

土壤粉碎機之研究改良

Studies on the Improvement of Soil Crusher

高雄區農業改良場農經股代股長

王 明 茂

Ming-mao Wang

前高雄區農業改良場技士兼股長

李 再 順

Thai-sung Lee

一、前 言

水稻栽培過程中，插秧所佔之工作量相當大，以徒手插植不單費時費工亦備極辛勞，際此農村勞力極度缺乏之時，實不易僱用熟練的插秧工人，工資也被迫逐日上漲，不僅誤農時且增加稻作的生產成本。政府當局有鑑及此，自民國五十五年起引進各種插秧機在全省各試驗場所加以試驗研究，並於五十八年度起在全省主要稻作生產區設置示範田，結果證實機械可以代替人工插秧，又能節省勞工提高產量，因而普受農友歡迎。

到目前為止本省所引進的各型插秧機械，不論採用帶苗式或撒播式都需將細碎的土壤盛裝於木箱內，然後才可播稻種，其細度必須能通過每吋六目篩子，即土壤粒徑為 4-5mm，如以每箱 58cm×28cm×8cm 需土量 5 公斤計算每公頃用土量將近 1 公噸，這種土壤粉碎工作，目前本省農民皆以人力利用簡單工具或木棍擊碎，費力而工作效率低，今後若插秧機能急速推廣，如沒有高效率之土壤細碎機械來配合利用，無疑地將成為插秧機推廣之瓶頸。本項研究承國科會補助經費，期研製一種土壤粉碎機，以配合促進水稻插秧機械化推行。

二、試驗材料及方法

1. 試驗材料：鐵材、引擎、搗碎機、秤、皮帶、土壤、測速器及土壤含水率測定用具等。

2. 動力來源：四～五 HP 小型汽油引擎。

3. 試驗方法：

A 試製作業機：先行參照各種類型粉碎機性能，經分析結果以齒杆式構造簡單而粉碎效率亦高，較合乎經濟原則且適宜本省農業環境使用，準此而設計本土壤粉碎機乙架，經試用結果，倘不適用於土壤粉碎時，將重行設計，逐步改良，至實地試用達於實用為準則。

B 作業機性能測定：

(1) 供試土壤質地為坵質壤土。

(2) 處理代號：

R₁：作業機碎土筒每分鐘轉速為 1,000 回轉

R₂：作業機碎土筒每分鐘轉速為 1,500 回轉

A₁：供試土含水量為 35.05 %

A₂：供試土含水量為 33.65 %

A₃：供試土含水量為 11.18 %

(3) 測定方法：在供試土含水量之三種變級下，配合碎土筒轉速快慢加以測定，取定量土壤供作業機粉碎並調查各種處理所完成之作業時間與通過振動篩土重，俾供分析求證適用於作業機操作土壤含水率與探求供試土不同含水率下應使用作業機碎土筒之適當轉速，以利提高作業機工作效能。

C 作業機耐久性能測定：於六十二年第一期育苗期，將作業機帶往屏東縣潮州鎮與高雄縣鳳山市二處育苗中心供大量床土粉碎用，俾探測機件磨損與故障發生情形，以供作業機具改造之依據。

D 供試土壤含水率測定：

(1) 原理應用：採取定量之土壤樣品，加水至一定體積，然後根據真比重值，而求出土壤含水量。

(2) 公式應用：

$$M\% = \left[\frac{A(G-I)}{G(W-V)} - I \right] \times 100$$

M = 土壤水分百分率

A = 土壤樣品重

G = 土壤真比重

V = 空瓶重

W = 空瓶重 + 土壤樣品重 + 瓶中加水至標線重

* 本研究承國家長期科學發展委員會補助得以完成，併此誌謝。

4.設計概要：本研製之土壤粉碎機係以小型汽油引擎（4-5 HP）利用B型三角皮帶將動力由引擎主軸傳動至碎土筒，碎土筒上共有碎土齒六排，長短各半相間成螺旋排列，另於碎土筒順時針方向前端，上下各置輔齒一排，和輔齒間留有間隙，當土壤倒進碎土室以碎土齒先線速 11.3m/sec 之運轉速度，打擊粉碎，並在碎土室下方裝置振動篩，篩選細土後匯集於集土板送出。

