

多用途噴氣式深耕機之改良及試驗

Improvements and Experiments of the Multipurpose Pneumatic Cultivator

國立中興大學農機系副教授

彭 錦 樵
Jin-chyau Peng

國立中興大學農機系講師

爨 家 敏
Jar-miin Luan

國立中興大學農機系助教

王 豐 政
Feng-jehng Wang

摘 要

噴氣式深耕機除具有深耕及促進排水功用外，經過改良後尚兼具土壤深層施液肥或藥液等多重功能，定名為「多用途噴氣式深耕機」，它可改善土壤之物理性、化學性及生物性。多用途噴氣式深耕機再經進一步之機械改良及土槽試驗，顯示其具有下列具體功能：

- 1.改良後之深耕機本體，操作簡便。液體噴出之有效半徑，經土槽試驗證明，於施液量為150ml時其半徑為30cm，施液量為300ml時其半徑為40cm。
- 2.研製之氣壓式自動定量輸送液肥（或藥液）裝置，可精確地控制所需施液之液肥量，且可依作物種類及土壤條件之不同而適當地調整其所需之施用量。
- 3.研製之自行推進機構，可使多用途噴氣式深耕機充份發揮其機動性，使作業更為便捷，提高工作效率，節省勞工及作業成本。
- 4.多用途噴氣式深耕機經創新改良後，不但具高度之機動性，且使本機械除了具深耕、促進排水之功用外，尚兼具地下定量施液肥（或藥液）之多種功用，符合農業機械多角化利用之目標，且已技術轉移給民間廠商，予以商品化推廣給農民使用。

Abstract

A pneumatic cultivator which barely blows high pressure air in deep soil was modified and reformed to build its functions in fertilizing and pestcontrolling. This remodelled multipurpose pneumatic cultivator has liquid fertilizer or pesticide whose quantity was fixed automatically by a set of control device entered its coated tank and inject the liquid to subsoil. It is useful to improve the physical, biological and chemical properties of soils.

Experiments were conducted to verify the function of the modified machine. Results showed that the effective distribution radii of injected liquids were 30 cm and 40 cm when liquid quantity were fixed in 150 ml and 300 ml respectively.

The self-propelled mechanism was developed to reduce operation labors and costs. It is suitable for Taiwan's farm-mechanization policies to improve this pneumatic cultivator on multipurpose usage. This modified model had been transferred to manufacturer and produced commercially.

一、前 言

自民國五十九年行政院核定「推行農業機械化方案」後，在最近十餘年來，陸續實施了「耕耘機推廣十年計畫」、「加速農業機械化方案四年計畫」、「加速稻穀乾燥機推廣四年計畫」、「經建農業六年計畫」，續在民國六十六年將「設置農業機械化基金，促進農業全面機械化」列入國家十二項建設之一。近年來，由於農業機械化之推行，使得稻作之機械化已有令人滿意的成果，但是由於水稻生產過剩却帶來許多問題，因之，政府於民國七十一年之農業發展政策中即提倡稻田轉作，鼓勵農民轉種雜糧作物、園藝作物、特用作物等。根據農林廳之調查⁽²⁰⁾指出，目前旱作（含雜糧、園藝、特用作物）之機械化程度仍需加強，尤其是中耕管理作業，由於地形、作物等因素限制，無法使用大型農機具，大部分仍以人工或小型之迴轉耕耘刀式中耕管理機（6馬力以下）實施作業，其中耕深度有限（大約20 cm以內），且它是採取犁翻土壤之方式，容易將根羣切斷，而影響作物之生長及產量。

噴氣式深耕機（Pneumatic cultivator），如圖1所示，它是利用引擎驅動空氣壓縮機，產生高壓之空氣，經高壓軟管輸送至深耕機本體內，將深耕機本體之圓形入土鐵管打入土壤中，適當地控制進氣閥與排氣閥，即可將高壓空氣（約10 kg/cm²）於瞬間噴入土壤深層，令土壤鬆動，而達深層中耕之效果。此機械最大特點就是以高壓空氣噴入土壤深層（最深可達45 cm）而改良土壤物理性，使土壤中孔隙度增加，氧氣濃度提高，有機質含量增加，促進排水效果，以及有利於根系之發育，提高根系吸收養分、水分之能力而使作物生長良好，增加產量^(7,8,9,19,21,22,23)。

