農試型循環式稻穀乾燥機之研究與試造

鄔清標　黃光華　曹之祖

摘　要　1.發展循環式乾燥機，使乾燥中稻穀自動循環，一次乾燥量 1.5～3 噸，動力爲 110V, 1-2HP馬達，適合個別農家、碾米廠或共同經營使用。其乾燥性能可兼用於搶救及一般乾燥，結構力求簡化適用以降低生產成本。

2.結構：（1）稻穀輸送控制系統：①採用星槽式滾筒配合螺旋輸送器，控制流量較確實，但構造複雜，星槽易受斷穗或石礫等阻塞，又如穀粒外層黏有水膜和後期快乾時稻穀流量不一致，且係間歇性漏穀，故升降機負荷忽大忽小，易造成阻塞。②採用星槽式滾筒配合斜向導板，構造較上項簡單，但仍有如上缺點，又具有旁側壓力，故濕穀流動更爲不易，此型較適合於四方形或圓形乾燥箱使用。③採用螺旋輸送控制器，流量控制精確，結構簡單，較適合長方形乾燥箱者，其螺旋形狀必須變化螺葉節距、或螺葉直徑、或兩者皆變化以免前後段流量不均，同時螺葉之上應設一左右調節板，以調節螺旋轉向出入口的進穀量。

（2）穀箱上層穀粒均分器，使用斜板式構造簡單，但因受到角度的影響，故較適合於四方或圓形乾燥箱；而螺旋式均分器做長方形方向的分配較確實，但因係成線狀漏穀，故乾燥箱寬度較大時應設補助裝置，俾使向橫方向分散。

（3）進風管及排風管：進風管及排風管的位置、形狀等乃關係乾燥性能的重要因素之一，兩者愈近則熱風經過穀層時間愈短，較易浪費熱效益；反之，較遠時熱效率雖可提高，但較易產生胴裂，同時，高含水率稻穀易生回潮現象。而其對乾燥性能的影響尚有含水率、熱風量、熱風溫度、循環量、及大氣條件等的複雜相關，故欲確定一個固定的形式較爲困難。研究過程中首先採用進風管於下，排風管於上，後來採用進、排風管於同一層，最後再改爲如圖十二所示進排風管同層，但進風管分兩道，並可調節，以適應範圍較廣的穀量乾燥。

（4）升穀機：使用杓瓢式提運機（Bucket elevator）較適合，但其揚穀量應注意滾筒的間歇性漏谷，高低含水率穀的流動差異性等安全係數，又皮帶以外層橡膠內層帆布者較能適應水份的影響及各種負荷的變化，以防打滑及阻塞。

3.各機種乾燥性能：

（1）含水率23→13%，乾燥後重胴裂5%，蓬萊稻。

機型	平均熱風溫度 (°C)	一回次乾燥量 (Kg)	乾燥速度 (%/hr)	每小時乾燥量 (T-%/hr)	每小時燃油量 (L/hr)	每噸每%燃油量 (L/T-%)
農試五號	54	756	0.57	0.43	0.98	2.24
農試推廣1號	52	3,245	0.45	1.46	1.82	1.30
農試推廣1號改良型	58	1,606	0.82	1.32	2.18	1.65

（2）含水率23→13%，乾燥後重胴裂10%，蓬萊稻

	熱風溫度 (°C)	乾燥量 (Kg)	乾燥速度 (%/hr)	每小時乾燥量 (T-%/hr)	每小時燃油量 (L/hr)	每噸每%燃油量 (L/T-%)
農試推廣1號	50	1,962	0.75	1.47	2.90	1.74
農試推廣1號改良型	49	1,578	0.84	1.33	2.59	1.94

（3）含水率23→13%，乾燥後重胴裂5%，秈稻及在來稻

型　　機	平均熱風溫　度 (°C)	一回次乾燥量 (Kg)	乾燥速度 (%/hr)	每　時乾燥量 (T-%/hr)	每　時燃油量 (L/hr)	每噸每一%燃油量 (L/T-%)	日乾燥量 (Kg)
農試推廣1號	52—58	1,774	1.48	2.61	3.15	1.21	4,447
推廣1號改良	45—49	1,520	1.10	1.67	2.43	1.51	2,833

4.乾燥成本：含水率23%～13%間每公斤在0.23～0.60元之間。

品種	重胴裂	機　　型	折舊費 + 利　息 + 維護費 + 油　費 + 電　費 + 工　資
蓬萊稻	5%	農試推廣一號	$\frac{27.4}{L\cdot X}+\frac{1.42}{X}+\frac{0.61}{X}+0.095+0.006+0.114$
		推廣號改良型	$\frac{31.0}{L\cdot X}+\frac{1.61}{X}+\frac{0.69}{X}+0.120+0.007+0.129$
	10%	農試推廣一號	$\frac{27.1}{L\cdot X}+\frac{1.41}{X}+\frac{0.60}{X}+0.127+0.006+0.113$
		推廣一號改良型	$\frac{30.7}{L\cdot X}+\frac{1.59}{X}+\frac{0.68}{X}+0.142+0.007+0.128$
		靜置平箱型	$\frac{14.0}{L\cdot X}+\frac{0.73}{X}+\frac{0.31}{X}+0.149+0.007+0.186$
在來及秈稻	5%	農試推廣一號	$\frac{16.2}{L\cdot X}+\frac{0.84}{X}+\frac{0.36}{X}+0.088+0.004+0.067$
		推廣號改良型	$\frac{24.7}{L\cdot X}+\frac{1.28}{X}+\frac{0.55}{X}+0.110+0.006+0.103$
		靜置平箱型	$\frac{11.0}{L\cdot X}+\frac{1.14}{X}+\frac{0.24}{X}+0.132+0.005+0.147$
備　　註		L：耐久使用年限　X：年工作日數　單位：元／Kg	

若使用得宜，乾燥成本低於靜置平箱型，然尚高於南部晴天用人工曝曬，但差額可以與每年的雨季損失相抵，同時可配合聯合收穫機一貫機械作業。

5.搶救性乾燥：秈稻含水率由35%乾到13%，乾燥速度隨着乾燥時間（或含水率）呈直線下降：（乾燥溫度50—60°C）

含　　水　　率　%	35 → 22	22 → 17	17 → 13
乾　燥　速　度　%/hr	1.12	0.93	0.80

（1）乾燥到17%時，穀溫超過 35°C，而重胴裂增加3～4%。

（2）含水率28%以下，排氣濕度開始離開飽和狀態。

（3）乾燥速度宜再研究促其提高。

6.含水率23～13%，蓬萊稻，乾燥速度在0.5～1.2%間時，乾燥速度與重胴裂的關係式：

$Y=0.0187x+0.551$　　Y：當天重胴裂增加數（%）　　X：乾燥速度（%/hr）

誌　謝

本試驗承中國農村復興聯合委員會補助全額經費，試驗進行中蒙農復會彭技正添松實地指導，農機系全體同仁協助，文成後又蒙臺灣大學農工系陳貽倫教授及農復會張森富先生審閱斧正，一併深致謝忱。

前　言

稻米是國民的主食，臺省稻作年耕作面積約七十八萬公頃，糙米產量約在 250萬公噸左右，但每年因下雨導致乾燥不及的損失甚爲嚴重，因此研究如何提高產量固重要，而收成後的處理亦須注意。本省利用日曬之傳統方式已逾千百年，據臺灣大學農工系調查統計：日曬稻穀每公頃需41小時，約5工，每工以新臺幣 100元，每公頃以 3,500公斤計，則日曬成本每公斤稻穀約需0.15元；若採用機器乾燥，成本都在 0.3元以上。前數年本省乾燥機之發展乃以價廉的靜置平箱型爲主，使用者以多雨之宜蘭等地區爲多，但天氣良好時極少使用，一方面由於成本較人工曬穀爲高；另方面在作業中需人工每隔半個或一小時攪拌一次，否則乾燥終了將產生穀粒上、下層含水率不均的嚴重現象。攪拌工作既辛苦，且易造成室內空氣之汚染，故雖經多年推廣，仍不超過二千台，一旦眞正需要搶救時即嫌不足，因而發展自動循環式容量較大乾燥機乃有必要。此種乾燥機可以配合聯合收穫機作業，達到乾燥或搶救之目的，亦可使水稻栽培作業趨於一貫機械化。此型乾燥機容量在1.5～3.0公噸之間，不僅適應碾米廠需求，亦可適合目前個別經營臺灣農家一般農場規模。

