

稻穀倉貯之研究

A Study on Rice Storage

臺灣大學農業工程學系副教授

陳 貽 倫

Yi-luen Chen

一、倉貯之意義：

稻谷是季節性、區域性的農產品，是國人之主食；臺省年產糙米約二百五十萬公噸，自收成至消費期間，必需有地方供其貯存。同時，稻谷生產易受天候、人為等因素之影響，故積谷非僅防飢，也藉以穩定糧價，調節供銷。

二、稻穀倉貯理論：

稻谷之本身為種子，是活的有機體，需呼吸，營養，會長、會死。

谷粒由稃 (Husk)、果皮 (Pericarp)、胚乳 (Endosperm)、和胚 (Embryo) 組成，其中胚對外界之溫度和濕度特別敏感，如溫度和濕度低 (15°C ，15%含水率)，胚能維持生機但不活動，在此情況下，稻谷可安全貯存數年，但當溫度、濕度增加時，胚即開始活動。活動的胚由胚乳供給營養、開始生長，在生長過程中產生熱量與水分，這熱量又刺激生長活動，如此循環，互為因果。原來附着于谷粒之黴菌微生物得溫度和水分的幫助，也開始活動，產生更多的熱量與水分，若任其發展，谷溫可達 57°C ，此時稻谷腐敗情形已肉眼可見。同時，若有昆蟲存在，牠們也將乘機活動。

因此，良好之倉貯必須維持穀粒之生機，但抑制其活動生長，同時管制微生物、昆蟲活動至最低限度。

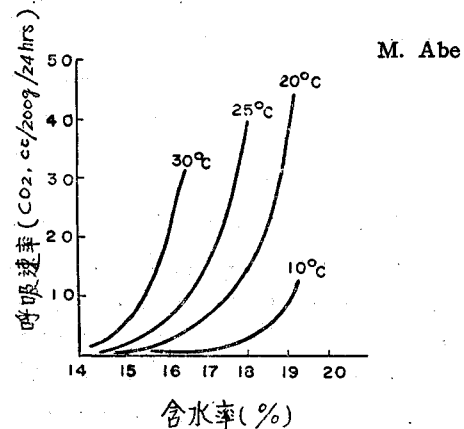
影響稻谷在倉貯期之損失和品質變化之因素，詳列有下述十項：

1. 稻谷含水率 (Grain moisture Content)
2. 周圍大氣濕度
3. 溫度
4. 發酵
5. 氧化
6. 呼吸作用
7. 鼠害
8. 昆蟲
9. 微生物

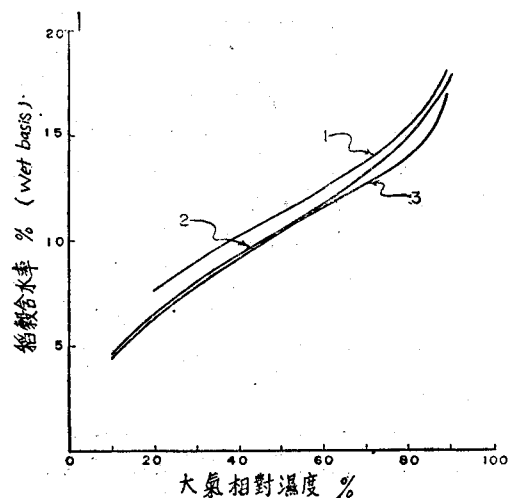
10. 鳥害

茲分別摘要敘述如下：

稻谷含水率：稻谷含水率是首要的倉貯因素，它影響稻谷本身的呼吸率 (圖一)，控制微生物的生長繁殖、發酵等。稻谷安全貯存的含水率約為 13%~14.5%，其差別視品種而異。