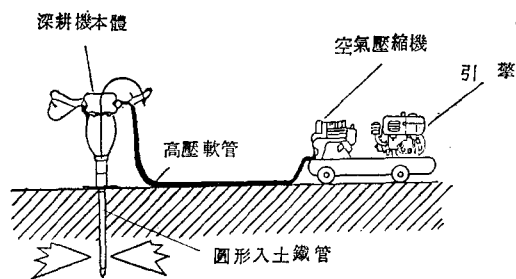


圖1 標準型噴氣式深耕機整套設備

噴氣式深耕機經過中興大學農業機械工程學系數年來之試驗改良，加裝液體輸入及貯存裝置^(10, 11, 12, 13, 14, 15)，可將液肥或藥液噴入地下而進行地下施肥及病蟲害防治等多項功用，改良後之機械稱之為「多用途噴氣式深耕機」（Multipurpose Pneumatic Cultivator）。此項「噴氣式深耕機地下施肥及病蟲害防治裝置」經長期之土槽試驗及田間試驗，發現仍有下列三項缺點：一則它只能貯存液肥（或藥液）120 ml，實嫌太少，且液肥之輸入靠重力作用，實施作業及搬運上頗為不便；二則該機構所利用之柱塞式噴頭，需靠彈簧之聯結以實施液體噴射作用，彈簧用久後會彈性疲乏，必需更換；三則在實施土壤地下施肥及病蟲害防治作業時，土壤之顆粒容易進入深耕機本體之圓形入土鐵管內，造成柱塞上下移動時之阻力，而影響地下施肥及病蟲害防治作業。

為了解決上述問題，針對多用途噴氣式深耕機再加以改良，一方面改進深耕機本體之液體輸入及貯存裝置，並作土槽試驗以觀察其噴出之液體在土壤中之分佈情形；另一方面研製一自動定量輸送液體裝置，並重新設計噴氣式深耕機之傳動系統，使其能自行推進（Self-propelled），以期操作更為便捷。

二、多用途噴氣式深耕機之改良

(一) 深耕機本體之改良

1. 機體部分之改良

改良後之深耕機本體，其液體輸入及貯存裝置中，沒有柱塞及彈簧等機構。液體經由液體輸入裝置直接輸送至深耕機本體內貯存，再利用高壓空氣將液體噴入土壤深層中。圖2是手動型多用途噴氣式深耕機本體改良後之構造圖。圖3是自動打入型多用途噴氣式深耕機本體改良後之構造圖。

2. 液體輸入、貯存及噴出之作用原理

以手動型改良後之多用途噴氣式深耕機本體為例說明之（如圖2所示）。當液肥或藥液經過「氣壓式自動定量輸送液肥（藥液）裝置」之控制，可定量經由液體輸入裝置進入深耕機本體內，進入之量可依土壤狀況及作物種類而調整之。當需要液肥或藥液進入深耕機本體而實施多角化作業時，打開A-A剖面所示開關成為「開」之位置，液體即可經由接頭而進入深耕機本體之貯氣筒內，藉原有球形閥之密封作用而貯存於貯氣筒中，然後關閉液體

動打入土壤中，可減輕操作員工作之辛勞程度。

(二)傳動系統之改良：(自行推進型多用途噴氣式深耕機之研製)

