稻穀乾燥技術與米質

台中區農業改良場／何榮祥、洪梅珠

前言

稻米一向被稱爲國人的主食，其生產主要是爲滿足國內的需求。近年來由於經濟發展和國民所得的提高，國人食米的消費量由民國65年每人每年130公斤降低至75年的78.7公斤，81年的64公斤，15年間每人每年食米消費量大幅減少了50%，整體稻米的消費型態已由量的需求轉爲質的需求。爲因應此一趨勢，政府農政單位從稻米品種選育、栽培管理技術與加工技術等多方改進，已使稻米品質大爲改善。但本省地處亞熱帶，潮濕多雨，常年溫度亦高，稻穀收穫後必需立即進行乾燥，以避免產生霉變，造成損失。傳統日曬法受天候影響甚鉅，品質難以控制；使用乾燥機則可免天候影響，適當的操作更可維持一定的品質水準。目前本省稻穀乾燥機雖已廣泛的爲農民採用，但農民常採用快速烘乾法，導致稻穀之胴裂，降低碾米品質。同時亦有可能因稻穀水份急速下降或烘乾至稻穀含水率過低，影響稻米品質。爲避免因乾燥不當造成損害，並確保其產品品質，目前全省已有50餘農會在農林廳補助下，設立濕穀乾燥中心，農會直接收購濕稻穀並自行乾燥，但其作業能量較諸本省稻穀產量，所佔比例仍極爲有限，故仍有待諸多農友在使用乾燥機時多加留意，切忌貪快，以免數月辛勤耕作收穫，功虧一匱。

一般說來稻穀含水率若超過20%則儲存困難，在25℃以下，含水率15%的稻穀最多也僅可儲存約1年(表一)，國內穀倉溫度往往超過30℃，且稻穀存倉時間亦有可能長達兩年以上，所以政府在收購稻穀時，要求稻穀含水率不得超過13%，但是一般做爲小包裝良質米使用之稻穀儲存期間均不超過半年，其乾燥後含水率約爲14~15%。

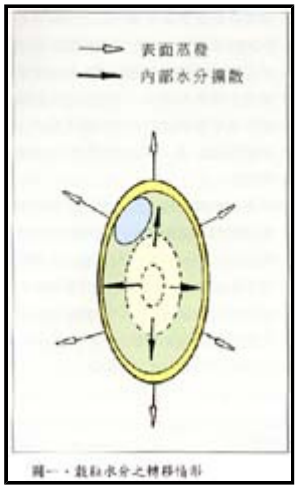
表一、稻米含水率與存倉期間

稻米含水率(%)	存倉溫度(℃)	存倉期間(年)
15	0~10 15 20 25	3 2 1.5 1
16	0~10 10 15 20 25	3 2.5 1.5 1 0.5
18	0~5 10 15~25	1 0.5 儲存困難
20	0~5 10~25	0.5 儲存困難

日曬法乾燥的米比較好嗎？

傳統日曬法是將稻穀鋪在曬場上，利用日光曝曬並配合人工示時翻動，以期乾燥均勻，可是乾燥期間極易受天候影響，在一期作收穫時若逢連續晴天，在高溫之下，稻穀可能因乾燥過快，造成大量胴裂，若逢雨季，又很難適時乾燥，二期作收穫時氣溫較低，雖無乾燥過快之顧慮，但乾燥時間過長，費時費工，且容易參雜砂石，因此無法穩定有效控制品質。相較下乾燥機除了可以避免天候的影響，更具有省時、省工及清潔效果，可合理調節乾燥速度，使品質更容易控制，因此只要正確使用乾燥機，即可得到高品質的稻穀。

乾燥原理



乾燥的目的在於均勻除去穀粒內部的水份。由於穀粒質地緊密，所含水份難以液態形式傳遞，一般先要將稻殼表面的水份汔汽化後再由乾燥的空氣帶走。在乾燥過程中，穀粒表面水份首先被蒸發，而致表面水份含量降低，但穀粒中心部分水份仍高，於是中心部分的水份逐漸向外擴散(如圖一)，此種擴散現象與表面水份蒸發的型態不同，其擴散速率非常緩慢，尤其在乾燥末期，此種現象更爲明顯。

