

螺旋式落花生脫莢裝置性能之探討 與脫莢物性分析

The Study of the Performance on the Screw Type Peanut Thresher and the Analyses of the Physical Properties of Peg-pod System

臺灣省農業試驗所 農機系助理

陸 龍 虎

Lung-Hu Lu

臺灣省農業試驗所 農機系助理研究員

賴 建 洲

Chien-Chou Lai

臺灣省農業試驗所 農機系副研究員

陳 加 忠

Chia-Chung Chen

摘 要

在此研究中，以萬能試驗機測定花生果莢的耐壓裂能和子房柄之耐拉斷能，並研製螺旋式落花生脫莢機以探討脫莢作業之性能。實驗結果顯示，測定能量（子房柄拉斷能和果莢破裂能）均隨含水率之減少先增加而後減少。利用螺旋式脫莢機於收穫後立即脫莢作業，破莢率為6%以下，但未脫莢率極高，因此不適用收穫後立即脫莢作業。收穫後76小時時，脫莢效果十分良好，最佳脫莢速度為5.89 m/s。利用統計原理所推導之對數模式可說明破莢率，未脫莢率和脫莢筒轉速之關係。

ABSTRACT

In this study, the endurable breakage energy of pods and cutting energy of pegs for peanut are measured by a Universal Test Machinery. A screw type peanut thresher is manufactured to test the threshing performance. The experimental results indicates that the endurable breakage energy and cutting energy are varied with the moisture content of peanuts. As the peanut is threshed immediately after harvesting, the ratio of damaged pods is below 6%, however, the ratio of unthreshing pod is too high to be accepted. When the threshing operation are held after 76 hours since harvesting, the threshing performance can correspond to the requirements of farmers. The best threshing velocity of thresher is 5.89 m/s. The logarithmic model that developed from statistical theory can describe the relationship between the ratio of damaged and unthreshed pods with the threshing velocity.

一、前 言

落花生為本省主要雜糧及油用作物之一，栽培面積約五萬多公頃，收穫工作大部份仍依靠人力，費時費工。脫莢問題是機械收穫主要關鍵之一，尤其是脫莢損失（未脫及破裂損失）難為農民接受，更嚴重的是鮮株脫莢破裂易感染黃麴毒素，影響人體健康至巨，故花生脫莢問題有加以深入探討之必要。

日本田間所使用的打擊式落花生脫莢機性能已有詳細之研究（註1），此型脫莢機並不適用於收穫後之立即脫莢作業。在此研究中，利用萬能試驗機直接求知花生果莢之耐壓裂能及子房柄之耐拉斷能，依此探討分析能量與脫莢速度之關係和影響性能之主要因素。並試製螺旋式花生脫莢機，以探討此機型脫莢作業之可行性。

二、理論探討

脫莢現象極為複雜，有關之假設如下：

1. 花生果莢系統進入脫莢裝置後，由脫莢筒賦予動力。

2. 花生果莢系統在脫莢作用時，受力機會均等而且完全被賦予脫莢作用。

3. 果莢系統所受能量大於子房柄切斷能時，果莢與子房柄分離，能量大於果莢破裂能時造成果莢之損傷。

(一) 脫莢損傷率與脫莢筒線速度之關係

花生果莢之切斷能 (E_k) 之大小分佈為一常態分配現象（註2），故此能量可表示如下：

$$E_k(y) = \frac{1}{\sigma_1 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2\sigma_1^2} (Y_k - U_k)^2} \dots\dots\dots(1)$$

U 與 σ_1 分別為切斷能之平均值和變異數。

花生果莢之質量 (M) 之大小分佈亦為常態分配（註2），故質量 $M(X)$ 亦可表示：

$$M(X) = \frac{1}{\sigma_2 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2\sigma_2^2} (X_x - U_x)^2} \dots\dots\dots(2)$$

