

稻殼搬運機械之研究

Study on Rice Husk Transporting Machine

國立中興大學農機系副教授

陳 俊 明

Jiunn-Ming Chen

Abstract

Owing to low density and loose volume, rice husk will occupy considerable space when stacking up, all Farmers' Association and civil rice-husking mill feel great trouble about this problem. This study respectively tests on the transportation which serves by means of rice-husk compacted lump, telescoping roof type and cylinder model compacting. The result shows that the cylinder model compacting transportation is the most effective transportation manner. Under the power of 7.5 HP, the cylinder with capacity of 6m^3 can carry 1,240 kg rice husks. This manner is first fills the cylinder up with 590 kg rice husks with belt type conveyor, and then compress 650 kg rice husks into the cylinder by means of the upper screw conveyor on both ends of the cylinder, to double the transportation amount of rice husks which every transportation car can transport every time, and raise the transportation efficiency. And the rice husks in the cylinder will be unload by the bottom screw conveyor. This compacting transportation manner is the one that can effectively and economically transport rice husks, and can be offered as the reference in designing the transportation car in the future.

一、前 言

目前本省年產稻殼大約45萬公噸。因其體積鬆散，堆積佔地，各地農會及民間碾米廠，規模均小，幾乎無處可堆積稻殼；必須經常僱工裝袋，以卡車運往別處丟棄，僅少量被民間及飼料工廠取用。各地農會為處理稻殼，每年均需支付相當費用。因此，一致希望能儘快對稻殼的處理利用及搬運問題，尋求一個合理的解決方法，以節省費用，並防止污染發生。

目前稻殼之搬運方式，均以袋裝或散裝無壓密狀態，以人力或併裝車方式搬運之，由於稻殼鬆散體積大，滿車所能裝填之量有限，搬運上殊不經濟。因此，本研究即針對此一問題，研究如何對稻殼

予以加壓處理，使搬運車每一車次所能裝載之稻殼數量加倍，以提高搬運效率為本研究之主要目的。

本研究曾各別對稻殼壓塊搬運、套筒伸縮頂蓋式搬運及圓筒型搬運車壓密搬運等方式，進行對稻殼運搬試驗，惟因壓塊及套筒伸縮頂蓋式搬運，經試驗結果，效果不佳。因此，本研究僅對圓筒型搬運車壓密試驗結果提出報告。

二、試驗裝置、材料與方法

(一)自動油壓機械及稻殼壓密測試裝置：使用之油壓機械；床面 $900 \times 900\text{mm}$ ，行程 500mm ，馬達 7.5HP，最大能量 $0 \sim 300\text{kg/cm}^2$ ，東陽機器廠出品。稻殼壓密測試裝置，由壓密箱及壓板組成，壓密箱之內側尺寸長寬高各為 $50 \times 50 \times 25\text{ cm}$ 。

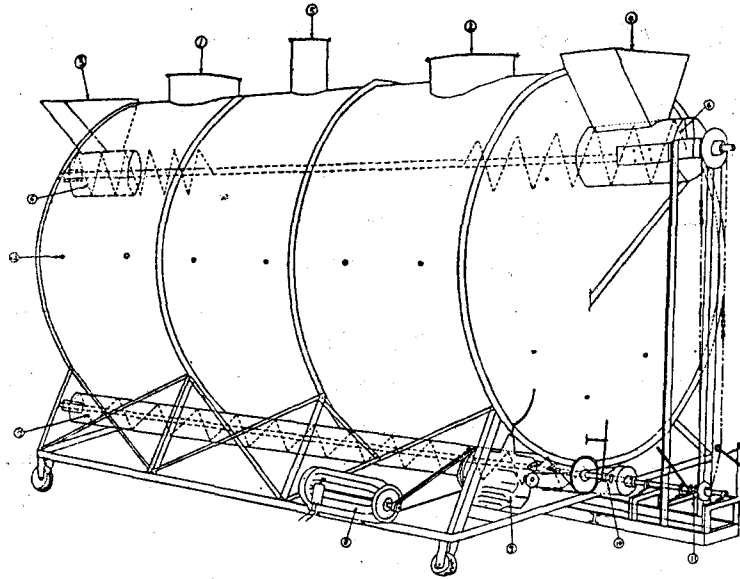


圖 1. 圓筒型稻殼搬運車。

(1)進料口1, (2)進料口2, (3)進料口3, (4)進料口4, (5)通氣口, (6)上螺旋桿輸送器, (7)下螺旋桿輸送器, (8)馬達, (9)變速裝置, (10)下螺旋桿爪接離合器, (11)上螺旋桿爪接離合器, (12)稻殼密度探測孔。

