

638.1
L293호

최 종
연구보고서

GOVP 12010208

봉군 월동기술 확립에 관한 연구

Wintering methods for the productive honeybee
colonies of *Apis mellifera* in Korea

주관연구기관
경북대학교

농 립 부



최 종 보 고 서

1996년도 농림기술개발사업에 의하여 완료한 봉군 월동기술 확립에 관한 연구의 최종보고서를 별첨과 같이 제출합니다.

첨 부 : 1. 최종보고서 10부

2. 최종보고서 디스켓 1매

1999. 10. .

주관 연구 기관 : 경북대학교

총괄연구책임자 : 최 광 수 (인)

주관연구기관장 :

(직인)

농 립 부 장 관 귀 하

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “봉군 월동기술 확립에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1999년 10월 25일

주관연구기관명 : 경북대학교

총괄연구책임자 : 최 광 수

연 구 원 : 최 영 연

연 구 원 : 이 석 건

연 구 원 : 이 현 우

연 구 원 : 이 진 해

연 구 원 : 이 종 원

연 구 원 : 심 용 구

연 구 원 : 조 상 균

연 구 원 : 강 보 석

요 약 문

I. 제목 : 봉군 월동기술 확립에 관한 연구

II. 연구개발의 목적 및 중요성

1. 연구 개발의 목적

꿀벌의 월동에 알맞는 실내 온도인 2~9℃를 유지하면서 환기를 계속할 수 있는 저온양봉사를 건축하고 그 성능을 검정하여 우리 나라에 있어서 꿀벌의 실내월동 방법을 확립코자 한다.

2. 연구 개발의 중요성

꿀벌은 월동기간 동안 벌통 안에서 봉구(蜂球)를 만들어 열을 발생하여 봉구 안의 온도를 일정하게 유지시키고 활동을 계속한다. 봉구는 외기온의 변화에 따라서 팽창되고 축소되는데, 봉구가 신축을 되풀이 하면 월동 봉군이 불안정하게 되고 또한 저장된 식량의 소비가 많아질 뿐만 아니라, 봉구가 오랫동안 축소되어 있을 경우에는 꿀벌이 식량 저장권과 떨어지게 되어 월동 봉군이 굶어 죽는 결과를 초래한다.

월동 기간 중 외기온의 극심한 변화로부터 꿀벌을 보호하기 위하여 봉군을 포장하여 월동시킨다. 그러나 봉군을 포장하여 실외에서 월동시키는 경우에는 꿀벌이 단당류(單糖類)를 섭취하여 분해하는 과정에서 발생하는 탄산가스와 습기가 벌통

안에 차이게 되어 월동 봉균에 해롭게 되고, 심하면 월동 봉균이 폐사하게 되는데, 외국의 경우 월동 중 봉균 폐사율은 8~22%로 보고되었다.

월동기간 중 외계 온도의 극심한 변화로부터 꿀벌을 보호하기 위하여 월동 봉균에게 알맞는 온도를 제공하고 또한 벌통 안의 환기를 촉진시키는 꿀벌의 실내월동법이 외국에서는 실용화되고 있는 바, 우리 나라에서 꿀벌의 실내월동 방법을 확립하기 위하여 저온양봉사를 건축하고 그 성능을 검토하여 우리 나라의 실정에 알맞는 실내월동 방법을 확립하는 것은 양봉 산업의 발전을 위하여 중요하다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 대구 근교와 중북부 지역의 2개 장소에 꿀벌을 실내 월동시키기 위한 저온양봉사를 2개 동 건축하고 그 성능을 검토한다.
2. 봉균의 실내 월동과정 중 온·습도를 자동 측정하고 시뮬레이션을 수행하여 냉·난방시설없이 환기팬의 작동시간 조절로 온·습도를 조절할 수 있는 저온양봉사의 환경조절 기술을 개발한다.
3. 실내월동 봉균의 월동능력, 폐사율 및 월동 후 봉세 증가율 등을 조사하여 실내 월동에 알맞는 봉균의 입·출고 시기를 결정한다.
4. 실내월동시 강균과 약균의 월동성적을 검토한다.
5. 실내 월동법의 경제성을 분석하여 실용화 여부를 검토한다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구 개발 결과

가. 「저온양봉사의 환경조절 기술 개발」과 관련된 연구 결과

1) 저온양봉사의 설계 및 건축

영주와 용인에 120개의 벌통이 충분히 들어갈 수 있도록 내부크기가 7.2m×4.2m×2.88m(약 9평)정도인 저온양봉사를 건축하였다. 저온양봉사 내부에는 공기순환덕트를 설치하고 저온양봉사 환기량을 계산하여 환기팬을 설치하였으며 외부에는 환기구 차광설치를 하였다. 또, 영주 저온양봉사의 벽체와 바닥면은 우레탄 폼으로 마감하였으며, 용인 저온양봉사 벽체는 샌드위치 패널로 설계하였다.

2) 저온양봉사 내부의 공기순환 성능

저온양봉사 내부의 폭방향의 온도변화와 길이 방향의 온도변화 편차가 모두 1℃ 미만으로 순환팬에 의한 저온양봉사 내부 공기순환이 잘 이루어졌다.

3) 저온양봉사 내부의 온도변화

가) 외부온도가 비교적 낮을 때, 영주지역과 용인지역 저온양봉사 내부온도는 모두 꿀벌의 월동에 적합한 온도수준으로 유지하였으며, 벌통내부의 평균온도는 저온양봉사 내부의 평균온도에 비해 약 2℃ 내외 높게 나타났다.

나) 외부온도가 비교적 높을 때에는 영주지역과 용인지역 모두 환기팬 작동방식이 A인 경우에 고온문제 발생하여 환기팬 작동방식의 개선이 요구되었다.

다) 환기팬 작동방식 A를 환기팬 작동방식 B로 개선한 경우, 외부온도가 1.0℃~15.5℃(평균온도 6.9℃)범위일 때, 저온양봉사 내부의 온도는 5.0℃~8.4℃(평균온도 6.2℃), 벌통내부의 온도는 5.6℃~8.9℃(평균온도 7.0℃)범위로 나타나, 꿀벌이 월동하기에 적합한 온도범위에 있었다. 환기팬 작동방식의 개선으로 저온양봉사 내부의 온도가 평균 2.1℃ 하강하여 저온양봉사 내부의 온도가 과다상승하는 문제를 개선하였다.

라) 벽체의 단열재에 따른 온도조절 효과를 분석한 결과, 건축비와 시공의 용이성을 고려한다면 샌드위치 패널 200mm가 복합재(샌드위치 패널+우레탄폼) 200mm에 비해 저온양봉사의 적합한 벽체재료로 추천된다.

4) 저온양봉사 내부의 습도 변화

가) 저온양봉사 외부의 온도 차이는 양봉사 내부습도 변화에 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

나) 저온양봉사 내부와 벌통 내부의 습도 변화는 저온양봉사 외부의 습도 변화에 큰 영향을 받는 것으로 나타났으나, 내부의 습도 변화폭은 외부의 변화폭 보다 상당히 작았다. 또한 저온양봉사 내부의 최대·최저습도가 생육 적정 습도 범위(50~75%)를 벗어 나는 기간은 짧은 시간 동안이기 때문에 큰 문제가 없는 것으로 판단되었다.

다) 개선된 환기팬 작동방식 B가 환기팬 작동방식 A보다 습도조절 성능이 더 우수한 것으로 나타났다.

5) 저온양봉사내 벌통의 적재층별 온습도 분포

저온양봉사내에 벌통의 적재층에 따른 온·습도 변화에 있어 규칙적인 변화 양상

은 발견할 수 없었다.

6) 저온양봉사 내부의 이산화탄소 분포

저온양봉사 내부의 지면높이 50cm의 CO₂ 농도는 900ppm~1300ppm범위로 나타났으며, 지면높이 130cm의 CO₂ 농도는 1380ppm~1680ppm범위로 나타나, 높이별 CO₂ 농도는 다소 차이는 있었으나 균일한 분포를 나타내어 순환덕트와 순환팬의 성능이 우수한 것을 확인 할 수가 있었다.

7) 저온양봉사의 열환경 시뮬레이션 프로그램

본 연구에서 개발한 저온양봉사 열환경 시뮬레이션 프로그램을 이용하여, 외부의 온도변화에 따른 양봉사 내부의 온도를 예측할 수 있을 뿐만 아니라, 벽체재료에 따른 저온양봉사 내부의 온도변화를 예측할 수 있으며, 작동방식에 따른 저온양봉사 내부의 온도를 예측할 수 있으므로, 앞으로 저온양봉사의 최적설계에 있어서 아주 유용하게 사용될 것으로 전망된다.

8) 경제성분석

저온양봉사를 이용하여 월동한 강군의 입고기간이 99일인 경우의 월동성적을 실외월동과 비교한 결과 감모율이 13.51%로 실외월동의 24.15%에 비하여 감모율이 10.64% 낮게 나타났다.

120개의 벌통을 충분히 넣을 수 있는(약 9평) 저온양봉사에서 위 월동성적으로 계산하면, 1년에 약 $120 \times 10.64\% \times 150,000 = 1915,200$ 원의 이득이 있는 것으로 분석된다. 국내의 양봉군수('97년)로 계산하면 1년에 약 113억원($706,068 \times 10.64\% \times 150,000$)의 수익증대 효과 및 수입대체 효과가 있을 것으로 예상된다.

나. 「봉군의 월동 시험」과 관련된 연구 결과

- 1) 경상북도 영주시 단산면 병산리 소재 양봉장의 1996~1997년 월동기간 중 실외월동 봉군의 폐사율은 15%였으나, 실내월동 봉군의 폐사율은 1997~1998년 월동기간 중에 6% 그리고 1998~1999년 월동기간 중에 3.4%로서, 실외월동과 실내월동 간의 폐사율 차이는 약 10%였다. 실내월동 시 강군과 약군에 있어서 폐사율의 차이는 강군이 1.9~4% 그리고 약군이 2.7~10.4%로서, 강군의 폐사율이 낮았다. 실내월동에 알맞는 월동 봉군의 입고 시기는 11월 하순이고, 출고 시기는 이듬해 3월 초로서 실내월동 기간은 90~100일 정도 였다.

- 2) 경기도 용인시 원상면 맹리 소재 양봉장에 있어서 실외월동 봉군의 폐사율은 1996~1999년 기간 중 매년 10%씩 나타났으나, 실내월동 봉군의 폐사율은 1997~1998년 월동기간 중에는 4.5% 그리고 1998~1999년 월동기간 중에는 2%로서, 실외월동과 실내월동 간의 폐사율 차이는 약 7%였다. 실내월동 시 강군과 약군에 있어서 폐사율의 차이는 월동 연도에 따라 차이가 있으나, 강군이 2~3.6% 그리고 약군이 1.9~5.5%로서, 강군의 폐사율이 낮은 경향을 보였다. 월동 후 봉세 증가율은, 실외월동의 경우 1997~1998년에 월동된 봉군에서 121.9% 그리고 1998~1999년에 월동된 봉군에서 118.2%였으나, 실내월동의 경우 1997~1998년에 월동된 봉군에서 122.6% 그리고 1998~1999년에 월동된 봉군에서 129.2%로서 실내월동군이 우수한 경향을 보였다. 실내월동에 알맞는 월동 봉군의 입고 시기는 11월 하순부터 12월 초이고, 출고 시기는 이듬해 3월 초로서 실내월동 기간은 90~100일 정도 였다.

2. 연구 결과 활용에 대한 건의

꿀벌의 월동을 위한 저온양봉사는 우리 나라에서는 처음으로 설계되고 건축되어서 성능을 검정한 결과, 저온양봉사는 봉군의 실내월동에 알맞는 환경을 제공하는 시설물로 확인되었다. 즉 실외월동 봉군의 폐사율은 10~15%였으나 실내월 봉군의 폐사율은 3.4~6%로 저하되었고, 반면에 월동 후 봉세 증가율에 있어서는 실외월동 봉군은 118.2~121.9%였으나 실내월동 봉군은 122.6~129.2%로서 실내월동 봉군의 봉세 증가율이 빨랐다.

이와 같은 연구 결과를 효율적으로 효율적으로 활용하기 위한 방안은 다음과 같다.

