

稻殼炭製造機之改良試驗

Improvement of Machines for Making Rice-husk Charcoal

臺大農工系客座副教授

臺大農工系講師

臺大農工系研究生

蘇昭山 (Dr. C. S. Su) 穆克剛 (K. K. Muh) 楊志成 (C. C. Yang)

一、前言

水稻為臺灣最重要之糧食作物，年產量約為二百五十萬公噸。碾成稻米後，所餘之稻殼若以20%計，每年可產生約五十萬公噸的稻殼。處理此龐大數量的稻殼對各地農會而言為一極大之累贅。前年（63年），臺中農業改良場開始仿照市面上所使用的木屑炭擠壓機試製稻殼炭⁽¹⁾。該試驗機的最大缺點在於(1)動力使用效率太低（原因在於對稻殼炭在擠壓過程中的物理性質了解不夠）(2)生產量太低(3)機件磨損過大。本實驗的目的即針對以上第二點，欲藉一連串的實驗以求出機器的轉速，機筒的加熱溫度以及螺桿的螺距在如何的配合之下方能得到最大的稻殼生產量。此外，筆者又對此試驗的各項成本作一分析以求出此機在製造稻殼炭上所獲得的經濟利益。

二、稻殼的成分及其物理性質

(一)成分

臺灣產的兩種稻殼（蓬來及再來）的成分大致相同。其主要成分為纖維素39%，半纖維素（複戊醣）19%，木質素27%及灰分13%等⁽²⁾。

(二)物理性質⁽³⁾

稻殼為金黃色或暗棕色。長度可由5毫米至1穗不等，視稻殼的品種而定。長度約為寬度的2至3.5倍。像其他的有機作物一樣，稻殼能吸收（或放出）水分，直到與周圍空氣的相對濕度達到平衡為止。Karon 和 Adam 氏曾經發現稻殼在 25°C 時的平衡含水率，其值如下：

表一 稻殼在 25°C 的平衡含水率 (%)

relative(%) humidity	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Hulls a	3.7	5.4	6.8	8.1	9.5	10.8	11.8	12.9	15.3
Hulls b	5.4	5.4	6.8	7.9	9.1	10.1	10.8	11.6	14.0

註：a:天然乾燥的 Rexoro 品種

b:人工乾燥的混合品種

稻殼的含水率通常低於稻殼。這些差異，無疑是由稻殼缺少含高含水率的澱粉及醣類以及含有大量的矽質所致。此種矽質不僅能影響稻殼的含水率且能增加稻殼的硬度。稻殼的燃燒值為 5,000至 6,000BTU/lb (3,300 Kcal/g 至 3,600 Kcal/g)⁽⁴⁾。這些價值幾為瀝清煤的一半。Fieger 氏⁽⁵⁾ 在氧氣彈 (Oxygen bomb) 中所決定的稻殼燃燒熱為 6274 BTU/lb。稻殼燃燒時的溫度可到達 800°C 至 1,000°C⁽⁶⁾。

三、基本實驗

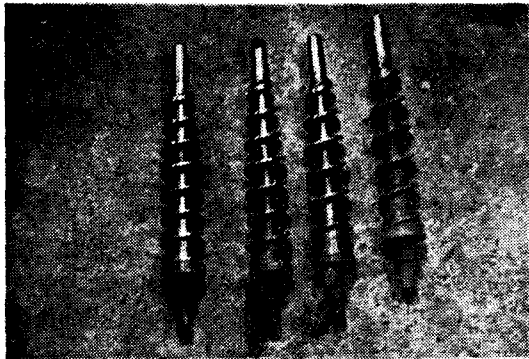
(一)概說

稻殼本身為一龐大鬆散之物。如加以高溫壓縮後，其體積變小，在輸送及貯藏上都有極大的方便。從經濟利益觀點看來，稻殼炭壓縮機單位時間內的產量（壓縮量）對此機的利用價值有絕對性的影響。單位時間內的產量高則機器的利用價值高，單位時間內的產量低則利用價值低。能影響稻殼炭單位時間內產量的因子甚鉅。吾人憑經驗選擇了其中最主要的三項：機器的轉速，機筒的加熱溫度以及螺桿的螺距，予以不同的組合而從事一連串的實驗，企圖從這些實驗中發現在何種的組合下能使稻殼炭的成型速度達到最大（成型速度能直接地影響到稻殼炭單位時間內的產量）。

