

농가용 저온저장고의 제어변수에 따른 성능평가

김 석 우* · 김 성 만* · 현 명 태** · 최 동 호*** · 고 정 삼**** · 박 영 하*****

Performance Estimate of Control Parameter on Agriculture Cool Storage Room

Seok-Woo Kim*, Sung-Man Kim*, Myung-Taek Hyun**,
Dong-Ho Choi***, Jeong-Sam Koh**** and Young-Ha Park*****

ABSTRACT

The low temperature storage method has been used to increase the value of agricultural products by reducing quality deterioration and controlling respiration rate. The respiration rate of agricultural products depends on several factors such as temperature, moisture, gas composition and microbe inside the storage room. Among that temperature is the most important factor, which affects respiration rate and causes severe damage. The results obtained from these experiments are that electric consumption is decreased as setting temperature is decreasing and temperature deviation is increasing. In the ventilation experiment, the case ventilated four times a day(every six hours a day) with ten minutes operation each time, was inspected require as much electric consumption as non-ventilation case.

Key Words : Cool storage room, Control parameter, Setting temperature, Ventilation, Temperature deviation, Electric consumption

1. 서론

제주도의 1차산업에 종사하는 인구는 총인구의

30% 정도로 상당한 비율을 차지하고 있으며 가까운 기간 내에 다른 산업으로 전환할 수 있는 가능성이 적다. 특히, 제주농업에서 차지하는 감귤비중이 60%에 이르러 어떤 방법이던 감귤산업을 육성해야 할 실정이다. 따라서 감귤산업의 유지를 위해 우선적으로 해결해야 할 분야는 생산조정과 더불어 감귤의 출하 기간을 연장함으로써 생산된 감귤의 적절한 처리대책이 시급하다.¹⁾

현재 감귤재배면적은 26,000ha로 연평균 60만톤 정도가 생산되고 있으며,²⁾ 3~5년 이내 연평균 생산량은 60~70만톤 수준에서 안정될 것으로 추정된다. 생과 소비는 1997년 기준으로 한국이 1인당 11kg으로서³⁾

* 제주대학교 대학원

Graduate school, Cheju Nat'l Univ.

** 제주대학교 기계공학과, 첨단기술연구소

Dept. of Mechanical Eng., Research Institute of Advanced Tech.,
Cheju Nat'l Univ.

*** 대구가톨릭대학교 건축학과

Dept. of Architecture, Catholic Univ. of Taegu

**** 제주대학교 원예생명과학부

Faculty of Horticultural and Life Science, Cheju Nat'l Univ.

***** 제주관광대학 메카트로닉스계열

Dept. of Mechatronics, Jeju Tourism College

일본이 6.6kg에 비해 매우 높은 편으로 소비증가보다는 지속적인 소비감소가 이루어질 것으로 추정되어 종합적인 처리대책이 요구되고 있다. 이에 따라 가격 안정에 필요한 물량조절을 위하여 저장을 통한 출하 기간 연장, 가공산업의 육성 등이 필요하다. 그러나 가공산업은 국제경쟁력 문제로 대규모 물량처리에 한계를 보이고 있어서 저장기술 개발을 통하여 부가가치를 높일 필요가 커졌다.¹⁾

지금까지의 감귤저장은 주로 생산농가의 간이창고에서 상온저장을 하고 있으며, 저장고의 환경과 저장 조건에 따라 다소 차이가 있지만 2월 중순까지는 신선도가 다소 떨어지나 어느 정도 상품성을 유지할 수 있다. 그러나 그 이후 외기 온도의 상승으로 인하여 호흡작용, 증산작용 등 감귤의 생리활성이 급격히 증가하면서 상품성을 유지하기 어려워 품질이 매우 떨어진 상태에서 출하되고 있다.

제주지역에 저온저장고는 1999년말 현재 9,584평에 저장능력은 25,000톤에 이르고 있음에도 불구하고 감귤 저온저장에 관한 실용적인 기술축적이 이루어지지 않고 있다. 또한 경영주의 위험 부담으로 인하여 감귤의 저온저장을 기피하고 있어서 신축된 저온저장고가 제대로 활용되지 않아 제주형 저온저장의 실용화 모델을 개발할 필요가 있다. 즉 기존의 저온저장 시설뿐만 아니라 거의 방치되다시피 하고 있는 상온저장 시설을 저온저장 시설로 전환시키고 이를 활용하여 감귤을 효과적으로 저장하는 방법을 모색할 필요성이 있으나 이에 대한 연구는 매우 미흡한 실정이다.^{4,5)}

따라서 본 연구에서는 장기간 품질유지를 위한 저온저장 체제로 전환할 수밖에 없는 환경변화에 부응하여 기존의 농가창고를 농가보급형 저온저장고로 전환할 수 있는 실용적인 모델을 제시하기 위한 방안으로 기존 상온저장 시설을 저온저장 시설로 시설변경을 한 후 이에 대한 열적 검토를 하고자 한다. 이때 두 개의 저온저장고를 설치하여 한쪽은 덕트시설과 환기 시설을 갖추어 적절한 환기량과 환기시간을 검토하고 덕트를 설치하지 않은 저장고와 에너지소비량 및 저장효과에 대한 비교 분석을 통해 농가에 효율적인 관리 방안을 제시하고자 한다.

