

專 論

密閉式與通風式穀倉之貯藏特性及其優劣比較

Characteristics of Air-Tight and Aeration Storage Systems and Their Comparisons

臺灣大學農工系講師

馮 丁 樹

T. S. Feng

壹、前 言

增產糧食有兩種不同途徑：一為積極性生產，一為消極性減少損耗。就本省之糧食生產言，全省平均每年稻作產量約可達二百五十萬噸。但是由於土地可耕面積少，復加上工商業逐漸轉向農業區域擴展，因此，談及大量增產，較為不易。一般亦只能自育種，施肥或機械之利用方式等方面進行改善。雖然如此，實際上這些方面努力之成果終究有限，無法有效提高增產之幅度。在此種情況下，減少損耗之工作實具有同等重要地位。

根據亞洲生產組織（APO）之一項調查統計，稻米平均在貯藏與作業期間，每年約有 5-10% 之損耗。據知，本省進口之雜糧在倉儲期間，因昆蟲方面所招致之損失即高達百分之十，其他諸如鼠害與不良倉儲所導致之變質問題，則尚無法估計在內，尤其若考慮該項損耗之穀物所需花費之生產成本與勞力，其損失更應加倍計算。以今年全省致力增產 10% 稻米為例，若果不從防止損耗方面雙管齊下，則增產之成果必將隨即為各種損耗吞蝕而抵消。因此，倉儲之改善與擴充，實為當前迫切之問題。

貳、本省倉儲之現狀

本省現有之農會穀倉大部份以採用散裝貯藏為主，而以袋裝為輔。長期貯藏期間，稻米則以維持穀態貯存為原則，出倉時再經加工成糙米，進入消費市場。

截至民國六十年為止，在數量上本省現有穀倉約有 1,292 棟，其最高倉容量可達 42 萬多公噸，其中大部份倉庫年代已久，而且破損不堪，無論其建築型態或進出倉設備均甚簡陋。稻穀貯存其間，極易遭致損失。

在總倉容方面，本省現有之倉庫容量已有不足現象，而且倉儲之期間甚長。據統計，在民國 60 年所

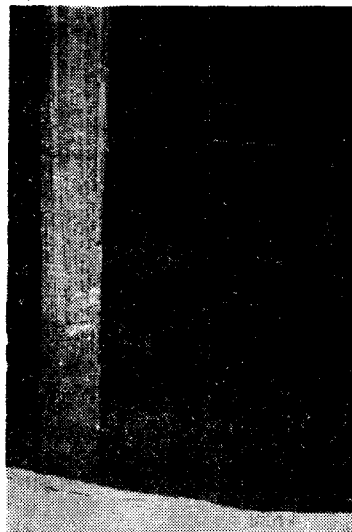
臺灣大學農工系副教授

陳 貽 倫

Y. L. Chen

儲存之稻穀中，以儲存一年以上者居多，達 69%；18 個月以上者為 11%，而 6 個月內出倉者全省僅及 2%，近年來，由於肥料換穀政策之廢除，糧食儲存期限預料應會縮短，但由於新近之糧食增產政策以及水稻無息貸款之推行，料預糧倉不足之情形必將更為嚴重。

對於稻穀品質之維護工作，舊有倉庫均採用自然通風法，以竹篾編成通風筒數個置於地面埋設之通風孔上，使內部空氣自然對流，以發散穀層中之熱氣，減低穀倉內之溫度（如圖一）。由於自然對流現象效果遲緩，因此，每個月幾乎均需實行翻倉作業乙次，此項工作在夏天則更顯重要，惟其工作環境甚為辛苦。



圖一 舊有農會倉庫之儲存情形，中立者為竹製通風筒

目前農會所屬之倉庫大部份均缺乏機械進出倉之設備。稻穀輸送全賴人工，不但費時，而且不易保持倉內之清潔與密閉。其他諸如通風機及移動式搬運機械亦極簡陋，效率低，其普及率也低。

叁、研究之目的

本計劃研究之目的在於實地瞭解密閉式與通風式穀倉應用於本省各農會之可行性；並尋求直接改善舊有木造或磚造倉庫結構之方法，使舊有倉庫能予更新利用。

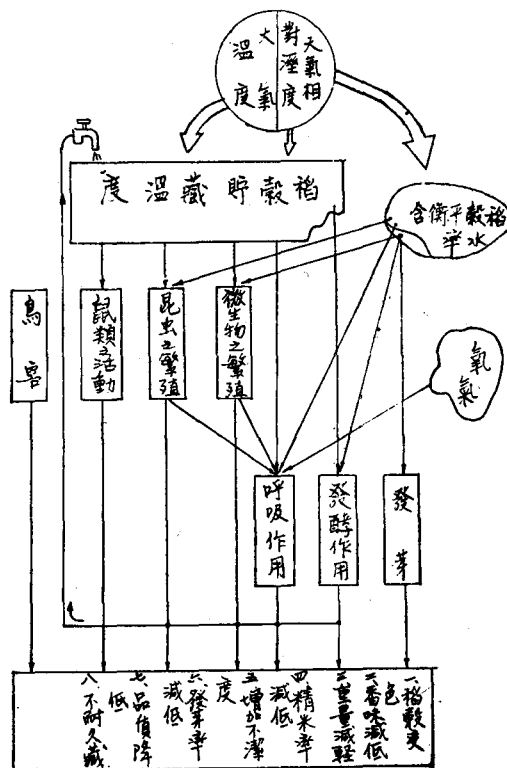
計劃實際之作法則利用羅東農會舊有磚造倉庫乙棟，分隔成密閉倉，通風倉與對照倉四間，並配合該農會之收穀與加工作業程序，增添進出倉設備。

在貯藏試驗方面，則以六十三年度第一期稻穀入倉試驗，分別研究各倉之貯藏特性，並以高溫潮濕之氣候為條件，比較各型式倉庫對稻米品質之維護情形。

肆、貯藏稻米一般性理論之分析

貯藏之目的與功用，在於保護穀物，使之不受昆蟲病菌之侵害與外界因素之影響，並防止營養與品質之降低。若自經濟之觀點言，貯藏稻米或其他穀物，不但可助政府穩定糧價、物價，而且能調節供需，使稻穀之生產不受人為因素之操縱。

在貯藏期間，稻米品質變化之原因不外來自兩方



圖二 稻米儲藏期間，各因素之相互影響及其因果關係

面：一為外來生物所造成之損傷，一為內部活力之衰減以及部份養分之分解。前者包括穀蟲，微生物與老鼠等之侵害；後者則是由於穀體本身存在之水分與外在之氧氣等造成之生理呼吸作用。不過，無論是外在或內在因素之影響，其最後仍將受限於氣候條件。要言之，即大氣溫度與相對濕度兩因素。其間之因果關係以及相互間之影響則可參考圖二所作之歸類。大氣溫度顯然直接影響穀溫；穀溫一旦升高，一方面促進微生物等之活動與繁殖，另一方面則行呼吸與發酵作用。後者經發酵與呼吸作用之後，其結果將使穀溫更為升高。稻穀含水率方面之變化亦然，而且亦能間接地促進上述溫度升高之副作用，最後使米質變壞。

(一)溫度與水分之影響

大氣濕度方面之變化，直接影響稻穀吸濕之程度。外界濕度愈高，稻穀內部所能吸收或保存之水分也愈多。於是貯藏中之稻穀乃開始回潮。此種回潮現象最後將在不同溫度與濕度之條件下，維持平衡狀態。換言之，某溫度與某濕度下，稻穀之含水率必然維持定值。此項平衡含水率可利用表(一)查出。在一般情況下，欲達到此項平衡狀態；約需 20 日至 30 日之久；但主要部份之變化則只需數日。

根據上述之平衡法則，有一點頗值得注意。穀物本係有機體，故雖然在相同之氣候狀況下，吸濕（回潮）與去濕（乾燥）之平衡過程所得之平衡含水率並非相同，此項差異一般謂之復歷（Hysteresis）現象。在相對濕度 25%~75% 之間，平均此兩過程所得水分上之差異約 1 度。以含水率 15.8% 為例，其開始吸濕約始於相對濕度 86%；而開始乾燥或去濕則需等到 75% 以下。在表一所示不同溫度下，大氣濕度與稻穀之平衡含水率可參閱表一所示。

稻米在貯藏期間，水分含量必需維持在一定之限度，否則水分愈多，各種黴菌立即活動；其他體內之化學變化亦接踵而起。安全儲藏期因而隨之縮短。此種水分之限量與安全貯藏時間之關係如表(二)所示。

由此表得知：稻穀含水率若能儘量保持低值，貯藏日數必然增加。事實上，由於大氣溫度之變化與貯藏方式之不同，上表估計之數值與實際應用仍略有出入。目前糧食局收購係以 13 度為標準，日本方面則以 14 度收購。此項尺度之決定可能略帶有傳統性，但與氣候條件以及穀倉之設備情形則應有必然之關係。據一般倉儲經驗所得之法則，穀物貯藏之含水率每降低一度或穀溫每降低 6°C，穀物之安全貯藏時間即

