

種子倉儲節能運轉技術之研究

Study on energy saving operation technology of seed storage

廖伯基 劉福治 黃麗君

摘 要

本研究所調查及紀錄冷藏庫室內外微氣候資料與冷凍機組運轉頻率和用電量關係數據，期能建立視不同大氣環境變化與冷藏庫作業需求，供現場操作人員判斷及採取最適溫度設定操作策略，以達到最省能源、最適儲藏環境要求和最佳能源利用效率等研究目的。研究資料顯示：冷凍機組運轉頻率和用電度數受大氣溫度變化影響，冷凍機組運轉頻率以每日下午 13 時至 17 時最高，其次為上午 8 時至 13 時，而每日 17 時至隔日 8 時運轉頻率最低。冷藏庫室內溫溼度歷時變化，資料顯示：冷藏庫室內溫度能達到基準值 9-12⁰C 之要求，而相對溼度均未能達到 45-55% 設定要求。冷凍機組運轉頻率和用電度數以每日下午 13 時至 17 時為用電量最高峰，其次是上午 8 時至 13 時，而用電度數最少之時段為下午 17 時至隔日上午 8 時，由研究資料得知，冷藏庫冷凍機組運轉頻率與用電度數受大氣溫度變化直接影響。

前 言

本場設有種子冷藏庫 9 間，採低溫低溼環境，容積約 1 萬立方公尺，安全庫存可儲存種子約 280 萬公斤，以配合政策性推廣業務及種子安全庫存量之需求。冷藏庫儲藏空間之溫溼度要求直接影響種子品質與費用成本，近年來氣候變遷，極端氣候環境下，尤其是高溫氣候，使得冷藏庫冷凍機組運轉頻率增加，用電成本增加，本計畫擬就種子儲藏環境溫溼度需求，以本場現有之冷藏庫和冷凍機組設備，調查及記錄冷藏庫週圍大氣環境溫溼度與冷藏庫室內微氣候變化關係，冷凍機組每日啟動次數及單次運轉時間，以了解及探討大氣環境溫溼度與冷藏庫微氣候和冷凍機組單次運轉時間和頻率之關係，以找尋種子倉儲節能潛力空間及節能控制技術模式，以達節能和降低儲藏作業成本之目標。

試驗方法及材料

一、試驗設備及儀器

(一) 冷藏庫設備：低溫低溼冷藏庫 1 座，長 39.55 公尺*寬 23.45 公尺* 高 6.14 公尺，容積約為 5935.66M³，溫度要求範圍及設定：9-12°C，溼度要求範圍及設定：50-55%。

(二) 冷凍機組設備：密閉式螺旋機，40HP，使用三項 220V；電流 150A；冷凍能力-10~30°C。

(三) 溫溼度感測器

使用 HOBO data logger 為溫溼度感應材料，用來量測冷藏庫室內之溫度及相對溼度。

(四) 電流瓦時計

利用電流瓦時計於冷凍機組電源供應始端，紀錄單日及單次冷凍機組運轉頻率及時間。

三、試驗方法

本研究之主要構想在了解冷藏庫室內外環境微氣候與冷凍機組運轉頻率和用電量之關係，並記錄過程中對種子品質之影響。

1. 冷藏庫室外溫溼度資料蒐集：利用本場農業氣象站紀錄資料。
2. 冷藏庫溫溼度設定：溫度設定 9-12°C，相對溼度 45-55%。
3. 冷凍機組啟動與停機設定：12°C 啟動，9°C 停機，利用溫度感測器於冷凍機組回風口感測以控制冷凍機組之啟動與停機，
4. 溫溼度調查與記錄：使用 HOBO data logger 為溫溼度感應材料，每小時紀錄 1 次，紀錄期間為 30 天。
5. 瓦時計紀錄：每日上午 8 時；下午 13 時及 17 時記錄電表數字一次。

四、溫溼度測量點位置之規劃

利用 HOBO data logger 為溫溼度感應材料，冷藏庫室內設置 12 個測量點，編號分別為左下 1-3、左上 1-3，右下 1-3、右上 1-3 等 12 處。感測器放置寬度間隔距離為 13 公尺，感測器放置高度間隔距離為 3 公尺。

