

稻種調製與品質關係

台大生物機電工程學系 馮丁樹教授

壹、穀物之性狀

一、種子與穀粒

成熟的穀粒可在適當的環境下發芽，並長成正常的植株；而一般作為食用之穀粒就不一定會發芽。所以必須可以發芽的種子才能作為種穀在市場販售。

二、稻種的組成

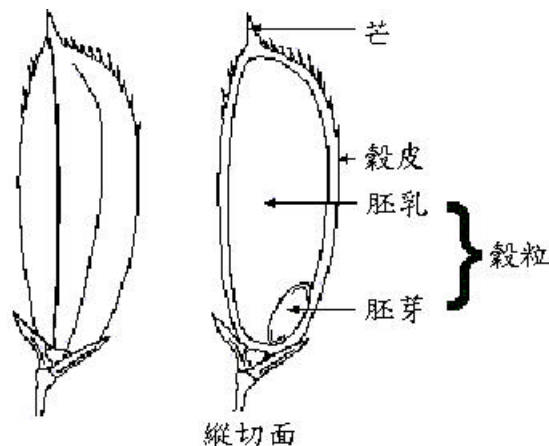


圖 1 稻種的組成

一顆稻粒由胚乳、胚芽及穀殼組成。胚芽會長成種苗，其中有芽及根部。胚乳則是儲存養份的地方，在早期可供胚芽成長，其內大部份組成為澱粉，其餘有糖、蛋白質及脂肪。穀皮則保護種子，包覆在穀粒之表面。新品種的稻種的芒較小，有些甚至已無穀芒。

貳、穀物之品質

在明瞭穀物變質情形之前，讓我們先考慮高品質穀物之各種特性，以粒狀玉米為例，理想之品質特性應為：

- (1)水分含量應低至適當程度，且分佈均勻。
- (2)胴裂粒、破損粒、受傷粒及雜物量之比例需低。
- (3)破損之感受性低。

- (4)試重高(千粒重大)。
- (5)澱粉成份高(可碾性高)。
- (6)油脂回復性大。
- (7)蛋白成分品質優良。
- (8)發芽率高。
- (9)霉菌粒少。
- (10)營養成分高。

測定穀物品質之工作並不簡單，亦無法如上面所列各項如此簡明。事實上，並非上述各種特性均能引起每一個使用者興趣。農夫在播種玉米時，特別注意第(8)項，磨粉業者為第(5)、(6)及(7)項，牲畜業者為(9)與(10)項，穀物代理商則特別注意(1)、(2)、(3)與(4)項。

稻穀其可供食用的部份均是植物的種子，而純為影響穀物品質之因素有數種：

- (1)品種特性，
- (2)成長期之環境條件，
- (3)收穫時間與程序，
- (4)乾燥方式，
- (5)儲藏作業之狀況等。

上面諸因素中，第一與二項與農藝有關，因此不擬在此處詳加闡述，而收穫、乾燥與儲藏等作業條件對穀物品質好壞之影響，將為本書所探討之主題。有關穀物種子之最適水分如下表：

表 1 各種作物種子之適當水分

田豆	15-18%
大豆	12-14%
玉米	13-15%
水稻	12-13%
草種	9-11%

一、穀類之分級

在美國，穀物品質之分級係根據官方穀物標準法之規定處理，目前實施者分為 9 個標準等級。對玉米言，其級數與各級標準如表 10，玉米之標準僅考慮試樣重、水分含量、破損、受傷及雜物粒等項目。其他諸特性如碾米率、發芽率、破損之感受性等對穀物消費者言仍然極為重要，但尚未被列入美國玉米分類標準之內。但有一點必須加以說明的是：任何作業只要使上面所列十項中之任一項之效果適得其反者，無論該項目是否列入分類之標準，均將產生低劣之品質。

稻穀與小麥一樣，均有外皮，故必須碾製成白米，才能作品質之鑑定。有關糙米之標準則如表 2。稻米之分類方法有很多，一般從米質特性可概分成粳米、秈

米、及糯米（粳糯、秈糯）三種。目前粳米是最常被國人用來煮飯的種類；另外有部份秈米品種，在市場上也很受歡迎。

表 2 糙米品質等級表

良質米標準	最低限值			最高限值						
	容積重,(公克/公升)		整粒,%	水分,%	被害粒*					
	粳稻	長秈稻			總計,%	死米,%	著色米,%	稻穀,%	他種穀粒,%	異物,%
1等	800	790	75	15	15	3	0.5	0.2	0.3	0.2
2等	780	770	65	15	20	5	1.0	0.3	0.5	0.3
3等	760	750	55	15	20	7	1.0	0.4	1.0	0.4

*註:包括胴裂粒,茶粒,著色粒,死米,碎米,發芽粒,稻穀,異種粒及夾雜粒等。

表 3 水稻粒之特性

類型	粳米	秈米	糯米	
			粳糯	秈糯
米粒外觀特性	短圓、透明 (部份品種米粒有局部白粉)	細長、透明度高	短圓、白色不透明	細長、白色不透明
米飯特性	介於糯、秈之間	煮熟後米飯較乾、鬆	煮熟後米飯較軟、黏	
一般用途	一般食米	蘿蔔糕、米粉、炒飯	釀酒、米糕、八寶粥、粽子	

雖然在品質性狀上，對分級有決定性的影響，但在貯藏品質方面，穀物水分含量常作為成熟度與品質之判斷參數。市場上穀物價格之結構亦完全以含水率之多寡為基準。受試之樣本必須具有代表性並且需利於水分之測定。取樣之方式以及水分測定之方法，通常必須依照政府機構、學術團體、購買戶或商家所訂定之標準為之。

品種選定：良質米品種除需具備有優良的米粒外觀及食味外，良好的碾米品質及農藝特性亦為廠商及農民所需求。目前經推薦全省各區採用之良質米品種有很多，唯較適合嘉南地區栽培之主要品種為台梗 2 號及台梗 8 號，此兩品種在本區之栽培面積已佔總栽培面積之 70% 以上。台梗 9 號為新近推薦之良質米品種，而其他新命名之品種在本區之適應性仍在繼續測試中。

表 4 良質米品種米質特性

品種	碾米特性		米粒外觀			食味
	造米率(%)	完整米率(%)	粒形	透明度	心腹白	
台梗 2 號	78~83	60~72	短粒粗圓形	3	0	A~B
台梗 8 號	82~84	63~72	短粒粗圓形	3	0	B
台梗 9 號	72~75	53~68	短粒粗圓形	3	1	A~B
越光	78~84	60~72	短粒粗圓形	3	0	A~B