表一 稻穀在不同溫度與平衡含水率之相對濕度關係

溫度 °C	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C	55°C	60°C	65°C
含水率%													
1%	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	1.1	1.7	2.4	3.5	5.0	7.1	9.8	13.5
2%	0.4	0.6	0.9	1.2	1.7	2.4	3.3	4.6	6.2	8.2	10.8	14.2	18.4
3%	1.1	1.5	2.0	2.7	3.6	4.7	6.1	7.8	9.9	12.5	15.7	19.4	24.0
4%	2.6	3.3	4.2	5.3	6.5	8.1	10.0	12.2	14.9	17.9	21.2	25.5	30.2
5%	5.1	6.2	7.5	9.0	10.8	12.9	15.5	17.9	20.9	24.2	28.0	32.1	36.8
6%	8.9	10.6	12.3	14.5	16.5	18.9	21.6	24.6	27.7	31.2	35.0	39.1	43.5
7%	14.4	16.4	18.5	20.8	23.3	26.0	28.8	31.9	35.1	38.6	42.3	46.1	50.2
8%	21.2	23.5	25.9	28.3	31.0	33.7	36.6	39.7	42.8	46.1	49.5	53.1	56.7
9%	29.1	31.5	33.9	36.5	39.1	41.8	44.6	47.5	50.4	53.5	56.5	59.6	62.8
10%	37.5	40.0	42.3	44.8	47.4	46.9	52.4	55.0	57.7	60.4	63.0	65.8	68.5
11%	46.2	48.5	50.7	53.0	55.3	57.6	56.8	62.1	64.4	66.7	69.0	71.3	73.6
12%	54.6	56.6	58.7	60.7	62.6	64.6	66.6	68.6	70.5	72.4	74.3	76.2	78.1
13%	62.4	64.1	65.8	67.6	69.3	71.0	72.6	74.2	75.8	77.4	79.0	80.5	82.0
14%	69.3	70.8	72.2	73.7	75.1	76.5	77.8	79.2	80.4	81.7	82.9	84.2	85.4
15%	75.3	76.6	77.8	79.0	80.0	81.2	82.3	83.8	84.4	85.3	86.3	87.3	88.2
16%	80.5	81.5	82.4	83.3	84.2	85.1	86.0	86.8	87.6	88.4	89.2	89.9	90.6
17%	84.8	85.5	86.2	86.9	87.7	88.4	89.0	89.6	90.3	91.0	91.5	92.0	92.6
18%	88.3	88.8	89.3	90.0	90.5	91.0	91.5	92.0	92.5	93.0	93.3	93.8	94.2
19%	91.0	91.5	91.9	92.3	92.7	93.1	93.5	93.9	94.2	94.5	94.8	95.2	95.5
20%	93.2	93.5	93.9	94.2	94.5	94.7	95.0	95.3	95.6	95.8	96.0	96.3	96.6
21%	94.9	95.2	95.4	95.6	95.8	96.0	96.3	96.5	96.7	96.8	97.0	97.2	97.7
22%	96.2	96.4	96.6	96.8	96.9	97.0	97.2	97.4	97.5	97.6	97.7	97.9	98.0
23%	97.2	97.4	97.5	97.6	97.7	97.8	97.9	98.0	98.2	98.2	98.3	98.4	98.5
24%	98.0	98.1	98.2	98.3	98.3	98.4	98.5	98.6	98.6	98.7	98.7	98.8	98.9
25%	98.5	98.6	98.7	98.7	98.8	98.8	98.9	99.0	99.0	99.0	99.1	99.1	99.2

表二 稻穀含水率與安全貯藏日數之關係 (常溫狀況)

含水率	12%	14%	15%	16%*	17%	18%	19%	20%	21%	22%
安全貯藏日數	2-4年	1年	6個月	30日	25-30日	15-20日	15日	10日	3-5日	5日

* 16%以上之資料得自日本 Hokriku 農業試驗站 (溫度 15°C-25°C)

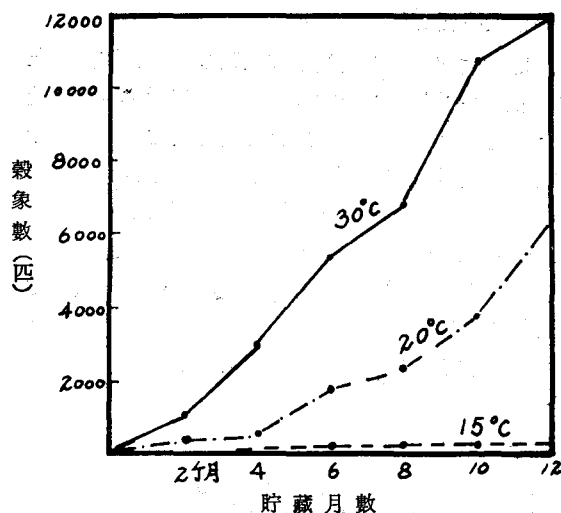
可增長一倍。是故除含水率之外，溫度方面之控制亦為安全貯藏穀物之方法。

(二) 穀體之病蟲害

貯藏中之稻穀最常遭遇之病蟲害有黴菌、酵母菌、肉芽菌、喜氧性細菌與嫌氧性細菌等多種。儲藏溫度若降低至 15°C 時黴菌之數目即行減少；但溫度或水分增高時，黴菌即滋長繁殖，25°C 至 35°C 之間

為其最適當之活動溫度。正常穀粒一旦受到此類黴菌之感染，其平衡含水率即逐漸比正常者為高，因而吸收更多水分，加速穀粒之敗壞。

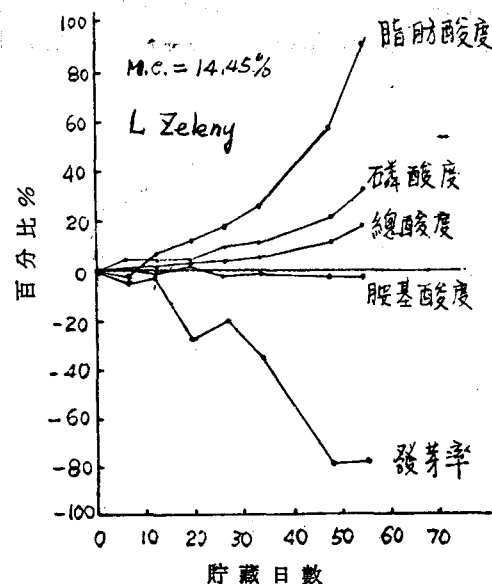
穀象亦為儲藏期間繁殖最為快速之昆蟲。惟其繁殖速度亦因溫度之高低而異。根據河野常盛之研究，30°C 之溫度下穀象之繁殖速率約為 20°C 時之兩倍；而 15°C 時其成長率則相當微小 (參閱圖三)。



圖三 穀象在不同溫度下之繁殖情形 (資料：河野常盛)

(三) 穀體內部之化學變化

米糠雖非食用部位，但在貯藏期間其所產生之各種化學變化對稻米品質之影響極大。米糠為稻米顆粒中最易酸敗之部份。一旦開始酸敗，各種黴菌及他種病菌即刻繁殖。而酸敗之產生，不但與溫度有關，而且取決於其中含水率之多寡。據知，相對濕度若高過 62.5%，微生物即開始活動、繁殖。如此，間接促進酸化作用。在此情況下，儲藏時間愈長，或水分愈高，其酸化程度愈大。因此脂肪酸乃逐漸累積。根據 Houston 氏之研究報告，稻穀在貯藏期間，其品質

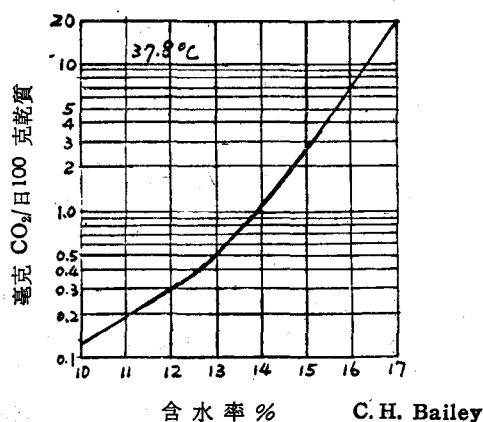


圖四 稻米貯藏中之酸價與發芽率之變化情形

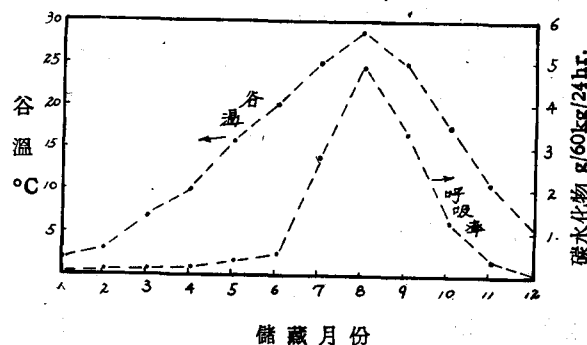
之好壞大略可由脂肪酸、非還原糖成分與發芽率之高低等三項因素作為判斷。貯藏期間，脂肪酸含量隨時間而增加；非還原糖與發芽率則隨時間而減少。圖四為 Zeleny 氏在堪薩斯州所作稻米儲藏之各項化學變化與發芽率之比較。由此結果可瞭解稻米於儲藏期間各種酸類之變化情形。

四 生理變化

生理上，貯藏中之稻穀除上述之發芽率呈遞減變化外，亦易因呼吸作用而敗壞。據 Bailey 氏之試驗，稻穀若未受到病蟲害之感染，其呼吸速率呈圖五之變化。此項呼吸速率雖隨水分含量而增，但其變化仍因穀粒狀況之不同相差極大，尤其當穀粒受到黴菌之感染或其他機械傷害時，呼吸速率常要高出常者 2-3 倍。在相同含水率之狀況下，呼吸率則隨穀溫而變化。圖六係將袋裝稻米在 16% 下進行試驗之結果。溫度愈高，呼吸率愈快。由於貯藏期間，穀粒溫度仍以夏季為最高，故呼吸率亦在夏季時達到高峯。



