

穀倉機械化作業之研究

I. 稻穀倉庫耙翻機與簡易式塑膠浪管通風系統

Study on the Mechanization of Grain Storage System

I. Agitating Plow and Easily Assembled P. E. Pipe Aerating Device for Paddy Warehouse

國立臺灣大學農業機械系講師

國立臺灣大學農業機械系技士

盧 福 明

賈 精 石

Fu-ming Lu

J. S. Jea

Summary

A simple agitating plow and an easily assembled aerating device for local conventional paddy warehouse have been developed and tested successfully in this study.

To increase the permeability of top paddy layer, a plow pulled by a one horsepower motor and operated by one man is used to agitate the top surface layer of the stored paddy (30 cm in depth) with a working capacity of 460 m² of floor area per hour. This capacity is equivalent to twelve men working for one hour.

The easily assembled aerating device consists of a 5-hp blower and air ducts of ϕ 7.5cm porous P. E. corrugate pipe. This device can be assembled in a few days without any major remodeling of the old storage bin. The P. E. air duct can be disassembled and rolled up for temporary storage after the paddy warehouse is unloaded. The function of the aerating device is found satisfactorily to maintain the paddy temperature within an acceptable range. It is suggested that the diameter of the aeration P. E. pipe should be enlarged in future extension of this aerating device in order to highly increase the aerating efficiency.

摘 要

本文探討簡易式谷倉耙翻機和 P. E. 塑膠浪管通風系統之利用，用以增加谷倉上層稻谷之透氣性，改善舊式谷倉的通風效果以控制稻谷溫度，減少稻谷發燒病變，減少損耗，維護貯谷品質。

一、前言

本省各地農會長期貯存稻穀期間，即自進倉至出倉之間隨時都得防範稻穀受潮、發燒、蟲害、變質等，以減少因不良之倉貯環境所引起之損耗。目前此等倉貯作業之管理仰賴人力者甚多。據 1977 年調查本省各地農會谷倉裝置中，有固定式進出倉機械者還不到 15%，採用稻穀強制通風方式之穀倉更是少見，約佔 5%⁽¹⁾。平倉稻穀進倉後，在通風不良環境之下，穀溫一般在攝氏 35 度左右。如穀倉條件較差或氣溫較高時，稻谷溫度即易升高到限度攝氏 40 度。如不採用強制通風系統很難有效控制穀溫。據調查結果，貯穀期間達一年以後，穀溫大多高居 35~40 度左右⁽²⁾，此種溫度範圍實為貯穀病蟲害之溫床，且上層穀溫日夜變化較大時，稻穀回潮現象顯著。事實上，平倉貯穀之上層部份，約 30~50 公分深較易回潮形成「硬盤」構造之穀層，如不及時耙翻將影響稻穀自然通風性，易使上層稻穀變質。

目前約每隔一個月左右，農會管倉人員都會雇用人工耙翻上層稻穀以增進谷層透氣性。一般而言每百坪倉庫之耙翻人工約需六人日。倉內空氣悶熱，不適工人長久工作，在農村勞力缺乏情況下，極需將此作業予以機械化。谷倉經耙翻過後再配合以強制通風將可大幅度降低穀溫。

本研究目的為研製穀倉耙翻機械，以節省勞力，並探討簡易強制通風方式降低穀溫之效果及可行性，用以加速倉貯作業之機械化。

二、試驗材料及方法

(一) 耙翻機

目前稻穀倉庫貯穀常因溫度和濕度升高致使穀物受損，尤以接近表面與靠近牆面與倉底板之穀層受損較大。傳統方法乃以人工對表面穀層作定期之耙翻，然此為一重勞動，在農村勞力缺乏情況下，欲雇用此種勞工甚為不易。

本研究之一乃針對在勞力缺乏下探討適宜之機械，以替代大部份人工進行耙翻作業。利用臺中縣大甲鎮農會及大安鄉農會谷倉測試耙翻機性能。

本耙翻機是由機體及耙翻推穀板所構成。機體尺寸為：長×寬×高=96×57×45 cm³，重量為 66 kg，其下方有 76×92 cm² 之基座，其上裝置一三相一馬力馬達一個，1:50 之減速機及一絞盤，絞盤上繞有鋼索，絞盤直徑 15 cm 寬 16 cm

