

落花生果莢系統機械物性之研究¹

陳加忠 陸龍虎 周廷弘²

摘要 為設計良好的脫莢機構以解決落花生脫莢之損傷問題，落花生果莢系統之機械物性需要加以測定。在此研究中以物性分析方法探討影響落花生果莢系統機械物性之主要因子。試驗結果顯示落花生果莢物性與重量並無顯著相關。果莢系統所能承受之作用力與受之應力集中點都受到含水率之影響。作業速率並不影響作用力。果莢切斷能量因品種，栽培時期……等因素而不同。果莢切斷能受含水率之影響先增加而後減少。子房柄切斷能隨含水率之減少而急劇減少，此物性分析結果可用以解釋落花生脫莢機構對脫莢性能之影響。

落花生收穫機械開發研究中主要問題之一為脫莢機構之設計改良。落花生果莢系統之機械物性為影響脫莢性能之主要因素之一。然而此種重要物理性質向來缺乏詳盡之測定分析資料。

在西方之研究中，路易士氏（註 2）曾測定八種花生品種的果莢分離力與抗壓能力，實驗材料為長期貯存後低含水率之果莢，試驗果顯示品種對此物性有顯著影響。分離力之範圍為 0.6~1.1 kg。日人矢治幸夫等（註 5）以不同的含水率和品種測定子房柄的抗張力和莖蔓的切斷能量，發現品種對於物性的差異性極大，抗張力隨含水率的增加，有先增後降的趨勢。

在此研究中，對於落花生果莢系統進行物性分析，以探討影響果莢系統物性之主要因素，並以此試驗所得資料分析果莢機械物性對於脫莢性能之影響。

裝置與方法

（一）實驗材料

在此研究中所進行試驗的落花生品種以臺南選 9 號為主，並以臺農 5 號，進行品種比較試驗。

（二）實驗裝置

本實驗裝置包括粘彈性物質測定機（Rheo-meter）和一系列配件，切斷能測定裝置等。

1. 粘彈性物質測定機

本機型為 FUDOH NRM-2020 丁型。其電磁轉換系統驅動速度有 2, 5, 6, 30cm/min 四種，負荷範圍為兩種 0~2kg, 0~20kg。使用之電源為 AC110V, 50~60HZ。在此研究中應用於拉力、壓縮力、剪力、和負荷速率之研究。

2. 切斷能測定裝置

果莢和子房柄的切斷能量差異很大，因此分別研究製造兩種切斷能量測定裝置，其主要構造如圖 1 所示。

此測定裝置之構造如下：在衝擊擺錘的上方安置指針，使其能隨擺錘向右擺動而固定於高位

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告第 1454 號

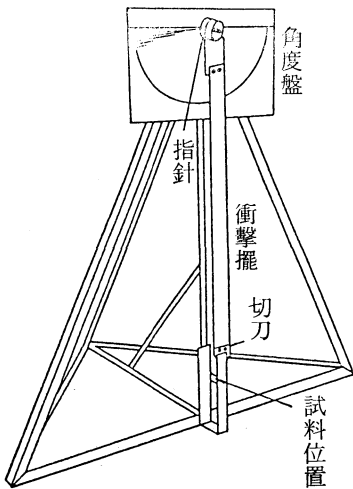
2. 本所農機系副研究員，助理、助理。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

置，用以指示擺動角度。擺錘末端裝置刀片用以切斷花生果莢，以減少切斷時能量損失。由於摩擦的影響，擺錘自右方水平位置擺動至左方，與水平位置有一差距角 θ 。試驗後切斷試料所擺動之差距角為 α ，則切斷能量 E 值可計算如下：

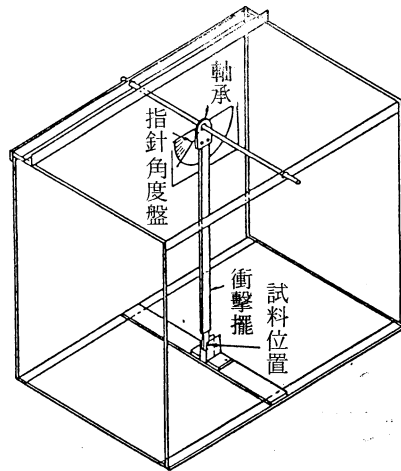
$$E = WH(\cos\alpha - \cos\theta) \dots\dots\dots (1)$$

W：擺錘重量 (kg)

H：擺錘重心位置至擺動支點距離 (cm)



