

稻穗脫粒要素之研究

—水稻收穫機之研究—

A Study on Shattering Habit of Different Rice Varieties

農業試驗所技士

鄔清標

C. P. Wu

農業試驗所技佐

楊清祥

C. T. Yan

一、前言

由於農村勞力之逐漸移進都市及工廠，使農作業之機械化日被重視，尤其是水稻收穫工作，由於收割日期不能隨意遲延，可工作期間短促，並且須彎腰工作，所以對機械化之欲望尤甚。因此有關單位曾經自國外引進各種水稻收穫機，試驗機關也試驗了不少機器，但均未能得到理想的效果，其主要原因是在歐美利用聯合收穫機收穫穀類時，其容許損失率約為10%，但在本省一般的習慣上損失率在5%以上時就極不易被容忍，再加上水稻之脫粒性較其他穀類為佳，損失率也高，因此日本之聯合收穫機目前應用在水稻收穫時，其損失率竟高達20%以上，而使其始終未能脫離試驗階段。不配合脫穀部份之水稻收割機，在國外已經逐漸進入實用階段，但在本省應用這些機器時，至目前仍舊未能得到良好之效果。其原因有二：

第一是水稻比其他穀類較易脫粒已如前述，而本省之水稻品種尤其較外國之品種更容易脫粒，所以使用機械收穫工作難上加難。

第二是為適應連作以及收穫期經常遇到降雨常常使稻株在浸水狀態下，而使脫穀作業和選穀作業不能聯合，所以現有聯合收穫機也未能被採用。

本文為針對第一項原因，選用本省廣被栽培之臺中65號蓬來種，及在來矮腳種二種及日本早熟稻種一種加以比較以便了解各種水稻之脫粒情形。

二、試驗結果

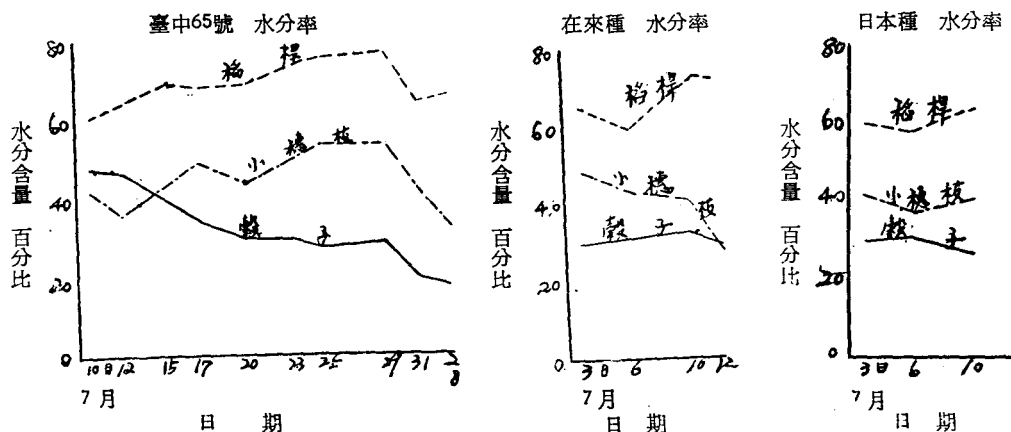
1. 稻穗水分含量之測定

(1) 水分含量測定法：

臺中65號蓬來種之插秧日期為三月廿三日，收割日期為八月二日觀察日期為七月十日至八月二日。蓬來種之乳狀米粒在七月十二日附近開始硬化，而在七月廿五日附近達適宜之成熟度至八月二日時已過熟而呈枯熟狀態。

在來矮腳種在三月廿六日插秧，七月十二日收割，該時已達適度之成熟觀察日期為自七月三日至七月十二日。

日本早熟種插秧日期也是三月廿六日，收割日期為七月十日在當時收割之穀粒有似未達到充分成熟之感覺，觀察日期為在七月三日至七月十日。在觀察期間將試驗用稻穗自田間採取後，先施行各項脫粒要素之測定，然後再將其分成穀粒、小穗枝及桿等三部份，經五小時之自然風乾後，各取100克放入120°C烘乾箱內烘乾四小時，然後再測定其重量而求其水分含量，所得結果如第一圖所示。



