

滾筒式落花生剝殼機之研究

盛中德¹⁾

(接受刊載日期：中華民國79年5月26日)

摘要：穀類與堅果類常利用剪力與壓力進行剝殼，由於落花生殼為多孔纖維性，若單以剪力與壓力無法達成剝殼，必須再配合衝擊力或切斷力，方能使仁自殼中脫出。利用差速同向旋轉滾筒進行剝殼作業，它結合了剪力、壓力與切斷力的功能成一體，它能有效的進行落花生的剝殼作業。利用差速滾筒進行剝殼作業，必須包含分級與剝殼二工作。

針對不同含水率測量落花生莢與仁的幾何關係，莢、仁的大小與含水率無關。又莢橫寬與莢仁之間間隙大小成正比關係。利用振動式分級桿進行莢的分級作業，分級精度不高，分級的結果也不全然適合剝殼筒作業的需要。先分級再剝殼的效果不佳。

測定剝殼筒的剝殼效果，剝殼率高時破損率亦高。滾筒間的差速比為2:4時，剝殼效能優於2:3與2:5。當滾筒的轉速低時可提高整粒率。採用多對滾筒依間隙大小依序排列，剝殼率可達百分之百，而整粒率平均在90%至96%之間。將滾筒間隙改變量由0.5 mm加大至0.7 mm時，剝殼效能顯著降低。剝殼機的剝殼效能隨轉速的提高而降低，80RPM時破損率小於3.5%，在轉速小於240RPM時未剝率與轉速無關。

關鍵字：落花生、剝殼機。

一、前言

在花生油為主要食用油時代，落花生為台灣地區的重要雜糧作物，種植面積曾高達十萬公頃。現在大豆油已取代了花生油為主要的烹飪油，但落花生的種植面積仍維持在三萬公頃以上，所生產落花生，除部分為帶殼食用外，剝殼作業為落花生不可缺的加工作業。目前加工用落花生剝殼作業有機械可資利用，但機械的投資成本、工作效率，精度與作業品質，均無法令人接受，而應用於落花生的種仁生產。

做種子用的花生仁對品質的要求極高，除

必須發育良好外，在進行剝殼作業時，切不可有任何的損傷，尤其是種仁皮須保持完整無缺，因此一般採用手工的作業方式。採用手工進行剝殼並非表示絕無任何傷害發生，只是在剝殼作業進行的同時，工作人員也進行了品質管制的工作，將不合格、不合適的種仁於以剔除。採用人工方式進行落花生種仁的剝殼作業，每人每小時至多7 kg，約佔生產成本的四分之一。手剝的作業方式除耗時費工外，最大的問題在對產品品質的維護有極大的威脅。落花生為高蛋白、高脂肪含量的高經濟價值作物，本身易受黃麴毒素的感染與污染，目前有關落花生感染黃麴毒素的研究，即有報告指出許多在

1) 中興大學農機系副教授。

生產時種仁已帶黃麴毒素，而以人工剝殼為種仁感染的一種要原因，因此如何減少人工剝殼，利用機械剝殼，在本省落花生農業的發展中不可忽視。

落花生的剝殼機目前已有加工廠在使用，一般反應是勉強可以，雖破損率偏高，對榨油與食用影響不太大，此種機械投資較大，對農民而言不適用；小型的剝殼機由於剝殼效能不高，尚無法全面推廣為農民所採用。

本研究主要目的在研究一高工作效能，用以解決農民的落花生剝殼問題。

二、文獻探討

(一)剝殼原理

由於落花生莢的外殼為纖維性組織，其彈性非常好，與一般穀類、莢果類或堅果類的外殼有很大的不同，因此落花生的剝殼作業原理與一般的剝殼作業有很大的不同。通常剝殼作業主要利用一對異向差速滾筒或轉盤，利用滾筒的異向旋轉，將原料帶入滾筒內，此時滾筒間的窄間隙對原料產生壓力，發揮壓擠作用，再配合差速所產生的剪力，發揮搓揉作用，完成剝殼作業。作用力的組合與調配須依作物的特性而定，如堅果類的剝殼以壓力碎殼為主，而穀類與莢果類則須壓力與剪力並重，方才有剝殼的效果。

壓力的作用在剝殼作業中，主要在提供所需的壓擠作用，壓擠使殼破碎，一般破裂常延著殼的脆弱處發生，如穀類、落花生、毛豆的破裂常延著莢瓣的接合處發生。對某些堅果類作物而言，若壓擠效果使用得當，常可擴大破裂效果成為碎殼，如此仁可自碎殼中脫出，但此種作業須非常小心的進行，否則易因壓擠作業的過當而傷害了仁的完整性。堅果類產品仁的完整與否，對產品的市場價值影響很大。

壓力的另一作用為增強剪力的搓揉效果，對一些具彈性的殼而言，不易純以壓擠作用完成剝殼作業，若勉強進行，常嚴重地傷害了仁的整粒性，此種情形對多子葉作物尤為顯著。因此在剝殼作業中，所能施加的壓力有其限界，而配以剪力進行剝殼工作常是必須的。依據摩擦定律，摩擦力與垂直正壓力成正比例關係，摩擦係數則與接觸面的特性有關，適當的壓力在不傷害仁的範圍內，可達到提高摩擦力而充分發揮剪力的效果。有些作物的外殼與仁中間有間隙存在著，則更須以壓擠與搓揉並行，方能進行剝殼作業。

剪力的作用，除對少數堅果類產品，如澳洲胡桃、核桃外，在剝殼作業中是不可或缺的一股作用力；在剝殼作業中，常先以壓力將殼壓裂，同時壓力亦將殼與仁壓實緊密接觸，兩者緊貼在一起，此時配合剪力，可將殼搓開，完成剝殼工作。而搓揉功能的發揮，產品本身的耐壓與抗剪特性非常的重要。單子葉作物的耐壓與抗剪特性較強，對多子葉作物而言，由於子葉間的接合力較弱，在受壓擠後極易沿子葉接合處裂開，因此一般多子葉作物的剝殼不可過份依賴剪力作用。有些作物外殼的彈性佳，如落花生具纖維性的外殼，單以壓力與剪力的配合是無法完成剝殼作業的。