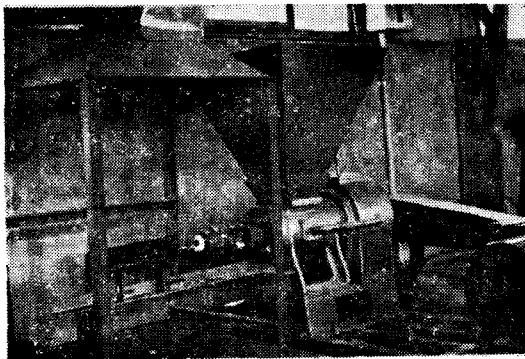
(二)實驗裝置

本實驗採用了 $1\frac{1}{4}$ "， $1\frac{3}{8}$ "， $1\frac{1}{2}$ "，及 $1\frac{5}{8}$ " 四種不同螺距的螺桿（圖一）。機器的外表形態則如圖二及圖三所示。此機主要可分為動力傳導部及稻殼成型部二部分。前者以10馬力的馬達帶動。然後經皮帶，減速箱將動力傳至螺桿上。後者包括漏斗、螺桿、機筒以及機筒外附屬的 2KW 的加熱器。此外，機體的內部並附有冷卻裝置。操作時須先加熱機筒，俟機筒達到某一溫度後，即將稻殼注入漏斗，同時發動馬達。此時藉螺桿的旋轉作用，稻殼即被旋入機筒而被壓縮成棒狀。其外表為黑色的硬殼，此層硬殼有保護作

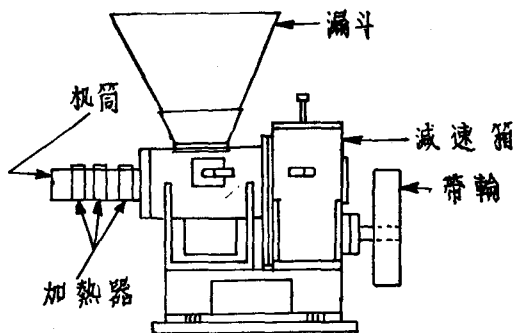
用〔能防止內部的稻殼發生崩潰現象〕。稻殼炭在機筒出口處達一定長度（約17英寸）後，即自行在機筒前方的擋板處折斷。



圖一 稻殼炭壓縮實驗中所使用四種不同螺距的螺桿



圖二 稻殼炭擠壓機的實驗裝置

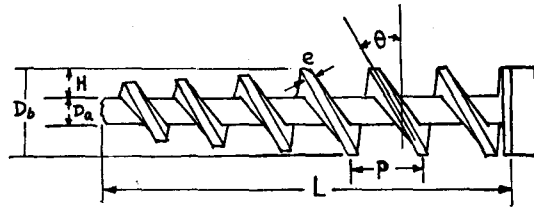


圖三 螺桿擠壓成型機的各部名稱

1. 螺桿構造

螺桿之構造如圖四。 L 為螺桿導程； P 為螺桿螺

距； θ 為螺旋角； D_b 為機筒內徑； D_a 為螺桿螺紋基部直徑； e 為螺紋厚度； H 為機筒內徑到螺紋基部的距離。



圖四 螺桿構造圖

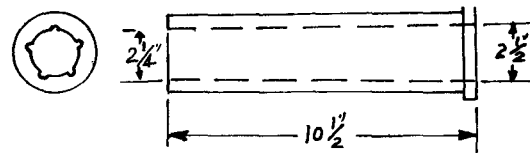
本實驗係用四種不同螺距的螺桿加以試驗，其規格如表二。

表二 稻殼炭壓縮實驗所使用的四種螺桿螺距的規格

螺距 (P) (吋)	螺旋角 (θ)	長度 (L) (吋)	外徑 (D_b) (吋)	內徑 (D_a) (吋)	厚度 (e) (吋)
$1\frac{1}{4}$	9.95°	13	$2\frac{11}{32}$	1	$\frac{1}{8}$
$1\frac{3}{8}$	10.93°	13	$2\frac{11}{32}$	1	$\frac{1}{8}$
$1\frac{1}{2}$	11.53°	13	$2\frac{11}{32}$	1	$\frac{1}{8}$
$1\frac{5}{8}$	13.24°	13	$2\frac{11}{32}$	1	$\frac{1}{8}$

2. 機筒的構造

機筒的構造如圖五。進口處的內徑為 $2\frac{1}{2}$ "，出口處的內徑為 $2\frac{1}{4}$ "。總長有 $10\frac{1}{2}$ "。內部開有五條排列成星狀的平行溝槽，其作用為防止稻殼在機筒內部的旋轉以增加稻殼與機筒內壁間的摩擦力。