五、測量及調查項目：每日調查及紀錄冷藏庫室內外溫度、相對溼度和冷凍機組

用電量。

結果與討論

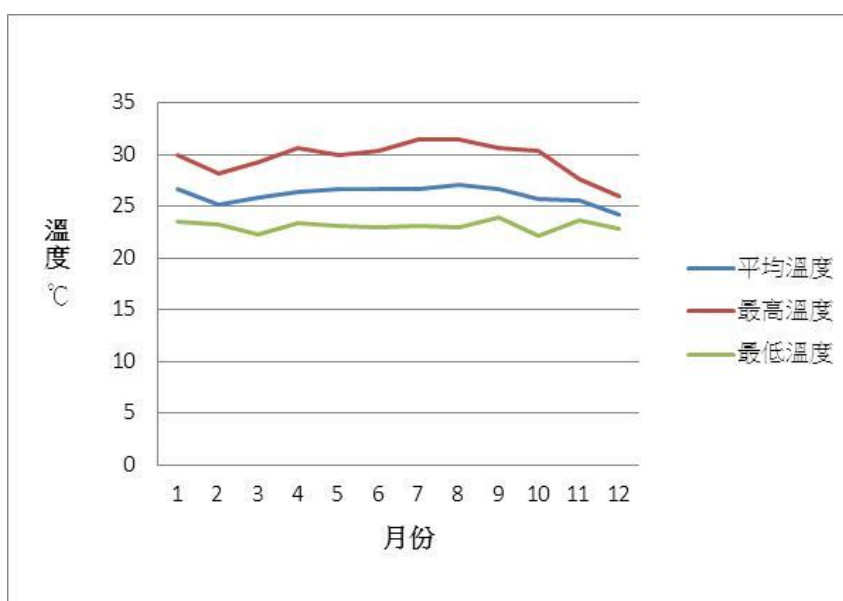
一、冷藏庫室外微氣候調查

蒐集 105 年各月份冷藏庫室內外環境微氣候變化關係資料，以進一步了解大氣環境溫度與冷藏庫室內微氣候和冷凍機組運轉頻率關係，表一為 1 月份至 10 月份冷藏庫室外微氣候調查紀錄，1 月-10 月平均溫度分別為：14.1⁰C、13.6⁰C、15.7⁰C、22.6⁰C、24.8⁰C、26.2⁰C、26.6⁰C、26.0⁰C、25.0⁰C、24.4⁰C，單月最高平均溫度落在 7 月，平均溫度為 26.6⁰C。而年度最高溫度亦出現在 7 月為 30.7⁰C，年度最低溫出現在 2 月為 10.8⁰C。調查資料顯示：冷藏庫室外溫度，除了 1-3 月最低溫度範圍 10.8⁰C -11.8⁰C 低於冷藏庫溫度設定之 9 -12⁰C，其餘各月份冷藏庫室外溫度均高於冷藏庫室內溫度設定。冷藏庫室外每日 6 時、9 時、14 時、21 時等時段之溫度變化，由高至低依序為：14 時 25.1⁰C、9 時 25.5⁰C、21 時 20.8⁰C、6 時 19.3⁰C。相對溼度方面：1 月至 10 月冷藏庫室外之平均相對溼度介於 66.1-97.6%，均高於冷藏庫室內設定值 45-55%，每日各時段 6 時、9 時、14 時、21 時之相對溼度變化，由高至低依序為：6 時 91.4%、21 時 90.3%、9 時 77.4%、14 時 71.6%，圖一和圖二為冷藏庫室外溫溼度變化情形。

