

軸流式玉米脫粒機脫粒損傷之基礎研究

Study on Mechanical Damage of Axial Type Corn Sheller

前國立臺灣大學農工所研究生

國立臺灣大學農機系副教授

奚 永 明

吳 中 興

Shieh, Y. M.

Wu, C. H.

摘 要

本研究針對國內現有玉米脫粒機常用之軸流式脫粒機構所造成之脫粒損傷進行基礎研究，研究主題包含有：1. 影響脫粒損傷之機械因子之探討，2. 沿脫粒軸向脫粒率之分佈情形，3. 以一套損傷分類標準判別連軸損傷與離軸損傷受機械及作物因子之影響情形，4. 玉米粒與穗軸結合之分離力之大小與含水率之關係。研究結果顯示，連軸損傷與離軸損傷約成3比5之分佈。有近半數（45%~50%）的玉米粒在進入脫粒筒後的前半段就被脫下，而且在低含水率時，沿脫粒軸向各區段的脫粒率受脫粒軸轉速改變的影響不大；整體的損傷隨含水率增加而增加，而當脫粒軸轉數愈高，靠近末端的損傷增加的愈快；隨着脫粒軸轉速的升高，嚴重損傷及冠部損傷（亦即連軸損傷），都有升高的趨勢；而離軸損傷則隨脫粒軸轉速升高而有減少的趨勢；玉米與穗軸之結合分離力大小與含水率沒有明顯相關。本研究中以理論式推導得知，脫粒機構的設計中直接影響脫粒率的是脫粒齒與玉米穗的作用角度。

Abstract

This research studies the mechanical damage of axial type corn sheller which was adopted by most of factories in this country. Topics of this literature are: 1. mechanical factors influencing shelling damage, 2. the shelling percentages along cylinder axis, 3. to justify on-the-cob damage and off-the-cob damage based on a damage index system. Experimental results revealed that the ratio of on-the-cob damage and off-the-cob damage is 3 to 5. About 45%-50% of kernels are shelled from the cobs after they enter the begining half zone of the cylinder and cylinder speed has less effect on shelling percentage of each zone. The total damage is increased with the increment of the kernel moisture content. The severe damage and crown damage are increased with higher cylinder speed, while the off-the-cob damage are decreased. The kernel moisture content has no effect on detachment force. Revealed from the theoretical analysis, the most important factor of the sheller structure is the angle between cylinder teeth and cobs.

一、前言及目的

就玉米收穫處理作業而言，玉米粒受損傷的原因很多，諸如收穫時損傷，搬運輸送碰傷，脫粒時受脫粒齒打擊受傷，在脫粒筒中粒與粒及粒與穗之間摩擦擠壓受傷，乾燥時熱風溫度控制不當等都會造成損傷。凡此損傷的玉米粒會導致加工過程中的粉塵量增加，降低產品價值，更有甚者，會因微生物的感染而生毒素如黃麴毒素等，而直接影響消費者健康。國內已有諸多學者對減少玉米儲運作業之意外損傷做過許多研究。對脫粒損傷却少有相關研究，本研究即試圖對玉米脫粒機之脫粒損傷做基礎研究，做為未來進一步研究之參考。

二、文獻探討

(一)機械因子

Pickard (1955) 的研究指出銼桿型 (Rasp bar) 齒條所造成的損傷比角棒型 (Angle-bar) 脫粒齒條小，而在脫粒齒上包覆橡膠，對脫粒損傷的程度沒有明顯的影響。

Arnold (1964) 曾對銼桿型機構做過深入研究，他的結論指出脫粒損傷的程度主要決定於脫粒軸轉數的高低，轉數越高，損傷程度越大，但是轉數如果太低，會使脫粒效率降低，亦即存在有某一最佳轉數值。

Kolganov (1958) 在兩段式 (前段低速，後段額定轉速) 脫粒機構的研究中，指出大部份脫粒發生在低速段，而且損傷程度低，在後段的脫粒因為承受高衝擊力，損傷程度比較大。Johnson (1970) 對軸流式及聯合收穫式脫粒機構的研究中指出軸流式脫粒機構所造成的斷軸較聯合收穫式大，而且含水率愈低，所造成的斷軸愈大塊。Peprah (1972) 的研究指出，配備有彈簧座的脫粒銼桿，並不能減少脫粒損傷。學者 Buchele & Waelti (1967) 指出脫粒機轉速是影響玉米脫粒損傷的主要因素。