圖五 機筒前視與側視圖

(三) 實驗步驟

本實驗採用不同尺寸的螺桿螺距，分別配以不同的轉速，然後在不同的機筒加熱溫度下測定稻殼炭的成型速度。表三所列是螺距、轉速、加熱溫度三種參數配合的情形。

表三 稻殼炭壓縮試驗中，螺距轉速，加熱溫度組合的狀況

溫度代號	轉速 (rpm)	螺距 (吋)	溫度代號	轉速 (rpm)	螺距 (吋)	溫度代號	轉速 (rpm)	螺距 (吋)	溫度代號	轉速 (rpm)	螺距 (吋)
A ₁	235	1 ¹ / ₄	B ₁	250	1 ¹ / ₄	C ₁	270	1 ¹ / ₄	D	300	1 ¹ / ₄
A ₂	235	1 ³ / ₈	B ₂	250	1 ³ / ₈	C ₂	270	1 ³ / ₈			
A ₃	235	1 ¹ / ₂	B ₃	250	1 ¹ / ₂	C ₃	270	1 ¹ / ₂			
A ₄	235	1 ⁵ / ₈	B ₄	250	1 ⁵ / ₈	C ₄	270	1 ⁵ / ₈			

表四：所列為表三溫度代號所代表之溫度。

表四 表三溫度代號所代表之溫度 (°C)

A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	D
320	330	325	370	320	330	350	320	320	320	315	350	380
290	310	300	360	300	300	340	315	305	310	290	330	360
280	300	290	310	290	290	330	305	285	300	285	285	340
250	290	270	220	280	280	320	295	260	290	280	280	320
230	285	250	190	270	265	310	290	240	270	265	260	
215	270			260		300	280	230	260	260	250	
190				245		285	270	220		240		
						270	260	210				
							250	200				

四實驗結果

錄於表五至表八。

本實驗是先將機筒加熱到適當溫度 (350~380°C) 。然後開動機器進行擠壓試驗，所得之結果分別記

表五 a 螺距為 1¹/₄ 英吋轉速 235rpm

溫度 (A ₁)	成型速度 m/min	產量 kg/hr
320°C	16.37	65.31
290	16.24	64.80
280	15.81	63.08
250	15.60	62.25
230	15.28	60.97
215	16.72	66.71
190	18.09	72.18

表五 b 螺距為 1³/₈ 英吋轉速 235rpm

溫度 (A ₂)	成型速度 in/min	產量 kg/hr
330°C	19.41	77.45
310	18.38	73.34
300	18.00	71.82
290	17.65	70.43
285	17.42	69.51
270	17.02	67.91

表五 c 螺距為 1¹/₄ 英吋轉速 235 rpm

溫度 (A ₃)	成型速度 in/min	產量 kg/hr
325°C	20.20	80.60
300	19.82	79.08
290	19.55	78.00
270	18.52	73.90
250	17.90	71.42

表五 d 螺距為 1⁵/₈ 英吋轉速 235rpm

溫度 (A ₄)	成型速度 in/min	產量 kg/hr
370°C	21.83	87.10
360	21.54	85.95
310	21.00	83.79
220	20.08	80.12
190	22.0	87.78

擠壓成型後的稻殼棒每一英吋長平均重量為 66.50 g/in

表六 a 螺距為 1¹/₄ 英吋轉速 250rpm

溫度 (B ₁)	成型速度 in/min	產量 kg/hr
320°C	21.94	87.54
300	20.64	82.36
290	19.07	76.09
280	19.18	76.53
270	20.59	82.16
260	21.05	83.99
245	22.24	88.74

表六 b 螺距為 1⁵/₈ 英吋轉速 250rpm

溫度 (B ₂)	成型速度 in/min	產量 kg/hr
330°C	23.63	94.29
300	20.49	81.76
290	19.99	79.76
280	20.95	83.63
265	24.00	95.76

表六 c 螺距為 1¹/₂ 英吋轉速 250rpm

溫度 (B ₃)	成型速度 in/min	產量 kg/hr
350°C	26.80	106.94
340	24.57	98.04
330	24.50	97.76
320	21.25	84.79
310	20.42	81.48
300	20.31	81.04
285	負載過大	
270	負載過大	

表六 d 螺距為 1⁵/₈ 英吋轉速 250rpm

溫度 (B ₄)	成型速度 in/min	產量 kg/hr
320°C	25.50	101.75
315	24.28	96.88
305	24.28	96.88
295	23.72	94.65
290	負載過大	
280	負載過大	
270	22.58	90.10
260	23.18	92.49
250	26.15	104.34