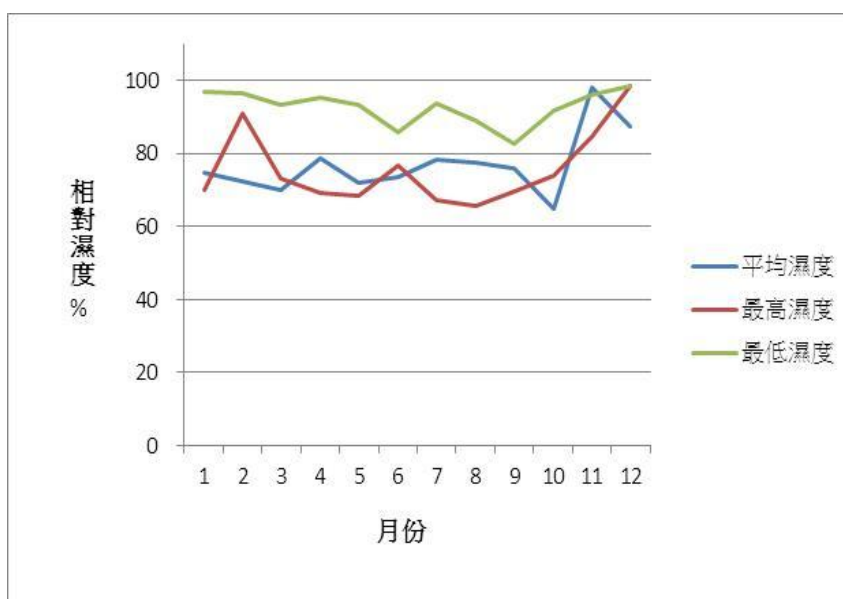
表一 105 年冷藏庫室外微氣候調查

月份	溫度(°C)							相對濕度(%)						
	各時段月平均				當月			各時段月平均				當月		
	6 時	9 時	14 時	21 時	平均	最高	最低	6 時	9 時	14 時	21 時	平均	最高	最低
1	12.2	13.8	17.0	13.3	14.1	17.8	11.0	93.2	86.4	76.4	91.6	86.9	95.1	75.1
2	11.3	13.5	16.6	12.7	13.6	16.6	10.8	87.0	78.2	67.6	87.6	80.1	92.7	66.1
3	13.0	16.1	18.8	14.7	15.7	19.8	11.8	90.6	77.0	71.5	89.4	82.1	79.6	70.7
4	19.9	23.3	25.5	21.5	22.6	25.7	19.8	88.9	73.9	69.1	89.1	80.2	93.3	66.5
5	22.0	25.7	27.9	23.8	24.8	29.6	21.1	92.0	77.0	73.0	90.0	83.0	94.7	70.3
6	23.7	27.1	29.2	25.0	26.2	29.5	23.6	88.3	76.7	73.7	88.8	81.9	93.6	70.4
7	23.8	27.6	30.6	25.3	26.6	30.7	23.7	87.8	73.2	66.2	87.1	80.0	91.2	65.3
8	23.2	27.0	29.2	24.8	26.0	29.4	23.1	97.2	76.2	73.8	92.7	85.0	97.6	71.3
9	22.6	25.7	28.2	23.9	25.0	28.4	22.5	93.1	79.2	73.1	92.4	85.6	95.9	71.3
10	21.2	25.5	28.1	23.1	24.4	28.1	21.1	95.9	76.2	71.6	94.3	86.0	96.6	69.9

平均	19.3	22.5	25.1	20.8	21.9	25.6	18.9	91.4	77.4	71.6	90.3	83.1	93.0	69.7
----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------