雖然工業發達，工資上漲等因素有利於發展乾燥機，若欲使用機械的成本等於或低於人工則需尚待數年，但每年稻穀的損失實不能任其繼續，因此目前乾燥機的設計必須結構簡單，作業性能滿足多種需要，諸如兼備搶救和貯藏乾燥、可裝拆性、可移動性、兼具清選性等。

設計目標

1.簡化機械構造　此種小型循環式乾燥機，歐美日本已有相當發展，成品亦多，不過機器本身結構都較複雜，例如稻穀流量之控制，採用星式滾筒配合螺旋輸送器，或採用立式螺旋輸送器等，不但複雜，且易擠碎穀粒，亦易受到摻有草秣的影響。

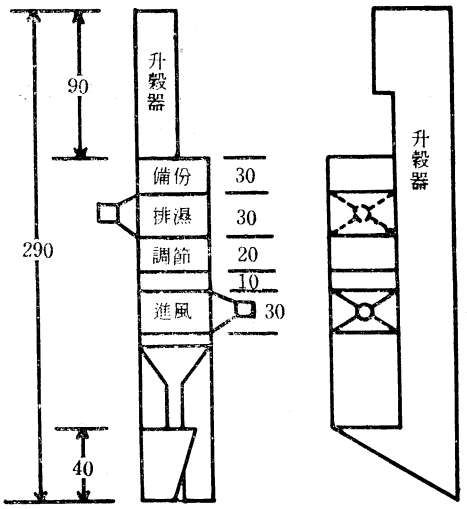
2.提高機械效能　由於厚層靜置式乾燥法易產生上下層含水率不均，而厚層循環式乾燥法在恆率乾燥期（Constant rate period）若非有大風壓、大馬力的通風情況，則上層穀易產生回潮現象；而在減率乾燥期（Falling rate period）連續性的熱風乾燥將使米粒胴裂增加，而無法提高乾燥速率，故目前一般大都採用薄層間歇乾燥，即乾燥層10～15公分，乾燥時間每次5～6分鐘，冷却均化70～90分鐘。此型乾燥機設計使用原則大都只有教農民變化溫度以適應高低不同含水率之稻穀，若對於含水率變化幅度不大情況下（如一般乾燥含水率23～13%）尚可適應，但若希望其兼顧高含水率之搶救乾燥與一般收割之通常乾燥，即有捉襟見肘之感，須進一步研究變換風量與乾燥層而加以組合，使前期乾燥快，後期熱效率高。

1.試驗研究報告農試字第八一五號。

2.臺灣省農業試驗所技正兼農機系主任、技士及技佐。

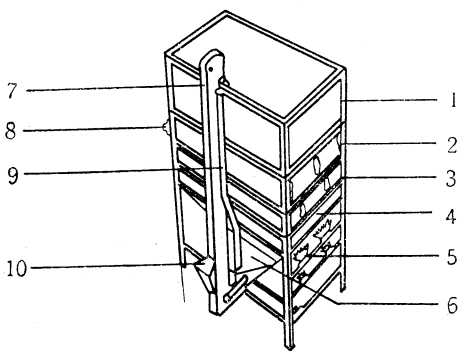
本所農機系自民國58～59年完成基本模型設計及試驗，嗣後逐年改良，至64年完成「農試一號」推廣機改良型，供應廠商設計圖樣，大批製造應市。農試型推廣機如附圖所示。

圖一、基本模型　　(單位：公分)



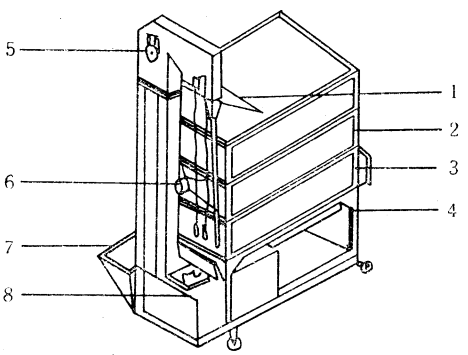
正　視　　側　視

圖二、農試一號機



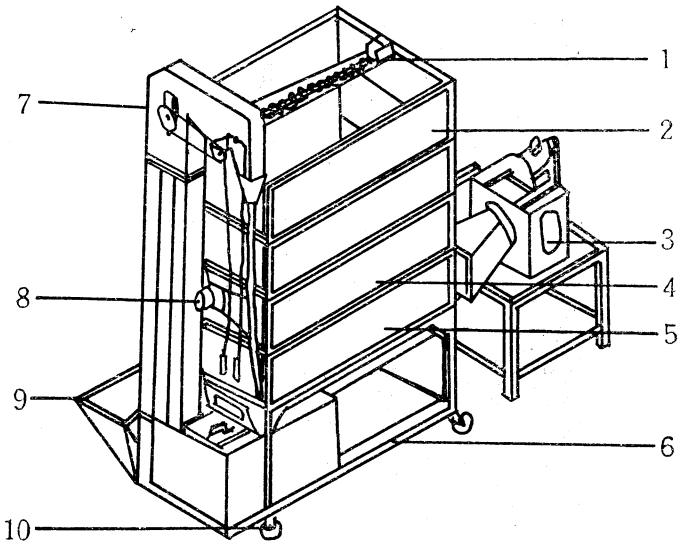
1.均質層　　6.收集斜板
2.排濕層　　7.升穀器
3.進風層　　8.排濕口
4.熱風管　　9.卸穀管
5.流量調節滾輪　　10.入穀漏斗

圖三、農試三號機



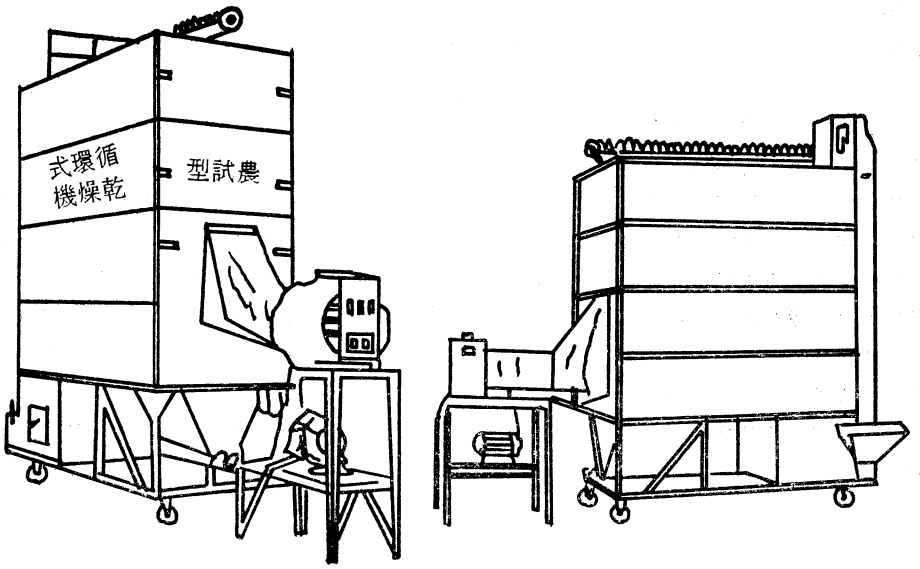
1.斜板均分器　　5.升穀器調節輪
2.散濕層　　6.濕氣出口
3.熱風進口　　7.漏斗
4.箱底承架　　8.傳動系箱

