水稻收穫機之研究

鄔清標　王璧貽　游金泉

一、前　言

本省水稻之收穫工作所需工時約佔整個水稻作業之四分之一，所佔勞資可謂高，但除了部分脚踏脫穀機已裝成由引擎帶動外，在水稻收穫工作方面之機械化幾乎毫無進展，究其原因，主要是收穫機較其他整地機械更複雜精細及處理對象之不易控制。爲了配合農業全盤機械化，並減輕收穫期間農工之過分迫需及減少農友之辛勞，收穫工作之機械化實屬必要，本所有鑒於此乃於民國五十二年着手水稻收穫機之研究。

二、已有收穫機之性能比較

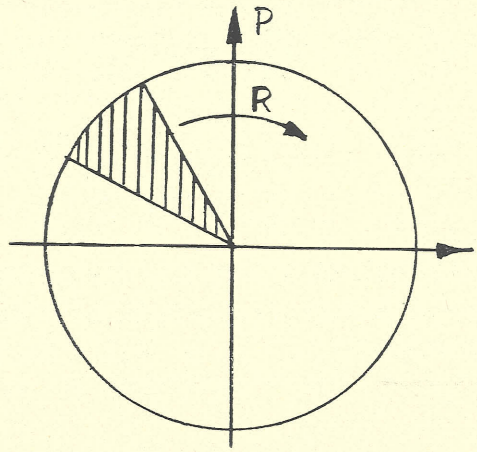
1. 供試收穫機
   a. 人力手推結束式收穫機
   b. 人力手推單行割倒式收穫機
   c. 人力手推双行割倒式收穫機
   d. 鋸盤割倒式動力收穫機
   e. 鋸盤收束式動力收穫機
   f. 剪刀式附皮帶後送之動力收穫機
   g. 剪刀式附撥稻輪之動力收穫機
2. 作業性能之檢討
   a. 人力手推式收穫機共同之缺點爲使用費力，並且稻桿被割切部份沾有多量土粒，刀口割切約 10 株稻株後就不銳利而使稻株發生零亂，稻株發生零亂後部分稻桿就被縱破，而使稻穗埋沒土中及脫粒，致使工作效率不但很低，並脫粒損失極大，不甚適用。
   b. 動力收穫機割切部分之比較
      (i) 圓盤鋸之構造較簡單，並且作業中機器之振動較小，但僅圓盤鋸之廻轉方向與機身前進方向相反之一方割切情形較佳，其他部位則雖可割切，但同時使稻桿飛散而發生散亂，因此圓盤鋸只適於單行割切，若要作數行用則需要配備可握住稻束之輸送機構而使機件複什化。
      (ii) 活動剪刀：活動剪刀之形狀及大小很多，並由許多農業工程師如 Bosoi, R. A. Kepre, O. A. Fisher, W. J. Choncellor, K, H. Norris 於 Cutting action of a mower 之研究報告中得知，不同作物所需之割切之條件亦不同，故爲了解割切水稻用刀双之性能仍作了一些基本分析。

三、刀双割切性能分析試驗

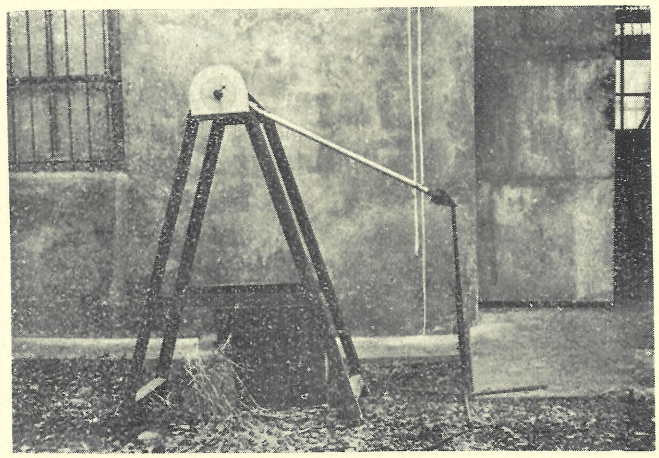
1. 實驗裝置：

利用金屬衝擊試驗機之構造原理，自製一臺擺動刀以作割切試驗之用，其構造如第二圖所示，擺動刀及刀双可隨意裝卸因此各種不同角度的刀双均可隨意裝上，以便作割切試驗。

水稻支持器與刀双之距離可任意調整。因爲由 Bosoi 之實驗得知，割切高度與割切角有密切的關係，所以支持器與刀双間之距離必須合於實際之割切高度，此次實驗之距離以 5 cm 爲基