。所有轉軸都是配以 16 齒之齒輪，再以鏈條分別連接馬達與減速機及絞盤。耙翻機如圖 1 所示，其傳動系統如下：

馬達→鏈條→減速機→鏈條→絞盤→鋼索→牽引推穀板。

推穀板之構造為一寬 100 cm 高 30 cm 之拱形板，其曲率半徑為 15 m，在操作時可調節使該板與地面成 45°~90° 後傾。通常使用時，該板與谷層面成 60°~75° 角。

本機之速度或馬力、作業能力、總作業時間之計算如下：

(1) 推穀板之速度計算：

$$M: \text{馬達轉速} = 1720 \text{ rpm}$$

$$T: \text{減速機減速比} = \frac{1}{50}$$

$$S: \text{絞機之轉速} = 1720 \times \frac{1}{50} = 34.4 \text{ rpm}$$

$$R: \text{絞盤半徑} = 7.5 \text{ cm} = 0.075 \text{ m}$$

$$C: \text{絞盤周長} = 0.075 \times 2 \times \pi = 0.47 \text{ m}$$

$$V_s: \text{鋼索之線速度 (即推穀板之前進速度)}$$
$$\text{m/s}$$

$$V_s = C \times S / 60 = 0.47 \times 34.4 / 60$$
$$= 0.27 \text{ m/s} = 16.2 \text{ m/min}$$

$$V_1: \text{實測鋼索線速度} = 0.30 \text{ m/sec} = 18 \text{ m/min}$$

(2) 馬力之計算：

$$F: \text{推穀板行進時所測得之拉力} = 100 \text{ kg}$$

$$V_1: \text{推穀板行進速度} = 0.30 \text{ m/s}$$

$$P: \text{消耗功率}$$

$$P = F \times V_1 = 100 \times 0.3 = 30 \text{ kg-m/sec}$$
$$= \frac{30 \text{ kg-m/sec}}{75 \text{ kg-m/sec}} = 0.4 \text{ hp}$$

但在設計時，考慮防止阻力之遞變，應採用一大於 1 之設計因數 f ，本機設計採 $f=2.5$

$$\text{故所用馬達之馬力} = 0.4 \times 2.5 = 1 \text{ hp}$$

(3) 作業能力：

$$A_b: \text{作業能力, 單位時間耙翻穀倉面積}$$

$$L: \text{推穀板寬度} = 1 \text{ m}$$

$$A_b = \frac{V_1 \times L}{2}$$
$$= \frac{0.3 \times 1}{2}$$
$$= 0.15 \text{ m}^2/\text{sec}$$
$$= 540 \text{ m}^2/\text{hr}$$
$$\approx 160 \text{ 坪/hr}$$

(4)總作業時間：

H_T ：對穀倉作耙翻作業所花之總時間，小時

A：穀倉面積， m^2

B：翻倉機運入穀倉或運出穀倉所需之時間，小時

D：翻倉機體在穀倉內移動一次所需時間，小時

n：翻倉機體在穀倉內移動之次數

$$H_T = \frac{A}{A_b} + 2B + nD$$

2B+nD 之估計值約佔耙翻作業時間之 5%

$$\text{故 } 2B+nD = \left(\frac{A}{A_b}\right)(5\%)$$

$$\text{所以 } H_T = 1.05 \left(\frac{A}{A_b}\right)$$

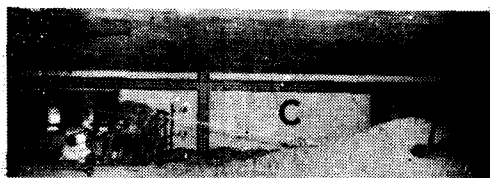
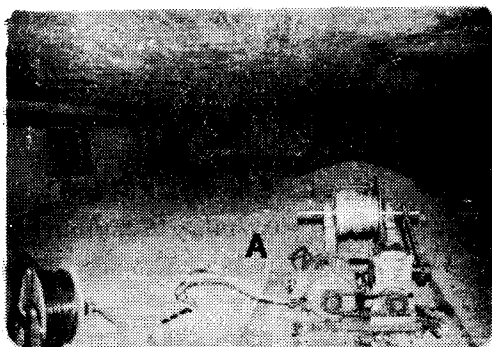