1.機械傳動系統之改良

爲了解決標準型噴氣式深耕機在田間作業上機動性不佳之問題，將傳動系統予以改良設計，重新研製一台「自行推進型多用途噴氣式深耕機」(

Self-propelled type Multipurpose Pneumatic Cultivator)，其構造如圖 4 所示。

此自行推進型多用途噴氣式深耕機，如果配合手動型之深耕機本體使用，則其整套設備如圖 5 所示；如果配合自動打入型深耕機本體使用，則其整套設備如圖 6 所示。

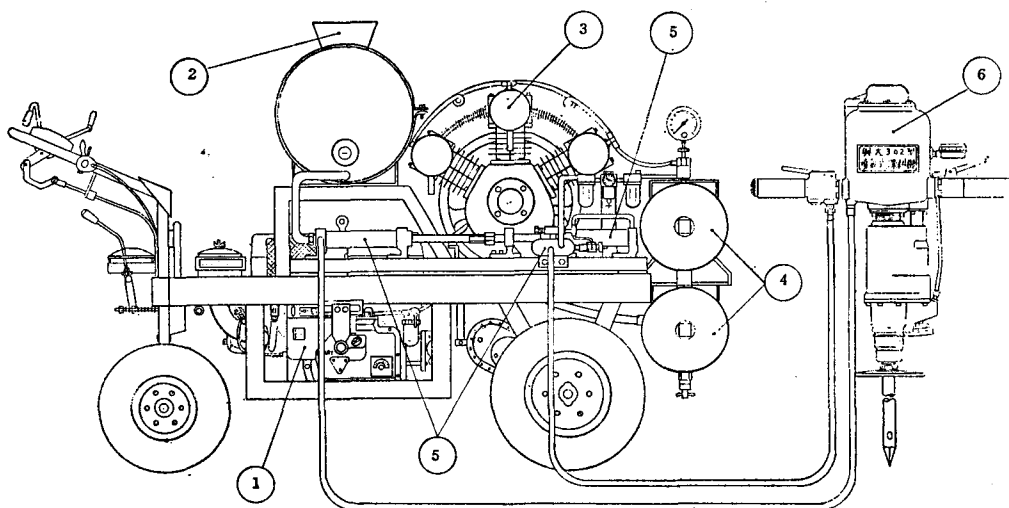


圖 4 自行推進型多用途噴氣式深耕機整套設備

- | | |
|--------|-----------------------|
| 其中：①引擎 | ④貯氣筒 |
| ②液體攪拌槽 | ⑤氣壓式自動定量輸送液體（液肥或藥液）裝置 |
| ③空氣壓縮機 | ⑥深耕機本體 |

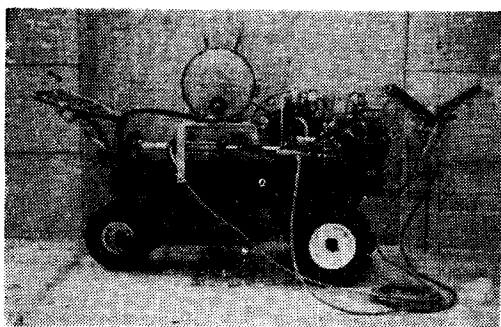


圖 5 自行推進型多用途噴氣式深耕機實體圖
(深耕機本體爲手動式，引擎 6 馬力)

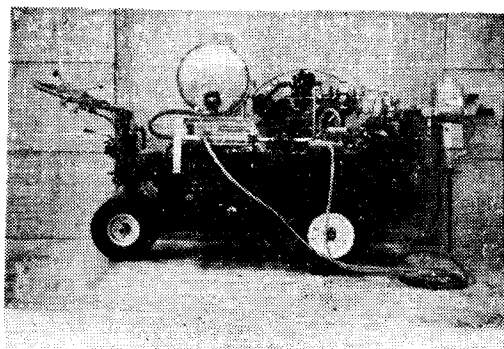


圖 6 自行推進型多用途噴氣式深耕機實體圖
(深耕機本體爲自動打入式，引擎爲 10 馬力)

2.自行推進型多用途噴氣式深耕機之作用原理

自行推進型多用途噴氣式深耕機之作業流程如

圖 7 所示。

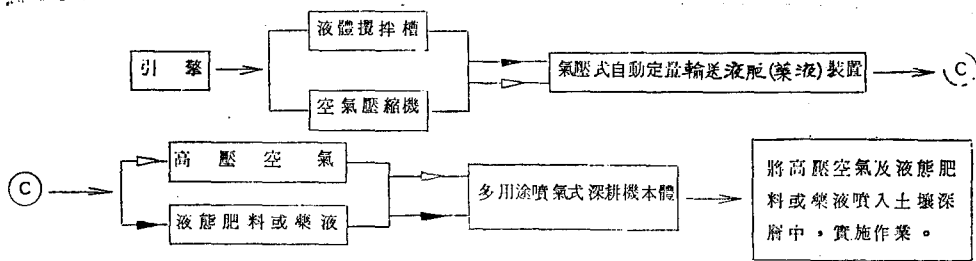


圖7 自行推進型多用途噴氣式深耕機之作業流圖

引擎除了驅動動力傳動系統，使整套機械能自行推進，發揮充分的機動性，到達需深耕或施肥（藥）之位置，以便實施作業外，它還驅動液體攪拌槽，同時亦驅動空氣壓縮機，產生之高壓空氣進入貯氣筒中，再控制「氣壓式自動定量輸送液肥（藥液）裝置」，一方面將高壓空氣輸入改良好的深耕機本體中，另一方面將液肥（或藥液）自液體攪拌槽中吸入「氣壓式自動定量輸送液肥（藥液）裝置」中，再送至深耕機本體內，然後利用深耕機本體內之高壓空氣將液肥（或藥液）噴入土壤深層，而完成土壤深耕及深層施肥、病蟲害防治等作業。

自行推進型多用途噴氣式深耕機爲了作業上之安全，設計其前進速度爲 3km/hr，後退速度爲 2 km/hr，經性能測定，發現其行走性能良好，能充份發揮機動性。

(二) 氣壓式自動定量輸送液肥（藥液）裝置之研製

1. 機械部分之設計及研製

爲了使每次噴入土壤深層之液肥（或藥液）量能够固定，甚至能依不同的作物及土壤狀況而適當地調整施肥（藥）量，設計研製了一套以高壓空氣自動定量輸送液肥（藥液）之裝置，其機構如圖 8 所示，實物如圖 9 所示。