二、種子的生命力

種子發芽率試驗

- 種子在包裝販售以前必須先測定其發芽率與純淨度。
- 試驗所均可進行檢驗與驗證，發芽率須超過 85% 方能通過認定。
- 將種子送往測試之前，應先自行依據下列方式作發芽率試驗(圖 2)：
 1. 將 200 粒種子均勻分佈於新的紙巾或乾淨的麻袋上，紙巾或麻袋應先用水浸濕。
 2. 將上述種子用另一個濕紙巾(或麻袋)蓋覆。
 3. 將兩疊合之紙巾(麻袋)與種子捲起來，置放於蔭暗處七天。在這期間，紙巾(麻袋)應保持濕潤，不要讓其失去水分。
 4. 上述方式做三份，每份 200 粒種子。
 5. 第七天終了，計數正常發芽的苗數，這裡所謂正常苗是具有健康的芽與根部。
 6. 所有三份的試驗中，其發芽率至少均應 85%，或每份至少 170 粒，才算通過。
- 若發芽率超過 85%，即可裝袋販售。

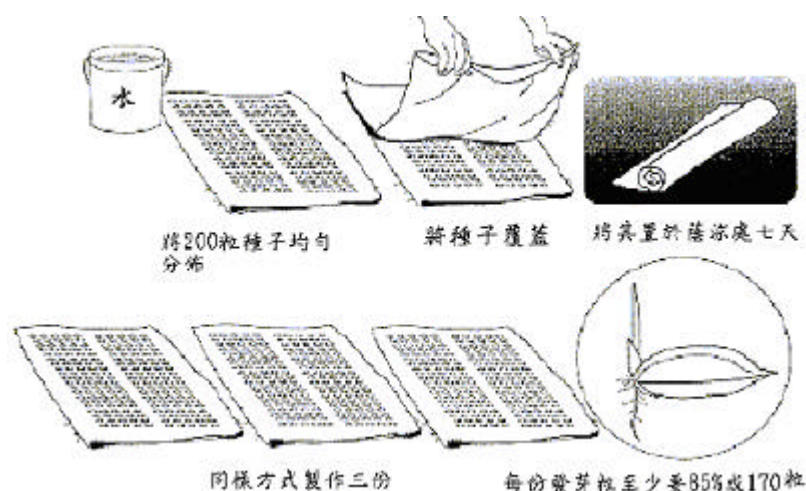


圖 2 發芽率試驗程序

三、試重(或千粒重)

最低試重或斗重亦包括在各類標準之項目內，美國用英斗，台灣用公斗，每英斗之最低試重在玉米方面共分五級。

穀物之試重一般在乾燥過程中是逐漸增加的，其增加數量依下列因素而定：

- (1) 穀粒損傷之程度，
- (2) 初期含水率，
- (3) 乾燥期間之穀溫，
- (4) 末期含水率與，
- (5) 穀物品種。

穀粒損傷嚴重時，其試重有顯著降低之傾向。穀物水分含量仍高而行提早收穫時，由於曝露大氣時間較短，風化作用較少，故乾燥後之試重反較同樣穀物在低水分含量晚收時之試重為高。乾燥時熱風溫度若過高易導致穀物之試重減低，在乾燥進行期間，穀物之試重逐漸增加而達到某最大值。此項最大值一般約在水分含量 14~16%(溼基)處。玉米方面，兩種不同品種雖在同樣情況下成長，且以同樣方式收穫與乾燥，其試重之差異，每英斗曾達 5 磅重之多。

將玉米放置在熱風溫度 82 下進行試，並乾至 15.5% 溼基含水率，以測定破損粒與初期含水率對試重之影響(表 5)。玉米之初期含水率高時，經收穫與乾燥後，其試重每英斗約增 4 磅重。

試重雖不一定是穀物品質之精確指標，但可用以決定某數量穀物所需存放倉容之大小。試重若由 55 降至 50 磅/英斗，意即倉容量必須增加 10% 方能儲藏同等重量之乾物質。

表 5 玉米粒在不同初期含水率下收穫後，以 180 乾至 15.5%，其試重增加情形

收穫時之含水率	%, w.b.	28	26	24	22	20
正常破損水準	%	16	14	12	10	8
試重增加量	磅/英斗	4	3.5	3	2.5	2

資料來源：Hall & Hill (1972)

註：破損標準為正狀態下，不同含水率收穫時之平均值。

參、收穫作業

一、稻穀之田間損失...

- 水分含量之波動...(圖 3)

- 發芽率降低...
- 所以，適時收穫！

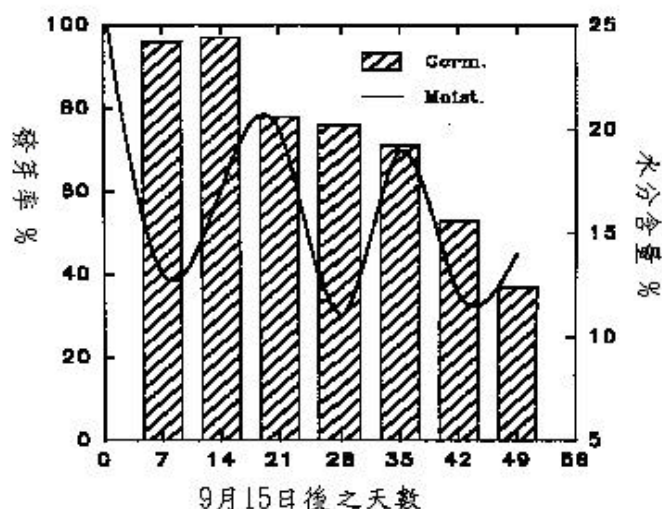


圖 3 玉米在田間之水分變化情形

在脫殼作業期間，穀粒受機械力之衝擊易產生胴裂與斷痕。據研究，在某適當含水率下，此種機械性損傷可減低至最少程度。玉米方面，此水分值約為 22% 溼基含水率，超越或低於此含水率，機械損傷均將增加，發芽率亦隨之下降。在玉米收穫方面，影響損傷率之其他因素尚包括聯合收割機內脫殼筒之轉速與脫殼齒間之間隙。其他穀物在此方面亦發生同樣之問題。

收穫機具本身對穀粒所造成之物理性損傷，為胴裂與斷粒等症狀。這種機械損傷雖不一定立即影響其商品等級，但將加速穀物之變質與敗壞。是故，收穫過程對於小穀粒之品質及其變質速率之影響仍佔極重要之地位。

水稻方面，收割時期之適當與否嚴重影響水稻之米質，如太早收穫，則青米數及白米心腹白增加，千粒重減低。太晚收穫則稻穀內水分太乾燥容易使稻穀本身受氣候日夜溫差之物理膨脹收縮，造成胴裂，同時較易受機械碰撞之損傷，而導致完整米粒之降低。一般稻穀之適當收穫時期為稻田內大部分稻穗上穀粒均已成金黃色，僅在基部上尚有 2-3 粒穀粒呈黃綠色時，惟為提高良質米品質，以提早 1-2 天收穫為宜。