其詳細構造如圖：

A. 外型：機體高 97.5cm×長 67.5cm×寬 44.5cm 重量：98.5 公斤

B. 結構：

(1)碎土筒：直徑 16.5cm×筒長 48cm×筒壁 0.3cm

(2)碎土齒：共六排，長短各半，長齒之齒長為

5cm×寬 1.9cm×厚 0.3cm 短齒長度為長齒之半，每排共八齒，齒間距離為 5.4cm。

(3)輔齒：共 2 排，齒長 5cm×寬 1.9cm×厚 0.3cm 每排共 17 支齒間距離為 2.7cm。

(4)振動篩：長 67cm×寬 44.5cm，篩目為 1"=3. 4. 5. 目可任意更換。

(5)安全裝置：係以凹輪銜着凸輪安裝於碎土筒軸之一端，在凹輪上開V形皮帶槽，供承受動源，其外測以彈簧頂着並由螺絲旋緊固定之，若碎土齒擊上大塊石頭，其阻力大於彈簧之張力時，則將凹輪擠開，使碎土筒停止轉動，如此可免碎土齒被擊而損壞。

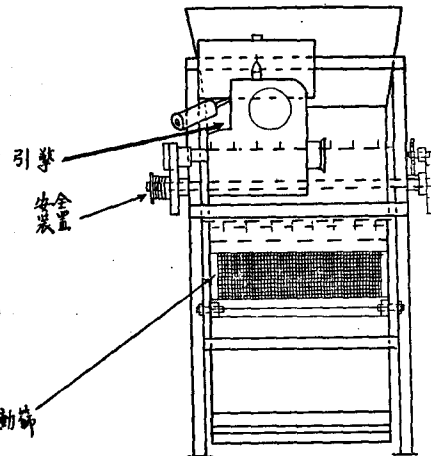
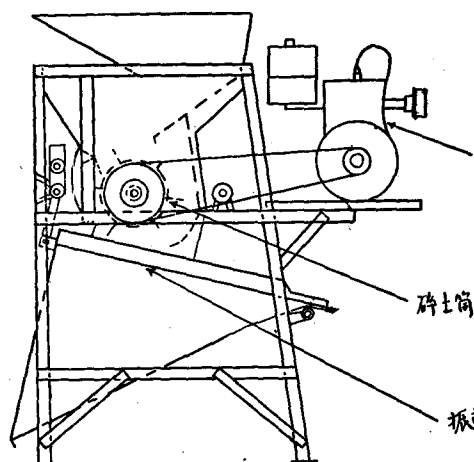
(6)集土板：位於振動篩下方，把振動篩分離細土，集於機體之一端。

碎土機構造圖

左側面圖

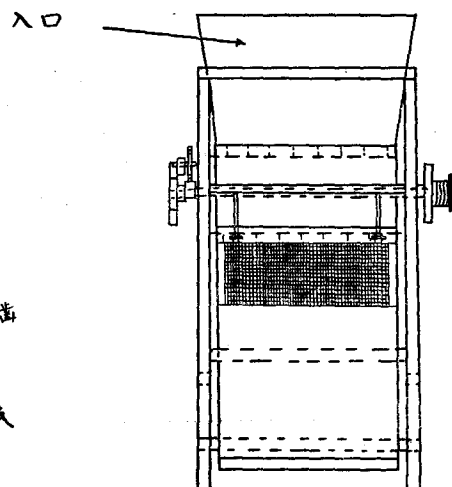
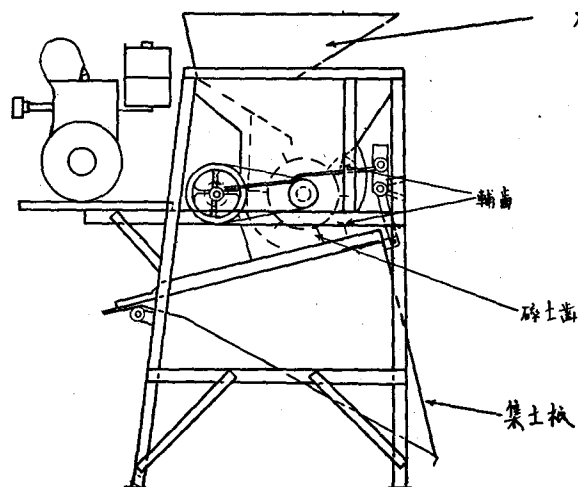
S=1:10