落花生的外殼除具有纖維性結構外，外殼由兩瓣所組成，兩瓣的接合處抗壓、耐剪的能力最弱，一受壓擠即沿著接合處破裂，但外殼的彈性良好，不易完全破壞，因此殼常雖已裂開，仁仍無法自殼中脫出完成剝殼作業。在經由乾燥降低含水率的過程中，仁之收縮較殼為迅速，如此加大了仁與殼間空隙，此間隙在落花生的剝殼作業中具有相當的緩衝作用，使欲單以壓力與剪力進行。落花生的剝殼作業更為困難。壓力雖可使莢破裂，但剪力在空隙的緩衝作用下，無法搓開已裂的莢，故欲達成落

花生剝殼，須配合其它的作用力。

(二) 落花生剝殼機

根據上述所探討的落花生剝殼作用原理，Dickens (1962)⁽⁷⁾為實驗設計了一小型落花生剝殼機，以打擊柵欄在鐵板上做往復運動，鐵板上貫穿有長方形孔，柵欄與穿孔鐵板間的間隔約為2.5公分 (cm)，此為剝殼工作區間。花生莢自柵欄落入剝殼工作區間，柵欄的往復運動，打擊落花生莢，殼被擊碎後仁脫出，已去殼的仁穿過鐵板上的長方形孔，進入仁的收集與清選機構。柵欄間的間隙，與鐵板上孔的大小，視落花生莢仁的大小而不同，柵欄間隙固定為8公分；鐵板上孔的大小，在不傷害仁，與不讓未剝殼的莢通過的前題下設計，因花生大小不同的需要，鐵板上孔大小的變化，長在1.905公分至3.175公分間，寬在0.7公分至1.35公分間。為使剝殼機能發揮功能，配合莢與仁大小上的差異，他同時設計了一落花生莢的分級機。

Webster (1964)⁽⁸⁾以打擊片與承網組成的機構進行落花生剝殼作業。承網採柵欄型式，內有迴轉打擊片，用以擊碎落花生的外殼，使仁自殼中脫出；此時仁穿過柵欄進入仁的收集部，破碎的殼利用風選的方式吹出。柵欄的間隙較莢為小，尚未剝殼完全的莢將留在承網上，繼續剝殼作業。柵欄與打擊片的間隙，必須小心控制，過大剝殼效果不佳，過小則破碎率高。

Singh (1985)⁽⁸⁾測試了手搖式與機械式兩種剝殼機，所採用的剝殼機構類似Webster的設計，不過以網目式承網取代了柵欄式承網。打擊片與承網間的空隙變化在2.0與3.0公分之間。剝殼率在97%以下，破損率在6%以上（不包含表皮受傷的情形），當間隙增大時，破損率可略微降低，但同時也損失了剝殼率。Singh在實驗中使用了三種不同的打擊片：鋸

齒狀、圓柱狀與橡膠條狀。此三種打擊片以圓柱狀剝殼效果最佳。實驗結果顯示剝殼率隨著進料速度的減慢而提高。

江崎春雄與屋代幹雄 (1985)⁽⁴⁾使用與Singh類似的剝殼機構，進行基本性能的測試，試驗結果顯示在打擊片的轉速為120 RPM至240 RPM之間時，剝殼率與轉速的關係不大，但破損率隨著轉速的提高而上升。打擊片與承網的間隙提高會降低剝殼率但亦減低了破損率。進料速度的提高同時增加破損率與剝殼率，此與Singh的結果相類似。其實驗剝殼率在80%~92%之間，破損率在7%至15%之間，當剝殼率提高時，破損率亦相對提高。剝殼率與破損率的關係並非成線性關係，破損率的增加速度超過剝殼率的提高。在進行打擊片與剝殼率、破損率基本研究時，曾針對不同的打擊片傾斜角度進行測試，發覺破損率與打擊片的傾斜角度無關。傾斜角度為0度時剝殼率最低，此後不論向何方向改變傾斜角度，均可提高剝殼率。

(三) 落花生莢分級機

本剝殼機構主要利用莢與仁橫寬的不同進行作業，在實際進行剝殼作業前，必須先將莢的方向固定，也就是使莢的長軸與剝殼筒間的間隙平行。方向性的固定一般可利用振動或差速達成。在振動或差速運動中位置的變化會趨向重心最低、轉矩最大的狀態。每一種形狀固定的產品都有其特有的最穩定狀態，若作業所要求的方向固定能與振動或旋轉後的最終穩定狀態一致，則作業中固定方向的工作更易進行。以落花生莢的特有形狀做穩定狀態分析發現，當重心最低轉矩最大時，方向恰符合剝殼作業的需要。

剝殼筒旋轉除具有差速的功能，對落花生莢亦有振動固定方向的功能，此外振動亦可輔助分級作業的進行。間隙漸開的分級桿為甚通

用的分級機構，落花生莢在分級桿間固定方向後，物料靠振動推進，當行至適當間隙時物料穿桿而過，完成分級工作。此種作業方式由於落花生莢形狀的特殊，在分級過程中常發生夾料情形，若將分級桿的運動除振動外再加上旋轉的作用，可有效地避免夾料情形發生。

利用旋轉桿輸送器配合適宜的桿間距後，亦可用來擔任落花生莢的分級工作。以旋轉桿傳動在桿間隙內的落花生莢，所有的桿做等速同向旋轉，桿的間隙固定，進料處間隙最小，逐步加大至出口最寬。旋轉桿推動落花生前進，若莢太大則越桿而過，而莢比間隙小，則穿桿而過，如此莢會被輸送穿過適當的桿間距，而完成分級的工作。利用旋轉桿進行分級工作，在本研究中非常合適，因為兩者的基本作用原理很類似，尤其是落花生莢橫截面並非標準圓形，甚至一莢二仁的橫寬亦常不相同，如此若採用間隙漸開式分級桿，其作業精度不易掌握。若利用旋轉桿進行分級，落花生莢在桿中不斷地旋轉，至橫截面寬度最小時通過分級桿，分級的品質較佳。但以旋轉桿進行分級，在莢略大於間隙時，莢會在桿間旋轉，無法越桿而過，也無法穿桿而過，整個分級工作即被阻斷。莢能否越桿而過，須視莢與桿直徑間的關係，莢與桿接觸面的切線角度也有大的影響。為提高莢翻越桿的能力，增加莢與桿間的摩擦係數，為一可能的方法，在分級桿上壓花，以提高摩擦係數，實驗結果顯示增加的效能有限，壓花桿尚有一大缺點，即有可能將落花生吃入，進行類似剝殼的工作。