乾燥空氣也有程度上的差異，通常以「濕度」表示。完全不含水份的乾空氣，濕度爲零；乾空氣吸取水份到不能再吸收水份時，其濕度爲100%，也就是所謂的「飽和」，所以濕度愈低表示空氣愈乾燥，也就是愈具乾燥能力。另外，當空氣被加熱時，會受熱膨脹，比重減輕，濕度降低，乾燥能力增加。

乾燥的空氣具有乾燥能力，相反的，乾燥的稻穀亦具有從潮濕的空氣中吸取水份的能力，亦即所謂「回潮」。所以在空氣濕度低，空氣乾燥能力大於稻穀回潮能力時，稻穀即被乾燥；相反的，空氣濕度高，稻穀回潮能力大於空氣的乾燥能力時，稻穀含水率將回升。若空氣的乾燥能力與稻穀的回潮能力相等，此時稻穀可維持一穩定的含水率，我們稱此含水率爲「平衡含水率」。也就是將農產品置於某一特定溫度與濕度的環境下，經一段長時間之後，農產品含水率會達到某一固定值，如環境的溫度與濕度不再變化，則置於該環境下的農產品含水率也不再增減而達到一平衡狀態，此一固定值含水率稱爲平衡含水率。在不同空氣溫度與濕度下，農產品的平衡含水率值也不同。平衡含水率可做爲判斷農產品在某一大氣環境下是否會發生減少水分即乾燥現象或發生增加水分即回潮現象。舉例來說，假設一期作收穫期間大氣溫度平均爲30度，空氣相對濕度爲75%，則稻穀平衡含水率根據表二大約爲13.89%，也就是稻穀在這個環境下經過一段時間後，其含水率將上升至13.89%。這就是爲什麼農友在繳交政府收購之公糧時，刻意將稻穀乾燥至含水率13%以下，並儘早繳至農會，以免檢驗時水份過高而被拒收的原因。

瞭解上述乾燥原理後我們就可利用溫度計、濕度計與平衡水份表(表二)，來決定是否需要加熱以降低濕度，或是只要送風就可達到乾燥效果。溫度太低，即使仍具有乾燥能力，但是乾燥時間會拖長；相反的，若提高溫度用濕度甚低的空氣來乾燥，由於乾燥速率加快可能引起稻米胴裂，尤其在乾燥末期應特別注意。

表二　稻穀之平衡含水率(濕基)

空氣相對濕度%	空氣溫度℃				
	10	20	30	40	50
10	5.92	5.58	5.31	5.07	4.87
20	7.88	7.44	7.08	6.67	6.51
30	9.39	8.87	8.45	8.09	7.78
40	10.72	10.14	9.66	9.25	8.90
50	11.97	11.33	10.80	10.35	9.96
60	13.22	12.53	11.95	11.46	11.04
70	14.56	13.81	13.18	12.64	12.18
80	16.10	15.28	14.60	14.01	13.51
90	18.18	17.27	16.52	15.87	15.31

乾燥過程一般可分爲三個期間：

1.預熱期：由於農產品初溫較熱空氣溫度爲低，加熱之後農產品溫度逐漸提上到乾燥空氣的濕球溫度，此時乾燥速率會增加，待到達恒率乾燥期即維持固定值。

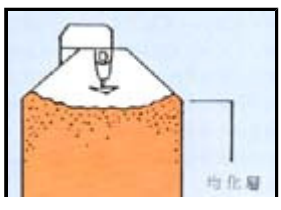
2.恒率乾燥期：所謂恒率乾燥期是指單位時間內自農產品單位面積蒸發出去的水分量爲定值。農產品表面含有飽和水分，乾燥過程中由於熱空氣與農產品表面蒸氣壓差，促使水氣移動到熱空氣流中。此一時期影響乾燥速率的因素爲農產品表面積、熱空氣之溫度、濕度及速度。由於質量交換速率平衡了熱傳速率，所以農產品表面維持恒溫，且等於熱空氣的濕球溫度。

