

玉米穗軸之粉碎試驗

Comminution Tests of Corncobs

國立中興大學農機系副教授

李 芳 繁

Fang-Fan Lee

摘 要

本研究之粉碎試驗包括粗粉碎試驗與細粉碎試驗。粗粉碎機與細粉碎機均為鎚擊式，分別由3及10馬力之電動機所帶動。粗粉碎試驗使用18、23、35、42公尺/秒等四種打擊速度，與7、12、15、18mm等四種孔徑之篩網。細粉碎試驗以篩網孔徑為7mm之粗粉碎試驗產品為原料。細粉碎試驗之打擊速度為93公尺/秒，篩網有兩種，分別具有1.5與3mm之孔徑。

試驗結果顯示玉米穗軸含水率愈高，粉碎愈容易，反之則愈困難。粗粉碎之打擊速度以大於35公尺/秒效果較佳，速度低時穗軸木環部不易粉碎。粗粉碎能量與篩網孔徑成正比。細粉碎以使用打擊片效率較高，打擊鎚效率低不適於細粉碎。

Abstract

The tests in this research consisted of the coarse milling test and the fine milling test. The coarse mill and the fine mill were both hammer type and were driven by a 3HP and a 10HP motors, respectively. In the coarse milling tests, impacting speeds of 18, 23, 35 and 42 m/s, and screens with 7, 12, 15 and 18 mm diameter openings were used. In the fine milling tests, impacting speed of 93 m/s and screens with 1.5 and 3 mm diameter openings were used.

Testing results revealed that corncobs with higher moisture content were easier to be comminuted than those with lower moisture content. In the coarse milling the woody ring of corncob was difficult to comminute at low impacting speed, and an impacting speed greater than 35 m/s was needed for satisfied efficiency. The milling capacity of coarse mill increased with an increase in the opening diameter of the screen. In the fine milling, the striking plates had much higher efficiency than that of the striking hammers.

一、前 言

本研究係利用作者發表於本學報第三十一卷第

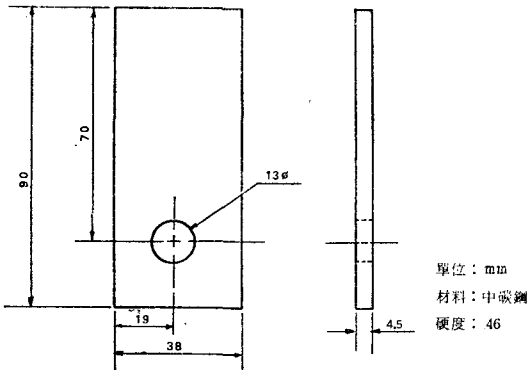
四期之「玉米穗軸粉碎機之研製與改良」一文所使用之設備，做更完整之玉米穗軸粉碎試驗，以建立更完整之資料。

二、試驗材料

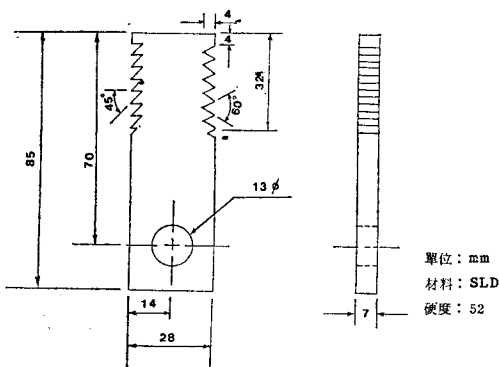
本研究使用之玉米穗軸為臺農 351 號，含水率在 30% 上下。穗軸有二批，均取自雲林縣斗南鎮農會飼料廠。第一批與第二批分別在民國七十五年元月廿四日及二月廿一日取回。玉米穗在飼料廠經機器脫粒後，穗軸立即裝袋運回中興大學農機系，在運回後三週內完成粉碎試驗。試驗期間穗軸含水率無顯著變化。

三、試驗方法

粗粉碎試驗與細粉碎試驗方法均與「玉米穗軸粉碎機之研製與改良」一文所述相同。但粗粉碎試驗的打擊速度由原來的兩個 (18 及 35m/s) 增加為四個 (18、23、35、42m/s)；打擊片 (面) 由一種 (無齒) 增加為三種 (無齒、45° 齒、60° 齒)，如圖一與圖二所示；篩網由兩種 (7 及 12mm 孔徑) 增加為四種 (7、12、15、18mm 孔徑)。