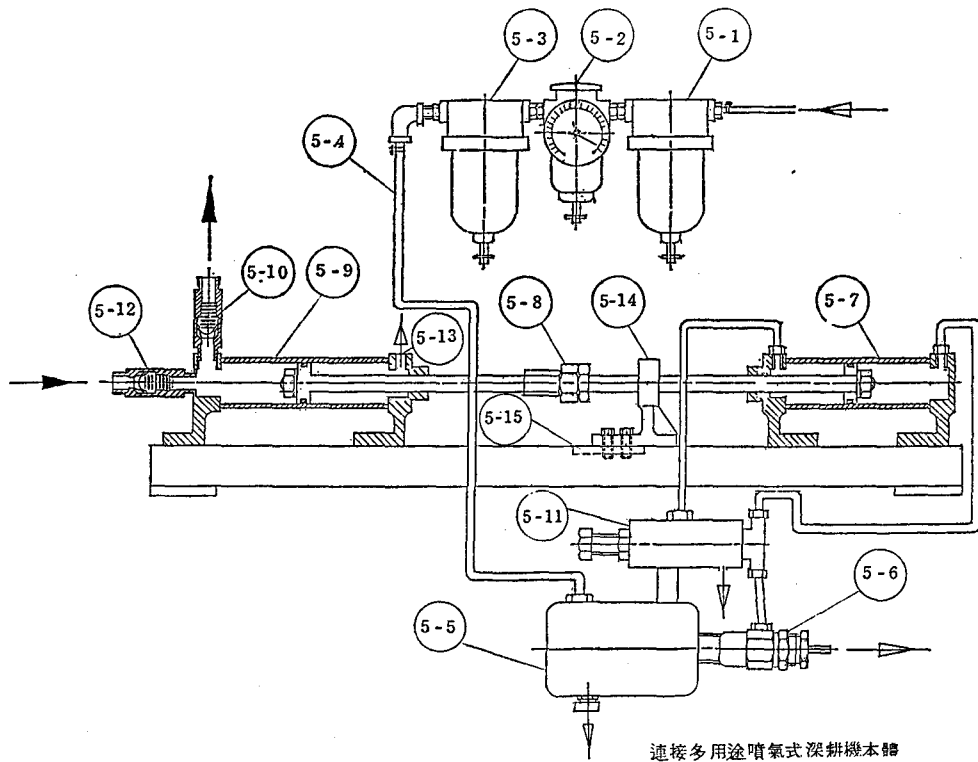


圖8 氣壓式自動定量輸送液肥（藥液）裝置系統圖

- | | | | |
|----------------|-------------|----------------|-----------------|
| 其中：(5-1) 空氣濾清器 | (5-5) 差壓貯氣筒 | (5-9) 液壓缸 | (5-13) 液壓缸之洩氣孔 |
| (5-2) 壓力控制閥 | (5-6) 壓力限制閥 | (5-10) 液體出口止回閥 | (5-14) 液體定量控制基座 |
| (5-3) 壓縮空氣潤滑器 | (5-7) 氣壓缸 | (5-11) 方向控制閥 | (5-15) 液體定量控制滑槽 |
| (5-4) 高壓空氣輸送管路 | (5-8) 聯結器 | (5-12) 液體入口止回閥 | |

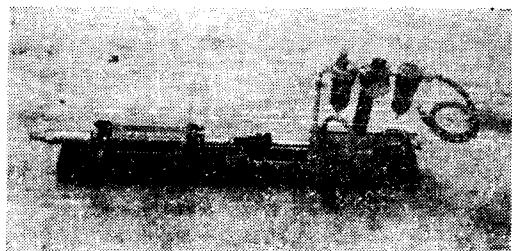


圖9 氣壓式自動定量輸送液肥(藥液)裝置實體圖

2. 氣壓式自動定量輸送液肥(藥液)裝置之作用原理

本裝置在實際操作時，涉及空氣及液體(液肥或藥液)之輸送，其空氣迴路系統如圖10所示，液體流路系統如圖11所示。

由引擎驅動空氣壓縮機，產生之高壓空氣進入貯氣筒內。自貯氣筒而出去的高壓空氣，先經過空氣濾清器而進入壓力控制閥(控制之壓力為 $10\text{kg}/\text{cm}^2$)，再通過壓縮空氣潤滑器，使高壓空氣中含有微細之潤滑油，以潤滑各活動機件，然後經高壓空氣輸送管至差壓貯氣筒中，此時，其操作步驟如下所述：