花生果莢於脫莢機構內所受之能量 E_t 值如下（註3）

$$E_t = \frac{1}{2} MV^2(1-e^2) \dots\dots\dots(3)$$

V 為脫莢裝置線速度， e 為果莢恢復係數 (Recovery coef.)。單粒花生果莢於脫莢裝置內受損之機率 (da) 可表示如下：

$$d_a = \left(\frac{E_t}{E_k} \right)^n \dots\dots\dots(4)$$

n 為常數

代入(1)，(2)，(3)式於(4)式

$$d_a = \left(\frac{\frac{1}{2} MV^2(1-e^2)}{E_k} \right)^n = a_1 V^{n_2} \left(\frac{M}{E_k} \right)^n \dots\dots\dots(5)$$

$$a_1 = \frac{1}{2} (1-e^2), a_2 = 2n$$

$$\therefore d_a = a_1 V^{n_2} \left[\frac{\frac{\sigma_1^1}{\sigma_2^2} e^{-\frac{1}{2\sigma_2^2} (X-U_x)^2}}{e^{-\frac{1}{2\sigma_1^2} (Y-U_y)^2}} \right]^n \dots\dots\dots(6)$$

$$= a_1 V^{n_2} \left(\frac{U_1}{U_2} \right)^n$$

所有花生經脫莢裝置作用後之損傷率為各單一花生之整和現象 (intergal phenomena)，且花生果莢質量與損傷所需能量並無相關性（註2），因此脫莢損傷率 (Da) 可由個體損傷率 (da) 加以積分求得。

$$Da = a_1 v^{n_2} \frac{\int (u_1)^n dx}{\int (u_2)^n dy} \dots\dots\dots(7)$$

(7)式中之積分結果為一常數，可併入 a_1 常數項，因此： $Da = A_1 V^{n_2}$(8)

此為脫莢損傷率與脫莢筒線速度之關係。

(二) 未脫莢損失率與脫莢線速度之關係

子房柄之承受能量 E_p 亦為一常態分配現象（註2），可表示如下：

$$E_p(y) = \frac{1}{\sigma_3 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2\sigma_3^2} (Y_p - U_p)^2} \dots\dots\dots(8)$$

單一果莢系統中，子房柄承受能量使果莢與子房柄分離之機率亦可表達如下：

$$t_a = \left[\frac{E_t}{E_p} \right]^n = \left[\frac{\frac{1}{2} MV^2(1-e^2)}{E_p} \right]^n \dots\dots\dots(9)$$

總脫莢率可由(9)式之積分，與 Da 之積分同一方式：

$$T_a = B_1 V^{n_2} \dots\dots\dots(10)$$

未脫莢率 (Ua) 可表達如下：

$$Ua = 100\% - B_1 V^{n_2} \dots\dots\dots(11)$$

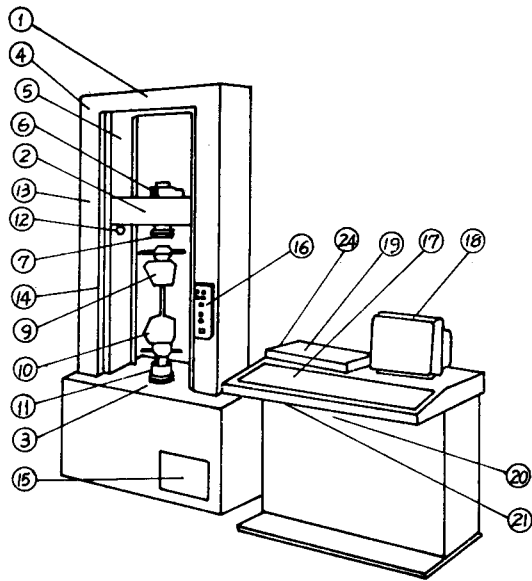
三、試驗裝置與方法

(一)供試品種：

臺南選9號，75年4月15日植，8月6日收穫。

(二)子房柄之耐拉斷能的測定：

利用萬能試驗機(如圖1所示)，測出不同日晒時間下落花生之子房柄所能承受之拉斷能(kgf-mm)，每一次試驗以50點為原則，並依試驗統計方法求其數據之平均值，子房柄之耐拉斷能的測定方法如圖2所示，將落花生根莖置於萬能試驗機之下夾頭，果莢置於工型夾具上，夾具再固定於上夾頭以進行測定。