- ① 연구 결과 보고서를 관련 기관 및 양봉가에게 배부하여 홍보한다.
- ② 저온양봉사 설계 및 건축에 관한 기술을 희망하는 자에게 이전한다.
- ③ 냉·난방시설없이 환기팬의 작동시간에 의한 저온양봉사의 환경 조절을 특허 출원하여 연구 개발 결과를 공식화하고 기술을 체계화 시킨다.
- ④ 관련 분야 학술지에 연구 결과를 발표하고, 양봉 농가를 대상으로 교육을 실시한다.
- ⑤ 축정 당국에 시책 건의하여 저온양봉사 보급을 확대한다.

3. 현재까지 본 과제와 관련된 발표실적

가. 국내외 전문학술지

- 1) 1998. 6. 월동용 양봉사의 구조 및 환경조절, 한국양봉학회지, 제 13권 1호, pp. 15-20
- 2) 1998. 12. Simulation of Thermal Environment in Wintering Honey Bee House, Journal of the KSAE, Vol. 40, pp. 39~44
- 3) 1999. 12, 1997~1998년 동계 기간 중 영주 지방에 있어서 꿀벌의 실내월동, 한국양봉학회지 제 14권 2호, 게재 예정
- 4) 1999. 12, 1998~1999년 동계 기간 중 영주 지방에 있어서 꿀벌의 실내월동, 한국양봉학회지 제 14권 2호, 게재 예정
- 5) 1999. 12, 1997~1998년 동계 기간 중 용인 지방에 있어서 꿀벌의 실내월동, 한국양봉학회지 제 14권 2호, 게재 예정
- 6) 1999. 12, 1998~1999년 동계 기간 중 영주 지방에 있어서 꿀벌의 실내월동, 한국양봉학회지 제 14권 2호, 게재 예정

나. 학술회의 Proceeding

- 1) 1997. 5, 월동용 양봉사의 설계, 한국생물생산시설환경학회 춘계학술발표논문집 6권 1호, pp. 80~86.
- 2) 1997. 11. A Time Dependent Analysis of Thermal Environment in Beehouse, 한국생물생산시설환경학회 추계학술발표논문집 6권 2호, pp. 20~26.
- 3) 1998. 2, 봉군 월동기술 확립에 관한 연구, 한국양봉학회 학술발표논문집, p. 5.
- 4) 1998. 2, 월동용 양봉사의 구조 및 환경조절, 한국양봉학회 학술발표논문집, p. 6.

- 5) 1999. 2, 환기팬 작동방법에 따른 월동양봉사내의 온·습도환경 조절효과, 한국양봉학회 학술발표논문집, p. 16
- 6) 1999. 4, 환기팬 작동 방식이 월동용 봉사내의 온·습도 환경에 미치는 영향, 한국생물환경조절학회 학술발표논문집 8권 1호, pp. 20~23.
- 7) 1999. 10, 단열재에 따른 저온양봉사 내부의 온·습도 변화, 한국농공학회 학술발표논문집, pp. 424~428.

다. 특별강연 및 강습회

- 1) 1996. 12, 봉군의 분봉성 억제 및 월동 대책, 경북대학교 농업과학기술연구소 제10회 양봉기술강습회 교재, pp. 11~17.
- 2) 1997. 12, 봉군의 분봉성 억제 및 월동 대책, 경북대학교 농업과학기술연구소 제11회 양봉기술강습회 교재 pp. 1~6.
- 3) 1998. 12, 강군 육성을 위한 봉군 관리 기술, 경북대학교 농업과학기술연구소 제12회 양봉기술강습회 교재 pp. 15~20.

라. 기 타

- 1) 경북대학교 석사논문, 영주지방에 있어서 봉군의 실내월동시험, 경북대학교 석사논문
- 2) 경상북도 축산시책 반영
 - 월동용 양봉사 시설비 지원 : 도내 8개소
 - 도비 30%, 시군비 30% 그리고 자비 40%
 - 추진 상황 : 99년 11월 20일까지 각시군으로부터 신청받아서 2000년에 착공.

SUMMARY

I. Subject

Wintering methods for the productive honeybee colonies of *Apis mellifera* in Korea

II. Objectives and importance of the studies.

1. Objectives

The studies was conducted to establish the indoor overwintering methods for productive honeybee colonies in the wintering chamber which provides satisfactory inside temperature ranging 2~9°C and ventilation for the wintering honeybee colonies in Korea.

2. Importance

The wintering honeybee colonies survive during winter season by the formation of winter cluster and generation of heat in the cluster. The winter cluster is changed to be loose or definitive with the variation of the outside temperature. The repeated loosing and definitiveness of the winter cluster does not help the honeybee colony to be in static condition. In case of loose cluster, honeybees consume more stored honey while the definitive cluster keeps them

isolated from the stored honey, consequently they are starved to death.

The wintering honeybee colonies are packed and insulated during the winter season in order to protect them from the sudden and wide variation of the outside temperature. In case of the outdoor overwintering honeybee colonies, CO₂ gas and moisture contents, which are produced in the hive due to the process of dehydrolysis of monosaccharide by the honeybees are not evolved easily. They get accumulated and damage the colonies to death under high density fumes. Therefore, in the foreign countries, mortality of the colonies which are wintered outdoor is reported 8~22% due to starvation, high density fumes and increased moisture contents.

The indoor overwintering honeybee colonies are in practical use in Canada in order to protect the colonies from the sudden and wide variation of the outside temperature. Therefore, it is important to test the ability of the wintering chamber and to establish an effective indoor overwintering methods in order to bring the wintering chamber in practical use in Korea.

III. Scopes of the studies

1. Two wintering chambers had been constructed and tested their ability to find out the methods for their practical use in wintering honeybee colonies in Yeongju and Yongin.
2. The techniques to control the environmental conditions of the wintering chamber had been developed by means of simulating the auto-recorded data from the wintering chamber which is controlled by the working time of ventilation fan and is not equipped with the cooling and warming facilities.

3. The optimum dates for the moving hives indoor and outdoor had been determined through the investigating, wintering ability, mortality and colony population of the honeybees overwintered in the wintering chambers.
4. The differences between the strong and the weak colonies had been investigated for indoor wintering.
5. The economical efficiency had been investigated for putting the wintering chamber in practical use.

IV. Results and utilization

1. Results of this study

- 1) Results on 「Design and environment factors analysis of wintering honeybee chamber」 .

The wintering honeybee chambers were constructed and inside environment factors were analyzed to provide high technology for efficient wintering of honeybee colonies.

① Design and construction of wintering honeybee chamber

The two wintering honeybee chambers of 7.2m×4.2m×2.88m with the accommodation of 120 beehives were constructed in Yeongju and Yongin, respectively. Air circulation duct, ventilation fan and light trap were installed on these chambers. Urethane foam was used for insulation of

walls and floor in Yeongju chamber and sandwich panel was used for wall insulation in Yongin chamber.

② Air circulation performance

Temperature difference across the width and length of chamber was below 1°C. This result indicated that air circulation technique of chamber satisfied prerequisite for optimum air circulation of chamber.

③ Inside temperature variation

Inside air temperature of Yeongju and Yongin chambers under the wide range of outside temperature condition was found to be appropriated for wintering of bee. Inside temperature of beehive was about 2°C higher than the air temperature in the chamber. The fan operation schedule A had did not to control the high temperature down properly in the chamber. It was necessary to find a new fan operation schedule to be able to provide the optimum temperature for wintering honey bee colonies. In the presence of the high outside temperature condition, inside air temperature of chamber could be decreased by changing fan operation schedule A to schedule B.

④ Inside humidity variation

Inside humidity variation of Yeongju and Yongin chambers was very much depended on outside humidity.

The humidity variation in chamber controlled by the fan operation of schedule B was smaller than that by schedule A. This result indicated

that the schedule B was superior in the aspect of the humidity control performance.

⑤ Temperature and humidity variation along stack height of beehives.

It was found that the two kinds experiment results about temperature and humidity variation along the stack height were very different each other. So we could not find data for decision of beehives stack height.

⑥ CO₂ concentration

CO₂ concentration analysis results showed that the circulation fan was operated well for air circulation in the chamber.

⑦ Simulation of thermal environment

A mathematical model and the simulation program were developed for the calculation of inside thermal environment condition of the chamber and verified by the theoretical method and practical measuring test. It could be used to design the materials of the enclosure and the fan operating schedule.

⑧ Economic analysis.

After overwintered in the chamber during 99 days, 13.51% of beehive weight decreased in contrast with 24.15% decrease of outdoor overwintering. The annual income would be increased up to 10.64%(24.15% - 13.51%) by overwintering in the chamber. If we do not consider chamber construction expenditure, we can get profit 11.3billion won per year additionally from

indoor overwintering by simple calculation(706,068 hives × 10.64% × 150,000won).

2) Results on 「Overwintering test for the productive honey-bee colonies」 .

① At the apiary in Yeong-ju, mortality of the outdoor wintered honeybee colonies was 15% during the winter season of 1996~1997. However, mortality of the indoor wintered honeybee colonies was 6% and 3.4% during the winter season of 1997~1998 and 1998~1999, respectively. Hence, the difference of mortality between outdoor and indoor wintering was about 10%. Mortality of the strong colonies, 1.9~4%, appeared low comparing with mortality 2.7~10.4% of the weak colonies. The proper dates for moving hives indoors was the late of November and the proper dates for moving hives outdoors was the beginning of March of the next year. So, the proper overwintering period in wintering chamber was 90~100 days.

② At the apiary in Yong-in, mortality of the outdoor wintered honeybee colonies was 10% during the each winter season of 1996 to 1999. However, mortality of the indoor wintered honeybee colonies was 4.5% and 2% during the winter season of 1997~1998 and 1998~1999, respectively. So, the difference of mortality between outdoor and indoor wintering was about 7%. Mortality of the strong colonies, 2~3.6%, appeared low comparing with mortality 1.9~5.5% of the weak colonies.

The increased rates of colony population overwintered outdoor were 121.9% and 118.2% during the winter season of 1997~1998 and 1998~1999, respectively. However, the increased rates of colony population overwintered in the chamber were 122.6% and 129.2% during the winter season of 1997~1998 and 1998~1999, respectively. So, the increased rate of colony population wintered indoor was better than that of the outdoor. The proper dates for moving hives indoors and outdoors, and the proper overwintering period in wintering chamber were found to be the same as at the apiary in Yeongju.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	27
1-1. Objectives and importance	27
1-2. Contents and scopes	29
1-3. Internal and external research trends	29
Chapter 2. Development of the techniques to control the environmental conditions of the wintering chamber	32
2-1. Introduction	32
2-2. Internal and external wintering method	33
2-3. Design and construction of wintering honeybee chamber	38
2-4. Experiment and analysis methods	54
2-5. Ability to control the environmental conditions of the wintering honeybee chamber	62
2-6. Computer simulation for thermal environment analysis in the honeybee house	161
2-7. Economic analysis	174
2-8. Conclusions	179
Chapter 3. Overwintering methods for honeybee colonies in Yeongju	182
3-1. Overwintering methods for honey-bee colonies in Yeongju during the winter season of 1996~1997	182

3-2. Overwintering methods for honey- <i>bee</i> colonies in Yeongju during the winter season of 1997~1998	198
3-3. Overwintering methods for honey- <i>bee</i> colonies in Yeongju during the winter season of 1998~1999	215
3-4. Conclusions	227
 Chapter 4. Overwintering methods for honey <i>bee</i> colonies in Yongin	 230
4-1. Overwintering methods for honey- <i>bee</i> colonies in Yongin during the winter season of 1996~1997	230
4-2. Overwintering methods for honey- <i>bee</i> colonies in Yongin during the winter season of 1997~1998	234
4-3. Overwintering methods for honey- <i>bee</i> colonies in Yongin during the winter season of 1998~1999	245
4-4. Conclusions	252
 Chapter 5. Conclusions	 254
 References	 258
 Appendix	 261

목 차

제 출 문	1
요 약 문	2
SUMMARY	11
CONTENTS	18
목 차	20
제 1 장 서 론	27
제1절 연구 개발의 목적 및 중요성	27
1. 연구 개발의 목적	27
2. 연구 개발의 중요성	27
제 2 절 연구 개발의 내용 및 범위	29
제3절 국내·외 연구 동향	29
1. 국내 연구 동향	29
2. 국외 연구 동향	30
제 2 장 저온양봉사의 환경조절 기술 개발	32
제1절 서 론	32
제2절 국내외 봉군의 월동방법	33
1. 국내 봉군의 월동방법	33
2. 국외 봉군의 월동방법	34
제3절 월동용 저온양봉사의 설계 및 건축	38
1. 저온양봉사의 설계용 기초자료	38
가. 온 도	38