3.減率乾燥期：農產品水分由內部向表面移動的量逐漸減少，使得濕潤表面積開始減少，反之物料表面已乾燥面積及表面溫度則漸增，直到整個表面達到完全乾燥程度，此時表面溫度昇高到熱空氣乾球溫度。

乾燥機作業原理

箱式乾燥機：此一種乾燥機構造簡單、造價廉，不用時可拆開折疊貯藏。使用時稻穀堆積於有孔網板上方，空氣經油爐加熱後，以1/4~1馬力風機送入網板下方空間，再經網孔向上通過物料層。乾燥稻穀時，每批乾燥量約爲600~1000公斤，屬於一種定置式厚層乾燥系統，在厚層乾燥系統中，由首先與熱風接觸的下層物料開始乾燥，熱風向上移動時將下層物料蒸發之水分帶往上層，因往上移動的空氣溫度降低濕度增加，乾燥能力亦隨之降低，此時若上層物料溫度低於露點溫度則有凝結水產生，故上層物料仍處高含水率狀態。乾燥進行一段時間之後，待下層已全部乾燥到平衡含水率時，乾燥層移到中間層物料，乾燥面則移到上層與中間層的介面上。待乾燥層移到上層後，上層物料含水率才會逐漸減少。由於箱式乾燥機具有這種由下往上逐層漸次乾燥的特性，故乾燥均勻性不佳，爲求乾燥均勻需經常攪拌翻堆，費時費工，近年來在稻穀乾燥上已被市場淘汰，目前僅應用於龍眼乾等特殊農產品之乾燥。

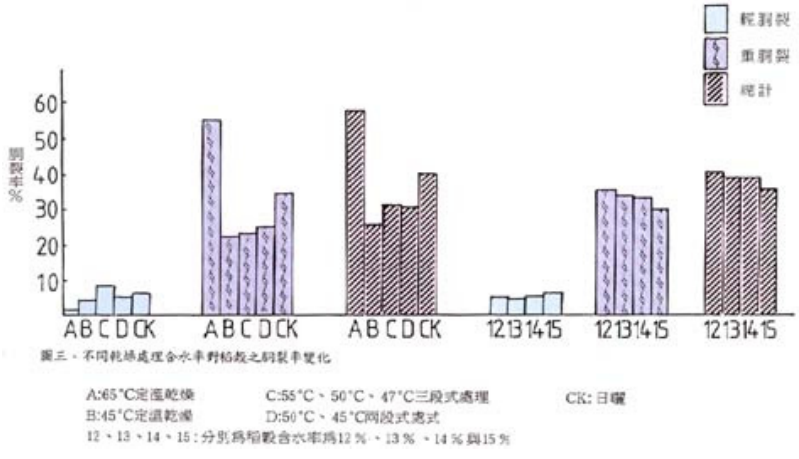
循環式乾燥機：循環式乾燥機物料倒入進料斗後，即由斗升機運送到乾燥機頂部，物料由頂端往下掉落時，依次經過貯留槽和乾燥室，最後落入輸送部，由螺旋輸送機送往斗升機進料端，再次運往乾燥機頂部。物料在乾燥機頂部與底部之間來回循環運動。乾燥室



內具有數個錐形隔板，導引物料以散落狀態或薄層狀態通過隔板間隙，熱風透過隔板孔洞吹向隔板間隙內的物料。循環式乾燥機採用『間歇性的加溫』與『長時間均化』互相交替而成，其構造原理如圖二。稻穀在『乾燥層』受適當溫度的熱風加溫，使穀粒表面水分蒸發，再由排風機排出機外，經一定時間加溫後，稻穀由斗昇機送至上方之『均化層』，利用穀粒內層與外層水分含量差異，以較長時間讓水分由內層向外層擴散，促使水分均化，如此反覆至乾燥至所要求之含水率爲止。