試驗機本體

- | | |
|---------|------------|
| ① 軛 | ⑨ 上夾 |
| ② 十字頭 | ⑩ 下夾頭 |
| ③ 平臺 | ⑪ 下部接頭 |
| ④ 搬柱 | ⑫ 負荷方向變換螺帽 |
| ⑤ 螺旋桿 | ⑬ 十字頭導路(體) |
| ⑥ 負荷感應器 | ⑭ 極限開關 |
| ⑦ 萬向接頭 | ⑮ 驅動電源配電盤 |
| ⑧ 一 | ⑯ 十字頭控制單元 |

計測控制裝置

- | | |
|----------|------------|
| ⑰ 操作盤 | ⑳ 負荷擴大器 |
| ⑱ 尖端機顯示幕 | ㉑ 控制裝置電源開關 |
| ㉒ 記錄計 | ㉓ 記錄紙手動旋轉鈕 |

圖1. 萬能試驗機

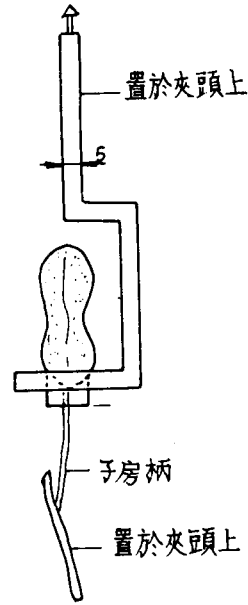


圖2. 子房柄耐拉斷能之測定方法

(三)花生果莢之耐壓裂能的測定：

利用萬能試驗機，直接測出不同日晒時間下花生果莢之耐壓裂能(kgf-mm)，每一次試驗以50點為原則，並依試驗統計方法求其數據之平均值，果莢之耐壓裂能的測定方法如圖3所示，將果莢置於上下兩圓鐵棒(17mm)之間，兩圓鐵棒分別固定於萬能試驗機之上、下夾頭。

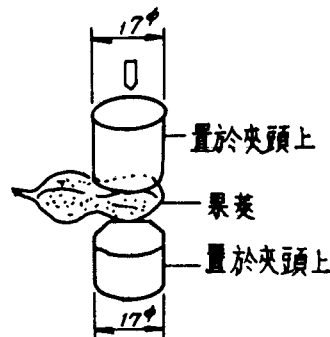


圖3. 果莢耐壓裂能之測定方法

四螺旋式花生脫莢裝置

(1)構造和作業方式

本裝置之特點為螺旋脫莢齒，具有強力的脫莢作用及輸送作用(註7)，其應用於大豆脫莢機(註6)及汎用型聯合收穫機(

註 8) 效果相當顯著。因此筆者自行研製一組花生用脫莢機構以應用於經切莖處理後落花生果莢系統之脫莢作業。花生於挖掘時即行切莖，經切莖作業後，果莢搬運方便，存放較不佔空間，可利用農閒時進行脫莢。此機脫莢時為連續排捍式，操作較間斷式打擊脫莢機簡易。機體構造如圖 4 所示、係由裝有螺旋脫莢齒（螺旋葉片）、螺旋節距間之獨立齒的圓筒型脫莢筒、承網與脫莢筒上蓋組成。

此機作用方式係從脫莢筒一端上方之供給口連續適量投入落花生果莢（經切莖處理後之花生植株），藉脫莢筒之轉動（旋轉），花生果莢即在脫莢室內部沿螺旋軸向輸送前進，並藉螺旋脫莢齒（螺旋葉片）和承網之間的摩擦力進行脫莢，莢果及少部枝葉從承網網目下方落入果莢箱，而殘莖莖頭大部分由脫莢室之另一端之控莖口連續排出。由於獨立脫莢齒（獨立齒）具有輔助脫莢和攪動（拌）作用，能使花生果莢圓滑的回轉前進，可避免花生椿頭阻塞承網網目，使脫莢效果良好。