莢實切斷能測定裝置



子房柄切斷能測定裝置

圖1. 切斷能測定裝置

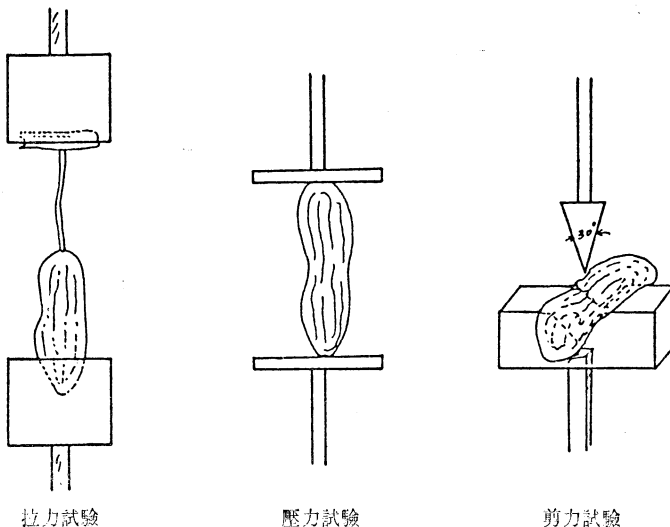


圖2. 作用力試驗方法

(三) 實驗方法

1. 作用力測定

作用力之測定方法如圖 2。作用力試驗包括拉力、壓力、剪力和負荷速率之影響，每次試驗

為30次重覆。

(1) 拉力試驗

利用粘彈性物質測定機之標準夾持設備夾持果莢系統兩端之莖與果實，果莢系統之示意圖如圖3。拉力以最高斷裂力為準，分別記錄其斷裂位置（A, B, C點）。

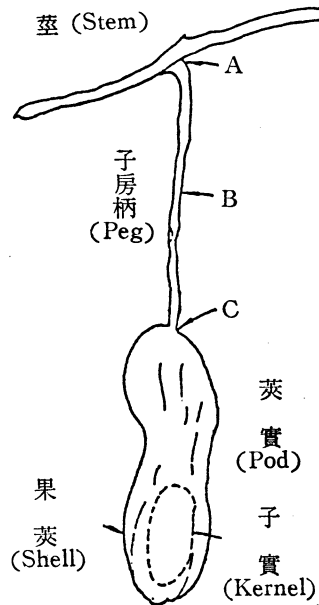


圖3. 花生果莢系統

(2) 壓力試驗

壓力以壓縮時果莢最大破裂力為主。

(3) 剪力試驗

剪力試驗中，施力作用點為 30° 之三角錐，果莢置於V型承台，記錄最大貫穿力。

(4) 負荷速率試驗

以四種不同負荷速率進行試驗，比較其對作用力之影響。

2. 切斷能試驗

利用不同的切斷能試驗裝置分別進行莢實和子房柄切斷能試驗，試驗前先自水平位置反覆擺動衝擊錘，以校正其受摩擦所影響的差距角度。

試驗時將試料固定於夾持位置，待擺錘衝擊切斷後記錄角度，以公式（1）求其切斷所需能量。

結果與討論

(一) 作用力試驗

典型的拉力、壓力和花生莢實重量的關係如圖4、5所示。由此顯示莢實重量與拉力、壓力並無相關性，此試驗之結果以平均值互相比較。

落花生自收穫後逐日試驗，並求算其果莢系統斷裂位置之比例，所得結果於表示一：

表一 作用力試驗測定值

果莢含水率	子實含水率 (%)	A		B		C		壓力	剪力
		F	%	F	%	F	%		
71.2	72.8	2.00	43.3	3.24	3.4	1.91	53.3	9.46	8.13
22.8	28.5	1.12	73.0	2.01	0.0	1.38	26.7	10.6	8.41
15.0	21.2	0.97	67.0	1.68	6.7	1.40	26.6	9.28	9.37
10.5	12.1	0.97	67.0	1.70	0.0	1.34	33.3	7.30	6.05
6.2	8.8	1.14	70.0	1.78	0.0	1.22	30.0	6.41	5.96
57.6	32.2	1.78	40.0	3.29	0.0	1.72	60.0	11.9	8.79
43.6	26.9	1.93	43.0	2.60	0.0	1.65	56.7	9.20	8.85
11.6	7.0	1.28	60.0	2.03	0.0	1.44	40.0	6.67	5.79

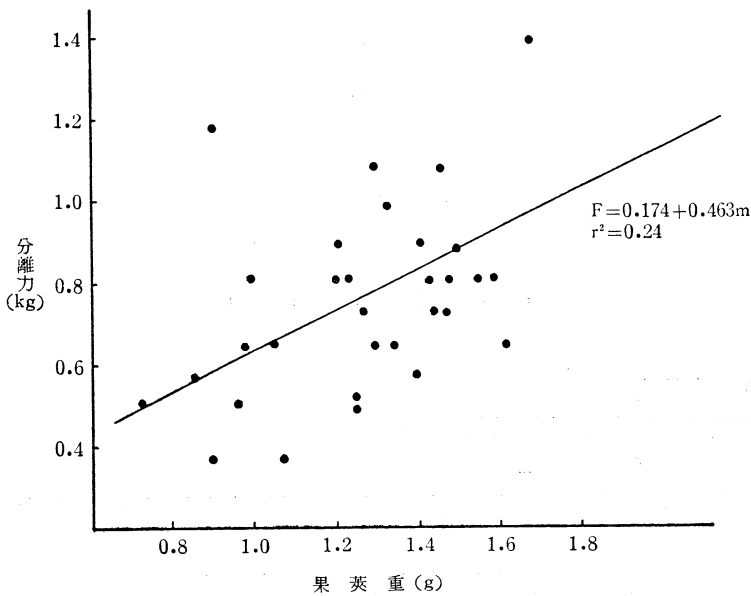


圖4.花生果莢重量與分離力

1. 收穫後日期與拉力

收穫後日期與拉力變化如圖 6，由圖得知 B 點所需拉斷力最大，A 點的拉斷力，自田間掘起花生植株高含水率時大於 C 點。此外 C 點作用力均大於 A 點，在低含水率時，兩者相差值減少。