II. 실험장치 및 방법

2.1. 실험장치

본 연구는 현재 농가에서 사용되고 있는 상온저장고 시설을 저온저장고 시설로 전환하여 사용할 목적으로 제주도 상온저장고 기준 형식에 맞추어 에워움용홍리에 콘크리트 구조물로 신축된 저온저장고를 이용하여 실험하였다.(Fig. 1) 저온저장고는 감귤 저장을 위한 준비 및 출입문 개폐시 열손실을 줄이기 위해 준비실을 두었으며 여러 가지 변수에 따른 효율실험을 위해 두 개의 저온저장고시설로 나누었다.

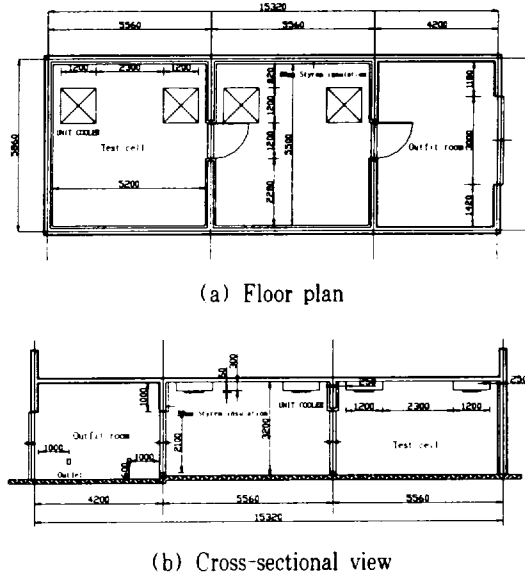


Fig. 1. Schematics of a cool storage room.

2.1.1. 저온저장고

Fig. 1은 전술한 바와 같이 제주도 상온저장고 기준 형식으로 신축되어 실험에 사용된 저온저장고의 설계도면이다. 전체 건축물의 크기는 15320mm × 5860mm × 3900mm(가로×세로×높이)로 약 20평 규모이며 준비실과 같은 크기의 저온저장고 2개로 구성되어 있다. 준비실은 4200mm × 5860mm × 3900mm(가로×세로×높이) 크기이며, 저온저장고의 규모는 5560mm × 5860mm × 3200mm(가로×세로×높이)이며 같은

크기의 2개의 방으로 설계하여 건축하였다. 각 저온 저장고에는 냉기를 공급하기 위한 냉각기가 대칭되는 위치에 각각 2개씩 설치되어 있으며, 저온저장고의 벽과 천정은 80mm 스티로폼 단열재를 이용하여 외부와의 열전달을 극소화하였다. 저온저장고를 2개를 만든 것은 실험조건에 따른 차이점을 분석하기 위한 것으로 특히 환기실험을 비교하기 위해 저온 저장고 1호실(Fig. 1(a)의 왼쪽 방)에는 오랜 기간 저장물을 저장했을 때 작물의 호흡열에 의해 혼탁해진 공기를 환기시키기 위해 덕트시설과 환기장치를 설치하였으나 2호실(Fig. 1(b)의 가운데 방)에는 환기장치를 설치하지 않았다. 또한 습도에 의한 저장상태의 검토투를 위해 각 저온저장고에 초음파 가습기를 설치하였다.

2.1.2. Control box 설계

환경변수 설정에 따라 두 개의 저온저장고를 비교·분석하기 위해 콘트롤 박스 두 개를 제작하여 저온저장고 1, 2호실을 독립적으로 제어할 수 있게 하였다. 콘트롤 박스는 저온저장고내의 최적 저장 조건을 설정하기 위해 온도와 습도 제어를 위한 냉동기 작동, 가습, 제상 기능 이외에 공기 환경을 위한 급기, 배기 등을 24시간 기준으로 설정하여 제어할 수 있도록 하였다. 콘트롤 박스 작동을 위한 온도제어 센서는 각각의 저온저장고 중앙위치에 높이 2/3지점에 설치하였고, 습도 제어 센서는 각각의 저온저장고 중앙위치의 천정부에 설치하였다. 이를 위해 제작된 콘트롤 박스 내부 모습은 Fig. 2와 같다.

또한 냉동기의 대수제어 비교를 위해 저온저장고의 냉각기와 솔레노이드 밸브의 작동 스위치를 수동으로 on/off 할 수 있게 하였으며 저온저장고 가동에 따른 전력량을 측정하기 위해 각 저온저장고의 전원을 분리하여 설치하였고 이를 위한 디지털 전력량계를 설치하였다.