測試稻殼之壓密特性時，先將壓密箱填滿稻殼，再放上壓板；開動油壓機械後，再記錄變形與壓力間之關係。

(二)試製完成之圓筒型稻殼搬運車（如圖 1 所示）：

(1)車體尺寸：

- a 圓筒長度：3 m。
- b 圓筒直徑：1.6 m。
- c 空 重：350 kg。
- d 總 容 積：6.03 m³。

(2)螺旋桿輸送器（如圖 2 所示）：

a 上螺旋桿輸送器（如圖 2(a) 所示）：螺旋桿輸送器中心處之安裝位置距筒頂 38 cm 及 64 cm 兩種。

- (a)螺旋外徑：21 cm。
- (b)螺旋長度：筒內兩端各長 90 cm、43 cm 及 38 cm 三種。

- (c)軸 徑：6 cm。
- (d)節 距：24 cm。

b 下螺旋桿輸送器（如圖 2(b) 所示）：

- (a)螺旋外徑：21 cm。
- (b)螺旋長度：筒內長度 3 m。
- (c)軸 徑：6 cm。
- (d)節 距：24 cm。

(3)動力：7.5馬力三相交流馬達。

(4)變速裝置：變更上螺旋桿輸送器將稻殼輸入及下螺旋桿輸送器將稻殼排出之速度。



圖 2 螺旋桿輸送器：(a)上螺旋桿輸送器。
(b)下螺旋桿輸送器。

(5) 爪接離合器：控制上及下螺旋桿輸送器獨立作業。

(6) 進料口 1, 2, 3, 4。

(7) 通氣口。

(8) 稻殼壓密探測孔：探測孔分佈位置如圖 4 所示。

(三) 稻殼壓密計：利用土壤貫入器改製而成，桿長 160 cm，桿直徑 15.8 mm，桿尖端呈圓錐狀，圓錐角為 70 度，測力範圍 0~295 kg。

(四) 稻殼輸送機：動力為 2 馬力三相交流馬達，以平皮帶方式輸送，機長 6.6 m，輸送速度 0.88 m/s，輸送高度 1.5~2.5 m。

(五) 供試稻殼：本省稻米產量主要以蓬萊稻為主，因此本試驗所採用之稻殼亦以蓬萊稻為主。稻殼來源，由臺中縣大里鄉農會及附近之私人碾米廠提供。

(1) 稻殼之成分：稻殼之組成成分如表 1 所示⁽³⁾。

表 1 稻殼之化學成分 (%: 重量百分比)

Table 1. Chemical Composition of Rice Hull (% by weight)

		Houston 1972年
水	Water	2.40~11.35
粗蛋白質	Crude Protein	1.70~7.26
粗脂肪	Crude Fat	0.38~2.98
不包氮抽出物	Nitrogen Free Extract	24.70~38.79
粗纖維	Crude Fiber	31.71~49.92
灰分	Ash	13.16~29.04
纖維素	Cellulose	34.34~43.80
戊糖	Pentosans	16.94~21.95
其他	Other	21.40~46.97

		林寬明 (Lin, K. M. 1975)	
		蓬萊 Japonica species	在來 Indica species
灰分	Ash	13.59	11.69
醇苯抽出物	Alcohol-benzene extractives	1.81	2.14
熱水抽出物	Hot water extractives	5.37	5.13
1% NaOH 抽出物	1% NaOH extractives	32.28	30.57
木質素	Lignin	24.81	25.75
全纖維素	Holocellulose	53.94	54.32

Houston 氏 (1972) 及林氏 (1975) 均指出稻殼所含纖維比例較高，雖兩者之稻殼產地不同，但其主要成分則相近。

(2) 稻殼粗細度及容積重：蓬萊及在來稻殼之粗細度在氣乾狀態下 (含水率約 10-12%)，經電力振盪篩分析，其結果如表 2 所示。由表中資料得知，未經處理之稻殼，約有一半留存於 9 網目之篩子上 (篩孔 2.0 mm)，蓬萊與在來兩種稻殼之分析結果相類似。其各別之氣乾容積重蓬萊稻殼為 0.0789 g/cm³，在來稻殼為 0.1099 g/cm³。

