

進口玉米儲存試驗之研究*

A Study on Storage Experiments of Imported Corn

臺大農機系講師

臺大農機系研究助理

張 森 富

周 楚 洋

Chang, Sen-Fuh

Chou, Chu-Yang

Abstract

In order to investigate changes of imported corn and establish standard procedures for maintaining the quality of the corn, storage experiments have been conducted at silos of Taiwan Sugar Corporation, Chia Hsin Corporation, Chia Fha Co. Ltd., President Enterprises Corporation, and Great Wall Enterprise Co. Ltd., supported by the Taiwan Grains and Feeds Development Foundation.

Corn samples were taken during the experimental periods for determining their moisture content, fat acidity and germination rate.

It was found that the corn stored for a short period of about two months seemed all right. The corn stored for a longer period of 4 months was acceptable during the winter season only. During the summer-time, aeration and turning should be properly applied for maintaining the quality of corn.

Major controlling factors that influence the corn during storage are moisture content (below 14%) and corn temperature (below 25°C). This finding confirms the previous studies. Most of the silos are equipped with temperature recording apparatus which is effectively utilized. But, more knowledge about the application of aeration and turning should be sought.

Further study is necessary, especially on the construction of an experimental bin which is definitely needed for obtaining more accurate results. Additionally, it is suggested that the buyer should pay more attention to the moisture content of corn and its history; only thus can the storing problem be much reduced.

摘 要

爲了解進口玉米在儲存期間之變化及建立倉儲管理辦法，分別在臺糖、嘉新、洽發、統一、大成等公司之圓筒倉庫進行試驗。有關樣品之測定項目包括：水分含量、發芽率與脂肪酸度等。

試驗發現短期儲存者（1至2個月左右），其品質變化不大。儲存4個月者，冬天較沒問題；夏天則需適當的配合運用翻倉與通風技術，才能掌握玉米之狀況。影響儲存之最主要因素爲水分含量與溫度，與前人之研究結果相同應低於14%及25°C，儲存效果較佳。廠商之倉庫大都裝有溫度紀錄裝置，使用情形良好；只是有關通風與翻倉的運用技術尚需加強。

進一步之研究仍有待加強，尤其是建立基本試驗倉將更有助於獲得精確的資料。另外，建議廠商在採購玉米時，應多注意水分含量高低的問題，以及穀物經歷過的變化，則可減少儲存的麻煩。

*本文乃根據「進口玉米儲存方法試驗調查」報告整理而得。

一、引言

本省之雜糧，絕大部分自國外進口。以69年為例，約進口玉米260萬噸，黃豆94萬噸，小麥68萬噸，高粱42萬噸，大麥38萬噸，合計502萬噸^{(1)*}；而省產者僅玉米11.1萬噸，黃豆2.6萬噸，高粱0.3萬噸，合計14萬噸而已。這些穀物大都是供應飼料、麵粉、製油、麥片、玉米粉等企業界使用。然後經過加工處理製成商品，流通於市面，供大眾直接或間接的消費。

穀物之生產季節一定，又船期的可靠性有問題，爲了確保工廠生產能夠連續而不中斷，便必須利用倉庫儲存這些穀物，以調節供需。有關雜糧加工業界之倉庫，根據雜糧基金會尚未出版之調查結果爲179萬噸左右，其中鋼筋混凝土建造之圓筒倉庫所佔比例愈來愈高。最近爲解決短期儲存及進出倉庫人力不足問題，亦有部分業者建造鐵皮圓筒倉庫以應急。因此本試驗以此兩種大型倉庫進行。

以目前雜糧業界之倉容179萬噸，來容納全年進口量500多萬噸，可得倉庫之平均利用率約爲每年3次，此數已合乎經濟原則^(4,6)。而圓筒倉庫之利用率更高，因此這種現代化倉儲設備的投資對工廠而言是絕對划算的。本研究之主題並不在此，而是在如何減少甚或避免穀物的質與量方面的倉儲損失。

圓筒倉庫在美、加地區已使用很久也很普遍，因此有關的倉儲資料都很齊全^(3,4,5,6,8)。目前在本省使用，理論基礎是相同的，沒有問題；但是有關地區特性之細節問題，則仍有待建立自己的基本資料。

臺灣區雜糧發展基金會有鑑於此，乃擬分年進行不同穀類之儲存試驗與調查，因進口玉米數量最多且在一半以上，故首先進行。

二、目的

1. 有系統整理適用於本省之穀物儲存理論。
2. 調查進口玉米之儲存及使用現況，並取樣分析以了解其品質變化的情形。
3. 進行較長期（4個月）的儲存試驗，探討其可行性。
4. 比較臺灣北、中、南各區儲存效果之異同。
5. 分析與比較通風與翻倉作業之效果。
6. 建立適合本省環境之倉儲管理方法。

*括弧內數字爲參考資料之編號。

三、倉儲理論探討

穀物一經收穫以後，品質就開始變化；另外受外物的侵襲，數量也會減少。雖然穀物本身有一層殼保護而可耐久藏，但如儲藏條件不恰當也會受昆蟲、菌類、微生物等之傷害。

良好的儲存是指提供穀物適當的環境，使得穀物經儲存以後儘可能保持較高的品質，也就是說在儲存期間品質變化的速率儘量降低；另一方面儘量減少數量的損失。

影響儲存的因素有水分含量、溫度、昆蟲、微生物、穀物本身的狀況、倉庫好壞、管理工作是否完善等等。其中水分含量與溫度，爲大家公認的最主要因素^(4,6,8)。

儲存穀物發生品質變化，有許多跡象可以顯示出來，這些稱爲指標。指標也很多，包括溫度、水分含量、脂肪酸度、發芽率、顏色變化、微生物之數目等等。一個好的指標應具備快、方便、又成本便宜等項，因此這些指標中最好的是溫度，也是實際已經普遍應用的。

以下分就影響儲存之主要因素、品質指標再做探討，然後再論及使用機械方式或化學藥劑改善倉儲條件的方法。

1. 影響穀物儲存之主要因素

1) 水分含量（除非另外說明，均指濕基）：

最主要影響儲存穀物品質之因子，一般都公認是穀物之水分含量（或稱含水率）。穀物可安全儲存之水分含量約爲13-14%，玉米也是一樣；含油量較高之農產品例如大豆則較低一些。雖然含水率13-14%爲安全的標準，但仍受溫度的影響。如溫度較高時，則水分含量要低一些才安全。

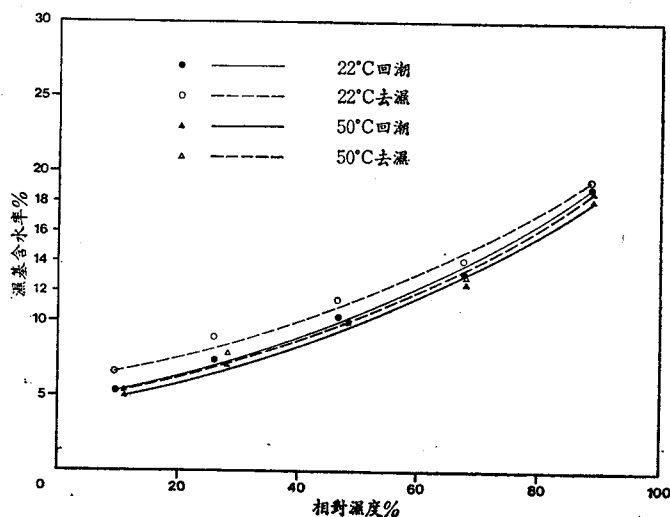
進倉穀物之水分含量均勻分布，也是很重要的，不然會因爲擴散作用產生水分移動的現象，安全的標準也會跟着受影響。另外溫度不一致造成穀物空隙之空氣對流，也會產生水分移動的現象。不管那一種情形導致水分移動現象，都是和平衡含水率有關。

所謂平衡含水率是指穀物暴露在特定的狀況下（壓力、溫度、相對濕度保持一定），經過無限長的時間之後，所測得之含水率謂之⁽²⁾。一般又特指在大氣壓力不變（實際的情形變化很小可視爲不變），特定溫度下，對應於某一相對濕度時之含水率。因此以相對濕度爲橫座標，含水率爲縱座標便可得平衡含水率之等溫曲線。溫度上升時，此曲線

會向下向右移動，但仍沒有相對濕度變化的影響大。另外，同一溫度之平衡含水率曲線均有兩條，是由於經歷不同的過程而得；不同之過程，一為回潮，另為去濕。回潮乃是指較乾的穀物放在較高的相對濕度下，會慢慢吸收水分所經歷之過程；去濕則為穀物放在較低的相對濕度下，會慢慢的釋放出水

分所經歷的過程。

Chung 和 Pfof 曾測得玉米在22°C 和 50°C 時之回潮與去濕之平衡含水率資料如表一⁽⁷⁾。另根據該資料，筆者繪成圖一之近似曲線，即為玉米在22°C 和 50°C 之間的回潮與去濕平衡含水率曲線。利用以上之資料可導出簡單之經驗公式，筆者將另



圖一 玉米平衡含水率

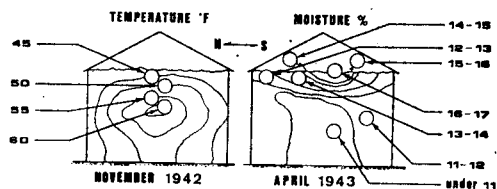
表一 玉米平衡含水率⁽⁷⁾

溫度, °C (Temp)	相對濕度, %	水分含量, %			
		回潮 (Adsorption)		去濕 (Desorption)	
		乾 基	濕 基*	乾 基	濕 基*
22	88.5	23.43	18.98	24.22	19.50
	67.6	15.23	13.22	16.50	14.16
	46.5	11.48	10.30	12.92	11.44
	25.8	7.98	7.39	9.79	8.92
	9.4	5.55	5.26	7.00	6.54
50	88.9	22.04	18.06	23.08	18.75
	68.1	14.28	12.50	14.94	13.00
	48.3	11.06	9.96	11.15	10.03
	28.1	7.64	7.10	8.57	7.89
	11.0	5.24	4.98	5.64	5.34

* 筆者自行計算求得。

以專文討論各種穀物之平衡含水率時再詳細說明。本圖乃是供一般參考而繪成者，實用上之準確度已足夠。

有一非常特殊之水分移動現象之紀錄如圖二⁽⁴⁾。其主因為裏外溫度差異高達 20°F (約11°C) 所致，最後水分含量之高低相差在 6% 以上，這是很



圖二 愛俄華北部一處2000英斗鐵皮倉儲存玉米水分移動的情形⁽⁴⁾

表二 玉米之熱力性質⁽⁵⁾

	水分含量	溫度範圍	平均溫度	比熱	導熱度	擴散性
	%	°F	°F	Btu/(lbm°F)	Btu/h-ft.°F)	ft ² /h
玉米, YD	0.9	54.0 至 83.8	68.9	0.366	0.0812	0.00395
"	5.1	(比熱用)	(比熱)	0.404	0.0847	0.00381
"	9.8	47.7 至 74.0	56.8	0.438	0.0878	0.00361
"	13.2	80 至 88	—	—	0.102	—
"	14.7	54.0 至 83.8	68.9	0.484	0.0919	0.00351
"	20.1	(比熱)	(比熱)	0.531	0.0945	0.00336
"	24.7	47.7 至 74.0	58.6	0.567	0.0982	0.00344
"	30.2	(擴散性)	(擴散性)	0.588	0.0996	0.00358
"	—	—	68.9	0.350	—	—
"	—	—	—	+0.00851M*	—	—
"	—	—	95.3	—	0.0814	—
					+0.000646M*	

表三 穀物安全儲存期限⁽⁶⁾

穀	溫	水分含量 %						
		14	15.5	17	18.5 天	20	21.5	23
°F.	°C.							
50	10.00	256	128	64	32	16	8	4
60	15.56	128	64	32	16	8	4	2
70	21.11	64	32	16	8	4	2	1
80	26.67	32	16	8	4	2	1	0
90	32.22	16	8	4	2	1	0	
100	37.78	8	4	2	1	0		

危險的。此實例為在 1942-1943 年間在美國 Iowa 州北部一處 2000 英斗鐵皮倉儲存玉米 5 個月後造成的情形。

2) 溫度：

溫度對於儲存穀物之影響，與水分含量是一樣的重要。溫度的安全範圍仍無定論，但大家公認愈低愈好，以 15°C 為界限，大致沒有問題，但事實上一直保持 15°C 在實際上有困難，因此 25°C 也被認為是可以接受的。

同樣的，倉內穀物之溫度必須均勻一致，也是很重要的。不然如有溫差，則會造成穀物間隙（約佔 $\frac{1}{4}$ 至 $\frac{1}{2}$ 左右的空間）之空氣對流運動，因而使得相對濕度變化，造成水分移動現象。穀溫之不一致受大氣溫度的影響很大，即使最初是一致的，但因靠牆及倉頂直接與外界接觸部分溫度變化大；內部則因穀物本身之導熱性低溫度變化較慢，就會造成