圖四、農試五號機

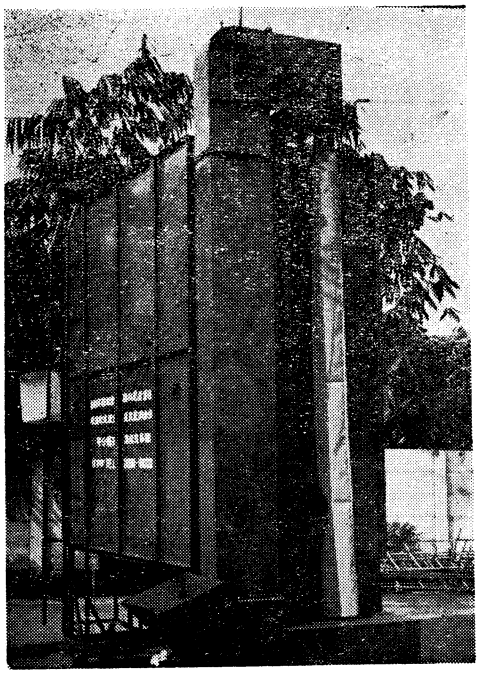


1.螺旋輸送均分器
2.均質層
3.鼓風機及燃燒爐
4.排濕層
5.熱風層
6.乾燥箱座
7.升穀器
8.出風口
9.入穀漏斗
10.滾動輪

圖五、農試型推廣機



圖六、農試型推廣機

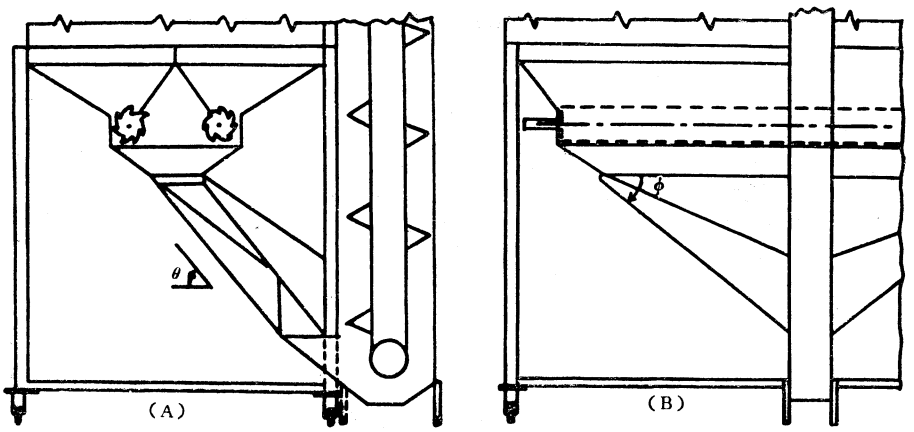


結構設計與改良經過

1.稻穀輸送控制系統：

（1）星槽式滾筒配合斜向導板　如圖七所示，首先採用二具星槽木質滾筒，直徑各爲15及10公分，槽深各爲1及 0.8公分，每支各具有四及八條槽溝，轉速每分鐘 5.2及 8 轉；後又增加一組直徑15公分，槽深 1.5公分，3 條槽溝，轉速每分鐘 5 轉。實際應用結果，由於滾筒長度在 150公分以上，因此滾筒及其上的兩塊斜板不易平直，尤其上裝穀量多而負重時，調節斜板與滾筒間隙不易控制，常有擠碎穀粒現象；同時，每逢含水率高的穀粒因水分的附着力大而不易流動，極易造成同一次乾燥作業中前、後段期間流量不同的現象。經星槽滾筒落下的稻穀由一塊三角形斜板收集後流入升降機，斜向導板的優點是構造簡單，成本低廉，同時升降機可配置在乾燥箱長方向的中點，一則可減低乾燥機的總長度，再則，在升降機上方穀粒出口亦在中間點，因此稻穀均分到貯留箱的設備可大幅簡化。但其最大缺點是角度受到限制：垂直斜角（如圖七A上所示 θ 角）受到高度及水平斜角（圖七B上 ϕ 角）長度的影響。首先在一號機裡兩種角度都採用37度，但情況並不理想，其後在一號改良機上一再縮短機身長度和改進滾筒裝置，提高垂直斜角到50度、水平斜角45度。試驗結果，若穀粒外層無水膜黏着的情況，作業已無問題；但如有水膜存在時，因附着性關係，已不易靠重力本身的自然落穀，又受到因水平斜角所產生的旁側壓力影響，滑落更困難，因而此種裝置較不適應被水淋過的稻穀前期搶救性作業。

圖 七



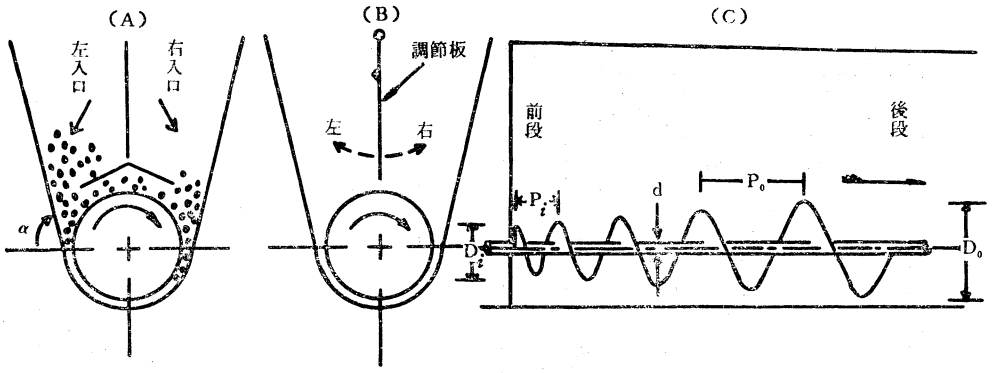
（2）螺旋輸送式　由於星槽滾筒加上斜板對於濕穀作業產生困難，而目前一般採用星槽滾筒加上斜板及螺旋輸送器的方法，雖然作業較上述方法順利，但結構複雜許多，且對淋濕穀的作業亦常發生上述不良現象；再者，星槽滾筒式流量控制器大都爲間歇性取穀，因此升降機揚穀量的設計必須高於平均流量甚多，始能應付或多或少的流穀量，以防因超過負荷而致阻塞。爲求確實定量控制和簡化結構，故改採單一的螺旋輸送器以完成上述流量控制及集中輸出等雙重任務（圖八所示）。農試三號機首先採用等節距的螺旋輸送器，直徑16公分，節距8公分，外管爲半圓形，管的上方呈漏斗形，其與水平所成角度爲50度，螺旋輸送器的上面加蓋一三角形板以承受穀層的壓力。經多次試驗發生若干問題，乃逐項改進如下：

A．螺旋輸送器上面加蓋一三角形板後，稻穀進入輸送器被分爲兩個入口（如圖八—A所示），螺旋順時鐘方向旋轉時，穀粒由左方入口進入者遠大於右方入口，造成循環不均現象，必須縮小左方入口間隙，並加大右方入口以求平均。又三角形上蓋板固定，若輸出稻穀後段略有滯流或螺旋長方向各點流出量不均時，在螺旋與三角形蓋板之間被擠壓，易產生脫殼及碎米現象。針對以上兩缺點，將蓋板改採直立調節板式如（圖八—B）所示，調節板左右移動以調節兩方入口的流量，同時亦能避免被高度壓擠現象。經試驗結果性能優異，故目前一號推廣機上採用此種型式。

B．等節距螺旋輸送器，同樣有進穀不均缺點，如（圖八—C）所示，前段已盛滿稻穀，導致後段稻穀不能擠進，形成前段過速循環而後段滯留現象。改進辦法爲逐步增加螺葉的直徑或螺旋的節距，或者兩者均增加，如（圖八—C）。依照螺旋輸送能量的公式 $Q=\mu\frac{\pi}{4}(D^2-d^2)\,pnr$，式中之 Q 表示運搬量（t/h），$\mu$ 表示螺葉間的充滿率，D 表示螺葉外徑（m），d 表示螺軸徑（m），n 表示轉數（R. P. M.），r 表示穀粒假比重。從公式看來，輸送量與螺葉外徑的平方成比例，與節距的一次方成正比，因此理論上增加螺葉外徑比增加節距有利，假如外徑一定，而後段出穀處的稻穀流量爲前段的十倍，則後段的節距應爲前段的十倍，此在製造及實際應用上都極爲不利；若換上節距不變而只逐步增加螺葉外徑，則約爲$\sqrt{10}=3.2$倍，情況雖轉佳，但仍不如兩者配合應用適合實際。

C．漏板斜度（如圖八—A上 α 角）在農試三號機時首先採用45度，後逐漸增加到60度，斜角較小時，稻穀所具有的旁側壓力較小，而機體高度亦可縮小，但稻穀的流動性不佳；角度較大時情形則反之。