圖一 冷藏庫室外各月份溫度分布

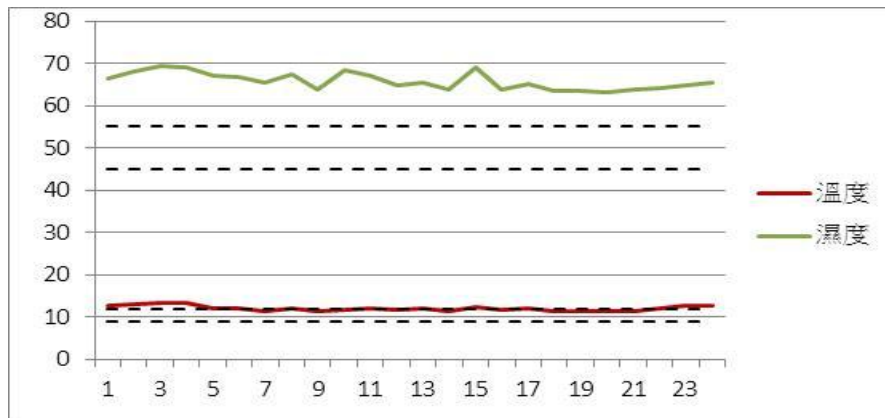


圖二 冷藏庫室外各月份相對溼度分布

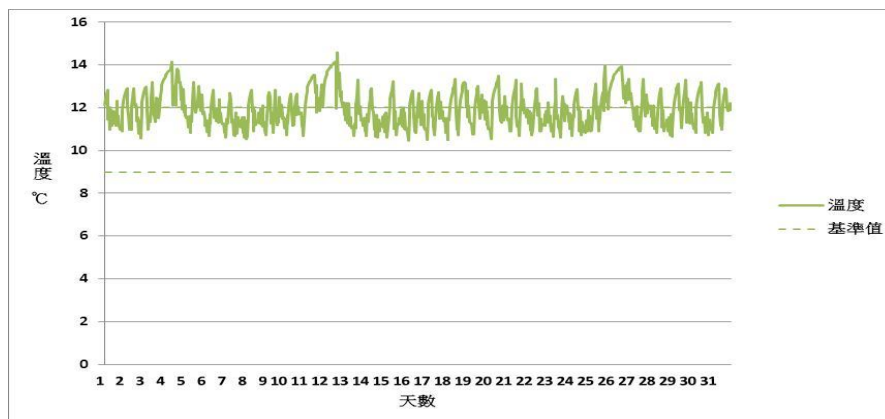
二、冷藏庫室內溫溼度歷時變動分析

種子冷藏庫溫度設定要求範圍為 9°C – 12°C ，即冷藏庫溫度達到 9°C 時冷凍機組停止運轉，冷藏庫溫度上升至 12°C 時，冷凍機組開始啟動運轉，相對溼度設定範圍 45%–55%。本試驗冷藏庫溫溼度測量設有 12 個測量點，利用 HOB0 data logger 為溫溼度感應材料，設置 12 個測量點，編號分別為左下 1-3、左上 1-3，右下 1-3、右上 1-3 等 12 處。感測器放置寬度間隔距離為 13 公尺，感測器放置

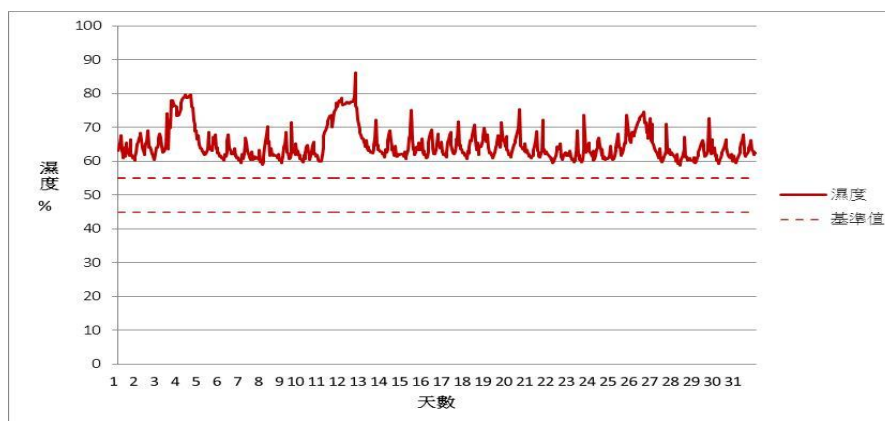
高度間隔距離為 3 公尺。紀錄資料顯示：冷藏庫室內實測溫度介於 10.5℃ 至 14℃ 之間，高於設定範圍 1.5℃ 至 2.0℃，相對溼度介於 54% 至 75% 之間，高於設定範圍 9% 至 20%。冷藏庫溫溼度均存在未能達到設定要求之情況，是否與冷凍機組設備能力或冷藏庫密閉性有關，須進一步探討。圖三至圖五為 7 月份冷藏庫室內溫溼度歷時變化情形。