Buchele (1975) 曾研究過玉米穗的進料方向對於脫粒損傷的影響。結果發現不論在何種含水率下，均以平行脫粒軸向進料的脫粒損傷最小，任意方向次之，垂直脫粒軸向的進料損傷最大。

(二)作物因子

玉米穗在承受機械作用時，其斷裂與含水率成熟度有密切的關係。Miles (1956) 的研究中，將

含水率13%的玉米粒乾燥至10%後脫粒所得乾物重量比在同樣含水率直接脫粒所得乾物重要多2%，他指出其中的原因，乃是在高含水率時，玉米粒容易斷裂，而使得一部份的玉米粒小穗軸仍留在穗軸上所致。Lamp (1960) 指出玉米粒含水率37.7%時，脫粒後得到的穗軸殘塊有82.2%的長度在0~2英寸，而在含水率為22.1%時則只有55.9%的長度在0~2英寸之間，因此很明顯的含水率與穗軸的斷裂有負相關的關係。Shgal and Brown (1965) 的研究中指出穗髓較大的玉米穗軸在脫粒過程中比小穗髓的玉米穗軸容易斷裂。Bilanski (1966) 的研究指出損傷抗力與玉米粒受力的位置有關，當玉米粒以平坦邊放置時，所需破壞應力最大。Hall (1961) 指出脫粒所須的力隨含水率降低而降低。Bakstrom (1963) 發現脫粒所消耗馬力與含水率有密切關係，在含水率30.5%時約為18%的三倍。Henry & Buchele (1967) 指出玉米粒強度及應力與玉米粒含水率成反比關係，而玉米粒與穗軸之結合力與玉米粒含水率關聯甚少，而且脫粒損傷與含水率之間在對數座標上成直線正比關係；他們指出影響脫粒損傷的因子有玉米粒與穗軸分離力 (kernel detachment force)，玉米粒強度，玉米粒大小以及穗軸強度，而要減低損傷，通常要有較低的分離力，較高的玉米粒強度，玉米粒的變形量小以及較低的穗軸強度。馮丁樹 (1986) 指出玉米之強度與應力隨玉米粒之含水率減少而增加，因此低水份之玉米粒容易在脫粒過程中，造成胴裂與碎粒，而在高含水率之範圍內，其應力轉小，惟由於玉米粒本身之結構軟化，容易為機械所傷，損傷率因而隨含水率之增加而增加。

(三)低脫粒損傷的脫粒機構的研究

USDA (1967) 的工程師發展了一部連續皮帶式脫粒機，Fox (1969), Brass (1970)，先後應用前述皮帶式脫粒機的擠壓與滾動脫粒的原理，設計了橡膠滾筒式脫粒機 (Rubber Roller Sheller)，該型脫粒機構包含三主要部份：主滾筒 (primary roller)，導向滾筒 (orientation roller)，單向棒式承網 (unidirectional bar concave)，其中滾筒是充氣式的，由橡膠製成；導向滾筒控制進料方向，玉米穗由導向滾筒端進料，在尚未進入承網前，承受來自於兩滾筒間隙中滾動作用所生的壓縮力。進入承網區段後，再受到來自於主滾筒的滾動及承網棒的施力，而得脫粒的效

果，脫下的玉米粒由承網棒間空隙漏出，穗軸則由承網末端排出。Buchele (1975) 對前述滾筒式脫粒的研究中指出滾筒式脫粒機構與傳統式脫粒機構比較，雖然有低脫粒損傷的優點，但是會造成玉米粒內部的損傷。

三、理論分析

在推導玉米穗在脫粒筒中脫粒時的理論公式之前，吾人做下列假設：

1. 穗軸在脫粒的過程中，軸向與脫粒軸的軸向平行。
 2. 脫粒過程中，脫粒齒及承網僅在X—Y平面上對玉米粒施力。
 3. 脫粒齒同一瞬間，僅作用於一顆玉米粒上。
 4. 玉米粒為楔型形狀，而且玉米粒間完全密合。
 5. 玉米粒與穗軸的變形量忽略不計。
 6. 脫粒過程中，所有接觸面間的摩擦係數均為常數。
 7. 小穗軸與莖穎僅受拉應力或壓應力破壞。
- 推導過程中所用的重要變數及其意義如下：
- P：脫粒齒作用於玉米粒上的力，kg
 - Rc：承網作用於玉米粒上的力，kg
 - Ra, b：玉米粒 a 作用於玉米粒 b 上的力，kg
 - Dc：小葉軸及莖穎的壓縮力強度，kg
 - Dt：小葉軸及莖穎的拉伸力強度，kg
 - α ：玉米粒長邊與長軸的夾角，度
 - β ：玉米粒的摩擦角，度
 - r ：脫粒齒作用力的方向與玉米粒長軸間的夾角，度