由以上有關落花生剝殼的報告可知，欲完成落花生的剝殼作業，必須先擊碎外殼，因此衝擊力或打擊力為剝殼作業中重要的作用力。但採用打擊式機構進行剝殼作業，破損率隨剝殼率提高而快速增加，使此類機械的實用性減低。目前大型商業機械大都採用低剝殼率與低破損率的設計，利用嚴密的分選機構分離已剝

的仁與未剝的莢，將未剝的莢重新送入剝殼機中，再次進行作業。此種作業方式雖延長了剝的時間，但對破損率的降低有很大的助益。為達到破壞落花生殼的目的，打擊力並非是唯一可行的作用方式，設計一機構採用切斷力將殼切斷，再利用剪力將殼撕開後，仁自殼中脫出完成剝殼作業，此種以切斷力、剪力與壓力為主的剝殼機構，在減低仁所受的衝擊力與降低破損率上將有幫助。

Dickens的分級機主要利用一對異向等速旋轉桿進行分級，雙桿固定於一斜度上，斜角為 23° ，雙桿間隙為逐漸擴張式，落花生沿著雙桿下滑，於適當的桿間隙通過完成分級工作。由於雙桿的旋轉方向均向外，莢不會被桿咬定。以此分級機配合他所設計的剝殼機，破損率約在7.5%左右，此破損率不含種仁皮的損傷在內。

Dickens曾指出欲提高剝殼效率、降低破損率，必須在剝殼前先進行落花生莢的分級工作。Dickens在實驗中發覺破損率與含水率有密切關係，在高含水率時（大於10%）破損率較低，此現象可歸功於在高含水率時，仁的彈性較佳，抗壓與抗剪的能力皆較低含水率時為佳。乾燥速率不同也會影響剝殼的效果，破損率常隨著乾燥速度的提高而加，此種型式的剝殼機，下方的穿孔鐵板已由柵欄取代。Singh的報告指出過高或過低的含水率皆不利於剝殼作業的進行。Singh利用不同的剝殼間隙與承網網目以配合落花生莢大小不一的事實，再一次說明了落花生剝殼機構功能的發揮，與分級工作的進行有不可分的關係。落花生莢的分級工作，南改場以橫寬為分級標準研製了鏈條帶動分級桿的分級機構，分級桿並不旋轉，以鏈條帶動分級桿移動莢，莢橫躺在分級桿間，當莢較分級桿間隙為大時，莢隨著分級桿前進，當莢較分級桿間隙為小時，則穿桿而過，如此

進行分級作業。屏東農專所發展的毛豆分級機，利用漸開式間隙進行分級工作，將方鐵排列成契形，開口漸大，利用方鐵良好的整向功能，產品依序排列在方鐵之間，再配合振動的效果，推動毛豆前進，利用此種方式選出不飽滿，不適合外銷的毛豆莢，效果相當的好。此二機構在落花生莢的分級上皆有發展的可能。

三、滾筒式剝殼機

本研究的目的是以結合切斷力、壓力、與剪力為一體的剝殼機構，設計並研製一落花生剝殼機。一對表面銑銳牙的差速滾筒即可結合此三作用力，進行有效的落花生剝殼作業。

兩滾筒間隙略小於落花生莢的橫寬，此微量的差異壓擠落花生莢產生壓力，同時使滾筒上的銳牙發揮切斷力的效用切開落花生外殼，達到切碎或切斷殼的功能。當滾筒上銳牙切入殼後，達到切碎或切斷殼的功能。當滾筒上的銳牙切入殼後，剪力將殼撕開成碎片，如此仁自殼中脫出完成剝殼工作。在殼的撕裂過程中必須配合差速，充分增大剪力的作用，如此才能達預期的剝殼效果。滾筒為同向差速旋轉，向內向下的轉速較向外向上的轉速為高，如此可確保將莢帶入滾筒內。若改採用等速時，形成平衡力偶，將使莢在滾筒上滾動而無法進行剝殼作業。滾筒反方向旋轉，產生了旋轉力偶，此力偶旋轉落花生莢，延長了莢在滾筒上的停留時間，如此可使壓力與切力充分發揮作用，完全將殼破壞。

落花生殼為滾筒咬住吃入，莢進入滾筒後，滾筒間隙漸小，壓力、切斷力與剪力三效果均加強，至間隙最窄處殼被完全撕開，當仁與殼通過滾筒間隙最窄處後，二者分離完成剝殼作業。若在離開滾筒時仁與殼尚未能分離，可能原因為莢太小，壓力、切斷力與剪力的殼的

破壞效果不夠，此時可減小剝殼作用間隙來克服問題。有時仁在通過滾筒時，由於受壓擠作用過度，會有仁皮受傷或分裂成半的情形。滾筒進行剝殼作用，未必能一次完成，有時殼已破壞，但尚未完全分離，如此仁無法自殼中脫出；一般此種情形，仁均仍維持完整，仍可經由機構繼續剝殼作業。

在設計落花生剝殼機上，依工作性質可有二種不同的作業流程，一為分級後再剝殼，另一為剝殼與分級一體。第一種型式為先將莢分組，以莢的橫寬為分級依據。分組橫寬大小不同莢，分別通過適當的對應間隙進行剝殼。此機構並無法確保分級後的莢可完全順利剝殼，因此在剝殼後，仍須進行分選的工作，區分仁、碎殼與未脫殼的莢。

第二種型式為分級與剝殼一體的設計。安排一串列的剝殼筒，剝殼間隙在進料處最大，如此依序遞減。落花生莢在進入剝殼筒後，大莢先進行剝殼作業，小莢通過進入下一級的剝殼筒內，如此一級一級的進行直到剝殼完成。此作業流程已兼含了分級的功能，每通過一級剝殼筒必須進行一次分選工作，將已剝的仁選出，避免其進入下一層的剝殼筒，否則仁會受傷。由於此型式剝殼與分級一體，剝殼筒對數，與剝殼筒間隙的改變量對剝殼效能影響很大。若剝殼筒對數增多，每一級之間滾筒的間隙改變減緩，則剝殼效能提高。