2.1.3. 저온저장고 냉동 설비

최적의 저온저장고 환경을 설계하기 위해 냉각기의 대수제어 및 온도의 급냉각을 위해 각 실마다 두대의 KUC-M030 기종((주)경동산업)의 냉각기(Unit Cooler)를 설치하였다. 각각의 냉각기는 소형 및 경

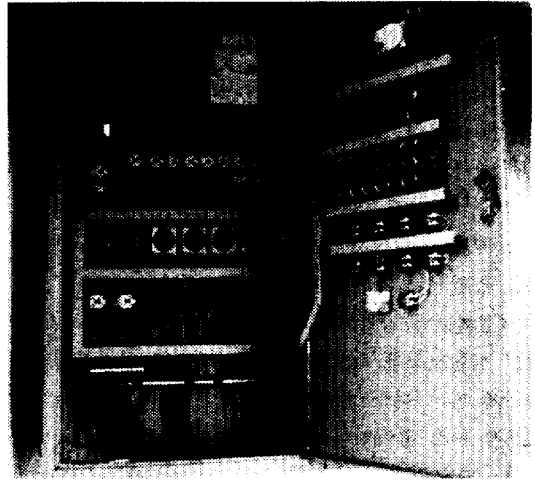


Fig. 2. Photograph of control box.

량화 타입으로 1.27mm 동관을 사용하여 전열효과를 증대시켰으며 응축된 물이 빠져나갈 수 있는 드레인관이 있다. 냉각기의 작동으로 인해 냉각핀 사이의 서리나 얼음을 제거하기 위한 제상장치에는 전기제상과 살수제상 방법이 있는데 본 실험에 사용된 냉각기에는 0.4KW의 히터를 8개 설치한 전기제상방식을 사용되었다. 또한 외기조건에 의해 저온저장고의 온도에 이상이 생겼을 경우 작물의 냉해를 예방하기 위한 0.6KW 용량의 히터가 냉각기 앞뒤에 세 개씩 설치되었다.

Fig. 3은 저온저장고에 설치한 냉동기의 전체 회로도이고 Table 1은 저온저장고에 설치된 냉동기의 기계사양을 나타낸다.

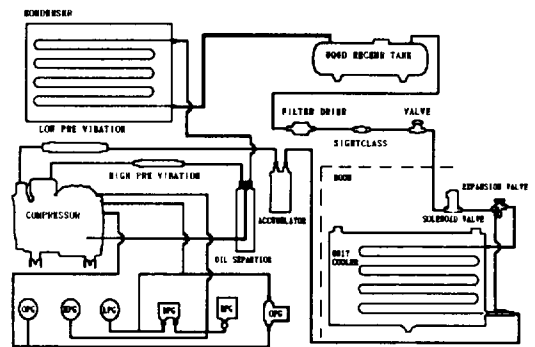


Fig. 3. Circuit diagram of refrigerator.

Table 1. Refrigerator specification

Unit cooler	Model	KUC-M030
	Electric consumption	0.2kW
	Power supply	220V 60Hz
	Volt range	220V ~ 380V
	Fan diameter	500mm
	Air volume	56 m ³ /min
	Defrost heater	3.2kW
Condenser unit	Model	CU-PA050
	Electric consumption	0.1kW
	Power supply	220V 60Hz
	Volt range	220V ~ 380V
	Fan diameter	400mm
Compressor unit	Model	PA050SM
	Electric consumption	3.7kW
	Power supply	220V 60Hz
	Volt range	220V ~ 380V

2.2. 실험방법

저온저장고 내의 온도를 측정하기 위해 T-type(오차범위 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$)의 열전대를 사용하여 데이터 로거(Data Logger, Data-scan 7320, Datascan사)를 통해 각 점의 온도 데이터가 20초마다 컴퓨터에 입력되도록 하였다. 각 저온저장고마다 48개의 온도센서를 직육면체 격자모양으로 설치하여 온도분포를 측정하였다. Fig. 4는 저온저장고 1호실 내부에 설치된 전체 온도센서의 3차원 위치를 채널번호로 나타낸 것이다. 저온저장고 2호실에 설치된 온도센서의 채널번호도 이와 같은 순서로 채널 49에서 채널 96까지 부여되어 있다. 이들의 정확한 위치를 나타내기 위하여 Fig. 5에 온도센서의 위치를 2차원으로 나타내었다. 가로방향(x)로 1750mm, 세로방향(y)로 1375mm 그리고 높이방향(z)으로 800mm 혹은 1000mm마다 저장조의 대칭의 위치에 온도센서를 설치하였다. 이들이 저온저장고에 설치된 모습은 Fig. 6과 같다.