不一致。有關玉米之熱力性質詳如表二⁽⁵⁾。

為避免溫度不一致，新進倉之穀物也應注意是否與倉內穀溫相同，冷的穀物放進溫度較高的倉內時，則新放進去的這批穀物之含水率會上升，此乃受空氣流動與平衡含水率的影響。

水分含量與溫度兩項因素，大體上可決定穀物之安全儲存期限如表三⁽⁶⁾。該表所列之資料，為相當嚴格的高標準，在此提出供參考。

3) 微生物：

儲存穀物品質改變之重要原因乃是微生物生長其中，可能導致之傷害如下：降低發芽率、穀物表面全部或部分變色、發熱或發霉（發霉並與水分含量之增加有互相促進之效果）、產生生化之變化、產生毒素、失重（量的損失）等。微生物之種類很多，擇其與儲存較有關係者分述如下。

(a) 真菌：

真菌為穀物儲存發現之最主要微生物，又可分为田間真菌和儲藏真菌二大類。

田間真菌在作物生長於田間或穀物在收穫之前即已侵入，需要較高的水分含量(20-25%)才能生長。在良好之儲存狀況下不能生長而慢慢死亡，但玉米之田間真菌為一例外，只要相對濕度高即能生長。其中之 *Alternaria* 及 *Fusarium* 屬之真菌均會產生對人畜有害之黴菌毒素。

儲藏真菌在穀物收穫前很少發現，一般均小於5%，主要由 *Aspergillus* 及 *Penicillium* 二屬真菌構成，一般均在14-20%的水分含量狀況下生長。少數亦能在水分含量13%以下生長。此類真菌除損害穀物之質與量外，亦能產生多種黴菌毒素危害人畜之健康，黃麴毒素即為其中之一。

(b)細菌

細菌在穀物水分含量低於14%時不會發生，須高至20%以上時才能生長，有促進發熱的現象。

(c)其他微生物

在穀物中曾發現放射菌、黏菌及酵母菌等，但對其作用仍不清楚。

4)昆蟲：

昆蟲對穀物之危害是多方面的，它們會咬碎穀物當做食物，使儲存之穀物造成數量的損失；另外也會造成水分含量與溫度上升而影響穀物品質之變化；其糞便、殘骸等也會污染穀物，為害雖不大，但總不美觀且增加製造加工上之麻煩。另外微生物也可以藉昆蟲之活動而遍佈倉內，為害就很大了。

還好，昆蟲之繁殖對溫度極敏感。溫度在15°C (60°F) 以下時繁殖很慢或根本不能生存，而在41.5°C (107°F) 以上時又無法生存⁽⁶⁾。

5)其他：

(a)穀物本身之狀況，最主要的是飽滿度是否平均一致。飽滿度都是以試重的大小表示好壞，愈高愈好，因此分級的時候，列為很重要的一項標準。飽滿度不夠的穀物混合儲存，會影響儲存的效果。

(b)夾雜物是穀物以外之外物如破碎之穀粒、其他種子、雜草種子、斷桿碎片、昆蟲殘骸、土壤等。夾雜物對真菌及昆蟲之生長極為有利，因此對穀物之儲存便有害，另外還會影響通風的效果。

(c)倉庫之衛生條件

穀物儲存時發生之真菌及昆蟲很少是從田間帶來，多由倉庫原來殘存者繁衍而來，故應加強倉庫之清掃及消毒工作，則可大大的減少儲存問題。

(d)卸穀實柱

利用斗昇機輸送穀物進倉時，穀物自高處傾卸下來，在圓筒倉庫的中心位置會形成柱狀的實體，此稱為卸穀實柱 (Spoutline, 筆者暫譯)。實柱之形成，是因為穀物落下成堆時，微細之顆粒如塵埃等便聚集於穀堆之尖端而穀粒則向四周往下滑，因此中心位置之穀物間隙便被這些微粒所填滿而形成有如實心之固體⁽⁶⁾。這種現象很可能自離地面一公尺處就存在直到穀物之表面。實柱直徑之大小與穀倉直徑及穀物所含夾雜物之多寡有關。

實柱本來沒有什麼問題，但是問題在穀物本身是熱的不良導體，因此實柱內因空隙幾乎被佔滿以致空氣不能流通，於是熱量就累積在那裏而不能發散，如此則可能導致局部穀溫上升，會影響儲存之效果。

2.品質指標

1)溫度：

穀物儲存如有異常的狀況發生時，常伴隨有溫度的特殊變化，而測溫設備安裝簡便，因此溫度乃成為實用、良好又方便的指標。但是仍有一些小問題，經濟上不可能到處裝溫度測定設備，難免有遺漏之處，等到偵測得到熱點時，可能是別處蔓延過來，問題就很嚴重。另外有些變化和溫度無關者，便失效了。不過，目前為止也只有測溫度這個方法，已經在倉儲方面廣泛應用。其他的方法仍是只有靠眼睛觀察與經驗判斷而已。

2)水分含量：

水分含量的變化可以輔助了解穀物品質之變化，因而亦為參考指標。可是在實際上不但會遇到取樣代表性的問題，而且取樣的技術也很麻煩。

3)發芽率：

儲存穀物之發芽率降低為穀物品質變化最敏感的指標。事實上，此指標過於敏感，因為發芽率降低未必帶來製造加工品質降低的問題。不過發芽率測定工作不難進行，且與其他之指標配合，可得到許多有用之資料。

4)脂肪酸度：

脂肪酸是含有油脂的物質經微生物作用腐敗的中間產物，其氣味即為惡臭之來源。前人很早就發現穀物變質時，其中脂肪酸含量增加。因此，脂肪酸度常被用來衡量儲存穀物品質之變化情形。雖然微生物（特別是真菌）能分泌脂肪分解酵素以分解穀物之脂肪而增加游離脂肪酸之量，但微生物亦能

利用脂肪酸作其養分，所以脂肪酸度增加到某一程度時即轉變成下降的趨勢。因此，此指標亦須與其他指標配合，才能表示穀物之品質。

5) 熱點：

穀倉內，因穀物本身、昆蟲及微生物之呼吸作用而產生熱量及水分，以及倉內外溫差大造成空氣流動因而使水分移動，就可能造成局部水分含量上升，適合儲藏真菌甚至田間真菌及細菌之繁殖，於是更促進熱量之產生，則會造成局部之高溫即熱點。嚴重之情形可達200°F (93.3°C)，甚至有400°F (204.4°C) 之紀錄。目前已知發生熱點之局部含水量至少高達16%以上。雖然熱點所帶來之損害難以測定，但如發生即表示穀物已處於不佳之狀況，應即改善。

3. 改善倉儲條件之方法

1) 通風：

如果倉外之溫度較穀溫低，而且相對濕度在70%以下時（嚴格的說應在60%以下，但本省之氣象條件很難做到，因此根據平衡含水率之關係，70%大致沒有問題），則可利用強制通風將穀物冷卻。稻穀之儲存很早就知道利用通風，其他穀物較慢。

通風量不可太大，溫差也不能太大，因可能造成更無法補救的問題——水分移動現象。通風量的標準可根據美國南部各州所應用之標準如表四⁽⁵⁾。美國南部各州之氣象條件與本省較接近，故採用之

，其標準供圓筒倉庫應用者為每英斗玉米之通風量為 $\frac{1}{30} \rightarrow \frac{1}{10}$ cfm，相當於每公噸玉米之通風量約為0.037→0.111 CMM。

總容量（單倉）知道，便可求得總風量，利用倉庫之截面積則得單位面積的風量。便可由圖三⁽³⁾查得穀物對氣流之阻力即壓降，圖中之壓降只是每呎深之值，計算時應注意再乘以穀層高度才是總壓降。

總風量與總壓降知道以後便可以利用以下公式估計風機所需馬力⁽⁶⁾：

$$\text{風機馬力} = \frac{\text{總壓降 (in 水柱高)} \times \text{總風量 (cfm)}}{4000}$$

上式中風機之效率設為62.8%。

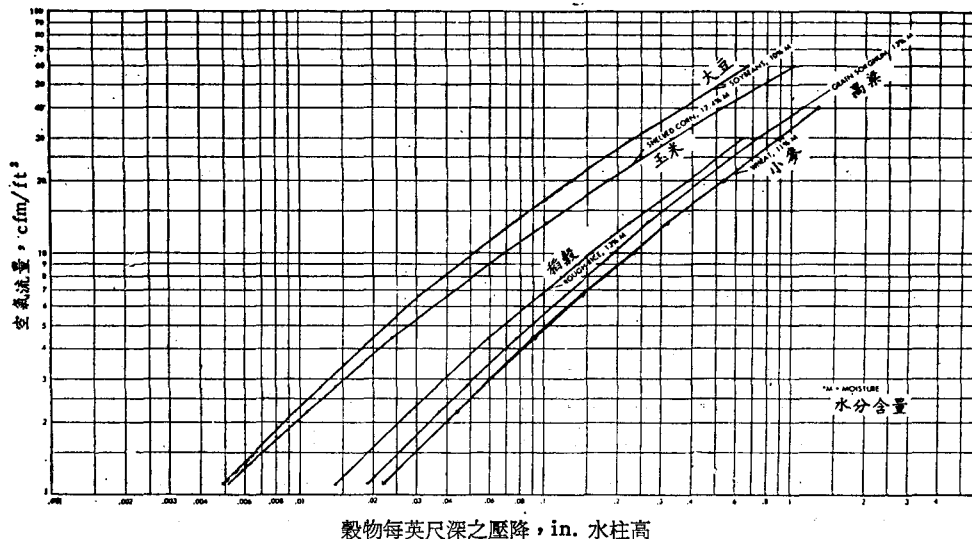
表四 美國儲存穀物通風作業時之通風量標準⁽⁵⁾

儲存方式	通風量, cfm/每英斗穀物**	
	北部各州	南部各州
平倉	1/20 至 1/10	1/10 至 1/5
豎倉 (例如圓筒倉)	1/40 至 1/20	1/30 至 1/10

* 本標準適用於適當條件下之間歇通風。

** 玉米每英斗之試重為：1級品56磅，2級品54磅，3級品52磅。

通風之目的主要是冷卻穀物使其溫度降低以減少菌類及昆蟲之活動；與均化穀溫以防止水分移動。因此通風便具有消除熱點、異味之功效，而且



圖三 主要幾種穀物對氣流之阻力⁽³⁾

注意：上圖適用於自然堆積之穀物，如水分含量高時（即超過與相對濕度85%平衡時），壓降應以上圖所得值之80%計算。如穀物經過一段時間自然壓緊以後，則所得之值應乘以1.5。如有夾雜物時尚無修正公式可用，但應注意夾雜物之顆粒若較穀物細時，阻力會增加；反之，阻力會降低。

沒有因翻倉造成穀物磨損的現象，但是成本較高。

2) 翻倉：

翻倉是將穀物從一倉翻到另一倉。其優點是可以將不同部位之穀物隨意混合而消除熱點或將局部水分含量高之處去除。另外，天冷時翻倉也具有冷卻的效果。

翻倉還可以提供檢查穀物狀況的機會，在穀物未損壞前，採取補救措施。

但是翻倉也有缺點：費時與增加磨損。

3) 薰蒸：

利用化學藥劑來防治倉儲蟲害為有效而簡便的方法。常用的藥劑有二硫化碳、四氯化碳、二氯化乙炔、二溴化乙炔、氰化氫、氯化苦、溴化甲烷、磷化氫（好達勝）等，如能注意使用，安全無虞。但溴化甲烷及氯化苦會降低發芽率，而鹵化物則有致癌之危險。對微生物而言則這些薰蒸劑並無效果或效果不大。有時先殺死穀粒而降低對真菌之抵抗力，則得不償失。

四、試驗調查項目與方法

1. 基本資料之調查

本項調查以問卷方式進行，再配合實地訪問核對。調查之項目包括圓筒倉庫之容量、尺寸、倉數、建材、年儲存量等，進出倉設備之型式、尺寸、流程、總馬力數、能量等，翻倉與通風設備之馬力數、風機特性等。

2. 玉米儲存試驗

本試驗分為兩部分：第一部分由臺糖公司小港糖廠執行，將玉米儲存4個月左右，進出倉時由小港糖廠取樣寄臺大農工系機械組分析，儲存期間每隔1個月左右則由臺大農工系派員前往取樣携回分析；第二部分由嘉新、洽發、統一、大成等公司執行，以不影響各公司之生產現況儘量延長玉米之儲存期為原則。由於期間短，最長也只不過是1個多月而已，故只由各公司在進、出倉時取樣寄臺大分析。

以上參與試驗之單位，另外每日需填圓倉使用紀錄表如附錄二，內容包括大氣之乾濕球溫度，倉內各點之玉米溫度，各種作業例如進出倉、通風、翻倉、投藥等之記載，然後按週彙總寄臺大農工系機械組整理分析。

3. 測定項目與方法

水分含量之測定乃是根據美國農業工程師學會所認可之 ASAE S352 號標準進行。此法是在

103°C 的烤箱中，加熱全粒玉米樣品72小時後，測定玉米減少之重量再計算求得其水分含量。

脂肪酸度之測定係根據美國穀物化學家協會認可之 AACC 02-01 號方法進行。此法是利用乙醚抽取玉米中所含之脂肪，再測其脂肪酸度。脂肪酸度則是以中和 100 克乾玉米中游離脂肪酸所需氫氧化鉀的毫克數表示。

發芽率之測定則是在玉米樣品中取出 100 顆完整玉米，均勻放置於墊有三層衛生紙之塑膠盤中，再加入適當水分，蓋上塑膠布以保持其濕度，然後置於 30°C 之培養箱中，4 天後觀察其發芽情形計算發芽率。