圖一 糙米之含水率和溫度與其呼吸量之關係

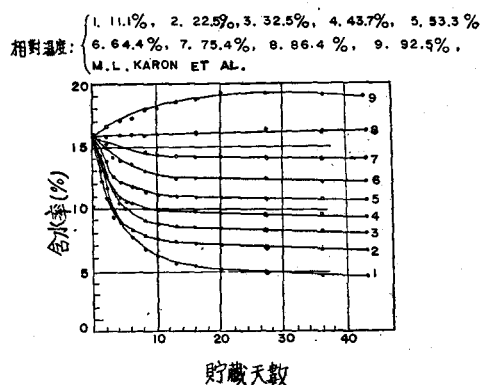


圖二 在 25°C 時稻谷含水率與大氣對濕度之關係

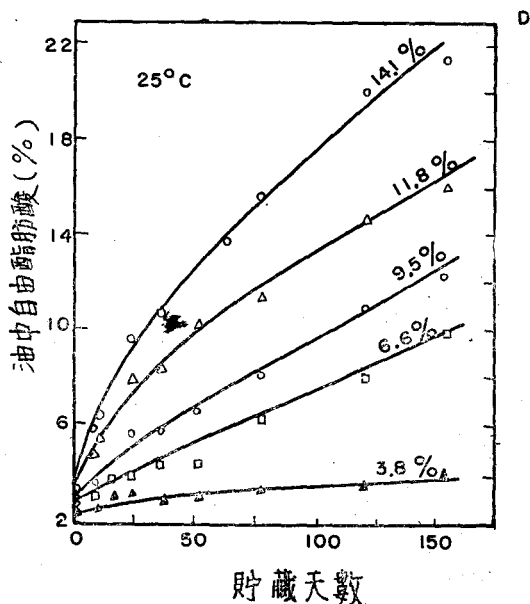
1. 根據 Coleman & Fellows 資料
2. 火力乾燥後之稻谷最初含水率 12.8% } 根據 Karon & Adams 資料
3. 田間乾燥之稻谷最初含水率 16.8% }

大氣濕度：稻谷是感濕性（或吸濕性 Hygroscopic）物體，換言之，稻谷在空氣中，會因大氣之乾濕而改變其含水率，每種谷物的含水率與大氣之相對濕度，在一定溫度下，有一定的平衡關係（圖二），例如，在 25°C 時，70% 之大氣相對濕度與稻谷含水率 12.6~14.8% 相平衡。因此，乾燥後達 13% 含水率之稻谷，應貯于 70% 相對濕度的大氣環境中，方始保持其乾燥程度；若大氣相對濕度改變，稻谷含水率會因之改變，與其平衡，圖三顯示這平衡過程與時間的關係。

溫度：溫度愈高，稻谷內化學反應愈快，呼吸作用、微生物、酵素作用增速。倉內稻谷溫升高，由于



圖三 乾燥稻谷在不同相對濕度大氣中吸收水分之情形



圖四 攝氏 25 度時不同含水率之糙米中自由脂肪酸增加情形
D. F. HOSTON ET AL

外界大氣溫度之升高，也由于稻谷內部作用使然。這內部作用包括稻谷呼吸、昆蟲、微生物之侵害。多數情形之溫度升高，皆由兩種以上因素造成；百分之六七十是由于寄生之昆蟲之呼吸與生理作用而引起；高溫之夏季促進呼吸而易使稻谷整體發熱。

15°C 以下是稻谷安全貯存溫度；20°C，昆蟲、微生物開始活動，呼吸作用加強，但如稻谷含水率低，溫度也不必過低。（參考圖一）。

發酵：稻谷本身具有某種酵素，能分解澱粉、蛋白質、和脂肪成分。貯存中最常見之變化為：因 Lipases 酵素之作用，使脂肪變為脂肪酸和甘油；溫度和濕度愈高，作用愈速。如有黴菌存在之場合，作用更劇，圖四為不同含水率之糙米在貯存中脂肪酸增加之情形。因是之故，稻米中脂肪酸之多寡能顯示其品質之優劣。

氧化：由于周圍大氣的氧化作用，稻谷之色、香漸漸消退，維他命 B₁ 也漸損減。

呼吸作用：呼吸為稻谷之生理現象，在低溫與含水率低時，其作用緩慢；溫度、含水率增高，呼吸作用加快，其變化關係如圖三。圖中顯示：10°C 時，含水率在 17.5% 以下，呼吸作用較緩慢；30°C 時，則含水率在 14.5% 以下，呼吸作用緩慢。是以在一定的溫度下，有一特定的含水率，在此含水率以下，呼吸作用緩慢，利于貯存。