감귤류 저장시 신선도를 높이는 변수의 하나인 습도측정을 위해 HD8508TO 상대습도계(Delta OHM

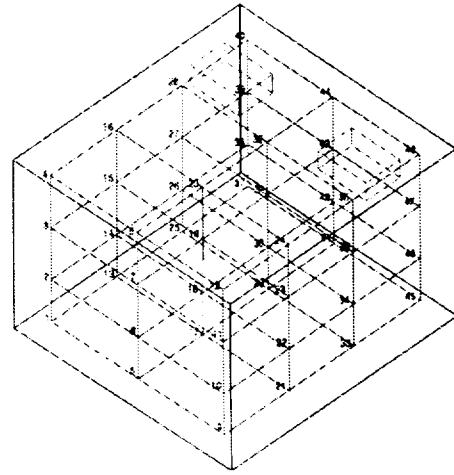
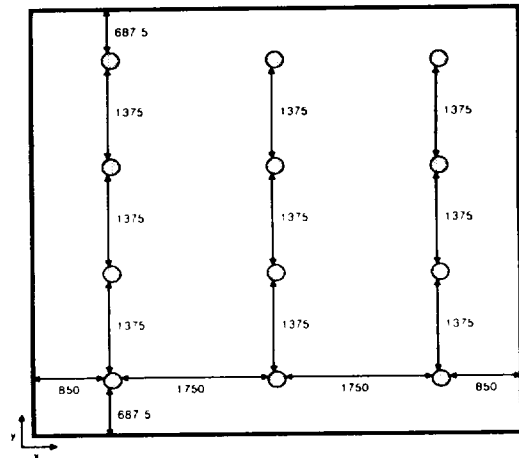
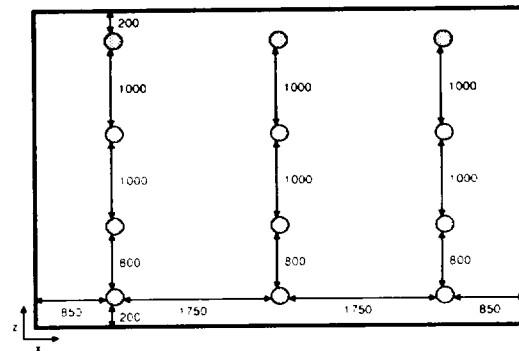


Fig. 4. Thermistor positions in a cool storage room.



(a) x-y plane



(b) x-z plane

Fig. 5 Positions of thermistor in a cool storage

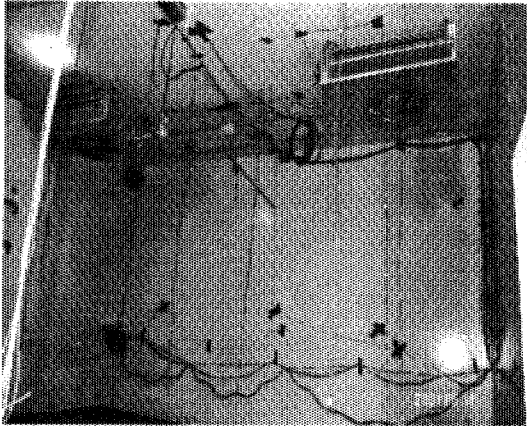


Fig. 6. Photograph of thermistor installation.

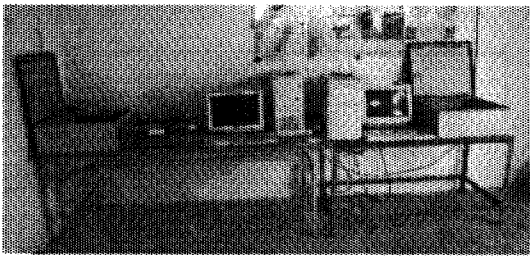


Fig. 7. Measurement apparatus for temperature and humidity.

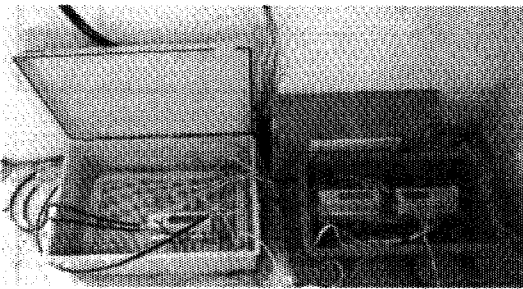


Fig. 8. Measurement apparatus for power consumption.

사)를 이용하였으며 각 저온저장고와 외기습도를 측정하였고 각 측정점의 습도데이터는 데이터 로거(Data-scan 7327, Datascan사)를 통해 20초마다 컴퓨터에 입력되도록 하였다. 저온저장고 내의 상대습도 측정값은 냉각기에서 송풍되는 바람과 초음파가습기

의 수증기의 영향을 받기 때문에 상대습도 측정위치를 외부조건에 영향을 적은 냉각기 사이인 천장 중앙 부위에 설치하였다. Fig. 7은 온도 및 습도 데이터용 데이터 로거가 설치된 모습이다.

또한 감압류 저장시 설정온도 및 온도편차에 따른 전력량을 측정하기 위해 Fig. 8과 같이 MACH 30 전력량계(Cucati사)를 설치하여 저온저장고의 저장조건 제어변수에 따른 전력량을 비교하여 경제성을 분석할 수 있도록 하였다.

III. 실험결과 및 고찰

저온저장고 환경을 위한 제어변수로는 온도 설정, 온도편차 설정, 습도 설정, 환기 그리고 저장물(감귤)의 적재 방법 등을 들 수 있다. 이러한 분석을 위해 본 연구에서는 온·습도 감지를 위한 센서를 장착하고 이의 조절을 위한 냉각기와 가습기를 설치하였으며 환기에 따른 저장 환경 변화에 대한 조사를 하기 위해 전술한 바와 같이 같은 규모의 저온저장고 2개를 시설하여 1호실은 환기를 위한 팬과 덕트를 부착한 한편 2호실은 완전히 밀폐되도록 저장고를 건축하였다.