二、清選與分級

種子之清選作業，有下面之目的：

- 剔除不純淨物如殘渣、破葉、碎粒、砂或石粒等。
- 移除雜草種子或其他植物之種子。
- 分離未熟粒、枯萎粒、未實粒及空粒。

種子可以採用人工清選，利用風選則可分離較輕的顆粒(圖 4)。利用清選機亦可分離出大小均勻的種粒，亦進可進行分級的工作。



圖 4 手動風選可以移除較輕的碎屑

三、風鼓之使用

在曬場之使用過程中，風鼓也是相當重要的機具。風鼓之主要用途在於穀物之清選，以去除雜物，並作初步之分級。目前由於曬場功能之消失，風鼓之簡易功能也逐漸被分散到其他機械作業中，例如：聯合收穫機將初選之功能合併在同一台機器中，使收割與選別的工作能夠一元化。而乾化作業之前端及乾燥過程中，亦有加裝選別的功能。使各項特別作業中均能兼任清選的工作。

風鼓在曬場中，仍然是一項重要的農機具。其主要功能在選別良穀粒、未熟粒及碎粒。在日本，風鼓又稱唐箕。顯然在唐代即已傳入日本；在中國則稱為風車。在大陸、東南亞等產米地區多使用之。風鼓使用的年代應超過二千年。

風鼓主要以木材製成，重量約為 25 公斤。由漏斗、鼓風筒、選別風道等組成。漏斗容量約 40 公升，成錐形。穀物自上靠重力流下，其下有一調節板，可藉開口大小控制流量。鼓風室有四片葉扇，均為直板型，空氣自兩側吸入，匯集自選別風道吹出。先經過調節板，接觸往下流動的穀物，並依其重量將其吹落在不同遠近的位置。在風道下方，設有第一口及第二口，使較佳的穀粒自此二口流出，不要的雜物則自風道往外吹出，其外觀如圖 5 所示。

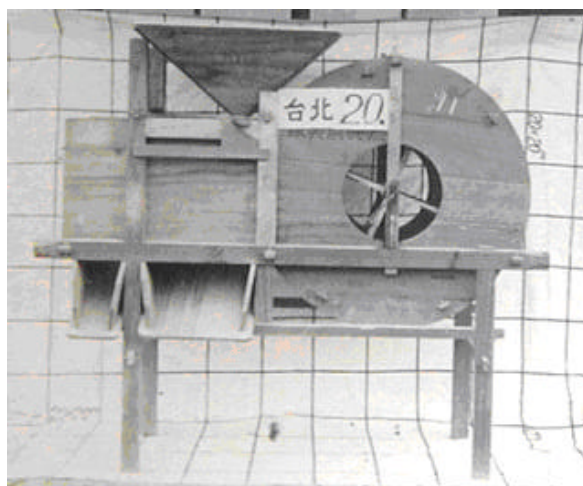


圖 5 選別用之風鼓

肆、乾燥

乾燥空氣之溫度對穀物品質有極顯著之影響，玉米進行乾燥時，若過份提高穀粒溫度，不但容易增加破損粒、胴裂粒與變色粒，而且易導致澱粉分離性(研磨性)、油脂回復性及蛋白質品質等之降低。小麥方面。穀溫若過高，將損及烘烤之品質。

在討論乾燥之最高容許溫度時，熱風溫度與穀粒溫度間應加以區別。大多數乾燥機之操作上，至少有一部份穀物會達到熱風溫度，但在同向式乾燥機內，穀物溫度常較熱風溫度為低。

穀粒溫度之最高容許界限值做下列三種因素而定：

- (1)穀物之用途，
- (2)穀物之水分含量，
- (3)穀物之型態等。

一、種子乾燥

乾燥可避免在安全含水率下進行收穫。一般種子在收穫時水分過高時，需要經過乾燥，否則會導致發熱、酸敗、蟲害。穀物一般均作為種穀、磨粉或飼料等用途。作為種穀時，需要較高之發芽率。由於乾燥時穀溫太高容易殺死胚芽，故種穀不能採用高溫乾燥。由於穀種種類之不同，其間之差異極為顯著。小麥之發芽狀態對熱之敏感度最低，其次為燕麥、玉米與黑麥，而且所有穀物之發芽率在高水分含量時對熱之反應較低水分含量時為敏感。為期確保穀物之活力，一般認為在乾燥期間，穀粒溫度應不超過 40 至 43.3 ，其他穀物之安全溫度如表 6。

表 6 種子乾燥之安全溫度

玉米	40-45 ^o C
大豆	30-55 ^o C
小麥、黑麥、燕麥	43-65 ^o C
水稻	50-60 ^o C
雜草種子	40-70 ^o C

穀物之烘烤與磨粉品質亦因穀溫過高而戕害。雖然如此，作為烘焙或磨粉用途之穀物，其能承受之溫度仍較種穀為高。小麥之含水率影響及安全乾燥溫度甚鉅。水分含量愈高，乾燥所用之熱氣溫度必須愈降低。大體上言，為保證穀物加工後之品質，作為磨粉與烘烤等用途之穀物，一般在乾燥期間，其穀粒溫度應勿超過 48.9 至 54.4 ，最高 60 。

在營養價值方面，至目前為止，營養學家尚未肯定乾燥溫度對飼料用玉米價值之影響是好是壞。然而，眾所周知，穀粒溫度若超過 93.3 時，由於水分去除過速，乃發生嚴重之胴裂。過份胴裂之結果，使穀物在進行其下游步驟之加工處

理時，產生穀粒損傷碎裂之現象，在儲藏期間亦可能因此導致霉變。為此，一般認為飼料用之穀物在乾燥期間，其穀粒溫度應勿超過 93.3-98.8 ，同時其乾燥時間應該更加縮短。

水稻方面之乾燥，由於本省地處亞熱帶，高溫多雨，稻穀收穫後必須立即進行乾燥，以避免產生霉變，造成損失。乾燥可分為傳統的日曬乾燥法及目前農民普遍採行的乾燥機烘乾法。一般乾燥機可分為平箱式與循環式兩種，但以循環式乾燥機烘乾稻穀較不會影響稻米品質，亦較受農民歡迎。過去農民採用快速乾燥法，稻穀水分急速下降，含水量過低，導致胴裂米增加，糙米失去光澤，食味品質降低。最近之試驗結果顯示：稻穀以循環式乾燥機三段變溫烘乾較為理想，即剛收穫之稻穀置於循環式烘乾箱中，先以定溫 55 進行烘乾，待稻穀含水率降至 20% 時，再以定溫 50 續行烘乾，待稻穀含水率降至 16% 時，再以定溫 47 進行烘乾，而至稻穀含水率 14 15% 時為止，如此可確保食味品質及提高碾米之完整米率。若在雨季搶收稻穀時，於乾燥時亦可採用雨季搶救乾燥法，即在開始 2 小時內，加熱溫度以不超過室內濕球溫度表之攝氏度數加 30 為宜，烘乾 2 小時後，視乾燥程度再降低溫度，至稻穀含水率為 18% 即可取出，再換批乾燥，待全部乾燥完畢後，再以 45 47 的溫度乾燥至所需之水分含水率。