表七 a 螺距為 1¹/₄ 英吋轉速 270rpm

溫度 (C ₁)	成型速度 in/min	產量 kg/hr
320°C	21.40	83.39
305	19.16	76.45
285	18.05	72.02
260	18.35	73.22
240	19.99	79.76
230	20.60	82.20
220	22.00	87.78
210	22.66	90.42
200	24.50	97.76

表七 b 螺距為 1³/₈ 英吋轉速 270 rpm

溫度 (C ₂)	成型速度 in/min	產量 kg/hr
320°C	21.60	86.19
310	20.50	81.80
300	19.99	79.76
290	19.43	77.53
270	20.40	81.40
260	22.17	88.46

表七 c 螺距為 1¹/₂ 英吋轉速 270rpm

溫度 (C ₃)	成型速度 in/min	產量 kg/hr
315	22.62	90.26
290	22.17	88.46
285	22.17	88.46
280	19.80	79.00
260	20.82	83.07
260	21.70	86.59
240	22.17	88.46
220	22.66	90.42

表七 d 螺距為 1⁵/₈ 英吋轉速 270 rpm

溫度 (C ₄)	成型速度 in/min	產量 kg/hr
350°C	26.15	104.34
330	24.57	94.04
285	23.72	94.65
280	22.66	90.42
260	22.51	89.82
250	22.66	90.40

表八 螺距為 1¹/₄ 英吋轉速 300 rpm

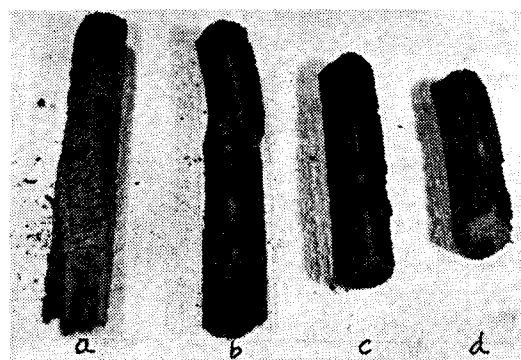
溫度 (D)	成型速度 in/min	產量 kg/hr
380°C	25.50	101.75
360	23.64	94.33
340	20.80	82.99
320	19.62	78.29
320 以下	超過負載	

擠壓後的稻殼炭平均每英吋重 66.50 克。表 6c 及 6d 係在高負載下運轉，轉速低於 250 rpm 而非表中所示 250 rpm。表中「負載過大」係指轉速幾趨於零。表 8 所指為在 300 rpm 轉速下，螺距為 1¹/₄ 及不同溫度下的成型速度。螺距為 1³/₈，1¹/₂ 及 1⁵/₈ 時，溫度在 340°C 以下即造成過負荷現象，實驗無法再進行下去。