表 2 稻殼粗細度之篩選分析 (%: 重量百分比)⁽⁴⁾

篩孔大小 mm (mesh)	蓬萊稻 (Japonica species)	在來稻 (Indica species)
> 2.00 (9)	50.22	50.63
1.00 (18)	41.68	42.94
0.50 (35)	4.93	4.87
0.25 (60)	1.06	0.97
0.105 (140)	0.56	0.21
< 0.105	1.55	0.38

(六) 試製完成之圓筒型稻殼搬運車壓密試驗法：

(1) 利用稻殼輸送機，將稻殼由進料口 1 及 2 裝入車內，至全部裝滿為止，並記錄所裝入之稻殼數量。之後再將稻殼自進料口 3 及 4 填入，並開動上螺旋桿輸送器，將稻殼強制輸入車內，直至 7.5 馬力馬達產生過負荷無法運轉為止，並記錄自上螺旋桿輸送器所輸入之稻殼數量。

(2) 上螺旋桿輸送器兩端伸入筒內之長度計有 90 cm、43 cm 及 38 cm 三種，各別試之，以比較其壓密結果。

(3) 壓密試驗完畢後，利用稻殼壓密計，自稻殼壓密探測孔中壓入，每 20 cm 貫穿深度並記錄一次對應之貫穿力，以瞭解筒內各部位之壓密度及壓密均勻度。其測試情形如圖 3 所示。

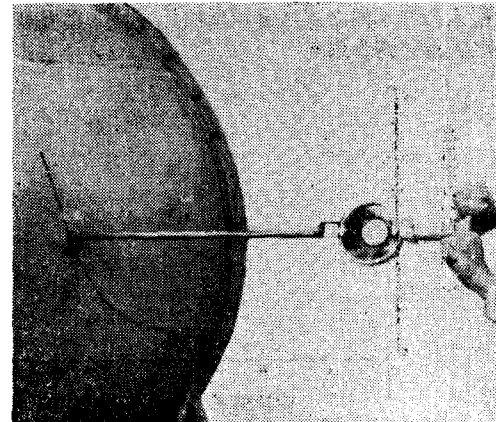


圖 3. 稻殼壓密度測試

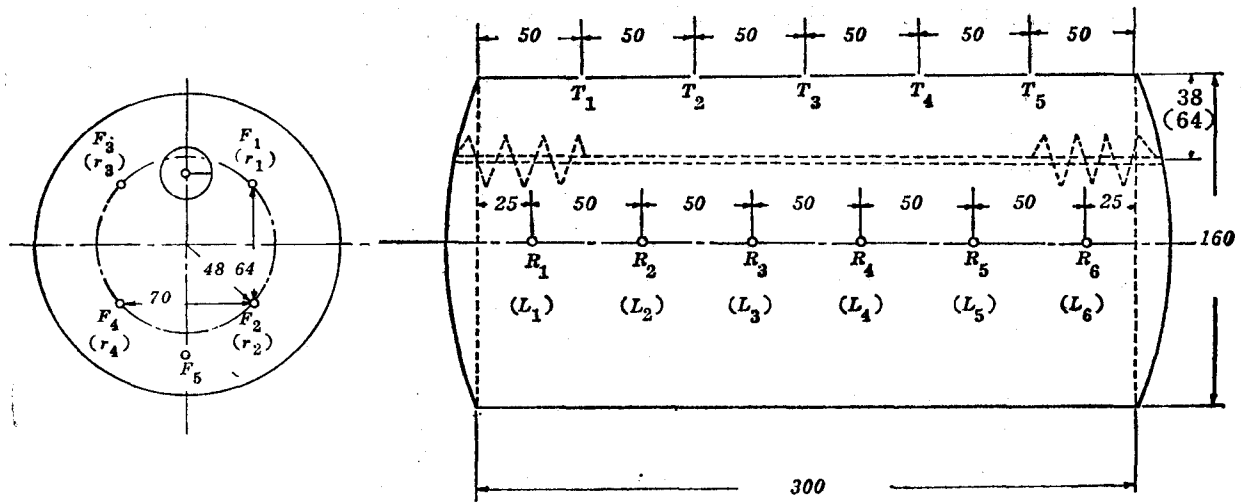


圖 4 稻殼密度探測孔分佈位置 (單位: cm)