第一圖

(2)水分含量和成熟度

臺中65號種有較長時間之觀察，並與實際穀粒成熟度加以比較時可以推測到以下結果。

穀粒水分含量自乳液狀固化成粒狀後其水分含量隨着成熟度之增高而遞減（七月十日～七月廿五日）。到達適宜成熟度後、穀粒之水分含量約保持一定（七月廿五日～七月廿九日）。過熟時水分含量又開始遞減（七月二十九日～八月二日）。

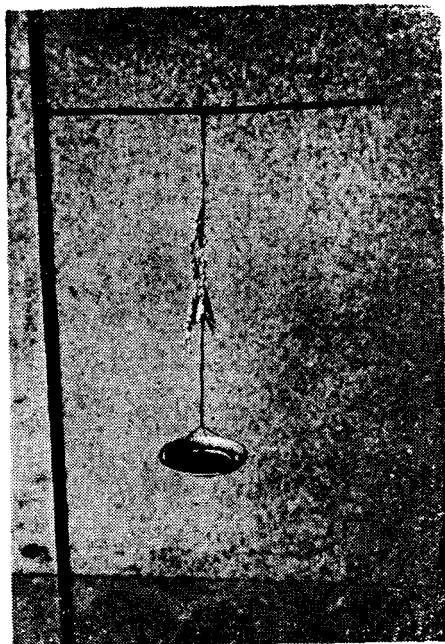
2. 小穗枝與穀粒間之抗拉強度

(1)抗拉強度之測定法：

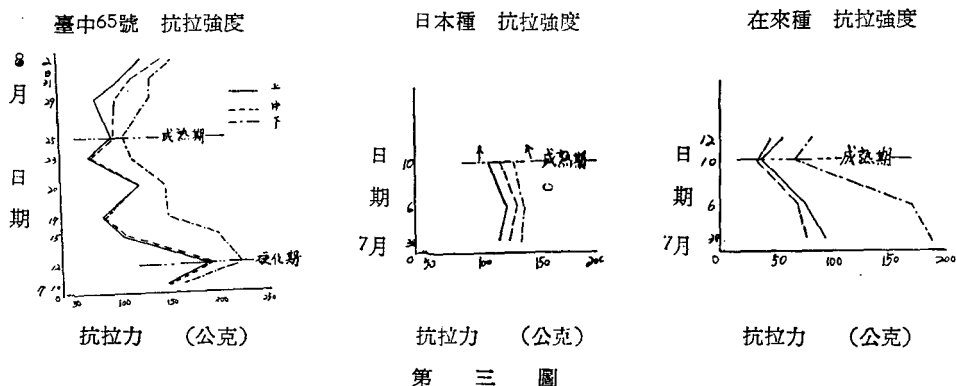
將想枝在尖部中部以及末部各隨機選三粒，每次試驗三支穗，共選用廿七粒穀子、用夾子夾住、在夾子下端用細線掛一承盤，然後在承盤上逐漸加上砝碼，一直加至小穗枝和穀粒相接處拉斷時，測其重量以表示其抗拉強度。其測定之情形及結果示於第二圖及第三圖。

(2)抗拉強度和水分含量及成熟期之關係

比較第一圖及第三圖之曲線可以了解小穗枝之水分含量曲線及抗拉強度曲線極相似，因此將抗拉強度



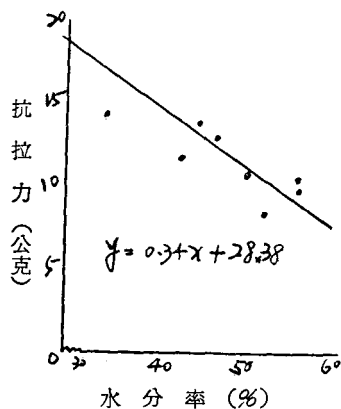
第二圖 抗拉強度試驗情形



第三圖

之平均數和水分含量之各相對點整理後可得第四圖所示之抗拉強度和水分含量之關係圖，在該圖上顯示抗拉力Y值和水分含量X值之間有 $Y = -0.34X + 28.38$ 之關係。即小穗枝之水分含量增高抗拉強度就減低，但此種結果為在成熟期及略為枯熟時期之關係，至於完全枯熟後，此種關係是否仍舊存在因未曾試驗所以無法斷定。