二、種子乾燥方法

一般所用的乾燥方法有太陽能乾燥、箱式乾燥、循環式乾燥、連續式流動乾燥及乾燥車等。太陽能乾燥法常在開發中國家使用，而乾燥車則用於種子方面乾燥甚為普遍，因其有低熱能、高風量的優點。

對於種子乾燥，若採用一般商用乾燥機，則有下述之缺點：

- 無法作細部溫度控制
- 容易造成機械損傷
- 大部份機械只重重量不重乾燥品質。造成乾期間亦會有所損傷。

圖 6 與圖 7 則表示不同初期含水率及乾燥溫度下，種子發芽率之變化情形。

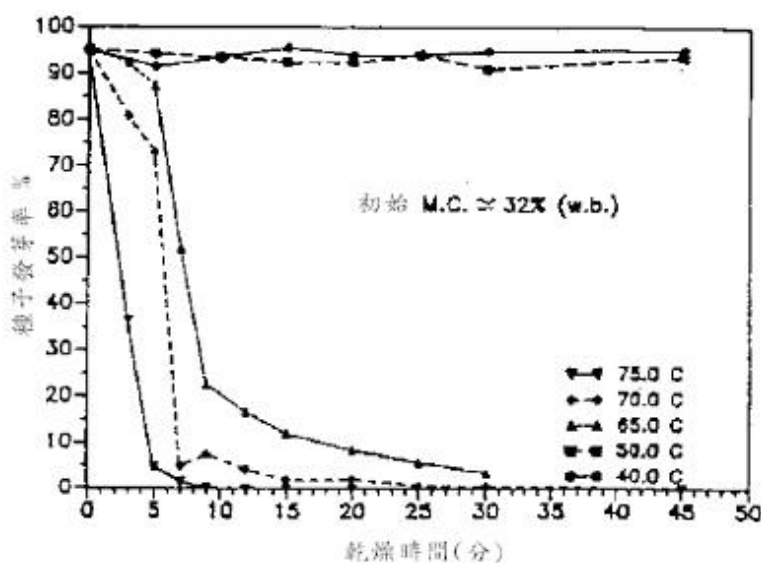


圖 6 乾燥期間不同溫度與發芽率間之關係

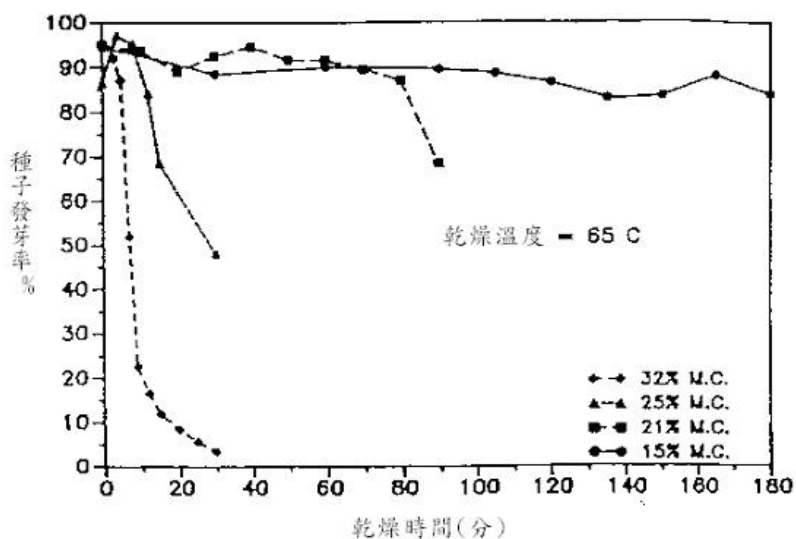


圖 7 不同含水率下之乾燥與發芽率間之關係

(一)箱型乾燥機

箱型乾燥機為一種小容量之乾燥設備，其價格便宜，可以拆裝折疊，不佔空間是其優點。裝機後，其平面約佔五平方公尺，乾燥容量每批約為 800-1,000 公斤，乾燥層之堆積厚度約為 30 至 60 公分，故仍屬厚層乾燥的一種型式(如圖 9)。濕穀靜置於一塊多孔鋼架上，離地約 30 公分，構成一個靜壓室。乾燥空氣經由燃爐加熱後，通過靜壓室、網板、穀層，進行乾燥。熱風溫度一般限在攝氏 40 度以內，或在高於外界溫度 10 度以內，過高易造成碎米。箱式乾燥機每批乾燥時間為 14-20 小時，可將稻穀含水率由 24% 降到 13%，平均每小時可減少水分 0.5%-0.7%，熱風量為每公噸稻穀 12-120 立方公分 / 分。箱型乾燥機容量雖小，但若 24 小時連續運轉，每日乾燥能力約為 2-3 公噸。

箱型乾燥機最大缺點是稻穀乾燥前後進出均甚為不便，而由於厚層乾燥的關係，其穀層溫度不容易控制均勻，容易造成上下乾燥不均勻的現象。但由於價格低廉，仍有許多農民樂於採用。

箱型乾燥機為迎合乾燥之特性，其多孔鋼板可採用不同的斜度，如圖 8 所示。為加強風力，多孔板亦有做成曲面者，但穀層之安置則必須隨曲面作調整，使風力分佈均勻。圖 8 為其實際外觀圖。除乾燥箱部份外，箱式乾燥尚需配合加溫設備。通由燃燒爐、軸流式鼓風機及風管組成。燃燒爐以油或輕柴油為主要燃料，爐心採用蒸發皿式，利用爐熱揮發燃油，以完全燃燒。