온도 조건의 설정의 경우 파냉각에 의한 저장고의 온도 강하 방지와 제상을 위해 0.4kW의 히터 8개가 냉각기에 부착되어 있어서 정교한 조정이 가능하다. 그러나 습도의 경우 습기의 확산 속도가 느려 저온저장고내의 습도가 국소적으로 매우 불균일한 상태가 되어 평균 습도를 측정하기 어려웠다. 이를 개선하기 위해 습도센서의 위치를 변경시키는 등 많은 노력을 하였지만 정확한 습도의 감지가 불가능하여 전체적으로 설정습도 이상으로 가습되었다. 그러나 습도의 영향을 검토하기 위한 실험에 따르면 습도에 의한 영향은 저장 작물의 부패도에는 큰 영향을 미칠 것으로 예상되지만 열적 분석면에서는 차이점을 거의 관찰할 수 없었다.

따라서 본 연구에서는 습도 변화에 따른 저온저장고의 특성을 무시하고 다음과 같은 제어변수에 대한 실험을 진행하였다.

첫째, 온도 편차를 일정히 하고 설정온도를 달리

하였을 때

둘째, 설정온도를 일정히 하고 온도편차를 달리 주었을 때

셋째, 환기에 따른 저장고내 환경 변화

저온저장고의 환경에 대한 실험은 2001년 6월에서 8월 사이에 집중적으로 실시되었다. 계절적 요인으로 감귤을 구할 수 없어서 감귤이 입고된 상태에서의 실험은 수행할 수 없었다.

실험을 행한 날마다 외기 온도는 그 날의 환경에 따라 변하지만 저온저장고내의 온도 환경은 외기 환경에 관계없이 거의 일정한 경향을 보이기 때문에 실험을 행한 기간동안의 대표적인 외기온도의 일변화(2001년 6월25일)를 Fig. 9에 제시하였다.

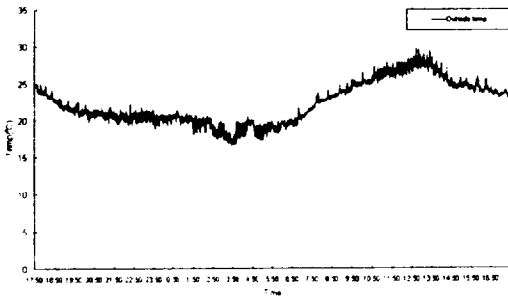
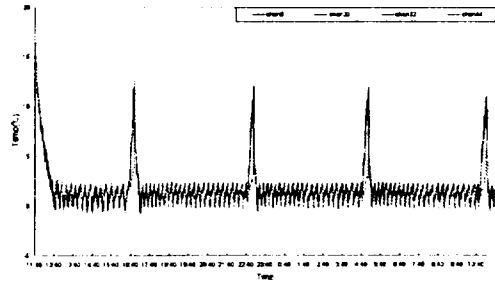


Fig. 9. Variations of outside temperature (June 25, 2001).

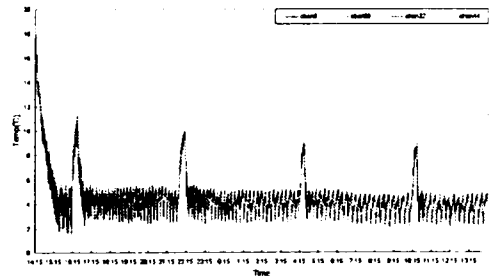
그림에서 살펴보면 오후 2시경 31°C까지 상승하고 새벽 4시경 18°C까지 하강하는 전형적인 여름 기온의 특징을 보이고 있다. 이후의 모든 실험은 환기 실험을 제외하고는 실험조건이 설정되면 저온저장고가 밀폐된 상태에서 24시간 진행되어 각종 데이터를 저장하였다.

3.1. 설정온도에 따른 온도분포

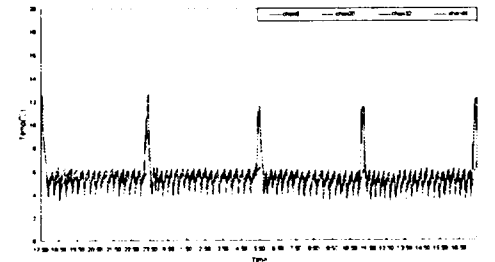
설정온도에 따른 저온저장고 내의 에너지 성능 및 환경을 분석하기 위하여 저장고내의 환경 조성을 습도는 85%(±5%)로 유지하고, 냉각기 1대만을 가동하면서 냉각기의 냉각핀에 엉겨붙은 서리와 얼음알갱이를 녹이기 위한 제상기능은 하루4번(6시간마다) 20



(a) Setting temperature = 1°C



(b) Setting temperature = 3°C



(c) Setting temperature = 5°C

Fig. 10. Temperature variations with setting temperatures for temperature deviation = ±2°C.

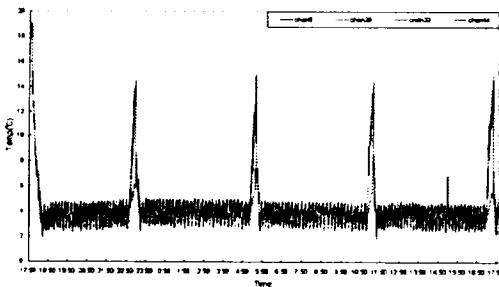
분 동안 이루어지도록 콘트롤 박스를 설정하였다.