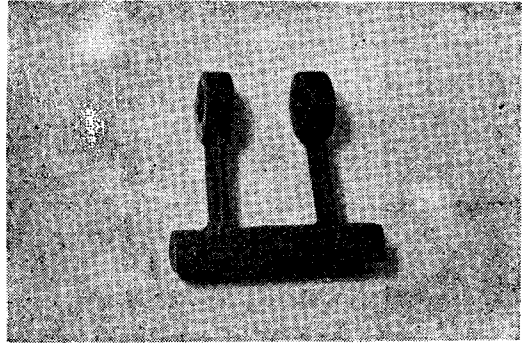
圖一 無齒打擊片



圖二 具有 45° 齒與 60° 齒打擊面之打擊片

細粉碎試驗的打擊速度仍為 93m/s；除了原來的打擊鏈 (圖三) 外，增加了粗粉碎試驗所使用之 45° 及 60° 齒打擊面；篩網由原來的三種 (1×12、1.5、3mm) 減為兩種 (1.5 及 3mm)。

為了節省時間，在粗粉碎試驗中 60° 齒之打擊面僅使用 42m/s 之打擊速度試驗，因此粗粉碎試驗共有 36 種組合。細粉碎試驗則有 6 種組合。粗粉碎與細粉碎試驗共有 42 種組合，每種組合做 3 次試驗總共有 126 次試驗。每次試驗之原料重量為 10 公斤。使用無齒打擊片，7mm 孔徑篩網，18m/s 打擊速度之粗粉碎試驗產品被做為細粉碎試驗之原料。



圖三 打擊鏈

四、試驗結果與討論

表一為使用無齒打擊片之粗粉碎試驗結果的平均值，表二為使用 45° 齒打擊面之粗粉碎試驗結果的平均值。因試驗數據太多，故僅列出每種組合之重複三次試驗結果的平均值。圖四及圖五分別為使用無齒打擊片之粗粉碎試驗，在不同的打擊速度下，其粉碎能量及每公噸所需電量與篩網孔徑之關係。而圖六及圖七則分別使用 45° 齒打擊面之粗粉碎試驗，在不同的打擊速度下，其粉碎能量及每公噸所需電量與篩網孔徑之關係。

圖四及圖六顯示粉碎能量隨著篩網孔徑之增加而增加，但粉碎能量與打擊速度之關係則不明顯。無齒打擊片之粉碎能量與篩網孔徑之相關係數 (correlation coefficient) 為 0.94，但粉碎能量與打擊速度之相關係數僅為 0.25。至於 45° 齒打擊面之粉碎能量與篩網孔徑之相關係數為 0.90，而與打擊速度之相關係數則為 0.36。