倉貯稻谷呼吸量包括：稻谷本身之呼吸和附着之黴菌微生物之呼吸，在大多情形下，後者之呼吸量遠多于前者。Bailey's 試驗結果：如乾谷未受昆蟲侵害，其呼吸量不高。

稻谷呼吸分需氧性呼吸 (Aerobic Respiration) 與嫌氧性呼吸 (Anaerobic Respiration)，前者在氧氣供應充分時發生，後者在缺氧而二氧化碳充足時發生；雖然，稻谷可忍受缺氧之環境，但嫌氧性呼吸通常影響發芽，使稻米品質變壞。

鼠害，鳥害：除直接吃食稻谷外，鳥、鼠還污染貯存稻谷，使其不堪食用。

昆蟲：指在谷倉中繁殖，以米谷為食之各種昆蟲，其寄生位置，有在谷粒以外，也有在谷粒內蛀食者，其為害非僅是量的消耗，間接也減低存谷的品質。再者，因寄生生活產生之熱，導致谷倉內溫度之上升。

谷粒之害蟲有：穀象、小穀象、長蠹、熨斗目谷蛾、一點谷蛾等，蟲之發生期概在夏季，但若環境許可，間有在冬季發生者。大氣中之相對濕度不達于某

種高度，則害蟲不發育；溫度與蟲之繁殖有直接關係，下表為河野在實驗室內試驗調查谷象在不同溫度下之繁殖數：

表一 不同溫度下穀象之繁殖數

溫度 °C	2個月	4	6	8	10	12	14
30	1,666	2,898	5,550	6,742	10,736	11,988	中止
20	232	625	1,927	2,396	3,824	6,502	中止
15	0	0	49	123	167	180	203
10	0	0	0	0	0	0	0

谷之害蟲一旦開始繁殖，即造適于其本身生活之環境，故需在貯存稻谷初期，即抑制其繁殖，藥品燻蒸為唯一有效的方法。

微生物 (Microorganisms)：其代表者有：

①黑變米菌 (*Aspergillus* sp.)，②黃變米菌 (*Penicillium* sp.)，③毛黴米菌 (*Absidia* sp.)。由于此等菌類之作用，稻谷變黃，輕者增加碾米之損耗，發生微臭，重者不堪食用。

絲狀菌之發育為稻谷貯藏溫度及谷含水率（或貯藏溫度）所左右，在含水率 15% 以下時，難于發育。因絲狀菌之發育、谷粒組織被破壞，此等菌所含有之酵素與谷粒固有之酵素相輔促成分解谷粒之構成物質；絲狀菌之生成物質與米成分之分解物為硫化氫、氨、醋酸等，產生不快氣味。

三、稻谷貯存方法：

稻谷可以①谷，②糙米，③白米三種形態貯存；又可以①袋裝，②散裝二種方式貯存。大多數地區國家以谷態散裝貯存，多數亞洲生產力組織 (APO) 國家以谷態袋裝貯存，日本以糙米袋裝為主，臺省以谷態散裝為主，也有以袋裝者；除供超級市場銷售，一般少有以白米貯存者。