Fig. 10은 온도편차를 ±2°C로 일정하게 한 상태에서 설정온도를 1°C(Fig 3-2(a)), 3°C(Fig 10(b)), 5°C(Fig 10(c))로 하였을 때 저온저장고의 중앙 상부(채널 8, 채널 20, 채널 32, 채널 44)를 따라 조사된 온도분포를 측정 경과 시간에 따라 제시한 것이다.

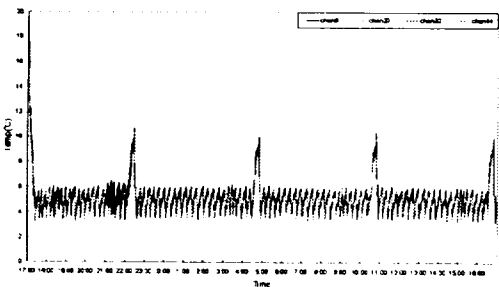
그림에서 살펴보면 설정된 온도와 온도편차에서 모두 제어가 잘 되고 있는 것을 알 수 있으며, 다만 6시간마다 냉각기가 제상되도록 설정되어 있기 때문에 하루 중 4번 제상을 위한 히터의 가동으로 온도가

상승하는 것을 알 수 있다. 제시된 채널에서의 온도 분포를 살펴보면 냉각기에 가장 가까운 곳(채널 32)에서나 가장 먼 곳(채널 8)이나 거의 온도차가 없어 저온저장고 전체에 균등한 온도 분포를 보이고 있음을 예측할 수 있다.

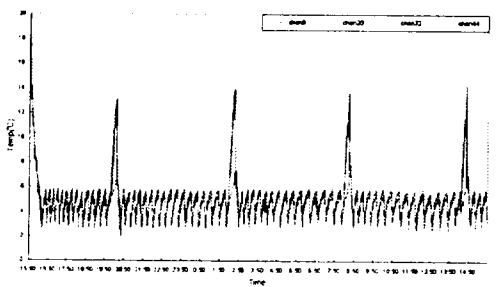
또한 저온저장고의 설정온도가 높을수록 설정된 온도에 다다른 시간이 빠르며 대체적으로 온도 진동의 주기도 짧아져 저장에 효율적임을 Fig. 10에서 알 수 있다.



(a) Temperature deviation = $\pm 1^{\circ}\text{C}$



(b) Temperature deviation = $\pm 2^{\circ}\text{C}$



(c) Temperature deviation = $\pm 3^{\circ}\text{C}$

Fig. 11. Temperature variations with temperature deviations for setting temperature = 4°C .

3.2. 온도편차 변화에 따른 온도분포

저온저장고 내에 작물을 저장할 때 설정온도 외에 온도편차를 적절히 설정하지 않으면 냉동기 작동주기가 짧아지고 냉동기의 잦은 on/off 기능으로 기계의 수명 및 성능이 떨어지게 된다. 그로 인해 저장기능이 약해져 작물의 저장상태가 불량해져 부패가 올 수 있다. 따라서 냉동기의 잦은 on/off를 방지하고 최적의 작물 저장상태를 유지하기 위해서는 저장온도 뿐만 아니라 온도편차도 적절히 설정해줘야 한다.

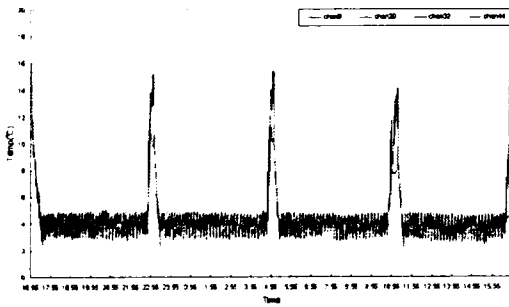
Fig. 11은 설정온도를 4°C 로 일정하게 한 상태에서 온도편차를 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ (Fig 11(a)), $\pm 2^{\circ}\text{C}$ (Fig 11(b)), $\pm 3^{\circ}\text{C}$ (Fig 11(c))로 변화시켰을 때 채널 8, 채널 20, 채널 32, 채널 44(저온저장고의 중앙 상부)에서의 시간에 따른 온도 변화를 제시한 것이다. 그림에서 살펴보면 1일 4번의 냉각기 제상을 위한 히터의 가동으로 실내온도가 급격히 상승하는 것을 제외하고는 각 실험마다 설정된 저장온도와 온도편차로 제어가 되고 있음을 알 수 있다.

또한 온도편차를 작게 설정할수록 온도진동의 주기가 짧아져 냉각기의 on/off 횟수가 증가함을 알 수 있다. 이는 냉각기의 기계적 손실을 일으킬 수 있기 때문에 전술한 바와 마찬가지로 각 저장물의 특성을 손상시키지 않으면서 냉각기도 보호할 수 있는 적절한 온도편차에 의한 저온저장이 필요하다.