(2) 脫莢損失之測試

將花生掘取後，經去莖處理使莖莖長度只剩 5~7 公分後進行投入脫莢試驗，投入方式以人均勻鋪於帶式輸送機上，再開動輸送機之馬達將花生連續送入螺旋式花生脫莢裝置進行脫莢，果莢落入集莢箱，根莖由出口排出。脫莢損失率和未脫莢率之計算以重量為基準。

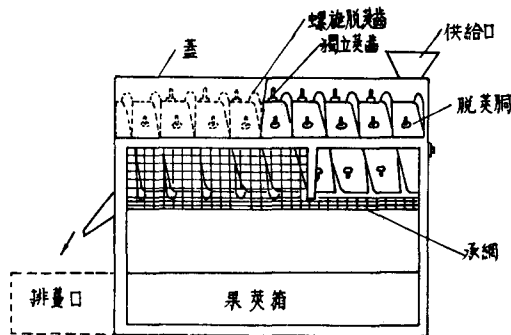


圖 4. 螺旋式花生脫莢裝置

四、試驗結果與討論

(一) 不同日晒時間下子房柄之耐拉斷能及果莢之耐壓裂能

(1) 掘起後日晒時間與子房柄之耐拉斷能之關係

花生自田間以人力掘起後分五個期間（掘起直後 0 小時，隨之日晒 4 小時、28 小時、52 小時及 76 小時）進行測定，每一日晒期間花生之子房柄的含水率均有變化，其變化關係如圖 5 所示，其子房柄之含水率隨日晒時間之延長而降低。子房柄拉斷能測定結果如圖 6 所示。最大之子房柄耐拉斷能高至 10kgf-mm，最小值少於 1kgf-mm，差距極大。