(1) 當差壓貯氣筒內之空氣壓力小於 $9\text{kg}/\text{cm}^2$ 時，壓力限制閥自動關閉，空氣繼續進入差壓貯氣筒

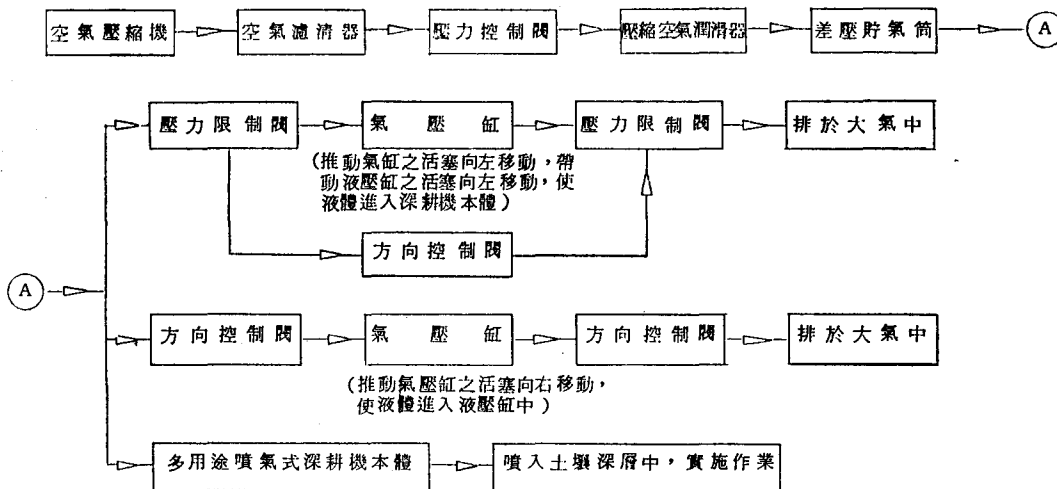


圖10 氣壓式自動定量輸送液肥(藥液)裝置之空氣迴路系統圖

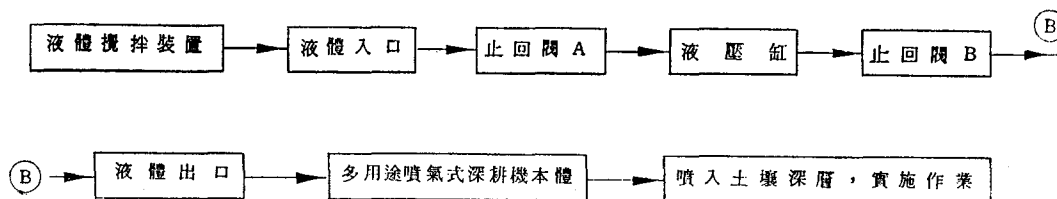


圖11 氣壓式自動定量輸送液肥(藥液)裝置之液體流路系統圖

；當其壓力大於 $9\text{kg}/\text{cm}^2$ 時，則使壓力限制閥自動打開(如圖12中(a)所示)，高壓空氣一方面進入氣壓缸中，推動活塞向左移動，經由聯結器之傳遞而使得液壓缸之活塞亦向左移動，將已進入液壓缸左側之液體(液肥或藥液)推送經由出口止回閥而流至深耕機本體中；另一方面，高壓空氣則進入方向控制閥中，推動內部之柱塞向左移動而使得氣壓缸之氣體由氣壓缸左側流入方向控制閥經由洩氣孔而排放於大氣中(如圖13中(b)所示)。