果莢系統受力的分離後，分離位置之比例與果莢含水率的關係如圖 7。在高含水率時，A 點分離的比例為 43%，C 點為 53%，中含水率時兩者接近。在低含水率時，A 點位置分離的比例高達 65% 以上。因此由力學系統受力的應力集中之原理，落花生果莢受外力作用，斷裂點將在承受力最脆弱處。此點與圖 6 之拉力比較結果相符，即影響了脫莢後果莢附著子房柄之性質。

2. 果莢含水率與壓力、剪力

收穫後日期與壓力、剪力的關係如圖 8。如知壓力大於剪力。壓力在第二日到達最高值，剪

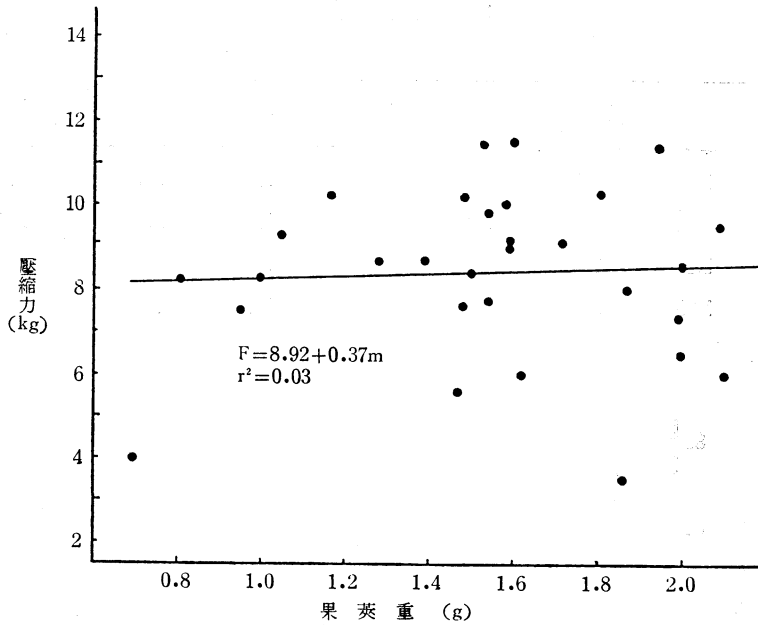


圖5. 果莢重量與壓縮力

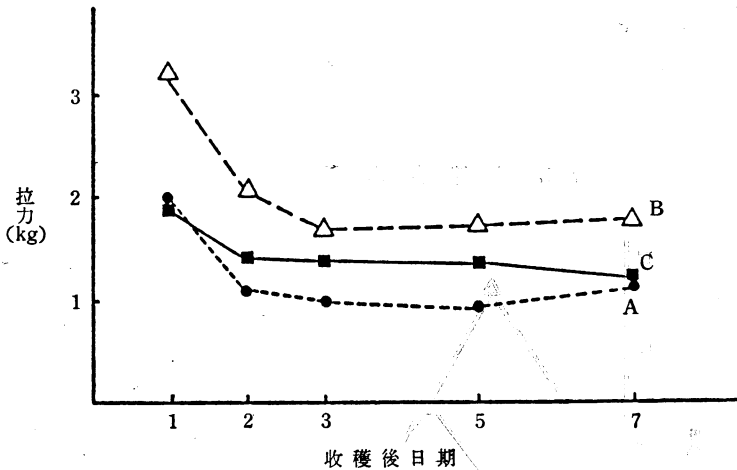


圖6. 收穫後日期與拉力

力在第三日為最高值。以不同的果莢含水率比較其作用力，其結果如圖9。兩種作用力皆隨含水率的降低有先增而後降低之趨勢，即是在中含水率時有其最大值。在此研究中含水率均以濕基表示。

3. 作業速率與作用力

四種不同作業速率對於果莢系統作用力的影響如表二。其相關結果於圖10，A、B、C之位置如圖3所示。

由此得知，果莢系統受作業速率之影響，分離力並無顯著差異，以B點之值最大，C點之值最小。

作業速率對於果莢系統分離位置之影響如圖11，A、B、C位置如圖3所示。在作業速率低時（6cm/min以下），分離比例並無多大差異。在作業速率為30cm/min時，A點分離的比例增大，