若應用 SAS PROC GLM，可求得無齒打擊片粉碎能量之迴歸方程式為

$$C = -163.8 + 2.93S + 26.16D$$

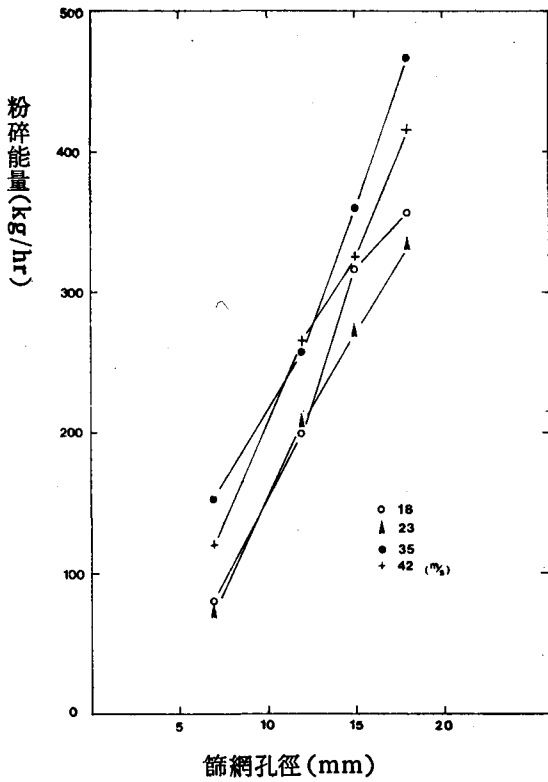
$$R^2 = 0.95$$

表一 使用無齒打擊片之粗粉碎試驗結果之平均值

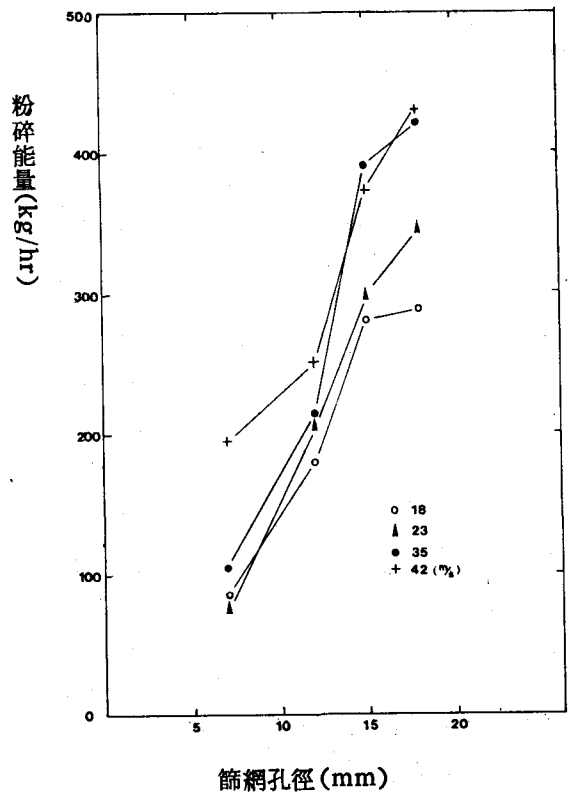
| 打擊速度 m/s | 篩網孔徑 mm | 產品與原料 之體積比 | 粉碎時間 min | 粉碎能量 kg/hr | 每公噸所需電量 kw-hr/ton |
|-------------|------------|---------------|-------------|---------------|----------------------|
| 18 | 7 | 0.93 | 7.61 | 79.40 | 47.67 |
| | 12 | 0.90 | 3.02 | 199.50 | 18.0 |
| | 15 | 0.90 | 1.90 | 315.67 | 11.67 |
| | 18 | 0.90 | 1.70 | 354.98 | 10.0 |
| 23 | 7 | 0.88 | 7.95 | 75.78 | 56.67 |
| | 12 | 0.92 | 2.92 | 205.69 | 18.33 |
| | 15 | 0.89 | 2.19 | 273.75 | 12.33 |
| | 18 | 0.90 | 1.81 | 331.58 | 10.0 |
| 35 | 7 | 0.96 | 3.96 | 152.19 | 23.33 |
| | 12 | 0.99 | 2.37 | 254.73 | 10.0 |
| | 15 | 0.96 | 1.70 | 360.60 | 8.33 |
| | 18 | 0.97 | 1.28 | 470.10 | 6.67 |
| 42 | 7 | 0.95 | 4.89 | 122.78 | 29.33 |
| | 12 | 0.98 | 2.27 | 265.54 | 14.0 |
| | 15 | 1.0 | 1.85 | 324.44 | 10.0 |
| | 18 | 0.97 | 1.45 | 415.87 | 10.67 |