나. 습 도	38
다. 환 기	38
라. 실내공기의 순환	39
마. 소음 및 진동	39
바. 광선의 차단	39
사. 저온양봉사의 크기	39
2. 저온양봉사의 설계 및 건축	40
가. 저온양봉사의 규모	40
나. 외부 기상조건	40
다. 저온양봉사의 열 및 수분 평형방정식	41
라. 단열재의 적정 두께의 산정	42
마. 저온양봉사의 냉방 및 난방	42
바. 습도조절	42
사. 환기설계	43
아. 내부공기 순환시스템 및 덕트의 설계	45
자. 광선의 차단	48
차. 실험용 저온양봉사 설계도면	48
카. 저온양봉사의 건축	53
제4절 저온양봉사의 환경요인 계측 방법	54
1. 측정시스템의 구성	54
가. 영주양봉사의 환경요인 측정시스템	54
나. 용인 저온양봉사의 환경요인 측정시스템	56
다. Thermo-tracer에 의한 열환경 분석방법	57
2. 환기팬 작동방식 및 측정기간	60
가. 환기팬 작동방식	60
나. 저온양봉사 실험기간	60
다. 용인의 월동용 저온양봉사 실험기간	61

제5절 저온양봉사의 환경조절 성능	62
1. 저온양봉사 내부의 공기순환	62
2. 저온양봉사의 온도환경 조절 성능	64
가. 대구근교(경북 영주) 저온양봉사의 내부온도 변화	64
나. 중북부지역(경기 용인)의 저온양봉사 내부온도 변화	82
다. Thermo-tracer에 의한 저온양봉사내의 열환경 분석	95
라. 환기팬 작동방식에 따른 온도조절 효과	99
마. 저온양봉사 내부의 단열재에 따른 온도조절효과	101
3. 저온양봉사의 습도환경 조절 성능	104
가. 대구근교(경북 영주) 저온양봉사 내부의 습도변화	104
나. 중북부지역(용인) 저온양봉사 내부의 습도 변화	128
나. 환기팬 작동방식에 따른 습도조절 효과	147
라. 벽체재료에 따른 저온양봉사 내부의 습도변화	148
4. 저온양봉사내 벌통의 적재층별 온습도 분포	150
가. 대구근교(영주)의 저온양봉사내 벌통 적재층별 온습도 변화	151
나. 중북부지방(용인)의 저온양봉사내 벌통 적재층별 온습도 변화	154
5. 저온양봉사의 CO2 분포	159
제6절 시뮬레이션에 의한 저온양봉사의 열환경 해석	161
1. 수치모형의 구축	161
가. 지붕과 벽체 내표면의 열평형	161
나. 바닥면의 열평형	162
다. 내부공기의 열평형	162
2. 시뮬레이션 프로그램	165
가. 프로그램의 구성	165
나. 프로그램의 검증	167
다. 시뮬레이션에 의한 저온양봉사의 열환경 분석 결과	168
제7절 저온양봉사의 경제성 분석	174

1. 월동방법	175
가. 저온양봉사월동	175
나. 창고월동	175
다. 실외월동	175
2. 경제분석을 위한 조사항목	175
3. 결과 및 분석	176
가. 대구근교(영주)의 실내월동 폐사율	176
나. 중북부지역(용인)의 실내월동 폐사율	177
제8절 결 론	179
제 3 장 대구 근교의 봉군 월동 시험	182
제1절 1996~1997년 기간 중 영주 지방의 봉군 월동 시험	182
1. 서 론	182
2. 재료 및 방법	183
가. 공시 장소: 영주시 단산면 병산리 소재 양봉장	183
나. 저온양봉사의 건축	183
다. 월동 방법	184
라. 공시 봉군	185
마. 조사 항목	185
3. 시험 성적	186
가. 월동 봉군의 폐사율	186
나. 월동 후 봉세	189
다. 질병 감염 상태	192
4. 결과 및 고찰	192
가. 월동 봉군의 폐사율	192
나. 월동 후 봉세	195
다. 질병 감염 상태	197

제2절 1997~1998년 기간 중 영주 지방의 봉군 월동 시험	198
1. 서 론	198
2. 재료 및 방법	198
가. 공시 장소: 영주시 단산면 병산리 소재 양봉장	198
나. 환기팬 작동에 의한 저온양봉사 내부의 온도 조절	199
다. 공시 봉군 및 실내월동 방법	199
라. 조사 항목	200
3. 시험 성적	201
가. 실내월동 봉군의 월동능력	201
나. 실내월동 봉군의 폐사율	203
다. 월동 후 봉세	205
라. 질병 감염 상태	208
4. 결과 및 고찰	209
가. 실내월동 봉군의 월동능력	209
나. 실내월동 봉군의 폐사율 및 월동 후 봉세 증가율	211
다. 질병 감염 상태	214
제3절 1998~1999년 기간 중 영주 지방의 봉군 월동 시험	215
1. 서 론	215
2. 재료 및 방법	215
가. 공시 장소: 영주시 단산면 병산리 소재 양봉장	215
나. 환기팬 작동에 의한 저온양봉사 내부의 온도 조절	215
다. 공시 봉군	216
라. 조사 항목	216
3. 시험 성적	217
가. 실내월동 봉군의 월동능력	217
나. 실내월동 봉군의 폐사율	220
다. 월동 후 봉세	221

라. 질병 감염 상태	223
4. 결과 및 고찰	223
가. 실내월동 봉군의 월동능력	223
나. 실내월동 봉군의 폐사율 및 월동 후 봉세 증가율	225
다. 질병 감염 상태	227
제4절 결 론	227
제 4 장 중·북부 지방의 봉군 월동 시험	230
제1절 1996~1997년 기간 중 용인 지방의 봉군 월동 시험	230
1. 서 론	230
2. 재료 및 방법	231
가. 공시 장소: 용인시 원상면 맹리 소재 양봉장	231
나. 공시 봉군: 서양종 봉군 50군을 공시하였다.	231
다. 실외월동 방법	231
라. 조사 항목	231
3. 결과 및 고찰	232
가. 월동 봉군의 폐사율 및 월동 능력	232
나. 월동 봉군의 월동 후 봉세	233
제2절 1997~1998년 기간 중 용인 지방의 봉군 월동 시험	234
1. 서 론	234
2. 재료 및 방법	234
가. 공시 장소: 용인시 원상면 맹리 소재 양봉장	234
나. 저온양봉사 건축 및 환기팬 작동에 의한 저온양봉사 내부의 온도 조절	234
다. 공시 봉군 및 실내월동 방법	235
라. 조사 항목	236
3. 시험 성적	236

가. 봉군의 월동능력	236
나. 월동 봉군의 폐사율	239
다. 월동 후 봉세	240
4. 결과 및 고찰	242
가. 봉군의 월동능력	242
나. 월동 봉군의 폐사율	243
다. 월동 후 봉세	243
제3절 1998~1999년 기간 중 용인 지방의 봉군 월동 시험	245
1. 서 론	245
2. 재료 및 방법	245
가. 공시 장소: 용인시 원상면 맹리 소재 양봉장	245
나. 환기팬 작동에 의한 저온양봉사 내부의 온도 조절	245
다. 공시 봉군 및 실내월동 방법	246
라. 조사 항목	247
3. 시험 성적	247
가. 봉군의 월동능력	247
나. 월동 봉군의 폐사율	249
다. 월동 후 봉세	250
제4절 결 론	252
제 5 장 종합 결론	254
참 고 문 헌	258
부 록	261

제 1 장 서 론

제1절 연구 개발의 목적 및 중요성

1. 연구 개발의 목적

꿀벌의 월동에 알맞는 실내 온도인 2~9℃를 유지하면서 환기를 계속할 수 있는 저온양봉사를 건축하고 그 성능을 검정하여 우리 나라에 있어서 꿀벌의 실내월동 방법을 확립코자 한다.

2. 연구 개발의 중요성

꿀벌은 월동기간 동안 겨울잠(冬眠)을 자는 것이 아니고 일벌들은 벌통 안에서 봉구(蜂球)를 만들어 열을 발생하여 봉구 안의 온도를 일정하게 유지시키고 여왕벌은 그 안에서 산란을 계속한다.

꿀벌은 변온동물이기 때문에 주위의 온도에 따라 체온이 변한다. 외계 온도가 14℃이하가 되면 꿀벌은 활동이 정지되며, 벌통 안에 있는 꿀벌은 봉구를 형성하고 저장되어 있는 꿀을 먹고서 날개 근육을 계속 움직여 열을 발생시킨다. 꿀벌 한 마리가 근육 운동으로 발생시키는 열량은 극히 적어서 8℃이하의 온도에서는 꿀벌은 거의 움직일 수 없다. 그러나, 봉구를 형성한 많은 수의 꿀벌은 봉군 유지 증식에 필요한 열량을 발생시킨다.

외계온도와 봉구 표면온도간에는 밀접한 관계가 있는데, 외계 온도가 7℃인 경우에는 벌통내 봉구 주위온도는 10℃이고 봉구 표면온도는 15-16℃이나, 봉구 내부 온도는 20℃이상으로 중심부는 32℃ 이상을 유지한다. 외계온도가 영하 13℃인 경

우에는 봉구는 더욱 밀집되고 벌통내 봉구 주위의 온도는 영하 6~7℃이나 봉구 표면온도는 영상 6~7℃를 유지하며 봉구내 온도는 15~16℃이상으로 되고 중심부는 32℃이상을 유지한다. 외계 온도가 영하 28℃일 때에도 봉구 중심부의 온도는 31℃이다(Summataro and Avitable, 1978).

이와 같이 꿀벌은 월동기간 동안 벌통 안에서 봉구를 만들어 열을 발생하여 봉구안의 온도를 일정하게 유지시키고 활동을 계속하는데, 봉구는 외계의 온도 변화에 따라서 팽창되고 축소된다. 봉구가 신축을 되풀이 하면 월동 봉군이 불안정하게 되고 또한 저장된 식량의 소비가 많아질 뿐만 아니라, 봉구가 오랫동안 축소되어 있을 경우에는 꿀벌이 식량 저장권과 떨어지게 되어 월동 봉군이 굶어 죽는 결과를 초래한다.

월동 기간 중 외계 온도의 극심한 변화로부터 꿀벌을 보호하기 위하여 봉군을 포장하여 월동시킨다. 그러나 봉군을 포장하여 실외에서 월동시키는 경우에는 꿀벌이 단당류(單糖類)를 섭취하여 분해하는 과정에서 발생하는 탄산가스와 습기가 벌통안에 차이게 되어 월동 봉군에 해롭게 되고, 심하면 월동 봉군이 폐사하게 되는데, 외국의 경우 월동 중 봉군 폐사율은 8~22%로 보고되었다.

월동기간 중 외계 온도의 극심한 변화로부터 꿀벌을 보호하기 위하여 월동 봉군에게 알맞는 온도를 제공하고 또한 벌통안의 환기를 촉진시키는 꿀벌의 실내월동법이 외국에서는 실용화되고 있는 바, 우리 나라에서 꿀벌의 실내월동 방법을 확립하기 위하여 저온양봉사를 건축하고 그 성능을 검토하여 우리 나라의 실정에 알맞는 실내월동 방법을 확립하는 것은 양봉 산업의 발전을 위하여 중요하다.

제 2 절 연구 개발의 내용 및 범위

- ① 대구 근교와 중북부 지역의 2개 장소에 꿀벌을 실내 월동시키기 위한 저온양봉사를 2개 동 건축하고 그 성능을 검정한다.
- ② 봉군의 실내 월동과정 중 온·습도를 자동 측정하고 시뮬레이션을 실시하여 냉·난방시설없이 환기팬의 작동시간 조절로 온·습도를 조절할 수 있는 저온양봉사의 환경조절 기술을 개발한다.
- ③ 실내월동 봉군의 월동능력, 폐사율 및 월동 후 봉세 증가율 등을 조사하여 실내월동에 알맞는 봉군의 입·출고 시기를 결정한다.
- ④ 실내 월동 시 강군과 약군의 월동성적을 검토한다.
- ⑤ 실내 월동법의 경제성을 분석하여 실용화 여부를 검토한다.