表二：作用速率對於果莢性質之影響

作用速率	A		B		C		壓力 (Kg)	剪力 (Kg)
	F	%	F	%	F	%		
2.0	1.27	67.0	2.21	0.0	1.29	33.0	6.78	5.73
5.0	0.94	73.3	2.43	0.0	1.33	26.7	6.54	5.51
6.0	1.28	70.0	3.31	0.0	1.53	30.0	8.35	6.05
30.0	1.03	80.0	2.09	6.7	1.40	13.3	8.51	5.70

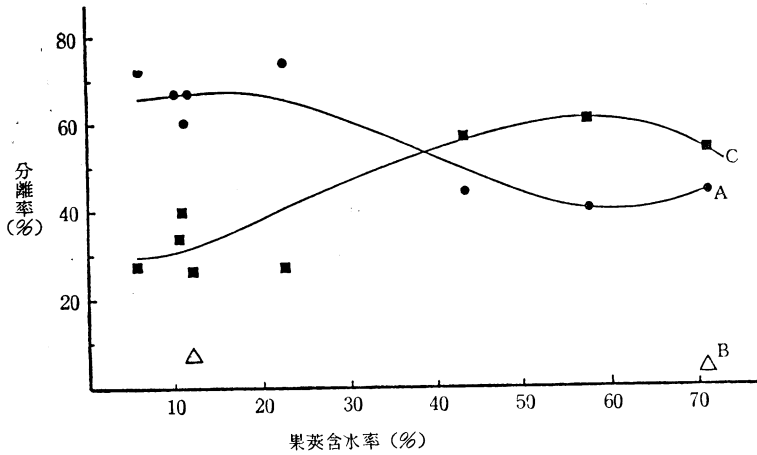


圖7. 果莢含水率與分離率

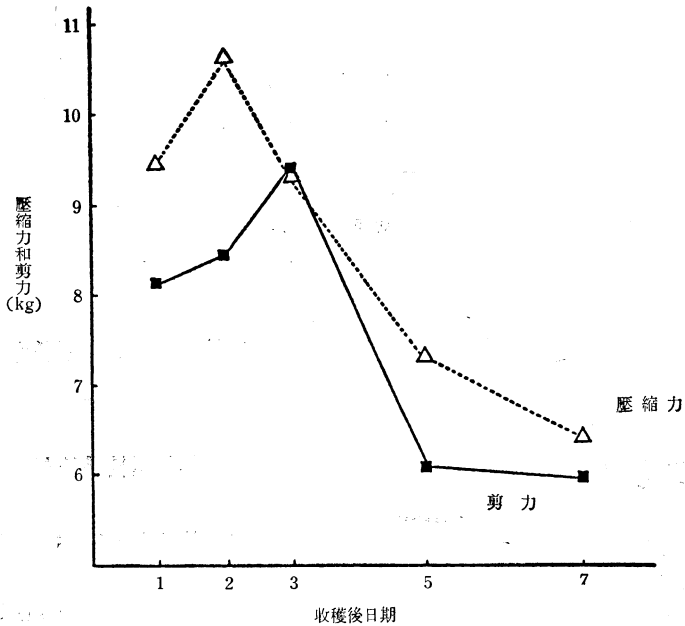


圖8. 收穫後日期與作用力

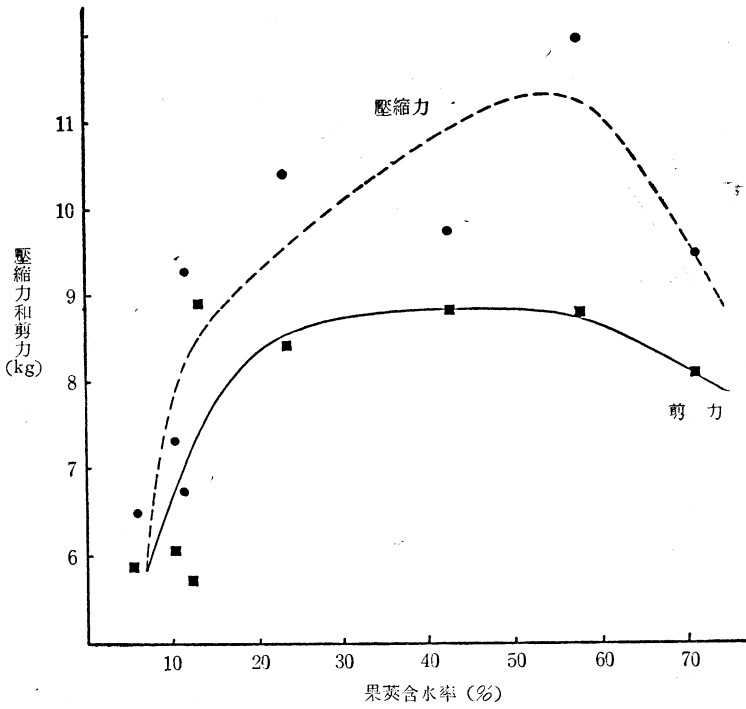


圖9.果莢含水率與作用力

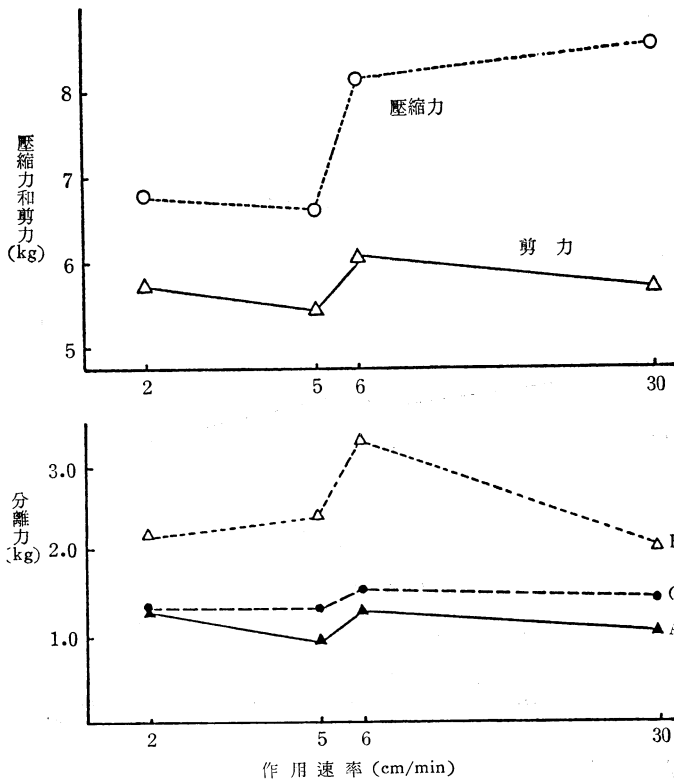


圖10.作用速率與作用力

顯示在極高作業速率時，子房柄自莖蔓脫離的比例顯著的提高的

(二) 切斷能試驗

典型的果莢切斷能量與莢實重量之關係如圖12。由此顯示切斷所需能量與莢實重量並不相關，因此切斷能之試驗以平均值為主。

以春作花生（臺南選9號）為主之果莢切斷能量和子房柄切斷能量之試驗結果如表3。

表三：含水率對切斷能之影響

果 實		子 房 柄	
含 水 率	切 斷 能 (kgf-cm)	含 水 率	切 斷 能 (kgf-cm)
45.6	0.819	30.5	0.072
43.6	0.685	53.6	0.076
37.6	0.852	66.3	0.093
26.6	0.759	19.0	0.036
16.2	0.814	13.1	0.016
11.3	0.829	17.3	0.026
11.6	0.811	17.0	0.023
11.5	0.711	11.4	0.017
6.2	0.501	8.8	0.015