圖八、螺旋流量控制及輸送器

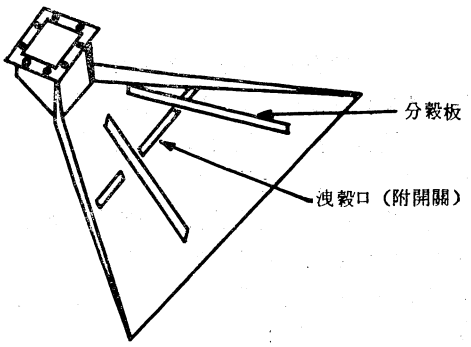


2.稻穀均分器

稻穀利用升降機被帶到頂層拋出後，必須再經過一組均分器始能均勻散佈到乾燥箱上層穀面。在試造過程中曾採用斜板式與螺旋輸送式兩種：

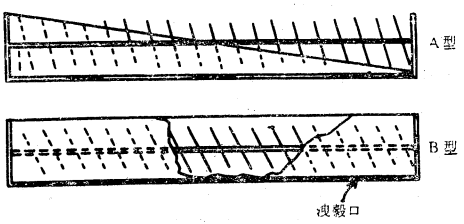
（1）斜板均分器　如（圖九），斜板上分成幾個流道，每個流道上有1～3處漏穀口，此種均分器構造簡單，成本低廉，較能適應短距離的分散，因此被用於一號試驗機等，升降機配置在長方向中心的型式時性能尚可。其缺點爲黏有水膜的稻穀不易流下，而乾燥箱內穀量多時，由漏口流下的落點近，少時遠，形成箱內前後落穀量差異現象。又由於本均分器裝置時需有斜度，使升落機頂端必需提高。

圖九　斜板均分器



（2）螺旋輸送均分器　如（圖四—①）所示，此種均分器機件價格較貴，其優點是順着螺旋方向各點落穀能確實控制均勻，同時濕穀作業亦能順利；又因其可用水平裝置而使升降機高度減低。其缺點爲僅能做到線的分散而不及面的散佈，因此稻穀初起僅堆積在中間線上，然後才滑落到兩旁，故乾燥箱的寬度受到限制，穀量過少時熱風易自左右兩個箱邊逸出。此種螺旋輸送均分器因落穀的方式不同，曾經先後試製兩種型式，如（圖十　），A型爲外管呈斜狀，B型爲外管底部分別開有幾個落口，落口之大小可以控別。

圖十　螺旋均分器

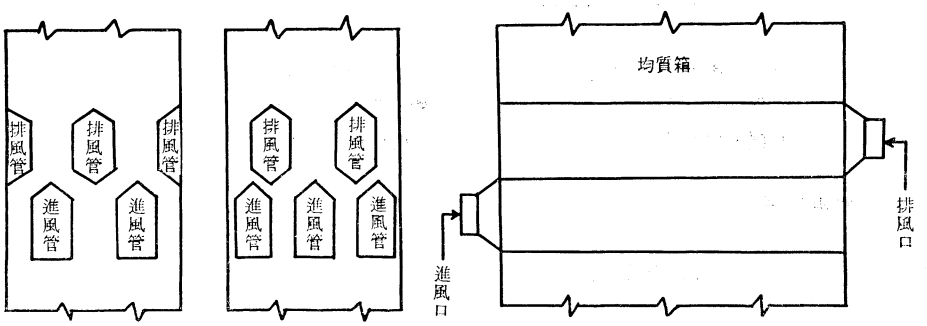


3.進風管及排風管

（1）進風管在下而排風管在上的排列法如（圖十一a），爲試驗一號、二號及三號機所採用，進風管截面積總和略小於排風管截面積總和，而排風管兩側邊管截面積的和等於一個中間管；圖十一b，爲試驗機四、五號所採用。進風管三個、排風管兩個，進風管旁兩個截面積和等於中間管。設計之初在進風管與排風管之間尚有調節層以調節進出風管間的距離，適應各種不同含水率稻穀乾燥。又乾燥前期含有飽和濕氣的廢氣由排風管排出，於乾燥後期則將排風管口封閉，使熱風經由全層然後由穀上層表面逸出，期能提高熱效益。此種封閉排氣口的缺點，除了穀層太厚引起略微之回潮外，即是穀

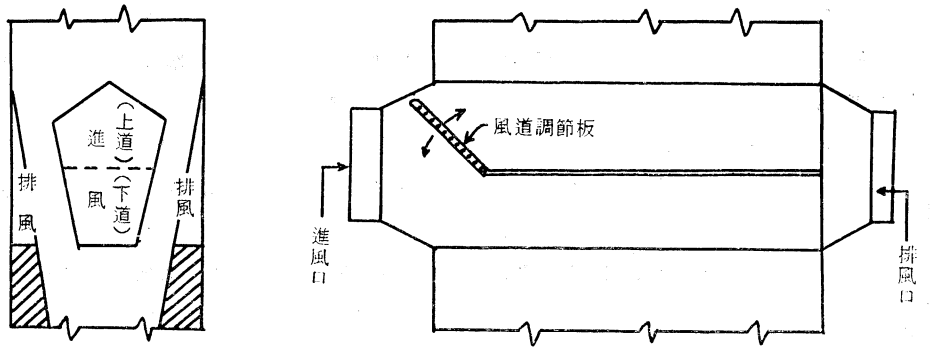
粒所能得到間歇均質的時間極短，只有進風口以下到升降機進口之間，因此較易產生胴裂，故在設計及操作上必須小心，始能應付各種不同含水率之稻穀乾燥。

圖十一



（2）進、排風管同層而進風可調節高度的方式　如圖十二所示。設計特點是依照實際需要可移動風道調節板，使熱風單獨由下道或上、下兩道同時進入穀層，吸飽水氣後由鄰近的排風管排出。此設計之目的在當乾燥箱中載滿時，則由上下兩道同時進風，一旦濕穀較少，僅能佈滿進出風管時，爲防止熱風不經穀層而直接逸入排風管，可將上道進風管封閉，使熱風由下道管而入穀層，達到乾燥效果，不致因穀量缺少些而影響作業，如此則進風管可控制自如，能適應廣範圍穀量之乾燥作業；同時進、排風管道在同一層而進風管呈倒三角形，排風管呈正三角形，乾燥中濕氣能確實由排氣管排出，使乾燥層以上的穀粒不受熱濕氣的干擾，確實做到均質的效果。若在室內乾燥時，可在排氣口處接一塑膠管通到屋外，即可免除廢氣汚染，又無濕氣回到產生熱風的火爐附近之虞。此種方式爲推廣機及推廣改良一號機所採用。

圖十二



4.稻穀輸送器

循環式乾燥機一般採用的升穀器，大部爲杓瓢式提運機(Bucket elevator)、拋擲式（Thrower）、螺旋輸送式（Screw Conveyor）和空氣輸送式（Air Conveyor）等四種，經驗顯示空氣輸送式所需動力較大，若調節不當時，碎米及脫殼情況嚴重。螺旋輸送式者若從事垂直角度輸運濕穀時，容易擠碎穀粒。拋擲式者因乾濕穀本身重力不同，所需動力不一致，易造成阻塞。因此杓瓢式對於稻穀的直立輸送較適宜，經多次採用經驗，應注意下述幾點：

（1）若稻穀含水率幅度大，尤其含有水膜的濕穀時，所用皮帶應爲裡層帆布，外層橡膠；裡層帆

布可免長期受負荷而伸長，外層橡膠可免受水濕影響，或打滑，或伸縮。

（2）作業能量的決定：

a．理論計算式

$$Q=\frac{Vvry\ 60}{p}$$

Q：平均運搬量（Ton/h）　　V：一個杓瓢的容量（m^3）

v：杓瓢的速度（m/min）　　r：穀的假比重（Ton/m^3）

p：杓瓢的間距（m）　　y：杓瓢內穀的盛滿率（%）

b．實際計算式

$$Qi=K_1K_2Q$$

Qi：實際搬運量（Ton/h）

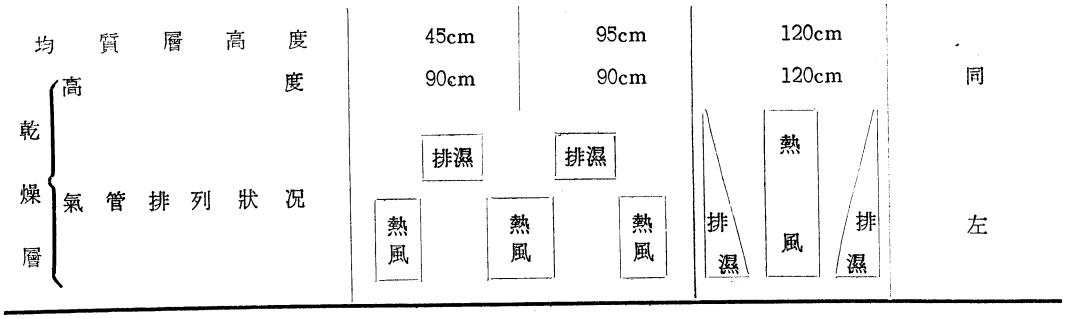
K_1：滾筒平均落量對一次落量之比

K_2：乾濕穀流動差異係數

5.各試造機型主要規格　見表一。

表　一

項目 ＼ 型式別	單位	四號試驗機	五號試驗機	農試型推廣機	推廣機一號改良型
乾燥箱 長	CM	120	220	280	285
乾燥箱 寬	CM	98	113	130	125
乾燥箱 高	CM	250	320	380	325
乾燥箱 稻穀輸送器型式		杓瓢式	杓瓢式	杓瓢式	杓瓢式
乾燥箱 稻穀輸送器高	CM	242	305	360	280
乾燥箱 容穀量	Kg	600	1500	3500	2000
熱風部分 式別		軸流式	軸流式	軸流式	軸流式
熱風部分 口徑	CM	38	48	48	48
熱風部分 廻轉速度	r.p.m.	1400—1700	1320—1680	1800—2200	1300—1600
熱風部分 動力大小	v	110	110	110　220	110/220
熱風部分 動力大小	HP	1/2	1/2～1	1—2	1—2
乾燥箱動力系之轉速 昇穀器 循環時	r.p.m.	270	170—180	180	同
乾燥箱動力系之轉速 昇穀器 裝卸時	r.p.m.	320	450	450	同
乾燥箱動力系之轉速 集穀器 循環時	r.p.m.	21	9—11	11	同
乾燥箱動力系之轉速 集穀器 裝卸時	r.p.m.	25	54	54	同
乾燥箱動力系之轉速 散穀器 循環時	r.p.m.	54	115	110	左
乾燥箱動力系之轉速 散穀器 裝卸時	r.p.m.	64	300	300	左



作業性能試驗

試造機完成，先經研磨及試車運轉後再運到農場或農家，借用稻穀進行乾燥作業，以了解乾燥能量、精度、效益和成本，以及種種外在因素對於本機乾燥性能的影響，俾確定其推廣價值，並作以後改進參考。

1. 試驗設計

（1）品種　分蓬萊稻、在來及籼稻等（由於蓬萊稻較易胴裂歸爲一類）。

（2）含水率　分普通含水率及高含水率，普通含水率在18～25%之間，爲一般稻穀在收割適期的含水率；高含水率在30%左右，甚或更高，係指被雨水淋濕或因倒伏浸在積水田面所收取的稻穀而言。

（3）乾燥過程　搶救性乾燥（含水率由30%左右降到17%左右，以利暫時置放）；貯存性乾燥（乾燥終了含水率在13%左右，以利繳庫或長期性貯藏）。

2. 調查項目

（1）大氣條件　溫度（°C）、絕對濕度（kg水分/kg乾空氣）、相對濕度（ϕ）$\phi=\frac{p}{p_0}\times 100$（%），p爲水蒸氣分壓，$P_0$爲同一溫度時之飽和蒸氣壓。

（2）乾燥箱進出口熱風條件　溫度、濕度、風量以每秒鐘通過的風量（m^3/s）或每1,000公斤稻穀每秒通過的風量（$m^3/s-t$）爲單位。

（3）乾燥量（kg）係指乾燥一回次的稻穀重量，分乾燥前、乾燥後及水分13%時當量（指折算穀粒的含水率在13%時應有的重量）。

$$W_{13\%}=\text{水分13\%當量 (kg)}=\text{含水率13\%時之穀重量}\times\text{實穀含量百分率}\times\frac{100-X\ (\%)}{100-13\ (\%)}。$$

（4）含水率（M）　濕量基準（Wet basis）：每一百公斤的稻穀內含有水分的公斤數，單位爲（%）。

（5）平均乾燥速度　單位時間內含水率的減少數量，通常以每小時降低%數代表之。

$$R=\frac{M_1-M_2}{T}$$

M_1 代表初期含水率（%）
M_2 代表後期含水率（%）
T 代表乾燥時間（hr）

（6）米粒胴裂率　將稻殼剝開後利用燈光透視，米粒上有裂痕稱爲胴裂，每100粒內發出胴裂的數目稱爲胴裂率（%），當日檢查發現的稱爲當日胴裂率，經置放24小時以後再檢查發現的稱隔日胴裂率。胴裂之程度大小茲列表於右（表二）。

表　二

總胴裂粒	輕胴裂粒	內部裡微微的可以看到龜裂
		表面上顯出龜裂，但裂痕一條，又沒有貫透全粒
	重胴裂粒	橫一條，貫穿全粒
		兩面皆有橫二條的裂痕
		縱橫向之多條裂痕等

（7）進、出穀時間　表示一回次乾燥稻穀裝入或卸出乾燥箱所需時間。

（8）每公噸稻穀每降低水分１％之燃油需要量（L/t%）

$$f = \frac{F}{\frac{W13\%}{1000} \times (M_1 - M_2)}$$

F　代表總燃油量（L）

W13%　代表13%含水率時乾燥穀重之當量（Kg）

M_1 代表乾燥前穀含水率（%）

M_2 代表乾燥後穀含水率（%）

（9）每小時乾燥量（ton－%/hr）

$$W = \frac{\frac{W13\%}{1000} \times (M_1 - M_2)}{t}$$

t　代表乾燥時間（hr）

3．試驗結果　如下列各表：

表３蓬萊稻、乾後重胴裂率增加５％內普通性乾燥（含水率26%→13%）

表４蓬萊稻乾後重胴裂率增加10%左右內普通性乾燥（含水率26%→13%）

表５在來或秈稻乾後重胴裂率增加５％內普通性乾燥（含水率26%→13%）

表６搶救性乾燥（含水率27～34%→13%）

表７雜種稻乾燥

表4（蓬萊種、重胴裂10%以上）　　表3（蓬萊種、重胴裂5%內）

機型			農試四號機			農試五號機			
品種			蓬萊稻	蓬萊稻		蓬萊稻	蓬萊稻	蓬萊稻	
項目		地點及次別 / 單位	泰山 1	泰山 2	平均	潮州 1	臺北 3	臺北 4	平均
熱風溫度		°C	48.5	54	51.3	55	58	49	54
大氣溫度	相對濕度	°C / %				33.5 / 25	32 / 29.5	33 / 28	32.8 / 27.5
穀重	乾燥前	Kg	627.9	616.4		978	905.5	740.5	
	乾燥後	Kg	499	430.7		865.2	747.5	637.5	
	水分13%時當量	Kg	488	439	459	875	750	642	755.7
乾燥時間		hr	14	13	13.5	16.6	14	11	13.9
穀含水分率	乾燥前	%	26	25		21	21	18.5	
	乾燥後	%	14.9	13.1		12	12.7	12.4	
	每小時減乾率	%/hr	0.79	0.91	0.85	0.54	0.59	0.56	0.57
進谷時間	出谷時間	hr / hr							
米粒重胴裂率	乾燥前	當日% / 隔日%	0	0		2	4	0	
	乾燥後	當日% / 隔日%	19	13		7	8	3	
	增加數	當日% / 隔日%	19	13		5	4	3	
燃油耗費量	燃料種類		煤油	煤油		煤油	煤油	煤油	
	總燃燒量	L	18	21	19.5	21.37	15	6.25	14.21
	每小時燃燒量	L	1.29	1.62	1.46	1.29	1.07	0.57	0.98
	每噸每%燃燒量	L	3.32	4.10	3.71	2.71	2.41	1.60	2.24
每小時乾燥量		T-%/hr	0.386	0.394	0.391	0.474	0.445	0.356	0.425

表3（重胴裂5％以內）表4（重胴裂10％以上）

表3（重胴裂5％以內）表4（重胴裂10％以上）

機型			農試推廣一號				推廣一號改良	
品種			蓬萊種	蓬萊種臺南五號	蓬萊種臺南五號		蓬萊種臺南五號	蓬萊種
項目		地點及次別 / 單位	草屯 1	五結 3	五結 4	平均	大里 1	歸仁 2
熱風溫度		°C	52	46	57—51	50	58.4	48.3
大氣溫度	相對濕度	°C / %	30.3 / 79.8				24.3 / 85.4	29.2 / 65.3
穀重	乾燥前	Kg	3537	2874	1973		1760.1	1790.4
	乾燥後	Kg	3252	2316	1598		1612.4	1567.3
	水分13%當量	Kg	3245	2316	1607	1962	1609	1578.5
乾燥時間		hr	14	19.3	11	15.2	11	8
穀含水率	乾燥前	%	19.5	26	25.1		22.2	19.5
	乾燥後	%	13.5	13	13.0		13.2	12.4
	每小時減乾率	%/hr	0.43	0.67	1.1	0.89	0.82	0.89
進谷時間	出谷時間	hr / hr	0.7 / 0.8	0.5 /	0.3 / 0.4	0.4 / 13	0.65 / 0.53	0.67 / 0.38
米重胴裂粒率	乾燥前	當日% / 隔日%	3 / 7	/ 1	0 / 1	/	15 / 6	4 / 5
	乾燥後	當日% / 隔日%	5 / 6	12 /	14 / 13	/	19 / 44	21 / 27
	增加數	當日% / 隔日%	2 /	12 /	14 / 12	0.5 / 12	4 / 38	17 / 22
燃耗費油量	燃油種類		煤油	煤油	煤油	煤油	煤油	煤油
	總燃燒量	L	25.4	51.3	34.6	43.0	23.9	20.76
	每小時燃燒量	L/hr	1.82	2.66	3.14	2.90	2.18	2.59
	每噸每%燃燒量	L/T-%	1.30	1.70	1.77	1.74	1.65	1.94
每小時可乾燥量		T-%/hr	1.40	1.56	1.77	1.67	1.32	1.34
假比重	乾燥前	Kg/L	0.57	0.48			0.46	0.48
	乾燥後	Kg/L	0.63	0.55			0.57	0.55
每小時實際乾燥量		T-%/hr	1.26	1.48	1.67	1.58	1.19	1.19
備註				當天胴裂多 IRRI 火爐	胴裂稍多三久火爐			

表5（秈稻或在來稻重胴裂5％以內）

機型			農試推廣一號	推廣一號改良型				農試五號機		推廣一號改良機	
品種			秈稻	嘉農秈稻11號		純在來及在來交配蓬萊混合乾燥		蓬萊稻		在來種宜蘭早種	
項目		地點及次別 / 單位	臺中 草屯 1	臺南 歸仁 3		臺中 大里 4		平均		屏東 潮州 2		臺中 大里 5	
熱風溫度		°C	55	45		49.2		47.1		52		53.1	
大氣溫度	相對濕度	°C / %	30.0	80.8	28.3	63.6	24.4	60.4	26.4	62.0	33.5	26.5	25.1	83.0
穀重	乾燥前	Kg	1978		1917.6		1629.4				974.5		2199.7	
	乾燥後	Kg	1783		1782.3		1408.8				728.1		1569.4	
	水分13%當量	Kg	1783		1731.0		1308.8		1519.9		734		1594.8	
乾燥時間		hr	6.5		7		7		7		21.95		22.5	
穀含水率	乾燥前	%	22.6		18.6		22.0				27.6		31.5	
	乾燥後	%	13.0		12.8		12.5				12.3		12.8	
	增加數	%/hr	1.48		0.83		1.36		1.10		0.70		0.83	
進谷時間	出谷時間	hr / hr	0.4	0.5	0.95	0.47	0.60	0.57	0.73	0.52			0.77	0.52
米粒重胴裂率	乾燥前	當日% / 隔日%	2	4	0	2	6	3			3		1	1
	乾燥後	當日% / 隔日%	6	1	3	3	11	4			11		15	5
	增加數	當日% / 隔日%	4		3	1	5	1	4	1	8		14	4
燃油耗費量	燃油種類		煤油		柴油		柴油				煤油		柴油	
	總燃燒量	L	20.5		14.94		18.92		16.94		20		43.34	
	每小時燃燒量	L/hr	3.15		2.14		2.71		2.43		0.91		1.92	
	每噸每%燃燒量	L/T-%	1.21		1.49		1.52		1.51		1.78		1.46	
每小時可乾燥量		T-%/hr	2.61		1.43		1.78		1.67		0.514		1.32	
假比重	乾燥前	Kg/L	0.50		0.53		0.47		0.50				0.44	
	乾燥後	Kg/L	0.56		0.58		0.53		0.56				0.54	
每小時實際乾燥量		T-%/hr	2.30		1.19		1.52		1.36				1.25	

表6（高含水率乾燥）

表7（糯米及混雜種稻乾燥）

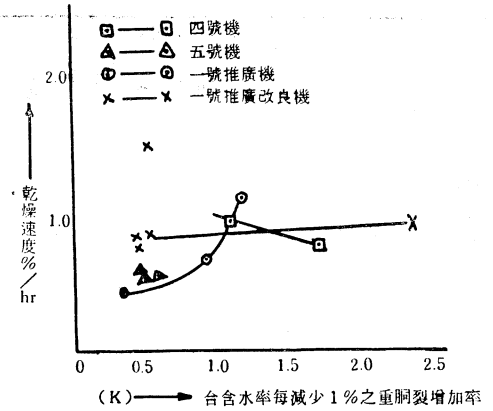
品種			糯米		混雜稻		混雜稻	
項目		地點及次別 / 單位	臺北市 5		臺北市 6		臺北市 7	
熱風溫度		°C	55.5		54		49	
大氣溫度	相對濕度	°C / %	18	16	18.5	14	22	11
穀重	乾燥前	Kg	1425.4		1353.4		1290	
	乾燥後	Kg	1236.9		1110.2		1155.5	
	水分13%當量	Kg	1228		1114		1159	
乾燥時間		hr	20		21		20	
穀含水率	乾燥前	%	20.5		23.4		21.8	
	乾燥後	%	13.6		12.7		12.7	
	每小時減乾率	%/hr	0.35		0.51		0.46	
進谷時間	出谷時間	hr / hr						
米粒胴裂率	乾燥前	當日% / 隔日%	0		0		0	
	乾燥後	當日% / 隔日%	2		11		3	
	增加數	當日% / 隔日%	2		11		3	
燃油耗費量	燃油種類		煤油		煤油		煤油	
	總燃燒量	L	25		22		20.8	
	每小時燃燒量	L/hr	1.25		1.05		1.04	
	每噸每%燃燒量	L/T-%	2.95		1.85		1.97	
每小時可乾燥量		T-%/hr	0.424		0.568		0.527	

4. 試驗結果分析：

（1）蓬萊稻含水率23%→13%

A. 若將表3、4蓬萊稻稻穀含水率由25%全乾燥到13%左右的試驗點選出，然後以乾燥速度爲縱座標，以稻穀每減少1%時當日重胴裂率的增加數爲橫座標（以K代表）繪於圖十三上。

B. 假定穀含水率由23%乾燥到13%，則除去水分爲10%，又若乾燥後重胴裂率增加數爲10%時，則K爲1，若乾後重胴裂率不超過5%則K爲 0.5，然後由圖十三上對照求出各機種的乾燥速度，同時參照表3及4而計算出其相對應的乾燥量及耗油量等，列於表8表9。



圖十三、蓬萊稻含水率由23%乾燥至13%時重胴裂增加數與乾燥速度之關係

表8　乾燥後重胴裂增加數在5%內，乾燥量及耗油量性能

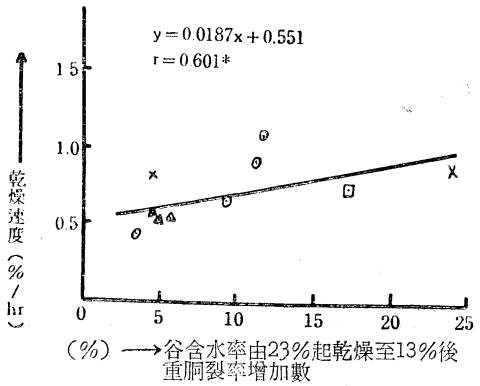
機型	平均熱風溫度 °C	一回次乾燥量 Kg	乾燥速度 %/hr	每小時乾燥量 T-%/hr	每小時燃油量 L/hr	每噸每%燃油量 L/T-%
農試五號	54	756	0.57	0.43	0.98	2.24
農試推廣一號	52	3245	0.45	1.46	1.82	1.30
農試推廣一號改良型	58	1609	0.82	1.32	2.13	1.65

表9　乾燥後重胴裂增加數爲10%時，乾燥量及耗油量性能

機型	熱風溫度 °C	乾燥量 Kg	乾燥速率 %/hr	每小時乾燥量 T-%/hr	每小時燃油量 L/hr	每噸每%燃油量 L/T-%
農試推廣一號	50	1962	0.75	1.47	2.90	1.74
農試推廣一號改良	49	1978	0.84	1.33	2.59	1.94

C. 若將四號、五號、推廣一號、一號改良型等機之乾燥速度綜合對於乾燥後重胴裂增加率的相關，則約有直線的關係。方程式及圖十四列：其中▣代表四號機，▲代表五號機，⊙代表一號推廣機，×代表一號推廣改良機。

D. 乾燥成本：各項成本分析列於表；隨着年工作日數變化的曲線繪於圖十五。



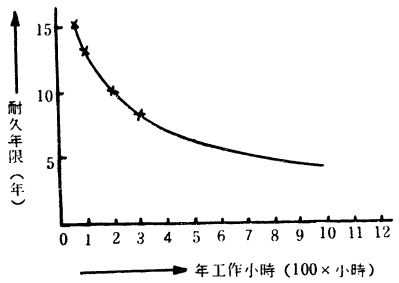
圖十四、乾燥速度與胴裂之關係

表10 （蓬萊稻、穀含水率由23%到13%，各項費用計算）

項目	重胴裂率5%內		重胴裂率10%內			備註
	推廣一號	推廣一號改良	推廣一號	一號改良	靜置平箱型	
					（乾率=1.34一次乾重684kg）	
乾燥一次時間（hr）						
$T=\frac{\text{水分差}}{\text{乾燥率}}+\text{出入穀時間}$	23.7	13.3	14.2	12.9	8.16	0.8 =工作能率
日工作量（Kg）						
$q=\frac{24}{T}\times 0.8\times\text{一回乾燥量}$	2629	2323	2653	2349	1609	X=年工作日數
年工作量（Kg） $Q=q\times X$	2629X	2323X	2653X	2349X	1609X	
年工作時數（hr） $t=T\times X$	19.2X	19.2X	19.2X	19.2X	19.2X	
C=購價（元）	80,000	80,000	80,000	80,000	25.000	
折舊費（元/Kg）						
$D=\frac{C-R}{L}\times\frac{1}{Q}$	$\frac{27.39}{LX}$	$\frac{30.99}{LX}$	$\frac{27.14}{LX}$	$\frac{30.65}{LX}$	$\frac{13.98}{LX}$	R=殘價=10% L=耐久年限
利息						
$I=\frac{R+C}{2}\times 0.085\times\frac{1}{Q}$	$\frac{1.423}{X}$	$\frac{1.61}{X}$	$\frac{1.410}{X}$	$\frac{1.592}{X}$	$\frac{0.726}{X}$	0.085 =利率
維護費						
$MR=C\times 0.02\times\frac{1}{Q}$	$\frac{0.609}{X}$	$\frac{0.689}{X}$	$\frac{0.603}{X}$	$\frac{0.681}{X}$	$\frac{0.311}{X}$	0.02=年維護費率
油費						
$F=\frac{\text{耗油量}}{\text{每公斤}\times\text{每}\%}\times 10\%\times\text{單價}$	0.095	0.120	0.127	0.142	0.149	單位=7.3元/L
電費						
$P=\text{KW數}\times T\times\frac{\text{單價}}{\text{一回乾燥量}}$	0.006	0.007	0.006	0.007	0.007	單價=0.78元/KW—h
工資						
$W=\text{人數}\times\text{工資}\times\frac{1}{q}$	0.114	0.129	0.113	0.128	0.186	人數=2X 工資=150 元／人一天
乾燥總成本L=（12.3）X=15天 =D+I+MR+F+P+W	0.499	0.577	0.527	0.595	0.487	
（8.4）X=30天	0.391	0.455	0.421	0.474	0.432	
（7.2）X=40天	0.361	0.421	0.391	0.440	0.416	
（5.7）X=60天	0.329	0.385	0.359	0.404	0.44	

〔註〕：耐用年數與年使用時間數本機依照 Culpin：Farm Mechanization Management (1958) 的資料關係如右圖，由於與目前相隔17年，機器簡化及加强，故上表計算時由右圖查得再乘以係數1.5 倍使用。

圖 十 五



（2）在來或秈稻稻谷含水率由28%乾燥到13%之性能：

A. 性能：

表11 乾燥後、重胴裂增加數在5%左右，乾燥性能表

機　型	平均熱風溫度 °C	一回次乾燥量 Kg	乾燥速度 %/hr	每時乾燥量 T-%/hr	每時燃油量 L/hr	每噸每%燃油量 L/T-%	日乾燥量 Kg
轉試推廣一號	52—58	1774	1.48	2.61	3.15	1.21	4447
推廣一號改良	45—49	1520	1.10	1.67	2.43	1.51	2832

B. 乾燥成本（順便列舉靜置平箱形以資比較）

乾燥成本＝折舊費＋利息＋維護費＋油費＋電費＋工資

$$農試推廣一號=\frac{16.19}{L.\ X}+\frac{0.841}{X}+\frac{0.360}{X}+0.088+0.004+0.067$$

$$農試推廣一號改良型=\frac{24.67}{L.\ X}+\frac{1.28}{X}+\frac{0.548}{X}+0.110+0.006+0.103$$

$$靜置平箱型=\frac{11.00}{L.\ X}+\frac{1.14}{X}+\frac{0.244}{X}+0.132+0.005+0.147$$

（註：靜置平箱型乾燥速度每小時1.89%，一次乾燥量 638Kg 日工作量 2045Kg）

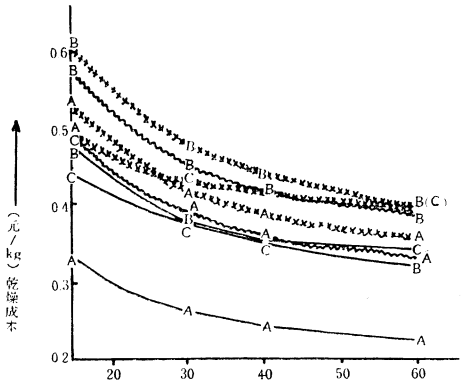
各機型成本分別列於表12及圖十六。

表12 秈稻或在來稻，含水率22—13%，重胴裂增加5%左右時稻穀乾燥成本

（元/Kg）

機型 / 年工作日	農試推廣一號	推廣一號改良型	靜置平箱型
15 天	0.327	0.475	0.436
30 天	0.263	0.378	0.374
40 天	0.245	0.350	0.357
60 天	0.226	0.322	0.339

圖十六、普通乾燥成本曲線



	蓬萊稻乾燥後重胴裂5%	蓬萊稻乾燥後重胴裂10%	秈稻或在來稻乾後重胴裂5%
農試推廣機一號	A ------ A	A×××A	A——A
推廣一號改良機	B ------ B	B×××B	B——B
靜置乎箱式	C ------ C	C×××C	C——C

（3）高含水率搶救性乾燥：

將收割後的稻穀含水率約24%，浸水24小時後撈起含水率35%的在來稻進行乾燥作業，由圖十七上的乾燥曲線加以分析：

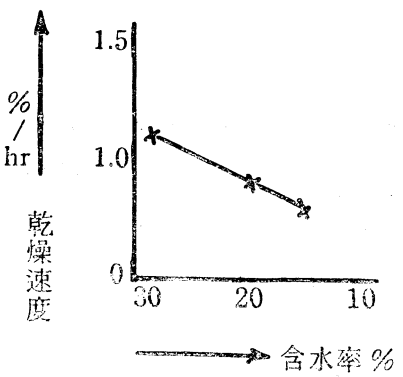
A. 乾燥速度：

Ⅰ. 乾燥溫度保持在 50～60°C 間的連續性乾燥，在各種不同含水率期段的乾燥速度如（表十三）及（圖十八）

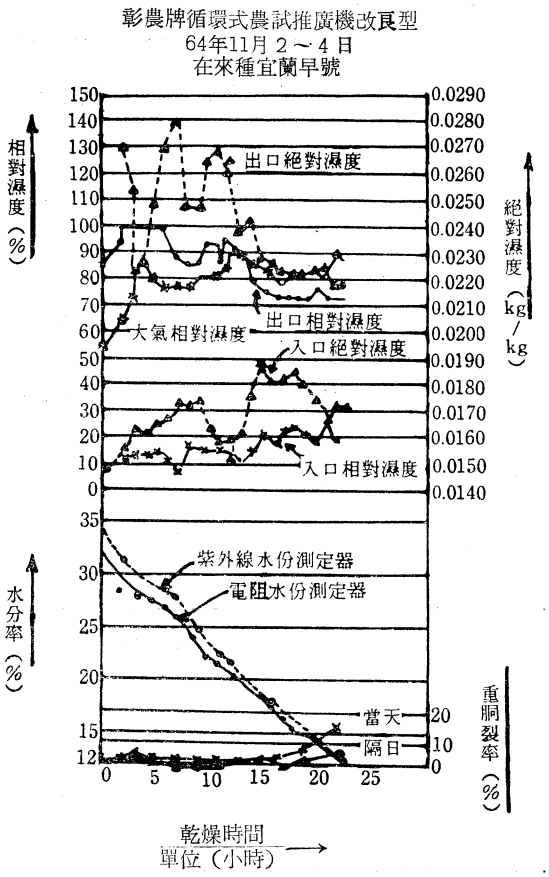
表13

含水率 %	35→22%	22→17%	17→13%
乾燥速度 %/h	1.12	0.93	0.80

圖十八



圖十七、高含水率乾燥性能曲線



由圖十八顯示乾燥速度似隨着含水率而呈直線下降。

Ⅱ．穀溫由 30°C 緩慢的呈直線增加到 36°C ，而在含水率接近17%時超過 35°C ，此時米粒重胴裂率約在 3 ～ 4 %間，而重胴裂開始發生的時期大約在含水率22%左右，此時之穀溫爲 33°C ，應注意者爲重胴裂一經開始後便產生向上凹的曲線趨勢，而此時往往乾燥速度係以直線的趨勢下降。