依照本結論推察在來種及日本種之收割時期之成熟度時，參照第一圖及第三圖可知在來種小穗枝之水分含量已開始遞減抗拉強度也已有增高之趨勢，所以已到達成熟後期，略有開始枯熟之階段，而事實上亦如此。日本種就小穗枝之水分未見減低，抗拉強度也還在降低，所以可知穀粒還沒有達到充分成熟之階段



第四圖 抗拉強度與水分率之關係

與事實亦相符合。

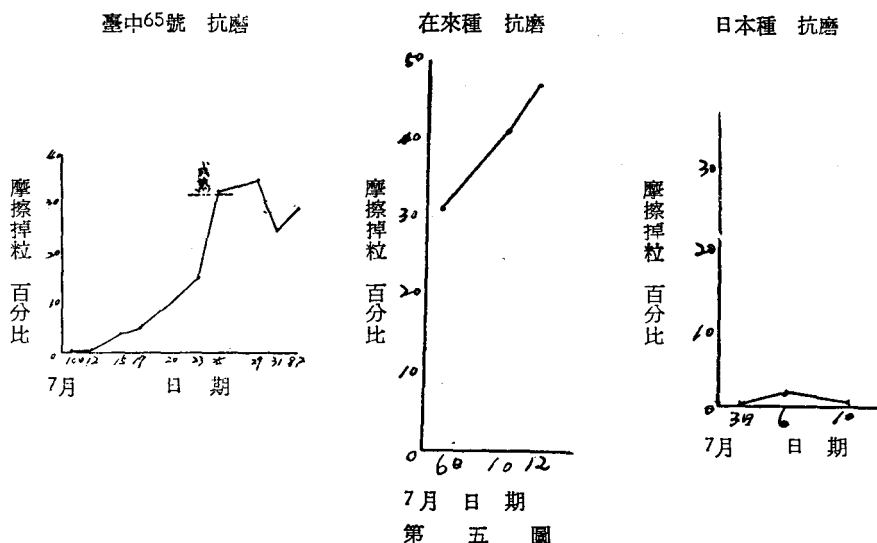
(3) 品種和抗拉強度之關係

在適宜成熟期之各品種之抗拉強度平均值，日本種約為 110 公克、臺中 65 號種約為 100 公克、在來種約為 60 公克。日本種和臺中 65 號種相差較少在來種就要少得多。

3. 抗磨性

(1) 抗硬性試驗法：

將三支粒稻穗在兩塊貼有橡皮板接觸面之 550 克重之木板中間，而將上端之木板輕輕向水平方向拉動 10 公分長，使稻穗在木板中間滾動後計算其總粒數及掉粒數而求其掉粒百分比，所得結果如第五圖所示。