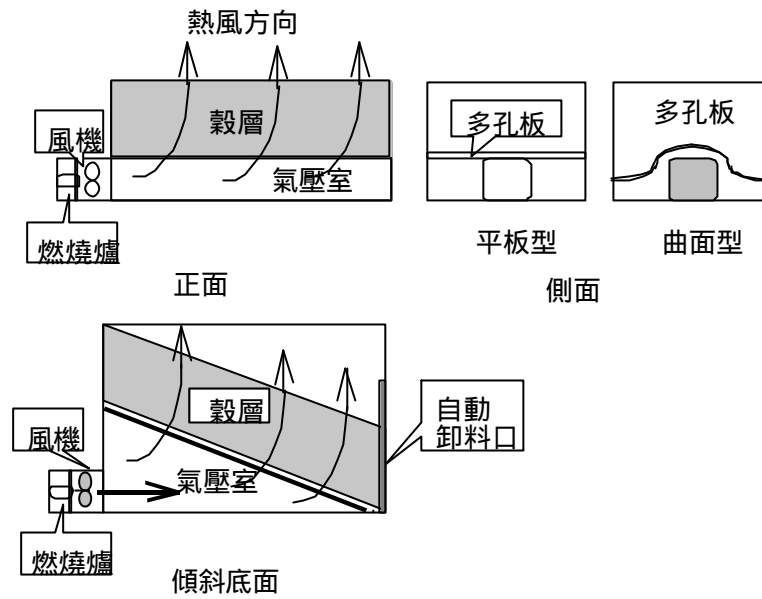


圖 8 早期之箱型乾燥機

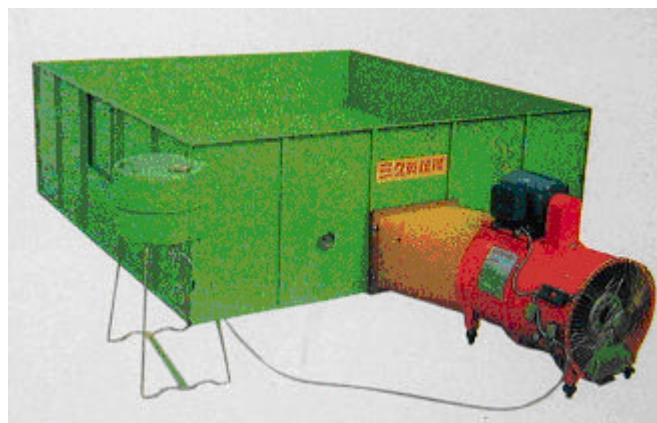


圖 9 箱式稻穀乾燥機之外觀

(二)簡易式乾燥車

此種乾燥車構造簡單、價格低廉，可以到處移動，曾經用於花生之乾燥，但其缺點與箱型乾燥機一樣，無法均勻乾燥，也無法連續乾燥，而進出料亦不方便(如圖 10)。另一種機械式乾燥車則可以將乾燥箱傾斜，方便卸料。由於不需使用螺運機，故不會損傷種子，也較可保持種子之發芽力及活力。但其乾燥速率比其他機型略慢，是為其缺點(圖 11)。

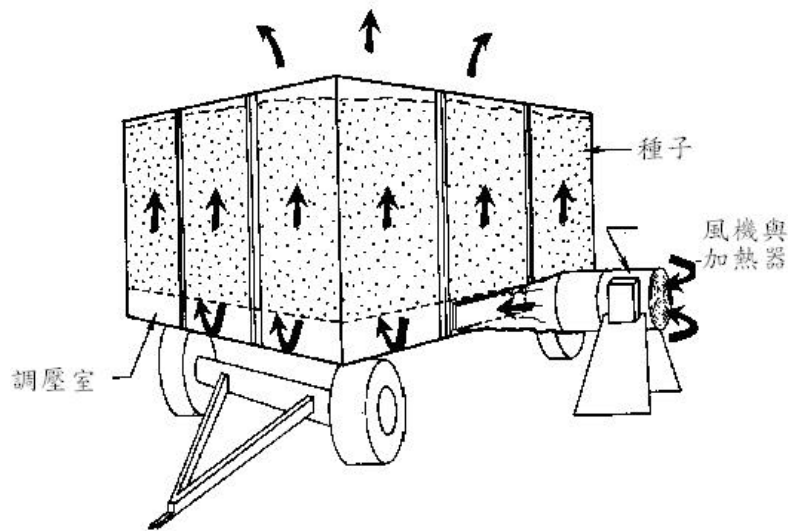


圖 10 乾燥車

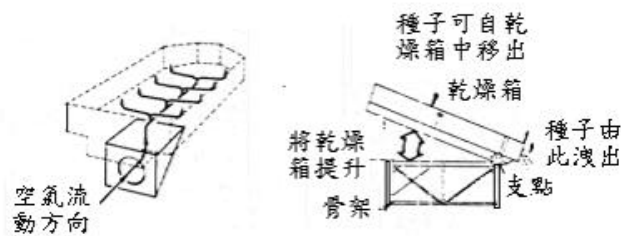
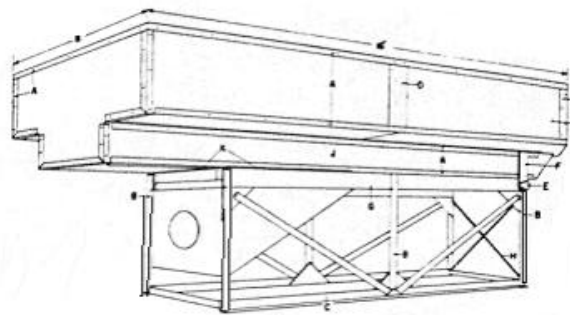


圖 11 機械式乾燥車

(三)可逆型固定式乾燥機

這種屬於倉型或箱型乾燥機，為克服其穀層乾燥不均的缺點，乃設計成熟空氣流動可以在乾燥過程中逆向流動，使種子層乾燥更為均勻(圖 12)。這種型式乾燥機應用於非流動性或種子非規則性的處理，圖所示則為玉米穗軸之乾燥機(圖 13)，這類型式亦曾設於種苗繁殖改良場內。

為改善箱型乾燥機乾燥不均的缺點，六十二年(1973)由台灣大學開發雙向通風的方式，將熱風的方向可以在每一特定時間內加以轉向，使穀層上下均能獲得充分之乾燥(圖 14)。當時之商品化機種，除乾燥稻穀之外，尚可乾燥玉米穗、花生、魚乾及其他農產品。