正面圖



右側面圖

背面圖



三、試驗結果與討論

1. 碎土機作業性能測定：

表一 碎土機作業性能測定調查

處理別	完成作業時間(秒)	通過振動篩土重(kg)	折算有效碎土		備註
			效率(%)	能量(kg/hr)	
I	127	39.61			1. 每重複各種處理供試土量均為 70kg 2. 安裝於振動篩上之篩目為 $1''=4$ 目 3. 表中完成作業時間(t)與通過振動篩土重(w)兩者相關係數值 $r=0.0884$ 實測七值為 0.3550 故未達顯著平準
A ₁ R ₁ II	132	45.90			
III	189	49.40			
平均	149.3	44.97	64.24	921.60	
I	104	56.75			
A ₁ R ₂ II	104	56.80			
III	88	56.00			
平均	98.7	56.52	80.74	2062.80	
I	181	52.65			
A ₂ R ₁ II	304	53.95			
III	234	51.30			
平均	206.3	52.63	75.19	918.00	
I	186	60.30			
A ₂ R ₂ II	184	60.75			
III	170	59.15			
平均	180	60.07	85.81	1198.80	
I	185	59.10			
A ₃ R ₁ II	211	58.75			
III	149	59.40			
平均	181.7	59.08	84.41	1170.00	
I	153	60.60			
A ₃ R ₂ II	156	61.30			
III	149	62.10			
平均	152.7	61.33	87.62	1448.00	

表二 各處理間通過振動篩土重之變方分析表

變因	自由度	平方和	均方	實測 F 值	F°	
					0.05	0.01
區集 (B)	2	7.82	3.91			
含水率 (A)	2	271.81	135.91	28.3737**	6.94	18.00
主區機差 (Ea)	4	19.19	4.79			
轉速 (R)	1	225.35	225.35	46.9479**	5.99	13.74
含水率×轉速 (A×R)	2	65.11	32.56	6.7833*	5.14	10.92
副區機差 (Eb)	6	28.81	4.80			
總計 (T)	17	618.09				

註(1)經分析結果含水率與轉速之兩種處理均對作業機碎土能量差異達極顯著平準，且含水率與轉速間交感亦達顯著平準。

(2)茲為求進一步比較不同處理各變級間之差異顯著性，特再以比較梯形表表示於後。

表三 含水率試因中各個變級總土量間之差異比較

含水率	總土量		
A ₃	361.25	A ₃	
A ₂	338.10	23.51 [*]	A ₂
A ₁	304.46	56.79 ^{**}	33.64 [*]

L.S.D. (P=5%)=21.0465

L.S.D. (P=10%)=34.9057

註(1)以含水率試因中各個變級經比較結果為 A₃ 與 A₂ 均較 A₁ 之碎土能量差異達極顯著，而 A₃ 與 A₂，A₂ 與 A₁ 之間差異僅達顯著平準。

(2)以土壤含水率對作業機碎土能量之影響言，A₃ 即較乾土，其效率為高。次為 A₂，而濕土 A₁ 則效率較差。

(3)在實際應用上為求碎土機碎土效率保持常態，供試土壤宜先經翻犁曝曬 2~3 天，使土壤表面呈灰白色，土壤含水量約 30 % 左右最適宜，唯勿必晒得太乾而徒費勞工。