圖五 稻米儲藏期間之呼吸速率



圖六 稻穀貯藏期間，呼吸率變化之情形。

在貯藏期間，由於呼吸作用之結果再加上水分含量分佈不均，故產生之熱量無法均勻擴散，而使稻穀發生局部自熱現象，溫度乃告上升，形成熱點（hot point）。貯藏期間，對於熱點現象若不隨時注意並及時處理，極易因而加速呼吸作用，稻穀乃迅速變質。此種自熱現象以夏季最為常見。

伍、稻穀之貯藏方式

貯藏稻穀及其他穀類之倉庫型式與種類繁多，但無論利用何種原理與何種型式，一個良好之倉儲系統至少應滿足下列條件：

1. 需使稻穀能調節並控至穩定狀態，稻穀之呼吸作用以及微生物之活動與繁殖等需能減至最低程度。
2. 倉庫內部之構造必須能提供一穩定之環境，並且需無縫隙或開口，以防止昆蟲之介入與動物之竊食。
3. 稻穀在緊急狀況下，必須有及時處理之能力，進出倉務須便利無阻，而且需具備有預備倉，以作為臨時翻倉之用。
4. 應可防止屋頂滲漏，牆壁之浸雨以及颱風之侵襲。

此外，一新式優良之穀倉，最好應另具備下列三項設備：

- ①有通風設備，視情況需要隨時可通風。
- ②需容易密閉，以利燻蒸作業。
- ③有良好之進出倉設備以節省勞力。

目前一般倉庫依儲藏方式約可分類為數種：即普通倉、通風倉、密閉倉、除濕倉與準低溫倉、低溫倉、冷凍倉等。其中，前四種均在常溫下貯存稻穀，故又稱為常溫倉。後三者則以控制低溫為目的，統稱為低溫倉。在價格與運轉成本上比較，常溫倉遠比低溫倉為低廉。

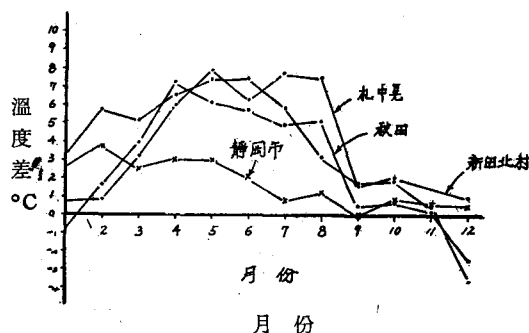
本省所有之倉庫中，仍以常溫倉儲藏稻米居多。雖然此類型倉庫在維護品質之能力上略遜低溫倉一籌，但其構造簡單，價格低廉。故若衡量當前之經濟能力，通風倉與密閉倉確實在本省仍有極大之發展潛力。今就此三者倉儲之特性分別闡述如下：

(一)普通倉庫之儲藏特性

普通倉庫在儲藏方面，較難克服之工作是稻穀溫度之變化與水分之回潮等問題。茲就此兩項變化加以說明：

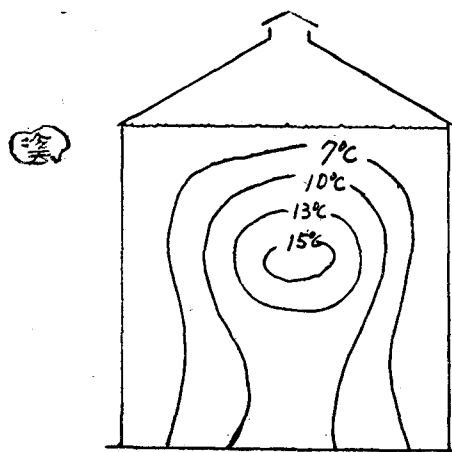
1. 稻穀溫度之變化

貯藏期間，稻穀發熱之來源甚多，除上述生理上之呼吸作用以及生態上病蟲害之破壞等所產生之熱量外，最主要是季節所造成外界溫度之變化。根據河野常盛之研究，室外之平均溫度一般約高於穀溫 5°C ~ 10°C 左右。其變化幅度視倉庫結構之不同而異。惟一般之變化趨勢大約以七、八兩月為分界。在此月份之前，外界溫度一直上升，故高出穀溫甚多（參考圖七）；但經過此兩高溫月份之後，外界溫度節節下降，溫差轉小，有時甚至低於穀溫。



圖七 外界溫度與穀溫差異變化之情形(正值為外界溫度 高過穀溫) (資料採自河野常盛)

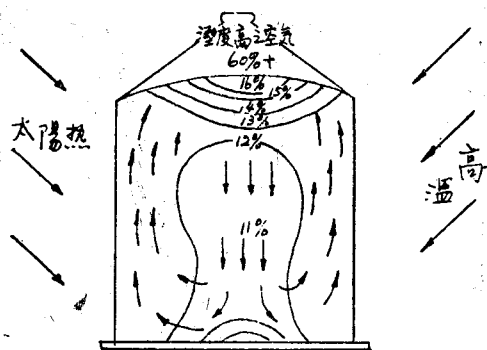
上述之穀溫係以平均值討論。事實上，穀層內部仍有溫度梯度存在。泛言之，穀層外圍較近外界，故其溫度對外界之變化較為敏感。圖八所示係以某倉庫之縱剖斷面稻穀之溫度在冬季期間分佈情形。此時溫度以中心部位為最高。夏季期間，外界溫度顯然較高，故其分佈圖雖與圖八略同，但其梯度方向正好相反。



圖八 穀倉內部恆溫線分佈圖(冬季)

2. 稻穀水分含量之變化

稻穀入倉後，其水分漸漸與倉內濕度達到平衡。在普通倉內，以頂層稻穀最易與大氣達到平衡點。其他各層則因稻穀本身之阻絕作用，空氣之濕度較低，故其回潮現象相當遲緩。此種情況以高溫潮濕之地區更為顯著。此時由於外界溫度高，而且濕氣重。倉庫外圍部份之稻穀開始先受熱。因此稻穀間隙內之空氣亦同時受熱而上升，但中央部份之空氣則因此股上升氣流而告下降構成一對流系（如圖九），由於此種對流作用中央部位反而被迫吸入外界潮濕之空氣，使頂部稻穀水分逐漸累積，並向下延伸。為克服頂部之回潮現象，目前常用翻倉方法，或直接将頂部之稻穀先予以加工出倉。



圖九 高溫潮濕季節，倉內稻穀水分傳遞情形

上述頂部之回潮係由於吸入潮濕空氣而使頂部稻穀達到新的平衡狀態。但如果此項對流連續不斷，則底層亦會產生水分聚集之現象。此項聚集係凝結作用所使然。因為倉儲期間，若對流作用繼續，則中央下降氣流通過中心高溫層後再與較冷之底層相遇，因而產生凝結。在嚴冷冬天，此項對流現象亦同樣發生，但其流動方向相反，故水分反而凝結於頂層。

其他水分容易凝結之處以倉庫四周之機會較大。現行之辦法係採用加工後之穀殼加以隔絕，使稻穀無法直接與牆壁接觸，減少凝結機會。

(二) 通風倉之貯藏特性

強迫通風是一種比較廉價而又可以有效維護稻米品質之方法，其優點如下：

1. 將貯藏中之稻穀冷卻，抑制或防止黴菌之繁殖與昆蟲之活動。
2. 使倉內各點溫度平均，防止水分自溫度較高之稻穀移至溫度較低之稻穀處。

3. 於儲藏過程中，可將稻穀所產生之不良氣味去除。

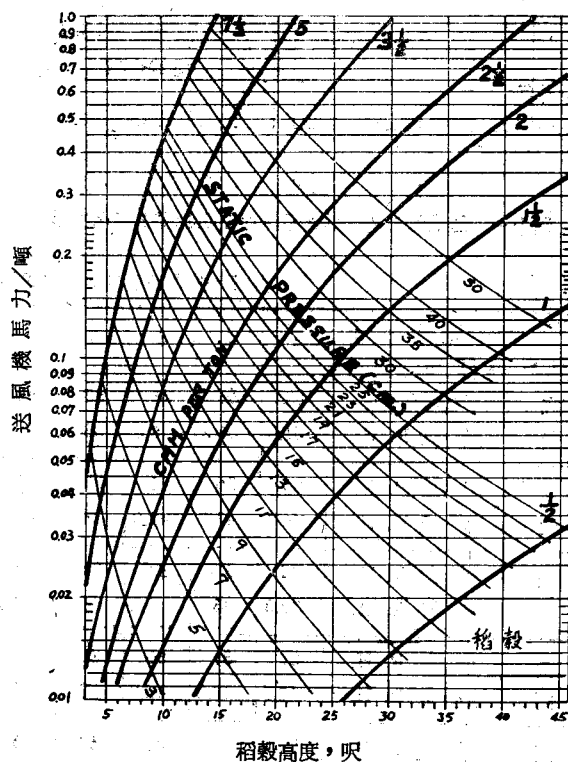
4. 可利用此通風系統進行燻蒸消毒之工作。

5. 可將濕穀暫時保存一段時間，作為臨時救急之用。

6. 可去除收穫期或乾燥機所殘留之餘熱。

通風之設備主要部份包括馬達，送風機與通風管等。其構造原理及設計方法與一般通風乾燥法無異。同樣均是以送風機將空氣強迫送入穀層。在風量方面，前者風量較小，一般約在 $1/20 \sim 1/5 \text{ CMM/M}^3$ （立方公尺每分/立方公尺稻穀）之範圍；後者風量較大，約在 $1 \sim 5 \text{ CMM}^3$ 之間，但有時亦高達 25 CMM/M^3 以上。雖然如此，真正需要之風量還要考慮及氣象因素與冷卻時間。一般冷卻用之通風風量仍以採用 $1/5 \text{ CMM/M}^3$ 為最多。在此種風量運轉下，若在夏天降低 10°C 約需 80 小時，在秋天則需 120 小時左右。