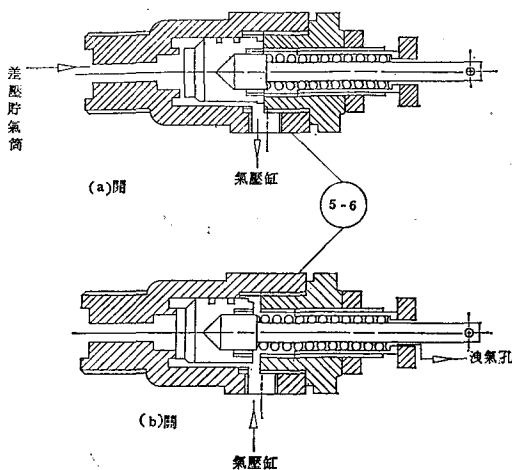


圖12 壓力限制閥作用圖

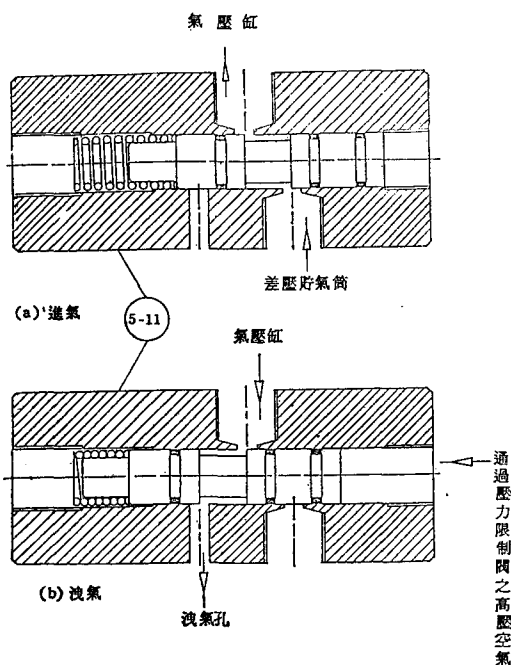


圖13 方向控制閥作用圖

(2)當打開深耕機本體之進氣閥時，差壓貯氣筒中之高壓空氣瞬間由 10 kg/cm^2 下降，當其壓力低於 9 kg/cm^2 時，壓力限制閥則自動關閉，此時氣壓缸右側之空氣及方向控制閥右側之空氣經由壓力限制閥之洩氣孔排洩於大氣中(如圖12中(b)所示)。方向控制閥內之柱塞則由於內部彈簧之作用而自動向右移動，形成高壓空氣由差壓貯氣筒中進入方向控制閥再進入氣壓缸之左側，推動活塞向右移動，再帶動液壓缸之活塞向右移動，將液體(液肥或藥液)經入口止回閥而流入液壓缸之左側中。當液壓缸向右移動時，液壓缸右側之空氣則由液壓缸洩氣孔排洩於大氣中。

(3)當差壓貯氣筒內之壓力高於 9 kg/cm^2 以上時，則回復至(1)之動作，高壓空氣由差壓貯氣筒流經壓力限制閥，進入氣壓缸，推動活塞向左移動而帶動液壓缸內之液體流入深耕機本體中，此時，打開深耕機本體之進氣閥，一方面進行(2)之動作，一方面使高壓空氣進入深耕機本體中，當壓力到達 10 kg/cm^2 時，打開深耕機本體之排氣閥，即可將深耕機本體內之液體(藥液或液肥)藉高壓空氣所具備之能量而強迫噴入土壤深層中，以完成土壤深層施液肥(或藥液)之作業。如此，週而復始地可實施深耕、地下施液肥及病蟲害防治等工作。

(4)液體之自動定量控制原理，乃利用液壓缸內活塞左右之行程而控制之。當液體定量控制基座固定於滑槽中之最右邊位置時(如圖8所示)，可得最大的液肥(藥液)輸送量，將基座移動至滑槽最左邊位置固定時，可得最小的液體輸送量。本裝置目前控制之液肥(藥液)輸送量為 $150 \text{ ml} \sim 500 \text{ ml}$ 之範圍，可依作物及土壤條件而適當調整其輸送量。

三、改良後多用途噴氣式深耕機之噴液體試驗

(一)材料與設備

多用途噴氣式深耕機整套設備、土壤、#5號鐵絲網，土壤取樣皿、烘箱、天平、土壤機械分析設備、圓鋤、鋤頭、白色水泥漆、鋼捲尺等。

(二)方法與步驟

為了測定改良後深耕機本體噴液體之效果，需做進一步的空中及土槽噴液體試驗，以瞭解其液體分佈情形，作為日後改進及推廣之依據。

1.空中噴液體試驗

改良後之深耕機本體，配合氣壓式自動定量輸送液體裝置，將白色水泥漆噴於空氣中，照相並觀察其霧化情形及噴出之角度範圍等。

2.土槽內噴液體試驗

於民國73年11月~74年1月，在中興大學農機系製作土槽進行土槽內噴液體試驗，其試驗方法與步驟簡述如下：

(1)以#5號鐵絲網(高60cm)圍成直徑為160cm之土槽2個。

(2)分別以土壤填充之，每填充5cm時以人及木樁壓實之，壓實之標準為以小型土壤貫土器貫穿一定深度時之阻力相同為準，以期每個土槽之製作條件均一，壓實之高度為60cm。