第五圖

(2) 抗磨性和成熟度之關係

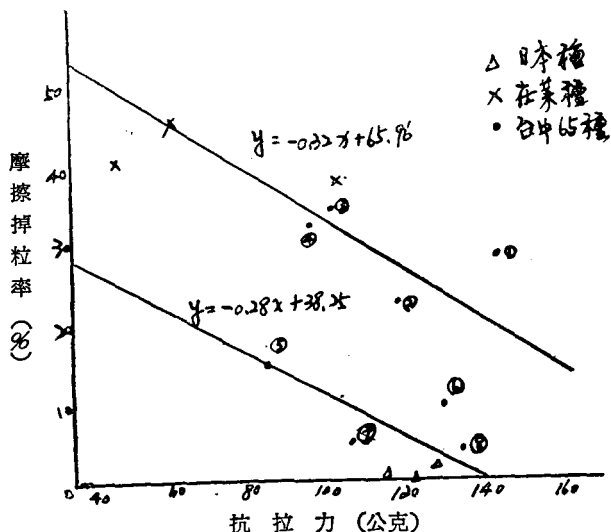
從臺中65號之磨擦掉粒百分比之變化情形可以了解。在成熟期以前成熟度和掉粒百分比都成正比而增加，到達成熟期以後就未見顯著的增加，所以在成熟期之前後其抗磨性有顯然不同之處。再觀察在來種及日本種之掉粒情形時，可看出兩者相差至巨，其中當然由於品種之不同而有所差異，但由於成熟度之不同所引起之差異也必佔相當大之影響，因此將所有實驗結果綜合起來而依成熟期前後分開，加以整理所得抗拉強度與磨擦掉粒百分比之關係如第六圖所示。

在成熟前磨擦掉粒百分比 Y 值與抗拉力 X 值間之關係為 $Y = -0.28X + 38.25$ 。

成熟後之關係為 $Y = -0.32X + 65.96$ 。

這關係式是將所有實驗值綜合而計算者，故並未能確實表示出各品種之特性、但在此值得注意的問題是在成熟期前與成熟期後。 $Y = mx + C$ 的關係式之常數項 C 值之差異很大， m 值也略有差異，此兩數值之差異表示穀粒在成熟前與成熟後之物理性顯然有所差別，然而脫粒之基本作用力可分成拉力和折力扭力之三種，但拉力之變化約以成熟期為最低值而

以前以後均略見增加，使抗拉力和成熟期之關係曲線。形成拋物線狀。因此拉力之影響將不致於引起如此顯著之變化，由此可以想到穀粒在成熟期以後由於生理上之變化而使抗折力及抗扭力降低，例如同樣具有抗拉力 100 公克之稻穗在成熟前其磨擦掉粒率可能約為 10-12%，但成熟後就可能會增加到 32-34%，因



第六圖 抗拉強度與抗磨性之關係

此成熟期前後之抗折力及抗扭力之變化對掉粒數有很大之影響。

至於抗折力和抗扭力兩者之間，何種影響較大，由於本次實驗未能得到良好之試驗結果，未能詳加分析。

(3) 品種與抗磨性之關係：

在第六圖上觀察各品種之實驗值之分佈情形就可以了解日本種均集中在成熟前之線下，而在來種都集中在成熟後之線上左端。由此可知，日本種之C值可能較低m之絕對值也可能較小。在來種與臺中65號之特性關係式可能很相似。但由於實驗點數太少無法斷定。

4. 抗壓性

(1) 抗壓性試驗法：

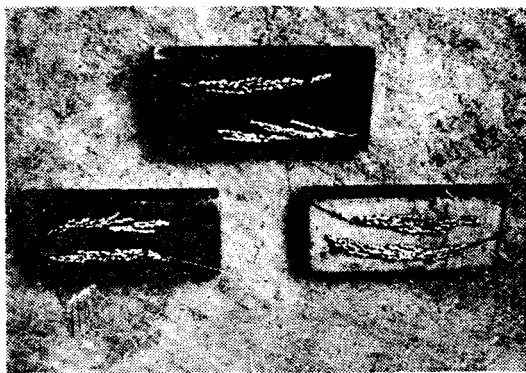
如第七圖及第八圖所示，將兩支稻穗對排在夾板中間，然後在夾板上端輕放五公斤十公斤及十五公斤之重錘，壓60秒後移開重錘計算總粒數及掉粒數求其壓縮掉粒百分比。