圖 1 穀倉耙翻機 A. 機體、B. 耙翻推穀板、C. 耙翻情形。

(二)簡易通風系統

本試驗採用簡易輕便之合聚公司出品之 PE 塑膠浪管做為通風管，平鋪穀倉地板。此種塑膠管原係製做為地下排水暗管用。此通風管內徑 7.5 cm 管壁開有長條槽溝，每圈有 6 條槽溝，槽溝尺寸為 1.37×0.15 cm。每公尺管長之通風槽溝面積為 76.5 cm^2 ，通風槽溝面積（即出風口面積）佔 PE 塑膠管總表面積之 1.6%。

試驗倉係淡水鎮農會統制倉 15 號倉，通風對照倉為該農會第 14 號倉。14 與 15 號兩倉緊靠一起。14 和 15 號倉內面積皆為 $9.1m \times 3.6m$ 。通風管及擺放於倉內之方式如圖 2 和圖 3。使用 9 條 PE 塑膠管插入通風槽 9 個出風管。通風槽與通風管之設計為簡易插入式，方便出倉後拆下通風管。風機採用 5hp，靜壓 70 mm 水柱，風量 100 CMM。試驗倉與對照倉內中心點位置各裝設電子式溫度探針（Nieuwkoop B. V. model AS-100）。測溫點為上層（穀層面下 0.5 公尺），中層（穀層面下 2.5 公尺），下層（穀層面下 4.5 公尺），另在風機附近裝設乾濕球溫度計，穀倉內之 PE 塑膠管內也裝設一溫度探針。對照倉裝設有竹箴通風筒，但通風試驗倉無竹箴通風筒。通風試驗倉底板鋪有一層舒服多防熱防潮絕緣材料。

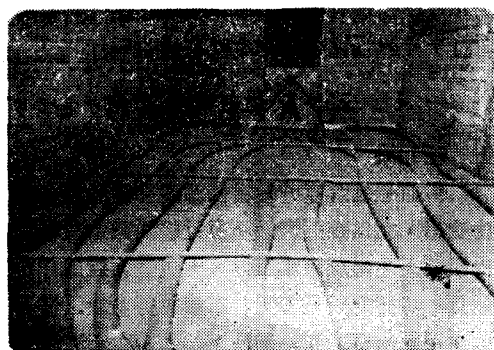


圖 2. PE 塑膠浪管擺放谷倉底情形。A 通風槽

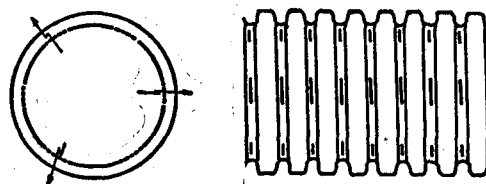


圖 3. PE 塑膠浪管通氣孔槽溝

三、結果與討論

(一) 耙翻機

於民國 68 年 6 月中旬在臺中縣大甲鎮和大安鄉農會測試耙翻機效率。此耙翻機之推穀板向前移動時每次攪翻穀層深度為 30 cm，前進速度為 0.30 公尺/秒，與原設計值相近，但因堆穀時阻力大，且倉內穀層與倉樑之空隙甚小，操作者在穀面上無法直立，故影響作業速率。

本機之優劣點及檢討如下：

- (1) 本機構造簡單不易故障。
- (2) 操作者可直接控制裝於推穀板把手上之雙向開關，可收放自如且甚節省勞力。
- (3) 在不規則之穀層表面可以適當調節推穀板角度及推穀深淺度用以獲得良好之耙翻效果。
- (4) 本機在同一倉中使用，不需經常移動。置於一固定處所，即可做整個倉庫之耙翻作業。
- (5) 本機須由兩人抬入谷倉內，如以一人抬入谷倉稍嫌過重。
- (6) 耙翻稻谷時倉內塵埃濃度甚高，作業人員如無配帶防塵面罩，工作極為辛苦。馬達須加防塵裝置。

針對本機之可行性而言，應改善之點為盡量減少機體重量，以方便一人即可搬運耙翻機進出谷倉。機體重量減輕之後，可利用鐵條插入機座四周之孔洞深入谷層中，以防止在操作中主機之被牽動移位。本耙翻機造價約為新臺幣 15,000 元，如兩人一組操作耙翻機約可取代 12 人工。