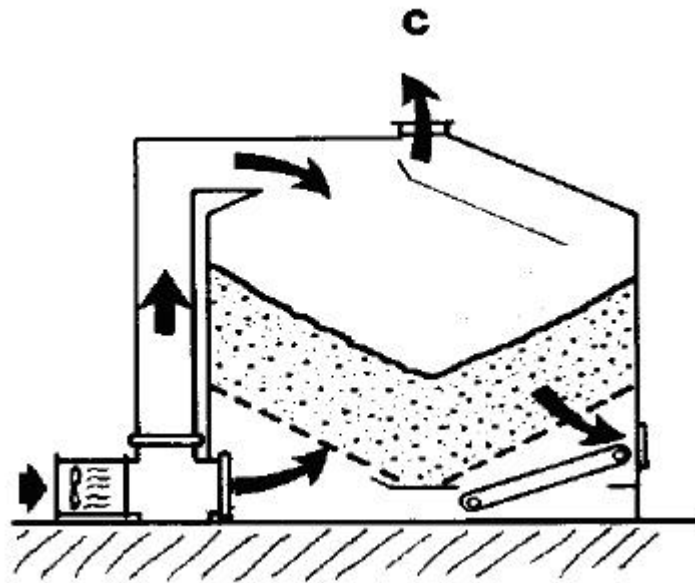


圖 12 可逆型倉式乾燥機

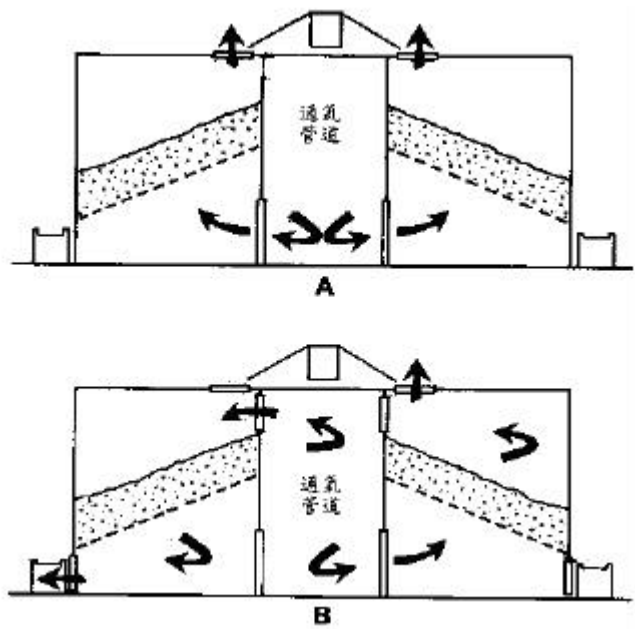


圖 13 可以反向型之玉米穗軸乾燥機

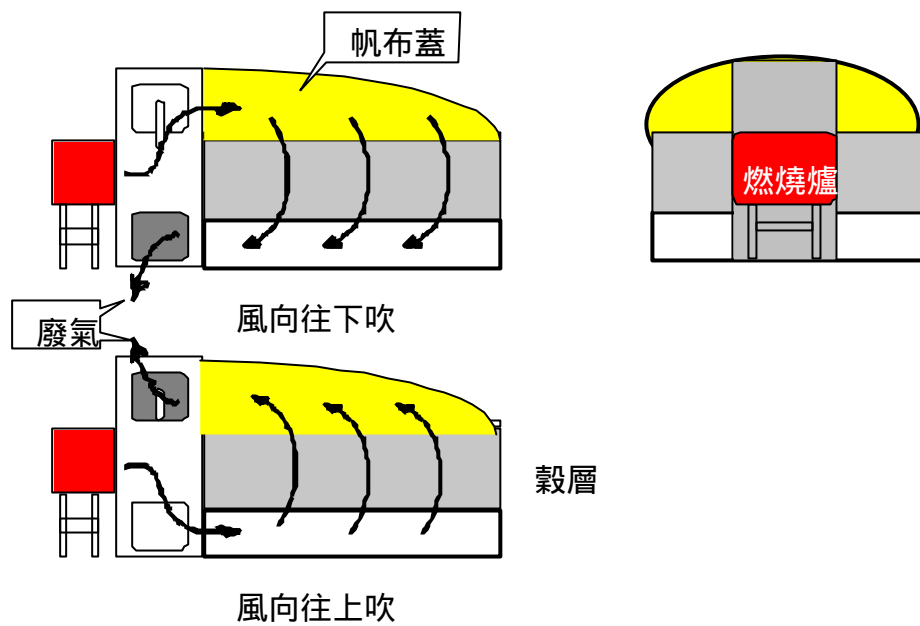


圖 14 換向式乾燥機之原理

(四)循環型乾燥機



圖 15 循環型乾燥機之外貌

循環型乾燥機係配合穀物均化原理所研發之機型，整個乾燥過程仍屬批式狀態，但仍然維持不斷循環乾燥及均化，使穀物有休息的機會。圖 15 為一型的循環式乾燥機外觀，其上部有六層為均化倉，其下一層為乾燥部，大部份之濕穀均貯留在均化倉中，利用重力進入底下之乾燥部。溼穀倒入進料斗之後，即由其側之

箕式輸送機運送至乾燥機頂端，物料由頂端往下倒時，依次經過貯留槽和乾燥室，最後才掉入乾燥部，由螺旋輸送機送往箕式輸送機進料端，再次送往乾燥機頂部，使稻穀在乾燥機頂部與底部間來回循環運動。貯留槽之作用是為了在稻穀尚未進行下一次乾燥時，可先進行均化作用。乾燥部中具有數個錐型隔板，導引物料以散落狀態或薄層狀態通過隔板間隙，熱風則透過隔板孔吹向隔板間隙中之物料。由於循環型乾燥機之乾燥性能良好，穀水分乾減均勻，故很快取代箱型乾燥機。

循環型機之容量最早期有 1.5 噸者，其後容量因需要而逐漸增加，分別有 1.8 噸、2.5 噸、2.8 噸、3 噸、3.2 噸及 3.6 噸。這些仍屬單機型態，後因佔地大的緣故，容量仍然繼續增加。至發展中期(六十七年至七十七年(1978-1988))則又在容量有較大的轉變，有些為配合乾燥中心之容量而製造者，由 4.8 噸起，至 6 噸、10 噸噸型者。至近幾年來由於大型乾燥中心在各農會陸續設置，其單機容量後增至 12 噸、20 噸、24 噸，甚至 30 噸型者。目前所有者已是龐然大物，高度常達 15 公尺以上。

(五)連續式乾燥機(高容量)

國外常用的乾燥機屬連續式乾燥為多，因為這種機型可以配合暫存倉進行通風乾燥(圖 16)。由於是連續式，故所用的熱風溫度不能高於 50°C。所用之風量率則在 80 m³/m³，穀物在乾燥機內貯留時間約為 40 min。惟這種型式不適用於小粒或流動性差的種子。其狀況類似於國內使用之循環式乾燥機。