表四 轉速試因中各個變級總土量間之差異比較

轉速	總土量	
R ₂	533.75	
R ₁	470.06	63.69 ^{**}

L.S.D. (P=5%)=22.7454

L.S.D. (P=10%)=34.4573

註(1)以轉速試因中各個變級之碎土能量間之比較 R₂ 比 R₁ 差異達極顯著平準。

(2)單以作業機轉速言，欲求碎土能量高，可將碎土筒轉速提高到每分鐘 1,500 回轉。

表五 轉速與含水率處理間交感作用之平均土量之比較

含水率	A ₁	A ₂	A ₃	轉速總計
轉速				
R ₁	- 2.235 ^{**}	N.S 0.179	+ 2.414 ^{**}	0.000
R ₂	+ 2.235 ^{**}	N.S 0.179	- 2.414 ^{**}	0.000
含水率總計	0.000	0.000	0.000	0.000

L.S.D. (P=5%)=1.3050

L.S.D. (P=1%)=1.9769

註(1)以 A₁ 與 R₁ 之間交感作用呈負相關，而 A₁ 與 R₂ 則呈正相關，且兩種差異均達極顯著平準。

(2)以 A₂ 與 R₁ R₂ 之間交感作用，彼此間差異均未達顯著平準。

(3)以 A₃ 與 R₁ 之間交感作用呈正相關，而 A₃ 與 R₂ 則呈負相關，且兩種差異均達極顯著平準。

(4)就土壤含水率與碎土筒轉速之各處理間交感作用，得知在 A₁ (濕土) 欲提高碎土能量唯一辦法即將碎土筒轉速提高，而在 A₂ (乾溫度中等時) 則對碎土筒轉速高低之選擇對碎土能量影響不大，而在 A₃ 時 (乾土) 因土壤含水率較低，土塊被碎土齒一擊即碎，用不着碎土筒轉速太高，否則也祇不過增加機件磨損而已。

2. 碎土機耐久性能測定：本研製之碎土機經 62 年第一期作秧苗培育期在屏東縣潮州鎮與高雄縣鳳山市二處育苗中心，供近 200 公噸土壤之粉碎，結果證實工作效率高，惟在作業機製造時對碎土筒壁與碎土齒厚度不宜太薄，且對振動節傳動尤需加強等，可供作業機改造之參考。

3. 作業機改造：依據試製一號作業機，經性能測定與在潮州、鳳山二處育苗中心使用時所發現缺點，逐步改良項目如下：

A. 降低機體高度：對作業機使用時，以手持鐵鏈取土送進碎土室，因高度在 97.5cm 時操作太費力，經將機體高度降為 80cm 這種毛病可消除。

B. 改變振動節傳動方式：起初振動節係賴偏心輪與搖柄所傳動，因易磨損與難以固定經改變以曲柄式傳動，則效果較佳。

C. 選擇碎土齒形狀與固定方法：碎土齒若以寬 1.9cm × 厚 0.3cm 之扁鐵鉚接於碎土筒上，因經鉚接處理後，則材質變為較脆弱，極易受擊而斷落，乃改變以直徑螺 3/8" 螺絲鎖緊於碎土筒上，如此萬一碎土齒被擊斷時更換也較方便。

D. 縮短集土板長度：因集土板附着於振動節下方，且長度平齊於振動節，致使傳動振動節之負荷每分鐘高達 30kg 以上，經把細土送出之集土板長度縮短為 10cm 長，使其作用仍在，而每分鐘停留其上之土量大減，則對振動節傳動裝置亦可減少故障發生。

E. 加強碎土齒防擊之安全裝置：僅在碎土筒軸加裝安全裝置則對碎土齒防擊作用安全性不高，因碎土筒轉速高約 1,500rpm 當碎土齒被擊石頭硬物時，

受衝擊力仍高，致被擊折斷可能性依然存在，經再把輔齒改為游動式，以彈簧固定之，則防擊效果必較高。

F. 碎土筒壁宜加厚：在第一號試驗機所採用碎土筒壁厚度僅為 1/8" 經供近 200 公噸土量粉碎使用後已有破損現象，經改裝筒壁厚度為 2/8" 則耐磨性也加大。

四、結 論

1. 本研製之碎土機經測定結果，平均每小時可粉碎細土量高達 1000 公斤以上，足供一公頃育苗床土之用。

2. 各處理間對有效碎土能量經變方分析結果，不同土壤含水率與作業機碎土筒轉速快慢調節，均可直接影響作業機碎土效率，且各處理間差異均達極顯著平準，同時彼此間交感作用差異亦達顯著平準，一般而言土壤含水率愈低，則土壤粉碎效率愈高，而碎土筒轉速較快時則碎土效率亦較高。