圖三 24小時溫溼度歷時變化圖



圖四 30天溫度歷時變化圖



圖五 30天相對溼度歷時變化圖

三、冷凍機組用電度數歷時變動分析

表二為 7 月每日 8 時、13 時、17 時等三個時段所紀錄及測得冷凍機組運轉用電度數，每日用電度數約在 701-880 度之間，各時段日平均用電量：8 時為 440 度、13 時為 132 度、17 時為 129 度，各時段每小時平均用電量：8 時為 29 度、13 時為 88 度、17 時為 110 度，由各時段用電度數可得知，每日下午 13 時至 17 時為用電量最高峰，其次是上午 8 時至 13 時，而用電度數最少之時段為下午 17 時至隔日上午 8 時。各時段用電度數變化與冷藏庫室外溫度變化，當冷藏庫室外溫度越高，冷凍機組運轉時間和頻率增加，則用電度數增加；冷藏庫室外溫度降低，冷凍機組運轉時間和頻率減少，則用電度數減少。資料顯示，冷凍機組運轉頻率和用電度數與大氣溫度有關。

表二 105 年 7 月份用電度數紀錄表

日期/時間	週	用電度數											
		17-8時	8時	8時	電流	8-13時	13時	13時	電流	13-17時	17時	17時	電流
1	六												
2	日												
3	一	3,581	51	2,040	122	3,588	7	280	120	3,594	6	240	118
4	二	3,604	10	400	121	3,609	5	200	121	3,612	3	120	126
5	三	3,627	15	600	123	3,631	4	160	122	3,636	5	200	127
6	四	3,646	10	400	1	3,651	5	200	121	3,657	6	240	123
7	五	3,665	8	320	1	3,670	5	200	123	3,675	5	200	123
8	六												
9	日												
10	一												
11	二	3,724	49	1,960	120	3,728	4	160	120	3,734	6	240	120
12	三	3,742	8	320	1	3,747	5	200	119	3,750	3	120	123
13	四	3,759	9	360	1	3,764	5	200	99	3,768	4	160	120
14	五	3,772	4	160	1	3,778	6	240	123	3,784	6	240	122
15	六												
16	日												
17	一	3,831	47	1,880	1	3,836	5	200	120	3,841	5	200	124
18	二	3,850	9	360	1	3,856	6	240	124	3,861	5	200	39
19	三	3,869	8	320	121	3,875	6	240	128	3,881	6	240	122
20	四	3,890	9	360	1	3,895	5	200	128	3,900	5	200	129
21	五	3,910	10	400	119	3,916	6	240	125	3,922	6	240	127
22	六												
23	日												
24	一	3,969	47	1,880	1	3,973	4	160	94	3,978	5	200	126
25	二	3,987	9	360	1	3,989	2	80	1	3,991	2	80	126
26	三	3,993	2	80	1	3,999	6	240	124	4,006	7	280	127
27	四	4,008	2	80	1	4,014	6	240	124	4,019	5	200	1
28	五	4,023	4	160	1	4,027	4	160	122	4,032	5	200	123
29	六												
30	日												
31	一	4,062	30	1,200	1	4,068	6	240	123	4,073	5	200	121
總數		76,512	341	13,640		76,614	102	4,080	2,281	76,714	100	4,000	2,267
日平均			11	440			3	132			3	129	
小時平均			0.7	29			2.2	88			2.8	110	

五、冷藏庫室內溫度升溫時間歷時分析

種子冷藏庫室之密閉性良好與否，常影響室內溫溼度之穩定性和升降速度，一般密閉性良好之冷藏庫，其室內溫溼度較不易受大氣環境影響，穩定性較高，

反之，如冷藏庫室內密閉性不良，室內溫溼度容易受室外溫溼度的干擾，間接影響冷凍機組運轉頻率與用電量。調查資料顯示：每日不同時段冷藏庫冷凍機組運轉頻率、室內溫度升降和用電度數(表四)，上午時段冷凍機組運轉頻率較低，且達到室內設定溫度要求之時間較短，上午時段9-12時，冷凍機組運轉次數為3次，下午時段12-17時，冷凍機組運轉次數為5次。各時段用電度數，上午時段為80度，下午時段為120度，由冷藏庫室外微氣候調查數據得知，一般情況下，大氣溫度下午時段均較上午時段為高，因此下午時段冷藏庫冷凍機組運轉與停機之頻率較高。室內溫度升降情況，上午時段冷藏庫室內溫度回升速度較下午時段慢，上午時段室內溫度保溫效果較佳，而冷凍機組運轉之降溫效果與速度亦上午較下午時段快速。