(2) 壓穗力與掉粒率之關係

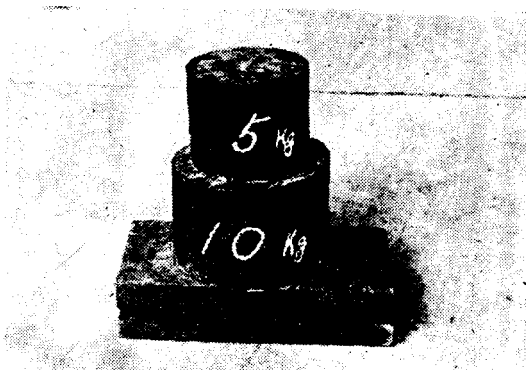
本試驗原採用木板面，橡皮墊板面和軟塑膠泡沫墊板面等三種不同接觸面，其中木板面及塑膠面之實驗值差異較大，不易比較，因此選用橡皮板面之實驗值加以分析，從第九圖及第十圖上觀察得知，隨成熟度之增高，掉粒率也增高。

但到達成熟期以後加五公斤及十公斤之重錘者，其掉粒率反見降低，而十五公斤重者，可見其急速增加，考其原因可能與穀壳之支重力有關。

載重在十公斤以下時，穀壳尚有充分之支持力，而使粒子間不致有太大之移動以及壳子之變形，並且成熟後之抗拉力反而增高，所以掉粒數未見增加。但載重在十五公斤以上時，由於穀粒之支持力不足而發生彈性變形，使小穗枝連結處裂開發生脫落，以及粒



第七圖 夾穗板



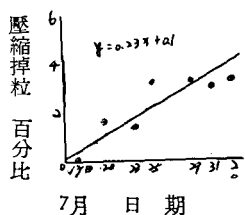
第八圖 抗壓試驗

間移動距離增加，產生斷折力使粒子掉落等，因此在成熟後其掉粒率急速增加。

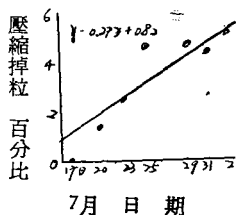
(3) 品種與抗壓性之關係：

日本種之抗壓性極強在各種接觸面之夾板以及各種載重試驗都鮮見發生掉粒，只有十五公斤載重時，在每種接觸面夾板中以突發性似地各產生了一次共三次之掉粒，但其掉粒百分比均很低。海綿板一次為0.28%，發生在成熟期前，木板一次為0.49%，橡膠板一次為0.5%其發生日期均在成熟期。

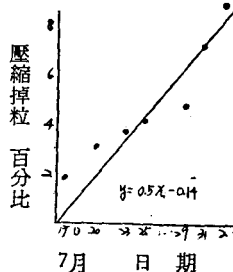
成熟度與抗壓性之關係
臺中65號 壓力5公斤



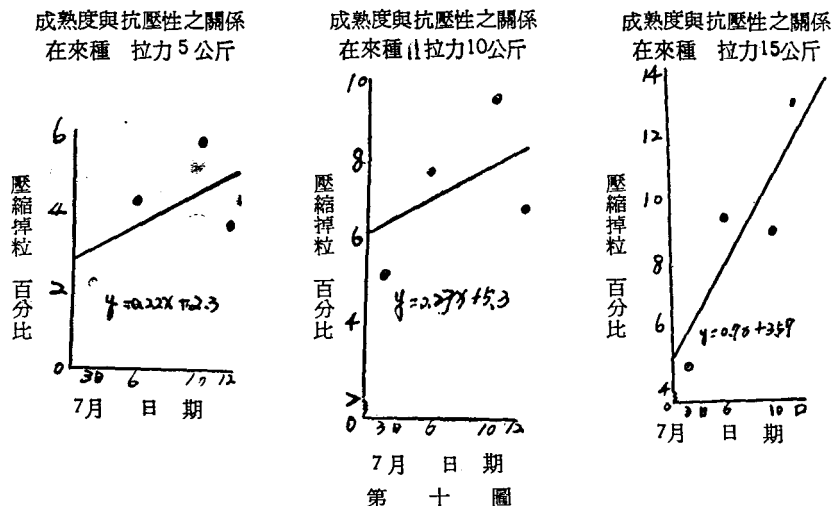
成熟度與抗壓性之關係
臺中65號 壓力10公斤



成熟度與抗拉性之關係
臺中65號 拉力15公斤



第九圖



臺中65號種之抗壓性較日本種差，較在來種就要強。各品種在成熟期之載重量與壓縮掉粒百分比之數值列於第一表。

第一表 各品種壓縮掉粒數百分比(%)