K：玉米粒間的縱向膨脹壓力與橫向膨脹壓力的比例常數

如圖 3.1 所示，當玉米穗進入脫粒筒後，受到的力有來自於脫粒齒的力 P，及來自於承網的作用力 Rc。考慮 P 作用於玉米粒 1 上的情形，P 的徑向分力 Pr 向穗軸心壓迫玉米粒，切線分力 Pt 則使玉米穗做順時針方向轉動，同時有一右向的側向移動，就玉米穗整體而言，作用於玉米粒 9 的 Rc 則與部份的 Pr 相抵消。由圖 3.2 所示在 X—Y 平面上，玉米粒 1 所受的力包括來自粒 2 及粒 16 的側向力 R_{2,1}、R_{16,1}、小葉軸及莖穎的壓縮力強度 Dc 及來自於脫粒齒的作用力 P，在 Z 上則有來自於前後兩列的玉米粒所施的力 Rf, Rb

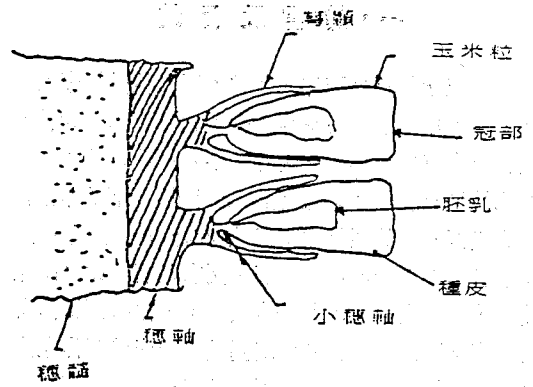


圖 3.1 玉米粒與穗結合圖

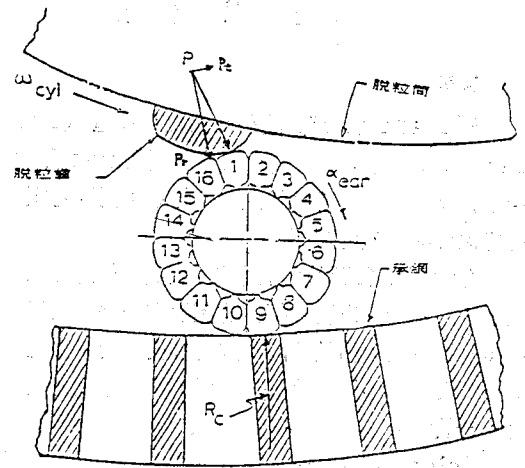


圖 3.2 玉米穗進入脫粒筒後與脫粒齒接觸情形示意圖

及由 Rf, Rb 所致的摩擦力 Ff, Fb。由於對稱，Rf=Rb，因此 Ff=Fb。考慮 X—Y 平面上作用於玉米粒 1 各力的關係。

由於在本章開始的假設第四項中假設玉米粒間完全密合，因此軸向同列玉米粒間只有存在着摩擦力，這個摩擦力值的大小與玉米粒間的膨脹壓力有關。就單一顆玉米粒而言，承受着來自四個方向玉米粒的膨脹壓力，同時縱向與橫向的膨脹壓力並不相等，我們可以令縱向膨脹壓力的值等於橫向膨脹壓力的若干倍，如下式所示：

$$\text{縱向膨脹壓力} = K \times \text{橫向膨脹壓力}$$

其中 K 為與玉米穗品種有關的膨脹壓力常數 於是在考慮縱向膨脹壓力所產生的摩擦力的情

形下，吾人可得解P值大小與脫下玉米粒顆數間的關係式如下：

(一)脫下一顆玉米粒：

也就是只脫下玉米粒2的情形，進一步可得以Dc, Dt, α , β , γ , K等表示之P值如下：

得解

$$P = \left\{ \frac{Dc}{\sin(\alpha+\beta)} + \frac{Dt}{\sin(\alpha+\beta)+K\sin\beta} \right\} / \left\{ \frac{\cos\gamma}{\sin(\alpha+\beta)} + \frac{\sin\gamma}{\cos(\alpha+\beta)} \right\} \dots\dots (3.1)$$