3. 供試三種不同土壤含水率依序為 A_1 : 35.05% A_2 : 33.65% A_3 : 11.18%，其中以 A_3 碎土效率最高，次為 A_2 ，兩者間差異已達顯著平準，而以 A_1 碎土效率最差。

4. 就作業機調整碎土筒轉速快慢與碎土效率之影響言， R_2 : 轉速為 1,500 回轉/分鐘較 R_1 : 轉速為 1,000 回轉/分鐘之碎土效率為佳，兩者間差異亦達極顯著平準。

5. 在 11.18~35.05% 之土壤含水量下，處理 70kg

土壤所需之時間並不受含水量影響，但對碎土筒轉速快慢則影響作業完成時間較大，因碎土筒轉速快時振動篩相對移動亦快，被粉碎後土粒過篩分離較為完善，致單位時間內土壤有效粉碎能量必多。

6. 以作業時間與通過振動篩土重，據分析結果，兩者間相關係數值為 0.084 足見碎土機使用並不因投進土量少，而可增進土壤粉碎效率，但每次所投進土量，也勿過多，使土壤被擊時因阻力太大而擠開制動輪，宜以鐵鏟取土適量送進碎土室為佳。

7. 本研製作業機經於屏東縣潮州鎮、高雄縣鳳山市二處育苗中心，在六十二年第一期作育苗期供大量土壤粉碎，證實其碎土效率甚高，值得推廣供農友使用。

五、參 考 文 獻

1. 日本農業機械化研究所事業報告 昭和四四年度
2. 日本農業機械化研究所事業報告 昭和四五年度
保星盛二 育苗用床土處理機の試作改良に關する研究
3. 王新傳 土壤質地之識別 臺灣省土壤肥力速測工作人員訓練講義 p 71-74
4. 王新傳 鉋式土壤機械分析法 臺灣省土壤肥力速測工作人員訓練講義 p 75-77
5. 土壤水分含量測定 第二屆臺大農機專修班訓練講義 p 145-148
6. 張魯智 試驗技術講義 p 169-192
7. 陳孝祖 農機具 (Farm Implement and Machinery) p 101-108

Summary

1. The crusher made in this study can crush the amount of fine soil more than 1,000kg per hour which meets the requirement for raising one hectare of seedlings.
2. Analysis of variance showed that both the soil moisture content and the revolving speed of the crusher will affect the crushing efficiency. There is a significant difference in the crushing efficiency among the tested soil moisture content or between different revolving speed of the crusher. Significant difference also found from the interaction between soil moisture content and revolving speed. Generally the lower the soil moisture content as well as the higher the revolving speed, the higher the crushing efficiency.
3. Treatment A_3 , where the soil moisture content is 11.08%, gave the highest crushing efficiency, A_2 where soil moisture content is 33.65% and A_1 soil moisture content is 35.05% have lower crushing efficiency compared to A_3 .
4. There is a significant difference in the crushing efficiency between the two revolving speeds of the crusher. Usually the crushing efficiency is higher at the

revolving speed 1,500 round/m. than 1,000 round/m.

5. The time required to crush 70kg of coarse soil was not affected by the tested soil moisture contents. However, it was affected by the revolving speed of the crusher. This is because the faster moving of the vibration sieve inside the machine in higher speed so that the crushed soil can drop easily.
6. Correlation coefficient between time requirement and the quantity of soil that drop from vibration sieve was 0.084. This indicated that the amount of soil supplying to the machine will not affect the crushing efficiency. However, the amount of supplied soil must not too large because this will push away brake wheel of the machine. It is better to supply soil with shovel at optimum quantity.
7. The crusher made in this study was tested at the two seedling raising centers; Chao-chou, Pingtung and Feng-shan, Kaohsiung in 1st crop season of 1973. The results were satisfactory and it is valuable to recommend to farmers for preparing soil for raising seedlings in the seedling box.