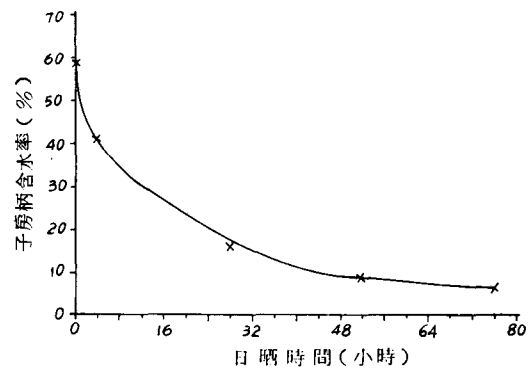


圖 5. 不同日晒時間與子房柄含水率之關係

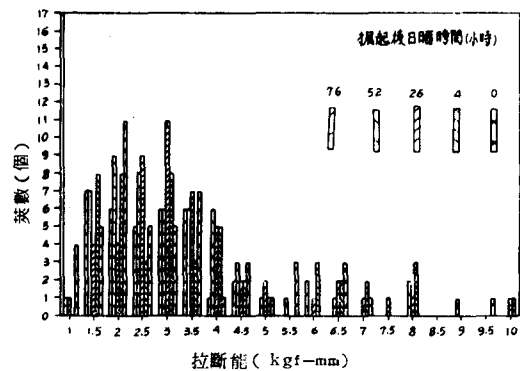


圖 6. 不同日晒時間下花生莢數於子房柄耐拉斷能區間之分佈情形

(2) 日晒時間與果莢耐壓裂能之關係

花生以人力掘起後，如同子房柄之測試，分五個期間進行果莢耐壓裂能之測定，每一日晒期間花生果莢與子實之含水率均隨日晒時間之延長而降低，其變化關係如圖 7、8 所示。

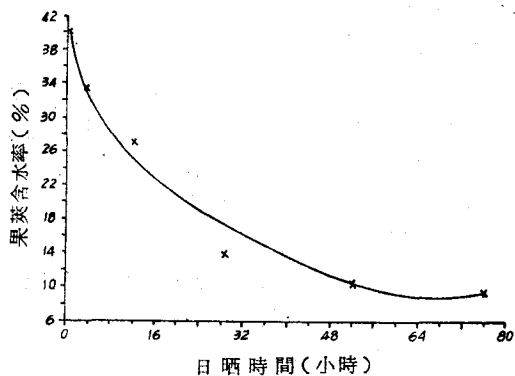


圖 7. 不同日晒時間與果莢含水率之關係

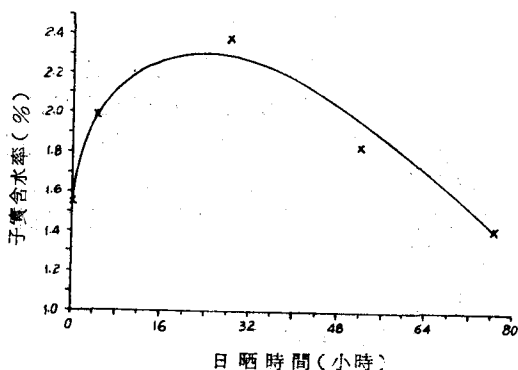


圖 8. 不同日晒時間與子實含水率之關係

(3) 子房柄耐拉斷能與果莢之耐壓裂能的統計平均值

由於各花生果莢及子房柄所能承受之能量大小分佈情形變化很大，故須經由統計方式求出機差，剔除可信度差之數據 (Outliers)。

a. 子房柄之平均耐拉斷能於日晒 76 小時為 1.207kgf-mm，日晒 52 小時為 2.425kgf-mm

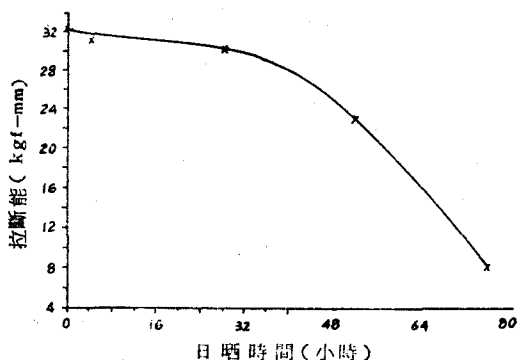


圖 9. 不同日晒時間與子房柄耐拉斷能之關係

，日晒 4 小時為 2.578kgf-mm，日晒 0 gf-mm，日晒 28 小時為 2.631kgf-mm 小時 (掘起直後) 為 2.222kgf-mm (圖 9) 在日晒 76 小時後子房柄最容易拉斷，即對脫莢作業最有利。日晒 28 小時其子房柄之耐拉斷能最大，對脫莢作業最為不利。

b. 果莢之平均耐壓裂能：於日晒 76 小時為 1.406kgf-mm 為最小，日晒 52 小時為 1.841kgf-mm，日晒 28 小時為 2.377kgf-mm，日晒 4 小時為 1.998kgf-mm，日晒 0 小時 (掘起直後) 為 1.555kgf-mm，由此可得知每一日晒期間果莢所能承受之耐壓裂能，此值即脫莢時之理論極限值，即脫莢時使用超過此值之能量，花生之果莢即行裂開。