제3절 국내·외 연구 동향

1. 국내 연구 동향

우리 나라에는 봉군의 월동을 위한 벌통 포장법으로 왕겨 외장법(外裝法)과 벚짚 외장법(최, 1990) 그리고 스티렌폼 외장법(조, 1991) 등이 양봉교재에 소개되고 있을 뿐이다. 왕겨 외장법이란 합판을 사용하여 벌통보다 크게 틀을 만들고 벌통과 틀 사이에 왕겨나 짚을 넣어 채워서 포장하는 방법이고, 벚짚 외장법이란 벌통을 벚짚으로 단단히 싸매주는 포장법이다(최, 1990). 스티렌 폼 외장법은 벌통에 스티렌 폼을 부착하고 그 위에 보온덮개를로 포장하는 방법이다(조, 1991). 이러한 포장법은 과포장(過包裝, heavy insulation) 또는 불완전한 포장으로 효율적인 월동포장 방법

이 아닌 것으로 외국에서는 오래 전부터 지적되었으나(Dyce와 Morse, 1960; Furgala와 MaCutcheon, 1993; Sammataro와 Avitabile, 1978; Ferracane, 1987), 우리나라에서는 관행적으로 이러한 월동 포장법을 계속 사용하고 있는 실정으로, 월동 봉군에 설사병(dysentery)와 백묵병(白墨病, chalkbrood)의 발생이 많고(류 등, 1996) 또한 월동 폐사율도 높을 것으로 추정된다. 우리나라에서도 최근에 와서 봉군의 월동능력을 조사 보고하고 있으며(최와 박, 1990; 최등 1991a, b; 최와 신, 1993), 또한 봉군 월동포장 방법을 개량하기 위한 연구의 첫 시도로서 강 등(1995a)은 봉군의 월동관리 실태를 조사하였는데, 월동포장 재료로서 왕겨와 보온덮개를 사용하는 농가가 65.2% 그리고 스티렌 폼과 왕겨 및 보온덮개를 이용하는 농가가 21.8%, 11월 중순~11월 하순에 월동포장하는 농가가 56.5%, 그리고 2월 하순~3월 중순에 월동포장을 해체시키는 농가가 73.9%였다고 보고하였다. 우리나라의 현행 봉군의 월동포장 방법은 과대포장으로 벌통 안의 환기 불량인 원인이 되고 있으며, 월동포장 전 착봉(着蜂) 소비매수가 3~4매인 농가의 구성비가 47.8%이고, 월동 후 착봉소비매수가 1~2매인 농가가 52.2%로 나타나서 월동봉군의 군세가 강하지 못하다고 지적되었다(강 등, 1995a) 또한, 강 등(1995b)은 월동기간중 봉군의 무게 감량을 봉군을 보온덮개로 덮는 방법, 스티렌 폼로 포장하는 방법 그리고 왕겨 외장법 별로 비교하였던 바, 보온덮개로 덮는 방법에서 봉군의 무게 감량이 가장 많았다고 보고하였다. 또한, 최근 캐나다에서 행하고 있는 꿀벌의 실내월동 소식이 전해지자 우리 양봉 업계에서도 실내 월동에 대한 관심만 늘어나고 있을 뿐으로(유, 1995a,b,c,d), 아직까지도 실내월동에 따른 관리 기술에 대한 연구는 찾아 볼 수 없는 실정이다.

2. 국외 연구 동향

서양 제국과 미국에서의 꿀벌 월동포장은 1940년대 이전까지는 두터운 포장

(heavy insulation)이 일반적이었다(Furgala와 MaCutcheon, 1993). 그러나 월동기간 중에 봉군에서 발생하는 탄산가스와 습기 등이 유해하다는 사실과 월동기간 중에도 꿀벌은 탈분비상(脫糞飛翔)이 필요하다는 사실이 밝혀지면서 1940대 이후 월동포장은 가벼운 포장(light insulation)으로 개선되었고, 이러한 가벼운 월동포장방법이 미국 양봉 농가에 널리 보급되었다(Dyce와 Morse, 1960; Furgala와 MaCutcheon, 1993; Sammataro와 Avitabile, 1978). 그 이후에도 꿀벌의 월동기술에 대하여 Sugden과 Furgala(1982), Szabo(1983), Severson과 Eric(1985) 그리고 Sugden 등(1988)이 연구 결과를 보고하고 있다. 그 후 북미 대륙에서는 소화물벌(小貨物蜂, package bees or pound bees)의 유통량이 증가됨에 따라, 꿀벌 월동에 관심이 적었다가 최근에는 소화물벌의 가격 인상과 소화물벌의 유통 확대에 따른 꿀벌응애(varroa mites)와 꿀벌 기문응애(trachial mites)의 확산으로 다시 봉군의 월동방법으로 캐나다에서는 실내월동법(室內越冬法, wintering indoors in insulated rooms)이 다시 주장되고 있고 미국에서는 계상(繼箱)보다는 단상(單箱)을 이용한 실외월동법(室外越冬法, outside wintering of single brood chamber hives)이 효과적이라고 보고되고 있다(Pedersen et al, 1995; Pedersen et al, 1996).

제 2 장 저온양봉사의 환경조절 기술 개발

제1절 서 론

최근 들어 봉군의 수입 군수가 증가하고 있으며 수입봉군의 가격 또한 증가하는 추세에 있는 바, 봉군 관리의 중요성이 부각되고 있다. 특히, 5월중에 개화하는 아카시아꽃에서 대부분의 채밀이 이루어지고 있는 우리나라 양봉의 경우, 월동벌의 강약 및 봉군 폐사는 수지타산을 넘어 양봉가의 생계와 직결된다. 따라서, 꿀벌의 월동관리에 많은 관심이 요구되어 진다. 또한 봉군 폐사의 주 원인이 봉군의 질병과 봉군의 월동관리 기술 불량에 있다는 점을 고려하면 꿀벌의 월동관리는 매우 중요한 문제가 아닐 수 없다.

꿀벌의 월동(越冬)은 노지월동과 실내월동으로 구분할 수 있으며 실내월동에는 상온실내월동과 저온실내월동이 있다. 우리 나라의 경우 대부분 노지월동을 하고 있으며 일부 상온실내월동을 실시하고 있으나 저온양봉사를 이용한 저온실내월동은 물론 이에 관한 연구도 거의 수행된 적이 없는 실정이다. 저온양봉사란 환기팬 작동에 의해 꿀벌의 월동에 적합한 환기, 온도 및 습도환경이 조절가능한 건물을 지칭하는 것이다. 저온양봉사를 이용하여 월동할 경우 노동력의 절감, 식량 소모량의 감소 및 월동기간 중 폐사율의 감소 등의 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 하지만, 외기조건에 지배되는 노지월동은 포장작업에 소요되는 과도한 노동력, 보온재의 피복으로 인한 과습이나 환기불량, 월동기간 중 벌통내부 온·습도의 심한 편차 등으로 월동관리에 많은 문제점이 지적되고 있다. 따라서 꿀벌 및 봉산물 수입에 대응하여 국내 양봉산업의 안정적 발전과 양봉가의 소득증대를 도모하기 위해서는 각 지역의 기후조건 및 봉군관리 실정에 적합하도록 효율적인 월동기술을 확립하여 월동기간 중 봉군의 폐사율을 줄이고 월동능력을 향상시키는 동시에 월동에 필요한

노동력을 절감시킬 수 있는 월동양봉사의 설계 및 건축관련 기술개발이 요청된다. 따라서 본 연구의 주요 목적은 국내 기후 특성에 알맞는 저온양봉사를 설계·건축하고, 성능을 분석·점검하여 우리 나라 전역에 걸쳐 효율적으로 이용될 수 있는 효율적인 봉군 월동기술 확립을 도모하려는데 있다.

제2절 국내외 봉군의 월동방법

1. 국내 봉군의 월동방법

우리 나라에는 봉군의 월동을 위한 벌통 포장법으로 왕겨 외장법, 벚짚 외장법 및 스티렌폼 외장법 등이 알려져 있다(그림 2-1 a, b). 왕겨 외장법이란 합판을 사용하여 벌통보다 크게 틀을 만들고 벌통과 틀 사이에 왕겨나 짚을 넣어 채워서 포장하는 방법이고, 벚짚 외장법이란 벌통을 벚짚으로 단단히 싸매주는 포장법이다. 또한 스티렌폼 외장법은 벌통에 스티렌폼을 부착하고 그 위에 보온덮개로 포장하는 방법이다. 그림 2-1에서 보는 바와 같이, 꿀벌의 월동을 위하여 위와 같은 방법으로 포장하는 것은 과포장 또는 불완전한 포장으로 효율적인 월동포장 방법이 아닌 것으로 외국에서는 외래 전부터 지적되었으나(Dyce와 Morse, 1960; Furgala와 MaCutcheon, 1993; Sammataro와 Avitabile, 1978), 우리나라에서는 관행적으로 이러한 월동 포장법을 계속 사용하고 있는 실정이다. 따라서, 월동기간중 월동 봉군에 설사병과 백목병이 많이 발생하고(류 등, 1996) 월동 폐사율도 높을 것으로 추정되고 있다. 최근 연구에 따르면 월동포장재로 왕겨와 보온덮개를 사용하는 농가가 65.2%, 스티렌폼, 왕겨 및 보온덮개를 이용하는 농가가 21.8%로 보고되고 있으며 월동포장하는 시기는 11월 중순~하순이 56.5%, 월동포장을 해체하는 시기는 2월하순~3월중순이 73.9%로 나타났다. 또한, 우리나라의 현행 봉군의 월동포장 방법은 과대포장으로 벌통내부의 환기불량의 원인이 되고 있으며 월동포장전 착봉 소비매

수가 3~4매인 농가의 구성비가 47.8%이고, 월동후 착봉 소비매수가 1~2매인 농가가 52.2%로 나타나 월동봉군의 군세가 강하지 못하다는 연구결과도 있다(강 등, 1995a). 또한, 월동기간중 봉군의 무게 감량을 봉군을 보온덮개로 덮는 방법, 스티렌폼으로 포장하는 방법 및 왕겨 외장법 별로 비교한 결과, 보온덮개로 덮는 방법에서 봉군의 무게 감량이 가장 많다는 보고도 있다.

2. 국외 봉군의 월동방법

미국을 비롯한 선진국에서의 꿀벌 월동포장은 1940년대 두터운 포장이 일반적이었으나 월동기간 중에 봉군에서 발생하는 탄산가스와 습기 등이 유해하다는 사실과 월동기간 중에도 꿀벌은 탈분비상이 필요하다는 사실이 밝혀지면서 1940년대 이후 월동포장은 가벼운 포장으로 개선되었다. 그리고, 이러한 가벼운 월동포장 방법이 미국 양봉 농가에 널리 보급되었다(Dyce와 Morse, 1960; Furgala와 MaCutcheon, 1993; Sammataro와 Avitabile, 1978). 그 이후에도 꿀벌의 월동기술에 대한 연구가 많이 수행되었다. 또한 소화물벌(小貨物蜂)의 유통량이 증가됨에 따라 꿀벌 월동에 관심이 적었다가 최근에는 소화물벌의 가격 인상과 소화물벌의 유통 확대에 따른 꿀벌응애와 기문응애의 확산으로 다시 봉군의 월동방법으로 캐나다에서 실내월동법에 대한 연구가 진행되었으며, 미국에서는 계상보다는 단상을 이용한 실외월동법이 효과적이라는 연구결과가 보고되었다.(Pedersen et al, 1995; Pedersen et al, 1996)

실내월동법은 1920년 이전에 캐나다와 미국 북부지역에서 선도적으로 지하실월동에 관해 연구가 수행되었으나 지하실에 넣고 꺼내는 시기를 제대로 맞추기 어렵고 지하실의 온도와 습도를 조절하기 어려운점 등 때문에 지하실 월동방법은 그다지 실용성이 없는 것으로 평가되었다. 그러나 실내월동에 관한 연구는 끊임없이 수행되어 1961년에는 온도와 습도를 인위적으로 조절할 수 있는 시설을 개발하여 1960년말에는 그림 2-2와 같이 실용화에 성공하여 많은 양봉가들이 꿀벌을 실내에서 월동시키게 되었다.