五、結果與說明

根據各公司填送之資料及樣品分析所得之結果，按下列各項以公司為單元，分別說明於後。

第一項為有關圓筒倉庫、進出倉設備、通風設備等之一般基本資料之說明。

第二項為根據各公司之基本資料分別求得適當風機之馬力、風量與風壓，以供參考。

第三項為大氣溫濕度資料，相對濕度乃是根據各公司所填之乾濕球溫度再按一般溫度範圍之濕氣圖查得。

第四項為倉溫變化資料，各點溫度由倉底而上以不同符號表示。某些期間，各點之溫度很接近而分不清楚，此乃好現象表示溫度平均。因此分得清時，很顯然是不好的，不是有熱點存在就是溫度不平均。

第五項為各種試驗結果與作業紀錄，以表格將數據列出。

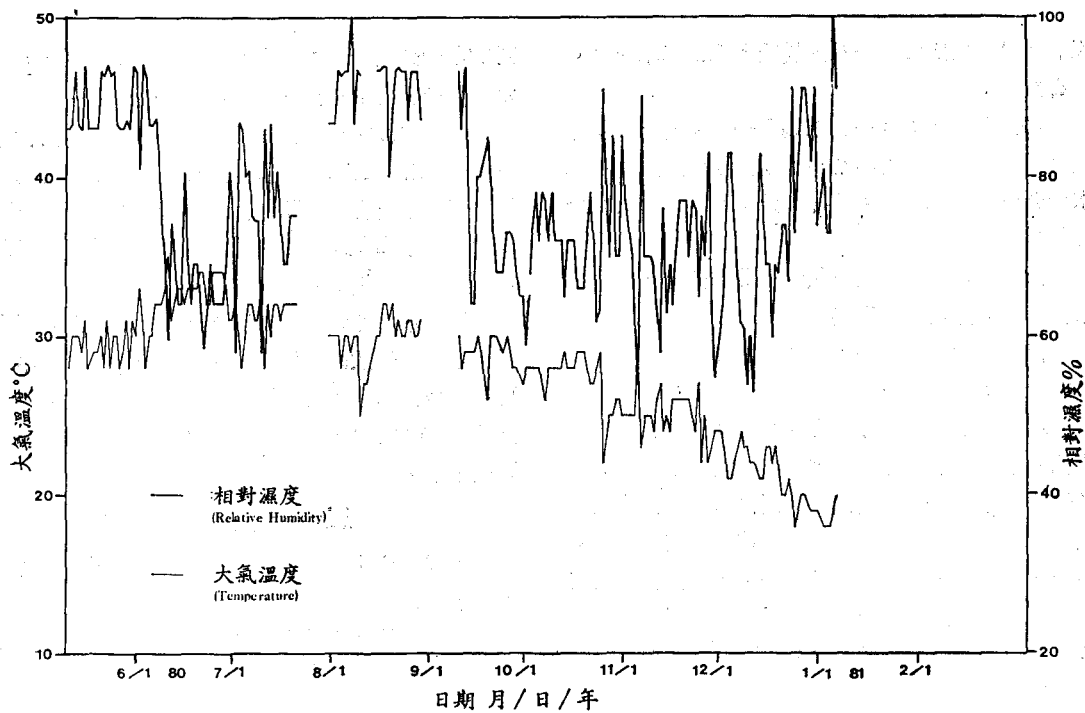
1. 臺灣糖業公司小港糖廠：

該公司小港糖廠之圓筒倉庫，為鋼筋混凝土建造，總容量 19,000 公噸，含主倉 14 個，副倉 6 個。年儲存量為 57,000 公噸，故得使用率為每年 3 次。主倉之直徑為 10m，高度為 24.5m。

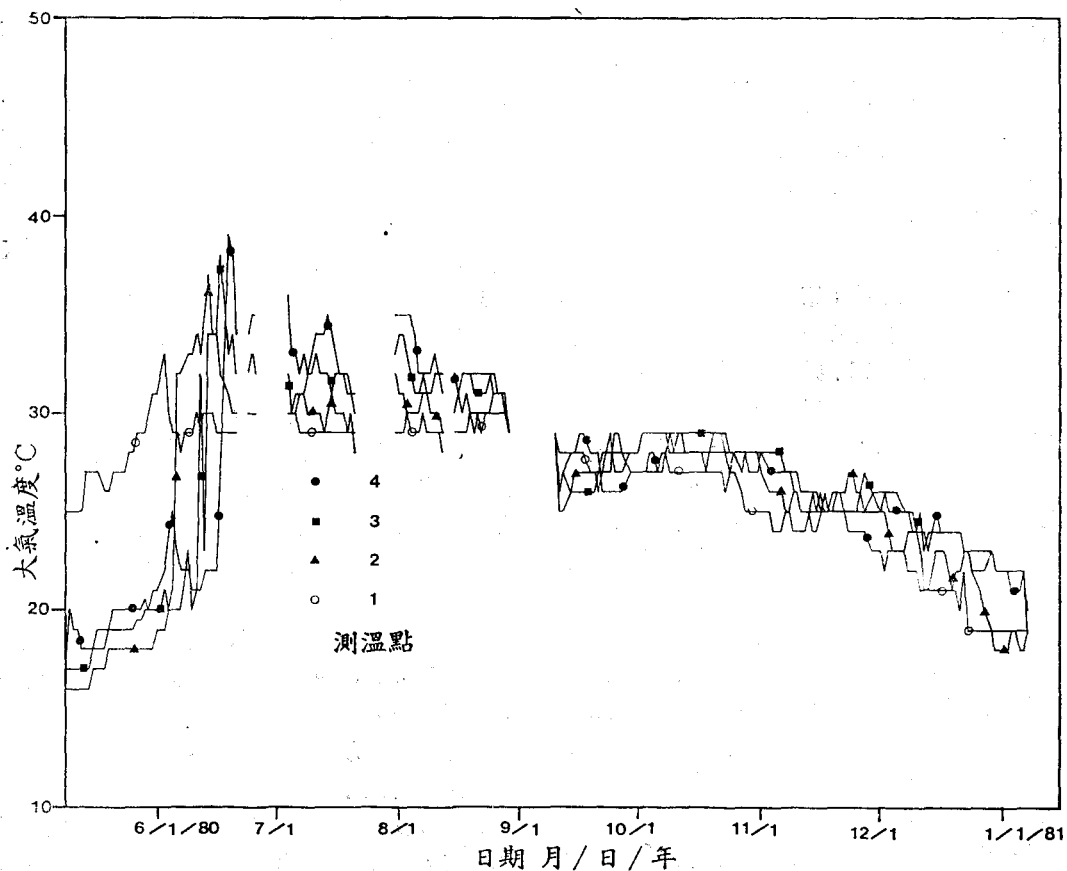
倉庫之進出倉設備含螺運機、斗昇機、鏈條輸送機等。進倉能量每小時 100 公噸，流程約 119m，總馬力為 402 hp。出倉能量每小時 75 公噸，流程約為 185m，總馬力為 261 hp。

翻倉總馬力數為 127 hp。

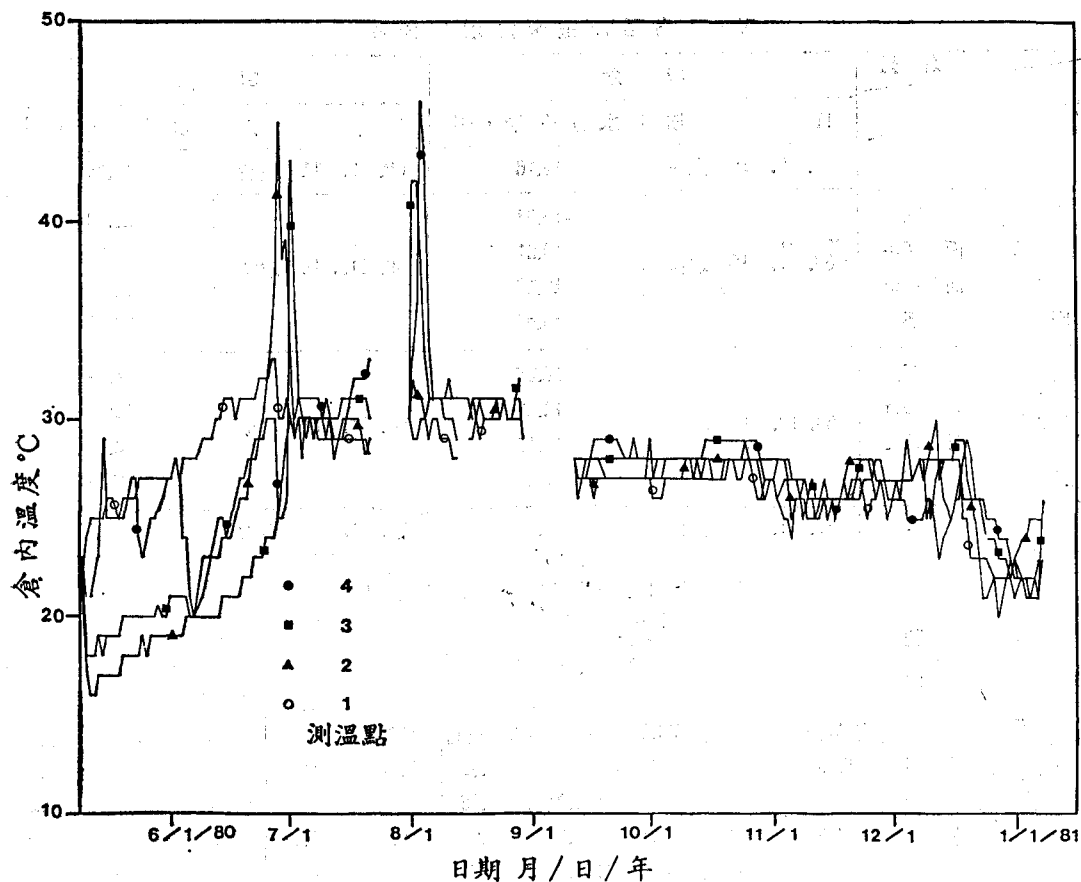
通風機有固定式送風機及抽風機。送風機之馬力為 20 hp，風量為 422 CMM，風壓為 125mm 水柱高。抽風機之馬力為 3 hp，風量為 204 CMM，風壓為 30mm 水柱高。



圖四 台糖小港廠 69 年 5 月 10 日起大氣資料 (15:30)



圖五 台糖第²⁹倉 69 年 5 月 9 日起倉內溫度資料 (15:30)



圖六 台糖第30倉69年5月9日起倉內溫度資料(15:30)

按理論探討部分有關通風一節之原則，可求得該公司單倉通風所需適當之風機特性如下：風量為37至111 CMM (或1,410至4,231 cfm)，靜壓為23.6至85.8 mm (或0.93~3.38 in.) 水柱高，馬力為0.33至3.6 hp。

該公司大氣溫濕度資料如圖四，試驗倉為29，30-32，33，34倉，其倉溫變化資料如圖五、圖六，各階段玉米水分含量如表五、表六，各種試驗結果及作業紀錄如表七之1、2、3、4號試驗。

表五 各階段玉米之水分含量

倉號	29 倉		30 倉 → 32 倉			
	日期	水分含量, %	日期	水分含量, %		
位置	69. 5. 8 進倉	15.15	69. 5. 10 進倉	15.39		
表 離 底 表	表 面	69. 6. 16 取樣	14.16	69. 6. 16 取樣	14.36	
			15.08			*
			15.41			*
			15.32			15.37
表 離 底 表	面 部	69. 7. 21 取樣	17.13	69. 7. 21 取樣	20.94	
			14.15			14.06
			13.52			14.82
			13.37			13.70
表 離 底 表	面 部	69. 8. 20 取樣	14.67	69. 7. 30 翻倉 平均	14.17	
			12.94			—
			13.27			—
			12.67			—
	69. 8. 24 出倉	13.51	69. 8. 21 出倉	13.78		

* 因剛做薰蒸作業，故玉米內部未取樣。

表六 各階段玉米之水分含量

位置	倉號	33 倉		34 倉	
		日期	水分含量, %	日期	水分含量, %
		69. 9. 10 進倉	13.16	69. 9. 11 進倉	13.26
表面 離表面5m 離表面11m 底部			14.03		13.58
		69. 11. 19 取樣	13.21	69. 11. 19 取樣	13.03
			13.12		13.38
			13.44		13.12
表面 離表面6m 離表面11m 底部			14.36		14.54
		69. 12. 17 取樣	13.43	69. 12. 17 取樣	13.48
			13.46		13.31
			15.15		12.23
		70. 1. 7 出倉	13.51	70. 1. 6 出倉	12.94

表七 進口玉米儲存試驗紀錄(一)

試驗編號	1					2				
	臺糖 29 倉					臺糖 30-32 倉				
取樣時間	5/8入倉	6/16	7/21	8/20	8/24出倉	5/10入倉	6/16	7/21	7/29翻倉	8/21出倉
水分含量, %	15.15	**	**	**	13.51	15.39	**	**	14.17	13.78
脂肪酸度*	—	—	—	164.24	140.63	—	—	—	130.91	130.20
發芽率, %	0.9	2.7	2.7	6.7	3.3	2.0	8.9	4.0	0.0	0.6
田間真菌, %	—	—	—	100.0	66.6	—	—	—	—	—
儲藏真菌, %	—	—	—	100.0	100.0	—	—	—	—	—
通風作業	6/3開始通風, 共1116.5小時					6/30開始通風, 共759.5小時				
翻倉作業	無					7/29-7/30 翻倉				
儲存期間	109 天					104 天				
其他	入倉後隨即投藥薰蒸					入倉後隨即投藥薰蒸				