第一種型式的剝殼機，其最困難處在針對落花生的特有形狀難設計有效的分級機構，若分級工作無法確實，則此型式的實用性極低。第二種型式的剝殼機，其分級與剝殼同時進行，即無此問題。但此型式要求每通過一次剝殼筒後，仁與莢須徹底分離，否則仁在通過下級剝殼筒時易受損傷，仁與莢的分離工作可採用分級桿分選。

第二種型式的剝殼流程，旋轉桿分級機

構的作業原理，與所採用的剝殼機構的作用原理近乎一致，同樣的機構雖有不同的工作，但最終的目的皆在剝殼作業，如此若能將兩機構合成一體，即可利用單一機構，完成分級也同時完成剝殼。本試驗即據此設計落花生剝殼機。

四、實驗材料與步驟

1. 剝殼筒直徑6公分，長度30公分，在圓周上每公分銑5個 60° 之銳牙，表面並施以硬化處理。
2. 兩剝殼筒間最小間隙為剝殼間隙（圖一）。
3. 利用七對剝殼筒，間隙由11.5 mm，以0.5 mm的改變量依序遞減，七對呈U型排列（圖二）。
4. 剝殼筒間的差速固定為2:1。
5. 剝殼筒下方置一鏈條（4號，節距12.7 mm）帶動分級桿（直徑3 mm），間隙為9.7mm，進行輸送與分離已剝仁與未剝殼的工作。
6. 輸送桿下方置一斜板，仁剝殼後經由斜板滾動集中於皮帶輸送器上。
7. 由剝殼筒性能分析知，低轉速剝殼精度較佳，本研究試驗轉速為80 rpm, 100 rpm, 120 rpm, 160 rpm, 200 rpm, 240 rpm，共六種，每種轉速重複四次試驗。
8. 以台南9號品種落花生為試驗樣品，含水率約為8%。
9. 每次取100粒莢進行剝殼試驗，以仁為計數單位，計算試驗的剝殼率，未剝率與破損率。

五、結果與討論

(一) 落花生莢、仁的幾何特性與關係：

落花生莢在收穫時，含水率高，含高水份的仁填滿整個莢。在乾燥時水份首先自殼失去，受仁阻礙殼的收縮量很小。隨後仁開始釋放水份。殼脫水時體積變化很小，而仁在降低含水率後，體積變化極明顯。當降至貯藏的含水率後（8%），若利用回水方式將水分提升至不同的含水率時，莢與仁的尺寸幾乎不變（表一）；兩者與含水率的相關係數極低。此乃因為在乾燥時，落花生仁失去水分，失水後仁的雙子葉組織變的很緊密，回水時，水分大部分附著在種皮或為種皮所吸收，少部份得以進入子葉內，但緊密的落花生仁組織並不因此而疏鬆，故利用回水無法恢復其幾何形狀。

(二) 莢寬與仁寬的關係：

由表1結果顯示莢寬的變化較仁寬為大，故顯示仁之圓度較莢為佳，此表示若純以莢寬做分級標準，結果將不全然適合以滾筒機構進行落花生剝殼。反之若以仁寬來控制剝殼機構，其損傷率必較以莢寬做控制為佳。此剝殼機構之剝殼效能與損傷率的控制，莢與仁之間的間隙為決定因素之一。若落花生莢在乾燥後再回水，則間隙與含水率無直接關係，莢與仁之間的平均空隙變化在4.84至4.28 mm之間。圖3可見莢寬與間隙大小有比例關係存在，一般較大的莢具有較大的間隙。此非表示較大的莢即有較大的仁。（ $\text{Opening} = -6.083 + 0.674 * \text{Pod}$, $r^2 = 0.764$ ）。

由圖4可看出仁的大小與莢的大小相關甚低。當然此關係係指成熟的莢而言。由以上莢、仁與莢仁間隙的關係，可知在剝殼機構的設計時，剝殼間隙不可較莢寬小超過4.25mm以上。在實際作業中，剝殼筒間隙與莢寬的差約在2 mm~2.5 mm之間。

(三) 剝殼筒性能：

1. 分級後再剝殼：

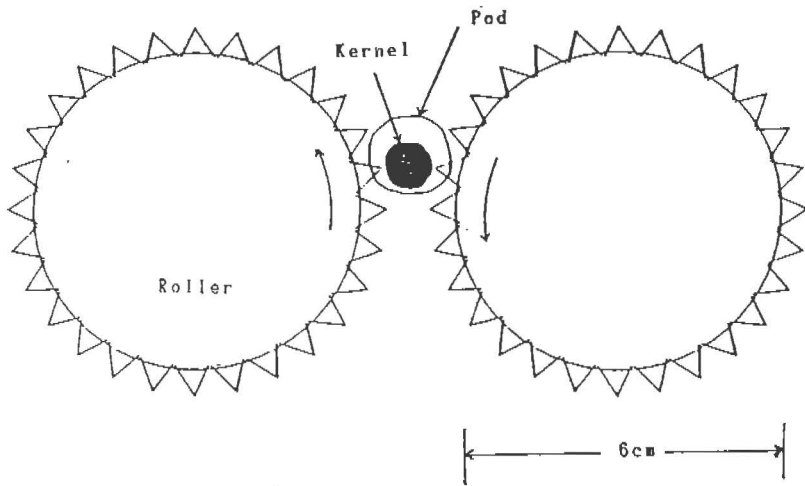


圖 1：滾筒式剝殼機構
Fig. 1. A roller type of shelling mechanism for peanuts.