表二 使用45°齒打擊面之粗粉碎試驗結果之平均值

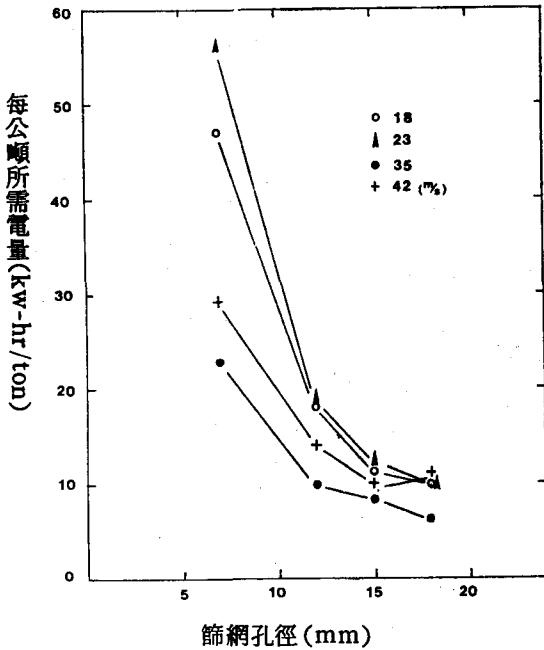
| 打擊速度 m/s | 篩網孔徑 mm | 產品與原料 之體積比 | 粉碎時間 min | 粉碎能量 kg/hr | 每公噸所需電量 kw-hr/ton |
|-------------|------------|---------------|-------------|---------------|----------------------|
| 18 | 7 | 0.90 | 7.35 | 85.72 | 48.33 |
| | 12 | 0.90 | 3.32 | 180.80 | 18.0 |
| | 15 | 0.89 | 2.14 | 280.82 | 13.33 |
| | 18 | 0.91 | 2.09 | 287.24 | 11.33 |
| 23 | 7 | 0.83 | 7.94 | 76.13 | 51.67 |
| | 12 | 0.92 | 2.89 | 208.31 | 20.0 |
| | 15 | 0.93 | 2.02 | 299.70 | 13.33 |
| | 18 | 0.88 | 1.73 | 347.04 | 11.67 |
| 35 | 7 | 0.94 | 5.77 | 104.57 | 43.33 |
| | 12 | 0.95 | 2.79 | 215.37 | 16.67 |
| | 15 | 0.99 | 1.55 | 389.07 | 10.0 |
| | 18 | 0.96 | 1.42 | 421.90 | 11.67 |
| 42 | 7 | 0.94 | 3.11 | 194.89 | 21.0 |
| | 12 | 0.97 | 2.41 | 251.04 | 16.67 |
| | 15 | 0.97 | 1.62 | 371.59 | 11.67 |
| | 18 | 1.0 | 1.39 | 430.70 | 10.67 |



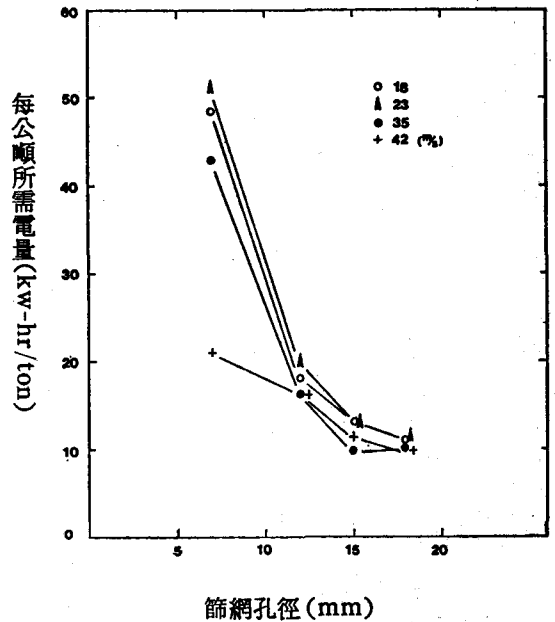
圖四 使用無齒打擊片之粗粉碎試驗，在不同之打擊速度下，其粉碎能量與篩網孔徑之關係



圖六 使用45°齒打擊面之粗粉碎試驗，在不同之打擊速度下，其粉碎能量與篩網孔徑之關係



圖五 使用無齒打擊片之粗粉碎試驗，在不同之打擊速度下，其每公噸所需電量與篩網孔徑之關係



圖七 使用45°齒打擊面之粗粉碎試驗，在不同之打擊速度下，其每公噸所需電量與篩網孔徑之關係

而45°齒打擊面粉碎能量之迴歸方程式為

$$C = -186.8 + 4.27S + 24.6D$$

$$R^2 = 0.94$$

式中 C=粉碎能量, kg/hr,

S=打擊速度, m/s,

D=篩網孔徑, mm。

由圖五及圖七可知在篩網孔徑分別為12、15、18mm時, 粉碎每公噸穗軸所需之電量, 未因打擊速度之不同而造成顯著差異。但在篩網孔徑為7mm時, 不同的打擊速度所需之電量差異甚大。這是因為較低之打擊速度粉碎穗軸木環部之效果不佳所致。