(4) 稻殼壓密探測孔分佈位置如圖 4 所示。R₁ 至 R₆ 為筒右側之六個探測孔，L₁ 至 L₆ 為筒左側之六個探測孔，探測時之貫穿深度為水平方向 0~80 cm。F₁ 至 F₅ 為筒前端之五個探測孔，r₁ 至 r₄ 為筒後端之四個探測孔，貫穿深度為水平方向 0~160 cm。T₁ 至 T₅ 為筒頂端之五個探測孔，貫穿深度為垂直方向 0~140 cm。

三、試驗結果與討論

(一) 稻殼之壓密特性：

利用自動油壓機械及稻殼壓密測試裝置，對稻殼進行壓縮試驗結果，求得稻殼壓縮變形與壓縮壓力兩者間之關係如圖 5 所示。由圖中可知曲線之反曲點位置在壓縮比 R 等於 3，此即表示稻殼在無壓密狀態下裝滿定容積之容箱後，稻殼僅能再行擠壓入兩倍之量，若擠壓量超過兩倍，將使所需之壓縮力突增。因此，在設計稻殼壓密搬運車時，稻殼擠壓入搬運車內之密度應以壓縮比等於 3 為極限設計之較為經濟合適。

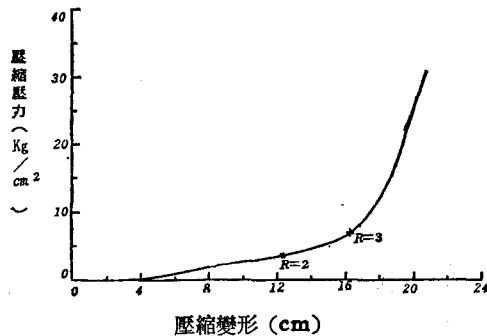


圖 5：稻殼壓縮壓力與變形之關係曲線圖

(二) 試製完成之圓筒型稻殼搬運車之壓密試驗結果：

1. 筒內之上螺旋桿輸送器兩端各長 90 cm 時：於無壓縮狀態下裝滿稻殼 590 kg，再利用兩端之上螺旋桿輸送器輸入稻殼 235 kg。壓縮裝入倍數為 0.4 倍。壓縮後，測得筒內各部位之壓密度如表 3 所示。

根據表 3 資料分析結果，得知在上螺旋桿輸送器兩前端之區域，即 T₂ R₃ L₃ T₃ R₄ L₄ T₄ R₅ L₅ T₂ 所包圍之區域，稻殼之密度最大。而 R₅，L₅ 處密度較大於 R₂，L₂ 處，乃係因試驗時，自進料口 3 所進之料較進料口 4 多之故，而在筒之兩端密度偏低，乃因兩端之上螺旋桿輸送器太長，稻殼均往中央輸送之結果，造成中央部位偏上方處，尤其 T₂ 及 T₄ 處密度最大，形成甚大之局部阻力，馬達過負荷而停止運轉。

2. 筒內之上螺旋桿輸送器兩端各長 43 cm 時：根據上述之試驗結果，知上螺旋桿輸送器 90 cm 時太長，將其部份切除，保留 43 cm 長度再試之，其結果如下：於無壓縮狀態下裝滿稻殼 590 kg，再利用兩端之上螺旋桿輸送器輸入稻殼 482 kg，壓縮裝入倍數為 0.82 倍，比原先效果增加一倍。壓縮後，測得筒內各部位之壓密度如表 4 所示。

根據表 4 資料分析結果，得知與原先試驗結果正好相反，筒中間部位之密度反而最低，而筒兩端之密度較高，尤其兩端偏上方處，亦即 T₁ 及 T₅ 處密度最大。由此試驗結果得知，上螺旋桿輸送器所裝設之位置偏高，擬予降低位置後再試。