* 脂肪酸度之單位為 mgKOH/100g 乾玉米

** 水分含量參考表五

表七 進口玉米儲存試驗紀錄(二)

試驗編號	3				4				5	
	臺糖 33 倉				臺糖 34 倉				嘉新D7-A8倉	
取樣時間	9/10入倉	11/19	12/17	1/7出倉	9/11入倉	11/19	12/17	1/6出倉	8/12入倉	9/9翻倉
水分含量, %	13.16	**	**	13.51	13.26	**	**	12.94	14.67	14.50
脂肪酸度*	69.12	82.74	80.00	82.40	67.82	79.88	84.97	83.82	131.44	148.36
發芽率, %	61.7	37.9	37.5	37.5	52.5	50.8	35.0	30.9	28.4	30.0
田間真菌, %	75.0	75.0	29.2	8.3	62.5	85.0	18.7	20.0	—	79.0
儲藏真菌, %	83.5	95.0	91.6	80.0	75.0	75.0	63.0	95.0	47.5	70.9
通風作業	9/22開始通風, 共909小時				10/16開始通風, 共493小時				無	
翻倉作業	無				無				9/9, 10/9, 11/7	
儲存期間	120 天				118 天					
其他	入倉後隨即投藥薰蒸				12/1在倉頂表面投藥薰蒸					

* 脂肪酸度之單位為 mgKOH/100g 乾玉米

** 水分含量參考表六

表七 進口玉米儲存試驗紀錄(三)

試驗編號	5			6				7	
公司倉號	嘉新 D7-A8 倉			嘉新 D5-A7 倉				洽發 8 倉	
取樣時間	10/9翻倉	11/7翻倉	11/26出倉	5/24入倉	6/24翻倉	7/24翻倉	9/13出倉	8/3入倉	8/26出倉
水分含量, %	14.72	14.78	14.70	15.65	14.92	14.93	14.95	14.73	14.88
脂肪酸度*	195.46	95.48	94.82	—	—	—	115.12	155.23	115.36
發芽率, %	2.5	0.9	0.0	0.8	4.0	2.1	3.4	16.7	6.7
田間真菌, %	33.0	37.5	87.5	—	—	—	—	97.5	71.1
儲藏真菌, %	87.5	92.0	87.5	—	—	—	—	100.0	87.5
通風作業	無			無				無	
翻倉作業	11/24 翻倉			6/24, 7/24, 8/2, 8/13, 8/18 翻倉				無	
儲存期間	107 天			113 天				24 天	
其他									

* 脂肪酸度之單位為 mg KOH/100g 乾玉米

表七 進口玉米儲存試驗紀錄(四)

試驗編號	8		9		10		11		12	
公司倉號	洽發 8 倉				洽發 10 倉				統一 A5 倉	
取樣時間	9/9入倉	10/27出倉	11/26入倉	1/4出倉	9/9入倉	10/29出倉	11/26入倉	1/5出倉	7/25入倉	9/22出倉
水分含量, %	13.55	13.70	14.20	14.19	13.60	13.64	14.39	14.20	14.44	14.25
脂肪酸度*	75.76	74.95	71.86	90.98	74.43	76.19	67.39	72.52	131.13	115.64
發芽率, %	63.3	48.3	35.8	27.5	52.5	54.2	32.5	30.9	52.2	7.5
田間真菌, %	20.8	37.5	33.3	25.0	37.5	75.0	29.2	37.5	42.0	49.5
儲藏真菌, %	87.5	100.0	75.0	87.5	79.0	87.5	70.6	83.3	83.0	87.5
通風作業	無		無		無		無		無	
翻倉作業	無		無		無		無		無	
儲存期間	49 天		40 天		51 天		41 天		60 天	
其他										

* 脂肪酸度之單位為 mg KOH/100g 乾玉米

表七 進口玉米儲存試驗紀錄(五)

試驗編號	13		14		15		16		17	
公司倉號	統一 A5 倉		統一 B6 倉		統一 B6 倉		統一 A16 倉		統一 A16 倉	
取樣時間	9/25入倉	11/5出倉	9/4入倉	10/1出倉	10/17入倉	12/9出倉	7/20入倉	8/22出倉	8/31入倉	10/2出倉
水分含量, %	10.85	11.40	14.48	13.59	13.71	12.76	14.55	14.62	13.54	13.30
脂肪酸度*	54.26	54.78	82.04	88.80	56.37	58.99	196.98	154.30	83.05	94.88
發芽率, %	90.0	89.2	25.9	20.3	94.2	87.5	45.0	20.3	40.9	21.7
田間真菌, %	41.5	33.0	75.5	58.0	67.0	41.5	80.0	42.0	33.4	62.0
儲藏真菌, %	50.0	50.0	92.0	92.0	29.0	25.0	87.5	100.0	79.0	87.5
通風作業	無		無		9/26-10/2共595小時		8/21-8/23, 短暫通風		無	
翻倉作業	無		無		無		無		無	
儲存期間	42 天		28 天		54 天		34 天		33 天	
其他										

* 脂肪酸度之單位為 mg KOH/100g 乾玉米

表七 進口玉米儲存試驗紀錄表

試驗編號	18		19		20		21			
公司倉號	統 一		A16 倉		統 一 B18 倉		大 成 B7-B10 倉			
取樣時間	10/23入倉	10/29出倉	11/4入倉	12/12出倉	9/29入倉	12/14出倉	6/29入倉	7/21通風	7/29翻倉	8/14出倉
水分含量, %	13.63	12.59	13.49	13.66	11.19	11.94	13.56	14.73	14.49	13.83
脂肪酸度*	68.00	74.06	68.66	65.52	62.80	67.17	—	—	139.57	130.12
發芽率, %	56.7	45.0	70.9	55.0	94.2	83.3	—	—	12.1	12.5
田間真菌, %	54.0	50.0	33.0	33.5	66.5	46.0	—	—	—	—
儲藏真菌, %	87.5	87.5	87.5	87.5	37.5	42.0	—	—	—	—
通風作業	無		無		無		7/21開始通風, 共228.5小時			
翻倉作業	無		無		無		7/29-7/30翻倉			
儲存期間	7 天		39 天		77 天		47 天			
其他										

* 脂肪酸度之單位為 mgKOH/100 g 乾玉米

2. 嘉新麵粉飼料油脂股份有限公司:

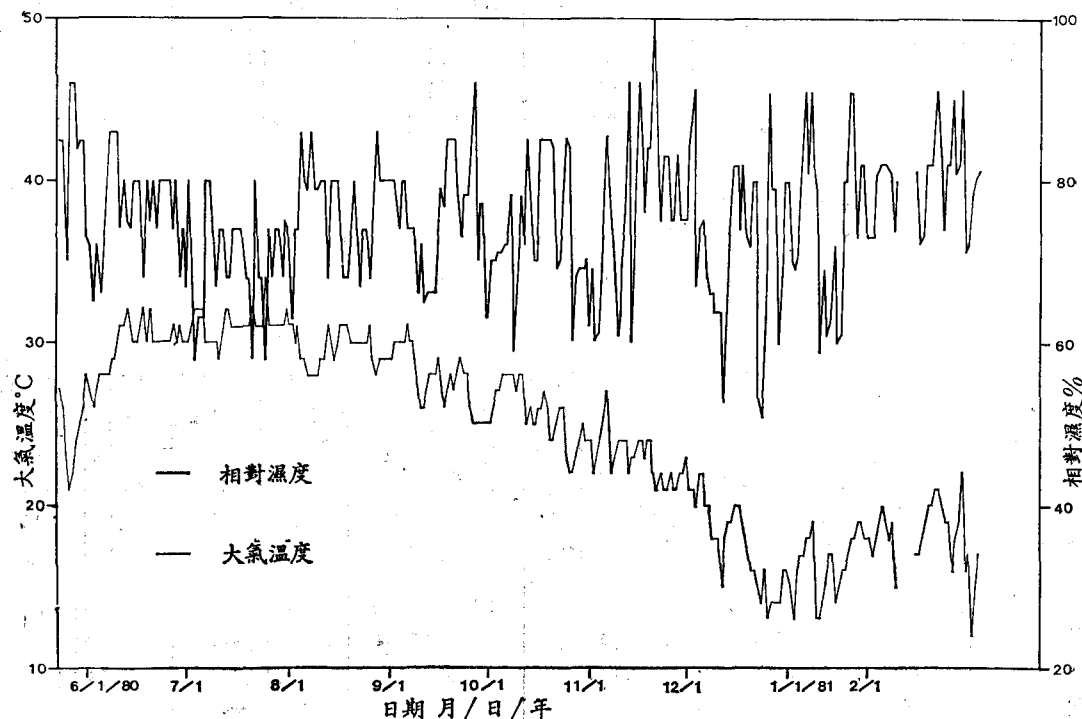
該公司之圓筒倉庫為鋼筋混凝土建造，總容量 32,200 公噸，含主倉 50 個，副倉 33 個。年儲存量為 216,120 公噸，故得使用率為每年 6.5 次。主倉之直徑為 6m，高度為 26.5m。

倉庫之進出倉設備含斗昇機、螺運機、鏈條輸送機等。進倉能量為每小時 150 公噸，流程約 175m，總馬力為 180 hp。出倉能量每小時 40 公噸，流程約為 79.5m，總馬力為 22 hp。

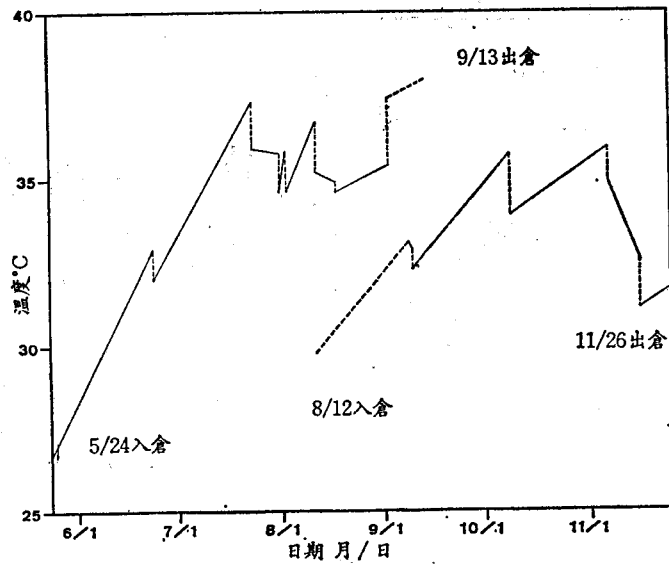
翻倉總馬力數為 112.5 hp。

該公司單倉通風所需適當之風機特性如下：風量為 19 至 57 CMM (或 725 至 2176 cfm)，靜壓為 40 至 137 mm (或 1.54 至 5.4 in) 水柱高，馬力為 0.28 至 2.9 hp。

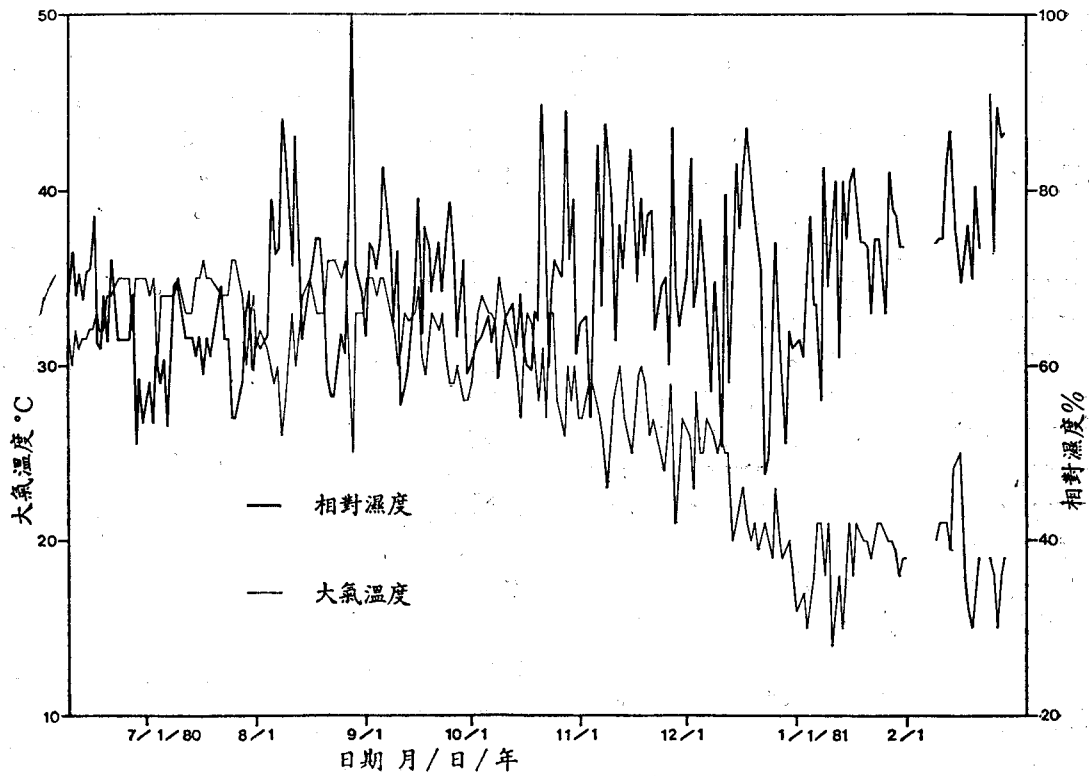
大氣溫濕度資料如圖七，無溫度紀錄裝置故無倉溫資料，試驗倉為 D7—A8，D5—A7，各種試驗結果及作業紀錄如表七之 5、6 號試驗。另該公司於翻倉前後均有登記玉米溫度如圖八。