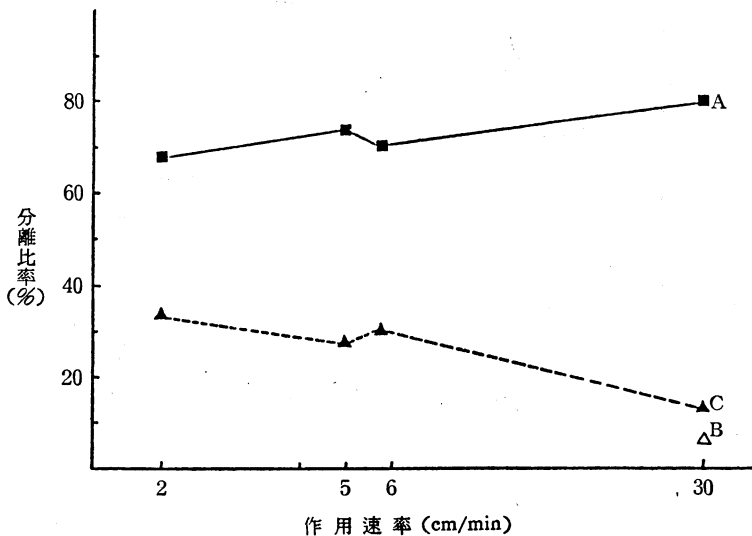


圖11.作用速率與分離比率

圖13表示收穫後日期與切斷能之關係。隨著收穫時日之增加，子房柄切斷能顯著降低，果莢切斷能量先增加而降低。

以含水率為基準進行切斷能量之比較如圖14。隨著子房柄含水率的降低，子房柄切斷能量顯著降低。由於低含水率時子房切斷能的顯著降低，影響了脫莢時含子房柄的比例。

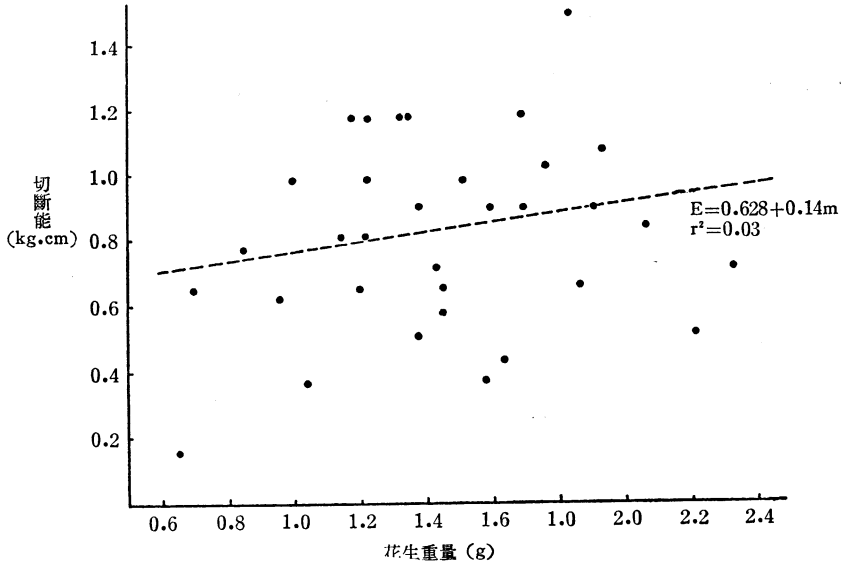


圖12.花生重量與切斷能

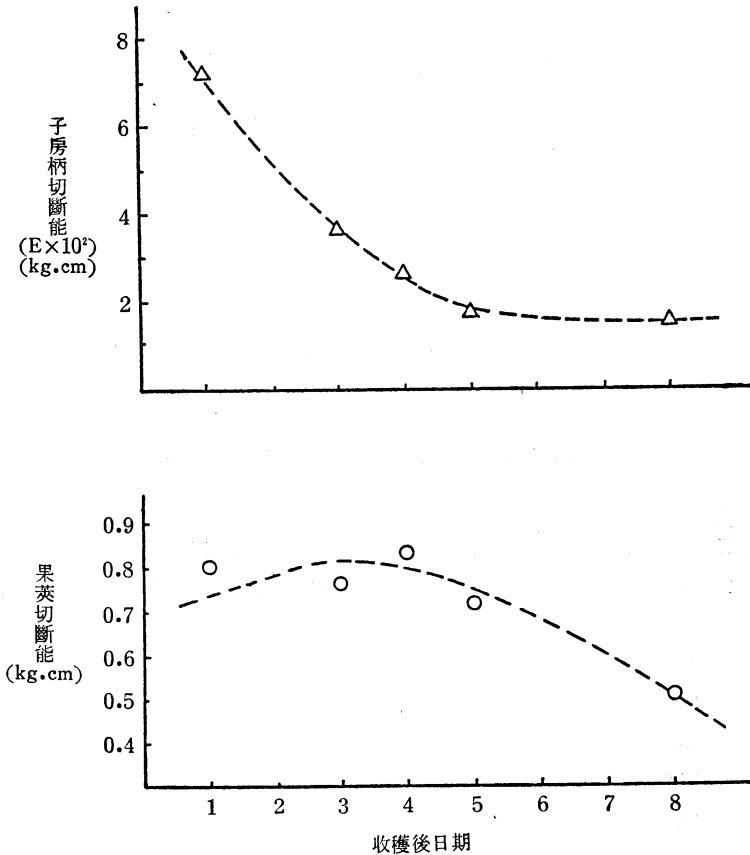


圖13.收穫後日期與切斷能

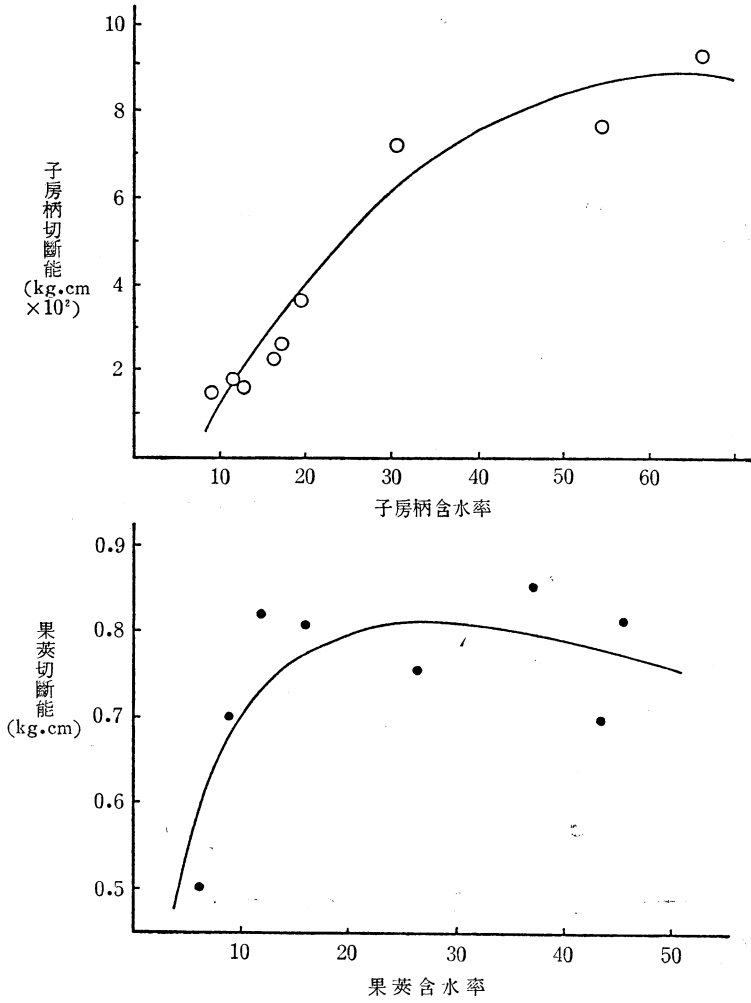


圖14.含水率與切斷能