表四 冷凍機組運轉頻率、溫度升降與電度數調查

時間	室內溫濕度計(°C)	庫內溫度表(°C)	冷凍機面板溫度(°C)	用電度數累計	用電度數(1:40)	備註
09:00	13.3	13.2	13.3	467	0	運轉
09:23	9.9	9.8	9.9	467	0	停機
10:16	12.8	12.7	12.8	467	0	運轉
10:51	8.4	8.3	8.4	468	40	停機
10:56	8.9	8.8	8.9	468	0	運轉
11:21	9.3	9.3	9.3	469	40	停機
12:25	12.4	12.3	12.4	469	0	運轉
13:13	8.3	8.2	8.3	469	0	停機
14:20	12.4	12.4	12.4	469	0	運轉
14:25	12.1	12.0	12.1	469	0	停機
14:30	12.0	12.0	12.0	469	0	運轉
14:55	8.8	8.7	8.8	470	40	停機
16:00	12.6	12.5	12.5	470	0	運轉
16:13	10.7	10.6	10.6	470	0	停機
16:20	10.8	10.8	10.6	471	40	運轉
16:27	10.2	10.2	10.2	471	0	停機
17:00	10.3	10.2	10.2	472	40	停機

參考文獻

1. 李祉修。1992。果蔬冷藏庫營運技術改善，食品工業發展研究所研究報告。
2. 李祉修。1995。冷藏庫內相對溼度改善對果蔬貯藏之影響，食品工業發展研究所研究報告。
3. 李允中、劉兆仁。1996。組合式冷藏庫流場分析(一)實驗量測，農業機械學刊, 第五卷第二期, pp. 13-14。
4. 李允中、劉兆仁。1996。組合式冷藏庫流場分析(二)電腦模擬，農業機械學刊, 第五卷第二期, pp. 25-40。
5. 胡石政。1995。冷藏庫冷風分配之設計研究，台灣大學農業機械工程學系, 能源資源與環境, 第八卷, pp. 20-26。
6. 胡石政。1993。工研院能資所冷凍冷藏分析設計與模擬軟體“RADS介紹，能源資源與環境, 第六卷, pp. 53-60。
7. 孫萬吉。1996。冷藏庫內相對溼度改善對果蔬貯藏效果的影響，食品工業發展研究所研究報告。
8. 蔡尤溪、駱志輝。1991。冷凍冷藏系統省能研究(1)，工業技術研究院能源與資源研究所研究報告, pp. 1-28。
9. 農業試驗所。1994。作物種源保育技術研習會專刊。
10. 莊淑貞。1988。貯藏環境與時期對高粱種子活力的影響. 國立中興大學糧食作物研究所碩士論文。

Abstract

This study investigated and recorded of indoor and outdoor microclimatic data of cold storage and relationship between running frequency and consumption of freezing to establish the operating strategy for on-site operator to determine and take the most appropriate temperature control unit set by different atmospheric environment and operational requirement of cold storage. The object of the study was to establish the most energy-saving, the most suitable storage environment requirements and the best energy efficiency of refrigerated storages.

The data showed that the operation frequency and power consumption of the refrigeration unit were affected by the change of the atmospheric temperature. The operation frequency of the refrigeration unit was the highest from 13:00 pm to 17:00 pm every day, followed by 8:00 am to 13:00 pm and 17:00 pm every day to 8:00 am the operating frequency is the lowest.

The data of cold storage room temperature and humidity changes showed that: cold room temperature could reach the reference value of 9-12 °C requirements, and relative humidity were unable to meet the 45-55% set requirements. Refrigeration unit operating frequency and electricity consumption in the daily 13:00 pm to 17:00 pm for the peak consumption, followed by 8 am to 13:00 pm, while the minimum power consumption of the time for the 17:00 pm the next day to 8 am. From the research, the operation frequency and power consumption of the refrigerating unit were directly affected by the change of the atmospheric temperature.