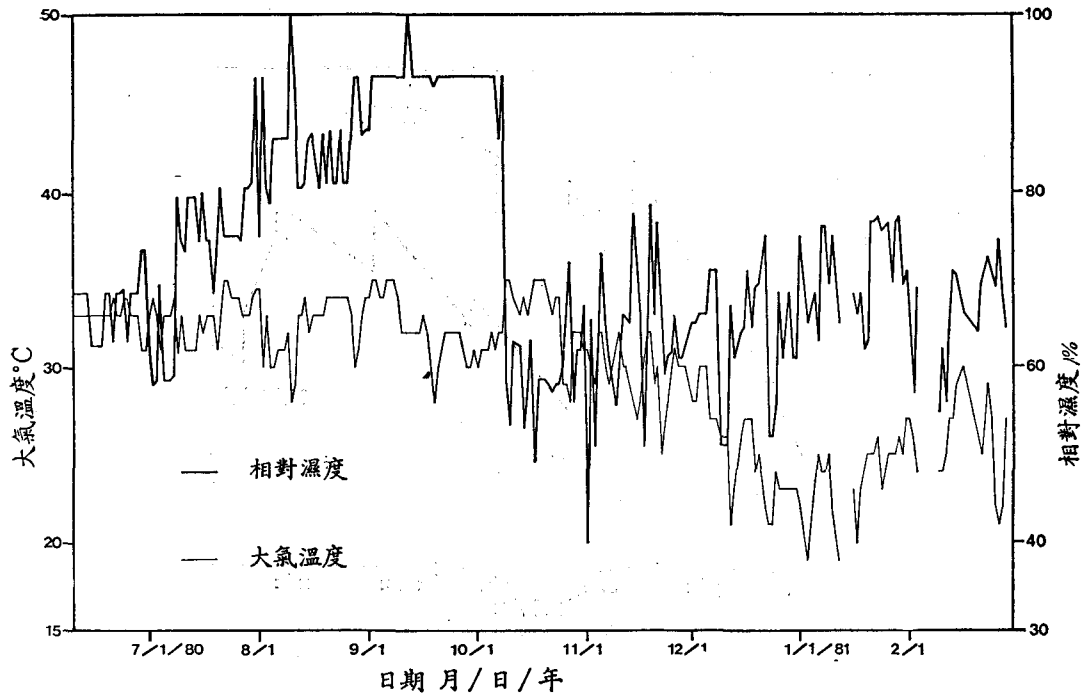
圖七 嘉新69年5月24日起大氣資料 (14:00)



圖八 翻倉溫度變化情形(嘉新)



圖九 洽發69年6月9日起大氣資料(14:00)



圖十 統一69年6月10日起大氣資料(14:00)

4.洽發實業股份有限公司

該公司之圓筒倉庫為鐵皮建造，總容量為3,500公噸，含主倉10個，副倉3個，年儲存量為120,000公噸，故得使用率為每年34.5次。主倉之直徑為5.75m，高度為30m。

進出倉設備含螺運機、斗昇機、鏈條輸送機等。進倉能量每小時100公噸，流程約145.5m，總馬力為180hp、出倉能量為每小時30公噸，流程約為84.7m，總馬力為70hp。

翻倉總馬力數為70hp。

通風機為活動式，其馬力為5.5hp，風量為15CMM，風壓為600mm水柱高。

該公司單倉通風所需適當之風機特性如下：風量為11至33CMM（或423至1269cfm），靜壓為22.5至7.5mm（或0.89至2.95in）水柱高，馬力為0.09至0.94hp。

大氣溫濕度資料如圖九，無溫度紀錄裝置故無倉溫變化資料，試驗倉為8、10倉，各種試驗結果及作業紀錄如表七之7、8、9、10、11號試驗。

6.統一企業股份有限公司

該公司之圓筒倉庫為鋼筋混凝土建造，總容量為11,640公噸，含主倉14個，副倉7個。年儲存量為15萬至16萬公噸，故得使用率為每年13~14次。

主倉之直徑為8m，高度為23m。

倉庫之進出倉設備含斗昇機、鏈條輸送機等。進倉能量為每小時45公噸，流程約18.7m，總馬力為53hp。出倉能量為每小時45公噸，流程約為137.3m，總馬力為38.5hp。

翻倉總馬力數為55.5hp。

通風機屬活動式，馬力為15hp，風量為55CMM，風壓為560mm水柱高。

該公司單倉通風所需適當之風機特性如下：風量為28至83CMM（或1,058至3,173cfm），靜壓為25.3至90.5mm（或1.0至3.56in）水柱高，馬力為0.26至2.83hp。

大氣溫濕度資料如圖十，倉溫變化資料如圖十一、十二、十三，各種試驗結果及作業紀錄如表七之12、13、14、15、16、17、18、19、20號試驗。

7.大成長城企業股份有限公司

該公司之圓筒倉庫為鋼筋混凝土建造，總容量為10,180公噸，含主倉10個，副倉4個，年儲存量為101,919公噸，故得使用率為每年10次。主倉之直徑為8m，高度為29m。

倉庫之進出倉設備含螺運機、斗昇機、鏈條輸送機等。進倉能量為每小時60公噸，流程約223m，總馬力為105hp。出倉能量為每小時30公噸，

流程約為 194 m，總馬力為40.5 hp。

翻倉總馬力數為 43 hp。

通風機屬活動式，馬力為 15 hp，風量為 5 CMM，風壓為 900 mm 水柱高。

該公司單倉通風所需適當之風機特性如下：風

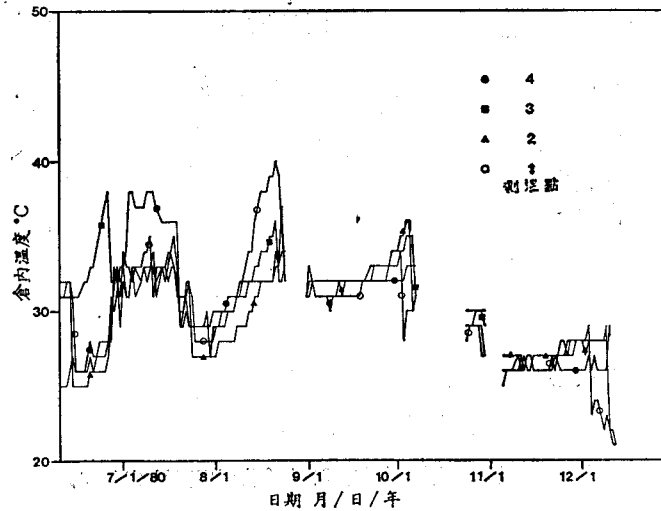
量為 31.5 至 94.5 CMM (或 1,200 至 3,600 cfm)

，靜壓為 30.2 至 12.1 mm (或 1.19 至 4.8 in)

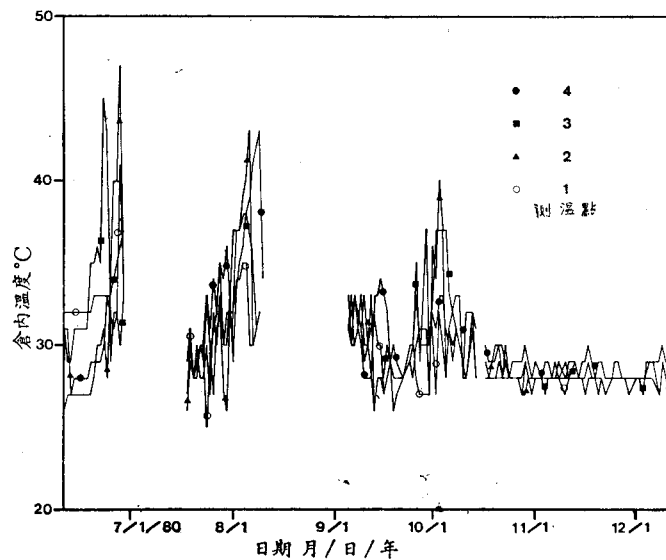
水柱高，馬力為 0.36 至 4.3 hp。

大氣溫濕度資料如圖十四，倉溫變化資料如圖

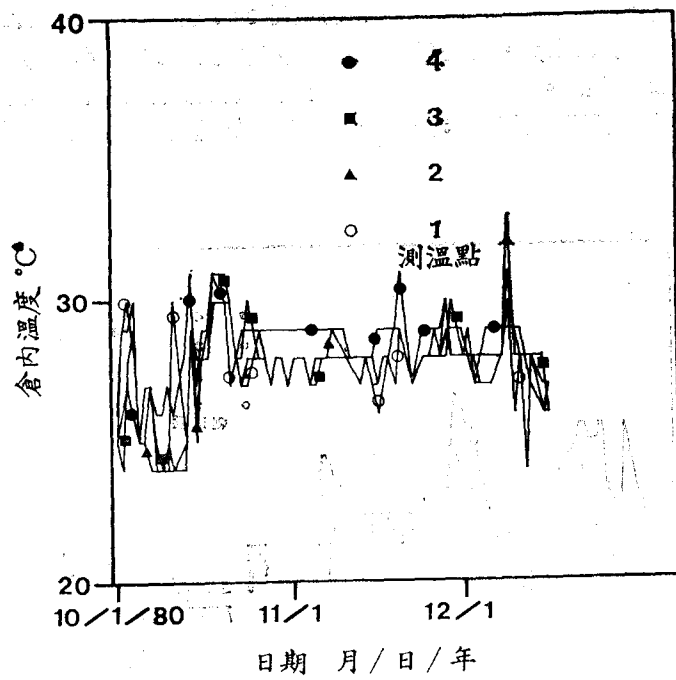
十五，各種試驗結果及作業紀錄如表七之21號試驗。



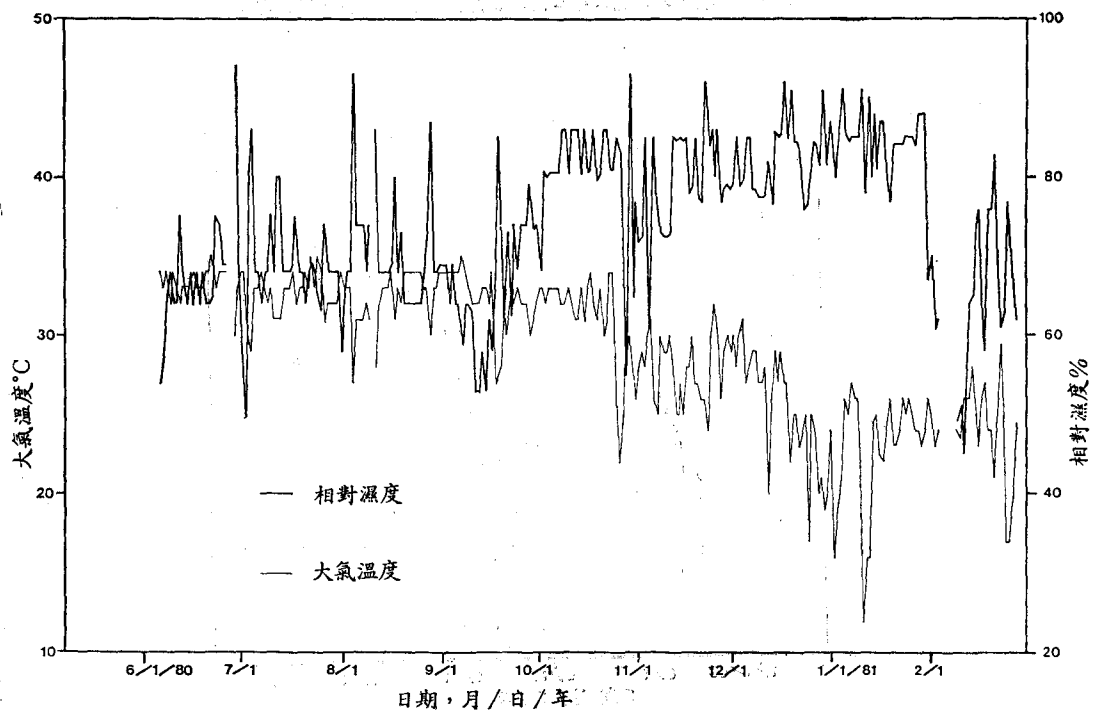
圖十一 統一A16倉69年6月10日起倉內溫度資料 (14:00)