表四：品種對切斷能之影響

臺南 5 號		臺農 9 號	
果莢含水率	能量 (kgf-cm)	果莢含水率	能量 (kgf-cm)
62.5	0.784	65.2	0.736
61.7	0.903	62.5	0.633
50.8	0.791	48.5	0.677
21.6	0.711	15.6	0.616
13.8	0.634	12.4	0.551
12.5	0.489	11.7	0.441

果莢的切斷能隨含水率之降低先增加而後降低。在低含水率時降低現象極為顯著，中含水率時果莢切斷能最高。

花生的栽培時期和品種對於果莢切斷能之影響值於表四，圖示於圖15。

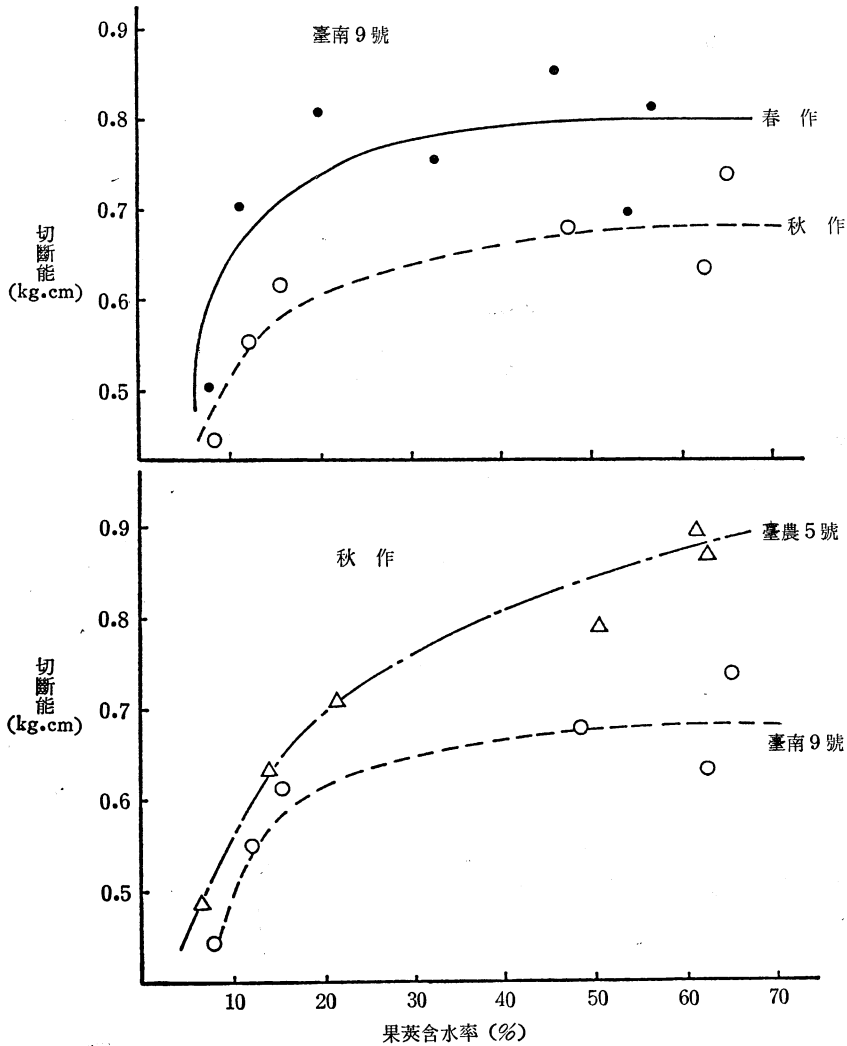


圖15. 品種與栽培時期對果莢切斷能的影響

由圖15得知，在栽培時期之比較時，春作落花生之切斷能量大於秋作，兩者平均值之比值為 1 : 0.81，差值約24%左右，比較品種對切斷能量之影響，臺農5號之切斷能量較大，平均值比值為 1 : 0.84，差值約21%。

果莢物性與打擊式脫莢性能

落花生打擊式脫莢性能已有詳盡之研究（註一），其脫莢性能與果莢系統機械物性之關係討論如下：

1. 子房莢率與落花生含水率之關係

落花生受打擊式脫莢機處理後子房莢率隨收穫後日期先降低，而在低含水率時急劇增加。現象可

由此試驗結果圖 7 果莢系統分離比例率與含水率之關係得知。在採收後初期，果莢含水率高，在 C 點分離之比例稍大，而在收穫後 2 至 3 日，C 點分離率增大，附子房柄之果莢不易產生。收穫後 6 至 7 日含水率落低，A 點分離率增大，子房柄切斷能急劇降低（圖 13），造成了子房柄容易斷裂，附子房柄之落花生果莢增加。