谷倉之建築以減少或防止倉貯期之損失為前提，因此谷倉建築之設計需考慮前節所述十項倉貯因素。

按建築技術之設計，谷倉可分三類：①通風式，

②低溫式，③密閉式，茲分述如下：

1. 通風貯藏：通風指藉通風機或自然對流，引導倉外空氣進入倉內，通過谷層，再導空氣至倉外。通風的目的（或功能）有五：

①使倉內各部分谷溫均一，以防倉內水份自較熱部分移轉至較冷部分，

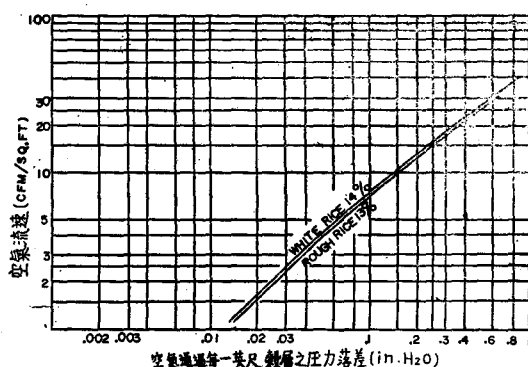
②使谷溫降低，

③繼續吹乾稻谷，（若通入空氣相對濕度較低的情況）

④如倉內貯放濕穀，則通風可使其安全貯放短時

⑤協助實施燻蒸。

機械通風包括通風機、風管等設備；通風量約為 $1/20 \sim 1/5$ CMM/M³（立方公尺/分/立方公尺稻谷），風壓則視谷層厚度與通風量而定，圖五為空氣通過谷層之阻力。



圖五 米穀對空氣之阻力

通風貯藏之要件為通入空氣之溫度與相對濕度需低于谷溫與谷含水量相當之相對濕度。

2. 低溫貯藏：低溫貯藏為將稻米貯藏于低于常溫的倉房內，其優點有下列諸項：

①含水率 15% 之稻谷在 15°C 溫度下，呼吸幾乎停止，但不影響生機，兩三年後，其發芽率仍可維持在 80% 以上；同條件下，昆蟲、微生物活動停止；稻谷本身可保持新鮮氣味。

②可以免除燻蒸作業，

③含水率 15% 之稻谷較軟，碾米所需動力較小，而碾米率較高。

④走道可較窄、較少，因此，同積谷倉之倉貯容量可增加。

⑤管理較省工時。

⑥冷藏所需電費不超過燻蒸所需費用。（在東京地區）

⑦在 15°C 溫度下，米糠品質較在高溫時，不易變壞。

低溫貯藏為理想的貯藏方法，但建築、設備和電力之消耗為其限制因素，在熱帶、亞熱帶地區，費用會更高。

3. 密閉貯藏：密閉貯藏是將稻谷貯藏在密閉的倉房內，杜絕倉內與倉外一切氣體和液體的流通交換。

其優點如下：

① 稻谷乾度不受大氣濕度影響，因而抑制發霉、發熱。

② 能絕對防止鼠類、鳥類、昆蟲進入倉內。

③ 藉缺氧抑制稻谷呼吸和昆蟲繁殖。

④ 免除翻倉作業。

⑤ 便利燻蒸作業。

密閉倉之建造費較高；又，用以貯存含水率14%以上之稻谷，恐有變質之虞。

四、臺省農會谷倉概況：

1. 數量、種類及設備

自民國三十五年起，政府將公糧的經收、保管、加工及撥付等業務委託農會辦理。據民國四十年統計，全省農會僅有谷倉 524 棟，計 36,295 立坪，最高容量 83,540 公噸，其後，為適應實際需要，在農復會和糧食局補助下，增建谷倉，至民國六十年，統計谷倉 1,292 棟，計 182,624 立坪，最高容量 420,346 公噸（註：據糧食局倉儲股長黃耀乾氏見告：最高容量有六十多萬公噸）。據國立中興大學農經研究所調查結果顯示，其中在民國三十年以前興建者約佔20%；民國 41 年至 55 年興建者約佔 44%，民國 56 年至 60 年興建者約佔 28%。年代過久之谷倉，已破損不堪。

依建築材料別，農會谷倉可分鋼筋水泥、磚造、木造、土塊、圓筒倉、力霸倉及野積等七類；其中以磚造之比率為最高，佔 46.64%，其次為鋼筋水泥，佔 30.54%，再其次為木造之 7.38%，力霸倉 5.03%，野積 4.70%，圓筒倉、土塊所佔的比率不高。其中力霸倉及野積均係農會為克服存糧過多，倉容不足，在農會現有空地上搭建之臨時性倉庫，此類倉庫建築及設備均甚簡陋，容易招致損失。