3. 降低上螺旋桿輸送器之安裝位置，由原先距

表 3：圓筒型稻穀搬運車，上螺旋桿輸送器兩端各長 90 cm 時之壓密測試結果

貫穿力 (kg)	測試點	貫穿深度(cm)																									
		L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
0 ~ 20		0.4	8.5	7.2	12.6	4.7	0.6	6.2	8.8	12.0	15.9	11.3	3.8	2.5	6.5	1.4	1.4	7.1	1.1	2.5	1.3	0.9	0	4.0	10.6	122.2	0
20 ~ 40		1.1	9.7	18.6	59.3	11.3	7.8	2.7	18.1	15.8	54.3	15.8	2.0	0.3	6.8	1.4	1.8	13.0	1.3	2.5	1.3	1.8	0	92.3	46.0	*	7.2
40 ~ 60		1.6	15.7	19.6	63.3	15.2	6.9	3.1	11.7	24.0	61.0	27.5	4.0	0	8.2	3.2	4.0	14.5	15.0	7.8	6.9	3.5	1.0	98.3	38.2	*	13.5
60 ~ 80		5.2	26.1	34.6	62.1	35.7	13.0	3.7	26.6	32.8	60.1	49.8	9.3	0.6	10.6	3.8	7.5	13.4	12.0	15.5	12.6	8.8	4.2	77.5	36.0	*	12.7
80 ~ 100														21.2	13.4	6.6	12.0	15.9	64.2	20.2	28.4	16.4	9.5	69.0	59.4	*	14.7
100 ~ 120														30.9	17.6	59.7	25.0	14.8	67.9	26.1	56.6	19.3	13.5	58.4	68.6	*	15.9
120 ~ 140														50.2	28.2	60.2	23.8	19.8	81.4	31.0	61.4	24.3	8.3	67.4	51.2	*	16.7
140 ~ 160														62.1	45.0	52.5	24.4	14.8	104.7	36.3	62.6	30.1					

附註：*稻穀壓密計無法壓入。

表 4：圓筒型稻殼搬運車，上螺旋桿輸送器兩端各長 48 cm 時之壓密測試結果

測試點 貫穿力 (kg) 貫穿深 度(cm)	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
	0 ~ 20	6.6	23.6	7.48	5.4	7.9	20.9	27.9	12.1	19.4	5.0	5.0	10.0	82.4	19.0	34.1	11.7	38.8	66.3	10.4	29.2	20.5	44.9	17.1	10.6	7.9
20 ~ 40	37.2	50.2	13.8	9.7	14.0	45.8	20.6	35.0	19.2	15.4	21.3	32.5	57.8	24.4	66.0	14.5	28.2	55.0	17.4	72.0	26.9	93.7	31.2	16.9	25.0	84.2
40 ~ 60	60.2	43.9	20.2	17.4	28.0	39.5	49.7	23.3	30.0	33.0	33.3	36.5	125.8 ⁺	29.9	123 ⁺	29.6	25.0	68.0	29.2	100.3	29.3	137.5	48.2	22.0	38.4	60.2
60 ~ 80	86.5	46.3	24.7	20.3	60.4	51.6	60.9	48.8	26.8	18.3	44.9	73.4	*	35.3	*	34.8	35.5	89.0	38.5	99.7	33.7	*	64.0	29.1	31.5	92.7
80 ~ 100													*	42.3	*	36.5	49.0	81.1	34.3	104.4	40.8	*	70.5	35.3	31.0	111.7
100 ~ 120													*	49.5	*	40.9	48.8	78.2	37.2	96.5	40.9	*	71.7	34.6	53.6	119.0
120 ~ 140													*	60.2	*	35.3	63.5	86.1	40.9	97.8	44.4	*	82.9	31.3	45.4	129.8
140 ~ 160													*	58.5	*	50.0	59.3	99.2	45.3	95.8	47.5	*				