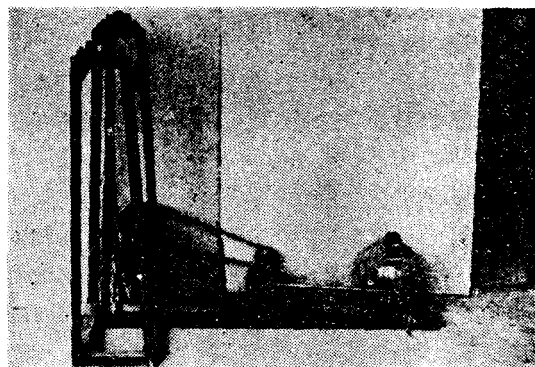
品 種 \ 載 重 量	5 kg	10 kg	15 kg
在 來	6	9.5	9.5
臺 中 65 號	3	5	5
日 本 早 熟	0	0	約0.5

從表上數字可知在成熟期加10公斤重及15公斤重之粒掉數相等，此仍表示在穗中較易掉落之粒子，受到10公斤之載荷時均已掉落，而未掉者，除非再有其他原因之作用力或再加更大之力就將不至再掉落，但經過成熟期後，加10公斤者尚不至增加掉粒數，而加15公斤者將急速增高，此係可能作用於稻穗上之壓力可能使拉子與小穗枝之間產生壓力，拉力，折力及剪力等，扭力就在加壓時先輕輕放上上層板，再慢慢加重，所以可能較小，又小穗枝與米粒之直徑相差很大，小穗枝極易變曲，所以剪力之作用機會也可能較小，拉力係將縱方向重疊之穀粒壓下向橫方向散開時將發生。但散開而定位後將不致再增加，所以在成熟期假若壓力不至增加到超過穀壳之支持力就可能不至增加掉粒數，但假若超過就所產生之壓力將使穀壳變形而使小穗枝脫落。

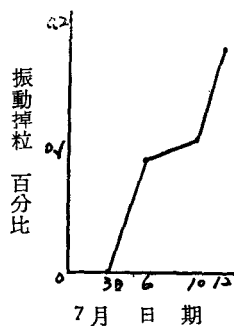
5. 抗振性

(1) 抗振性試驗法：

抗振試驗裝置如第十一圖所示，利用馬達帶動偏



第十一圖 抗振試驗裝置



心輪使稻穗中心部產生約十二公分之振幅及每分 360 次之振動數而測定其掉粒百分比，振動時間為60秒。

(2) 各品種之抗振性：

日本種在上述情況下每次實驗都未曾發生掉粒，其抗振性極強，臺中65號之抗振性亦極強，只有二次似突發性地掉落數粒，所佔比例只有 0.03%，一次為發生在成熟期前一次發生在後。

在來種就從成熟期初期開始發生掉粒，而隨成熟度增高而一同增加，但其所佔比例仍舊很低只有0.2%以下，如第十二圖所示。

本試驗原預定在數種不同振動數及振幅下作比較試驗，但由於所得結果可知，由振動所引起之掉粒現象極輕微，而在實際應用上稻株所受之振動也不致於比本項試驗更苛苦，所以就省去不作，以期簡化，至於發生共振而使掉粒數增加時，只要在機器之同轉數或機架之剛性等項稍加調整就可以解決，所以也未加考慮。

6. 抗衡性

(1) 抗衡性試驗法

抗衡性之試驗裝置如第十三圖所示，將稻株固定在搖擺桿上，然後將搖擺桿舉至一定高度再放下，使稻株與搖擺桿齊齊向下擺動當擺動至最低點時，由擋板將搖擺桿之擺動阻止，但稻穗部並未受到擋板之打擊因此將繼續擺動一段短距離而受到稻桿之彈回最低點，利用本試驗法可探測稻穗受到稻桿之彈力再彈回最低點。