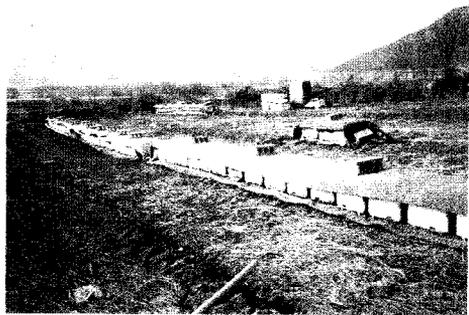
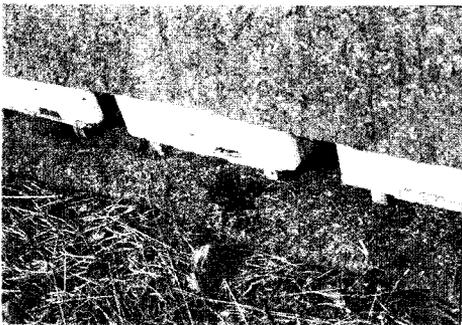
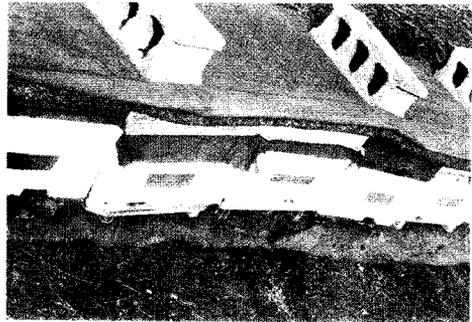
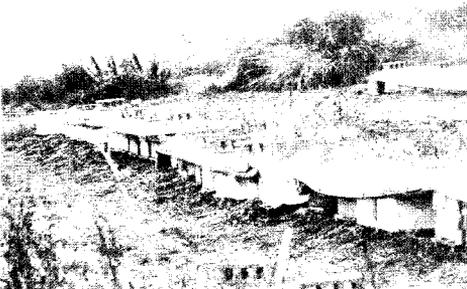
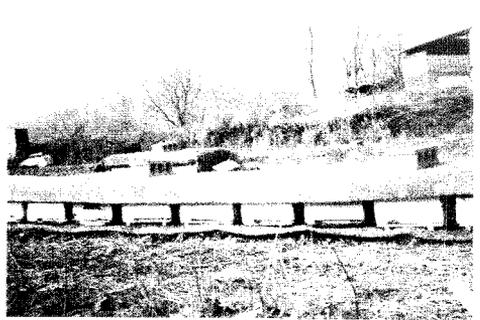
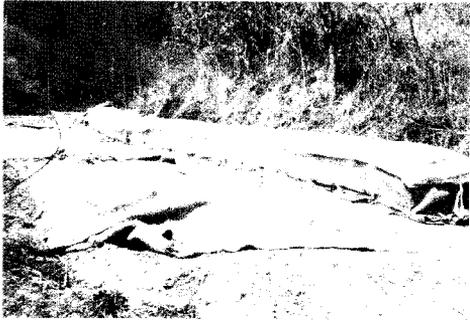
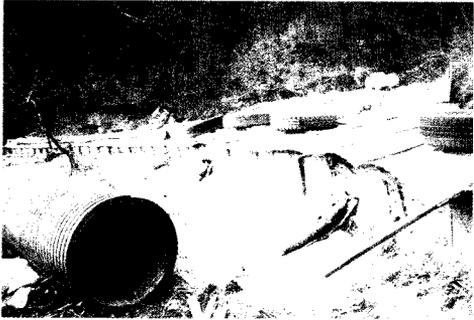


그림 2-1(a). 국내 노지월동 봉군

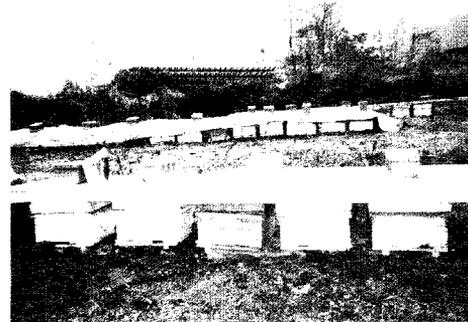
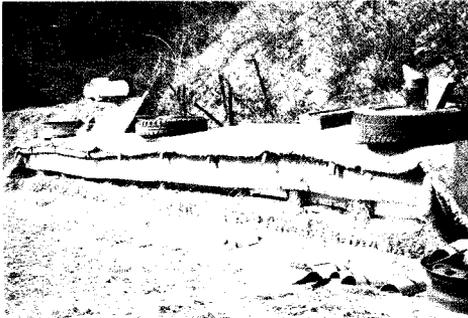
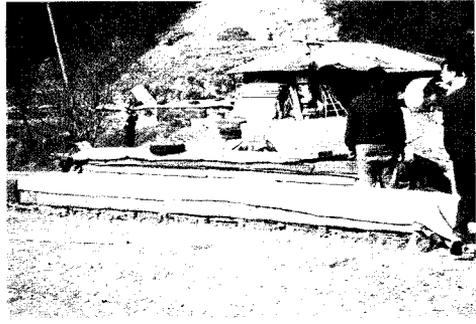
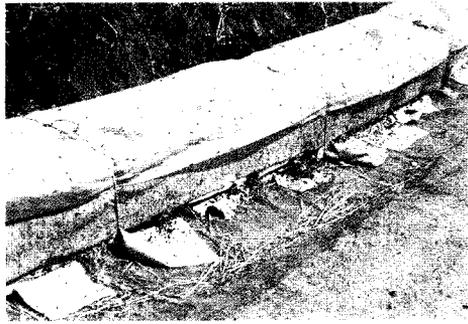


그림 2-1(b). 국내 노지월동 봉군

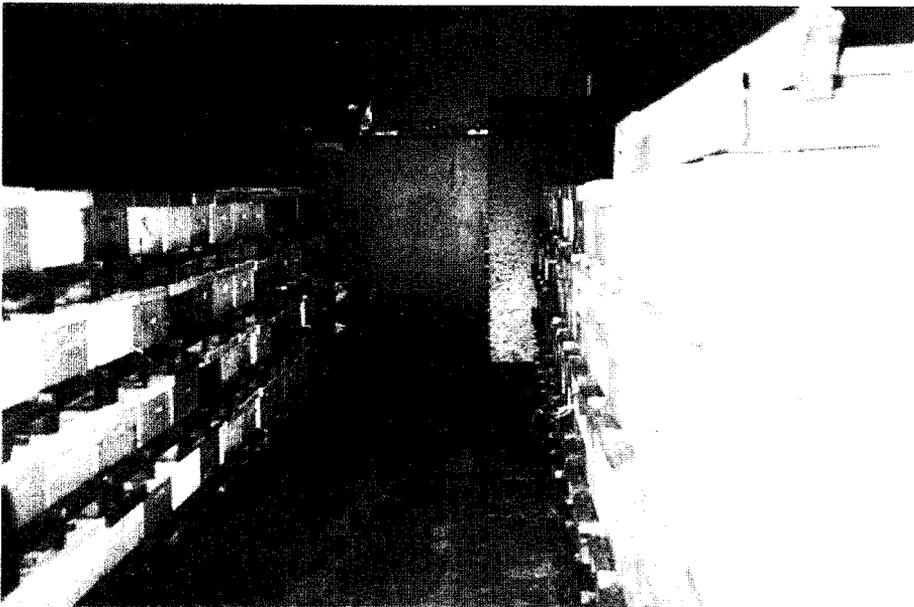
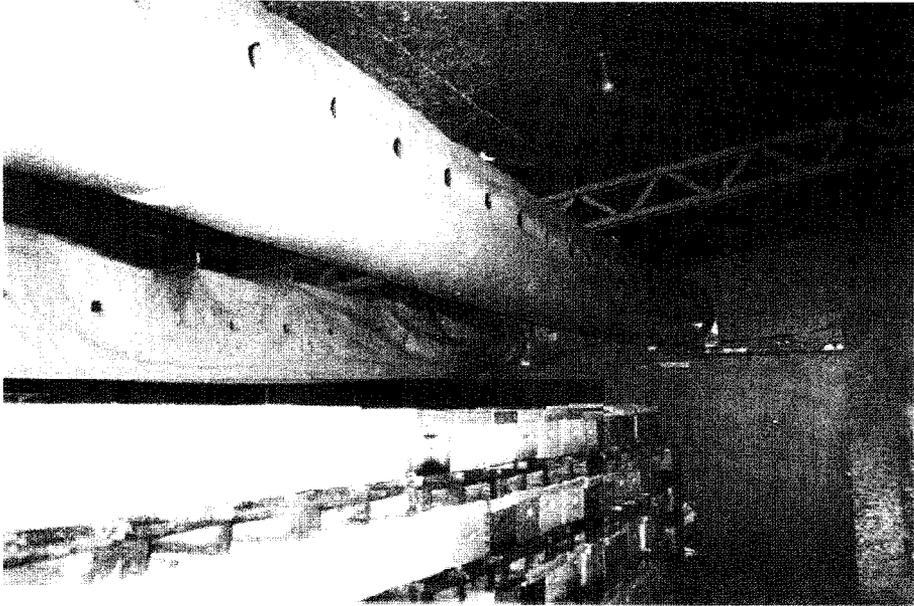


그림 2-2. 캐나다의 실내월동 봉군

제3절 월동용 저온양봉사의 설계 및 건축

1. 저온양봉사의 설계용 기초자료

꿀벌의 월동에 있어 가장 중요한 것은 꿀벌의 생리에 알맞은 월동관리를 하여야 한다는 점이다. 따라서, 꿀벌의 실내월동을 위한 저온양봉사의 설계시 고려하여야 할 환경조건은 다음과 같다.

가. 온도

꿀벌이 월동하는데 필요한 적정 온도범위는 2~9℃이며 최적온도는 4±1℃이다. 온도 상승으로 인한 문제는 벌통을 실외로 옮기기 전인 늦은 봄에 발생할 수 있으나, 이 경우 꿀벌들은 신선한 공기만 공급된다면 짧은 몇 시간 동안은 15℃정도의 고온에 노출되어도 견디어 낼 수 있다.

나. 습도

벌은 넓은 습도 범위에 적응 할 수 있기 때문에 50~75%의 범위가 적정한 습도로 추천되고 있지만 봉사에 대한 이상적인 습도범위는 없다. 하지만, 매우 건조한 겨울철에는 상대습도가 아주 낮은 외부공기가 저온양봉사 내로 유입되면 저온양봉사 내부의 습도가 낮게 된다. 상대습도가 매우 낮아지면 꿀방에 저장돼 있는 식량이 너무 단단히 결정되어 꿀벌이 녹여서 먹이로 할 수가 없으므로 유의하여야 한다.

다. 환기

봉사내부의 온도조절, 습도조절 및 CO₂조절을 위하여 환기가 필요하며, 환기의

주목적은 온도조절이지만 월동기간중 봉군은 열과 함께 수증기와 CO₂를 계속하여 배출하기 때문에 비록 겨울철에 봉사내부의 온도가 적온범위를 유지하더라도 0.25 //s정도의 최소한의 환기가 필요하다.

라. 실내공기의 순환

외부로부터 유입된 신선한 공기를 봉사내부에 균일하게 분배시키기 위한 공기순환시스템이 필요하며, 저온양봉사에 요구되는 필요 공기순환량은 꿀벌 1kg당 2.0 //s정도이다.

마. 소음 및 진동

꿀벌은 소음과 진동 등 외부자극에 민감하기 때문에 모터나 팬에 의하여 발생하는 소음이나 진동을 최소화시켜야 한다.

바. 광선의 차단

월동용 저온양봉사는 빛을 완전히 차단시켜야 하며, 특히 환기구를 통하여 빛이 들어오지 않도록 광선차단장치를 설치해야 한다.

사. 저온양봉사의 크기

단상 벌통 하나당 0.3~0.45m³의 공간이 필요하고, 2층계상의 경우에는 0.6~0.75m³의 공간이 필요한 것으로 알려져 있으며 벌통 한 개당 차지하는 공간이 많아지면 그 만큼 공기 부피가 늘어나므로 공기유통이 좋아지고 온도변화도 적어진다.

또한 저온양봉사의 크기를 결정하는데 있어 월동 봉군수와 작업성 등을 고려하여 저온양봉사의 크기를 결정하여야 한다.

2. 저온양봉사의 설계 및 건축

저온양봉사의 설계는 벌통 한 개가 차지하는 소요공간, 외부 기상조건, 벌이 발산하는 열 등을 고려하여 설계하고 건축한다.

가. 저온양봉사의 규모

실험용 저온양봉사의 규모는 벌통 한 개당 저온양봉사의 소요공간을 0.6m^3 으로 하고, 120개의 벌통을 충분히 저장할 수 있도록 $7.2\text{m} \times 4.2\text{m} \times 2.88\text{m}$ 의 크기로 설계하였다.

나. 외부 기상조건

저온양봉사 설계시 꿀벌의 월동기간 중 설치지역의 외부 기상조건(온도 및 습도)은 저온양봉사의 냉방 및 난방부하량 계산에 필요한 자료이다. 따라서 경상북도 영주 지역과 경기도 용인지역의 10년간 기상데이터를 이용하여 겨울철의 평균, 최저 및 최고기온과 습도를 구한 결과는 표 2-1 및 표 2-2와 같다.

표 2-1. 영주지역의 외부 기상조건 (평년치 : '86~'95년 10년간)

월별(월)	평균기온(°C)	최저기온(°C)	최고기온(°C)	습도(%)	비고
11	5.1	-0.6	11.8	67	
12	-3.1	-6.8	5.0	63	
1	-3.8	-9.4	2.2	60	
2	-1.1	-6.5	4.7	60	
3	4.3	-1.7	10.8	59	
평 균	0.3	-5.0	7.0	61.8	

표 2-2. 용인지역의 외부 기상조건 (평년치 : '86~'95년 10년간)

월별(월)	평균기온(℃)	최저기온(℃)	최고기온(℃)	습도(%)	비고
11	4.2	- 1.5	9.8	79	
12	-1.4	- 6.6	4.6	78	
1	-5.0	-10.4	1.7	68	
2	-4.4	-10.5	3.1	64	
3	2.8	- 3.0	9.2	70	
평 균	-0.8	- 4.2	5.7	71.8	

다. 저온양봉사의 열 및 수분 평형방정식

단열재의 적정두께, 필요환기량 및 냉·난방설비를 검토하기 위한 저온양봉사의 열평형 방정식은 식 2-1과 같고 수분평형방정식은 식 2-2와 같다.

$$Q_{tr} + Q_{vent} - Q_{bee} = 0 \quad (2-1)$$

- 여기서, Q_{tr} : 건물을 통한 전열량(W)
 Q_{vent} : 환기에 의한 전열량(W)
 Q_{bee} : 꿀벌이 발생하는 열량(W)

$$\frac{V}{v_o} (W_i - W_o) = W_{bee} \quad (2-2)$$

- 여기서, V : 최소 환기율(m^3/s)
 v_o : 건공기의 체적($m^3/kg-da$)
 W_i : 저온양봉사 내부공기의 습도비($g/kg-da$)
 W_o : 저온양봉사 외부공기의 습도비($g/kg-da$)
 W_{bee} : 꿀벌의 수분 발생량(g/s)

라. 단열재의 적정 두께의 산정

설계용 외기조건과 저온양봉사의 열평형 방정식을 이용하여 단열재의 적정두께를 산정한 결과, 벽체와 천장은 폴리스티렌 단열판의 두께 20cm정도가 적당함을 알 수 있었다.

마. 저온양봉사의 냉방 및 난방

1) 저온양봉사의 냉방

저온양봉사의 냉방부하를 산정하여 분석한 결과, 외기온이 15℃이상이면 추가적인 냉방설비를 하지 않고 저온양봉사 내부의 온도를 꿀벌의 월동 적정온도범위인 4℃~9℃로 유지하는 것은 어려운 것으로 판단되었다. 그러나 월동기간 중 꿀벌들은 신선한 공기가 공급되면 몇 시간 동안은 15℃정도의 고온에 적응할 수 있기 때문에 냉방설비에 소요되는 경비를 절감할 목적으로 본 연구에서는 추가의 냉방설비를 하지 않고 환기에 의한 냉방만을 고려하여 설계하였다.

2) 저온양봉사의 난방

꿀벌이 발산하는 열은 저온기에 저온양봉사의 난방부하는 감소시키지만 고온기의 냉방부하는 증대시킨다. 꿀벌이 발산하는 열량은 편차가 심하기 때문에 난방부하 계산시에는 안전성을 고려하여 벌통 1개당 20W로 가정하여 난방부하량을 계산한 결과, 저온기에 난방설비를 추가로 사용하지 않고도 환기만으로 저온양봉사의 내부 온도를 적절하게 유지할 수 있는 것으로 판단되어 난방설비는 추가하지 않았다.

바. 습도조절

꿀벌이 1시간당 3~10g/벌통1개의 수분을 발생시키는 것을 고려하여 별도의 가습 장치 없이도 70%이하로 조절할 수 있는 것으로 나타나 환기만으로 습도를 조절할 수 있도록 저온양봉사를 설계하였다.

사. 환기설계

저온양봉사에서 환기의 목적은 저온양봉사 내부의 온도조절, 습도조절 및 CO₂ 조절이며, 저온양봉사 내부의 환경조절에 지대한 영향을 미친다. 특히 월동중 저온기나 고온기에는 외부공기의 유입이 저온양봉사 내부의 온도조절에는 불리하지만 O₂의 공급과 CO₂의 배출을 위하여 최소한의 환기가 필수적이다. 따라서, 설계용 외기 조건과 저온양봉사의 열 및 수분 평형방정식을 이용하여 필요환기량을 계산하고 유입팬의 크기를 산정하였다. 또한, 온도조절을 위하여 난방 및 냉방장치를 사용하지 않고 환기팬만을 사용하여 저온양봉사 내부의 온도조절을 가능케 하였다.

1) 환기팬 용량의 결정

환기팬 용량은 월동기간중 꿀벌이 필요한 순환공기량을 기준으로 저온양봉사에서 월동시키는 봉군수를 고려하여 표 2-3과 같이 결정하였다.

가) 필요순환공기량 기준

- ① 겨울 : 2.0L/s per 1kg bee
- ② 가을 및 봄 : 5.0L/s per 1kg bee

나) 필요순환공기의 총량

- ① 5.0L/s × 120통 = 600L/s = 36m³/min

표 2-3. 환기팬의 용량 결정

외부기상조건	봉사내부환경조건	필요환기량	환기팬
온도 : 4.3℃ 습도 : 59%	온도 : 6℃이하 습도 : 70%이하	36m ³ /min	대수 : 2대 1대 용량 : 18.5m ³ /min 크기 : 350mm × 350mm

2) 환기팬 작동방식

본 연구에서 저온양봉사는 추가적인 냉·난방 설비가 없기 때문에 환기팬에 의한 환기가 내부환경을 조절하는 유일한 수단이다. 따라서, 환기팬 작동방식에 따라 저온양봉사 내부의 환경을 끝벌의 월동조건에 적합하도록 조절할 수 있을 것으로 판단되어, 내부온도만을 고려한 작동방식과 내부온도와 외부온도를 동시에 고려한 작동방식을 선택적으로 연구를 수행하였다. 또한, 공기를 배출시키는 환기팬을 적절히 가동시키기 위해 온도센서를 저온양봉사 한가운데 설치하였으며 그림 2-3과 같이 별도의 환기팬 조절용 제어판을 설치하였다.

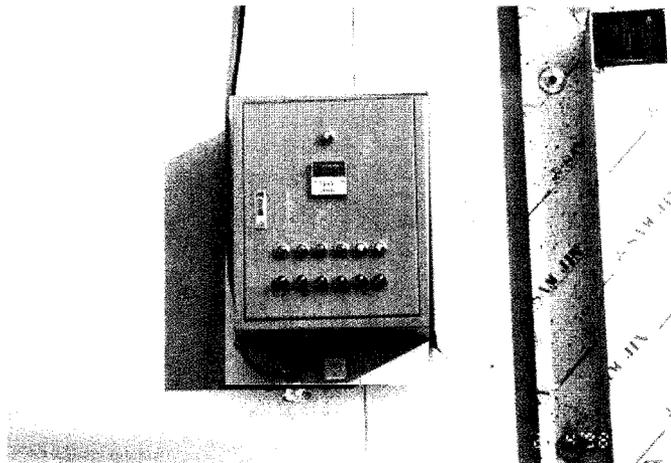


그림 2-3. 환기팬 조절용 제어시스템

표 2-4에서 보는 바와 같이, 작동방식 A는 저온양봉사 내부온도만 고려한 경우로 저온양봉사 내부온도가 6℃보다 클 때는 충분한 환기가 이루어지도록 연속작동하여 저온양봉사 내부온도를 3℃~6℃로 유지할 수 있도록 하였으며, 내부온도가 6℃보다 작을 때는 30분마다 3분씩 작동하여 CO₂ 농도와 습도 조절을 위해 최소한의 환기가 이루어지도록 하였다. 또한, 환기팬 작동방식 B는 저온양봉사 내부온도 뿐만 아니라, 외부온도도 고려하여 작동하는 방식으로서 외부온도가 9℃보다 클 때

에는 저온양봉사 내부 온도를 고려하지 않고 최소한의 환기만 이루어지도록 30분마다 3분씩 작동하고, 외부온도가 9℃와 같거나 낮을 때에는 저온양봉사 내부의 온도를 고려하여 내부온도가 6℃보다 작거나 같을 때는 CO₂ 농도와 습도 조절을 위한 최소한의 환기를 수행하였으며 내부온도가 6℃보다 클 때는 온도조절을 위해 환기팬이 연속으로 작동한다.

표 2-4. 환기팬 작동방식

환기팬 작동방식 A		환기팬 작동방식 B	
$T_i \leq 6^\circ\text{C}$	$L_a = 220\text{m}^3/\text{hr}$	$T_o > 9^\circ\text{C}$	$L_a = 220\text{m}^3/\text{hr}$
$T_i > 6^\circ\text{C}$	$L_a = 1850\text{m}^3/\text{hr}$	$T_o \leq 9^\circ\text{C}$	$T_{in} \leq 6^\circ\text{C}, L_a = 220\text{m}^3/\text{hr}$
			$T_{in} > 6^\circ\text{C}, L_a = 1850\text{m}^3/\text{hr}$

아. 내부공기 순환시스템 및 덕트의 설계

외부에서 유입된 찬 공기를 저온양봉사 내부에 균일하게 배출시키기 위한 저온양봉사 내부 공기순환시스템은 그림 2-4 및 그림 2-5에서 보는 바와 같이 순환팬과 PVC 덕트로 구성되어있으며, 유입팬을 통해서 유입된 공기는 내부공기와 혼합되어 PVC 덕트를 통해서 분배되도록 하였다. 공기 순환시스템이 월동실 내부의 환경을 일정하게 유지할 수 있도록 배출구를 설치하기 위해 덕트를 설계하였다.

1) 덕트의 설계

가) 설계조건

- ① 외기의 저온양봉사 내부로의 균일한 분포
- ② 배출공의 총면적은 덕트단면적의 1.6~2.0(1.8을 택함)정도가 적당하다.
- ③ 덕트길이 : 6m

나) 배출공을 1줄로 배열할 경우

① 간격 : 30cm로 하면 배출공수 : 21개

② 배출공의 직경을 d, 덕트의 직경을 D라 하면

$$\frac{\pi d^2}{4} \times 21 = 1.8 \frac{\pi D^2}{4}, \quad \therefore d = \sqrt{\frac{1.8}{21}} D = 0.30D$$

덕트의 직경이 35cm이면 배출공의 직경(d)은 10.5cm이다.

다) 배출공을 2줄로 배열할 경우

① 간격 : 30cm로 하면 배출공수 : 42개

$$\frac{\pi d^2}{4} \times 42 = 1.8 \frac{\pi D^2}{4}, \quad \therefore d = \sqrt{\frac{1.8}{42}} D = 0.21D$$

덕트의 직경이 35cm이면 배출공의 직경(d)은 7.35cm이다.

따라서, PVC 덕트는 그림 2-4에서 보는 바와 같이 직경 35cm인 흑색튜브를 저온양봉사의 길이방향으로 천정부에 설치하였고, 30cm간격으로 직경 7.5cm인 배출공을 2열로 배치하였다. 덕트의 단면적은 환기팬의 크기와 동일하게 하였고, 배출공의 총면적은 덕트단면적의 1.8배로 하였다.

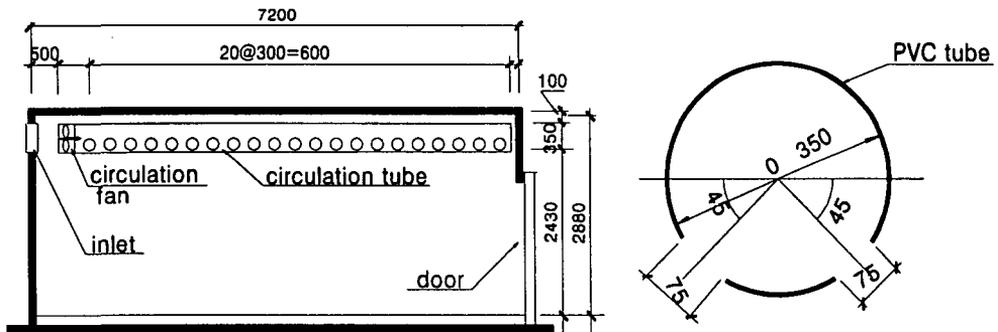
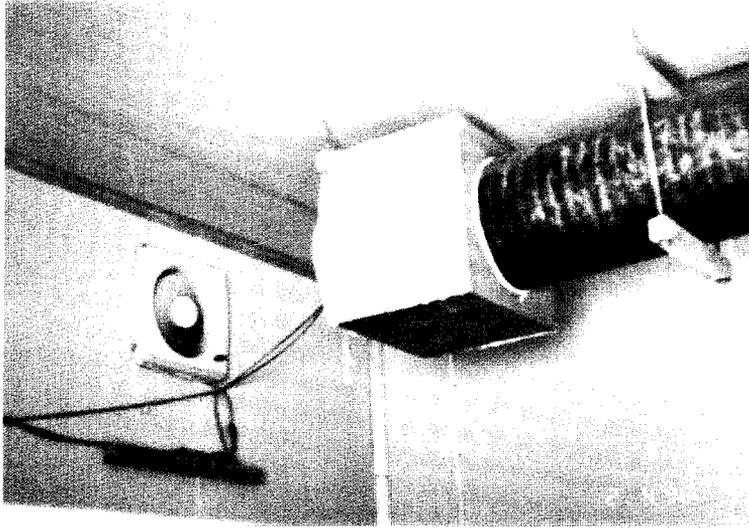
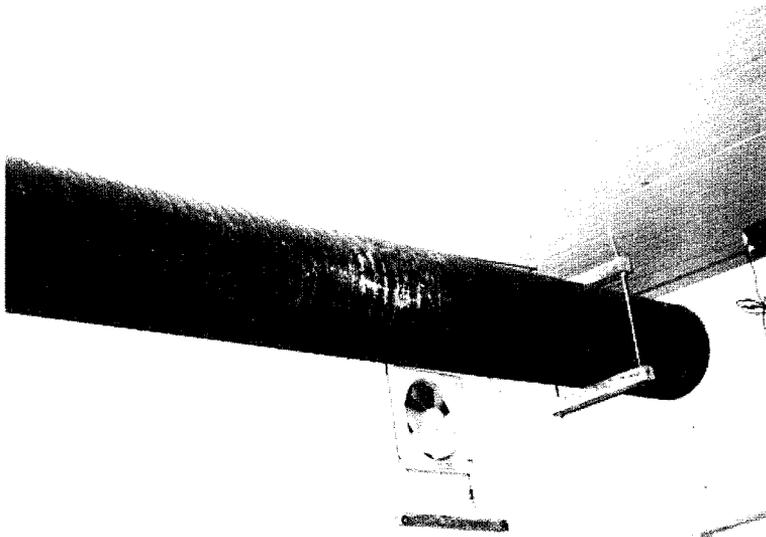


그림 2-4. 저온양봉사의 공기순환 덕트



(a) 유입팬과 순환팬의 연결부



(b) 공기순환 덕트 및 배기팬

그림 2-5. 저온양봉사의 공기순환 시스템

자. 광선의 차단

저온양봉사 실내가 완전히 암실이 될 수 있도록 환기구 및 출입문의 구조에 유의 하였으며, 특히 환기구는 외부에 개방되어 있으므로 외부로부터의 광선차단과 해충의 유입을 방지할 수 있도록 차광장치를 설치하였다.

차. 실험용 저온양봉사 설계도면

월동용 저온양봉사의 설계도면은 그림 2-6~그림 2-9와 같다.

그림 2-6은 영주지역에 설치한 저온양봉사의 단면도로서 외부크기 7.6m×4.6m×3.48m, 내부크기 7.2m×4.2m×2.88m로 월동실험용 꿀벌 120봉군을 충분히 저장할 수 있도록 설계하였다. 천장과 벽체는 100mm의 우레탄 폼으로 단열처리후 100mm의 샌드위치 패널로 마감하였으며 바닥면은 100mm 우레탄 폼으로 단열처리한 후에 100mm 시멘트몰탈로 마감하였다.

그림 2-7은 용인지역에 설치한 저온양봉사의 단면도로서 외부 및 내부크기는 영주지역과 동일하나 천장과 벽체를 샌드위치 패널 200mm로 마감하였으며 바닥면은 별도의 단열처리없이 200mm의 콘크리트와 200mm 시멘트몰탈로 마감하였다.

영주와 용인지역의 저온양봉사 모두 환기구에는 1mm 철판으로 환기구로 외부의 빛이 새어들지 않고 해충들의 유입을 막을 수 있도록 차광설치를 하였다.

그림 2-8은 영주양봉사와 용인양봉사의 평면도로서 길이방향으로 저온양봉사 내부 공기순환덕터를 설치하여 외부에서 유입된 찬공기가 저온양봉사 내부에 골고루 배출되도록 하였으며, 유입팬과 배기팬 각각 두 개씩 설치하고 환기구 외부는 모두 차광설치를 하였다.

그림 2-9는 환기구 및 환기팬의 상세도이다. 그림과 같이, 환기팬에 의하여 유입된 공기가 순환팬과 연결된 공기순환 덕터를 통하여 저온양봉사 내부에 골고루 분포되도록 설계하였다. 환기구는 빛이 들어오지 않도록 철판으로 차광설비를 설치하였다.

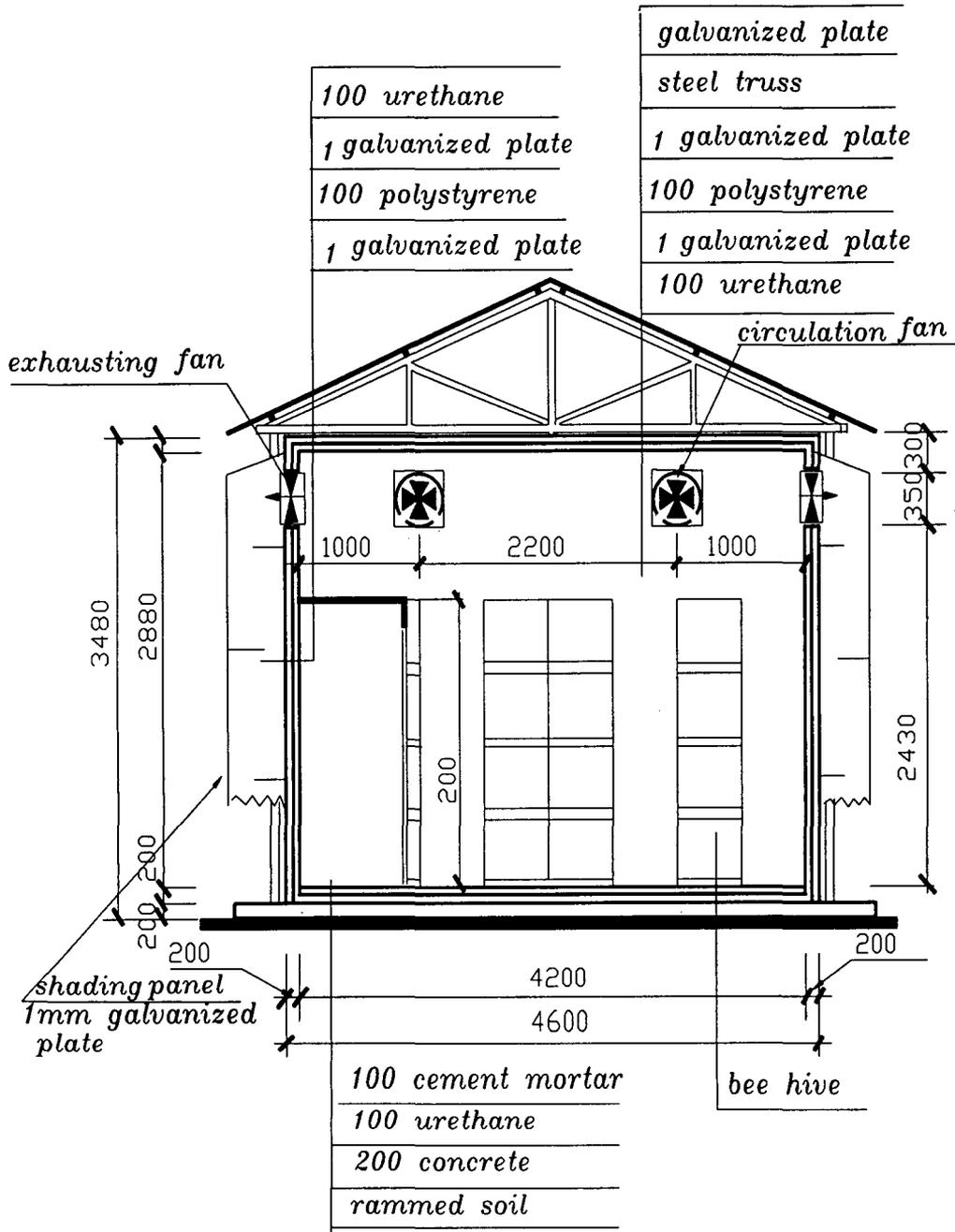


그림 2-6. 영주소재 저온양봉사의 단면도(1996년)