(四) 討論

1. 溫度與成型速度間的關係

由實驗結果可明顯地看出，溫度在稻殼炭成型試驗中為一極重要因素。由於加熱溫度不同，擠出來的稻殼炭在組織與形狀上亦有所差異，見圖六。

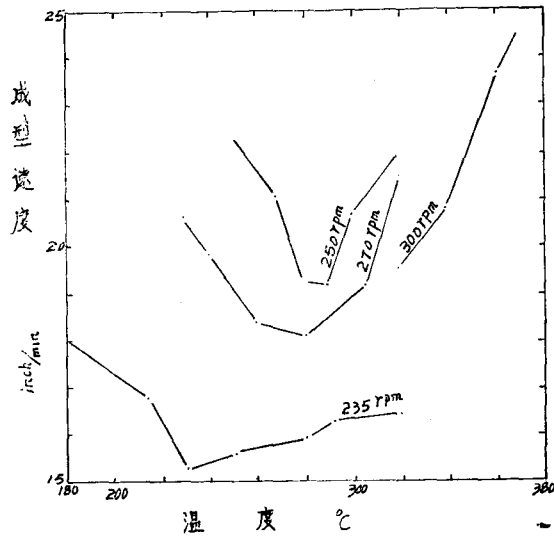


圖六 不同加熱溫度下所產生的稻殼炭

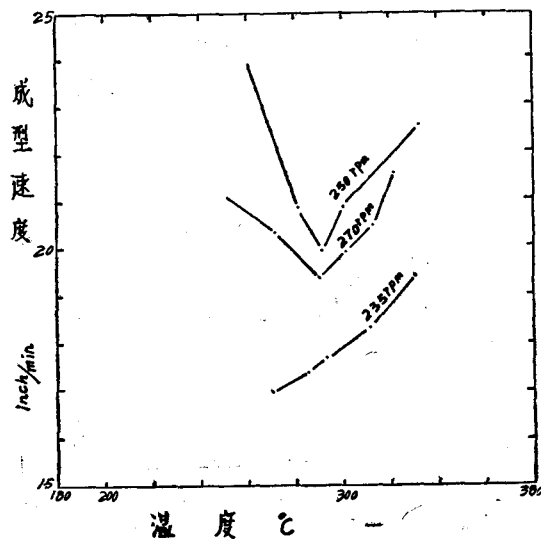
圖 6a 係在低溫下產生之稻殼炭。顏色較淡，組織鬆散，含水率高 (9% w.b.)⁽⁷⁾。圖 6d 係在較高

溫度下的生產物，色澤光滑，呈黑色，裂縫多，易折斷。圖 6b 及 6c 的加熱溫度介於前二者之間，形狀較完整，含水率在 6% (w.b.) 左右。

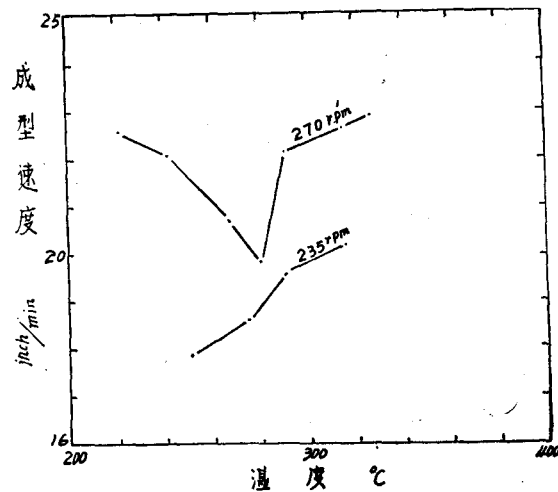
圖七至圖十可看出成型速度與加熱溫度間之關係。這些曲線大致皆呈上凹現象（僅少數例外）。在轉曲點 (deflection point) 的左方，成型速度隨溫度的增加而降低，在右方則反是。探討其原因如不：成型速度通常與摩擦力成反比。溫度高時稻殼軟化，摩擦力降低。（稻殼軟化雖可增加其與機筒的接觸面積，而造成摩擦力的增加，但其量比起前述的摩擦力



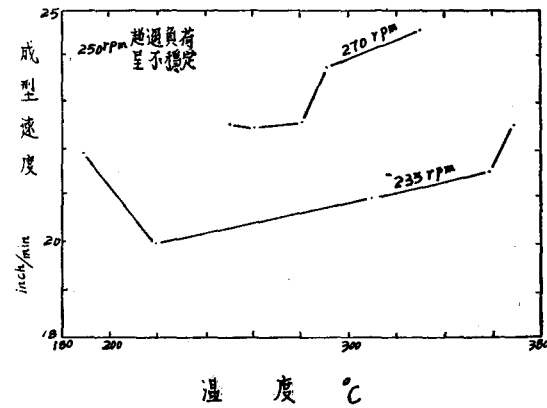
圖七 螺距固定 1 1/4 英吋，各種不同轉速下成型速度與溫度間的關係



圖八 螺距固定 1 3/8 英吋各種不同轉速下成型速度與溫度間的關係



圖九 螺距固定 1 1/2 英吋，各種不同轉速下成型速度與溫度間的關係



圖十 螺距固定 1 5/8 英吋，各種不同轉速下成型速度與溫度間的關係

要低，可不予考慮。) 低溫時所產生的成型速度與溫度成反比的情形可能與稻殼的含水率有關。至於其真正的原因尚有待研究。

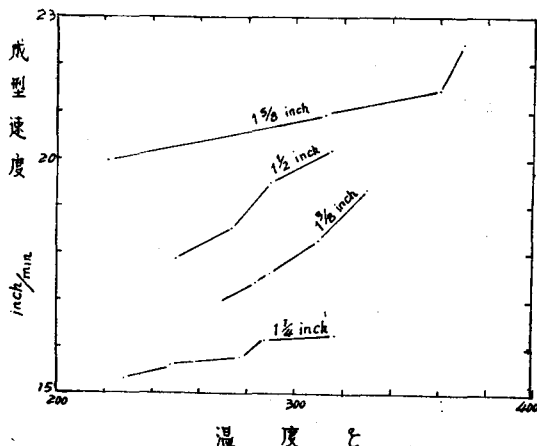
2. 轉速與成型速度的關係

Tadmor 和 Darnell 氏曾提出一擠壓產量理論公式⁽⁶⁾。式中顯示擠壓量與轉速成正比（在別的參數因子不變時），亦即轉速增高時成型速度成相對地增加。由圖七至圖十得知轉速由 235rpm 增至 250rpm 時，成型速度增加，但轉速由 250rpm 增至 270rpm 時，成型速度反而降低。實驗結果不能與理論相符合的理由據筆者推斷可能是：Tadmor 氏所提的公式係在假定物料能順利地進入機筒的情況下導出的。在低速時此種假定可以成立。但當機器高速運轉時，由於離心力作用，稻殼往往在機筒入口處（位