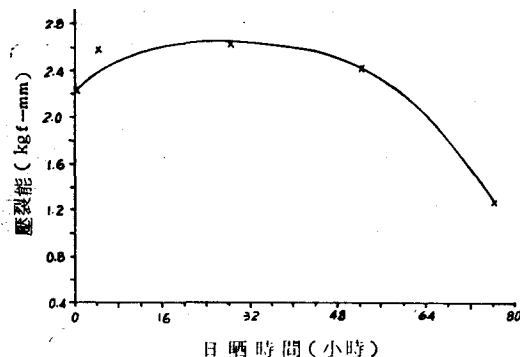


圖 10. 不同日晒時間與果莢耐壓裂能之關係

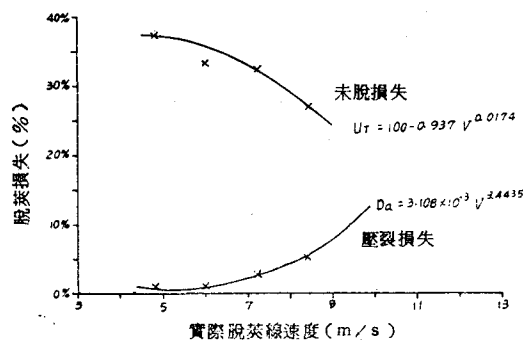


圖 11. 花生掘起直後 (0 小時下) 實際脫莢線速度與脫莢損失之關係

(二) 脫莢性能之測定

花生脫莢之損失主要有未脫莢損失和破 (壓) 裂損失，本試驗以 4.82(m/s), 6.02(m/s), 7.22(m/s), 8.43(m/s) 四種不同之脫莢

筒線速度進行脫莢損失之測試，花生果莢之日曬時間分別為日曬76小時及掘取直後（0小時），所得結果如表1所示。

表一、螺旋式花生脫莢機之脫莢性能

脫莢時間	0hr		76hr	
	裂莢率	未脫莢率	裂莢率	未脫莢率
4.82	0.84	37.25	1.54	4.29
6.02	1.10	33.12	3.01	1.66
7.22	2.86	32.40	2.96	1.49
8.43	5.36	26.93	7.60	0.39

圖11表示掘起後（0小時）立刻進行脫莢，其未脫損失率和破（壓）裂損失率之情形，其與脫莢筒線速度成對數相關，但未脫損失率嚴重。壓裂損失因隨速度增加而增加，未脫莢率則相反。

比較兩種時期（0和76小時）之脫莢性能，在收穫後立即進行脫莢作業，破損率在6%以內，遠低於打擊式脫莢機構（註1），但是未脫莢率極高，因此此機型並不適合花生收穫後立即脫莢作業。

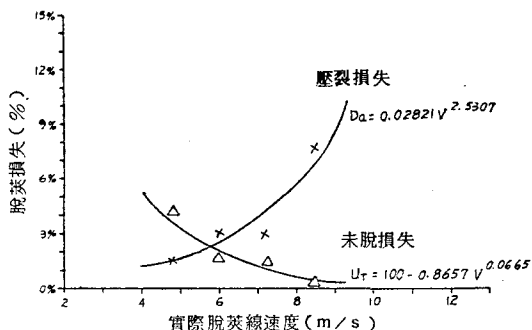


圖 12.花生日曬76小時下實際脫莢線速度與脫莢損失之關係

圖12表示日曬76小時後時進行脫莢之未脫損失和破（壓）裂損失之情形，其與脫莢筒線速度亦成對數相關，未脫損失之回歸關係式為 $Y1=100-0.8657V^{0.06653}$ ，隨線速度之增加而減少，破（壓）裂損失率之回歸關係式為 $Y2=0.02821V^{2.5307}$ ，隨脫莢筒線速度之增加而增加。此階段的脫莢性能合乎農民要求。