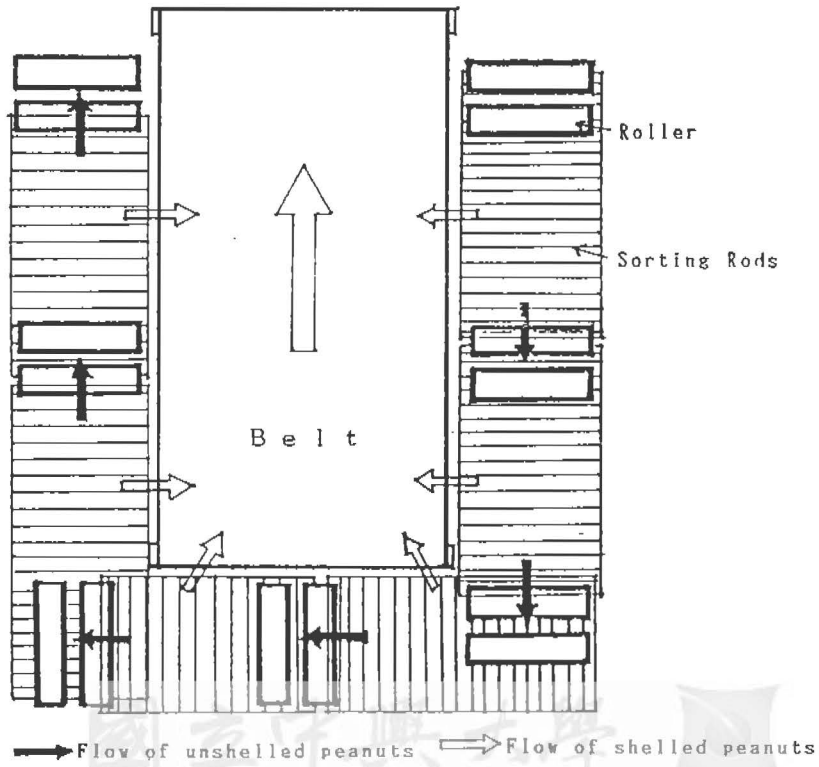


圖 2：滾筒式落花生剝殼機
Fig. 2. A roller type of peanut sheller.

表一：不同含水率下莢與仁寬之變化

Table 1. The width changes of pods and kernels with various moisture content.

M.C. (db. %)	Pod (mm)	Kernel (mm)	Difference (mm) (Pod-Kernel)
7.85	13.71	8.97	4.75
9.85	13.34	8.85	4.49
13.16	13.65	9.00	4.65
13.48	13.11	8.83	4.28
14.32	13.59	9.03	4.56
18.82	13.99	9.15	4.84
19.67	13.33	8.77	4.56
24.65	13.55	9.17	4.38

備註：20粒樣品的平均值

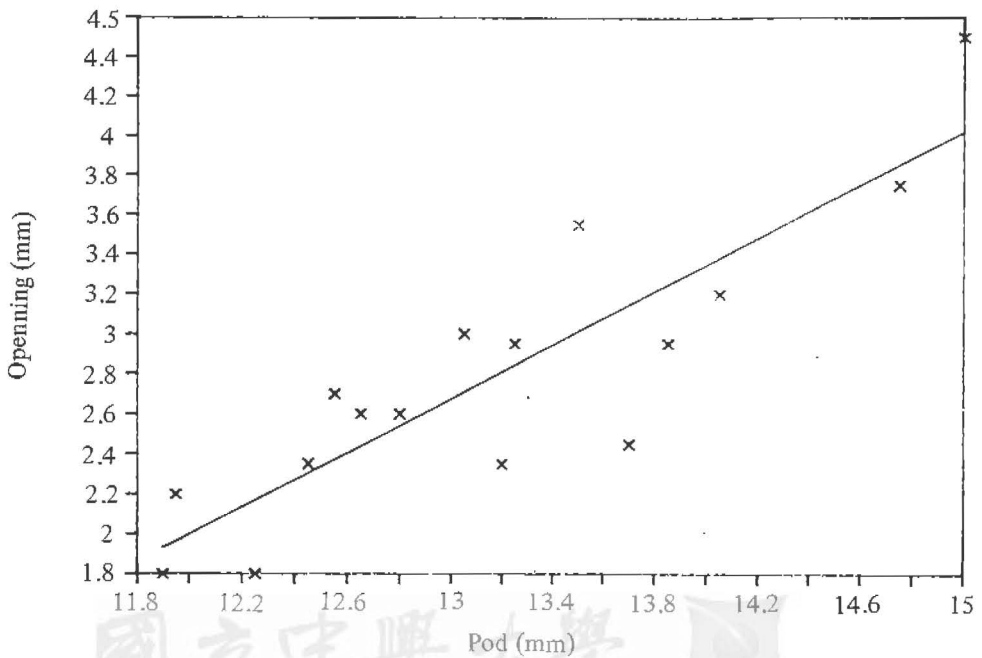


圖 3：莢寬與莢仁的空隙成正比關係 (MC=14.32%)

Fig. 3. The linear relationship between pod width and the opening of pod and kernel is high.

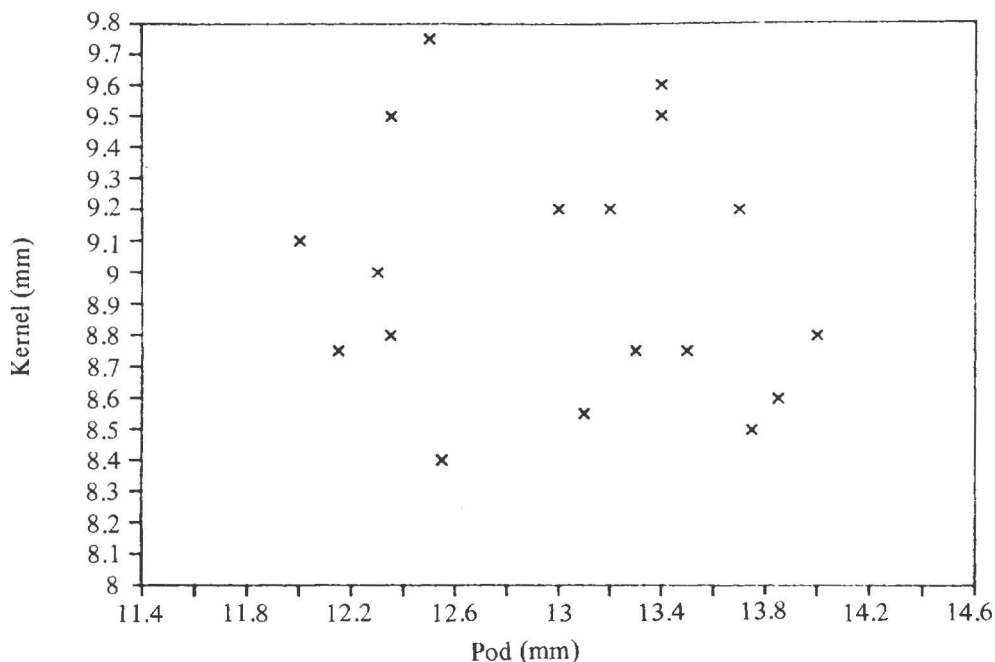


圖 4：莢寬與仁寬相關性低 (MC=13.48%)
 Fig. 4. The pod and kernel widths are unrelated.