送風之方向一般以採用自上往下送風之方式為普遍，其主要優點可以防止頂部水分凝結。惟在亞熱帶區域，若溫差不大，則採用自下往上送風之方式亦無大碍。



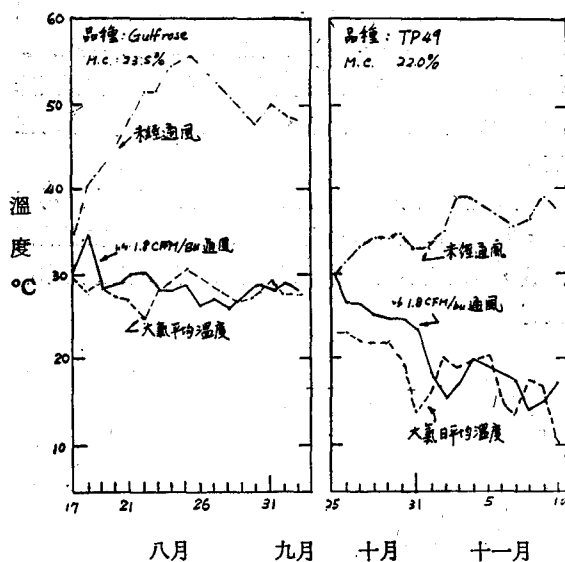
圖十 送風機馬力，靜壓力，與風量間之關係。

稻米若利用通風貯藏，其所需之馬力、靜壓力，風量與儲藏高度間之關係如圖十所示，其中靜壓係以稻穀未經鎮壓時為準，若經鎮壓，其值約需增加 30 %。

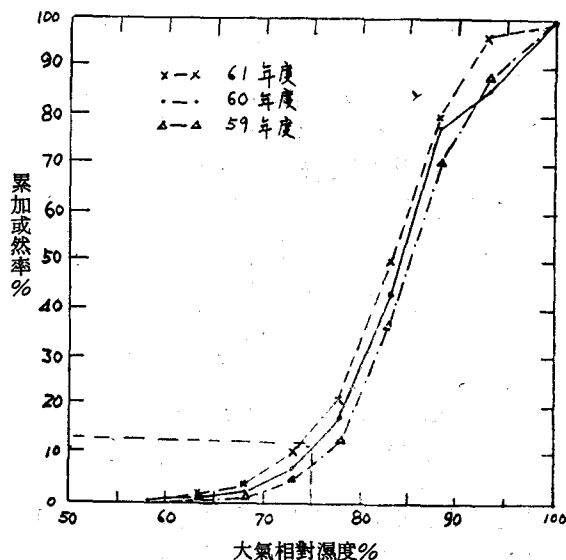
以通風方式暫時保存高水分稻穀之工作亦十分有效。同時可以延長貯藏時間。圖十一係 Calderwood 氏所作之稻米試驗結果，其中通風與不通風兩者間，在溫度上之差異極大。顯然，適當之通風即可有效地使穀溫降低。

通風法所遭遇最大之挫折則是氣候因素。一般稻米之安全貯藏係以維持水分 13~14% 為原則。然而根據含水率平衡表顯示，若欲進行連續通風，空氣之

濕度必須維持在 75% 以下。在亞熱帶地區則極難達到此一通風標準。以本省羅東地區為例，（如圖十二）小於 75% 之機遇率僅及 13% 左右。其他地區如臺北、臺中、臺南與高雄等四區其全年平均相對濕度均在 75% 以上，（參看表三）。如此條件下，通風作業不易維持 13 度之水準，故唯有進行選擇性通風。由表三知各地之最低濕度仍有可能低於 75% 甚多，因此，間歇性通風可選擇在此時間內進行。唯大部份濕度低於 75% 之時間約在中午時分，此時之溫度也可能最高，因此，通風之工作必須利用自動控制系統，方可確實把握適當之通風時間。



圖十一 通風與未通風對濕穀保存期間溫度之變化情形



圖十二 羅東地區 59-61 年度相對濕度變化之機遇率

表三 本省各主要地區之累年平均相對濕度與最低濕度

月 份		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
相 對 濕 度 %														
宜蘭	平均相對濕度	85	85	86	88	89	87	83	85	87	88	87	86	86
	最低 R. H.	51.6	56.2	58.3	58.2	54.5	59.5	56.5	55.3	57.8	56.3	52.8	51.5	55.7
臺北	平均 R. H.	85	86	85	83	83	82	80	79	80	82	82	83	83
	最低 R. H.	46.7	47.7	49.2	44.7	43.8	48.9	47.9	47	46.4	49.1	47.8	47.3	47.2
臺中	平均 R. H.	82	83	83	83	83	83	81	83	83	80	80	82	82
	最低 R. H.	38.8	43	46.3	46.9	47.6	52.2	51.9	54.7	49.2	45.9	41.6	41.5	46.7
臺南	平均 R. H.	81	81	80	81	81	85	83	85	84	81	82	83	82
	最低 R. H.	42.6	43.8	46.2	47.1	49.1	56.3	55.2	56	56.7	50.5	48.7	47.7	50
高雄	平均 R. H.	79	80	81	82	83	86	84	87	85	82	80	80	82
	最低 R. H.	42.2	45.3	53.6	54.2	60.5	65.3	64.1	66.6	64.8	59.5	54.5	47.8	56.5

一般特殊狀況之通風有時可以不必考慮相對濕度之高低。例如穀溫若超過外界溫度 6°C 以上或高達 $35\sim 38^{\circ}\text{C}$ 時，縱然相對濕度超過 80%，亦應繼續通風，使稻穀溫度降低。

(三)密閉倉之貯藏特性

倉儲之問題，以氣候因素最難控制，其中尤以溫度為然，其控制之代價也高。但比較上，濕度之控制應比溫度容易。因此，若在潮濕之地區採用密閉方式貯藏稻穀，其效果應該相當理想。

密閉儲藏之方式係將欲儲藏之稻穀放入一完全氣密之空間或建築物中，使內外空氣互相隔絕。外界水分亦無法滲入倉內。此時儲藏之稻穀水分含量可因而維持固定，不再產生任何變化。除了水分之外，在氣密倉內，氧氣亦無法與外界獲得交換，因此其倉內空氣 O_2 之成份逐漸稀薄；而二氧化碳含量則相反地增多。在此種情況之下，稻穀本身之呼吸作用立即獲得有效之控制，此時除非儲藏之穀物水分含量甚高，否則嫌氧性呼吸作用亦少。而且，二氧化碳之含量若增高至 $18\%\sim 19\%$ ，許多昆蟲之卵，蛹與成蟲等亦將因此窒息而死。

根據 Grist 博士之研究，以密閉方式儲藏稻穀至少具備有下列之優點：

1. 不管任何階段之昆蟲，均易被抑制而漸消滅。
2. 可以防止昆蟲，老鼠及其他小動物之入侵，至於盜竊事件亦可適當防止。
3. 黴菌無法活動，貯藏高水分之穀物時可以防止過熱，但無法防止其酸化作用。
4. 儲藏過程中，稻穀可一直保持相同之含水量。
5. 可節省一般之翻倉，運搬等之費用，同時防止各處熱點之產生。

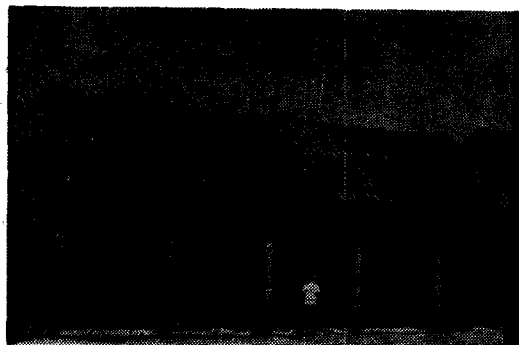
雖然如此，在進行計劃或建造密閉式倉庫之前，下列數點仍值得注意：

1. 密閉倉庫因為要求各處密閉，故造價比一般普通倉貴，而且技術上，極難保持 100% 之氣密。
2. 倉庫之設計必須具備有伸縮室，以供倉內空氣有熱脹冷縮之餘裕。
3. 在稻穀含水率 $12\sim 14\%$ 時，必須時刻檢查昆蟲之活動狀態，以確知氧氣減少率之殺蟲效果。
4. 含水量高之稻穀，其密閉儲藏時，極易產生不良氣味，一般只能作為飼料。
5. 由於氧氣缺乏，人員若直接進倉檢驗時，有窒息之危險。

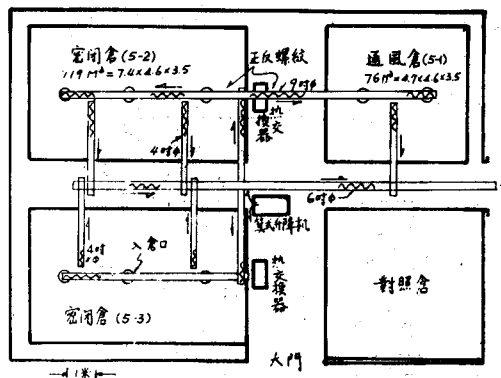
陸、倉儲改善試驗

一、試驗設備

1. 倉庫部份：在穀倉改善研究計劃下，將羅東舊有之倉庫乙間（如圖十三）加以改進，將內部劃分為四倉，總倉容共計約 200 噸；四倉中，通風倉乙座，約 40 噸；密閉倉兩座，約 120 噸；另一座為對照倉，約為 40 噸。其平面分佈圖如圖十四所示。通風倉與密閉倉四周及其頂層均以 2-3mm 厚之鐵板鑲接而成。其結構以不損及原有倉庫之支架與橫樑為原則，架構於舊倉庫內部，因此並無破壞其舊倉外貌。同時亦可利用舊倉之外殼作為絕熱之用。

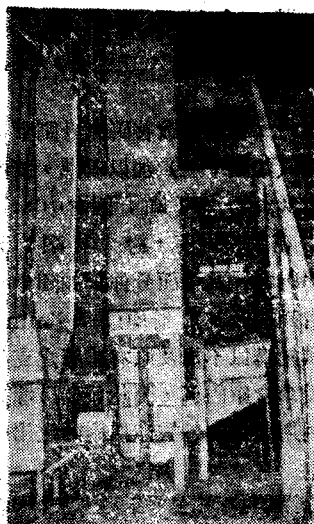


圖十三 羅東鎮農會提供本計劃試驗之磚造倉庫外貌



圖十四 實驗倉之平面圖與進出倉用螺旋輸送機之分配線路

密閉倉與通風倉穀料之進出完全採用機械方法輸送。進倉速度估計每小時可達一萬公斤。若依照目前農會之收穀程序，進倉時，稻穀須經水分檢驗與過磅。隨後即由一部兩馬力之升降機送至穀倉頂部之螺旋輸送機上（如圖十五）。之後，再利用開放型螺旋輸送機分送至各倉貯藏（圖十六）。



(a)昇降機底部漏斗部份

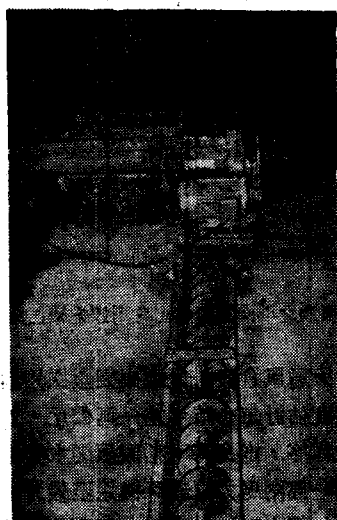


(b)頂層昇降機將穀物投入螺旋輸送帶

圖十五 箕式昇降機之作業過程



圖十六 螺旋輸送機在各倉庫頂部交會之情形



圖十七 出倉螺旋輸送機自倉底將穀物抽出後
掉入於另一組輸送機送至加工廠

出倉時，由另一套螺旋輸送機自各倉底部將稻穀抽出（圖十七），再經中央甬道上另一條螺旋輸送機匯集，送至碾米廠加工（參看圖十四之平面分佈圖）。出倉速率每小時可達三千公斤，其有關進出倉各項設計之規格表如表四所示。

表四 進出倉輸送機之設計規格

進 倉	要求：10,000 公斤/小時 (488bu/hr*)； 設計：14,000 公斤/小時 箕式升降機——12"×7"，間隔16"，260FPM 一臺 螺旋輸送機——開放式，10"/軸承**， 115RPM，負荷30%，9"-3支
出 倉	要求：3,000公斤/小時 (305ft³/hr)； 設計：5,000 公斤/小時 倉底螺旋輸送機——4"-6支，235RPM，負荷100% 至加工廠螺旋輸送機——開放式，10"/軸承， 6"-1支，6640公斤/小時，178RPM

* 稻谷以 14% m. c. (w.b) 計算=16.35kg/ft³

** 螺旋與承套間隙 3/8"

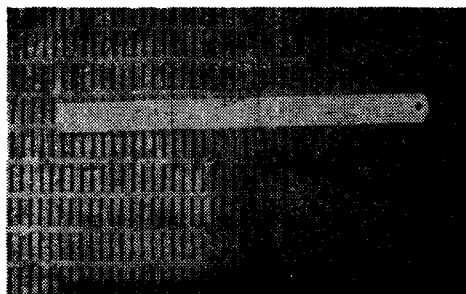
通風倉則自備有 1 馬力正逆兩用馬達乙部，以爲送風之用。送風機風量爲 1000fpm，靜壓2.5m/m。空氣自倉底送入穀層，馬達之起動，除手開關外，尚備有濕度控制開關，自動控制馬達之啓閉。（圖十八）

有孔底板之孔度約爲 7%，均屬長孔（如圖十九），孔板底部則墊以空心磚，以利風路。倉內除頂部設有通風孔外，其餘部份均力求密閉，並以保力龍質

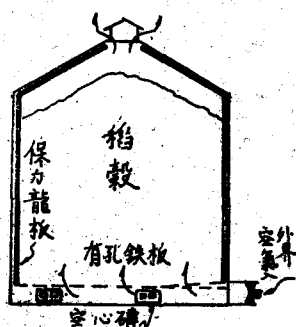
板浮貼鐵牆之四周，以爲絕熱之用。通風倉之縱剖面之情形如圖二十所示。



圖十八 通風倉用之馬達與送風機，右上角爲濕度與電磁開關



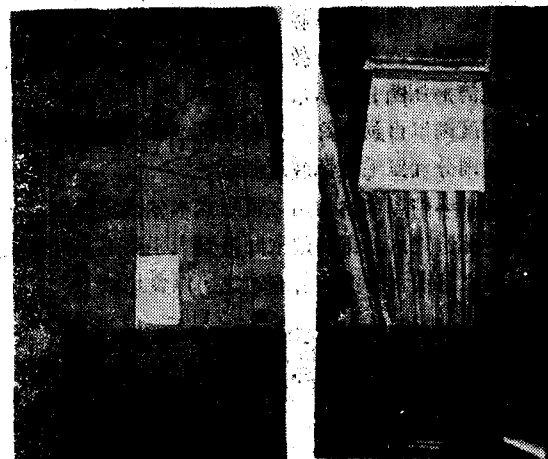
圖十九 通風倉底部有孔鐵板之孔目



圖二十 通風倉之縱剖面情形

密閉倉所用之材料與通風倉大略相同，但整體上，則力求完全密閉。爲避免穀物可能產生自熱現象，乃在密閉倉底部裝設一部軸流式之送風機，使倉內空氣進行強迫通風循環，以期達到倉內稻穀溫度均勻之

目的。此外，另在兩個密閉倉外部，分設一小型熱交換器（圖二十一），使內部空氣於強迫循環之同時，通過熱交換器以降低溫度。在熱交換器側面另裝設兩部小型風扇，作爲冷卻之用。



④熱交換器以兩部小風扇冷卻 ⑤熱交換器之散熱片

圖二十一 密閉倉之空氣熱交換器

爲使密閉倉內之濕度能够確實掌握，乃分別於各倉裝設除濕機乙部，以備氣密失效時作爲補救之用。其除濕能力每 24 小時爲 28 品脫。在 25°C 時最小濕度可維持 60% 左右。試驗期間，兩部除濕機之濕度則分別控制在 60% 與 70%。

2. 測定儀器

穀溫之測定方式分爲三組。一組爲具有 24 個溫度點之溫度指示器，可選擇性地分別讀取倉內各點溫度

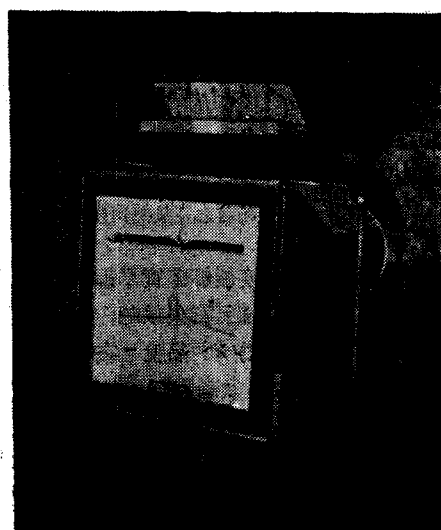


圖廿二 溫度指示器，配有分向開關，共可測24個溫度點 (Nieuwkoop B.V., Hoolland, model AS-100)

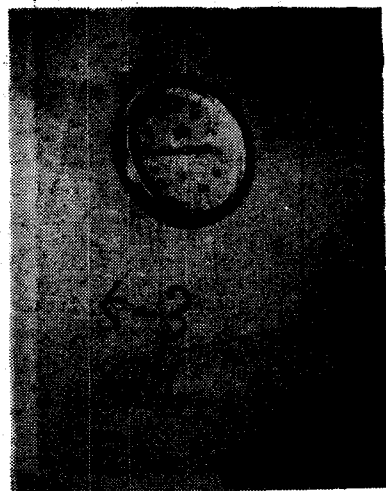
(如圖廿二)，其主要任務在指示通風倉，5-3 之密閉倉與對照倉之各點溫度；另一組則採用自動式溫度記錄器(圖廿三)，可同時記錄十二測點，專司5-2密閉倉各點穀溫之測定。最後一組為溫度探針(圖廿四)，分別測定靠近甬道之稻穀溫度。三組溫度點之分佈分上中下三層，其數目與分配圖如圖廿五所示，其中兩密閉倉內測點之數目與分佈均相同。倉內測針懸掛之情形如圖廿六所示。

濕度則以自動記錄儀自動記錄(圖廿七)，倉內之濕度則分別以毛髮濕度計測定。

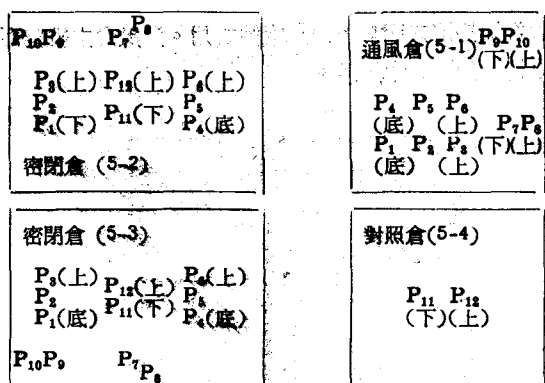
含水率則以農會使用之電阻式水分測定器測之。但其中部份之水分資料則取同臺灣大學農工系實驗室，另以紅外線水分測定器測定之，以資比較。



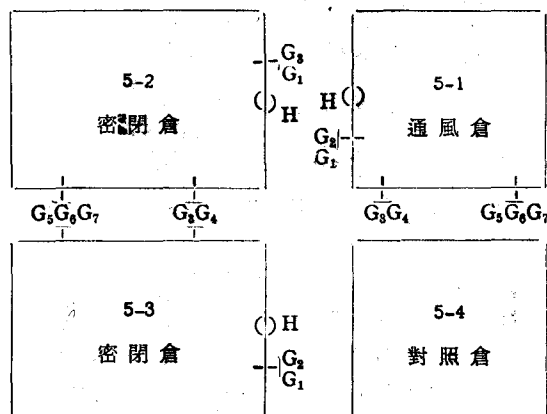
圖廿三 自動式溫度記錄器



圖廿四 溫度探針

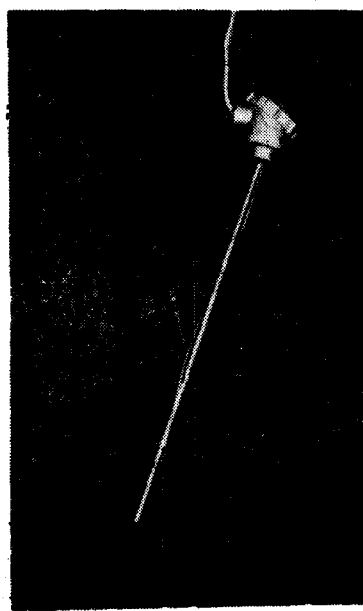


a) 指示器與自動記錄器測點分佈圖



b) 溫度探針與毛髮濕度計位置圖 (H為毛髮濕度計，G為探針)

圖廿五 各試驗倉溫度測點分配圖



圖廿六 溫度測針在倉內懸掛之情形



圖廿七 毛髮濕度溫度自動記錄器

3. 倉儲試驗用之稻穀

試驗用之稻穀係使用羅東農民向其鎮農會繳交之部份田賦穀進行試驗。稻穀品種分蓬萊與在來兩種，數量上，以蓬萊種為多。四個試驗倉分別於民國六十三年七月進倉，共計約十二萬公斤。

在試驗進行期間，不幸於十月中旬遭遇蘭陽區大水災，雨水淹沒地面，並使各倉底部稻穀浸水、發芽。幸賴當地國軍之協助清倉，並將各倉底部發芽部份之稻穀全部去除，分別送至大型乾燥機乾燥，以為飼料之用。其餘稻穀則復歸四倉繼續試驗，資料則自水災過後，開始記錄。但由於換倉之關係，其次序與品種略有變更，其更動情形如表五所示。

水災之後，各倉即保持原狀，直至出倉為止。出倉日期為 64 年 6 月。總共貯藏時間達十一個月之久。

表五 羅東試驗倉於水災後稻穀之異動情形

倉 別	代號	水 災 前		水 災 後	
		進倉日期	稻種	原倉	稻品種
通風倉	5-1	63年 7月	蓬萊	5-3	在來
密閉倉	5-2	63年 7月	蓬萊	5-1	蓬萊
密閉倉	5-3	63年 7月	在來	5-2	蓬萊
對照倉	5-4	63年 7月	蓬萊	5-4	蓬萊

二、試驗資料之分析

倉儲之種種特性以及其好壞之評判標準除取決於倉庫本身對稻穀儲藏環境之控制能力外，尚須考慮儲

藏期間稻米品質之變化情形。前者專指稻穀倉內之溫度與濕度方面之控制而言；而後者則泛指稻米在物理上，化學上與生態上之變化特性。其中較為顯著而常在文獻上被引用討論者諸如含水率，發芽率、色澤、粘度、變質米、蟲蛀、千粒重、脂肪酸與碾米率等項目。有時甚至包括稻米久經貯藏後之市場價值等。茲將其中較為重要之項目就本試驗之所得分析如下：

1. 穀溫之變化

穀溫之變化導因於呼吸作用之緩急程度與外界溫度之變化情形。根據本試驗之結果，四個實驗倉內各點之穀溫經逐日記載後，其月平均之變化資料如表六。資料採取月平均之理由是穀溫受外界影響速率緩慢。據前述之分析，通常達到影響之穩定狀態約需時 20 至 30 天。

由表六中所列之各點溫度之變化得知，通風倉內各點之溫度變化較為均勻，而且與倉外溫度之相差極小。此種特性即為通風方式之優點所在。溫度若能維持與常溫相同，顯示貯藏之稻米品質與環境狀況甚為良好。在密閉倉方面，若將 5-3 倉與目前之通風倉

表六 各試驗倉內溫度測點之變化

A. 倉外溫度與濕度

類 別	11月	12-1月	3月	4月	5月
倉 外 溫 度 (°C)	20.82	19.24	19.48	25.05	25.4
倉 外 濕 度 (%)	—	—	—	84.13	87.35

B. 通風倉之溫度與濕度

代 號	位 置*	月 份**				
		11月	12-1月	3月	4月	5月
P ₁	中一下	21.08	19.51	18.29	24.85	24.45
P ₂	中一中	19.86	18.0	19.13	25.9	25.8
P ₃	中一上	19.86	18.12	18.83	26.18	25.53
P ₄	中一下	22.98	21.65	19.41	26.55	26.88
P ₅	中一中	20.18	18.47	19.55	26.1	25.73
P ₆	中一上	19.64	17.96	18.71	25.45	25.5
P ₇	右中一下	20.06	18.33	19.3	26.13	25.75
P ₈	右中一上	19.98	18.43	19.4	26.18	25.78
P ₉	右上角一下	21.04	19.65	18.95	26.0	26.08
P ₁₀	右上角一上	20.36	18.46	—	26.2	25.95
倉內相對濕度		—	—	70	80.45	83.9

* 其位置請參考圖廿六(前者為頂視位置、後者為側視位置)

** 二月份因值春節，無資料。

C. 對照倉之溫度 (°C)

代 號	位 置	月 份				
		11月	12-1月	3月	4月	5月
P ₁₁	中一下	25.13	28.73	28.88	31.38	34.7
P ₁₂	中一上	21.07	20.96	21.5	26.4	29.75

D. 密閉倉 (5-2) 之溫度與濕度

代 號	位 置	月 份				
		11月*	12-1月*	3月	4月	5月
P ₁	中左一下	—	—	18.57	22.5	26.5
P ₂	中左一中	—	—	20.60	21.5	27.23
P ₃	中左一上	—	—	18.81	22.9	25.5
P ₄	中右一下	—	—	19.75	21.45	25.93
P ₅	中右一中	—	—	20.08	21.5	27.2
P ₆	中右一上	—	—	19.03	22.95	25.77
P ₇	上中一下	—	—	18.43	20.15	26.0
P ₈	上中一上	—	—	18.92	23.4	25.4
P ₉	左上角一下	—	—	—	22.3	25.03
P ₁₀	左上角一上	—	—	18.41	22.55	25.43
P ₁₁	中一下	—	—	19.17	20.05	25.07
P ₁₂	中一上	—	—	—	—	—
倉內相對濕度%		—	—	63.3	61.68	61.5

* 自動溫度記錄器未按裝妥當。

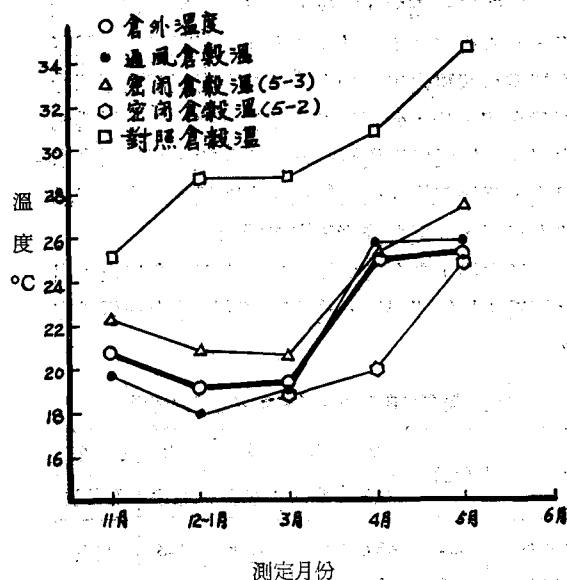
E. 密閉倉 (5-3) 之溫度與濕度

代 號	位 置	月 份				
		11月	12-1月	3月	4月	5月
P ₁	中左一下	—	—	—	—	—
P ₂	中左一中	12.61	19.65	19.13	24.28	27.9
P ₃	中左一上	22.82	21.47	21.18	31.59	29.45
P ₄	中右一下	22.93	21.39	21.26	25.55	28.28
P ₅	中右一中	—	—	—	—	—
P ₆	中右一上	23.09	21.42	21.0	25.93	29.81
P ₇	下中一下	22.50	20.62	20.73	25.18	28.05
P ₈	下中一上	21.52	20.18	19.62	24.88	27.38
P ₉	左下角一下	20.61	19.40	19.47	25.48	27.05
P ₁₀	左下角一上	21.11	20.27	19.49	24.5	27.35
P ₁₁	中一下	22.88	20.95	20.55	25.25	27.5
P ₁₂	中一上	21.0	19.51	20.36	27.3	27.95
倉內相對濕度%		—	—	70	67.48	76.38

比較，前者溫度略微偏高；但若與對照倉溫度相較，同樣之中心部位，密閉倉仍比對照倉之溫度約低 5-7°C 左右。若以 5-2 之密閉倉而論，其溫度之變化情形反而比通風倉更為優良。可惜因部份月份資料不全，無法更精確地再進行比較。

對照倉之溫度測針雖然僅使用兩組，但其所測之溫度差距頗大，愈往底層其穀溫愈高。此種趨勢其他三倉測定之結果亦然，惟其差異則不如對照倉大。其原因可能由於上層稻穀與大氣接觸密切，穀溫發散較易。底層則不易發散，溫度愈見升高。呼吸作用定然加速。由此推測，一般農倉舊有之倉庫所儲存之稻米，僅呼吸一項之損失其數量定然可觀。

為期更深瞭解起見，茲就各倉中心點之溫度變化情形加以比較（參閱圖廿八）。顯而易見，通風倉與密閉倉中心點溫度之變化與倉外溫度相差不遠，平均僅及 3°C 左右。但對照倉中心之溫度比較上則高出其他倉溫甚多，相差約 7°C 至 10°C。顯然在溫度之變化方面，試驗倉有其優良之特性。傳統式倉庫根本無法對溫度產生約束作用。



圖廿八 各試驗倉中心附近之稻穀溫度變化情形

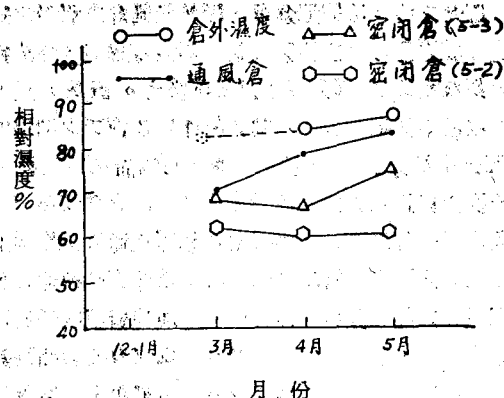
在三個試驗倉中，似乎以 5-2 之密閉倉在溫度之控制上有其更優異之成就，通風倉次之。雖然如此，通風倉則較具有穩定性，僅在倉外溫度曲線附近徘徊。5-2 密閉倉則因部份資料缺失，信任度稍差。此外 5-3 密閉倉之溫度則反而比通風倉為高。

2 濕度上之變化

大體上言，倉內存在之相對濕度愈小，倉儲之性能愈佳。通風倉在此方面顯然與對照倉或普通倉一樣，先天上有其不可克服之缺點。通風倉在此情況之下，倉內濕度平均約在 80% 左右。此種高濕度之空氣影響未來稻穀貯藏中水分含量之變化甚大。根據本試驗，通風倉內之濕度平均約比外界低 5% 左右，平均值則在 60% 之間。依據含水率平衡法則，長期保存倉內 80% 之濕氣時，稻穀之最終含水率將回潮至 14~15%。此在含水量變化項下之討論將可得到印證。

密閉倉在此方面則有極優良之表現。雖然其建築結構上尚無法達到百分之百氣密，但因各倉中均裝設有除濕機乙部，隨時可調節各倉之濕度，故兩倉之相對濕度均極低。5-3 倉約為 70%；5-2 倉則更低，約為 60%（如圖廿九）。以此種簡單之除濕方式，若應用於未來本省特別潮濕地區農倉之改善，應有極大之發展餘地，值得進一步推廣。

3. 水分含量之變化



圖廿九 各試驗倉內之相對濕度變化

由於試驗之初，適逢蘭陽區大水災，部份貯於倉內之稻穀乃因浸水發芽，故水分之變化，在初期數字上可能略有出入。其不同時期測定之各倉含水率資料如表七所示。其中有星號部份係利用紅外線水分測定法在實驗室中測定；其餘則利用羅東農會收穀專用之電阻式水分測定器測得。

表七 各試驗倉稻谷含水率變化情形

單位%

種類	位置	測定日期	12月30日	3月26日	4月3日	4月12日	4月15日	4月22日	5月5日	5月16日	5月26日	7月7日
通風倉 (5-1)	上									14.4		12.8*
	中		15.0*	15.0*	14.4	14.6	15.2*	13.6	13.9	14.05	14.20	—
	下											13.7*
	平均		15.0	15.0	14.4	14.6	15.2	13.6	13.9	14.25	14.20	13.3
密閉倉 (5-2)	上		13.3*		12.7	12.6	13.0*	12.1	12.7	12.5	12.7	12.0*
	中			12.9*						12.45		12.4*
	下				12.7	12.6	12.5*	12.5	12.7	12.6	12.9	12.8*
	平均		13.3	12.9	12.7	12.6	12.7	12.3	12.7	12.51	12.8	12.4
密閉倉 (5-3)	上		13.4*		13.5	13.3	13.0*	12.8	13.5	12.6	13.4	
	中		13.8*	14.5*						13.6		12.5*
	下		12.9*		13.4	13.2	13.4*	13.3	13.8	12.45	14.4	
	平均		13.4	14.5	13.45	13.15	13.2	13.6	13.7	12.9		12.5
對照倉 (5-4)	上		15.0*	14.7*			14.0*	13.8	13.8	14.8	14.7	
	中				13.4	14.6				15.0		13.5*
	下			14.1*			15.2*	16.3	14.6	14.4	14.5	
	平均		15.0	14.4	13.4	14.6	14.6	15.05	14.2	14.7	14.6	13

* 有星號之數字係利用紅外線水分計測定而得，其他則利用電阻式水分測定。

四倉之中，除對照倉外，顯然通風倉內稻穀之回潮現象較嚴重。其主要原因是外界濕度過高，無法獲得相對濕度低於 75% 以下之通風機會。但是，通風方式在稻穀儲藏方面，有其傳統性以及廣泛之利用性，因此通風方法上之優點，亦不可因而加以忽視。故若能使通風方式推展於本省各地區之倉儲作業，除需選擇適當地區外，尚必須在選擇性通風之作業上加以注意與研究。通風時間方面之選擇則必須配合各地區以往之氣象資料，以此推測各地相對濕度低於 75% 之或然率，並計算每年可進行通風之實際時間及其分佈狀況。有此項通風時間之資料方可決定該區實行通風作業時所需之真正風量。

在稻穀水分含量之保持工作上，密閉倉可說有其得天獨厚之優點，復加上各倉中有除濕機之助，其效果更為明顯，尤以 5-2 倉為然，其含水率平均不超過 13%。如此乾度之稻穀將來在加工時，因失重與碾米率關係或將為農會人員所不喜，不過這種缺失極容易補救。因為目前所設計之密閉倉實際上與通風倉無異，可視需要隨時變換為通風倉將外界空氣直接通入。故若能在出倉前二至三個月內，通入外界空氣，如此不但可使稻穀逐漸回升至 14-15% 而且能將倉中原有之不良氣味去除。

4. 發芽率之變化

除種穀方面之貯藏外，糧食之儲藏過程中，發芽率之變化則鮮為人注意。事實上，在稻穀品質檢定作業上，發芽率是一項極為重要之項目。發芽率之好壞，不但可以影響食味，而且亦代表某種營養成份之存在與消滅情形。

本試驗各倉稻谷之儲藏期間約為十一個月。其進倉前與出倉後之發芽率檢定結果如表(八)。

表八 各倉稻穀之發芽率

	進 倉 時	出 倉 時
通風倉 (5-1)	89.2%	15.63%
密閉倉 (5-2)	80.3%	22.50%
密閉倉 (5-3)	72%	12.33%
對照倉 (5-4)	79.2%	0%
冷凍倉 (5-5)	—	81.25%

此項發芽率係以 300 粒稻穀在玻璃皿中作催芽檢定。其中冷凍倉係將部份樣本置於 4°C 之冷凍庫內保持相等之時間後以同樣方式測定。由表所列數字可知：對照倉可說已完全失去生機，密閉倉與通風倉則

尚有一部份生命活力。其中，除冷凍倉外，仍以 5-2 低濕度之密閉倉在貯藏上有較佳之效果。此項試驗更可由圖三十所示之發芽情形窺見一斑。圖片中最茂盛者為冷凍倉，其他依次為通風倉，5-2 密閉倉，5-3 密閉倉與對照倉。

5. 脂肪酸度之變化

稻穀所含之脂肪酸多寡與儲藏期限及所控制之貯藏環境有密切之關係。一般言，儲藏愈久，脂肪酸愈多。表九係就各試驗倉之稻米所作之脂肪含量以及其酸價資料。就脂肪之含量而言，以 5-2 密閉倉為最高，其次為 5-3 密閉倉。通風倉最低。酸價方面，則以 5-2 低濕度密閉倉為最低，而對照倉最高。足證在營養分之保存方面，低濕度密閉倉具有優異之效果。

表九 各倉稻米貯藏十一個月後之脂肪含量與脂肪酸價

		脂肪含量%	酸價(KOH)*
通風倉	上層	2.0635	29.49
	下層	2.1540	28.25
密閉倉 (5-2)	上層	2.5740	20.42
	中層	2.5835	23.77
	下層	2.5800	24.44
密閉倉 (5-3)	中層	2.5970	26.41
對照倉	中層	2.3350	31.27