比較表一與表二之全部粉碎能量後, 得知無齒打擊片與45°齒打擊面之粉碎效果無顯著之差別。表三為打擊速度是42m/s時, 三種不同之打擊片(面)之粗粉碎試驗結果。表三顯示, 無齒打擊片之粉碎能量與60°齒者相近, 但45°齒者則較高。

表四及圖八為細粉碎試驗結果之平均值。很顯然的, 45°齒面與60°齒面之粉碎能量遠大於打擊鏈

之粉碎能量。就1.5mm孔徑篩網而言, 前二者之粉碎能量約為後者之1.7倍; 就3mm孔徑篩網而言, 前二者之粉碎能量約為後者之3倍。前二者所產生之噪音亦遠較後者所產生者為小。

表五是細粉碎試驗產品之平均粒徑分佈。由表可知, 45°齒面與60°齒面產品之粒徑分佈頗為相似。但打擊鏈之產品則顯然較45°齒及60°齒之產品為細, 其中以篩網孔徑1.5mm時, 大於0.5mm之產品重量相差最多。造成此種差異之原因為打擊鏈之粉碎方法為撞擊, 而45°及60°齒面之粉碎方法除撞擊外還有切割。

表六與表七是今(七十五)年度與去年度之粗粉碎與細粉碎試驗結果之比較。試驗條件除了穗軸含水率不同外, 其他條件均相同。因此, 由表六與表七可知穗軸含水率對粉碎效率之影響。在粗粉碎, 穗軸含水率之增加使粉碎能量顯著提高。當然, 粉碎能量之提高部分歸因於含水率較高之穗軸比重較大。對細粉碎而言, 穗軸含水率之高低對粉碎能量之影響較小。

表三 打擊速度為42m/s時不同打擊片(面)之粗粉碎能量及耗電量之比較

| 打擊片(面) | 篩網孔徑 mm | 粉碎能量 kg/hr | 每公噸所需電量 kw-hr/ton |
|--------|------------|---------------|----------------------|
| 無齒 | 7 | 122.78 | 29.33 |
| | 12 | 265.54 | 14.0 |
| | 15 | 324.44 | 10.0 |
| | 18 | 415.87 | 10.67 |
| 45°齒 | 7 | 194.89 | 21.0 |
| | 12 | 251.04 | 16.67 |
| | 15 | 371.59 | 11.67 |
| | 18 | 430.70 | 10.67 |
| 60°齒 | 7 | 128.23 | 28.33 |
| | 12 | 212.85 | 19.33 |
| | 15 | 304.26 | 14.33 |
| | 18 | 391.44 | 11.33 |

表四 細粉碎試驗結果之平均值

| 打擊鏈(面) | 篩網孔徑 mm | 產品與原料之 體積比 | 粉碎時間 min | 粉碎能量 kg/hr | 每公噸所需電量 kw-hr/ton |
|---------|------------|---------------|-------------|---------------|----------------------|
| 45° 齒 面 | 1.5 | 1.0 | 17.13 | 34.57 | 331.67 |
| | 3 | 1.04 | 5.68 | 102.18 | 120.0 |
| 60° 齒 面 | 1.5 | 1.08 | 14.79 | 39.48 | 285.0 |
| | 3 | 0.99 | 4.67 | 121.56 | 100.0 |
| 打 擊 鏈 | 1.5 | 0.73 | 28.07 | 21.08 | 500.0 |
| | 3 | 0.89 | 16.0 | 36.6 | 300.0 |

表五 細粉碎試驗產品之平均粒徑分佈*

| 打擊鏈(面) | 篩網孔徑 mm | >2mm | >1mm | >0.5mm | >0.25mm | >0.125mm | 底 盤 |
|---------|------------|------|------|--------|---------|----------|------|
| 45° 齒 面 | 1.5 | 0 | 0.5 | 31.5 | 26.9 | 21.6 | 19.5 |
| | 3 | 1.3 | 20.4 | 44.6 | 18.0 | 11.4 | 4.3 |
| 60° 齒 面 | 1.5 | 0 | 0.6 | 36.2 | 26.2 | 21.3 | 15.7 |
| | 3 | 1.2 | 22.0 | 48.4 | 21.5 | 6.5 | 0.4 |
| 打 擊 鏈 | 1.5 | 0 | 0.5 | 8.6 | 26.0 | 30.7 | 34.2 |
| | 3 | 0.5 | 12.1 | 45.0 | 18.9 | 12.9 | 10.6 |