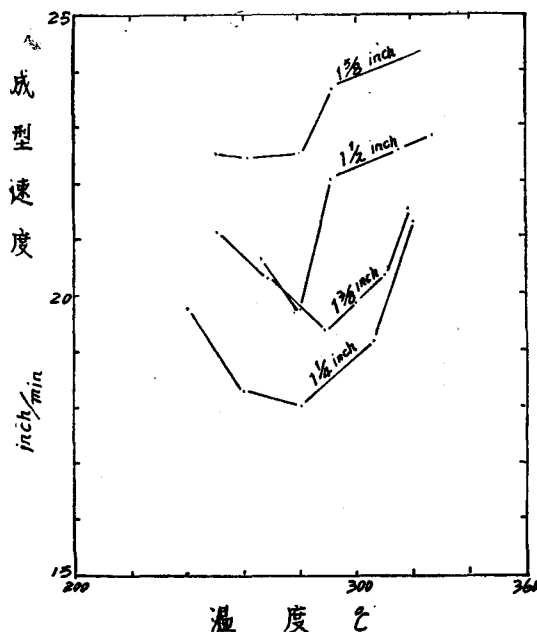
於漏斗的底部) 被拋出, 因而降低了稻殼的擠壓量。

3. 螺距與成型速度的關係

Tadmor 氏根據理論所導擠壓產量的公式中, 當轉速 (N), 機筒內徑 (D_o), 螺桿基部直徑 (D_s), 螺紋間寬度 (W), 螺紋厚度 (e) 為定值時, 擠壓產量與螺旋角成正比。由表二得知, 當螺距增加時, 螺桿的螺旋角亦隨之增加。圖十一及十二顯示: 轉速一定時, 成型速度與螺距 (亦即與螺旋角) 成正比, 此種情形恰與前述的理論一致。



圖十一 轉速固定在 235rpm 時, 各種不同螺距成型速度比較



圖十二 轉速固定在 270rpm 時, 各種不同螺距成型速度比較

四、成本分析

一般成本通常可分為固定成本和變動成本兩項。固定成本包括折舊利息、廠房設施、稅金、保險費和基本電費等項目。變動成本則包括燃料、電力、工資、維護費等項目。今以一架稻殼炭製造機為例, 分析其各項使用成本如下:

(一) 固定成本

1. 折舊 = 係採用直線法折舊。購進價格除機器本身的價格外尚包括電器儀表費以及裝置費用。機器使用的年限暫定為五年。則

$$\text{折舊} = \frac{\text{購進價格} - \text{剩餘價值}}{\text{使用年限}} = \frac{62,300 \text{元} - 62,300 \text{元} \times 10\%}{5 \text{年}} = 11,214 \text{元/年}$$

2. 利息 = $\frac{\text{購進價格} + \text{剩餘價值}}{2} \times \text{年利率}$

$$= \left(\frac{62,300 \text{元} + 62,300 \text{元} \times 10\%}{2} \right) \times 9\% / \text{年} = 3,083 \text{元/年}$$

3. 廠房設施 (可利用舊有倉庫), 稅金和保險費 (略)。

4. 基本電費: 依電力公司規定, 三相用電每馬力每月之基本電費為 70 元。稻殼炭製造機所使用之馬力為 10 馬力, 則每年所消耗之基本電費為:

$$\text{基本電費} = 70 \text{元/馬力一月} \times 10 \text{HP} \times 12 \text{月/年} = 8,400 \text{元/年}$$

固定成本 = 折舊 + 利息 + 基本電費

$$= 11,214 \text{元/年} + 3,083 \text{元/年} + 8,400 \text{元/年} = 22,697 \text{元/年}$$

(二) 變動成本 (假定本機器每年所使用之天數為 300 天)