由於脫莢性能之要求為低破莢率和低未脫損失率。由上述二方程式均等時（ $Y1=Y2$ ）之V值可求得

最佳脫莢速度為5.89m/s左右。

(三)脫莢對數模式之驗證

四種線速度條件下的裂莢損失率和未脫損失率迴歸分析，結果如下，高迴歸係數（ r^2 ）可表明對數函數模式可以有效（valid）說明脫莢筒速度與脫莢性能之關係。

1. 掘起立刻脫莢

$$Da=3.108 \times 10^{-3} V^{3.4485}, r^2=0.94$$

$$Ut=100-0.937V^{0.0174}, r^2=0.91$$

Da：損傷率

Ut：未脫莢率

r^2 ：相關係數

2. 掘起76小時後脫莢

$$Da=0.02821V^{2.5307}, r^2=0.86$$

$$Ut=100-0.8657V^{0.06653}, r^2=0.89$$

為證明本研究所推導之脫莢對數模式之有效性，日人螺旋式大豆脫莢機之損傷率，未脫莢率與脫莢筒線速度之數據（註7）被用以代入對數模式以求證此模式。

1. 脫莢率：

$$\text{模式：} U=100-b1 V$$

(1)含水率23.6%

$$Ut=0.847 V^{0.058}, r^2=0.97$$

(2)含水率15.1%

$$Ut=0.805V^{0.0745}, r^2=0.934$$

2. 損失率：

$$\text{模式：} Da=a_1 \cdot V^{a_2}$$

(1)含水率35.3%

$$Da=2.68 \times 10^{-2} V^{2.687}, r^2=0.99$$

(2)含水率29.5%

$$Da=2.664 \times 10^{-2} V^{1.78}, r^2=0.95$$

(3)含水率14.1%

$$Da=2.592 \times 10^{-1} V^{1.1152}, r^2=0.85$$

由高相關係數可說明此對數模式之有效性。

美國穀物收穫機螺旋式脫莢裝置於大豆脫莢作業時（註4），脫莢損失傷率與脫莢轉速之有關資料經迴歸分析後所得如下：

1. 單筒式

$$Da=2.7732 \times 10^{-3} V^{2.3115}, r^2=0.92$$

2. 雙筒式

$$Da=1.0571 \times 10^{-4} V^{3.41575}, r^2=0.95$$

高相關係數值亦說明此對數模式之有效，又因雙筒式脫莢性能數據較多（ $N=13$ ），經殘差

圖 (residual plots) 鑑定結果，其分佈 爲均勻對稱，可知此模式之適用性。

五、結 論

由以上之試驗結果發現：

1. 此試驗中將花生掘起後於晴天日晒68小時其子房柄含水率7.8%，果莢含水率9.9%，子實含水率13.69%，對脫莢較爲有利，在此時期花生子房柄之耐拉斷能小於果莢之耐壓裂能，即施以相當之能量果莢未破裂而子房柄已斷，此即國外採用二段式收穫方式之主要原因之一。
2. 各個花生果莢及子房柄所能承受之能量（耐壓裂能，耐拉斷能）大小分佈變化相當大，故理想之脫莢線速度可分段處理，初期脫莢速度應低於4 (m/s)，以減少果莢破裂損失，後段可逐漸增至10 (m/s) 以減少未脫損失。
3. 經由能量與速度之關係式得知於日晒76小時（其子房柄含水率6.2%，果莢含水率9.16%，子實含水率8%）之最佳脫莢速度爲5.892(m/s)。
4. 對數模式可用以說明破莢率，未脫莢率與脫莢筒線速度之關係。

六、參考文獻

1. 陳加忠，周廷弘，陸龍虎，1988。打擊式落花生脫莢機性能之研究，中華農業研究39卷1期排印中。
2. 陳加忠，陸龍虎，周廷弘，1988。落花生果莢系統機械物性之研究，中華農業研究39卷1期排印中。
3. V. M. Hvyh, etc., 1982. Threshing and Separating Process—a Mathematical model. Trans. of A. S. A. E., 26(1), p65-73
4. H. E. Ridenour and D. M. Byg, 1982. Combines and combining, Ohio state University.
5. 江崎春雄，1970，ハインダとコンバイン農業圖書株式會社，p327-p328.
6. 矢治幸等，1981，落花生收穫作業の機械化に関する研究，農事試驗場研究報告(35)，p207-234.
7. 市川友彥等，1984，スクリュ型大豆脫穀機の開發研究，農業機械學會誌。46(1)：607-614, 46(2)：189-195, 46(3)：303-308, 46(4)：451-457.
8. _____，1985，汎用コンバインの開發，機械化農業，5:32-34.
9. 市川友彥等，1987，わが國普通型コンバインの現狀，農業機械學會誌，49(3)：284-286.

專營土木、水利、建築等工程

金 寶 土 木 包 工 業

地址：花蓮縣鳳林鎮林榮里永安街 69 號

電話：(038)771517

專營土木、水利、建築等工程

天 合 營 造 有 限 公 司

地址：北縣中和市永和路 76~4 號

電話：(02)2480575