(2) 抗衡性和成熟度之關係

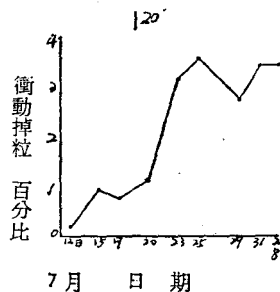
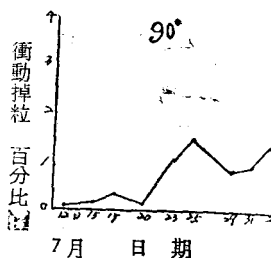
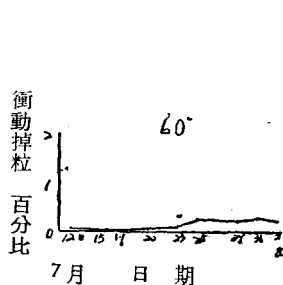
從第十四圖之臺中65號之抗衡性變化情形得知，在成熟前抗衡性隨成熟度之增加而降低，到成熟後就大約保持一定，從第十五圖在來種之變化情形來看時，在成熟前，抗衡性隨成熟度之增加而急速降低，但經過成熟後又急速增加。

(3) 品種和抗衡性之關係

日本種之抗衡性極強，其衝動掉粒百分比舉高至120°時亦只有1%左右，臺中65號次之，在成熟期約達3.5%在來種之抗衡性還是較差舉高至90°時就將近7%，舉至120°時竟達到將近13%。因此在來種之稻穗不宜急烈激動。

三、結 論

1. 各品種之掉粒性



第十四圖 臺中65號抗衡圖



第十三圖 抗衡試驗裝置

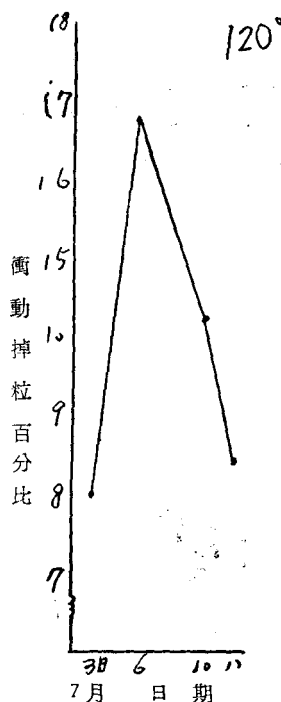
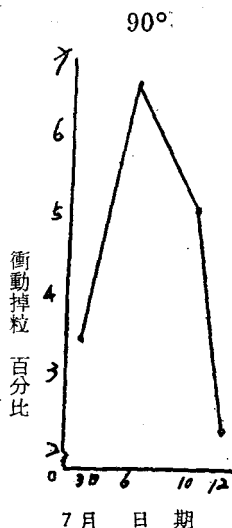
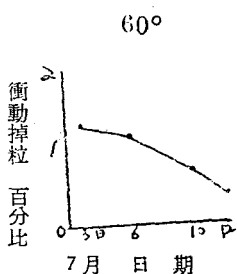
綜合以上結果得知在來種在任何因素下均比較容易掉粒，臺中65號種比日本種掉粒也要容易得多，在成熟期前後各因素所引起之掉粒百分比可列舉如下表。

第二表 成熟期稻穗掉粒百分比 (%)

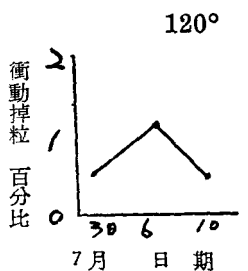
品 種	因 素 摩 擦 (550gr)	壓 縮 (10kg)	振 動	衝動90°	抗 拉 力
日本早熟	2	0.2	0	1.2	110gram
臺中65號	35	4	0	1.5	100gram
在來矮腳針	42	9	0.1	6.5	60gram