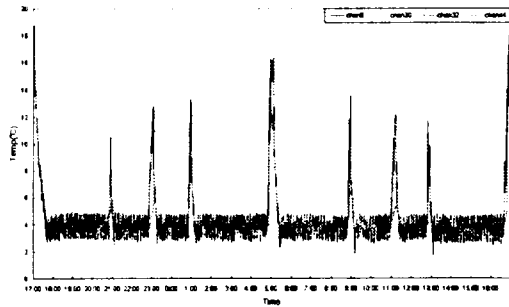
3.3. 환기에 따른 온도분포

저온저장고에 작물을 적재하여 보관시에 냉기가 작물 전체에 골고루 분산되어 공급되어야 저장 당시의 상태를 보존할 수 있다. 또한 작물의 호흡에 의한 호흡열로 인해 공기의 성분이 바뀌고 그에 따른 온도 또한 상승하게 되는데 송풍기에 의해 공기를 강제순환 시킴으로서 이러한 문제점을 줄일 수 있다. 따라서 작물 전체에 골고루 신선한 공기를 공급하고 오염된 공기를 배기시킬 수 있는 덕트시설이 필요하다.

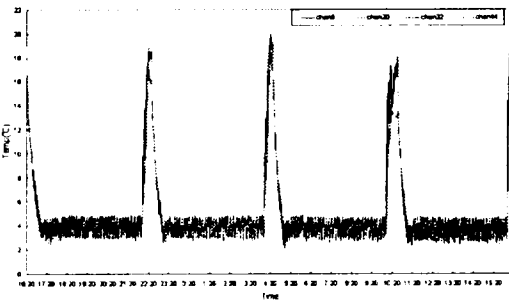
본 실험에서는 전술한 바와 같이 계절적 요인으로 감귤의 집하된 상태에서 실험하지 못하고 단지 비어 있는 저온저장고 내의 환기시간 및 환기횟수에 따른 전력량 및 온도분포를 측정하였다. 이를 위해 설정은



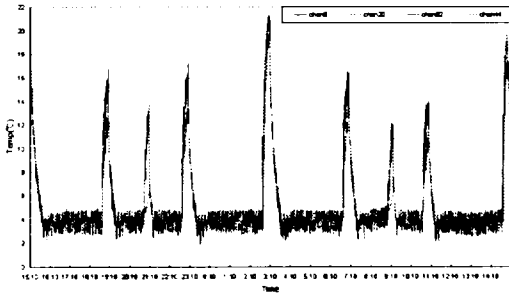
(a) Four times ventilation a day
(10 minutes operation each time)



(b) Six times ventilation a day
(10 minutes operation each time)



(c) Four times ventilation a day
(20 minutes operation each time)



(d) Six times ventilation a day
(20 minutes operation each time)

Fig. 12. Temperature variations with ventilation time for setting temperature = 4°C and temperature deviation = ±1°C.

도 4°C(온도편차 ±1°C), 6시간마다(하루 4회) 20분 간 제상이 이루어지도록 콘트롤 박스를 설정하고 냉각기는 저장고 내의 각 1대씩만 가동시킨 상태에서 여러 가지 환기실험을 수행하였다.

Fig. 12는 설정온도 4°C, 온도편차 ±1°C일 때 환기시간에 따른 최고 높이의 가운데 채널(채널 8, 채널 20, 채널 32, 채널 44)에서의 온도분포를 나타낸 것으로 앞에서의 결과와 마찬가지로 각 채널에서의 온도차가 거의 나타나지 않아 저온저장고의 온도가 거의 균일할 것으로 예측된다. 다만 송풍기를 하루에 4번 가동시켰을 때는 제상시간과 거의 동일시간대에 환기가 이루어져 다른 변수를 설정했을 때와 마찬가지로 1일 4번의 피크가 형성(Fig. 12(a)와 Fig. 12(c))되고 있으나 하루에 6번 환기시켰을 경우(Fig. 12(b)와 Fig. 12(d))는 제상시간과 환기시간이 불일

치로 다른 형상의 온도분포를 보여 8개의 피크가 나타남을 알 수 있다.

또한 그림에서 살펴보면 환기에 의한 온도분포상의 별다른 차이점은 찾을 수 없으나 같은 설정온도(4°C)와 같은 온도편차(±1°C)를 주었으나 환기 유무를 시행한 결과(Fig. 11(a)와 Fig. 12(a)(c))에서 살펴보면 환기에 의한 영향으로 온도 점프 시간이 훨씬 길게 진행되는 것을 알 수 있다. 이러한 영향이 이후의 온도에 거의 영향을 미치지 않는 것은 실험시 주어진 열부하에 비해 냉동기의 용량이 충분하기 때문이다.

3.4. 제어변수에 따른 전력소비량

저온저장고의 경제적인 운영을 위해서는 저장 작

물을 보호하면서 가장 적은 전력소비량에서 운영하여야 한다. Table 2는 본 연구에서 실행한 각 실험에서 설정온도, 온도편차 및 환기 변수에 따른 시설된 저온저장고의 1일 전력소비량을 나타낸 것이다.