採用間隙漸開式分級桿分級，以 1 mm 為一級，分級後利用不同的剝殼筒間隙剝殼，結果如表 2。

結果顯示，若剝殼筒間隙與分級桿的平均間隙差小於 1.5 mm 時，剝殼筒具有壓裂、壓碎效果與部分切斷的效果，剝殼效率低。若差在平均 2.5 mm 之間時，平均剝殼率約為 62%，平均破損率約在 11%。若差在 3.5 mm 以上時，剝殼率明顯提高可達完全剝殼，但破損率亦相對提高。由以上數據可知，若採用分級後再剝殼的流程進行，剝殼桿間隙與莢大小差不可大於 2.5 mm 以上，為減低破損率可採用更低的差值，但剝殼效率將被犧牲。由表 3 可發覺當平均分級桿間隙與滾筒間隙差固定時，剝殼率隨莢寬的大小成反比變化，破損率亦隨莢寬的大小成反比。

表 3 表示不同的剝殼筒轉速對剝殼率與破損率無明顯的直接影響，但破損率與剝殼率之

間成正比例關係。

2. 分級與剝殼作業一體：

本實驗在測試若採用多對滾筒，間隙自大而小的作業流程，在剝殼率與破損率上的效應。實際試驗中使用一對滾筒，在通過滾筒後，利用人工分離未剝的莢與已剝的仁，計算剝殼率與破損率，未剝的莢將再次送入下一級滾筒，連續二滾筒間隙差異為 0.5 mm (或 0.7 mm)，如此執行，直至所有的樣品莢剝完為止。

表 4 為一組實驗結果，差速比為 2:3。結果顯示每一對剝殼筒的工作效能約在 40% 至 15% 之間。在前面測試中發覺若要減低破損率必降低剝殼率，因此剝殼率若維持在 40% 至 15% 之間，破損率可明顯地降低。當莢通過滾筒間隙為最小 (8.5 mm) 時，絕大部份均已完成剝殼，在此級所剝的落花生仁有些是不成熟的。若落花生莢過 8.5 mm 間隙尚未剝殼，經人工剖開檢視後，均為未成熟的落花生，商業價

表二：先分級後剝殼的剝殼率與破損率

Table 2. The efficiency and breakage of a roller-type shelling mechanism. Before shelling, peanut pods were sorted.

Opening for sorting (mm)	Opening for shelling (mm)							
	8		9		10		11	
	Efficiency (%)	Breakage (%)	A	B	A	B	A	B
11-12	88	38	75	20	40	5		
12-13	100	53	91	27	64	9	10	0
13-14			100	47	75	9	50	2

表三：不同轉速與剝殼率、破損率之關係

Table 3. The efficiency and breakage of a roller-type shelling mechanism with various speed.

Opening for sorting (mm)	Opening for shelling (mm)	300 RPM		400 RPM		500 RPM	
		A	B	A	B	A	B
11-12	9	75	21	72	26	73	11
12-13	10	64	8	68	3	68	7
13-14	11	59	5	50	2	57	5

表四：2：3差速比，轉速300 RPM下剝殼效率

Table 4. The efficiency of a roller-type peanut sheller with the speed ratio of 2:3 under 300 rpm.

Opening (mm) for shelling	Good Kernel	Skin Damage	Split
10.5	41	0	0
10.0	38	1	1
9.5	29	0	0
9.0	33	1	1
8.5	12	1	2
	153	3	4

值不高。8.5 mm可定為剝殼筒間隙的下限。第一對滾筒(最大間隙)的剝殼率最高,但破損率並未因此而提高。

由表5可知剝殼整粒率受轉速影響,低速時剝殼整粒率較高。仁裂半率與轉速有極明顯的正比關係,在低轉速時,破半情形明顯也降低。破損率亦受轉速影響,在提高轉速後,破損率顯著提高,但高轉速時的工作能量較大,由表5中所使用的三種差速進行測試,以2:4差速比的作業效能最佳,在2:4差速下,剝殼整粒率,破損率均穩定,受轉速影響小。若使用2:5的轉速比時,由於差速過大,剪力增大,落花生莢為滾筒帶入的力量增大,當轉速提高時,此效果更明顯,破損率亦隨轉速而增加。在2:3轉速比時,差速縮小,趨向平衡力偶,莢在剝殼筒上停留的時間延長,使破損率提高。

表6為滾筒間隙由0.5 mm改為0.7 mm時的剝殼效能,由表可看出,破損率提高,破損率與轉速成正比關係。因此利用滾筒剝殼若增大滾筒間隙時,雖可收減少剝殼筒對數的功效,但將降低整個工作效能。以此可推論剝殼筒間隙改變量常越小越好。

(四)剝殼機性能

表7為轉速80RPM時,剝殼機的作業效能。未剝殼率平均約為18%,變化在8%~30%之間,經由觀察發覺絕大部分未剝的莢並非收集自最後一對剝殼筒,此現象可解釋為何在剝殼筒性能試驗時未剝率近乎為零。作業流程中剝殼由大莢先剝,剝完的仁亦較大,為使大仁能順利由分級機構選出,分級桿間隙不可太小。某些小莢其橫寬甚至小於分級桿的間隙,這些小莢剝殼筒無法發揮作業效果,其莢又隨大仁穿桿而過,成為未剝的莢。這些未剝的莢再篩完仁後應送至間隙較小的剝殼筒,如此自可提高剝殼率。

表7成品的破損率平均為3.5%,且均小於5%,此破損率已可接受,經由試驗分析發現大部分破損率來自分級桿無法充分發揮功能。目前採用的分級桿間隙為9.7 mm,此間隙對某些仁不夠,這些仁無法穿桿而過,只得被選至下一級剝殼筒,經過這些剝殼筒仁便受傷一裂成兩半。因此若改進分級系統提高分級作業效能,破損率可進一步降低。