(二)脫下二顆玉米粒：

也就是同時脫下玉米粒2, 3的情形，同前所述，考慮有4個摩擦力的作用面，可得以Dc, Dt, α , β , γ , K等表示之P值如下：

$$P = \left\{ \frac{Dc}{2\sin(\alpha+\beta)} + \frac{2Dt \cos\alpha}{\sin(2\alpha-\beta)+4K\sin\beta} \right\} / \left\{ \frac{\cos\gamma}{2\sin(\alpha+\beta)} + \frac{\sin\gamma}{2\cos(\alpha+\beta)} \right\} \dots\dots (3.2)$$

(三)脫下三顆玉米粒：

也就是同時脫下玉米粒2, 3, 4的情形，同前所述，考慮有6個摩擦力作用面，可得以Dc, Dt, α , β , γ , K等表示之P值如下：

得解

$$P = \left\{ \frac{Dc}{\sin(\alpha+\beta)} + \frac{Dt+2Dt \cos 2\alpha}{\sin(3\alpha-\beta)+3K\sin\beta} \right\} / \left\{ \frac{\cos\gamma}{\sin(\alpha+\beta)} + \frac{\sin\gamma}{\cos(\alpha+\beta)} \right\} \dots\dots (3.3)$$

在P的表示式中，Dc, Dt, α , β , γ , K等項都是未知項，其中的Dc, Dt, α , β , γ , K等五項又都是直接與玉米穗的品種物性有關，唯獨 γ 項與脫粒機構的設計有密切的關係。

四、實驗裝置與方法

4.1 試驗裝置與方法

(一)動態試驗：本研究的動態試驗於76年3月在嘉義縣義竹鄉農會乾燥中心實施，樣品來源係由農民繳交至農會之玉米穗中取樣，並以該乾燥中心電容式水份計所量得之含水率為取樣標準。試驗用玉米穗品種為臺農351號。採用的主要裝置係由三久公司SS-135型玉米脫粒機改裝，除了收集玉米粒的機構不同外，其餘諸元均與廠商原出廠設計相同，廠商原設計之收集玉米粒機構係於脫粒軸正下方以螺旋輸送裝置將玉米粒輸出，本實驗將收集機構改為於脫粒軸正下方沿脫粒軸向等分三段區域加上

穗軸排出端直接以導板匯集玉米粒，並由人工以帆布袋收集，所分之三段區域由靠近進料端向後編號為1、2、3，穗軸排出端的集料口則編號第4。實驗之控制變因有1.脫粒軸轉數(550 RPM, 650 RPM, 750 RPM)，2.濕基含水率，(20%，22%，25%)。每次以50Kg玉米穗進行試驗，為了減少非脫粒損傷，以人工將玉米穗置於擱板輸送機之擱板上進料，進料前，先倒入若干穗軸於脫粒筒中，使脫粒機先行轉機，轉數穩定後依設定轉數、進料、脫粒等步驟進行。脫粒時收集各區段脫下之玉米粒，立刻將所收集之玉米粒稱重，除以玉米粒總重，得到沿脫粒軸向三區域之脫粒率。每級轉數做三次，也就是共需 $3 \times 3 \times 50 = 450$ Kg的玉米穗原料。在各區域所收集玉米粒中，各取3組約100公克玉米粒，共取 $3 \times 4 \times 9 = 108$ 組樣本，各組樣本均置於密封之塑膠袋中，於實驗進行之翌日送回臺大農機系試驗室，將各袋中之玉米粒取出部份玉米粒用烤箱法測定含水率，其餘玉米粒再用分樣器取樣100顆，進行損傷分析。

(二)分離力試驗：試驗裝置取自高精公司拉壓試驗機之拉力計。試驗方法：準備20顆玉米穗，每顆玉米穗自穗頂至底端間做記號分為三段，每段取10顆玉米粒做玉米粒與穗軸的分離力試驗並記錄之。做分離力試驗時係將夾具將玉米粒夾妥後，以左手輕握玉米穗，右手持拉力計水平方向迅速拉起玉米粒，由拉力計上可讀出拉起動作中所施的最大力值。做完一顆玉米穗拉力試驗後，於各區段取下若干玉米粒以烤箱法測定各區段之玉米粒含水率。