1. 燃料: 本機器的運轉動力及機筒的加熱係採用電力裝置, 故此項可免計。

2. 電費: 包括機器運轉所耗電費 (I_F) 和加熱器所耗電費 (I_H) 兩部分。二項每年所耗的電費分別計算如下:

$$I_F = 10 \text{HP} \times 0.75 \text{kW/hp} \times 8 \text{hr/day} \times 300 \text{day/year} \times 0.81 \text{元/kW-hr} = 14,580 \text{元/年}$$

$$I_H = \sqrt{3} VI \cos \theta \quad (\text{功率因素})$$

× 使用時間 × 每度電費

$$= \left(\frac{\sqrt{3} \times 220 \times 5 \times 0.8}{1000} \right) \text{kW} \times 8 \text{hr/day}$$

$$\times 300 \text{day/年} \times 0.81 \text{元/kW-hr}$$

$$= 2,963 \text{元/年}$$

$$\begin{aligned} \text{電費} &= I_p + I_H = 14,580 \text{元/年} + 2,963 \text{元/年} \\ &= 17,543 \text{元/年} \end{aligned}$$

3. 工資：每工每日的工資如以 150 元計則，則每年工資為：

$$\begin{aligned} \text{工資} &= 150 \text{元/工} \times 1 \text{工/元} \times 300 \text{元/年} \\ &= 45,000 \text{元/年} \end{aligned}$$

4. 維護費：稻殼炭製造機在操作時，螺桿螺旋頂端之磨損甚嚴重。每支螺桿在使用約 100 小時後即須加以修補，然後才能再予使用。每支修補的費用約 300 元，則每年每支螺桿的修補費為：

$$\begin{aligned} \text{螺桿修補費} &= 300 \text{元/支} \\ &\times \frac{8 \text{hr/day} \times 300 \text{day/年}}{100 \text{hr/支}} = 7,200 \text{元/年} \end{aligned}$$

此外，齒輪箱的潤滑油每兩個月須更換一次，每次約須潤滑油 2 加侖，如使用 SAE 140 號潤滑油（市價每加侖約 250 元）則每年所耗的潤滑費用為：

$$\begin{aligned} \text{潤滑費} &= \frac{12}{2} \text{次/年} \times 2 \text{加侖/次} \times 250 \text{元/加侖} \\ &= 3,000 \text{元/年} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{維護費} &= \text{螺桿修補費} + \text{潤滑費} \\ &= 7,200 \text{元/年} + 3,000 \text{元/年} = 10,200 \text{元/年} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{變動成本} &= \text{電費} + \text{工資} + \text{維護費} \\ &= 17,543 \text{元/年} + 45,000 \text{元/年} \\ &\quad + 10,200 \text{元/年} \\ &= 72,743 \text{元/年} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{總成本} &= \text{固定成本} + \text{變動成本} \\ &= 22,697 \text{元/年} + 72,743 \text{元/年} \\ &= 95,440 \text{元/年} \end{aligned}$$

根據本實驗所得之結果，機筒加熱溫度，螺桿螺距，機器轉速三者適當的配合下，每臺稻殼炭製造機每小時可生產 105 公斤的稻殼炭（約合 175 臺斤）。每臺機器每日如操作 8 小時，則每臺機器稻殼炭的年產量為：

$$\begin{aligned} \text{年產量} &= 105 \text{公斤/hr} \times 8 \text{hr/day} \times 300 \text{day/年} \\ &= 252,000 \text{公斤/年} \end{aligned}$$

目前木屑炭（即俗稱原子炭）每臺斤的市價約 1.1 元（約合每公斤 1.83 元）。稻殼炭的燃燒性能略遜於木屑炭，不易完全燃燒而化為炭燼，在同樣燃燒條件下，稻殼炭的燃燒熱值僅為木屑炭的 60%⁽⁹⁾。據此缺點，吾人可降低其售價。今稻殼炭每公斤若以木屑每臺斤價格的 40% 出售，則每臺稻殼炭製造機每年的收入為：

$$\begin{aligned} \text{收入} &= 252,000 \text{公斤/年} \times 0.75 \text{元/臺斤} \\ &= 189,000 \text{元} \end{aligned}$$

將此值扣除以上的總成本，則每臺機器每年的收益為：

$$\text{每年收益} = 189,000 \text{元} - 95,440 \text{元} = 93,560 \text{元}$$

以上之分析僅供參考，尚有許多因素須再詳加考慮。

五、結 論

(一) 螺桿轉速在 300rpm 時，負荷增高，溫度低於 320°C 時機器即無法運轉。在此情況下，欲運轉機器須加熱至 320°C 以上。

(二) 螺桿轉速在 235 至 250rpm 之間時，稻殼炭的成型速度與轉速成正比，轉速在 250 至 300rpm 之間時此二者則成反比。

(三) 觀察表 5a 至表 8 的實驗數據，可知欲得到最大的擠壓產量、轉速、螺距、加熱溫度三者須作下列的配合：

轉速(rpm)	螺距(吋)	溫度(°C)	產量(kg/hr)
250	1 $\frac{1}{2}$	350	106.94
250	1 $\frac{5}{8}$	250	104.34
270	1 $\frac{5}{8}$	250	104.34