2. 破莢率與落花生含水率之關係

落花生脫莢作業之性能顯示，破莢率隨收穫日期先增加而後減少。果莢系統於低含水率時，果莢切斷能量比中含水率小，但果莢破損率反而減少。此原因可以以應力集中原理解釋：在低含水率時，子房柄之切斷能急劇減少，果莢系統受力時，子房柄首先受力而斷裂，果莢受力機會降低。因此低含水率時果莢切斷所需能量雖然減少，破莢率並未增加。

3. 子房莢率與脫莢筒轉速之關係

在不同轉速之脫莢筒脫莢作用時，子房莢率與轉速（220~450rpm）並無顯著關係。此現象可由作業速率與作用力（圖 10），分離點比例（圖 11）得知。在作業速率於 6cm/min 以下時。對於作用力與分離點比例影響並不顯著，因此對於子房莢率亦無顯著關係。

4. 破莢率與作物條件之關係

依 V. M. Hvyhnh 氏（註 4）之研究，作物經脫莢作用後的損傷率（Da）如下：

$$Da = K \left(\frac{E}{E_0} \right)^n \dots\dots\dots (2)$$

k, n 為常數， E_0 為引起花生果莢破裂之最小能量。E 為果莢系統所能吸收之能量。

在脫莢機構之性能測定中，臺南選 9 號品種的破莢率高於臺農 5 號。此結果可由圖 15 果莢切斷能之物性得知。臺南選 9 號之切斷顯著地小於臺農 5 號，因此破莢率顯著地提高。

5. 理想脫莢機構之設計

在此研究結果 2 顯示，果莢系統中，果莢與子房柄之分離力範圍為 1~3kg，（圖 6），而果莢莢實所能承受之剪力和壓力範圍為 6~11kg，後者遠大於前者。此結果提供理想性脫莢機構之設計依據。即是以前 3~6kg 之作用力作用於果莢系統子房柄之位置，使果莢與子房柄脫離而不損傷莢實。此實際機構之配合應用需要進一步之研究。

結 論

綜合上述研究所得結果如下：

- (一) 落花生果莢系統物性分析中顯示果莢的重量與作用力無相關性，拉力值和果莢系統應力集中處受含水率的影響，在作用力的測定中以中含水率時最高。果莢能承受的外力在含水率由高而低時，先增加再減少。
- (二) 作業速率對於果莢系統所承受的外力並無影響。
- (三) 果莢切斷能量與質量並無相關性，受品種，栽培制度之影響而有顯著差別。果莢的切斷能量隨含水率之減少先增加而降低。子房柄的切斷能量因含水率的減少而急劇降低。
- (四) 隨著落花生收穫機械之開發落花生品種抗機械損傷性之要求也隨之增加。果莢系統之物性與機械損傷性有密切關係，農機研究人員應建立完備之物性分析方法，為農藝育種人員參考之用。品種之機械物性也值得為品種推廣之考慮因素。

參考文獻

- (一) 陳加忠 陸龍虎 周廷弘 · 1984 · 花生脫莢機之改良
臺灣區雜糧基金會補助計畫結束報告，臺灣省農業試驗所。
- (二) Rniz-Altisent, M., L. Ortiz-Canavate, E. T. Sup. de., 1976, Physical Properties of peanuts rela-

ted to harvesting mechanization. ASAE paper 76-6013. ASAE, St. Joseph, MI.

- (三) Hwung Yang-Ren, 1982, Development of Peanut Combine, Dept. of Agricultural Machinery Engineering, National Chung Hsin Univ.
- (四) V. M. Hvyh, etc, 1982, Threshing and Separating Process—a Mathematical Model, Trans. of A. S. A. E., 26(1), p. 65-73.
- (五) 矢治幸夫等・1981・落花生收穫作業の機械化に関する研究。農業試験場研究報告(35), P. 207-234.

Study on Physical Properties of Peanut-Pod Systems¹

C. C. Chen, L. H. Lu and T. H. Chou²

Summary

In order to design an acceptable threshing mechanism to reduce damaged peanuts, physical properties of peanut peg-pod systems need to be tested. In this study, the factors affecting physical properties of peg-pod systems are analyzed. The experimental results indicate that physical properties have no correlation with the pod weight and the loading rate. The sustaining forces and force concentration positions are affected by peanut moisture contents. The pod cutting energy varies with peanut varieties and planting periods. The pod cutting energy reaches maximum at the medium moisture content (20~30% w. b.) of pod. The peg cutting energy rapidly decreases as the peg moisture content decreases.

1. Contribution No. 1454 from the TARI.

2. Respectively, Associate Researcher, assistant, assistant, Dept. of Agricultural Machinery.