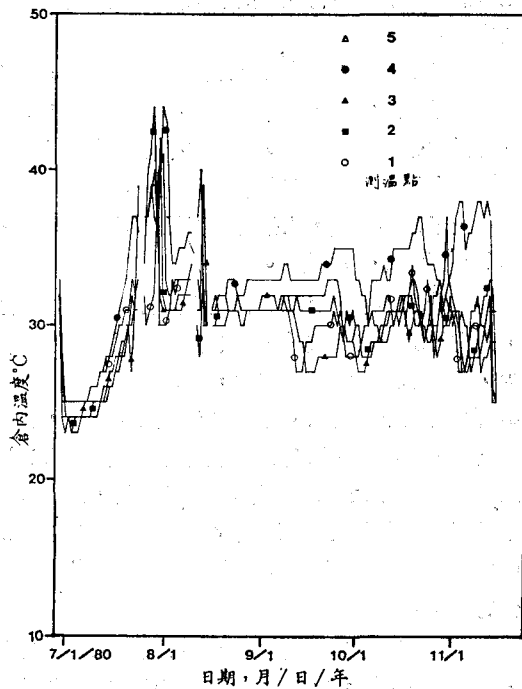
圖十二 統一B15倉69年6月11日起倉內溫度資料 (14:00)
統一B6倉69年9月4日起倉內溫度資料 (14:00)



圖十三 統一B18倉69年9月30日起倉內溫度資料 (14:00)



圖十四 大成長城69年6月6日起大氣資料 (14:00)



圖十五 大成長城B7倉69年6月29日起倉內溫度資料(14:00)
B5倉69年8月16日

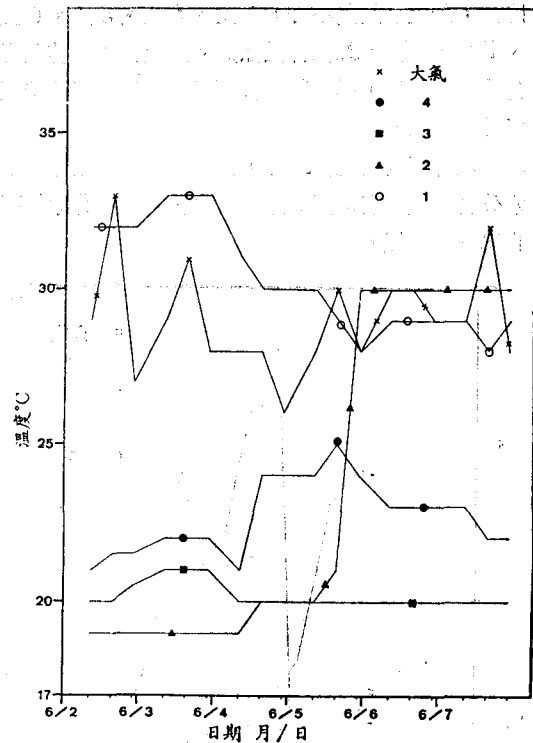
六、綜合討論

本省之地區特性即為高溫多濕，這是有關大氣溫濕度的問題，現在根據前節之大氣溫濕度資料，由北而南依次說明於後。

北區嘉新公司，根據圖七，中午的相對濕度，約在80%附近。中午之溫度由6/1起的20幾°C上升至6月中達30°C以上，到9月中才開始下降至25°C左右，以後即緩慢下降到12月底至1月的一段期間約在15°C附近最低溫，然後回升。

中區洽發公司，中午之相對濕度大部分低於80%，比北部略低。溫度則從6月初有紀錄開始就在30°C以上，一直保持到10月下旬才開始下降，12月底至1月間最低約在20°C附近。

南區的統一與大成長城公司，中午之相對濕度，公司之間差異很大。統一公司之相對濕度在8-9月均高於80%，10月以後直到次年2月均低於80%；大成公司者，6月至9月底約在70%左右，10月以後至次年1月却都略高於80%。中午之溫度從6月初開始到10月底一直保持30°C以上，10月底至12月中仍保持在25-30°C之間；12月底至1月中在20-25°C之間，然後又回升到25°C附近。



圖十六 通風前後溫度變化情形(合糖29倉)

南區在高雄另有臺糖公司小港糖廠，因靠海，受海洋的影響，與上述二公司又不同。中午之相對濕度，5月至6月初為85%左右，6月初至7月初在70%附近，7月中旬開始至9月初保持在80%以上，之後則略低於80%。中午之溫度較南區略低，5月開始到9月下旬都保持在30°C附近，10月開始緩慢下降至1月初20°C左右。

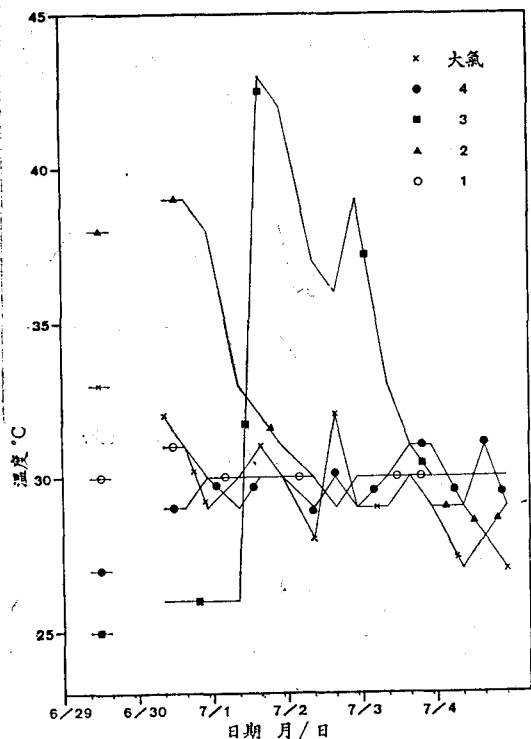
由以上之分析，很明顯可看出本省高溫多濕的特性，而且北、中、南區之溫度變化不同，南部最高，中部次之，北部又次之。且高溫期間也是南部最長，中部次之，北部又次之。在此詳細說明溫度濕度乃是因為相對濕度與平衡含水率及通風有關；溫度則與倉內儲存溫度息息相關。

玉米品質變化最主要受水分含量、儲存溫度及儲存期間長短之影響，而品質變化是要看脂肪酸度、發芽率、微生物等之變化來了解。又綜合脂肪酸度與發芽率之變化，大體可判定玉米之品質如何。有關這些資料，一共21組的試驗結果詳細數據，已列於表七。在此只做一總論，因為以下各部份均將分別根據水分含量、儲存期間、儲存溫度等討論其對玉米品質之影響。

脂肪酸度有高峯值大約在190幾附近，然後再

降低，此表示品質不好，1號、2號、5號、6號、7號、16號、21號都是如此。因此光靠脂肪酸度無法訂出標準，必須輔以發芽率低則表示脂肪酸度已歷經高峯。

發芽率則是愈高愈好，由21組試驗結果中顯示水分含量較低者，因其品質變化較緩，發芽率較高也降低得較慢。



圖十七 通風前後溫度變化情形(台糖30倉)

1. 水分含量對玉米品質之影響

玉米品質之好壞，可由脂肪酸度及發芽率兩者來判定。有關玉米水分含量對品質之影響，可分兩種情形討論，一是進倉時水分含量與品質之關係，另為儲存以後水分含量與品質變化之關係。現在根據表七之試驗結果及倉內玉米溫度變化資料並按水分含量高低排列整理得表八。

由表八很明顯的可以看出最初水分含量在14%以上者，除了9號、11號、14號外，其他的品質都不好，脂肪酸度都在100以上而發芽率大都在20-30%之間。9號、11號之水分含量分別為14.20%與14.39%，但是在冬天時11/26進倉的，因大氣溫度的影響，使其品質不差。14號之水分含量進倉時為14.48%，但出倉時只有13.59%，可能係取樣代表性問題，產生的例外。最初水分含量高，品質差，

則可能是由於港口轉運，船運期間長，品質已變化造成的。

其他低於14%者，進倉時的品質都不錯，脂肪酸度在50-90之間，發芽率大部分在50%以上。由此可見水分含量的重要，另外水分含量略高於14%在冬天大氣溫度低時儲存也沒有問題。

玉米儲存以後，水分含量與品質變化之關係，仍以14%為界分別討論。

在表八中，前11組資料之水分含量均低於14%，只有第21號試驗例外，其他組之脂肪酸度增加很少，發芽率降低之差異較大，主要是另外受溫度的影響，將於下節說明。關於第21號試驗結果，初期資料缺，但亦可從出倉資料中脂肪酸度高達130.12及發芽率只有12.5%看出其品質已變差，主因為儲存溫度一直上升且最高時達44°C，雖然經過通風與翻倉後使之降低下來，但是仍無法抑制其品質惡化的現象。

在表八之後10組資料顯示水分含量均高於14%，除前述9、11、14號試驗外，其他組之脂肪酸度均有歷經高峯再下降之現象，且發芽率極低在10%以下，品質很差，當然前面已說明進倉時品質已差，不可能變好。至於9、11、14號之玉米，已於本節前面說明，進倉時，大氣溫度已降低，儲存溫度也就較不易升高，因此其脂肪酸度上升也就緩慢，發芽率降低也不多，而能保持原有之品質。

2. 儲存溫度對玉米之影響

玉米儲存溫度與進倉時溫度有密切關係，經儲存後再受大氣溫度之影響。表八之21組資料中，除溫度紀錄故障(12號與13號)及無溫度紀錄裝置(7至11號)者外，其他者進倉之溫度均低於30°C且在27°C附近，甚至有16°C(1號與2號)及23°C(21號)的。經儲存後，由於玉米本身呼吸及外界的影響，溫度大都會緩緩上升，便需由其他方法使上升之速率降低或根本不上升。一般都是在溫度超過大氣溫度之後，利用通風系統使之降至大氣溫度附近。其他方式之低溫儲存曾被試驗、試用及建議過，但因成本問題並未在實用上推廣。至於翻倉之主要功效是在均勻混合，冷卻之功效很小，但配合通風使用時則不一樣。

倉外之大氣溫度直接影響到倉內儲存溫度，然後間接影響玉米品質之變化。通風之倉將在通風一節討論，本節專門針對未通風倉說明，有些無溫度紀錄者便不予討論也無法予以討論。

表八 玉米儲存之影響因素與品質變化之關係(-)

試驗 編號	水分含量%		日期		脂肪酸度		發芽率%		儲存 天數	儲存溫度
	進	出	進	出	進	出	進	出		
13	10.85	11.40	9/25	11/5	54.26	54.78	90.0	89.2	42	溫度紀錄故障
20	11.19	11.94	9/29	12/14	62.80	67.17	94.2	89.9	77	10/1 → 10/13 27°C 10/13 → 出倉 28°C
3	13.16	13.51	9/10	1/7	69.12	82.40	61.7	37.5	120	9/10 → 10/22 平均 27°C 10/22 → 出倉, 29°C → 18°C 平均每天降 0.14°C
4	13.26	12.94	9/11	1/6	67.82	83.82	52.5	30.9	118	全期平均 26—27°C 最高 29°C, 最低 20°C
19	13.49	13.66	11/4	12/12	68.66	65.52	70.9	55.0	39	11/4 → 12/3 平均 27°C 12/3 → 出倉, 29°C → 21°C 平均每天降 0.18°C
17	13.54	13.30	8/31	10/2	83.05	94.88	40.9	21.7	33	9/1 → 9/8, 33°C → 30°C 9/8 → 出倉, 30°C → 36°C, 平均每天升 0.22°C
8	13.55	13.70	9/9	10/27	75.76	74.95	63.3	48.3	49	無紀錄裝置
21	13.56	13.83	6/29	8/14	—	130.12	—	12.5	47	7/1 → 7/28, 23°C → 44°C, 平均每天升 0.75°C 7/28 → 出倉, 44°C → 28°C, 平均每天降 1°C
10	13.60	13.64	9/9	10/29	74.43	76.19	52.5	54.2	51	無紀錄裝置
18	13.63	12.59	10/23	10/29	68.00	74.06	56.7	45.0	7	平均 28.5°C 最高 30°C, 最低 27°C
15	13.71	12.76	10/17	12/9	56.37	58.99	94.2	87.5	54	平均 28.5°C 最高 30°C, 最低 27°C

表八 玉米儲存之影響因素與品質變化之關係(二)

試驗 編號	水分含量%		日期		脂肪酸度		發芽率%		儲存 天數	儲存溫度
	進	出	進	出	進	出	進	出		
9	14.20	14.19	11/26	1/4	71.86	90.98	35.8	27.5	40	無紀錄裝置
11	14.39	14.20	11/26	1/5	67.39	72.52	32.5	30.9	41	無紀錄裝置
12	14.44	14.25	7/25	9/22	131.13	115.64	52.2	7.5	60	溫度紀錄故障
14	14.48	13.59	9/4	10/1	82.04	88.80	25.9	20.3	28	9/4 → 9/18 平均 30°C 9/18 → 出倉, 26°C → 40°C, 平均每天升 0.88°C
16	14.55	14.62	7/20	8/22	196.98	154.30	45.0	20.3	34	7/20 → 7/30 平均 28.5°C 7/30 → 出倉, 27°C → 40°C, 平均每天升 0.57°C
5	14.67	14.70	8/12	11/26	131.44	94.82	28.4	0.0	107	8/12, 29.5°C 至 10/9, 35.7°C 約每天升 0.11°C 10/9 翻倉後 33.9°C, 先緩慢上升, 後又降至出倉為 31.9°C
7	14.73	14.88	8/3	8/26	155.23	115.36	16.7	6.7	24	無紀錄裝置
1	15.15	13.51	5/8	8/24	—	140.63	0.9	3.3	109	5/9 → 6/19, 16°C → 39°C 平均每天升 0.55°C 6/19 以後, 平均 32°C, 最高 36°C, 最低 28°C
2	15.39	13.78	5/10	8/21	—	130.20	2.0	0.6	104	5/11 → 6/28, 16°C → 45°C, 平均每天升 0.59°C 6/28 → 7/21, 45°C → 28°C, 平均每天降 0.63°C 7/21 → 8/3 停電中斷, 8/3 → 出倉, 46°C → 29°C 平均每天降 0.63°C
6	15.65	14.95	5/24	9/13	—	115.12	0.8	3.4	113	5/24 26.7°C 至 7/24 37.3°C, 平均每天升 0.18°C, 7/24 翻倉後 65.9°C, 以後頻頻翻倉, 溫度保持在 35—37°C 之間, 直至出倉