2. 依據上表數字，在收穫過程中為減少掉粒數，應注意事項可分成以下各項。

(1) 避免摩擦



第十五圖 在來種抗衝圖



第十六圖 日本種抗衝圖

從上表得知，由摩擦所引起之掉粒為最多，並且本次所作之摩擦實驗條件並未十分苛刻在實際應用上極可能發生，所以在收穫過程上應極力注意避免發生摩擦，例若在輸送過程中，應使上下層間不可發生相對速度以及避免稻束之轉動而使穗間發生摩擦。

(2) 抗壓及抗衝

在收穫機上除非機構上發生故障而使稻株推積或有其他異常外實際上稻穗極少受到壓力，又所受壓力除非太大也不至於達到表列之程度，所以似可不必太注意，但假若有在壓力下使稻穗移動就將引起更大摩擦力所以有壓力時應保持靜態。

(3) 抗振

稻穗之抗振性比一般人的想像要強得多，在實際

實用上，稻穗所受之振動不致於比本次試驗之條件更苛刻，所以短時間之振動似不必太注意。

(4) 抗衝性

稻穗在收割過程所受之衝動次數並非皆無，例若使稻束倒伏扶昇以及轉向時碰擊地面或擋板以及穗間之相碰等。在本次實驗，稻穗並未直接碰擊擋板，但已有不可忽視之掉粒率，因此在實際收割過程中亦應盡量避免稻束作急速之改向運動以及碰擊。

四、誌謝

本試驗承本所農藝系黃博士眞生提供試驗材料，又本著作之完成得國家科學委員會之補助於此一併誌謝。

五、參考文獻

1. 江崎春雄：刈取機の設計要素に關する實驗的並びに理論的研究。農林省關東東山農業試驗場
2. 社團法人日本農業機械化協會 新レソ收穫機械。日本農業機械化協會1965年
3. 東京大學農工教室：農業機械實驗便覽 養賢堂1966年

Summary

1. Shattering of Different Rice Varieties:

The shattering of native rice Variety is much easy when it is affected by any factor. The shattering of variety Taichung 65 Japonica is also serious than Japan Nung-Lin 91, The percentage of shattering caused by different factors during maturity is described in Table 2.

Table 2. matured grain shattering %

Factor Variety	Friction	Compression	Vibration	Impact	Tensile Stun
Japan Nung-Lin 91	2 %	0.2 %	0 %	1.2 %	110 gr.
Taichung 65 Japonica	35	4	0	1.5	100
Ai-Chueh-Chien	42	9	0.1	6.5	60

2. According to Table 2, it is recommended to take consideration of the following remarks if we want to reduce shattering during harvest.

i) Friction eliminating

From Table 2, we understand, friction is the major factor of causing shattering. Since this friction experiment is not taken so precisely, it will be probably happen during harvest hence it is better to take serious consideration about the matter. For example, it is recommended that the relative motion between the upper layer and the lower layer of rice should be eliminated and to avoid the rotation of rice plant which will cause the friction between panicles during transportation.

ii) Anti-Pressure and Anti-Impact

Panicle has seldom received pressure during harvest, if the harvest is in good condition. If the pressure is not big enough, the shattering of panicle caused by pressure alone will never reach that extent as described in Table 2. hence it is not a major factor which we should pay much attention to. However, if panicles are moved under pressure, then, they will cause a major friction force between them, hence, it is better to keep panicles in their original places when pressure is added.

iii) Anti-Vibration

Panicle can bear a stronger vibration than people usually think. In reality, panicle usually has received a vibration which wont be often stronger than those which are described in Table 2. Hence, it is not necessary to keep an eye on this factor if that vibration period is comparatively short.

iV) Anti-Impact

Panicles do receive impulsive forces during harvest if not happcned so frequently. For example, to put the rice plant down to the ground, to take it away from the ground and so on.

Panicles had not striken the plate during this experiment, but the percentage of shattering is remarkable, so that it is better to avoid rapid changing direction motion and impact during harvest.