4.2 損傷之分類及決定

(一)定性描述：指的是檢視玉米粒的損傷性質，包含損傷的部份、種類等。動態實驗所得的樣品送回實驗室後，先以四號篩網(12/64英寸網孔直徑)篩選，通過篩孔的玉米粒，以分樣器隨機取樣100顆玉米粒，視其損傷性質，以損傷部位分為四大類：1.嚴重損傷包括破裂、碎片等不完整之玉米粒在內。2.冠部損傷：指玉米粒冠部受損而言，這包括嚴重的情形如整個冠部損失，或者輕微的情形如淤傷、裂痕等。3.胚乳部損傷：包括所有發生在胚乳部位之大小傷痕。4.種皮損傷：凡是尚稱完整，但是主要損傷不屬於上述任一種損傷的，都歸為這一類。如果一顆玉米粒同時被發現到不只一種損傷，這時候將其歸類為損傷程度較重的一類。我們將嚴重損傷及冠部損傷歸類為連軸損傷，而胚乳

部損傷及種皮損傷則歸類為離軸損傷。於是吾人可以由觀察損傷部位的結果，反溯推得損傷發生於玉米粒與穗軸分離前後的比列。

為求迅速觀察及判斷損傷之狀況及類別，採用 0.5% Fast Green Dye Method，將 100 顆樣品置於塑膠杯中以前述濃度 FCF Dye 溶液中浸泡 4 分鐘，而後以清水沖洗掉玉米粒表面之溶液，再置於沉澱裝置上，待樣品表面不再滴下染劑，用水沖洗樣品，置樣品於通風盒中通風乾燥，24 小時用放大鏡觀察損傷情形。

(二) 定量描述：在每 100 顆樣品中將前述各種損傷顆粒分別計數及稱重，分別以 N_n 表示。其中 n 表示損傷類別。則定義第 n 類損傷之類別損傷率為：

$$\text{類別損傷率} = N_n / 100$$

五、結果與討論

實驗結果，由表 5.1 所示，區段 1 的脫粒率約在 42%~50% 之間，區段 2 的脫粒率約在 31%~34% 之間，區段 3 的脫粒率則約在 19%~23% 之間，平均脫粒率為區段 1，46.30%，區段 2，32.91%，區段 3，20.79%。表示約有近半數的玉米穗在進入脫粒筒後的前半段就被脫下，因此若前半段所

表 5.1 各種不同脫粒筒轉速及含水率下，沿脫粒軸向各區段之脫粒率

脫粒軸轉速 (RPM)	含水率 (w.b%)	前段 ×100	中段 ×100	後段 ×100
550	20	47.15	33.50	19.35
	22	44.89	31.17	23.94
	25	45.91	32.26	21.84
650	20	47.31	33.25	19.44
	22	45.05	34.07	20.88
	25	46.08	31.80	22.12
750	20	46.83	34.15	19.02
	22	42.86	33.64	23.50
	25	50.65	32.38	16.97

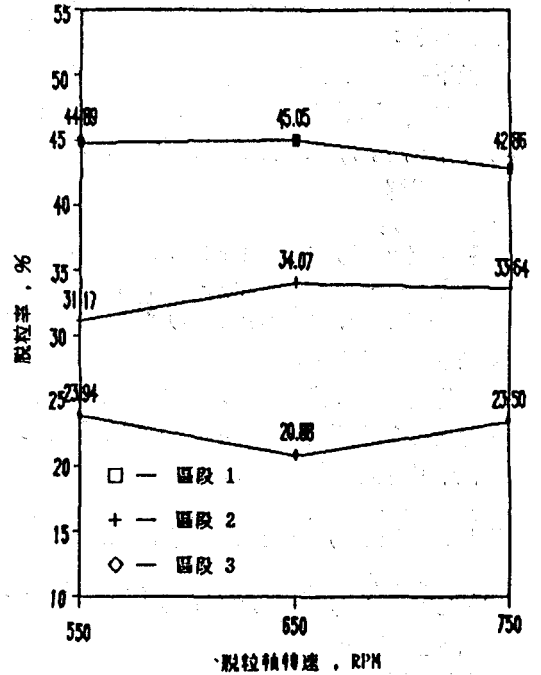


圖 5.1 軸流式玉米脫粒機構沿脫粒軸向之脫粒率分佈與脫粒軸轉速之關係 (含水率=20%)