(二) 耙翻谷倉降低谷溫之效果

本文所提之耙翻作業係指將谷倉上層稻谷加以攪翻之作業而言，一般慣稱之為翻倉。事實上翻倉作業應指將整棟谷倉內稻谷移出，轉貯於另一谷倉，或再存入原谷倉之作業。

本研究所試製之耙翻機之主要目的為替代人工進行谷倉耙翻作業。耙翻後降低谷溫的效果如何，試以人工手持傳統式耙具耙翻谷倉上層約 1 公尺谷層的結果來印證耙翻谷倉的降溫效果。1979 年 10 月 13 日淡水農會通風試驗對照倉 (14 號倉) 曾耙翻谷層，深度約 1 公尺。耙翻前後谷溫變化如圖 4，每日量測溫度時間為上午 9 時。

耙翻前，14 號倉上層谷溫 (谷層面下 0.5 公尺) 高達 40°C，耙翻後 3 天之內每日降低谷溫約 1°C，此期間氣溫在 22 到 23°C 之間，第六天後

谷溫降為 34°C，第 10 天後谷溫降為 32.5°C，此後一直到第 30 天，谷溫穩定保持在 32.5±1°C 之間，之後谷溫即受大氣溫度之降低之影響而逐日低降。14 號倉下層谷溫 (谷層面下 4.5 公尺) 在耙翻前為 37.5°C，耙翻後谷溫呈現下降趨勢但不很顯著，到了第 10 天才減少 1°C 為 36.5°C，到了第 30 天才降到 35°C，可見得耙翻谷倉降低谷溫的效果對谷倉上層稻谷的影響最大。

圖 4 中，緊靠 14 號倉之 15 號通風倉稻谷在同一期間內因沒實施耙翻作業，其谷溫逐日增高，對照經過耙翻之 14 號倉上層谷溫之變化，可看出強烈的對比。因之若 14 號倉不實施耙翻作業，其上層谷溫勢必仍將維持或高於 40°C。

谷倉耙翻作業過程中，可疏鬆上層稻谷密度增加耙翻谷層之透氣性故易於降低谷溫。筆者在圓筒倉貯存稻谷之試驗中指出翻倉作業 (不是指耙翻) 降低谷溫之效果約可維持 2 個月，也即翻倉後兩個月內谷溫不會有顯著回升現象，其原因也與疏鬆谷層密度有關⁽⁸⁾。

(三) 簡易通風系統

PE 塑膠浪管擺放於淡水鎮農會統制倉 15 號倉，於民國 68 年 8 月 25 日進倉 68 年 1 期蓬萊穀，進倉後穀層高度為 5.5 公尺，貯數量為 100 公噸，進倉稻穀含水率為 10.27%，發芽率 61.3%。通風試驗倉 15 號倉於 1980 年 6 月 30 日出倉，稻谷貯存期間達 10 個月。有關上中下層月平均谷溫，大氣溫度，對照倉 (14 號倉) 下層谷溫和通風倉底 PE 塑膠通風管內氣溫等變遷趨勢如圖 5 所示。

進倉後第一個月 (9 月) 通風倉月平均谷溫為下層 33.1°C 中層 35.9°C，上層 34.8°C，而對照倉下層谷溫則高居 38.4°C，通風倉底 PE 塑膠通風管內氣溫為 28.5°C，大氣溫度為 26.6°C，相對濕度 71%。通風倉內以中層谷溫最高。上中下層谷溫間之最大差距為 2.8°C，此一谷層溫差於第二個月 (10 月) 即升高到 7.9°C，第三到第五個月 (11~1 月) 間此差距維持在 11.1~12.6°C 之間，第六個月後 (2 月) 溫差即開始減少，由第七個月 (3 月) 開始逐月減為 8.6°C，4.1°C 和 1°C，之後再於第九個月 (5 月) 回升為 2.8°C，第十個月 (6 月) 即回升到 3.2°C。在氣溫較低的月份 11~1 月間谷層溫差最大。總體而言通風倉月平均谷溫仍可維持在 38°C 以下，貯存期之前段 (第一

到第七個月，即9月到3月）以上層谷溫最高，貯存期後段之4、5、6月份以中層谷溫最高，在整個貯存期間以下層谷溫最低。一般而言在長期貯谷時，無強制通風設備的谷倉或通風運轉不佳或困難的谷倉中，以中層稻谷溫度最高⁽⁴⁾，谷層較高的圓筒倉貯谷也以中層谷溫最高^(8,9)。依據熱氣上升原理，在一透氣性散熱良好的谷倉，其谷溫應以上層最高，中層次之，下層最低。熱氣能由上層散發到大氣中，才不致使熱氣聚集谷層中間而產生熱點。15號倉底擺放PE塑膠通風管後，上層谷溫較高，顯示該倉具有良好通氣散熱性。與對照倉下層谷溫比較，通風倉下層谷溫低了0~8°C，只在5月高出2°C。通風倉下層谷溫和倉底塑膠管內氣溫與大氣溫度變化之間的相關性極為顯著如圖5所示。塑膠管內氣溫比大氣溫度高2~4°C。

(1) 通風降低谷溫之效果

通風試驗倉裝設PE通風塑膠管後之通風效果如圖6所示。民國68年10月4日10:00時到16:00時共通風6小時，上層谷溫由38.5°C降到35°C減少3.5°C；中層谷溫由36°C降到28.5°C減少7.5°C；下層谷溫由30°C降到27°C減少3°C；通風期間外界氣溫介於22~24°C之間，相對濕度為70%。在此氣溫逐漸降低之初冬，通風6小時後，各層谷溫溫降值為3~7.5°C，平均每小時降低0.5~1.25°C。

在氣溫漸高之初夏，通風降溫效果就較初冬通風之效果為差。民國69年6月15日在氣溫28~30°C，大氣相對濕度75%，通風10小時的結果，上層谷溫由37.2°C降為36.8°C減少0.4°C；中層谷溫由38°C降為37.5°C減少0.5°C；下層谷溫由35°C降為32.2°C減少2.8°C。上中下層谷溫溫降量為0.4~2.8°C平均每小時降低0.04°C~0.28°C，溫降速率遠低於初冬10月之通風降溫速率。谷層較高之圓筒倉貯谷在冬季通風之效果也是優於夏季通風效果^(8,9)。

冬天谷溫較低，可以減少施行通風之頻度，甚至不通風也可維持在安全溫度40°C以下。但若谷倉內各層谷溫之差距較大，或谷溫與外界氣溫差距甚大時，為減少倉內某一谷層產生凝結水之可能性，施行通風減低谷層間之溫差或與氣溫之差距仍屬合宜之處置。

台聚公司目前所生產的PE塑膠管管徑較小，內徑為7.5cm，且管內側具有溝紋，不平滑，通風時風壓降較大，會影響通風降溫效果。本次試驗雖可

達到通風降低谷溫之目的，今後如擬推廣此種簡易通風方式，應委託廠商產製管徑較大，管內側平滑之通風專用塑膠管，如此通風效率才會更加顯著。

通風降低谷溫可減低稻谷發燒病變的機會，具有維護貯谷品質的效果，但在目前稻谷品質未實施分級議價的情況之下，農會經管稻谷的原則，大都是只求通過糧食局的稻米檢驗之最低及格標準而已。農會主管人員雖然瞭解通風降低谷溫維護貯谷品質的優點與事實，但在糧食局委託農會經管稻谷，將及格米，好米，優良米等都歸為同一價錢的現況下，受到「有功無償」的現實影響，為了節省通風電力開支，大都儘量少通風。近年來筆者在中部和南部農會進行谷倉通風試驗，所到的農會都「犯」有此一共同「毛病」。近年來各地農會所增建的谷倉大都備有強制通風系統，但在上述現況之影響之下，此等通風設備大都流於形式，利用率不高。惟有在糧政主管單位下定決心，針對稻米品質標準，重新檢討訂定等級，分級議價之後，農會糧倉的管理才易於接納進步科技管理。否則目前整建新倉的努力，對於大幅度的提高貯谷品質的效果將不會很顯著。

此次試驗之簡易式通風系統造價約為新臺幣3萬元。在較大谷倉，可延伸塑膠管，但仍然使用同一或稍大送風機，則裝設此種簡易通風系統的造價換算每噸稻谷的固定費用將再降低。

四、結 論

(一) 耙翻機使用1馬力馬達驅動，作業能力為每小時可耙翻150坪，可取代12人工。每一耙翻深度為30cm。利用耙翻機進行耙翻作業之穀倉穀層面與倉頂之距離應足夠操作者直行走才不致減低耙翻速率。此次研製之耙翻機適合長形穀倉翻倉用。