* 單位為公克

表六 七十四與七十五年度粗粉碎試驗結果之比較*

| 試驗年度 | 穗軸含水率 % | 打擊速度 m/s | 篩網孔徑 mm | 粉碎能量 kg/hr |
|------|------------|-------------|------------|---------------|
| 74 | 15 | 18 | 7 | 60.70 |
| | | | 12 | 117.66 |
| | | 35 | 7 | 80.78 |
| | | | 12 | 155.18 |
| 75 | 30 | 18 | 7 | 79.40 |
| | | | 12 | 199.50 |
| | | 35 | 7 | 152.19 |
| | | | 12 | 254.73 |

* 均使用無齒打擊片

表七 七十四與七十五年度使用打擊鎚之細粉碎試驗結果之比較

| 試驗年度 | 穗軸含水率 % | 篩網孔徑 mm | 粉碎能量 kg/hr |
|------|---------|---------|------------|
| 74 | 15 | 1.5 | 17.82 |
| | | 3 | 30.34 |
| 75 | 30 | 1.5 | 21.08 |
| | | 3 | 36.60 |

五、結 論

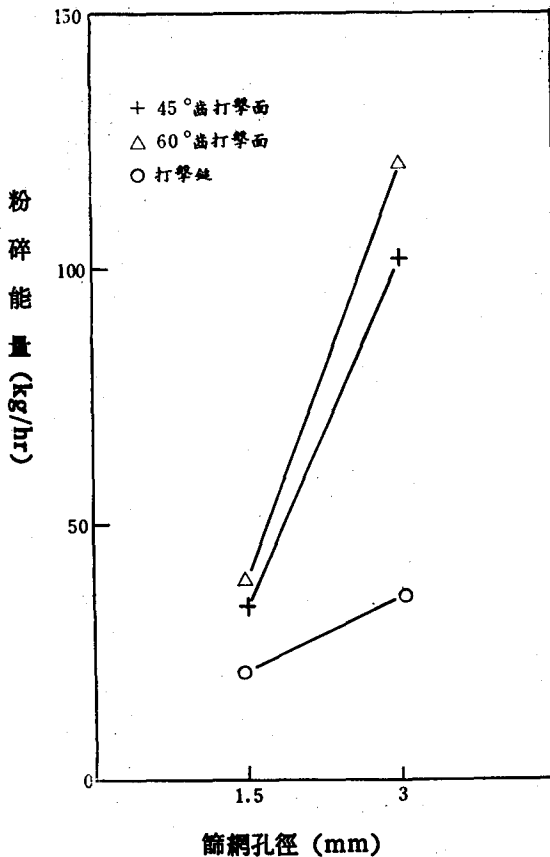
- (一)、粉碎能量與篩網孔徑成正比。
- (二)、穗軸含水率愈高，粉碎愈容易，含水率愈低，粉碎愈困難。
- (三)、粗粉碎打擊速度為 18m/s 時，穗軸之木環部粉碎困難。
- (四)、粗粉碎打擊速度為 18m/s 時，有齒打擊片較易折斷。
- (五)、粗粉碎在打擊速度大於 35m/s 時效率較高。
- (六)、打擊鎚不適於玉米穗軸之細粉碎。

六、謝 誌

本文承農業發展委員會補助經費，及謝廣文教，黃輝龍、胡鴻章、曾國泰同學之協助，始克順利完成，謹誌謝意。

七、參考文獻

1. 李芳繁，謝廣文，1985，玉米穗軸粉碎機之研製與改良，中國農業工程學報，第31卷第4期。
2. Barr, A.J., J.H. Goodnight, J.P. Sall and J.T. Helwig. 1979. SAS User's Guide SAS Institute, Inc., Raleigh, N. C. U. S. A.



圖八 細粉碎試驗結果