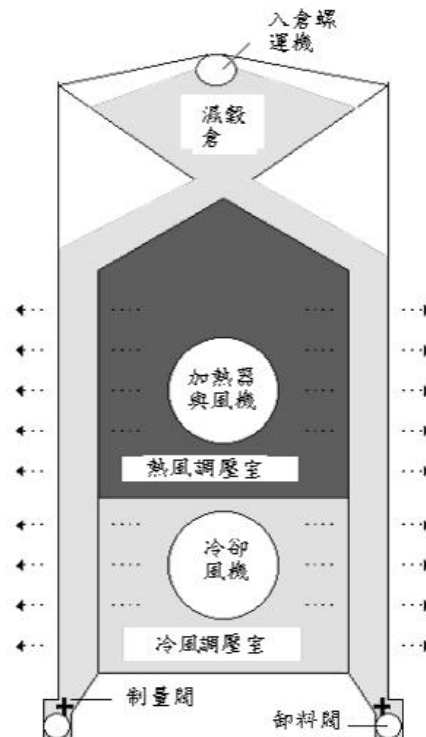


圖 16 連續型乾燥機

(六)種子專用乾燥機

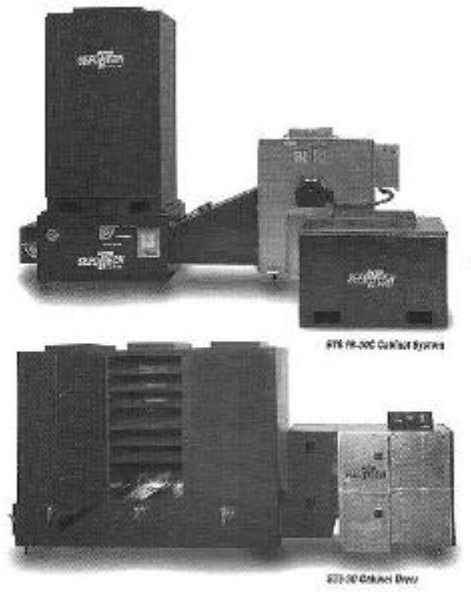


圖 17 種子乾燥設備

正確的種子乾燥繫於三個要件：即空氣、溫度與濕度。三者運作適當應可產生良好的乾燥結果。空氣的品質、溫度及流動的速率對種子之調製與生產有甚大的影響。許多種子乾燥的問題是由於不平衡的系統。換言之，每一立方公尺的廢氣必須有等量的空氣更換。有些乾燥機則先以等量的新鮮空氣進行交換。這些等量的空氣需先行處理，以免污染種子，或將髒空氣或潮濕空氣送入乾燥機。

由於乾燥種子所需之溫度必須精確控制，故必須具有精密的控制系統。圖 17 為一典型的商業用種子乾燥機，其內部採用盤式乾燥，內部構造則如圖 18 所示。

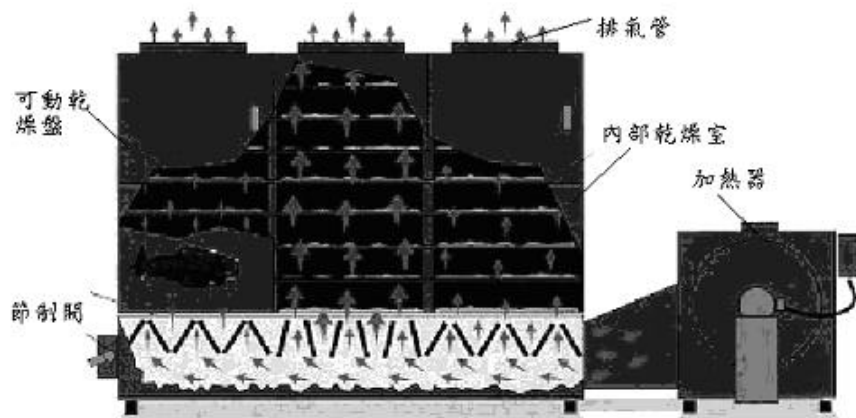


圖 18 種子乾燥機之內部剖面結構

(七)冷卻型乾燥機

亞熱帶地區高溫多濕，要處理種子相當不易，因此亦有使用穀物冷藏機進行乾燥之方式(圖 19)。如此可以在低溫的狀況下進行種子乾燥。

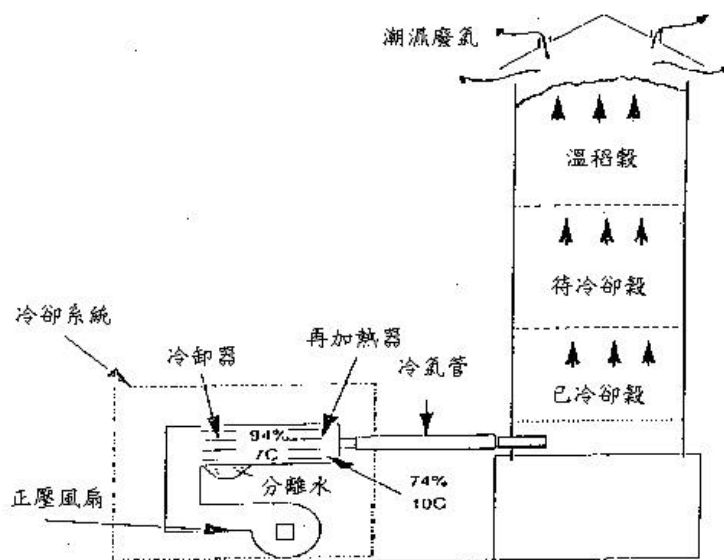


圖 19 在亞熱帶可以使用穀物冷卻機

伍、儲藏

一、如何安全貯藏剛收穫後的種子？

水分與熱是種子維持生命力的主要敵人，而太強的陽光也不適宜。種子最好儲存在密閉的容器中，可使用玻璃罐或塑膠罐，然後置入乾燥劑，以去除過多的水份，以免在儲存中發霉或提早發芽。乾燥劑亦可一些乾燥的米粒或奶粉，用布包裹代替，亦可有吸濕作用。一般的原則是溫度維持在攝氏 40 度的環境下即可長期保存種子之生命力。置於冰箱中也是一個好的方法。但是若要放置在冰箱中儲藏，須注意不要與其他水果或蔬菜一起存放。因為有些水果如蘋果等在其成熟過程中會發散出化學成分，抑制許多種子發芽。此外，許多種子可以儲存在乾燥、黑暗的處所。雖然有些種子必須冷藏一段時期才能打破其休眠期，但有很多種子不能在長期冷藏狀態下存活，此時之冷藏設施使用時反而必須特別小心。

利用密閉容器儲存時，必須在容器外標示種子的品種及收集的日期及地點，以免將來混淆。

種子儲藏在台灣是一個問題，因為種子收穫時水分仍然很高，而且因為氣溫高濕度高，不利儲藏。一般言，種子在水分高時收穫，會產生霉菌、蟲害等，這

些均與高水分成正相關。因此種子未經適當消毒程序，也會使其品質或發芽率降低。

一般在亞熱帶種子儲藏的問題都是因為大氣的問題，因為氣溫高、相對濕度也高，正是霉菌及昆蟲密度最高的時期，不利於種子維持活力。一般的解決方案是：

- 在儲藏前先適當乾燥
- 置放於乾淨的穀倉(經過消毒)
- 必要時要小心監測與經常進行燻蒸作業。

穀類適當儲藏之目的在維持穀物收穫與乾燥作業後原有之品質特性。因此，作種用之穀物儲藏必須維持穀物之生活力；工業原料用者，則須維持其磨粉與烘焙品質；若為飼料用，則需保持其各種營養特性。

儲藏期間並無改善穀物品質之功能。不論儲藏設備如何完善，穀物若因收穫或乾燥作業之不當，品質已低，則倉儲期間，穀物至多只能維持該品質水準。所以許多關於穀物品質低劣之抱怨與批評，不應全歸罪於倉儲之不善，事實上如前所言，大部份由於早收(水分含量過高)，聯合收穫機調整不當(脫殼筒轉速過高)，乾燥過速(乾燥溫度過高)等因素處理不當所使然。