Table 2. Power consumption for various experimental conditions

Parameter	Experimental condition	Power consumption
Setting temperature	1°C (Deviation: ±2°C)	59KW
	2°C (Deviation: ±2°C)	58KW
	3°C (Deviation: ±2°C)	57KW
	4°C (Deviation: ±2°C)	49KW
	5°C (Deviation: ±2°C)	41KW
	6°C (Deviation: ±2°C)	40KW
	7°C (Deviation: ±2°C)	33KW
	8°C (Deviation: ±2°C)	32KW
Temperature deviation	±1°C (Temperature: 4°C)	53KW
	±2°C (Temperature: 4°C)	49KW
	±3°C (Temperature: 4°C)	41KW
Ventilation time (Setting temp of all conditions : 4°C ±1°C)	Every six hour a day(10 minutes operation each time)	54KW
	Every four hour a day(10 minutes operation each time)	65KW
	Every six hour a day(20 minutes operation each time)	69KW
	Every four hour a day(20 minutes operation each time)	77KW

우선 설정온도(온도편차 ±2°C)에 따른 전력소모량을 살펴보면 설정온도가 1°C일 경우 59KW, 2°C일 경우는 58KW, 3°C일 경우는 57KW로 비슷한 값의 전력량이 측정되고 4°C일 경우는 49KW, 5°C일 경우는 41KW의 전력량이 감소하였다. 또한 설정온도가 8°C일 경우는 32KW, 9°C일 경우는 27KW가 측정되어 전력량 소모가 크게 감소하여 설정온도가 높을수록 경제적인

을 알 수 있다.

설정온도가 일정(4°C)할 때 온도편차에 따른 전력소모량은 ±1°C일 경우는 53KW, ±2°C일 경우는 49KW, ±3°C일 경우는 41KW의 전력량을 나타내어 온도편차를 크게 할수록 경제적인임을 알 수 있다.

또한 환기시간에 따른 전력소비량을 살펴보기 위한 실험(설정온도 4°C, 온도편차 ±1°C)에서는 환기시에 전력소모를 줄이기 위해 급기·배기를 동시에 하였는데 1일 6시간마다(하루에 4번) 10분씩 가동시에는 54KW, 1일 4시간마다(하루에 6번) 10분씩 가동할 때는 65KW, 1일 6시간마다(하루에 4번) 20분씩 가동시에는 69KW, 1일 4시간마다(하루에 6번) 20분씩 가동시에는 77KW의 전력소모량이 측정되어 환기시간이 많고 환기 횟수가 많을수록 전력소비량이 많음을 알 수 있다. 같은 조건에서 환기를 시키지 않은 경우와 비교해보면(설정온도 4°C, 온도편차 ±1°C의 경우) 전력소모량이 53KW로 급기·배기를 10분씩 4번 환기시켰을 때와 그다지 많은 차이가 없어 시설비의 부담이 없으면 송풍기로 환기를 시켜 저장고 내의 공기를 신선하게 유지시킬 수 있을 것이다. 이에 대한 명확한 결론은 보다 많은 실험이 요구된다.

이상의 결과로부터 실험기간의 날씨가 일정한 외기온도를 유지하는 날씨가 아닌 장마와 무더위가 반복되는 날씨가 계속되어 24시간의 데이터 값으로 설정한 제어변수에 따른 정확한 전력량을 분석할 수는 없지만 저온저장고의 운영은 설정온도와 온도편차를 크게 취할수록 경제적인임을 알 수 있다. 그러나 이러한 경제성은 저장 기간에 따른 저장작물의 저장성을 떨어뜨리지 않는 범위여야 할 것이다.

IV. 결 론

저온저장고의 제어변수(설정온도, 온도편차)에 따른 저온저장고 내의 온도분포를 분석하고 그에 따른 전력소모량을 측정하였다. 본 연구의 범위내에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 온도편차를 일정하게 하고 설정온도를 변화시키며 전력량을 측정했을 때 설정온도가 높을수록 경제적이다. 작물의 저장기간, 부패를 고려하고 고급

적 설정온도를 높일 필요가 있다.

둘째, 설정온도를 고정시키고 온도편차를 변화시키며 전력량을 측정했을 때 온도편차를 크게 취할수록 전기소모량은 적어 경제적이기 때문에 작물의 저장상태를 유지시키면서 가급적 온도편차를 크게 설정할 필요가 있다.

셋째, 저장물의 호흡에 의한 공기성분 변화와 호흡열에 의한 온도 상승으로 인해 저장상태가 나빠지는 것을 방지하기 위한 환기 실험에서는 1일 6시간마다 10분씩 환기시키는 경우에는 환기를 전혀 하지 않은 경우와 비교하여 전력량소비량 많지 않은 것으로 조사되고 있다.

감사의 글

본 연구는 감귤류 수입관리 운영위원회의 연구비 지원과 (주)삼성냉기플랜트의 시설비 지원으로 이루

어졌습니다.

참고문헌

- 1) 고정삼, 강영주, 1998, 감귤가공, 제주대학교 출판부
- 2) 농협지역본부, 2000, 감귤유통처리분석
- 3) 박병원, 1998, 과수산업육성정책, 21세기를 향한 제주감귤산업의 새로운 방향 모색을 위한 심포지엄, 제주도의회
- 4) 고정삼, 현명택, 최동호, 박영하, 김성학, 송은영, 2001, 제주형 감귤저장 기술개발과 농가보급형 저온저장고 모델설정, 감귤류 수입관리 운영위원회, 제주도
- 5) 강동언, 김성만, 윤종호, 이의준, 박영하, 현명택, 2000, 다수의 냉동시스템에 의한 저온저장고의 에너지 성능평가, 제주대학교 산업기술연구소 논문집, Vol.11, No.1, pp.15-21.