Ⅲ．就排氣口相對濕度的曲線言，含水率在35→23%附近時，相對濕度大約在 100%左右，含水率在28～20%間平均爲90%，20%以後便開始往下降，最後接近於70%，由此看來，前段乾燥顯得風量（或溫度）不足，中段及後段則顯得循環較快，穀物經過乾燥層的時間較短，或者是均質的時間太短所致（因依試驗的資料，循環量爲每小時 2864Kg ，則此均質時間僅爲30分鐘），故乾燥速度曲線未能照理論值相對提高。

Ⅳ．進口絕對濕度逐漸的提高而出口絕對濕度相反的減少，此顯得穀粒內部的水份愈來愈不易被乾燥，故高含水率的乾燥方法，以採用分段式較爲有利。至於各段間含水率的範圍、溫度及風量宜作進一步研究。

Ⅴ．由圖十七觀察，含水率超過25%時，以紫外線水份測定器的測定值較電阻式準確，25%以後兩者間相差愈爲接近。

（4）性能分析結論：

①均質時間在30分鐘左右時（即循環量加快時），乾燥速度略可提高，但隔天的胴裂嚴重。

②秈稻或在來稻乾燥較蓬萊稻不易胴裂，故乾燥速度似可研究再提高。

③一般而言，此種循環式乾燥機使用成本較低於平箱靜置式，大概在每公斤0.23～0.60元之間，同時稻米品質及操作性能均優於平箱式，惟當日工作量及年工作日數減少時，成本增加較平箱型爲快，因此利用循環式而日工作量及年工作日調配不當，反而有高於平箱式的可能。單位乾燥量多者較乾燥量少者之乾燥速度略低，但乾燥成本反而減少，同時因均質的時間較長而胴裂率亦較少。

EXPERIMENTS ON TARI-TYPE TEMPERING DRYER

by

C. P. Wu, K. H. Huang & C. T. Tsao

Summary

This is an automatic circulation dryer developed under this project. The capacity of this dryer is 1.5 to 3 tons equiped with an electric motor of 110V and 1 to 2 HP. This dryer is suitable for individual farm household, rice mills orcooperative farms. One of the function of this dryer is for quick drying during rainy season, the other is for general purpose. The structure of this dryer is simple, so that the production cost can be reduced.

2. Structure

(1) Grain flow control system

(a) Metering rolls like a star in section and a screw elevator are adopted.

This kind of combination of flow control system performed very well. However, the structure is very complicated and the star type rolls will be clogged easily by broken rice panicles and small stones mixed with the rice grains. In the meantime, since the flow speed of wet grains in the very beginning and in the end of the process are different a lot, and the grain flow are moved intermittently during the process. Hence, the elevator is easily stopped.

(b) The star type metering rolls and a declined collecting board are adopted.

The structure of this system is simple than the previous one, however, this combination has the same defects mentioned above. Since there are considerable side pressures on the board, the wet grain flow will not be moved so easily on the board. This system is suitable for the square or column type grain dryer.

(c) Screw elevator control system is adopted.

The flow control of this system is very accurate and simple in structure. This system is suitable for rectangle type grain dryer. A variable screw pitch or a variable diameter of the screw or both are needed, so that a uniform grain flow will be achieved in the front as well as in the rear of the whole system. In the meantime, an adjusted plate is needed to be attached to both of the front and the rear of the system so as to control the grain quantity in the inlet and in the outlet of the dryer.

(2) Grain distributor in the upper of the bin

There are two kinds of grain distributors, one is the declined board type which is suitable for square or round type bin. The other kind of distributor is the screw type which is suitable for the rectangle type bin. Since the screw type distributor can only spread the grains linearly, therefore, an auxiliary attach-

ment is needed when the short side of the bin is not so short.

(3) The inlet and the outlet of heat flow

The relative position and pattern of the inlet and the outlet of heat flow are very important factors for drying functions of the dryer. When the inlet and the outlet are nearly in the same level, the heat flow will pass the grain in a very short time, and the heat flow will be lost a lot, on the contrary, when there is a considevable height between the inlet and the outlet, the heat efficiency will be high, however, the broken rice will be increased also, moreover, the grains will become wet again when rice grains are high moistured. It is difficult to map a definite pattern of them because these factors such as the moisture content of grains, the quantity and the temperature of heat flow, circulation quantity of grains and the atmosphere conditions can effect the whole result. We arrange that the inlet is below the outlet in the very beginning, then we set the inlet and the outlet in the same level latter, finally, we set the inlet and the outlet in the same level, but the inlet is divided into two parts which can be adjusted freely as indicated in picture 12. This final arrangement can be met the necessity when the cereal capacity is varied.

(4) Grain elevator

The bucket elevator is very suitable for this dryer. However the capacity of this elevator should be met the character of intermittent flow of the star type roller, and different flow speeds of grains with different moisture content. The belt of the elevator is better made of rubber outside and cloth inside so to met the wet condition and various loads. This arrangement can prevent slippage and stoppage.

3. Drying function

(1) moisture content 23—13%, heavy broken rice 5% after drying, ponlai rice.

Model	average heat flow temperature (°C)	drying capacity (Kg/rev.)	drying speed (%/hr)	drying capacity (T/%/hr)	fuel comsumed (L/hr)	fuel comsumed (L/T-%)
AR-5	54	75.6	0.57	0.43	0.98	2.24
ARE-1	52	3245	0.45	1.46	1.82	1.30
ARE-1 modified	58	1609	0.82	1.32	2.18	1.65

(2) Moisture content 23-13%, heavy broken rice 10% after drying, ponlai rice.

Model	average heat flow temperature (°C)	drying capacity (Kg/rev.)	drying speed (%/hr)	drying capacity (T/%/hr)	fuel comsumed (L/hr)	fuel comsumed (L/T-%)
ARE-1	50	1962	0.75	1.47	2.9	1.74
ARE-1 modified	49	1578	0.84	1.33	2.59	1.94

(3) Moisture content 23-13%, heavy broken rice 5% after drying, native variety.

Model	average heat flow temperature (°C)	drying capacity (Kg)	drying speed (%/hr)	drying capacity (T-%/hr)	fuel comsumed (L/hr)	fuel comsumed (L/T/%)	drying capacity (Kg/day)
ARE-1	52—58	1774	1.48	2.61	3.15	1.21	4447
ARE-1 modified	45—49	1520	1.10	1.67	2.43	1.51	2833

4. Drying cost :

The grain drying cost is NT$0.23—0.60 per Kg (rice moisture content 23-13%). The drying cost will be lower than the horizontal box type dryer if this grain dryer is properly used. However the cost of drying of this dryer will be still higher than the solar drying in southern Taiwan.

The excess cost of drying between this dryer and the solar drying is almost equal to the grain loss each year during the rainy season. Moreover, this grain dryer can be operated together with the rice combine in the same time.

5. Emergency drying

When the native variety rice (moisture content 35—13%) is used, the drying speed is proportional linearly to the drying time (or moisture content of rice grain), when drying temperature is 50—60°C.

(1) When the grain moisture is dried down to 17%, the grain temperature is up to 35°C, the heavy broken rice will be increased to 3—4%.

(2) The moisture of the exhausted heat-flow is no longer saturated when grain moisture is below 28%.

(3) It is a subject for future study that the drying speed should be increased.

grain moisture (%)	35—22	22—17	17—13
drying speed (%/hr)	1.12	0.93	0.80

6. The relationship between drying speed and heavy broken rice is $Y=0.0187x+0.551$, when grain moisture is 23—13%, drying speed is between 0.5—1.2%, where Y is the increased heavy broken rice (%) in the very day of test, and x is the drying speed (%/hr).