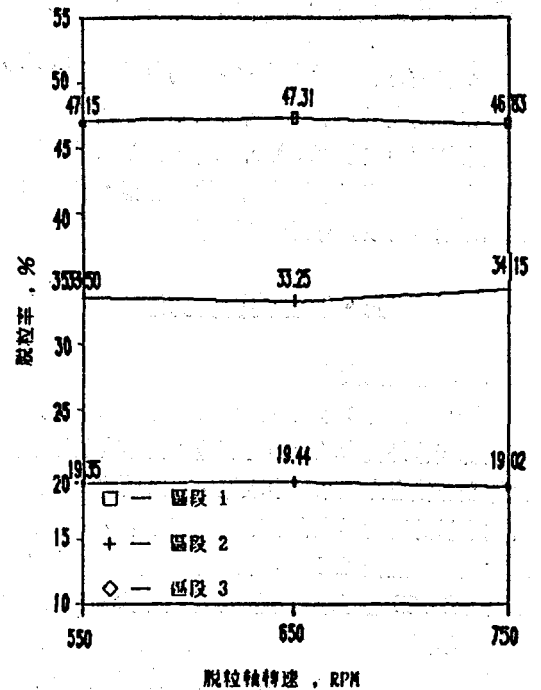


圖 5.2 軸流式玉米脫粒機構沿脫粒軸向之脫粒率分佈與脫粒軸轉速之關係 (含水率=22%)

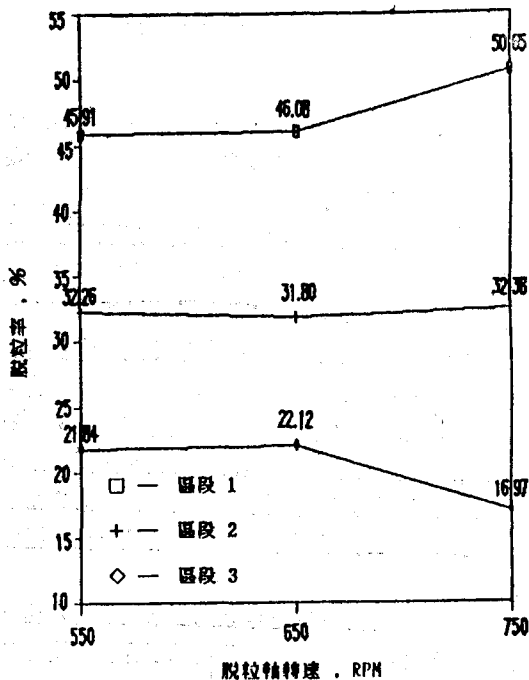


圖 5.3 軸流式玉米脫粒機構沿脫粒軸向之脫粒率分佈與脫粒軸轉速之關係 (含水率為25%)

脫下的玉米粒能即時由脫粒筒中排出，將可避免因多停留在脫粒筒中的時間中受到損傷。再由圖 5.1、5.2、5.3 吾人發現在含水率為20%時，脫粒率受轉速影響不大，不論那一個區段，脫粒率變化均在1%之內。而在含水率增加時，脫粒率對轉速的改變就比較敏感，而且含水率愈高愈敏感，在含水率為25%時，區段1及區段3的脫粒率變化達到5%。理論上，我們知道當玉米穗上的部份玉米粒已被脫下時，其餘的玉米粒比較容易被脫下，因此吾人希望在玉米穗進入脫粒筒的初期，也就是在區段1就脫下大部份的玉米粒，並且能即時排出脫粒筒，所以我們檢視區段1的脫粒率。由圖 5.1、5.2 中顯示，含水率在25%以下，脫粒率受脫粒軸轉速影響不大，圖 5.3，我們發現在含水率為25%時，區段1的脫粒率隨脫粒軸轉速增加而增加，同時在含水率為25%，脫粒軸轉速為750 RPM 時，區段1的脫粒率最高達到 50.65%。在含水率為22%，脫粒軸轉速為750 RPM 時區段1的脫粒率只有 42.86%。