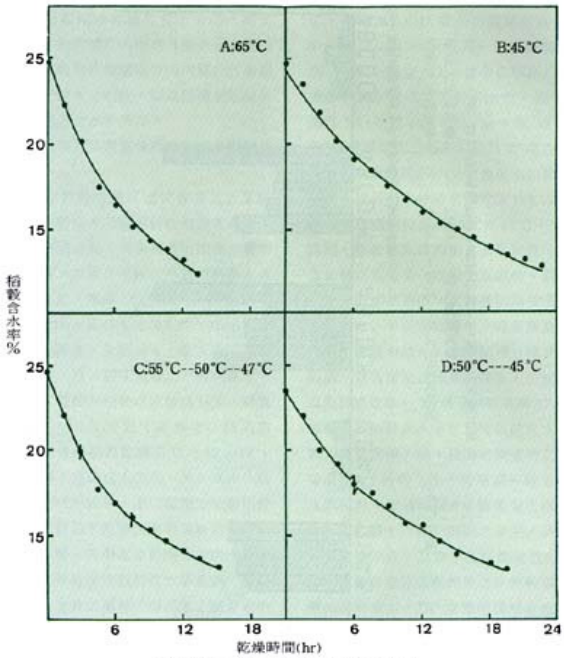
不同乾燥方法與乾燥程度對稻米胴裂之影響

稻穀乾燥速度過快會造成大量胴裂，影響稻米品質，但乾燥速度過低，乾燥時間延長，又會導致乾燥機作業效率低落，本場參考國內外資料與農友常用之方法，選擇下列四種方法，A.65℃定溫乾燥，B.45℃定溫乾燥，C.55℃乾燥至稻穀含水量爲20%，改爲50℃乾燥至16%，再以47℃乾燥之三段式處理，D.50℃乾燥至稻穀含水量爲18%，停機8小時，再改以45℃乾燥之二段式處理，配合將稻穀乾燥至12、13、14、15%等不同的含水率後，測定其理化性質，其結果顯示，不同乾燥方法與稻穀含水率對稻米重胴裂與胴裂總計有極顯著之影響。其中高溫乾燥會造成大量胴裂，此外乾燥後稻穀含水率愈低，胴裂率亦有上升之趨勢，而稻米之胴裂率中又以重胴裂爲主(圖三)。因此不當的乾燥方式與過份的乾燥均會導致胴裂率之增加，而胴裂的稻穀將會造成日後碾米的重大損失，圖四爲76年第1期作稻穀在不同乾燥方法之下，其稻穀含水率之變化，處理A.B.C.D.之平均乾減率爲1.05、0.4、0.89、0.49%/hr，而胴裂率爲A>C>D>B(圖四)，其中C.D.B三個處理胴裂率較低且差異不太大，但"C"處理平均乾減率爲0.8%/hr，較"D"及"B"兩處理之高出甚多，此乃"C"處理在乾燥初期以較高(55℃)之溫度予以快速乾，待稻穀水分降至20%及16%以後再分別將溫度降低爲50℃及47℃。"C"處理，稻穀在乾燥初期含水量甚高，其含水量之變化呈一直線下降趨勢，稻穀水每一乾燥循環中，其表層被熱風所除去之水分，可在均化層中，藉著擴散作用由內層獲得補充，以抑制水分梯度的形成，進而避免造成高胴裂率，並能兼具高乾燥效率。"D"處理的結果與"C"處理類似，稻穀含水率在18%以前含水率變化亦呈直線下降，但因初期使用之乾燥溫度“C”爲低，故平均乾減率較低，且原設計中擬藉停機8小時來強化稻穀之均化效果，以減少胴裂之發生，結果顯示效果不佳，且需多佔用乾燥機8小時，此舉亦會降低乾燥機之使用頻率，增加使用成本。"A"處理所使用之乾燥溫度最高，但在乾燥初期(含水率18%以前)，其乾燥效率與"C"處理不相上下，因此以65℃之高溫進行乾燥除了會導致高胴裂率外，尚有浪費燃料的缺點。