(二) 利用打孔PE塑膠浪管製作簡易式通風系統降低谷溫效果良好。初冬時節通風時，平均每小時可降低谷溫0.5~1.25°C，初夏時節通風時，平均每小時可降低谷溫0.04~0.28°C。穀倉裝設此種PE塑膠管通風方式甚為簡易，舊有穀倉不須另行整修即可鋪設此通風管。出倉後可捲起塑膠管以便清理倉底，因之此種移動式簡易通風方法適合舊有穀倉改善通風，以降低穀溫提高長期貯穀之品質。

五、誌 謝

本研究承經濟部農業機械化基金保管運用委員

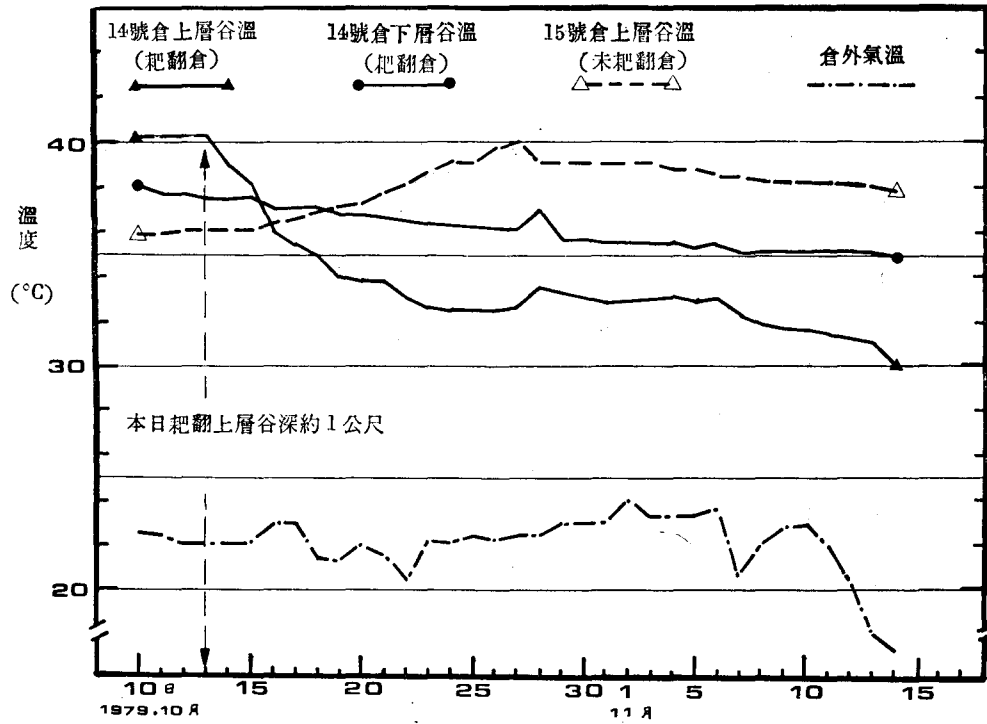


圖 4. 人工耗翻谷倉降低谷溫之效果

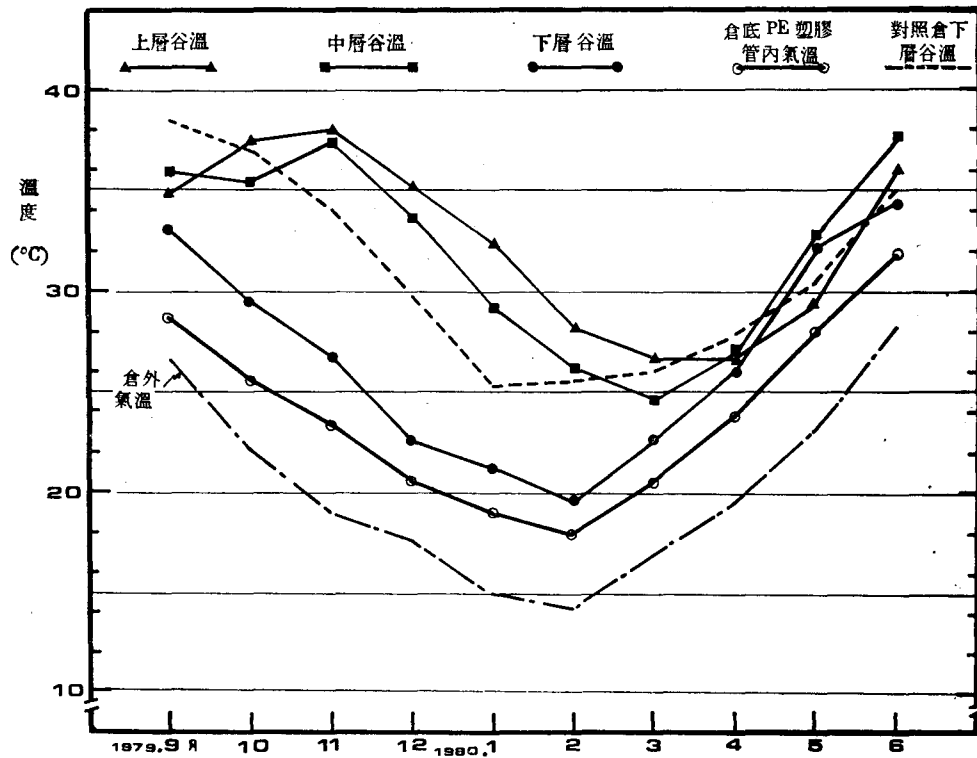


圖 5. 通風倉 (15倉) 和對照 (14號倉) 月平均谷溫度

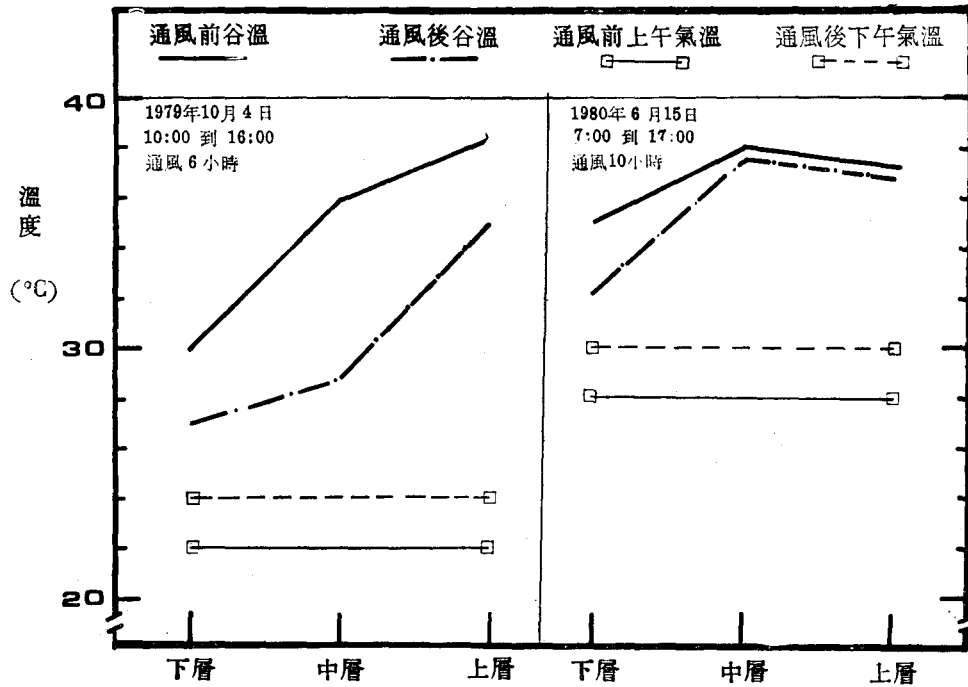


圖 6. 通風前後上中下層稻谷溫度

會補助研究經費 (68-AMF-6.1-009(b)-A)，又承省糧食局、淡水鎮農會、大甲鎮農會和大安鄉農會合作，提供試驗倉庫，試驗期間承臺大農業機械系游誠一先生鼎力協助，謹此一併致謝。

六、參 考 文 獻

1. 黃登忠、廖藹庭、張瑞徵、陳榮波 1978. 臺灣地區公糧委託倉庫調查報告 臺灣省政府糧食局。
2. 盧福明、李廣武、馮丁樹、穆克剛 1979. 稻穀儲藏

耗損及加工性能測定研究 農業工程學報 25 (2): 40-57.

3. 盧福明、賈精石、侯信雄 1977. 圓筒倉貯存稻穀之研究 農業工程學報 23 (4): 9-23.
4. 盧福明、陳貽倫 1978. 改善稻穀倉庫機械設備之研究 農業工程學報 24 (1): 28-39.
5. 盧福明 1981. 圓筒倉貯存稻谷之研究 II. 結束報告 農業工程學報 27 (3): 13-26.