不同含水率及脫粒軸轉速下，沿脫粒軸軸向各區段的各類脫粒損傷表列於表 5.2 至表 5.5 之中，由表 5.3 及表 5.5 中，連軸損傷平均值為32.491%，

表 5.2 不同含水率玉米穗脫粒時所產生的各類脫粒損傷

區段	含水率	完整顆粒	嚴重損傷	冠部損傷	種皮損傷	胚損傷	乳傷
1	20%	16.000	4.333	29.889	33.000	16.778	
	22%	17.222	4.667	23.222	32.111	22.778	
	25%	17.222	3.778	22.889	42.889	13.333	
2	20%	14.444	4.111	27.556	39.111	13.667	
	22%	14.222	6.444	24.111	36.667	18.556	
	25%	12.667	4.222	25.000	46.111	12.000	
3	20%	13.556	5.222	32.333	36.333	12.556	
	22%	16.556	4.222	26.889	31.667	20.667	
	25%	14.333	6.222	22.667	41.778	15.000	

表 5.3 不同含水率玉米穗脫粒時所產生的連軸及離軸損傷及其比例

區段	含水率	連軸損傷	離軸損傷	連軸/離軸比
1	20%	34.222	49.778	0.696
	22%	27.889	54.889	0.527
	25%	26.667	56.222	0.482
2	20%	31.667	52.889	0.619
	22%	30.556	55.222	0.570
	25%	29.222	58.111	0.526
3	20%	37.333	51.000	0.780
	22%	31.111	52.333	0.629
	25%	28.889	56.556	0.527

離軸損傷平均值為53.343%，連軸損傷與離軸損傷的比例約為0.48到0.78之間，平均為0.61，換言之，連軸損傷與離軸損傷之比約為3比5。由表 5.2 及表 5.4，我們求得完整顆粒平均約14.222%，各種損傷的平均值分別為，嚴重損傷，5.074%，冠

表 5.4 不同脫粒軸轉速下，玉米穗脫粒時所產生的各類脫粒損傷

區段	轉數	完整顆	嚴重損傷	冠部損傷	種皮損傷	胚乳損傷
1	550	14.111	3.556	24.667	42.889	14.889
	650	19.889	4.222	24.889	31.111	19.889
	750	16.444	5.000	26.444	34.000	18.111
2	550	12.556	5.111	23.111	47.444	10.667
	650	13.000	5.333	28.556	35.778	17.333
	750	15.778	4.333	25.000	38.667	16.222
3	550	16.444	4.000	24.778	44.333	10.444
	650	14.111	5.333	30.667	31.889	18.000
	750	13.889	6.333	26.444	33.556	19.778

表 5.5 不同脫粒軸轉速下，玉米穗脫粒時所產生的連軸及離軸損傷及其比例

區段	轉速	連軸損傷	離軸損傷	連軸/離軸比
1	550	28.222	57.778	0.502
	650	29.111	51.000	0.581
	750	31.444	52.111	0.622
2	550	28.222	58.111	0.491
	650	33.889	53.111	0.654
	750	29.333	55.000	0.570
3	550	28.778	54.778	0.538
	650	35.778	52.000	0.716
	750	32.778	53.111	0.682

部損傷，27.435%，種皮損傷，37.611%，胚乳損傷，15.565%。種皮損傷佔大多數，種皮損傷比胚乳損傷高的原因，是因為種皮有較高的受損傷面。顯然，有大半的損傷的發生是因為玉米粒與穗軸分離後未能即時排出之故。

六、結 論

根據實驗結果顯示，軸流式玉米脫粒機的連軸損傷與離軸損傷約呈 3 : 5 之比。因為連軸損傷在玉米脫粒的過程中不易避免，要減少連軸損傷大半要靠玉米物性的改良；加上軸流式玉米脫粒機構的離軸損傷大於連軸損傷，因此我們知道在減少脫粒損傷的努力中，除了脫粒機構的改良外，事實上如何設計一高效率的排出機構，使脫下的玉米粒能及時離開脫粒筒，減少損傷的機會，也是很重要的。此外，軸流式脫粒機構，由於脫粒行程較長，因此而有較高的離軸損傷，縮短脫粒行程，雖然可以減少離軸損傷，但是實驗顯示，在脫粒軸的第 3 區段，仍有 16% 至 22% 的脫粒率，可見脫粒行程不能任意縮短。

