支持。

然而不論試用機或試驗機，對於洋菇堆肥上床作業所能節省的人力只限於搬運於抬舉堆肥兩方面而已，至於堆肥的分攤鋪置工作仍需人力為主，因此可知針對洋菇堆肥上床工作，目前堆肥上床機（含改良型試驗機）並不能產生機械完全取代人工的效果，即機械化程度不理想，但是縱觀整個洋菇生產，加工與運銷過程，需要仰賴開發機械化的作業向非常多，而堆肥上床作業中的堆肥鋪置工作因非推動洋菇作業機械化的瓶頸所在，所以洋菇堆肥上床機的進一步改良，可以等待其他重要的洋菇作業耗費人工多者先行逐步發展機械化；解決高人工需求及緩作業進行的瓶頸之後再加以研究改良，以期提高研究經費之有效利用。至於推展改良型堆肥上床機的價值意義，則在於刺激洋菇生產作業一貫機械化的實施，以及洋菇生產作業的管理。

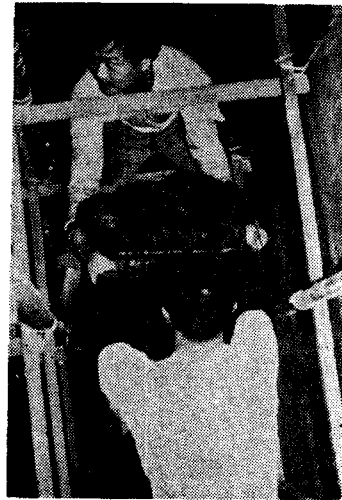
#### 四、結 論

升降式堆肥上床試用機在行走阻力與動力系統兩方面，經過多次改進試驗之後，已成為一臺作業性能極佳的改良型試驗機。

其主要結果如下：

1. 以半徑 88 mm 之軌輪取代舊有 46 mm 軌輪，使行走阻力降低 50 % 以上。
2. 新創作的「擺轉式軌輪」對於轉彎縮短的輪距有自動補償的作用，使試驗機在半徑小於 3 m 的彎軌上平穩轉彎不虞脫軌。
3. 增設油壓驅動自走機構，使試驗機無需人力推動而能自走，且其最大承載量因此提高至 1000 kg 以上。
4. 試驗機具有大幅降低菇舍堆肥上床作業成本之效益。與人工法相較，每棟標準菇舍可節省 61 % 之作業成本；與舊型試用機相較，每棟標準菇舍可節省 42 % 之作業成本。

#### 五、照片與說明



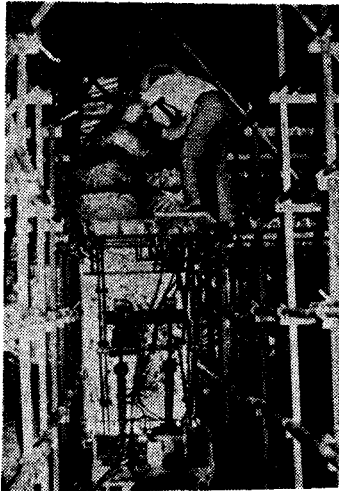
照片一：  
人工法堆肥上床作業：菇農以畚斗盛裝堆肥，自堆積場搬入菇舍再高舉過頭，轉手鋪置於菇床上。



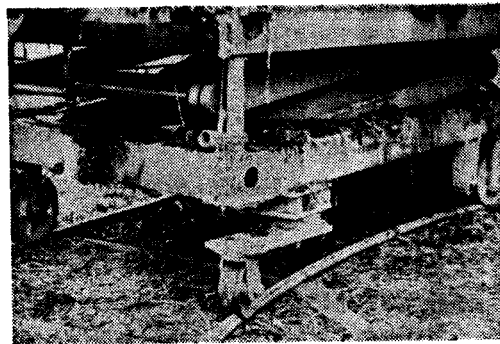
照片二：  
舊型機械（試用機）作業：承載 500 kg 堆肥，依靠兩人合力推動機械運入菇舍。



照片三：  
改良型試驗機作業：菇農在 3 m 半徑的彎軌上駕駛試驗機。該機之臺面尚未加長，故只承載 500 kg 堆肥。



照片四：  
菇舍內作業狀況：臺面升高，卸下堆肥。



照片五：  
擺轉式軌輪：構造簡單却能有效防止機械脫軌。

## 六、謝 誌

本試驗承農發會 72—農建—4.1—97 (5) 計畫經費補助，敬申謝忱。

林進益先生、巫明貴先生及莊秀文小姐對於本試驗之機械改良、試驗與分析等工作，協助良多，謹此致謝。

## 七、參 考 文 獻

1. 洋菇栽培方法，臺灣省政府農林廳與臺灣省農會，民國 69 年 10 月。
2. 臺灣農業年報，臺灣省政府農林廳，民國七十一年版。
3. 吳家駒，工程學基本公式及算例，徐氏基金會，民國 68 年 11 月。
4. Doughtie & James Elements of Mechanism, John Wiley & Sons, Inc. 1954.
5. Hunt, Farm Power and Machinery Management, 7th Edition, Iowa State University Press, 1979.
6. Ogata. System Dynamics, Prentice-Hall, Inc., 1978.

(上接第12頁)

展得以互相依賴。至於因減田節水，使水移供都市或非農業使用時，應訂定有適當之補償標準，其補償項目除了直接使用之水利設施外，對於水源工程及部分因而廢棄之水路均應予補償，此項補償費應規定專供農田水利設施之改善及加強管理使用。

(6)海埔地之開發政策與技術應繼續研究。臺灣海埔地已開發者約四成，將來待開發者尚有一萬餘公頃，如再繼續向外發展，其潛力仍大，惟我國在此方面之經驗尚淺，在土地稀少的我國，在政策上應請政府大力支持，對技術方面，亦應繼續研究發展。

(上接第23頁)

- Massachusetts, 1965.
- (3) Ali Hasan Nayfeh, "Introduction to Perturbation Techniques," 1981.
  - (4) Robert C. Weast, "Standard Mathematical Tables," The Chemical Rubber Co., Cleveland, Ohio, 1964.
  - (5) James W. Daily and Donald R. F. Harleman, "Fluid Dynamics," Addison-Wesley Publishing Co., Inc. Reading, Mass., 1968.
  - (6) 王如意 臺北市地盤沉陷研究工作觀測井研究計劃報告 1975.
  - (7) 吳偉特、歐普德、林永德 臺北盆地盤沉陷土壤力學之研究 1976.