(四) 為防止稻殼炭在擠壓之後有鬆散現象（此現象將造成搬運之不易），機筒的加熱溫度不宜太低。

(五) 此機的缺點是：所生產的稻殼炭不易完全燃燒（此與稻殼所含的矽成分有關）。欲改進此缺點可能須設計專用以燃燒稻殼炭的燃燒爐以配合稻殼炭的燃燒。

Summary

Taiwan is abundant in rice, "How to deal with the great bulk of rice hull" has constituted a serious problem in recent years. By compressing the rice hull into rice-husk charcoal, the product can be used as fuel in the place where the fuel is short during the crisis of energy. In this report, some experiments have been carried out

ta make an analysis on the performance of the machine for making rice-husk charcoal. Three important factors including the angular speed of screw, the pitch of screw and the temperature of barrel are adapted as a basis of testing the performance of the machine according to the results of a series of experiment, the following conclusions may be obtained:

(1) Under constant moisture content of rice hull, the higher the temperature was, the faster the rice husk charcoal may be produced.

(2) The forming speed of rice-husk charcoal increases as the angular speeds of screw are between 235 & 250 rpm. If the speed fall into the range of 250-300 rpm, the opposite situation will be caused.

(3) The optimum combination of the temperature of barrel the angular speed of screw and the pitch of screw is respectively; 250°C, 250 rpm and $1\frac{5}{8}$ ". Under the above combination, 104.34kg of rice husk charcoal may be produced per hour.

(4) In the testing of combustion, the rice-husk charcoal cant be burned perfectly.

六、參 文 考 獻

1. 梁榮良 稻殼炭製造機之研究試驗 中國農業工程學報 20(3) 1974.
2. Journal of the Chinese Agricultural Chemical Society, April, 1966, No. 1, 2, pp. 9-18.
3. Houston, D. F. Rice Chemistry and technology, American association of cereal chemists, INC. p313-315.
4. Grist, D.H. Rice (3rd ed.). Longman, Green & Co.:Loudon (1959).
5. Fieger, E. A. Making use of rice hulls, I-III. Rice J. 50(9) 22(1947).
6. Angladette, A. Le. riz Maisonneuve et Larose: Paris (1966).
7. 楊志成 稻殼之擠壓成型與物理性質分析 臺大農業工程研究所碩士論文 (1976)
8. Tadmor, Zehev; Klein, Imrich Engineerin8 Principles of Plasticating Extrusion.
9. Rodgers, Jefferson B. Thermal and Physical Properties of fuel Briquettes made from Agricultwral and Other Waste Products. Agr. Eng. 17: 199 (1936).

——上接第82頁——

八、誌 謝

本研究自試驗籌備開始迄至完稿，承蒙農復會溫工程師理仁，臺大農工系施教授嘉昌與甘副教授俊二及水利局輪灌小組魏組長亞藩之鼓勵與指導良多。又農復會蔡副工程師明華和水利局謝主任工程司瑞麟及王工程司啓明亦惠以懇切之指引，崎頂灌溉實驗全體同仁更是多方協助，錢國麒先生代為繪圖，陳金華小姐幫忙抄稿。筆者謹此向各位致衷心的感謝。

九、參 考 文 獻

- (1)自動液肥混入裝置及旋肥方法 水利局崎頂海岸砂丘地灌溉實驗站 62年12月

- (2)海岸砂丘地液肥試驗報告 崎頂海岸砂丘地灌溉實驗站 臺灣肥料公司 62年
- (3)配合噴灌系統噴旋肥料之裝置及旋肥方法研究 蔡明華 農工學報 20卷 第十期 23年12月
- (4)早作用水多目標利用與自動化 水之江政輝 臺灣省水利局 63年6月
- (5)管路灌溉方法及技術 農復會特刊十五號 10年10月
- (6)Applying Fertilizers and Chemicals Through Sprinkler System.—Rain Bird 1971
- (7)Application of Fertilizers Thronah Sprinkler System.—Rain Bird 1961
- (8)Multiple Purpose Spainkler Sastem.—Rain Bird 1969