(3)以改良後之深耕機本體，配合氣壓式自動定量輸送液肥(藥液)裝置，在2個土槽內分別實施噴液體試驗。噴液體量分別為150ml及300ml。

(4)噴液體時其操作方法為：將深耕機本體打入最深(45cm深)先噴高壓空氣深耕，使底層土壤鬆動，再噴白色水泥漆於土壤中，期使液體有較佳之分佈。

(5)經過數日，拆開鐵絲網，仔細地挖土壤剖面，測量白色液體分佈之半徑及深度，記錄之。

(6)每個土槽取土樣5個，稱重、烘乾，測其含水率。

(7)取50克之土壤作機械分析，以測定土壤之質地。

多

(二)結果與討論

1.空中噴液體試驗

空中噴液體試驗之情形如圖14所示。液體霧化情形良好，且噴出時呈現扇形分佈，與噴管所成之角度大約上下各 30° ，亦即扇形之區域達 120° 之範圍。

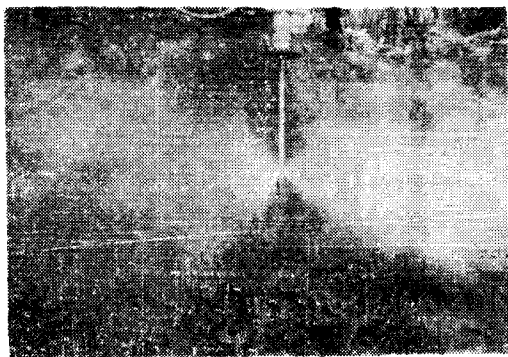


圖14 改良後之深耕機本體空中噴液體試驗情形

2.土槽內噴液體試驗

土槽內噴液體之試驗情形如圖15所示。

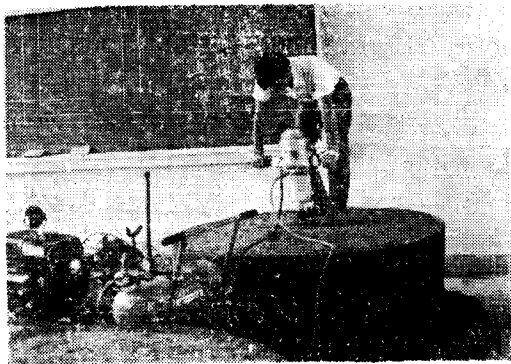


圖15 土槽內噴液體試驗情形

(1)土壤含水率：經抽樣測定其含水率，得平均值為14.74%

(2)土壤機械分析：取土樣50克，經機械分析後發現其土壤所含粘粒 (clay) 占20.7%，粉粒 (silt) 占51.9%，砂粒 (sand) 占27.3%，故土槽試驗之土壤屬於粉質壤土 (silt loam)。

(3)噴入150ml之白色水泥漆，在土槽內之有效

分佈半徑為30 cm，其分佈情形如圖16所示。

噴入300ml之白色水泥漆，在土槽內之有效分佈半徑為40 cm，其分佈情形如圖17所示。

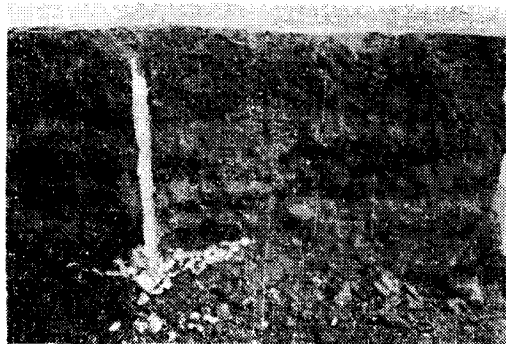


圖16 施液量為150 ml時，其白色液體分佈情形 (有效半徑為30cm)

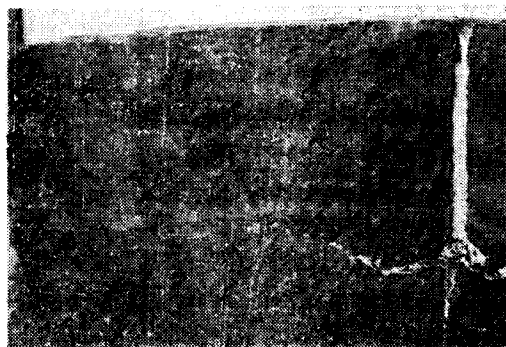


圖17 施液量為300 ml時，其白色液體分佈情形 (有效半徑為40 cm)

(4)改良後之深耕機本體進行土槽噴液體試驗時，不但可自動控制輸送之液肥 (或藥液) 量，且可徹底解除改良前之彈簧失效、柱塞堵塞及施液量太少等許多問題，使得多用途噴氣式深耕機進行地下施液肥 (藥液) 時，操作更為方便，而達實用推廣價值。