表8為在不同轉速下剝殼機的作業效能,速度比固定為2:1。表8的值均為4次試驗的平均值。在各轉速下作業特性有高低差別即平均值不同,但太致相類似,因此數據分佈的狀況可參考表7。圖5為剝殼率與轉速的關係圖,雖然80RPM的剝殼率最高,但不可以此即謂低轉速剝殼率較高。由圖中所示數據散佈的狀況可知剝殼率與轉速的相關性極低,但變化大致在20%~30%之間。圖6為剝殼成品破損率與轉速的比較,由圖中可明顯地看出在低轉速時破損率較低,此結果與剝殼筒分析的結果相吻合,因此在講求品質的剝殼作業中,宜採用低速。使用低速時整部機械的作業能力將降低,此可經由增長作業區間得到適度的補償,即加長剝殼筒長度。

由試驗中數據分析與觀察,發覺所研製的剝殼機構已可有效的進行剝殼作業,功能毋庸置疑。但整個剝殼機的作業效能則尚未能令人完全滿意,此現象主要歸因於分級機構無法勝任工作,完全分離仁與莢,以致有小莢未剝、大仁被壓碎的現象。因此欲進一步的提高剝殼率與降低破損率須採用更有效的分級作業。目前所使用的分級桿其作業功能已可肯定,但在分級精度與輸送上須進一步規畫。

六、結論與建議事項

落花生的剝殼作業本身較一般穀類與堅果

表五：各種差速比下剝殼率比較

Table 5. The comparison of shelling efficiency for various speed ratios.

Speed Ratio	RPM	Shelling (%) Efficiency	Breakage (%)
2:3	200	93.72	6.28
	300	92.82	7.18
	400	93.24	6.76
2:4	200	95.22	4.78
	300	95.70	4.30
	400	94.36	5.30
	500	94.50	5.50
2:5	200	95.12	4.88
	300	92.80	7.20
	400	93.08	6.92
	500	91.08	8.92

表六：滾筒間隙對剝殼效能的影響

Table 6. The influence of different increment of shelling opening on the operation efficiency.

RPM	Increment of shelling opening			
	0.5 mm		0.7 mm	
	Shelling (%) Efficiency	Breakage (%)	Shelling (%) Efficiency	Breakage (%)
200	95.22	4.78	90.27	9.73
300	95.70	4.30	88.70	11.30

表七：剝殼機作業效能，轉速80 rpm

Table 7. The efficiency and breakage of a peanut sheller at 80 rpm.

RPM	Shelling (%) Efficiency	Breakage (%)
80	77.33	4.51
	88.42	1.79
	70.95	3.94
	91.58	3.45

表八：剝殼機在不同轉速上之作業效能

Table 8. The efficiency and breakage of a peanut sheller at various speeds.

RPM	Shelling (%) Efficiency	Breakage (%)
80	82.07	3.42
100	71.69	7.13
120	77.27	6.10
160	73.23	10.27
200	79.14	9.71
240	67.16	14.32

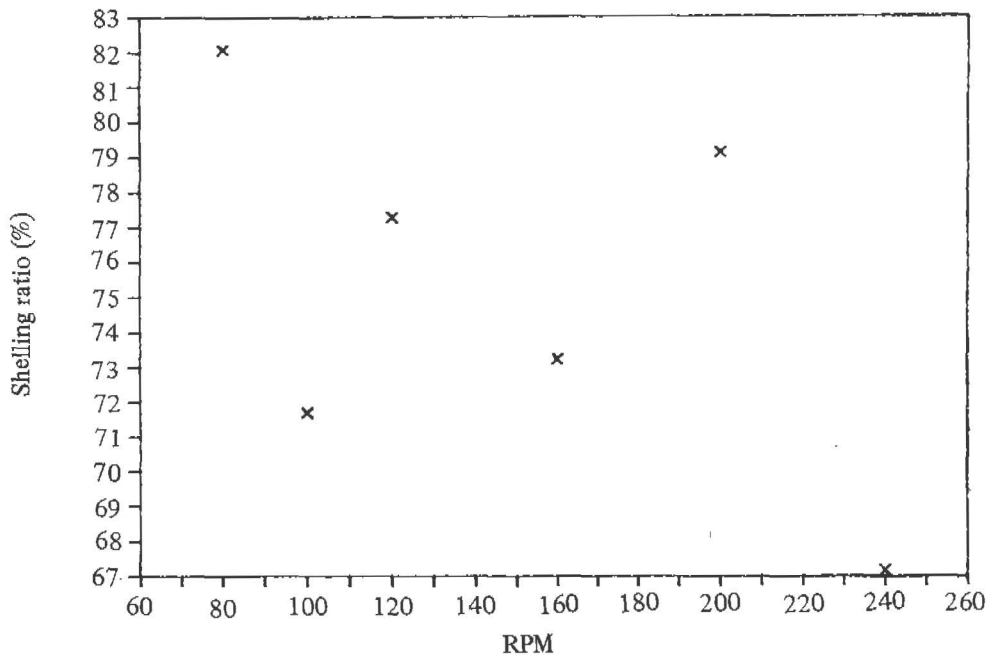


圖 5：剝殼率不受轉速影響

Fig. 5. The shelling ratio independent to the speeds.