第一圖　圓盤鋸割切效果良好部位指示圖
P指機身前進方向，R係指圓盤鋸廻轉方向斜線部分係指割切效果良好之部位。



第二圖　割　切　試　驗　機

準。

2. 稻株之選擇：

稻株由田間拔取後經初步選擇過粗與過細之稻桿棄掉且發育不全之稻株及田間拔取時所折斷之稻株棄去，取中級稻桿直徑大約 0,38cm～0,63cm 然後在割切前再做選別把過粗與過細之稻桿棄掉，經此兩次選擇實驗所用之稻草直徑大約 0,38cm 左右，水稻桿中所含水分含量約爲 65% Wet Base 稻株割切高度與通常割切高度一樣爲 5cm.

3. 刀刃

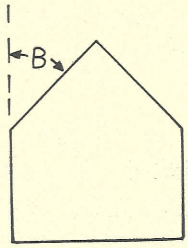


圖　三

採用 SK5 號鋼片將刀片形成然後熱處理，爲了實驗割切水稻的理想角度，我們每隔五度做一刀片。

B 角最大爲60°最小爲10°總共有十一片不同角度的刀刃。且爲了實驗所需能量與稻株在刀刃滑動的現象做了平滑刀刃及鋸齒刀刃。鋸齒刀刃之角度與平滑刀同，刀片之大小，採用最常用的尺寸以基部 5cm 爲準，實驗時採用三種不同刀刃的組合，其配合情形如下表

固定刀	活動刀
平滑刀刃	平滑刀刃
鋸齒	平滑刀刃
鋸齒	鋸齒

4. 磨擦角對割切性能之影響

稻草在割斷的瞬時是否於刀刃間發生滑動現象曾有不同的觀點，後來英國的 Johuston 用高速照相機做實驗，證實稻草在割斷前在刀刃邊緣有滑動現象發生，我們由純力學可證明此種滑動現象與刀刃傾斜角有關。

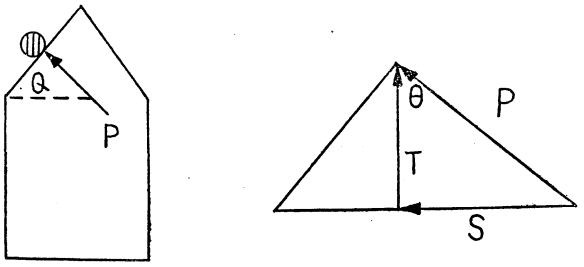


圖　四

P：作用於稻株之力
S：使稻株剪斷之力
T：使稻株趨前之力
$T = P\cos\theta$　　當 $\theta \to 0$ 時　　$\cos\theta \to 1$
即割切夾角越大稻草滑動也激烈我們由試驗中得到下列之結果。
如果割切角超過左表之角度則稻草滑走之機會大於被剪斷之機會。

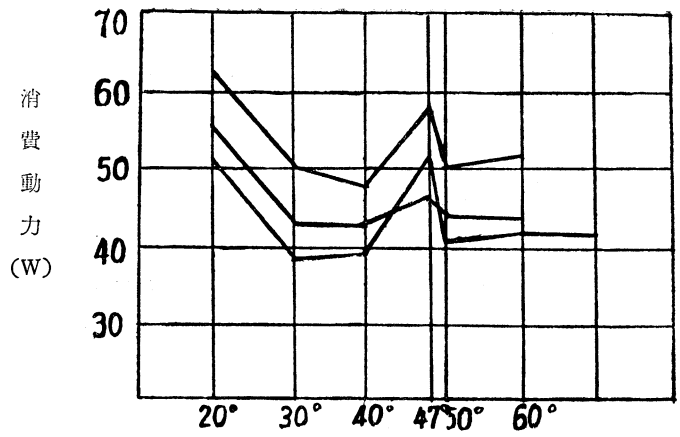
	最大割切角
固定刃平滑 活動刃平滑	57
固定刃平滑 活動刃鋸齒	62
固定刃鋸齒 活動刃鋸齒	67

5. 割切角與臨界能量：

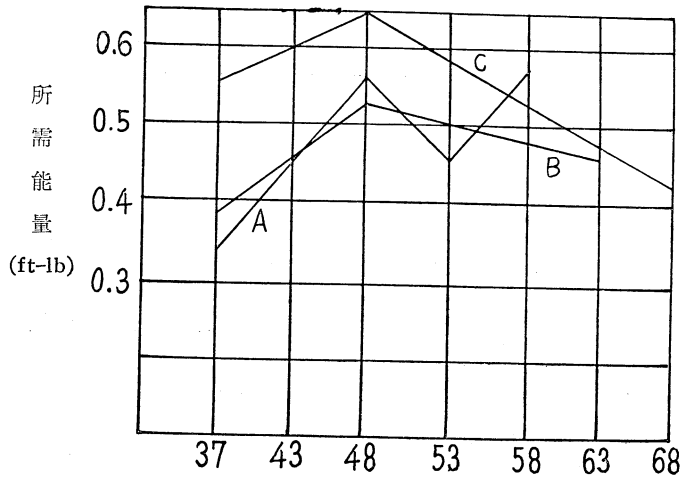
由 Fisher, Koliga 及 Wheeler 之實驗中測得了牧草，雜草等割斷的所需能量及日本Esaki Haruo 所做的田間實際實驗，告訴我們能量與割切角度有密切的關係，如第五圖。每一個割切角度的臨界能量不同，爲了解臨界能量與割切角度之關係在實驗室中我們測定了其關係，其結果如第六圖。

由日本實際的田間試驗與此次的實驗我們可獲得了如此的結論：割切角在50°左右與40°左右割斷稻草所需的能量最少，在48°左右時所需的能量增大。由實驗的調查，日本收穫機的割切角在37°。但由 Johuston 報告得知，歐洲所用割切角通常角度在 50° Bosoi 所做小麥的割切實驗割切角在38°左右，因此目前不論歐美或日本所用的割切角皆爲理想的割切角。

6. 速度與能量的關係：



圖五　大麥總消費動力



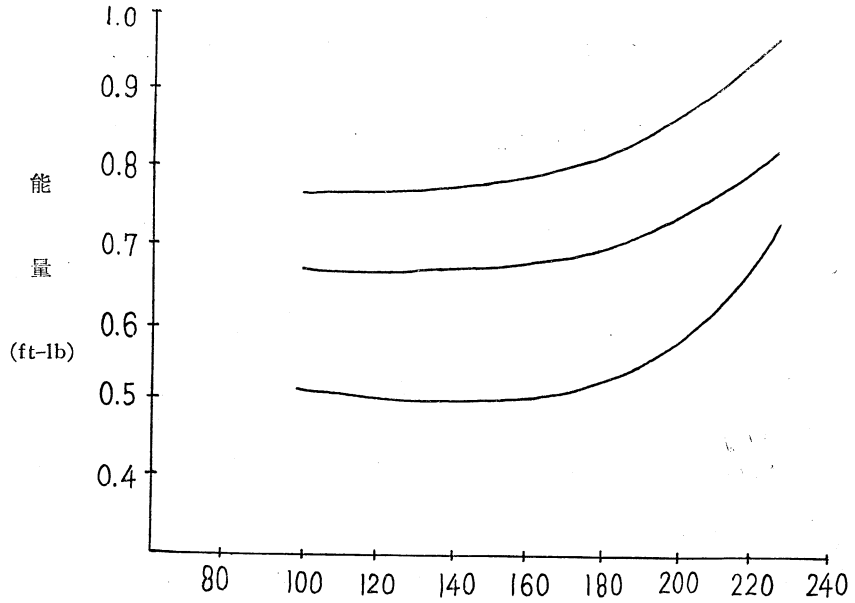
圖六　磨擦與能量之關係
（A）：兩刃皆爲平滑
（B）：固定刃鋸齒，活動刃平滑
（C）：兩刃皆爲鋸齒

刀刃的速度在割斷的工作中如果刀速過快則稻草之切斷是由於單刀片的擊斷（impact）。如果刀速慢則利用固定刃與活動刃之相對運動把稻剪斷（Shear）。在實驗中得到臨界能量和刀片之速度之關係如第七圖。

由圖得知割切速度超過 180 in/Sec 時割斷稻草的能量增加，在該點以下，割斷所需能量則無顯著增減，因此在設計收穫機時其活動刀刃之速度不要速過 180 in/Sec。又在田間試驗中觀察到活動刀刃之速度太快則將影響稻株基部之整齊。所以稻株之運送會遭受不良之影響而使輸送之稻株雜亂不齊。

7. 臘條及橡皮條割切試驗：

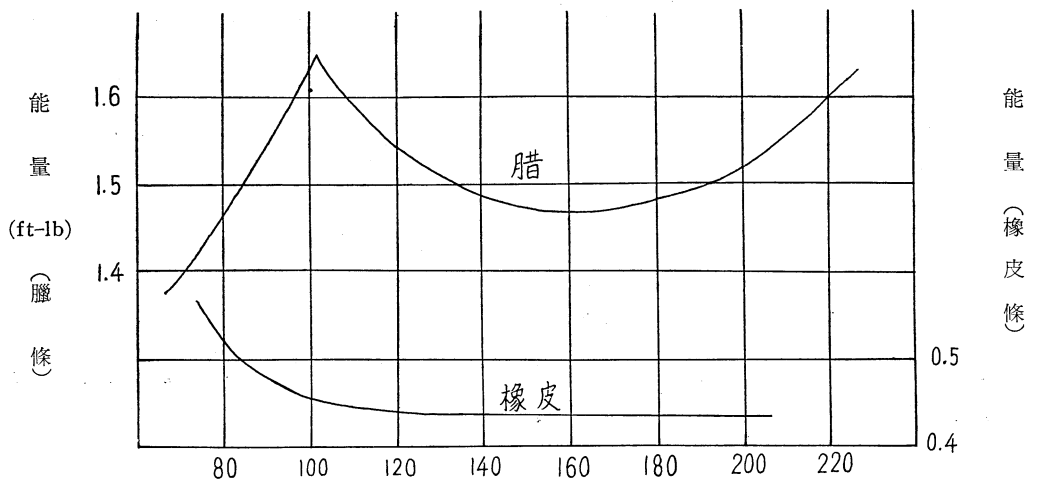
由上項試驗獲得之結論(1)割切角（Included Angle）於48°時，割切所需能量最大，40°時最小。(2)活動刀速度如果超過 180 in/Sec 則割切能量顯著增加。(3)鋸齒刀刃割切能量大於平滑刀刃。爲探討產生此種結果之原因首先試驗脆性度最大的臘條（Wax）及彈性最大的橡皮條



圖七 速度與能量之關係
(A)：兩刃皆平滑
(B)：固定刃鋸齒
(C)：兩刃皆鋸齒

(Gum) 由其中得知純脆性物體及純彈性物體割斷時能量及速度之變化其結果如圖八。

由圖八得知割切時被切的飛散消失能量並不影響其速度與能量之趨向。臘條割切曲線產生了甚爲有趣的現象。速度於 100 in/Sse 時能量達到最高，然後速度增快則所需能量漸減少。到 180 in/Sec 以上時所需能量又增加，到 220 in/Sec 時又達到最高的能量。但由於設備之關



圖八 臘條與橡皮條割切所需能量

係，未能繼續試驗。是否所需能量與速度會有週期性之現象，只有等待以後繼續的試驗。

橡皮條曲線，則速度越慢所需能量越大，速度增至 100 in/Sec 以上則不影響，這可能是因

爲速度慢時橡皮變形容易，所以易於消耗能量，速度越快，橡皮的性質相對地成爲脆性固體，故割切時不易變形，因此消耗能量較少。由這兩個極端的比較試驗尚未能獲得解答，必須在以後的試驗中加以選擇纖維物質作進一步的探討。

四、輸送裝置之檢討

a, 稻株輸送裝置之檢討：

目前已有之收穫機，稻株輸送方式大致可分兩種方式。第一種爲後送式，即將割斷後之稻株，往機身後送，收集成束後或紮成一束，再倒置於地面，在本省水稻之收割與脫穀工作是同時在田間完成，似無紮束必要。後送式之稻株勢必穿過機身故難免構造之複什不宜用在小型收穫機上。

第二種爲側（或旁）送式，水稻割切後，利用帶齒皮帶之帶動或螺絲之廻轉將水稻直立搬送至機身側方，令其自然倒下，此法構造較簡單，輸送路程較後送式爲短，並可不經集束而令其依次徐徐倒置，對於小型收穫機（即每一次割切不超過三行者）。這種方式實在相當理想。

b. 撥稻桿之構造：

剪刀式收穫機之割切部分具有向前推倒作用，因此在刀口前面須有撥稻桿。

(1) 在前面加裝木板葉之撥稻桿者，其旋轉方向與機器前進方向約成 70° 其撥稻桿效果甚佳，其構造甚爲簡單，但脫粒損失大，並稻行不齊時容易發生零亂。

(2) 利用兩個旋轉方向相反之星狀輪將水稻拉往機身，此法脫粒作用較小，並且倒伏情形較嚴重或倒伏方向不一致之水稻亦能適用，惟構造較複雜。

(3) 燈籠狀撥稻桿，大型水稻收穫機有採用聯合收穫機所用之燈籠狀撥稻桿者，每桿上並具有梳齒，其作業性能因未能實際觀察無法了解其性能，但很可能脫粒損失大，因此本所仍自製無梳齒之燈籠狀撥稻桿試用，結果對一般水稻田，其撥稻桿作業效果甚佳，並脫粒損失極少，構造簡單，但對倒伏之水稻桿就無法發揮效能。

五、摘　　要

1 割切角兩片皆爲平滑刃時不能大於 57°。固定刃具有鋸齒，活動刃平滑時其最大角度不能超過 62°。兩片皆爲鋸齒刃則不能大於 67°。

2 無論其刀刃形狀平滑或鋸齒割切角在40°左右所需能量最小。

3 割切速度超過 180 in/Sec 時，割斷所需之能量增加，且速度增快則割斷之後稻草基部雜亂。

4 具有鋸齒之刀刃割斷稻株所需之能量較平滑刀刃大，如圖七。

5 稻株輸送裝置以側（或旁）送式構造較簡單，對於小型收穫機相當理想。

6 撥稻桿以利用兩個旋轉方向相反之星狀輪將水稻拉往機身較理想，惟構造複雜。

六、誌　　謝

本試驗承農復會補助經費並承農復會蘇技正昭山之指導及承中國農機公司及新臺灣農機公司提供試驗機，資料及指導協助於此一併誌謝。

七、參 考 文 獻

1. W. J. Chancellor: Energy Requirements for Cutting Forage: Agricultural Engineering October 1958.
2. Discussion On "Energy Requirements for Cutting Forage" by R. P. Prince, W. C. Wheeler and D. A. Fisher: Agricultural Engineering October 1958

STUDIES ON RICE HARVESTER

By

C. P. Wu

SUMMARY

1. Cutting angle should not operate greater than 57° if both stationary blade and moving blade are flat and smooth. Cutting angle should not excess 62° if stationary blade is notched but moving blade is flat and smooth. Cutting angle snould not excess 67° if both stationary blade and moving blade are notched.
2. Whether the cutting blade is smooth or not the cutting angle about 40° needs the least energy.
3. If cutting speed excesses 180 in/sec, the quicker the bar reciprocated the more the energy of cutting is required, and the straw root are confused.
4. A notched blade needs more energy in straw cutting than a smooth blade does.
5. It is much better to use side delivering in the straw conveying system than any othor delivering methods and this kind of construction is more convenient on a small harvester.
6. It is better to use two reels rotating contrarily in order to draw the straw toward the cutting bar.