嘉新公司乃利用翻倉時，紀錄其出倉時及再進倉時之溫度得如圖八，前段為 D5-A7 倉的情形，後段則 D7-A8 倉。很明顯可看出溫差大時上升快，翻倉可降溫 1-2°C，溫度高時玉米溫度有時亦會下降，夏天這段時間玉米溫度都會升到 35°C 以上（此處很明顯可看出翻倉無法像通風一樣的將溫度降至大氣溫度附近），天氣冷時玉米溫度隨之下降（11月以後）。由以上分析可得，此兩批玉米大部分之儲存溫度均在 35°C 附近，又加上進倉之水分含量高，故其品質差又變化大，詳如表八之 5、6 號試驗結果。

統一 A16 倉倉溫與大氣溫度之比較（圖十與圖十一）17 號試驗者在 8/31 進倉，與大氣溫度一致在 36°C 左右，9 月底某幾點升至約 40°C 後即於 10/2 出倉，18 號試驗倉溫與大氣溫度一致約為 30°C，19 號試驗倉溫則約在 25°C 左右，以上之結果與數據請見表八之 17、18、19 號，品質變化不大，除倉溫低外另外原因是進倉水分含量低。

統一 B6 倉倉溫如圖十二於 9/4 進倉約 30°C 左右略低於大氣溫度，直至 9 月底某點升至近 40°C 而出倉。

統一 B18 倉 9/29 進倉時倉溫約為 25°C 左右直至 10 月中旬，10 月底至 12/14 出倉則一直保持 28°C 附近，其品質變化見表八之 20 號試驗，由於進倉水分含量只有 11.19%，而儲存溫度一直在 25°C 至 28°C，故其品質幾乎無變化為本次試驗品質最佳者。

就以上之分析看，倉溫在 25°C 至 30°C 而言，配合其它的條件，最主要者為水分含量低於 14% 儲存效果好，品質變化低。

3. 玉米最大儲存期限之探討

本試驗中儲存期超過 2 個月以上的有臺糖 29 倉（109 天），30-32 倉（104 天），33 倉（120 天），34 倉（118 天），嘉新 D7-A8 倉（107 天），D5-A7 倉（113 天），統一 A5 倉（60 天），統一 B18 倉（77 天）。

臺糖 29、30 倉，嘉新 D7、D5 倉與統一 A5 倉因為開始之水分含量都在 14.5% 附近或以上，以至於品質變化很大，脂肪酸度都已歷經高峯再下降，發芽率也在 10% 以下（尤其是末期），詳細數據請參閱表七之 1、2、5、6 及 12 號試驗結果。

臺糖 33 倉與 34 倉於 9 月中進倉，玉米之水分含量為 13.16 及 13.26%，當時溫度已降低，玉米儲存

溫度也在 30°C 附近慢慢降低，因此經 4 個月之儲存其品質變化保持穩定狀態，脂肪酸度在 80 左右，發芽率在 30 幾% 附近（參閱表七之 3、4 號試驗結果）。

統一 B18 倉於 9/29 入倉，玉米之水分含量為 11.19%，脂肪酸度為 62.80%，發芽率為 94.2%；經 77 天之儲存後，出倉時之水分含量略升至 11.94%，脂肪酸度為 67.17%，發芽率為 83.3%，品質變化極微。此為本次所有試驗中，最好的。

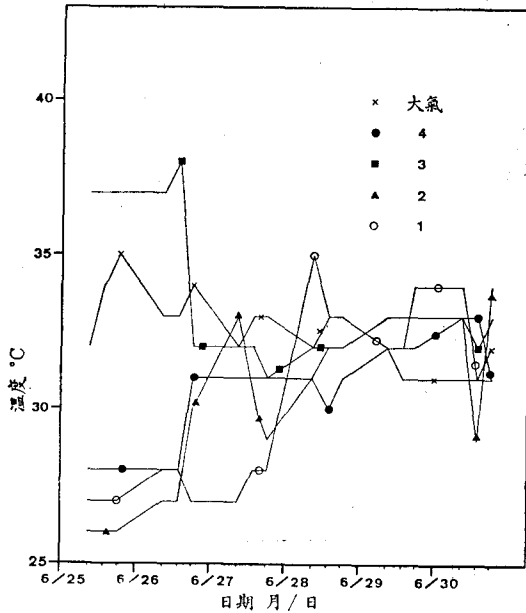
綜合以上結論可知在氣溫降低以後玉米儲存 4 個月，尚無問題；但是在夏天儲存 4 個月則有問題，另外尚受水分含量太高的影響，為什麼在夏天進口的玉米，水分含量反而高，值得探討。如果有較低於 14% 的玉米在夏天儲存，相信也可獲得較確實之結論。即使在鐵皮倉於 9 月初至 10 月底儲存 49 天（洽發 8 倉，表七之 8 號試驗）及 51 天（洽發 10 倉，表七之 10 號試驗），由於進倉水分含量為 13.55% 及 13.60%，其品質變化也很小，詳細數據不另述。9 月初至 10 月底之氣溫在中部仍在 30°C 以上，由此可見水分含量低是很重要。

4. 各種不同通風效果與費用之比較

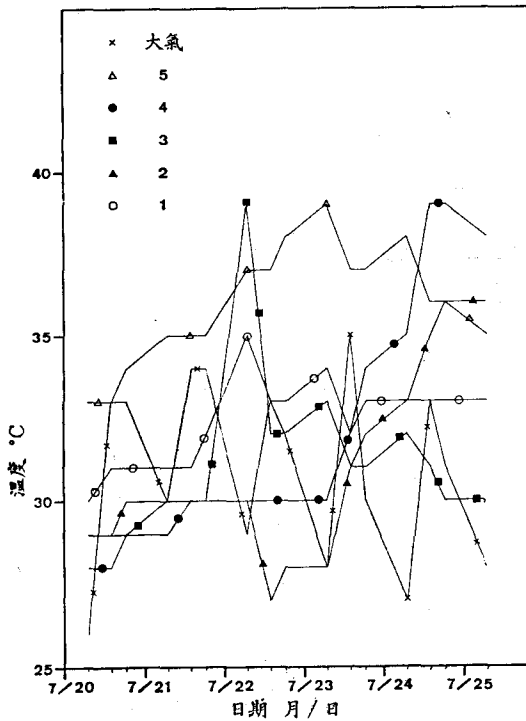
本試驗中有通風紀錄者有臺糖 29，30-32，33，34 倉，統一 A16，B6 倉，大成 B7 倉。通風的目的在冷卻穀物，使其溫度降低或消除熱點。因此要達到通風的效果就是要看倉溫的變化如何。通風均可達到將溫度保持在大氣溫度附近的效果。這樣說乃是表示，有些大部分的倉溫低於大氣溫度因通風反而是將之提高至大氣溫度附近得到『加熱』的反效果。為了易於明瞭起見，特將臺糖 29、30-32 倉，統一 A16 倉，大成 B7-B10 倉之倉溫與大氣溫度擴大比例繪在同一張圖上說明。

圖十六為臺糖 29 倉的情形，通風的原因很明顯可看出只是底層溫度高於大氣溫度在 30°C 以上，而其他部分均為 20°C，結果當然是把底層的溫度降至大氣溫度 30°C 附近却也把上面一層的溫度也加熱到 30°C 左右，最後呢（不在此圖，在原倉溫圖上）所有的部位都加溫了。這種情形，似乎應該翻倉把溫度均化，則仍可保持一段低溫儲存。

圖十七為臺糖 30-32 倉的情形，與前圖類似但是在大部分倉溫已升至大氣溫度 30°C 附近才開始通風，因此其效果較佳，可看出高溫之處（40°C 附近）降下來至大氣溫度的情形：



圖十八 通風前後溫度變化情形(統一A16倉)



圖十九 通風前後溫度變化情形(大成長城B7-B10倉)

圖十八為統一 A16倉的情形與臺糖29倉幾乎完全一樣，更顯示出通風的效果。

圖十九為大成長城 B7-B10 倉，溫度已升高將之保持在大气溫度 33°C 附近的情形。

有關使用風機之費用，也按各公司使用的情形

將其變動成本計算予后，以做比較。

臺糖29倉，儲存109天，通風1116.5小時，風機馬力為 23 hp 即 17.2 kw，可計算得。

基本電費為 $17.2 \times 174 \times 109 / 30 = 10863.9$ 元。

流動電費為 $17.2 \times 1116.5 \times 1.89 = 36295.2$ 元。

總共儲存 109 天之通風費用為 47159.1元，除以倉容 1000 噸及儲存期 3.63 月得每月每噸玉米之通風費用為 12.99 元。

臺糖 30 倉通風 759.5小時之基本電費為 10385 元加流動電費 24689.8元得總共儲存104天之通風費用為 35074.8 元，除以倉容 1000 噸及儲存3.47月得每月每噸玉米之通風費用為 10.1元。

臺糖33倉每月每噸之通風費用為10.4元。

臺糖34倉每月每噸之通風費用為7.1元。

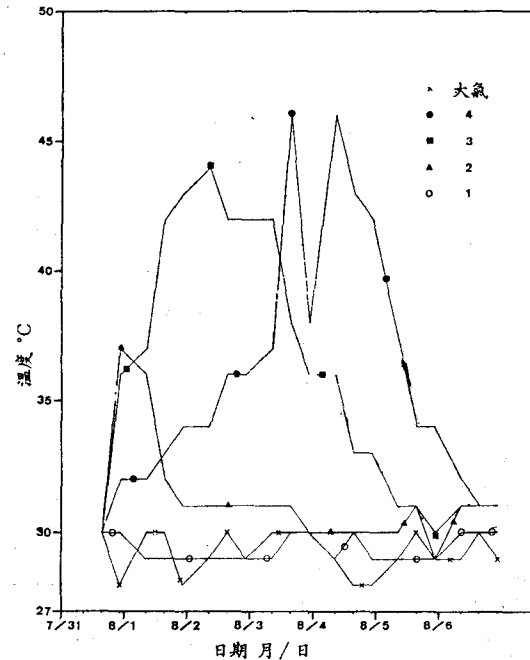
統一A16倉每月每噸之通風費用為10.7元。

統一B6倉每月每噸之通風費用為4.2元。

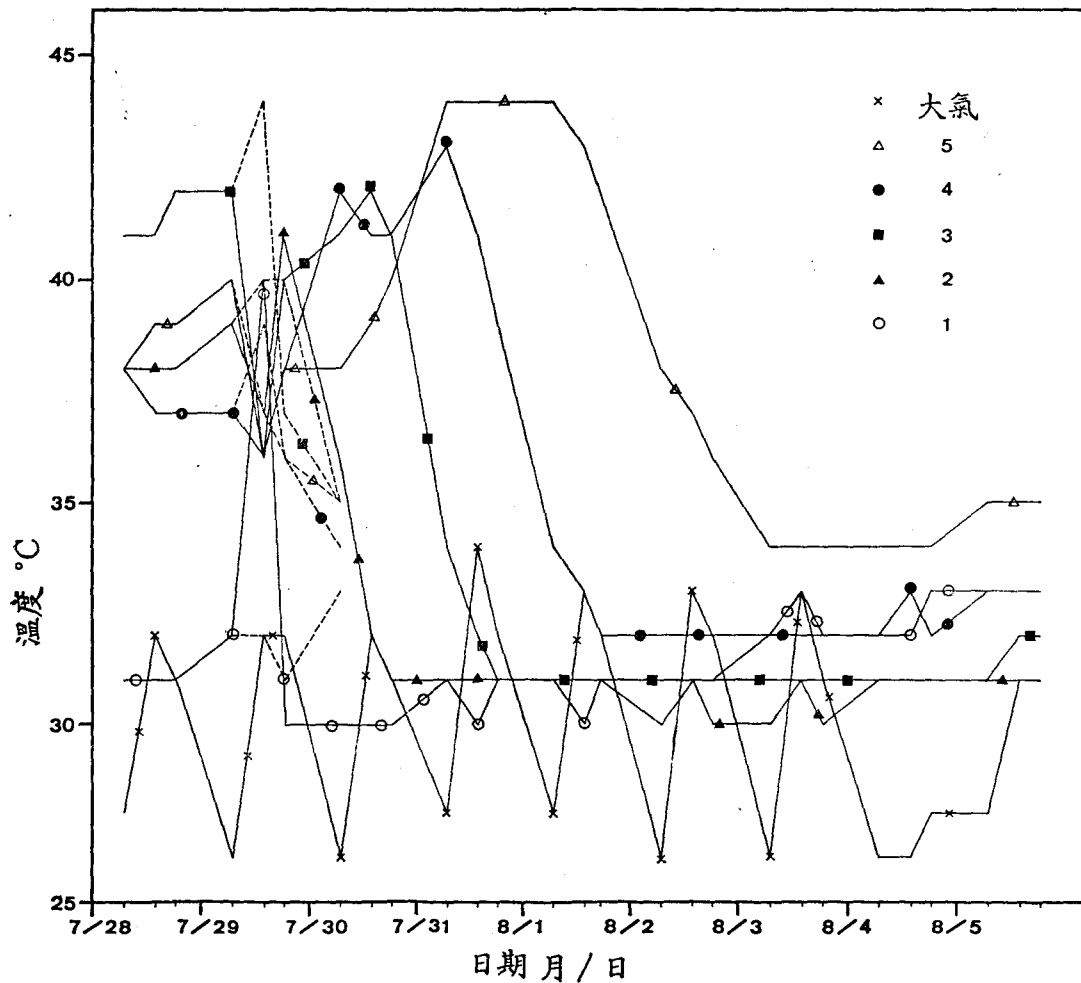
大成長城B7倉每月每噸之通風費用為9.5元。

以上單位數量之玉米通風費用差異很大，主要是在於連續與間歇使用(需要時)及風機適當與否的問題。

風機適當，主要要看風壓，再看風量。以現有的風機與計算值比較，只有臺糖公司的風壓恰當。風壓不恰當會影響風機之性能，不但降低效果且浪費能源。風壓適當後，才能談風量的變化，以前節