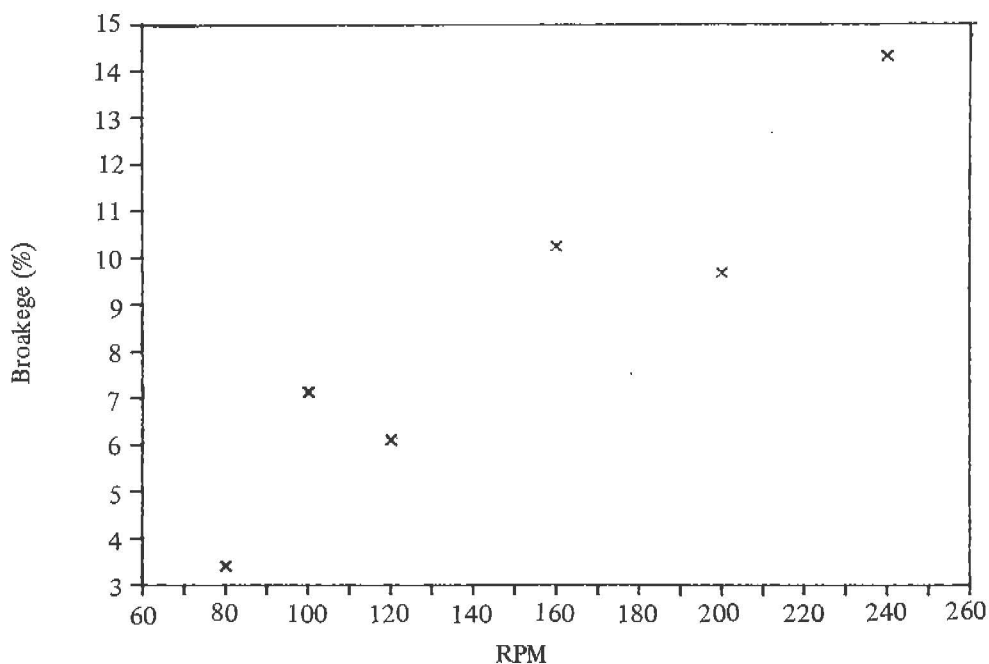


圖 6：破損率隨轉速的降低而減少

Fig. 6. Breakage ratio was reduced as lowering the speed.

類產品的剝殼作業為複雜。在本實驗針對分級與滾筒式剝殼機構進行基本性能研究後，則下列結論：

- (一) 莢與仁的特有形狀，此一關係雖非一定數，但已夠用來設計一滾筒剝殼機。
- (二) 莢與仁大小成正比關係，但仁隨同莢大小變化僅作較微量的改變。而莢與莢仁間隙大小或明顯正比關係。
- (三) 先分級再剝殼的流程，在分級後仍無法以一、二對剝殼筒完成整個剝殼作業；利用多對剝殼筒序列排列剝殼，測試效果良好，具有實用性。
- (四) 利用滾筒剝殼，隨轉速的提高，剝殼效能減低。兩滾筒間之差速比以1:2為最佳。滾筒間之間隙改變量0.5 mm時效果佳。若提高則工作效能降低。
- (五) 本實驗在破損率的計算上，係破皮與裂半

二種情況，破皮約佔整個破損率的一半。

- (六) 低轉速時剝殼機之破損率較低，平均在3~10%之間。
- (七) 剝殼機之未剝率與轉速無關，平均在20~30%之間。

依據以上對落花生分級與剝殼機構測試之結論，做以下之建議：

- (一) 採用分級與剝殼一體其實用性高。
- (二) 剝殼本身特性對剝殼效能的影響，值得進一步探討。
- (三) 不同落花生品種，其幾何關係均不同，剝殼筒的剝殼性能有待進一步的測試。
- (四) 剝殼機的成敗，尚須靠分選機構，輸送機構的配合，此方面有待研究。
- (五) 本實驗未做不同含水率剝殼效能影響的測試，有待進一步探討。

七、參考文獻

1. 梁連勝、陳萬福、呂俊堅、盧子淵。1986。落花生莢果分級機改良與試用。七十五年農機研究發展與示範推廣報告，農林廳。PP.48-49。
2. 盛中德、彭錦樵、黃惠藩。1987。落花生剝殼機構之研究。七十六年中國農業工程師協會學術論文集，PP.99-114。
3. 謝欽城、陳光輝。1987。毛豆選別機之研究(一)一篩網傾斜角，不合格豆莢混合比與選別效率之關係。農工學報，33(2)：78-88。
4. 江崎春雄、屋代幹雄。1985。落花生剝殼機性能改進之研究。農業機械學會誌，Vol. 47, NO.1, PP.35-41。
5. ASAE Standards. 1987. American Society of Agricultural Engineering, pp. 346-347.
6. Bernnan, J.G., J.R. Butters, N.D. Cowell, and A.E.V. Lilly. 1981. Food Engineering Operations. Applied Science Publishers Limited, London.
7. Dickens, James W.. 1962. Shelling Equipment For Samples of Peanuts. Marketing Research Report NO. 528. USDA.
8. Singh, Gajendra. 1983. Evaluation and Modification of Two Peanut Shellers. Agricultural Mechanization In Asia, Africa and Latin America. 14(3): 33-40.
9. Webster, Marvin W.. 1964. Peanut Marketing and Peanut Products. Miscellaneous. Production. NO. 416. USDA.

A Study on A Roller-Type of Peanut Shellers

Chung-Teh Sheng¹⁾

(Received for publication: May 26, 1990.)

SUMMARY

The shearing and compression forces are normally applied to shell cereals and nuts. Due to the porous fibrous structure of peanut shell, only the shearing and compressive forces are not enough to complete the peanuts shelling. In addition to them, the impact or cutting force must be added in order to separate the kernels from the shells. To use the cylinders with differential speeds to do the shelling operation is actually to put the functions of shearing, compression and cutting together. Using the cylinders to shell peanuts consists of sorting and shelling operations.

The size of pods and kernels was measured in various moisture contents. The size is unrelated to the moisture content. The space between the shell and kernel of pod is proportional to the pod width. The vibrating sorting rods is utilized to classify the pods based on the width. The sorting accuracy was low. The sorting results are not suitable for the shelling process of cylinders.

The shelling efficiency of cylinders was tested. The higher shelling rate is coupled with the higher breakage rate. The speed ratio of 2:4 has the better result than the ratios of 2:3 and 2:5. Lowering the rotation speed of cylinders can uplift the whole kernel percentage. Seven pairs of cylinders are lined by the open space between cylinders from larger to smaller. The shelling efficiency was 100%, and the whole kernel percentage located between 90% to 96%. As open space increased from 0.5mm to 0.7mm, the outcome of shelling was worse. The shelling was reduced as increasing the speed. At 80 RPM, the breakage ratio was less than 3.5%. As the speed was less than 240 RPM, the shelling ratio was independent to the speed.

Key words: peanut, sheller.

國立中興大學 

1) Associate Professor. Dept of Agricultural Machinery Engineering, National Chung-Hsing University.