(5)有關液肥或藥液對深耕機本體之內壁腐蝕問題，將作進一步的探討及試驗改良。

四、結 論

多用途噴氣式深耕機經過機械之改良及試驗，可獲得下列結論：

(一)深耕機本體之液體進入、貯存及噴出裝置，經過改良後，不但操作簡便，且可完全免除改良前之彈簧失效、柱塞堵塞、施液量太少等問題，而使

改良後之深耕機本體達實用階段。

(二)液體噴出之有效半徑，經土槽試驗證明，在施液量為150ml時其半徑為30cm，施液量為300ml時其半徑為40cm。

(三)研製之氣壓式自動定量輸送液肥(藥液)裝置，經試驗後，證明其具有下列優點：

1.它可充分利用空氣壓縮機所產生之高壓空氣。

2.它可精確地控制所需施用之液肥或藥液量。

3.可依作物種類及土壤條件之不同，適當地調整所需施用之液肥(或藥液)量。

(四)研製之自行推進機構，可使多用途噴氣式深耕機充分發揮其機動性，且使作業更為便捷，提高工作效率，節省勞工及作業成本。

(五)多用途噴氣式深耕機經創新改良後，不但兼具高度之機動性，且使本機械除了深耕、促進排水外，尚具有地下定量施液肥(或藥液)之多重功能，符合農業機械多角利用之目標；且本機械已無條件全部技術轉移給民間廠商(嘉義兩和工業社)，由廠商生產商品機型，推廣給農民使用。

五、謝 誌

本論文之機械改良部分，承嘉義兩和工業社鼎力合作，始克快速且順利完成，論文進行期間，又承系主任黃陽仁博士，國科會客座專家李廣武博士等提供寶貴意見，農委會農機小組諸位先生多方指導，千漢農機設計公司吳漢筠先生熱心協助，以及鍾木華、洪昭前、曾得州等同學幫忙土槽試驗，始克圓滿完成，謹於此一併致最高之謝忱。

六、參 考 文 獻

- 1.王豐政，1983，自行推進型多用途噴氣式深耕機之研製，中興大學農機系學士論文。
- 2.王德翔，1982，壓縮空氣與氣體手冊，徐氏基金會。

3.朱焜嵩，1981，氣力學，徐氏基金會。

4.林同慶，蘇國欽，1981，流體力學及其工程上之應用，大學圖書出版社印行。

5.孫葆銓，陳憲治，1974，實用機械氣壓學，正中書局。

6.許覺良，1980，圖解氣力學，徐氏基金會。

7.陳振鐸，1971，土壤物理學，正中書局。

8.陳振鐸，1982，基本土壤學，徐氏基金會。

9.郭魁士，1983，土壤學，中國書局。

10.彭錦樵，黃陽仁，1982，噴氣式管理機械之田間試驗研究，中國農業工程學報，第28卷第4期。

11.彭錦樵，1983，噴氣式深耕機對土壤物理性及其空氣動力學特性之影響，科學發展月刊，第11卷第1期。

12.彭錦樵，樂家敏，1983，噴氣深耕對葡萄生長特性之試驗，中國農業工程學報，第29卷第2期。

13.彭錦樵，1983，噴氣式深耕機最佳作業條件之研究，中國農業工程學報，第29卷第4期。

14.彭錦樵，樂家敏，1983，噴氣式深耕機多角化利用之研究，臺灣農業雙月刊，第19卷第6期。

15.彭錦樵，樂家敏，吳良坤，1983，噴氣式深耕機地下施肥及病蟲害防治裝置，新型專利第23843號。

16.彭錦樵，吳漢筠，紀順發等，1984，新式樣噴氣式深耕機地下施肥及病蟲害防治裝置，專利申請第7336043號。

17.彭錦樵，吳漢筠，紀順發等，1984，多用途噴氣式深耕機之「氣壓式自動定量土壤深層施肥消毒裝置」，專利申請第7329831號。

18.賴耿陽，1977，現代機械設計輯覽，復漢出版社。

19.諾克終，1978，果樹園藝大要泛論，徐氏基金會。

20.臺灣農產品成本調查報告，1984，臺灣省政府農林廳。

21.岩崎一男，1981，作物栽培と土壤空氣，岩谷產業株式會社。

22.島根縣農業試驗場，1978，農業試驗場研究成果發表會，發表要旨集。

23.農業生產工學研究會，1981，壓縮空氣の注入による土層改良および作物の生育效果に關する試驗成績概要——1.果樹園に對する效果；2.野菜園に對する效果。