就倉庫附帶設備言，通風筒、水分檢定器、滅火機、溫度計等均較齊備，但是，通風機及電機稻谷搬運機之普及率很低，通風機約為 14%，出倉及入倉之搬運機約各為 4%。

據調查，臺省稻谷倉庫有不足現象，（力霸倉及野積之存在足以證明之）；同時倉儲期間相當長，在民國六十年儲存的所有稻谷中，在六個月以內出倉者，全省僅約佔 2%，儲存期間在一年以上者，達 69%，儲存 18 個月以上者，約佔 11%。

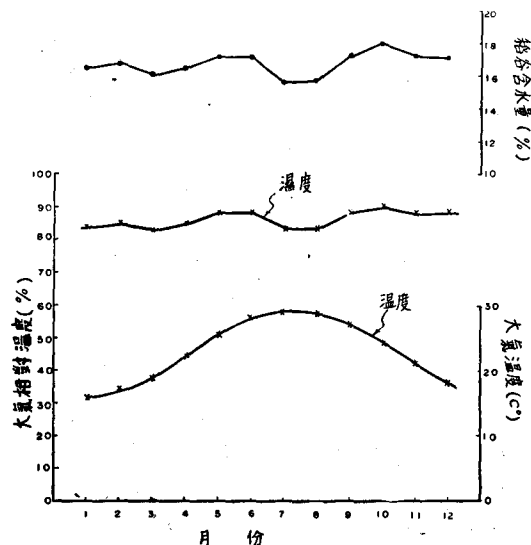
2. 成本分析

民國六十年，據計算每月公噸稻谷倉儲成本為

18.7 元，其中固定成本合計 7.74 元，佔 41.39%，內含：庫房折舊修理費 1.43 元 (7.65%)，設備折舊修理費 0.65 元 (3.48%)，庫房建地及設備利息 4.79 元 (25.61%)；稅捐 0.87 元 (4.65%)；變動成本合計 10.96 元，佔 58.61%，內含：管理費 5.13 元 (27.43%)，事務費 1.57 元 (8.40%)，監督費 0.09 元 (0.48%)，材料費 1.54 元 (8.24%)，入倉費 1.71 元 (9.14%)，改裝翻倉及防治費 0.81 元 (4.33%)，內部透支利息 0.11 元 (0.59%)。

五、現有谷倉之缺點與建議：

臺省谷倉無論其建築材料和型式，皆採通風式：散裝稻谷堆積倉內，但稻谷整體仍敞露在大氣中，以自然對流（或強制通風）之空氣通入谷堆，散發谷堆中發生之熱氣。此種通風式谷倉，若求稻谷能够久貯而不變質，其要件為周圍大氣濕度與溫度要低到一定的程度，此點已如前述。惟臺省地處亞熱帶，又是海島，溫、濕度均高，由于稻谷本身之吸濕性，倉儲中之乾燥谷將不可避免的再度受潮。圖六為羅東地區 59~61 年平均氣溫、濕度，及與此氣候條件下相平衡之稻谷含水量，圖中顯示，與此氣候相當之稻谷含水量在全年中，約在 15.5% 至 18% 之間，換言之，雖初入倉之稻谷含水量可以如要求，烘乾至 13%，但是，慢慢地稻谷將吸收大氣中之水分，若不中途加以翻倉、晒乾，至終，其含水量可升至 15.5%~18%，為發酵、發霉、呼吸作用、昆蟲、微生物造成有利



圖六 羅東地區 59~61 年平均溫度、濕度、及與此氣候條件下相平衡之稻谷含水量

環境，致使稻米變質。

乾谷在濕空氣中吸濕之速率已如圖三所示，此速率也與通風方法有關，若採通風機通風，則吸濕率當較自然對流者為快，因此，機械通風設備固然可以加快驅散谷堆中之熱氣，但若應用不當，也不是全然有利。

再者，現有谷倉對鼠害、蟲害無有效方法防止。關於鼠害、蟲害造成稻米質與量的損失究竟有多少，雖曾詢問多位倉儲人員，均未獲具體回答，但察視一些現場，推斷其損失不在少數；據知新進口雜糧，在倉儲中因昆蟲而起的損失約達百分之十，以此類推，則鼠、昆蟲之于倉儲稻谷，為害當不可忽視。

部分谷倉建築過分破舊，民國卅年以前建造之谷倉，佔全部農會谷倉的 20%，存放稻谷極易遭受損失；修理費也相當可觀。

一般谷倉均缺少進出倉之搬運機械設備，進出倉人工費用高，翻倉不易徹底，同時也難保持倉內清

潔。

本省氣候溫濕，通風式之谷倉不宜稻谷之久貯。低溫倉為日本之稻米儲存方法，是屬最理想的貯谷法，但其建造設備費較昂貴，運轉所要電力也需考慮，在日本，冷藏機械在一年中，只需開動半年，在本省因氣溫較高，建築之絕熱需加強，冷藏機恐需全年運轉。密閉倉之建造費用介乎兩者之間，其優缺點已如前述，在理論上應可在本省應用，惟需首先慎加試驗，谷層內部熱量之發散問題應有妥善之設計。

由于栽培技術之進步，自民國 50 年至 60 年，全省平均單位面積糙米產量約增產 20%，這進步是累積育種、肥料、推廣等人員的許多心力而有的成績，也是衆多農友辛勤的果效，這成果惟有賴良好的倉貯技術方能保持，否則，在倉貯期如有損失，不僅是現金的損失，也是人力、物力投資的損失。所以，在全球性的糧食問題日益嚴重之際，稻谷之倉貯問題當得我們該有的注意。

Summary

The total production of rice of Taiwan is about 2,500,000 metric tons per year. And the maximum capacity of the governmental warehouse storage is about 600,000 metric tons. The warehouses are operated by the farmers' associations of various locations, and are constructed in different forms and with different materials. Most are masonry and concrete buildings.

The rice, which is dried after harvest either by natural or by artificial means to 13% moisture content, is stored in bulk as most farmers do in other countries. And the bulk is kept cool by aeration. The circulation of air is caused either by natural convection or by mechanical fans.

Of the total rice stored in government warehouse in year of 1971, 2.09% was emptied out of the warehouses within 6 months; 28.81%, 6-12 months; 58.08%, 12-18 months; 11.07%, over 18 months.

Owing to warm and humid climate of the local weather condition and the aeration storing method being used, the moisture absorption by the grain from the air seems inevitable during the year long storage period. The humid air, the increased high percentage of the grain moisture content, and the high atmosphere temperature provide a good environment for rice respiration, microorganisms and insects development, which means degradation and loss of grain quality.

Though the question of how many percentage of stored rice is damaged by rodents has not been answered yet, some evidences shown in different warehouses may lead us to conclude that the loss could present a serious problem to rice preservation in this country.

Hermetic storage of rice has not been tried in large scale in Taiwan. But, as it could be a counter measure of storing rice in this sub-tropic area, it will be worthy to

take an experimental step first. The heat which might be generated within the storage bin ought to be dissipated, and the hot spots and moisture migration which might occur ought to be prevented by some means for the safe storage of this hermetic method.

六、參考文獻

1. 盧守耕：稻作學，正中書局，臺北 1956。
2. 李慶餘，廖武正：臺灣農會「政府委託業務」營運之研究，國立中興大學農業經濟研究所出版，1973
3. 臺灣省政府農林廳：臺灣農業年報，1972 年版
4. Esmay M. L., Shinjiro chikubu, et al.: "Training in storage & Preservation of Food Grains" Published by the Asian Production Organization, Tokyo, 1970.
5. Marketing Research Report no. 178:

"Aeration of Grain in Commercial Storages", USDA, 1957.

6. ARS-20-7: "Research on Conditioning & Storage of Rough & Milled Rice", Agricultural Research Service, USDA, 1959.

七、誌謝

稻谷倉貯之研究接受國家科學委員會之補助，謹在此誌謝。

彰化縣竹塘鄉新廣村光明路一〇二號

邱 丑

新岡營造廠

承包土木、水利、建築工程

彰化縣伸港鄉曾家村曾加路一一六號

經理 曾 水 永

裕三營造廠

承包土木、水利、建築工程