圖三、不同乾燥處理含水率對稻穀之胴裂率變化

A:65°C定溫乾燥　　C:55°C、50°C、47°C三段式處理　　CK:日曬
B:45°C定溫乾燥　　D:50°C、45°C兩段式處式
12、13、14、15：分別爲稻穀含水率爲12%、13%、14%與15%



圖四、不同乾燥處理稻穀含水率變化圖

不同成熟度與乾燥方法對稻米胴裂之影響

根據調查稻穀在田間隨著成熟度之增加，稻穀含水率隨之下降，其胴裂率亦隨之增加，乾燥後亦同，以台中189號爲例，調查在不同收穫期於機器採收前以人工收割及機器收割後糙米之胴裂率列於表三，二期以人工收穫之胴裂率平均爲12.3%，以機器收穫者爲13.5%，一期作以人工收穫之胴裂率平均爲15.31%，以機器收穫後之胴裂率爲18.24%，顯示稻谷在機器收穫前已有胴裂發生，而以機器收穫有增加胴裂之趨勢，在二期作約增加1%，一期作增加約3%，就一、二期作比較，一期作的胴裂率比二期作高。但一、二期作生產之稻谷，無論以人工收穫或機器收穫，均以晚收之胴裂率最高，適收者次之，早收者最低，即胴裂率隨著成熟度之增加而增加，其中超過收穫適期之晚收處理乾燥後，稻米胴裂有急速惡化之現象，早收之稻穀在田間收穫時其稻穀含水率均在30%以上，利用機械乾燥需占用較久之時間，並消耗較多能源，使乾燥機之作業能量降低，而提高使用成本。

表三　台中189號於不同收穫期間及不同收穫方式間胴裂率之比較

	二期作		一期作	
	人工收穫	機械收穫	人工收穫	機械收穫
早收(黃熟期)	8.16	9.59	10.57	13.42
適收(完熟期)	10.70	11.90	13.92	17.20
晚收(枯熟期)	18.10	19.00	21.45	24.11
平均	12.32	13.50	15.31	18.24

不同收穫期收割之稻谷，分別以45-40℃二段式乾燥法及50-45-42℃三段式乾燥法，將稻穀烘乾到不同的水分含量，其胴裂發生率如表四。稻谷無論早收、適收或晚收，二段式乾燥法中以將稻穀乾燥到含水率爲12%時之胴裂率最高，二期作平均爲24.69%，一期作平均爲30.01%，乾燥到含水率爲15%時之胴裂率最低，二期作平均爲15.71%，一期作平均爲19.57%。三段式乾燥法之結果與二段式乾燥法相似，即烘乾到含水率越低時胴裂率越高。若就二段式與三段式兩種乾燥法相互比較，二段式的胴裂率二期作

平均爲19.24%，一期作平均爲23.64%，三段式的胴裂率二期作平均爲19.86%，一期作平均爲23.67%，兩種乾燥法之胴裂率相差不到1%，可知胴裂率在二段式與三段式乾燥法間並無顯著差異存在。

表四　不同收穫期的稻谷在不同乾燥程度下之糙米胴裂率

		二期作胴裂率(%)				一期作胴裂率(%)			
		早收	適收	晚收	平均	早收	適收	晚收	平均
A	12%	18.33	21.33	34.42	24.69	23.32	26.50	40.20	30.01
	13%	13.14	17.00	27.71	19.28	18.21	23.30	30.10	23.87
	14%	11.92	15.52	24.37	17.27	16.14	20.20	27.00	21.11
	15%	10.61	14.33	22.18	15.71	15.32	18.00	25.40	19.57
平均值		13.50	17.05	27.17	19.24	18.25	22.00	30.68	23.64
B	12%	19.06	22.30	35.69	25.68	23.00	25.60	40.90	29.83
	13%	14.33	17.70	28.12	20.05	18.50	22.91	30.81	24.07
	14%	12.53	16.01	24.50	17.68	15.90	20.42	27.23	21.18
	15%	11.08	15.00	22.01	16.03	15.40	18.17	25.18	19.58
平均值		14.25	17.75	27.58	19.86	18.20	21.78	31.03	23.67