* 酸價：中和油脂 1 克中存在之游離脂酸所需之氫氧化鉀 (KOH) 之毫克 (mg) 數稱為酸價。

表十 各倉稻穀之精米率* 單位：%

種 類	項 目	精米率	全米率	碎 米 率		
				第二篩	第三篩	底盤
冷 凍 倉		69.75	59.88	6.79	1.85	1.23
通風倉	上	64.51	47.53	9.88	3.70	3.40
	下	63.58	50.62	7.41	3.40	2.16
密閉倉 (5-2)	上	69.75	56.79	8.95	2.16	1.85
	中	74.07	59.57	10.19	2.47	1.85
	下	69.75	58.02	7.41	2.47	1.85
密 閉 倉 5-3		70.06	60.49	6.17	2.16	1.23
對 照 倉		63.27	54.94	5.86	1.23	1.23

* 精米率係以 162g 稻穀入 Burrow miler No.2 運轉 60 秒。

a) 冷凍倉

81.25%

b) 通風倉

15.63%

c) 密閉倉

(5-2)
22.50%

d) 密閉倉

(5-3)
12.33%

e) 對照倉

0%

圖三十 各試驗倉出倉時之發芽情形

6. 精米率之變化

稻米精米率 (total yield) 之高低亦為品質鑑定工作當中之有趣項目。表十為各倉所存稻穀經過精米後所得之各項資料。其中精米率仍以 5-2 密閉倉為最高，全米率 (head yield) 亦然。試驗中，通風倉之精米率偏低，可能所存者係在來品種之故。但同樣儲存蓬萊穀之對照倉，其碾米率偏低。很顯然其呼吸作用之失重情形極為嚴重。較有趣者，冷凍倉所存稻穀之精米率亦未見得比其他型式倉庫高。

7. 千粒重

千粒重為一般農藝學上所用之比較項目。但可惜的是千粒重常因品種與水分含量之不同而有變化，反而不易作為評判標準。表十一係就目前所實驗四倉所

表十一 各試驗倉所存稻穀之千粒重

	品 種	含水率 %	千粒重, g/1000粒
通風倉	在來	13.3%	28.36
密閉倉 (5-2)	蓬來	12.4%	23.24
密閉倉 (5-3)	蓬來	12.5%	24.07
對照倉	蓬來	13.5%	23.59

得之資料。

由於通風倉所存之稻穀為在來品種，故所得千粒重無從比較。惟密閉倉千粒重數字亦不大，5-2 倉更小，可能係含水率過低所致。對照倉數值亦小，可能

由於呼吸作用所導致之失重所致。

8. 市場價值

稻米之市場價值應為判斷倉儲品質最直接之方式，可惜真正之市場價格則難決定，縱然有法可循恐亦難以客觀。雖然如此，本試驗亦曾將精米試驗過後之稻米，包裝後分別請有經驗之米商鑑定，經臺北市瑩華米行周先生之評定如下：

	品種	評語	等級	市價估計
通風倉	在來	好	—	10-10.5/元臺斤
密閉倉 (5-2)	蓬來	蓬來種中，好	1	10.5元/臺斤
密閉倉 (5-3)	蓬來	中等	3	—
冷凍倉	蓬來	次好	2	—
對照倉	蓬來	最差	4	—

由於此次訪問米商事前並未有任何暗示，故其評等應屬公正，並且與本試驗其他項目不謀而合，誠非偶然。據羅東農會人員在加工時之「經驗觸覺」，亦云密閉倉所存之稻米無論色澤及其他方面，均比普通倉為佳。此亦可為密閉倉貯藏方式之成績作一註腳。

柒、結 論

臺灣地屬於海洋性亞熱帶氣候，因此高溫多雨，四季空氣潮濕，致使一般稻穀之倉儲作業發生困難。在此種氣候環境下，貯藏稻穀，容易回潮發霉，以致敗壞。因此，在計劃或建築各種型式之倉儲系統前，必先考慮如何控制氣象之因素。

氣象因素以大氣溫度與大氣濕度最為重要。溫度方面之控制一般均採用較為簡易之通風方式，使穀溫

不致因自熱現象而高過常溫。但是，此種通風方式受大氣濕度影響大。因為外界濕度若高，行使通風容易使稻穀回潮，降低貯藏壽命，故必需採用選擇性通風或微熱通風。同時，風量必需加強，以縮短通風時間。

綜合此次以在來稻穀進行通風倉貯藏試驗之結果：雖然試驗地區——羅東為全省濕度最高之地區，但從所獲得之稻米品質資料顯示：通風倉之貯藏性能仍然相當良好。是故，通風貯藏方式之應用，亦有其實際之可行性。以目前農會現有之倉庫而論，無論新舊，大部份仍可以極為低廉之代價加以修繕與整建，成為通風倉。

由本試驗中，衡諸各項品質資料，其中包括穀溫、濕度、稻穀含水率、發芽率、脂肪酸及碾米率等之結果，證實除濕方式之密閉倉貯藏效果最佳。其保存之稻米品質亦最好。無論基於溫度方面之變化或濕度上之控制，均以密閉兼除濕之儲藏方式最為穩定。尤其倉內之濕度完全不受外界濕氣之影響，使稻穀在貯藏期間，永保其安全含水率，杜絕可能之回潮現象。根據各項結果，試驗期間雖僅及一年，但其成績已斐然可觀，故若儲藏期愈久，其效果愈顯明。

除濕機之設置應是本試驗倉之特點，其目的除在於去除因呼吸作用所產生之水分外，同時，亦在補救一般建築技術上難以達到百分之百氣密之缺點（若欲100%氣密，其造價必高，亦不適於舊倉之改善），如此，其造價降低甚多。

由於此種密閉倉庫尚具有基本通風設備，而且同時俱備有除濕、氣密與通風三種性能。故一旦放棄氣密，則隨時可改變為通風方式。此種廉價之氣密倉為未來舊倉之改善提供一可行之方式；尤其在濕氣極重之地區，極有推展之潛力。

Summary

The climate of Taiwan is of marine and tropical type. It almost rains within every season and becomes both moist and warm during summer, deeply challenging the storage problems. Rice in storage as such conditions is easily remoistened by the moist air and spoiled under the growth of molds and microorganisms. It is then recommended that people should learn exhaustively how to control these climatic changes before planning or building any type of storage systems.

The principal factors that affect the climatic changes are air temperature and humidity. Both of them must be lowered to meet the safe storage requirements. To control the temperature, aeration is generally considered as the simplest way to prevent the temperature of grain from being higher than that of the outside air. However,

because the humidity of atmosphere in the subtropical area is pretty high, the moist air always becomes a drawback against the aeration method. For a safe rice storage condition, aeration hence should be done selectively as humidity is below 70%, or, proceeded occasionally with supplemental heat. Meanwhile, it is also desirable to increase the fan capacity so as to shorten the aeration period.

The experimental result of the aeration storage bin shows that the stored rice still exhibits a fairly good condition, inspite of the humid atmosphere all year around in Rotung County. This proves that aeration system practically will work successfully in some less humid area in Taiwan. Moreover, costs will be less to renew the old governmental rice storage by equipping with this type of aeration systems.

On the other hand, the air-tight storage system was likely to be a great achievement according to the experiment. After examining and comparing some of the critical factors, such as the grain temperature, humidity, moisture content, fat acidity and the milling yield, etc. that were performed during this experiment, the air-tight storage with dehumidifier seems the best choice to protect the rice quality during storage. It shows no sign of great changes in the rice temperature and the bin humidity. The relative humidity inside the storage was almost completely insulated from the outside moist air, thus keeping the rice grain under a lower moisture level for safe storage and eliminating the possibility of being remoistened again.

The dehumidifier was equipped both to get ride of the moisture due to respirations and to compensate all possible leaks, where complete air-tight jobs will be difficult under the present technology of construction, or will cost lots of fortune if jobs were done. Under such arrangements, it will obviously cut the budget down to a minimum as far as the whole system is concerned.

The air-tight storage bin consists of both aeration and dehumidifying systems and once the weather condition becomes suitable for aeration, the whole system can then be converted from one to another.

We conclude that, in the near future, this inexpensive type of storage system will provide an excellent solution to the present storage problems in Taiwan, especially those high humid areas in Lan-Young Delta.

捌、誌 謝

本倉儲試驗承國科會與農復會之補助，以及羅東農會總幹事陳兩祥先生之熱力協助，方克以成，謹誌謝意。同時，並蒙張明賢先生之負責記錄，以及林詩濃與丁冠中兩位先生幫助整理資料出力甚多，一併致謝。

玖、參 考 資 料

1. 蕭世民 稻穀之乾燥與貯藏，農林廳種苗繁殖場出版 1952.
2. 陳貽倫 稻穀倉貯之研究，農工學報 20(1), 1974.
3. 沈國文 穀物貯藏與乾燥，農工學報 21(2), 1975.
4. 河野常盛 米穀の低溫貯藏の理論と實用化の研究
5. 西醫學術編譯館 一般檢驗法，食品化學 p. 113-258. 新陸書局 1965.
6. Harry W. Schroeder Rough Rice Storage/chap. 6, Rice: Chemistry & Technology.
7. Leo E. Holman Aeration of Grain in Commercial Storages, Marketing Research Report no. 1, U. S. D. A., 1960.
8. David L. Calderwood Drying Rice in Heated Air with Aeration As a Supplemental Treatment. U. S. D. A., 1961.
9. S. L. Vogel & Conrad B. Gibertson, Drying Grain with Forced Air, Extension Service, North Dakota State Univ.

——下文轉第59頁——