附註：+ 稻殼壓密計僅壓至此值，即無法再壓入。

* 稻殼壓密計無法壓入。

表5：圓筒型稻穀搬運車，上螺旋桿輸送器安裝位置距筒頂 64 cm 處，且筒內兩端螺旋各長 38 cm 時之壓密測試結果

貫穿力 (kg)	測試點																									
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
貫穿深度 (cm)																										
0 ~ 20	55.5	30.6	0.3	7.5	16.2	4.2	26.8	26.1	8.0	15.7	24.0	21.2	29.7	44.5	39.0	11.7	14.7	9.9	9.3	29.1	7.1	12.7	9.9	0	0.1	7.5
20 ~ 40	70.6	30.6	11.6	7.9	26.0	52.1	59.9	31.1	13.8	6.2	37.4	28.7	42.9	37.1	31.6	51.7	28.9	32.5	12.7	16.0	14.8	43.1	22.6	0.7	9.6	27.5
40 ~ 60	122.8	77.7	13.3	15.4	36.7	115.5	162.4	35.4	13.0	15.2	27.8	54.5	86.1	75.8	46.3	67.8	32.5	64.2	20.0	52.1	31.8	112.0	79.2	14.7	35.4	36.7
60 ~ 80	*	83.9	30.4	35.7	71.9	170.7	*	79.2	18.4	26.8	37.6	42.9	101.9	47.4	59.3	86.6	43.3	69.9	38.7	53.4	35.3	148.3	67.8	25.4	44.2	74.4
80 ~ 100													121.9	89.4	45.6	91.8	59.3	78.5	32.5	63.1	62.5	*	64.0	27.4	38.1	90.6
100 ~ 120													122.1	99.7	56.5	87.3	84.7	72.7	69.9	94.2	59.9	*	78.4	48.4	59.6	117.6
120 ~ 140													135.5	102.4	67.8	80.8	80.2	73.1	62.1	76.7	59.4	*	92.3	47.3	83.7	106.2
140 ~ 160													117.8	144.2	79.5	86.1	72.4	74.7	74.1	88.1	91.8	*	113.0	32.1	76.7	225.2

附註：* 稻穀壓密計無法壓入。

筒頂 38 cm 處降至距筒頂 64 cm 處，且將筒內之上螺旋桿輸送器兩端長度各減為 38 cm 時；於無壓縮狀態下裝滿稻殼 590 kg，再利用兩端之上螺旋桿輸送器輸入稻殼 650 kg，壓縮裝入倍數為 1.1 倍，比前二次效果好。壓縮後，測得筒內各部位之壓密度如表 5 所示。

根據表 5 資料分析結果，得知筒內稻殼密度在兩端處最高，而漸次向中間遞減。造成如此之原因係兩端之上螺旋桿輸送器長度短，無法將稻殼輸往中間之故；但若螺旋太長，則又會造成筒內兩端密度偏低後果。根據此項試驗結果，建議未來設計圓筒尺寸時，宜將圓筒長度減短，而將圓筒直徑加大，將可獲致較佳效果。

由本試驗結果，雖然目前壓縮裝入倍數僅增 1.1 倍，尚未達稻殼壓密特性基本測試時，所求得之最經濟倍數 2 倍，但若對搬運車繼續試驗改良並使用較大馬力之馬達，上述經濟目標將可達成。

四、摘 要

由於稻殼密度甚低，體積鬆散，堆積佔地，各地農會及民間碾米廠均對處理稻殼，感到困擾。本研究各別對稻殼壓塊搬運、套筒伸縮頂蓋式搬運及圓筒型搬運車壓密搬運進行試驗。結果以圓筒型搬運車壓密搬運方式效果最好，在 7.5 HP 動力下，6m³容積之圓筒可裝載 1,240 kg 之稻殼。其方法係先以皮帶式輸送機將圓筒搬運車裝滿稻殼 590 kg，

再藉搬運車筒內兩端之上螺旋桿輸送器將 650 kg 之稻殼壓入筒內，使搬運車每一車次所能裝載之稻殼量加倍，提高搬運效率。而搬運車筒內之稻殼則以下螺旋桿輸送器輸出之。此種壓密搬運方式不失為經濟有效地搬運稻殼之方法，可提供將來設計稻殼搬運車之參考。

五、誌 謝

本文承行政院農業發展委員會農業重點研究計畫經費支持；研究助理林進益協助製造、試驗及調查工作，特此致謝。

六、參考文獻

1. 陳載永，1979。稻殼粒片板製造之研究。科學發展月刊，7(1)，32~45。
2. 陳載永，1980。工業化生產稻殼粒片板之試驗，科學發展月刊8(5)，456~462。
3. 林寬明，1975。杉木鉋片與稻殼製作粒片板之研究，國立中興大學森林學研究所碩士論文，臺灣臺中。
4. Houston, D. F. 1972. Rice Chemistry and Technology. Western Marketing & Nutrition Research Division, Agricultural Research Service, U. S. Department of Agriculture, Berkeley, California.
5. Reiser, I. W. Bins and bunkers for handling bulk Materials. Trans Tech Publications, 1971.

歡 迎 會 員 先 生

多 多 賜 稿