穀物儲藏期間，導致穀物品質與數量上損失之主要原因為黴菌、害蟲、野鼠與蝨蟲等之侵害。在正常情況下，穀物本身之呼吸作用亦易造成其乾物質之損耗。雖然如此，若與其他生物之侵害情形比較，呼吸作用所構成之損失仍屬輕微。

二、呼吸作用

儲藏期間，並非所有損失均由黴菌、昆蟲等其他外來生物所造成。眾所週知，所有生物體，包括儲藏中之穀物，均行呼吸作用(Respiration)，使本身之乾物質產生氧化。在呼吸作用進行期間，穀物內之六角醣將被氧化，產生二氧化碳與水，其方程式如下：



除了穀物本身呼吸之外，貯藏菌亦行呼吸作用，故對整個穀堆而言，總呼吸量何部份屬於穀物本身，而何部份屬於外在之黴菌所造成，則很難劃分。為此，福梅爾(Hummel,1954)等人曾有如下之結論：在溼穀中呼吸作用產生之熱，主要係由於黴菌之呼吸所造成，而非穀物之本身。據研究，穀物在無黴菌之狀況下，穀物水分雖達 18~20%，其呼吸速率並不比含水率 12%者增加，同時亦不發熱，顯然溼穀之發熱現象，完全由於黴菌呼吸作用所造成之結果。

三、水分之轉移

前面曾論及穀物若能適當地經過收穫、乾燥與儲藏作業，則穀物將可保持相

當長久之時間，但此結論只能某於假設穀物在貯藏期間其狀況不變之情形下方屬正確。事實上，由於穀倉外界溫度變化甚大，故其貯藏狀況亦隨時變化。

穀物在相當高溫之狀態下入倉貯藏，至秋季時，外界平均大氣溫度逐漸降低，穀倉之牆壁內外遂產生高低溫差，使靠近內牆之穀物與空氣溫度相繼下降，空氣之密度隨之增大，因此，由於自然對流之結果，近牆壁之空氣乃形成一股氣流向下降，經過穀倉底層，由穀倉中央轉而向上，通過穀溫較高之中心層，再抵達穀頂層中心較冷地區，因此離開穀表面，與四週之下降氣流構成回路。在此氣流循環回路中，空氣將自穀層吸收水分，而凝結於穀層頂部穀面下 30~60 公分處(圖 20)。因此若不時加檢視，頂部穀層將因而敗壞。

當早春來臨時，前段所述之氣流狀態剛好相反，此時由於穀倉內部之穀溫較低，空氣因而自穀層中心下降，並沿倉庫四壁附近上升。氣流中之水分因此凝集在穀倉底部(圖 21)。

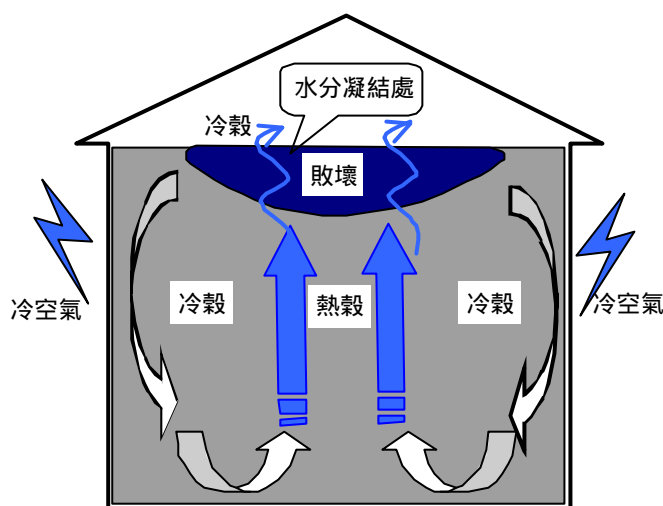


圖 20 外界溫度高時冷穀層中空氣對流之情形

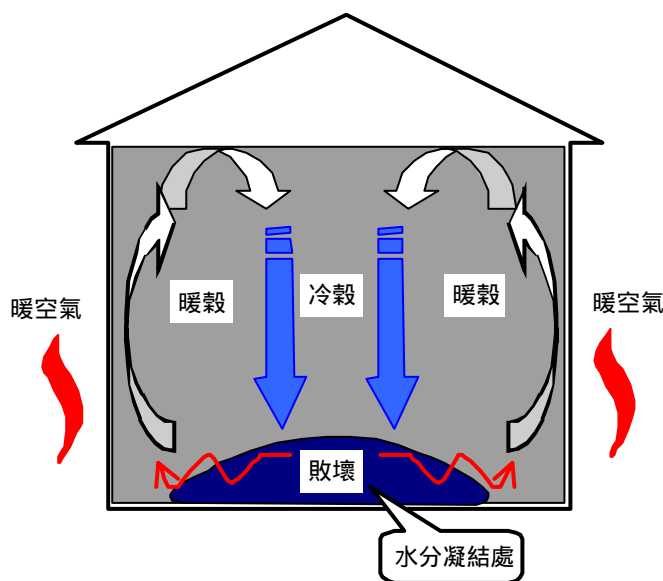


圖 21 外界溫度高時冷穀層中空氣對流之情形

由於自然對流所造成之水分遷移現象，一般可採用降低牆壁內外溫度差異之方法加以克服。此方法即為通風。在秋天加以通風，使穀溫隨外界溫度逐漸上升。通風之程序與對流式乾燥方式大略相同，其主要差異在於所用風量之大小。乾燥時一般使用之風量率每立方米體積應大於 $0.8\text{CMM}/\text{m}^3$ ；通風時則可少於 $0.08\text{CMM}/\text{m}^3$ 。圖 22 所示為通風所能產生的改善情形。

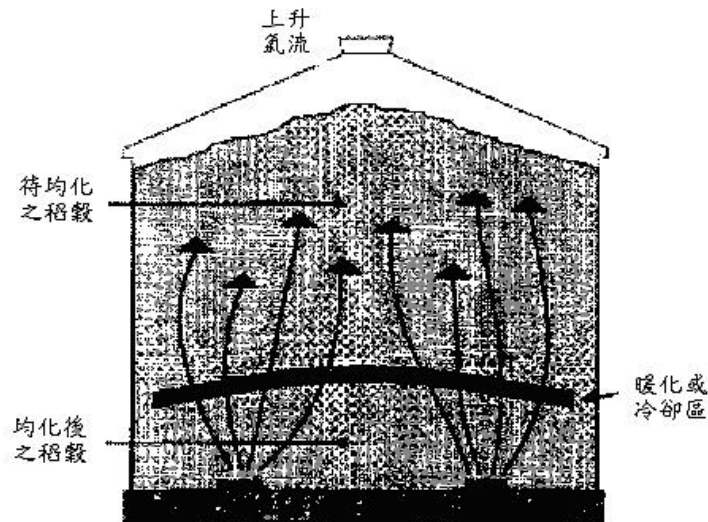


圖 22 通風可以移除熱點的問題