圖二十 翻倉前後溫度變化情形(台糖30-32倉)



圖廿一 翻倉前後溫度變化情形 (大成長城B7-B10倉)

所述之風量對各公司之倉庫言，要達到降溫的效果約需 10 天每天通風 10 小時。因此在本省之狀況下，等不及，便提高風量，例如臺糖公司為 4 倍之風量，大概 2-3 天就可達到效果，然後要停機觀察，俟溫度上升再通風。通風時一定要注意相對濕度要在 70% 以下，但是緊急時不在此限。

5. 翻倉效果與費用之比較

本試驗中，有翻倉紀錄者為臺糖 30 至 32 倉，嘉新 D7 至 A8 倉與 D5 至 A7 倉，大成 B7 至 B10 倉。其中嘉新公司因無溫度紀錄裝置，看不出溫度變化的情形。由翻倉前後溫度變化圖廿與圖廿一可看出翻倉對降低穀溫，作用不大，但配合通風以後即可降低穀溫。可是翻倉應用的情形是在緊急狀況下，溫度升高至 40 幾 °C 才使用，救急一下可以，品質方面的變化是抑制不下來的，惟有儘快使用。由翻倉多點取樣所測得之水分含量都很平均，可見

翻倉在均勻混合方面的功效較大。

雖然有些公司沒有翻倉的紀錄，但是根據基本資料均可求得翻倉一次的費用以做比較。此費用只含變動成本，未計固定成本，分述如下。

臺糖公司倉容為 1000 噸及翻倉設備之能量為每小時 75 噸，總馬力為 127 hp 換算得 95 kw，故可求得：

$$\begin{aligned} \text{基本電費} &: 95\text{kw} \times \frac{1000\text{噸}}{75\text{噸/小時}} \\ &\times \frac{1}{8} \times \frac{1}{30} \times 174\text{元/kw.h} = 918.3\text{元} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{流動電費} &: 95\text{kw} \times \frac{1000\text{噸}}{75\text{噸/小時}} \\ &\times 1.89\text{元/kw.h} = 2394\text{元} \end{aligned}$$

以上兩項之和即為翻倉 1 次之費用為 3312.3 元，再除以倉容 1000 噸，則得每噸玉米翻倉 1 次之費用為 3.3 元。

嘉新公司之基本電費為 773.4 元加流動電費 2016.3元得翻倉一次之費用為 2789.7 元，除以倉容 508 噸得每噸玉米翻倉 1 次之費用為 5.5 元。

洽發公司之基本電費379.2元加流動電費1367.7 元得翻倉 1 次之費用為 988.5元，除以倉容300噸得每噸玉米翻倉 1 次之費用為 4.6 元。

統一公司 A 倉之基本電費為 501元加流動電費 1307.3元得翻倉 1 次之費用為 1808.3 元，除以倉容 750 噸得每噸玉米翻倉 1 次之費用為2.4元。B 倉之基本電費為 676.7元加流動電費 1764 元得翻倉 1 次之費用為 2440.7 元，除以倉容 1250 噸得每噸玉米翻倉 1 次費用為 2.0 元。

大成長城公司之基本電費為 647.8 元加流動電費 1688.6 元得翻倉 1 次之費用為 2336.4 元，除以倉容 835 噸得每噸玉米翻倉 1 次之費用為 2.8元。

從以上每噸玉米翻倉 1 次之費用可看出最低為統一 A 倉 2.0 元及 B 倉 2.4 元，依次大成為 2.8 元，臺糖與惠勝均為 3.3 元，然後是洽發 4.6 元，最高是嘉新 5.5 元。

6. 儲存期間蟲害防治試驗

有關蟲害防治試驗，只有在臺糖公司的 29 與 30-32 倉，33與34倉可以做一比較。

29倉未投藥未薰蒸，而30倉在入倉後隨即投藥薰蒸。29倉於5/8入倉時玉米之水分含量為 15.15%，發芽率為 0.9%，於儲存 109 天後，水分含量由於通風造成水分移動降至 13.51%，脂肪酸度為歷經高峯後降至140 63，發芽率為3.3%。30倉於5/10入倉時玉米之水分含量為 15.39%，發芽率為 2.0%；經儲存104天後水分含量也因通風降為 13.78%，脂肪酸度也是歷經高峯再降至 130.20，發芽率為 0.6%。由此看來，顯然 30倉投藥薰蒸並未比 29 倉好，當然玉米最初之狀況就已不好。因此投藥薰蒸並無顯著差異。

33倉入倉隨即投藥薰蒸，34 倉則於 12/1 在倉頂表面投藥薰蒸，按表七 3、4 號之試驗結果（詳細數據不另重述）看來，投藥薰蒸與否也是對玉米之變化之影響無顯著之差異。

7. 其他

玉米水分移動的現象也在本試驗中有所發現，是在臺糖公司29及 30-32 倉發生的。在 7 月21日取樣測得29、30倉之水分含量高達 17.13%及 20.94%，乃是由於低溫玉米經通風與 高溫大氣接觸，因回潮與加熱乾燥造成的水分移動現象。兩者水分含

量之不同是因為通風先後不同而造成不同溫差，因此可由平衡含水率得知應該是不一樣的。另外風量大又連續通風，以致造成進出倉水分含量差約1.5%左右（見表五及表七之 1、2 號結果），很明顯是水分移動造成的。本來降低水分含量是好的，可是這種現象並不好，因為水分移動會造成局部之高水分含量，便影響儲存了，詳參前述水分含量之影響。

七、結 論

由本試驗結果可以獲知，影響玉米儲存的主要因素為水分含量與儲存溫度，此與前人之研究結果相同。進倉時的水分含量低於14%是安全的。另外大氣溫度會影響倉內溫度，而玉米之儲存溫度如能保持在 25°C 附近則玉米品質變化之速率一定可以降低。

有關玉米品質之變化，大體可由脂肪酸度與發芽率兩者決定。不過這兩種指標，都直接或間接和水分含量與溫度有密切的關係。脂肪酸度之變化有一高峯值，歷經高峯再下降的情形，表示品質不好。配合發芽率之高低可以判斷是否已經歷過高峯，而決定品質之好壞。

不管本省北部、中部或南部均為高溫多濕，只是程度上的差別而已，在溫度變化上略有差別。以溫度高低而言南部最高、中部次之、北部又次之。以高溫期長短而言，也是南部最長、中部次之、北部又次之。相對濕度公司之間差異較大，但大都是在 80%附近。相對濕度與玉米之平衡含水率有關，也就是與通風有關，而大氣溫度則會影響儲存溫度。

在本省儲存玉米，短期 1 個月至 2 個月，只要水分含量在14%以下，不管夏天冬天都沒有問題。至於儲存 4 個月左右，冬天因氣溫低沒有問題，但是有關夏天的情形，則仍需儲存水分含量14%以下之玉米以探討其最長期限。本試驗中發現，夏天進口的玉米大都較高於14%，這是很不利的，冬天則低於 14%。應當是夏天更要注意買水分含量低於14%的玉米才對，為什麼有此反常的現象，似乎應當研究對策。

關於通風方面，選擇風機方面的知識及應用通風的技術均有待加強。選擇風機應特別注意風壓是否符合，不然是得不到良好效果而只是在多浪費電力能源而已。通風應在相對濕度低於70%的場合進行，依風量大小決定通風時間達到冷卻效果後就應

停機，以免造成不良後果『水分移動的現象』。緊急情形就不在此限可連續日夜通風先把溫度降低再說。不過，這種情形發生時，一定問題比較嚴重，最好還是趕快把玉米用掉，免得繼續惡化。

進倉時低溫的玉米，其儲存溫度往往由底層開始升高，乃是熱氣自然上升的對流現象，必然如此。現在的問題是在底層溫度一上升到大氣溫度即通風，實在是沒有必要，通風變成把上層也加熱了，得不償失。那要怎麼辦呢？在此可能的情形是在底層未達大氣溫度前就翻倉，使之均勻混合而能再保持一段期間低溫儲存，其效果可能較佳，但有待進一步研究。

關於翻倉，主要之功效是在均勻混合，均化穀溫及消除高水分含量等方面，另外附加的是可以提供檢查的機會，而了解玉米的狀況。翻倉與通風之配合，可以獲得良好的效果，但是需利用此種情形時，問題嚴重，應當還是儘快將玉米使用，以免品質再惡化爲上策。

有關投藥蒸薰方面，由試驗結果看不出顯著之差異，因此爲避免殘毒的問題，還是以少用爲原則。

不管國內外，對於了解穀物變化之可行方法，不外乎以下三種：利用測溫裝置了解溫度變化；利用肉眼觀察；依靠經驗判斷。本省目前大部分圓筒倉庫均裝有測溫裝置，使用情形良好，應該繼續保持。這是目前最實用方便又經濟的方法。

綜合以上之結果，關於適合本省之倉儲管理方法大致可歸納如下：

1. 首先應注意進倉時之水分含量應低於14%，儲存溫度應在25°C附近，當然愈低愈好。
2. 平常應注意溫度之變化，如有異狀應採取適當措施例如翻倉、通風或趕快用掉。
3. 定期取樣測定其水分含量、發芽率、脂肪酸度等更可以了解品質變化的情形。

如能確實做到以上三點，則玉米儲存的問題將可大大的減少。

八、建議

本試驗爲初次進行，綜合考慮各種影響因素，中間問題很多，因此仍須進一步的研究。尤其是基本試驗倉的建立更是需要。如此則能建立更詳盡之資料，例如精確紀錄穀溫變化，試驗用4點溫度紀錄是不夠的，應增加點數和部位；還有更可了解某部位水分含量、通風及翻倉的效果，因而建立有關技術資料可供學術研究者及業者參考。

由玉米品質變化看來，水分含量在14%附近是絕對的重要。因此建議在採購時，最好買14%以下者，則對儲存有利。如做不到，則可利用其他機械方式降低水分含量，例如乾燥。但有缺點，會將本來低溫之玉米加熱，影響本來可以低溫儲存的優點，取捨之間，應看水分含量之高低及儲存期間長短來決定是否需乾燥。乾燥後，一定要再以未加熱的空氣通風使溫度降低，才不會造成倉溫過高的問題。

在倉儲管理方面，操作人員更應注意選擇通風與翻倉之時機，以達到正面的效果，另外兩者之間的配合運用，都是緊急情形，能避免則避免。通風機之選擇，首先應注意風壓是否恰當，然後再依實際需要決定風量之大小，以免徒然浪費電力。

九、誌謝

本計劃之經費由臺灣區雜糧發展基金會補助，試驗工作在臺糖、嘉新、洽發、統一、大成等公司進行，對於有關人員之協助，筆者在此深致謝忱。

有關玉米樣品之脂肪酸度與發芽率之測定工作乃由植病系劉副教授峴恩負責進行，筆者亦在此表示感謝之意。

參考資料

1. 臺灣區雜糧發展基金會1981雜糧與畜產，第92期，台北市。
2. 張森富1980谷類平衡含水率之研究，第一部份：數學模式之推演，中國農業工程學報第26卷第3期111-117
3. American Society of Agricultural Engineers, 1980. *Agricultural Engineers Yearbook* St. Joseph, Michigan
4. Anderson, J. A. and A. W. Alcock 1954. *Storage of Cereal Grains and Their Products*. The American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota.
5. ASHRAE *Guide and Data Book*, Applications for 1966 and 1967. American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers, Inc. New York.
6. Christenson, C. M. 1974. *Storage of Cereal Grains and Their Products*. The American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota.
7. Chung, D. S., and H. B. Pfost, 1967. Adsorption of Water Vapor by Cereal Grains and Their Products. *Transaction of the ASAE*: 549-557.
8. Houston, D. F. 1972. *Rice Chemistry and Technology* The American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota