

果樹立體施肥機之研製¹

林慶喜² 陸應政³ 邱澄文⁴

摘要

本研究之目的在研製一種機械使其能在果園土壤鑽挖一洞穴，將其土壤與所需之肥料混合均勻後再放回原穴，使其具有深耕、深翻及深施肥料的作用，誘導根群深入地中及提高肥料施用效率。

利用曳引機或小型挖土機承載果樹立體施肥機，立體施肥機的主要機構包括鑽孔器、圓形鐵套筒、土壤收集器、肥料箱、油壓泵、油壓馬達、油壓控制器及機架等。作用原理是利用曳引機 P.T.O 或挖土機引擎帶動油壓泵所產生的高壓油經由流量控制分配閥送到油壓馬達帶動鑽孔器，使螺旋沿順時鐘方向旋轉，鑽孔直徑 20 公分，深度 60 公分，在鑽孔器外圍加裝一個圓形鐵套筒，該筒上端連接一個土壤收集器，使鑽挖出之土壤沿著螺旋上升至土壤收集器內，利用螺旋之轉動將土壤與肥料充分攪拌均勻後，控制螺旋依逆時鐘方向旋轉，而將土壤與肥料之混合物送回原穴內。落肥部份是利用 DC12V 之直流馬達帶動肥料箱內之施肥軸轉動而落肥，另裝設一組定時器及觸動開關，控制馬達轉動的時間以調整落肥量。利用全油壓制御鑽孔器的推進速度為 2 公分 / 秒，鑽挖一穴(60 公分深)並將土壤與肥料混合送回原穴之作業時間約 2 分鐘。

肥料的施用量及施用種類最好依據土壤測定及植物體分析結果而決定，施肥的最佳位置為樹冠下稍往外的根毛區，每株果樹鑽挖 4 - 8 穴，依照果樹的不同種類而於果樹休眠期末期或果實收穫後施肥。

(關鍵語：果樹、立體施肥機)

¹花蓮區農業改良場研究報告第 80 號，本試驗經費承行政院農業委員會補助(計畫編號 80 農建 - 9.1 - 糧 - 38(4)，81 農建 - 12.1 - 糧 - 26(9)，81 農建 - 2.3 - 植 - 42)謹此致謝。

²作物環境課副研究員兼課長。

³作物環境課助理研究員。

⁴作物環境課助理。

前言

果樹為多年生之作物且體積龐大，因此需要有強大的根系深入至廣大的土壤範圍內吸收養分與水分，而果樹施肥，在幼樹，一般多行輪狀施肥或放射狀施肥，在成樹時，用井字狀掘溝施肥，但近年來由於農村勞力不足，人力老化及工資昂貴，故目前果樹多採人工表面撒施，長期採用此種施肥方式，會使樹根變成淺根性，對旱害及寒害的抵抗力變弱，每次降雨因土壤侵蝕而肥料的流失甚大⁽⁵⁾，肥料施用效率低。根有向肥料之處伸長之特性(向肥性)故欲誘導根深入地中時須將肥料深施之⁽⁶⁾，深層的根系可利用不同土壤層次物理化學性的不同而

彼此互補且可利用淋洗下去的養分，不同土層具有不同的養分梯度，交換性與固定作用，可由不同深度的根系進行吸收，如此就可利用土壤肥力。可見不同深度的根吸收不同的養分且有彼此相輔相成的作用⁽³⁾。果園土壤深翻可以增加土壤空隙，使土壤透水性、通氣性及蓄水性增加，深翻以後毛細管作用破壞可減少土壤的水分蒸發。在深翻時如能結合綠肥，則更可增加土壤肥力，增進團粒結構，改善土壤物理性⁽⁴⁾。因此如能將土壤深翻且於深翻同時將肥料與土壤均勻混合則可達上述各項優點，為此乃積極研製果樹立體施肥機，藉此而改進果樹土壤物理性，提高土壤肥力，增廣根群的發育與分布，促進肥料的施用效率，並提高果實產量與品質。

材料與方法

- 一、材料：曳引機、小型挖土機、鑽孔器、圓型鐵套筒、土壤收集器、肥料箱、機架、油壓泵、油壓馬達及油壓控制器等。
- 二、方法：利用直徑 20 公分的鑽孔器，其外加裝一圓型鐵套筒，鑽挖土壤深度可達 60 公分，挖出之土壤沿鑽孔器之螺旋上升至土壤收集器，並由其上方的肥料箱輸出所需之肥料量至土壤收集器，經與土壤攪拌後，再將其混合物沿鑽孔器之螺旋反轉放回原穴。

結果

果樹立體施肥機之主要機構包括有鑽孔器、土壤收集器、肥料箱、油壓泵、油壓馬達及油壓控制器等。目前已研製二種型式之立體施肥機，現將二種機型之研製情形簡述如下：第一種機型(相片 1)：利用 47 馬力曳引機三點鏈接承載立體施肥機(圖一)。

- 一、鑽孔器：鑽孔器的中心軸直徑為 5 公分，中心軸附著兩個螺旋，外徑為 20 公分，節距 30 公分，鑽孔深度可達 60 公分。利用曳引機 P.T.O 帶動油壓泵，所產生之高壓油經由控制器傳送到油壓馬達帶動鑽孔器之螺旋依順時鐘方向旋轉而鑽挖出之土壤沿著螺旋上升至土壤收集器。挖掘直徑 20 公分，深 60 公分的洞穴所需時間約 30 秒。
- 二、圓形套筒：在鑽孔器外圍加裝一個圓形套筒，長 60 公分，直徑 20.6 公分，其作用為防止鑽孔器向下鑽挖時，旁邊之土壤崩塌並使鑽挖之土壤沿著螺旋上升至土壤收集器，如無此圓形套筒則鑽挖之土壤無法沿著螺旋上升至土壤收集器。
- 三、土壤收集器：於圓形套筒上端連接一個土壤收集器，土壤收集器之形狀上方為高 20 公分，直徑 58 公分的圓形狀，下方為高 18 公分的漏斗形狀。其功用為收集鑽孔器所鑽挖之土壤並接收肥料箱所輸入之肥料在此容器攪拌混合。土壤收集器之內方附著二支鐵條作為攪拌之用。當土壤與肥料充分攪拌混合後，控制鑽孔器依逆時鐘方向旋轉而將土壤與肥料混合物放回原穴內，所需時間約 30 秒。
- 四、肥料箱：在土壤收集器上方安裝一肥料箱，肥料箱上邊為邊長 48 公分，高 28 公分的正方形，下邊為高 16 公分，底為 15×24 公分之梯形容器，其下安裝一施肥軸，其軸心直徑 2.54 公分，軸心上裝置六個葉片，每個葉片高 2.54 公分，厚 0.3 公分，長 20 公分，形成

一溝槽式施肥裝置，利用 DC12V 之直流馬達帶動肥料箱施肥軸轉動而落肥，另裝設一組定時器及觸動開關，控制轉動的時間以調整落肥量，經測試結果施肥軸一轉(360°)所需時間約一秒，每秒複合肥料一號(20 - 5 - 10)的落肥量約 260 克。如每穴土壤需施肥 2 公斤，則將定時器設定為 7.7 秒，施肥軸轉動 7.7 秒後即自動停止，落肥量約為 2 公斤。

五、油壓泵及油壓馬達：油壓泵安裝在機架下方，流量為 35 l/min，出力為 3000psi，其功能為將機械能轉換成液體能。油壓馬達安裝在鑽孔器之上端，其流量為 35 l/min，出力為 3000psi，其功能為將液體能轉換成機械能而帶動鑽孔器的旋轉挖土作用。



相片 1. 利用曳引機承載果樹立體施肥機
Photo1. Vertical fertilization applicator driven by the tractor

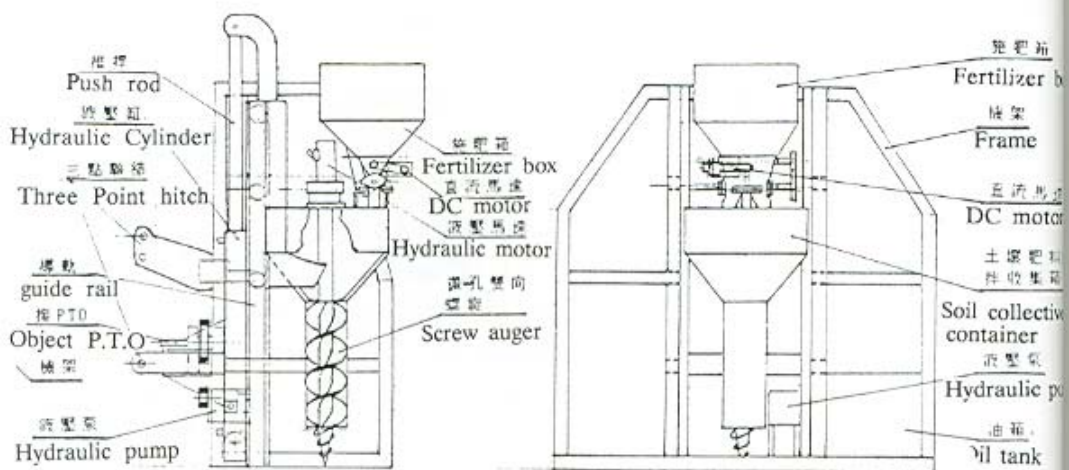


圖 1. 第一種機型立體施肥機示意圖
Fig1. Illustration of vertical fertilization applicator (First mechanical model)



相片 2. 利用小型挖土機承載立體施肥機

Photo. 2. Vertical fertilization applicator driven by the mini excavator

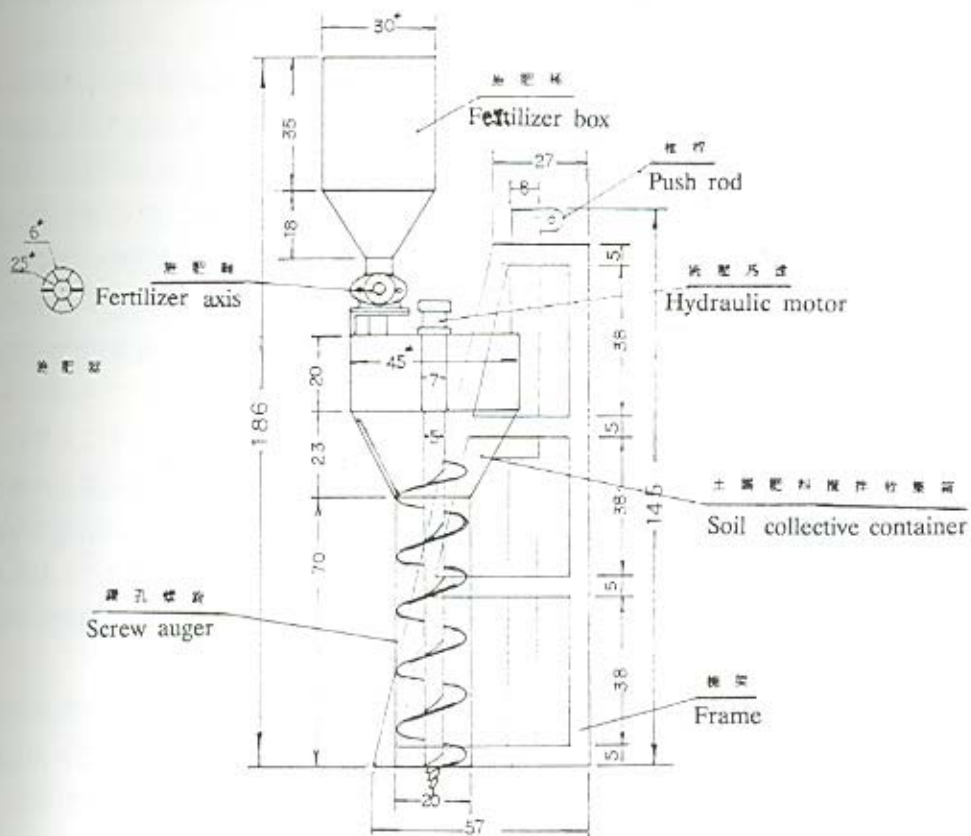


圖 2. 第 2 種機型示意圖

Fig.2. Illustration of vertical fertilization applicator (Second mechanical model)

第二種機型(相片 2): 利用 B17-P 野馬挖土機的第一及第二節手臂承載立體施肥機(圖 2)。

- 一、主機規格：為三缸水冷柴油引擎，馬力輸出為 16ps/2500rpm，液壓系統的幫浦流量為 17.5 l/min×2，其安全釋放壓力設定為 155 kg/cm，液壓出力(最大)為 1000 kg/cm，車重 1350kg。

- 二、鑽孔器：鑽孔器的中心軸直徑為 5 公分，長 90 公分，中心軸附著 6 個螺旋式鑽孔旋刀，直徑為 30 公分，外徑為 20 公分，螺距為 15 公分，鑽孔深度可達 75 公分。為全油壓制御，自由深度 0 - 75 公分，推進速度 2 公分 / 秒，附安全回油系統，超越負荷自動回油 (bypass) 保護旋刀使用壽命，全鋼式旋刀，低傾角，旋刀至軸心距大，10 公分以下土石料均可使用，可正逆轉操作鑽孔的旋轉方向。利用油壓馬達的輸出力帶動鑽孔器之旋刀依順時鐘方向旋轉向下鑽挖土壤，所挖出之土壤沿著旋刀上升至土壤收集器，土壤與肥料混合均勻後，將鑽孔器之旋刀依逆時鐘方向旋轉而將土壤與肥料之混合物輸入原穴中。挖掘直徑 20 公分，深 75 公分所需時間約 35 秒。
- 三、油壓馬達：油壓馬安裝在鑽孔器之上端，其流量為 30 l/min，出力為 300 kg/c m²，利用油壓馬達的轉動機械能而帶動鑽孔器的旋轉挖土作用。其他圓形套筒、土壤收集器、肥料箱及機架等的安裝如同第一種機型，祇是大小尺寸不同而已。肥料箱落肥量為 50 g/sec。

討論

- 一、落肥傳動系統的設計：於肥料箱下方裝置一施肥軸，軸上附著幾個葉片而形成溝槽式的落肥方式，藉著施肥軸的轉動而將肥料落入土壤收集器中。肥料的落量可由施肥軸的轉速及施肥軸的長度與葉片數及大小加以靈活調節。施肥軸的轉速可傳動鏈輪齒數加以調整，單位時間施肥軸的轉速快則落肥量多，反之則少。施肥軸上的葉片數愈多或葉片愈小即溝槽愈多或愈淺則肥料落量愈少，或施肥軸的長度愈長則肥料落量愈多，理論上肥料的落量可由溝槽的容積×肥料比重×單位時間的施肥軸轉速求得，但為求精確起見，仍以實際測試結果為依據較適宜。
- 二、鑽孔器：利用鑽孔器鑽挖土壤，如土壤中礫石含量較多時，石礫易卡在圓形套筒與第一螺旋(或旋刀)之間而使鑽孔器無法轉動，為此於第一螺旋(旋刀)上鑲上一小鐵片則石礫碰撞小鐵片後會往左或右彈開，避免卡塞。
- 三、土壤收集器：土壤收集器的大小可依下列資料如鑽孔器的鑽孔直徑大小，鑽孔的深度，土壤質地及土壤含水量等估計之，例如鑽孔直徑為 20 公分，深度 60 公分，土壤為壤土，含水量 20 %，則所挖出之土壤重量為 $10(\text{半徑}) \times 10 \times 3.1416(\text{圓周率}) \times 60(\text{深度}) \times 1.5(\text{壤土容重克 / 立方公分}) \times 1.25(\text{含水量}) = 35,343 \text{ 克} \approx 35 \text{ 公斤}$ ，另加上肥料施用量而決定之，土壤收集器過大過小均不適宜。
- 四、利用曳引機承載立體施肥機，總長約 4.5 公尺，寬為 1.8 公尺，目前果園之栽培行距均狹窄，機械很難進入作業且施肥機的移動作業不易，不適宜成年果園，但如行距寬大且為幼年果園則因其製作成本低，有其實用性。利用小型挖土機承載立體施肥機，製作成本高為其缺點，但其機體寬度約 1 公尺，一般的果園均可進入作業，操作靈活，施肥機的移動速度快，挖土機上體可 360°之複合功能，雙幫浦複合油路，行走、舉臂、旋回及整地等操作可同時使用，但立體施肥機的總重量為 348 公斤，前端過重，需於挖土機後方

加配重以求機體重心的穩定。最好將立體施肥機的總重量減輕，其方式可考慮將肥料箱安裝在挖土機後方，而連接一肥料輸送管至土壤收集器。

五、利用果樹立體施肥機施肥具有下列之優點：

- (一)誘導根群深入地中伸長：施肥方法可支配根群的分布，根會被誘導向有肥料位置之處發育之傾向。在日本果園之果樹，根群大部分分布於地表下 20—40 公分之間，但在蜜柑等果樹長久施行覆草栽培，不深耕而表面施肥，大部之根群則分布於地表下 15 公分之處⁽⁵⁾。利用果樹立體施肥機施肥，從地表至地表下 60 公分處均有肥料，可誘導根群深入地表下 60 公分，使根能從較廣的土壤吸收養分。
- (二)具有深耕及深翻的作用：果樹立體施肥機係利用鑽孔器鑽挖土壤至土壤收集器，與肥料混合後再送回原穴，因此具有打破土壤密實層及鬆土之作用可使土壤中新的孔隙增加，通氣變佳，根的呼吸作用旺盛使養分的吸收力變強，有害根生長之有害物質(如：硫化氫，甲烷，一氧化碳等)的發生減少，土壤變成鬆軟，降雨時，水之滲入較佳且水的保持力變強，另外亦可促進細菌的生育及增殖。
- (三)提高肥料施用效率：表面施肥時因所施肥料沒有深入土中，根僅向表層伸長而成淺根，肥料施用效果慢，如行深層施肥，根則深入土中成深根，肥料效果佳。氮肥施於地表易流失或揮發而損失，如行深層施層則可避免此損失。磷酸在土壤中移動甚少，故磷酸必須施於細根之處才能被吸收，否則不能被吸收，因此磷肥施用於地表則磷酸多集積於表土，在下層土幾乎沒有根的存在，使根無法伸入深處並導致細菌的活動減少。鉀在土壤中的移動速率介於氮與磷之間，鉀肥行表面施肥亦會因土壤的流失而損失，特別是在多雨季節，故鉀肥仍以深層施肥為宜。日本過去對酸性土壤的改良施用大量的石灰或熔磷(熔成磷肥，含鈣、鎂、鐵等)但在秋田縣發現過去作法未能改變 20—60 公分的下層土壤，仍不能從根本提高土壤肥力等級⁽²⁾。因此用鐵鍬挖坑或鑽孔機打穴而深施石灰，或用石灰注入器直接將石灰注入底土，此即顯示欲改良下層土壤的化學性質必須將土壤改良劑施入下層土壤才有較佳效果，惟上述之改良方法費時費工，不如利用果樹立體施肥機施肥來得簡捷。日本越智氏曾試驗對於蜜柑樹一株，用金屬掘孔棒掘孔穴 20 個，放入固體肥料於地下 15—20 公分之深度，其結果根之伸長及根重顯著增加，糖度增高，浮皮果減少，樹勢良好⁽⁵⁾，可見深施肥料具有不少優點。土壤中缺乏有機物時，樹勢則易衰，結果則不良，施用量適當時，樹勢則旺，產量則多，過量時，枝葉軟弱，果實雖大但熟期晚，風味淡泊⁽⁷⁾。土壤有機質中含有植物生長所需的全部營養料，並提供土壤中動物的食物，且混合土壤及形成孔道，使土壤具有良好的物理狀態⁽¹⁾，使土壤通氣性，透水性及保水力增大⁽⁹⁾，保肥力佳且肥效為長效性。而有機質肥料的施用則宜施入土中且與土壤混合，故利用果樹立體施肥機施用有機質肥料甚為適宜，因目前台灣肥料公司所生產的台肥一號有機質肥料(氮 1.5%，磷酐 4.0%，氧化鉀 3.0%，腐植酸 6.0% 以上，有機質 60% 以上)及台肥特一號有機複合肥料(氮 11.0%，磷酐 11.0%，氧化鉀 11.0%，有機質 30% 以上)為粉狀或顆粒狀肥料均可適用於立體施肥機的使用。

六、果樹立體施肥機的使用方法：

- (一)肥料型態：立體施肥機祇能適用於粒狀及粉狀肥料而不能用於液體肥料或堆肥且易潮濕的粒狀或粉狀肥料亦不適宜，因潮濕的肥料易將施肥溝堵塞，使肥料量減少甚至不落肥。
- (二)土壤條件：果園土壤含石礫多而大時，果樹立體施肥機的鑽孔器無法鑽挖，因此必須利用小型挖斗(直徑 20 公分)挖一條狹溝，再將肥料與土壤、石礫混合後放回原溝。如土壤中所含為小礫石則可適用。
- (三)施用種類及施用量：可依據果園土壤肥力及植物體營養分析結果而選擇肥料的種類及肥料施用量。
- (四)施肥位置：根系是礦物質的主要吸收器官，但真正吸收離子最活躍的區域是在根尖後面的根毛區⁽³⁾，果樹的根群在水平方位上比樹冠的外周稍為外方的地方為最多，特別與營養吸收有關的深之細、中根，在樹冠周邊比樹幹附近的分布密度為高⁽⁸⁾，故最佳的施用位置應為樹冠直下稍外側的地方。至於每一株果樹利用立體施肥機施肥的點數及深度，目前仍在試驗中尚未有結果，但以每株施肥 4-8 處，深度 60 公分為宜。
- (五)施肥時期：果樹施肥的時期，依落葉果樹與常綠果樹而異。落葉果樹在冬季呈休眠的狀態，到了春季，根則開始活動，此時肥料易生效，故一般在根開始活動一個月前施與基肥，使之進行分解，待新根伸出時呈即刻能吸收的狀態。常綠果樹，無冬眠之期，其根縱在冬季，亦能營若干的活動⁽⁹⁾，故常綠果樹的基肥一般於果實採收後施用。此為一般原則，宜參照果樹種類、果樹生育狀況、土壤及氣候等因子而作靈活調節。

參考文獻

- 1.陳振鐸 1991 基本土壤學 徐氏基金會出版 台灣 p.188.
- 2.熊自屏 1988 國外果樹生產與研究 五洲出版社發行 台灣 p.p.409-410.
- 3.劉熙 1985 果樹生理與栽培 五洲出版社發行 台灣 p.p.206-214.
- 4.劉熙 1985 柑桔栽培法 五洲出版社發行 台灣 p.p.189-190.
- 5.諶克終譯 1978 果樹之營養診斷與施肥 徐氏基金會出版 台灣 p.p.83-101.
- 6.諶克終譯 1978 果樹栽培重要作業之程序與方法 徐氏基金會出版 台灣 p.p.50-57.
- 7.諶克終 1989 最新果樹園藝學 正中書局印行 台灣 p.p.488-492.
- 8.小林章 苔名孝 1980 果樹生產手冊 養賢堂發行 日本 p.p.46-50.
- 9.千葉勉 1982 果樹園土壤管理和施肥技術 博友社發行 日本.p.85.