實驗結果顯示，有近半數的玉米粒在進入脫粒筒後的前半段就被脫下，這些被脫下的玉米粒若未能及時排出，只有增加損傷。在脫粒率的實驗中，吾人發現在含水率為 20% 時脫粒率受轉速影響不大，不論那一個區段，脫粒率變化均在 1% 之內。而在含水率增加時，脫粒率對轉速的改變就比較敏感；因此為了實際作業所需，含水率低，有助於作業效率的提高。

在損傷實驗當中，整體的損傷隨含水率增加而增加，而當脫粒軸轉數愈高，靠近末端的損傷增加的愈快；隨着脫粒軸轉速的升高，嚴重損傷及冠部損傷（亦即連軸損傷），都有升高的趨勢；而離軸損傷則隨脫粒軸轉速升高而有減少的趨勢，而且區段 2 的離軸損傷最高，因此就降低離軸損傷的觀點而言，如何在區段 2 的部份做改進是一個重點。

本研究中之理論推導式中的 D_c , D_t , α , β , γ , K 等項變數都是與脫粒效果有密切關係的因子，若能求出，將有助於脫粒機構的設計改良；此外，由公式推導可知，影響脫粒效率之機構因子，最重要的是脫粒齒施於玉米穗之作用力的方向，也就是 r 角，而與脫粒齒的材質無甚關聯。

七、建 議

(1) 由本研究的結論可知脫粒行程的決定必須在脫粒效率及脫粒損傷之間求得一最佳值。求出最佳的脫粒行程建議值，可做將來研究主題。

(2) 求出最佳的脫粒齒與玉米穗之間的作用角，

γ 值，做為脫粒機構設計參考。

(3)本研究僅對軸流式玉米脫粒機的損傷作基礎研究，將來可再增加實驗的變數範圍，諸如不同的進料量、增加脫粒軸轉數的級數、不同材質的脫粒齒、不同脫粒齒的排列等，探討各種變數對損傷的影響程度如何。

(4)本研究中未考慮衝擊力對玉米粒損傷的影響，這也是值得研究的主题。

(5)建立玉米的物性資料，諸如玉米粒對不同材質的靜摩擦係數及動摩擦係數、玉米粒的破碎強度等。

(6)本研究的研究品種只有臺農 351 號，將來可多做幾種品種，互作比較。

八、參考文獻

1. 馮丁樹，1986，農產品儲運設備研討會資料(八)，玉米穗之乾燥特性。中華民國農業機械化研究發展中心。
2. 間中正雄，1984，圓筒型大豆脫殼機之開發研究(第二報)農業機械學會誌，46(2):189—195。
3. USDA. 1967. Hugs and „queezes. Agricultural Research, 16(Nov): 17.
4. Aunold, R. E., 1964. Experiments with raspbar threshing drums: I. Some factors affecting performance. Journal of Agricultural Engineering Research, 9(2): 99-131.
5. Bakstrom, Ray., 1963. Further development and requirements in field shelling of corn. ASAE. Paper 63-647.

6. Bilanski, W. K., 1966. Damage resistance of seed grains. Trans. of the ASAE. 9(3): 360-363.
7. Kolganov, K. G., 1958. Mechanical damage to grain during threshing. Journal of Agricultural Engineering Research. 3(2): 179-184.
8. Brass, William R., 1970. Development of a low damage corn shelling cylinder. Unpublished M.S. Thesis, Iowa State University Library, Ames, Iowa.
9. Buchele, W. F., 1975. Distribution of shelled corn throughput and mechanical damage in a combine cylinder. Trans. of the ASAE. 18(3): 448-452.
10. Fox, R. E., 1969. Development of a compression type corn threshing Cylinder. Unpublished M. S., Thesis. Library, Iowa State University, Ames, Iowa.
11. Hall, G. E., 1961. Departmental report. Ohio Agricultural Experiment Station, Wooster, Ohio.
12. Johnson, W. H., 1970. Corn kernel crackage induced by mechanical shelling. Trans. of the ASAE. 13(1): 51-55.
13. Lamp, B. J., 1960, Centrifugal threshing of small grains. Trans. of ASAE. 3(2): 24-28.
14. Miles, S. R., 1956. Maturity of corn in relation to field shelling. Proceedings of Conference on Field Shelling and Drying Corn, USDA.

歡 迎 會 員 先 生

多 多 投 稿