A: 45-40℃ 2段式乾燥法
B: 50-45-42℃ 3段式乾燥法
12%, 13%, 14%, 15%: 稻穀含水率

吸濕與去濕對稻米胴裂的影響

乾燥後稻穀在儲存期間，稻穀會隨大氣溫度、濕度之變化而改變，當稻穀含水率低於當時之平衡含水率時，稻穀會從空氣中吸收水份，反之當稻穀含水率高於當時之平衡含水率時，空氣會將稻穀中之水份除去，此種吸濕與去濕之現象會使稻米產生胴裂，無論是早收、適收或晚收，不同乾燥程度的稻谷曝露於大氣中後，其胴裂率在貯存過程中均逐日增加，其中又以含水率爲12%之稻谷增加最顯著，含水率爲14%與15%之胴裂率增加較少，根據本場所做周年調查試驗，稻穀所儲存之室內月平均溫度爲17.5~32℃，年平均溫度25℃，月平均相對濕度71.5~91%，在此溫濕度下稻穀之平衡含水率亦在14~15%之間，故稻谷不宜過度乾燥，以免儲存期間因吸濕作用而增加胴裂。

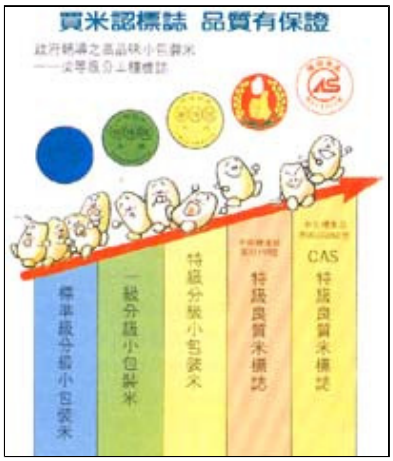
如何保持米質

一、適時、適量的收穫：

有好的原料才有好的產品。在瞭解乾燥機的乾燥原理後我們可以知道，正確的使用乾燥機最多只能保持原有送烘乾稻穀之品質。太早收穫會產生過多青米，過熟收穫時稻穀易受收穫機與乾燥機之機械碰撞作用造成損壞，或稻穀在植株上受日夜溫差之冷熱膨脹收縮而產生胴裂。一般晴天收穫時，以米粒含水率25%，稿葉水份75%左右爲收穫適期，收穫量配合乾燥機之作業能量以「即收即乾」爲原則，避免高水份的稻穀因推積發熱，致使稻米品質變劣。若在雨天搶割時數量太多，可先將稻穀乾燥至含水率18%左右，暫時出倉儲存，並於最短時間內進行第二次乾燥至所需之含水率。







二、適當的調節溫度：

由前面所述可知，乾燥溫度太高會導致稻米品質變劣，而乾燥溫度太低又不合經濟效益。同時乾燥溫度又隨大氣溫度、濕度與入穀量而異，「平衡水份表」使用亦不方便。爲了方便，一般乾燥機上都備有熱風溫度表，可做爲設定溫度之參考。在兼顧作業效率與米質的要求下，乾燥初期稻穀含水率在25%以上時，配合稻穀之數量，選擇溫度設定表之最高溫度值進行乾燥，待稻穀含水率降至20~18%間再將熱風溫降低5度，並乾燥至所需之含水率即可。切忌貪快而任意提高熱風溫度，以免造成大量胴裂。

三、乾燥到適當的含水率：

適當的乾燥溫度可以保持米質，但乾燥時間過久造成之胴裂外，儲存期間亦會因吸濕作用造成胴裂，影響品質。目前政府收購之稻穀因需做2~3年之長期儲存，爲防止霉變，造成損失，故需乾燥至13%以下，但其它自用或做爲小包裝良質米使用之稻穀，其儲存期一般一超過半年，故只要乾燥至14~15%左右即可。

四、注意乾燥機的保養：

適時、適當的保養、檢修，可維持機械的優良性能。尤其是燃燒爐部份，避免燃油燃燒不完全，導致稻米含有油煙味，並浪費燃料。

回成果推廣　　回上頁