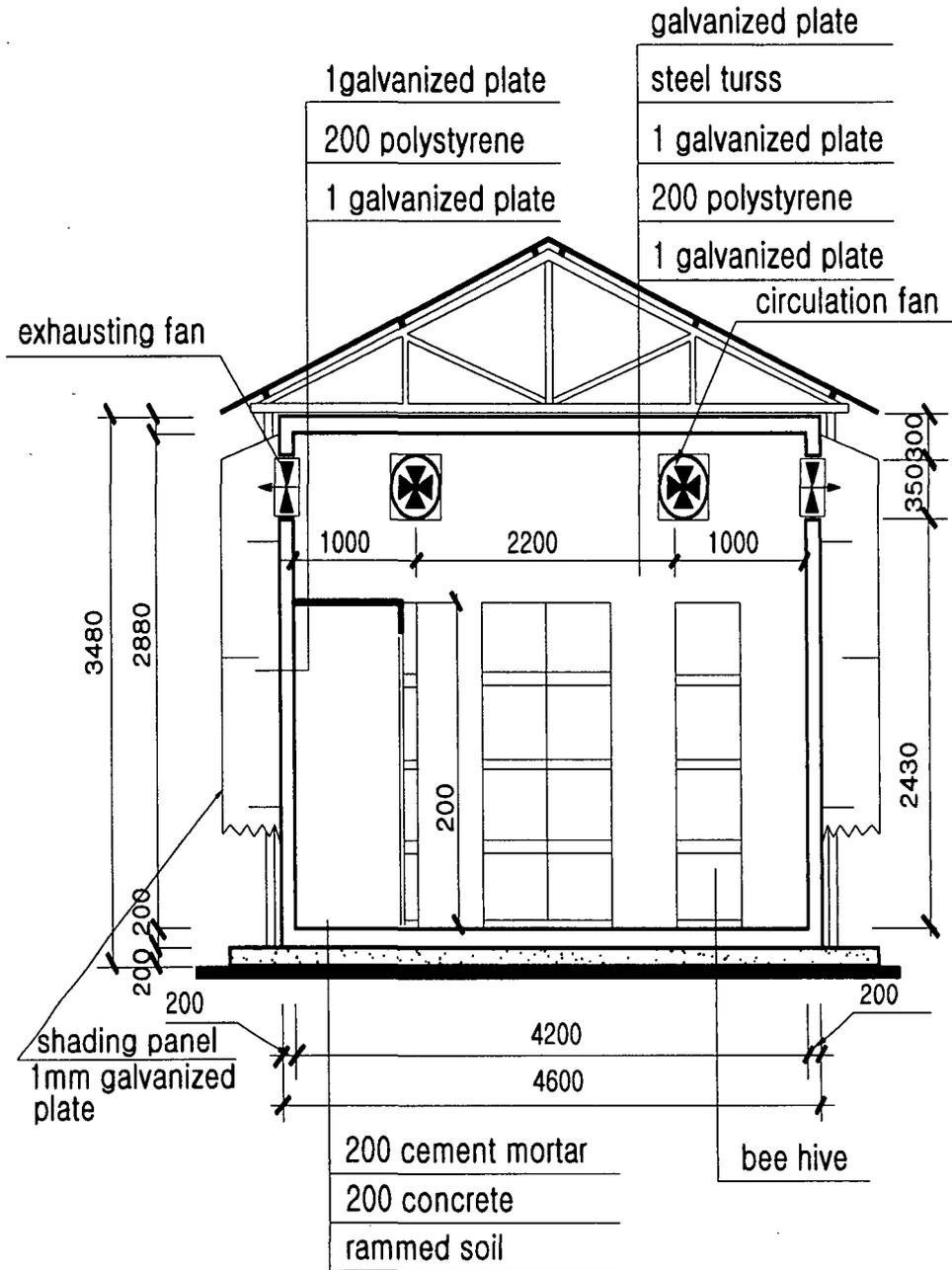


그림 2-7. 용인소재 저온양봉사의 단면도(1997년)

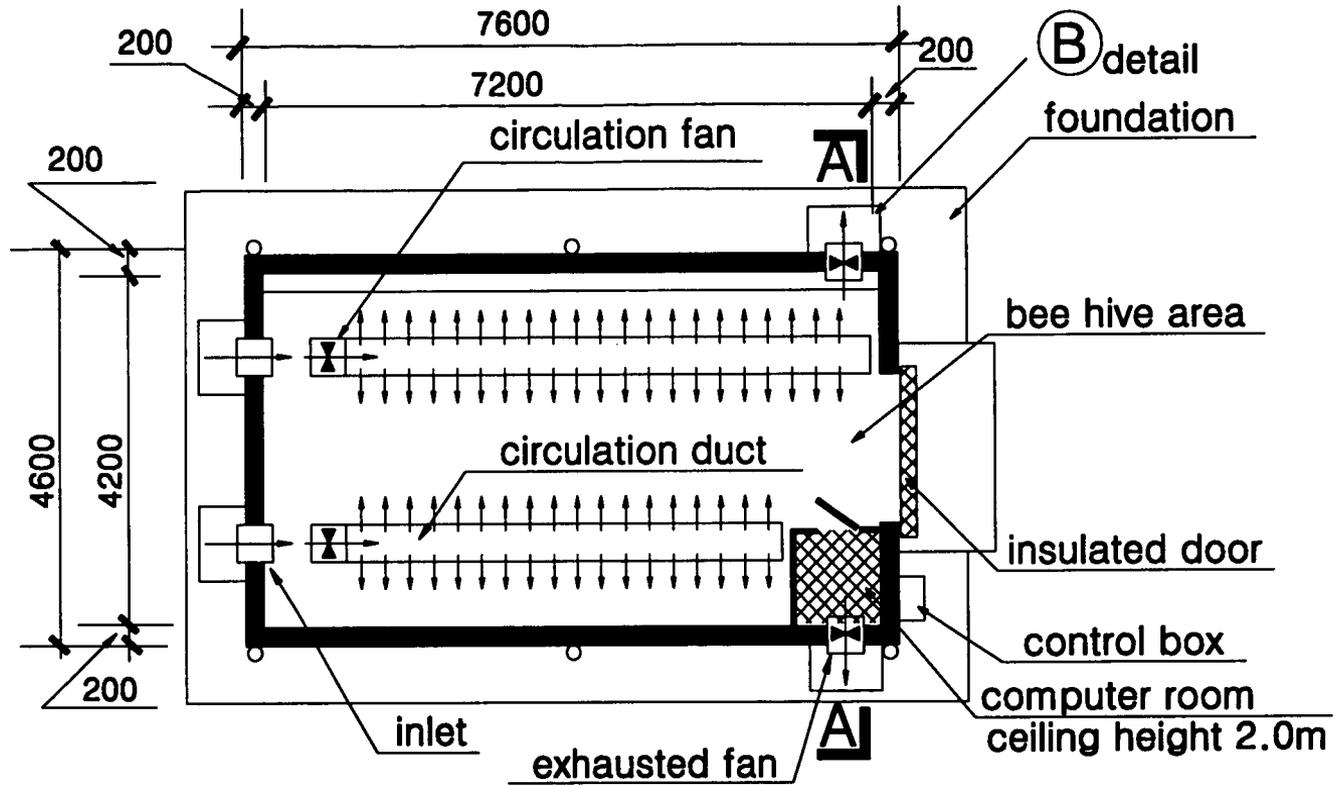


그림 2-8. 저온양봉사의 평면도

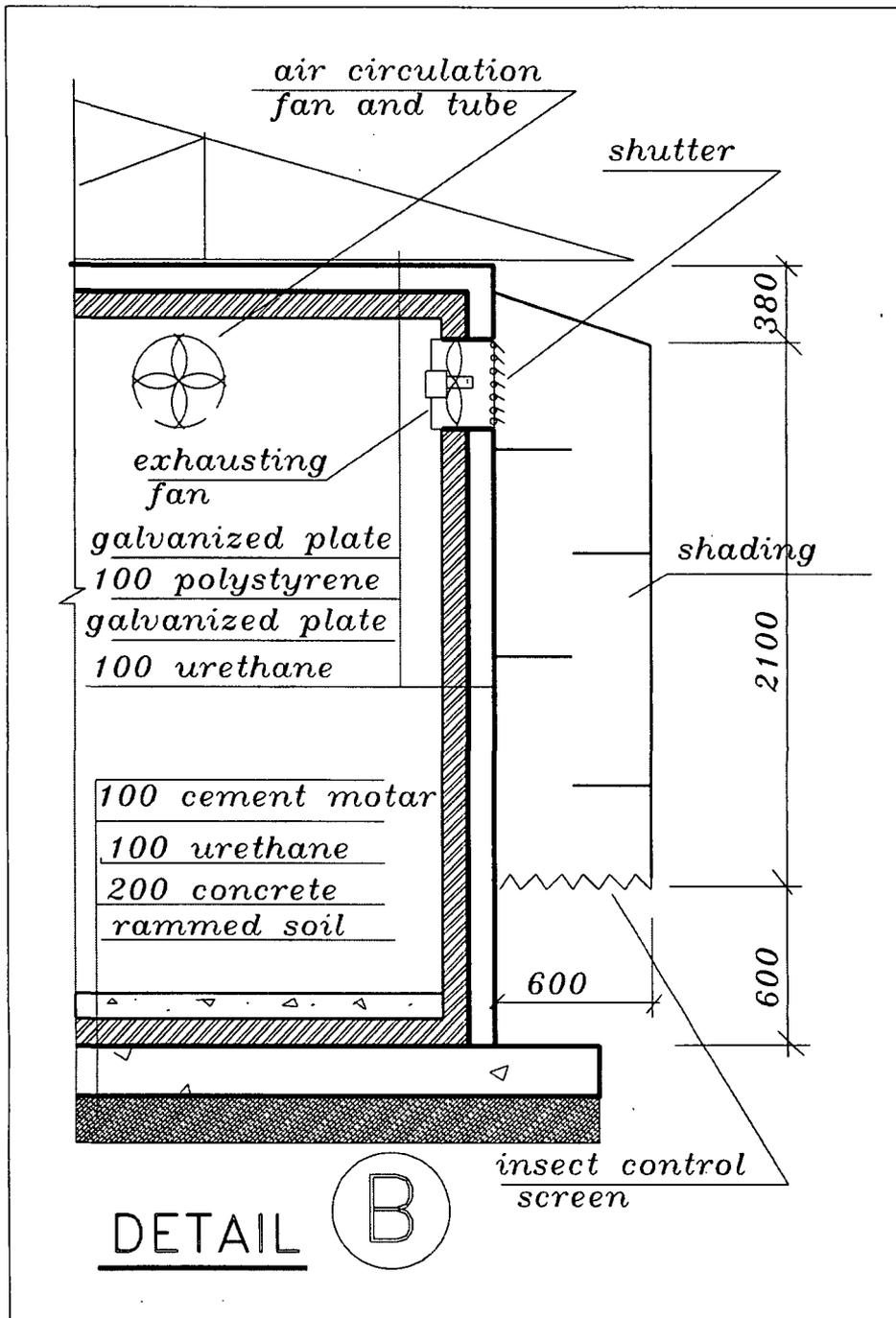
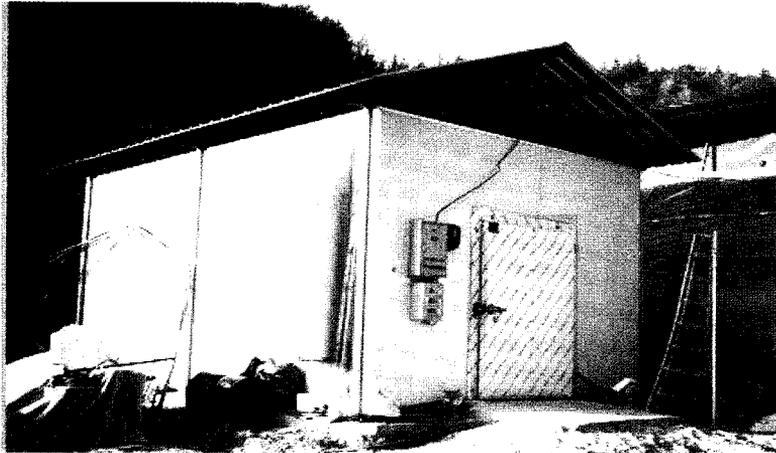


그림 9. 환기구 및 환기팬 상세도

카. 저온양봉사의 건축

벌통 1개당 저온양봉사의 소요공간을 0.6m^3 으로 하여, 120개의 벌통을 충분히 저장할 수 있도록 크기 $7.2\text{m} \times 4.2\text{m} \times 2.88\text{m}$ (양봉사내부 면적이 약 9평)인 저온양봉사를 97년 1월에 경상북도 영주(그림 2-10a)에 건축하였으며 1997년 10월에는 경기도 용인(그림 2-10b)에 저온양봉사를 건축하였다.



(a) 영주 저온양봉사(1996년 건축)



(b) 용인 저온양봉사(1997년 건축)

그림 2-10. 저온양봉사

제4절 저온양봉사의 환경요인 계측 방법

1. 측정시스템의 구성

가. 영주양봉사의 환경요인 측정시스템

1996년 영주지역에 건축된 저온양봉사 내부의 환경변화를 분석하기 위하여 내부 및 외부에 온도센서 11개와 습도센서 2개를 그림 2-11과 같이 설치하였으며, 센서에서 계측된 결과는 자동으로 컴퓨터에 저장되도록 계측시스템을 구성하였다.

저온양봉사내의 폭, 길이 및 높이별 온도변화를 분석하고자 저온양봉사 내부에 온도센서를 9점 설치하여 계측하였다. 하지만 1차년도('97. 2~3) 계측결과, 이 계측시스템은 정전시 데이터 손실의 우려가 있으며 재작동을 수동으로 하여야 하는 번거로움이 있어 2차년도('97. 11)부터는 표 2-5, 2-6 및 그림 2-13에서 보는 바와 같이, 정전시에도 연속측정이 가능한 자동계측시스템을 이용하여 저온양봉사 내부의 환경변화를 계측하였다. 온·습도 측정위치는 그림 2-12와 같이 저온양봉사 내부에 온도센서 2점과 습도센서 1점을 설치하고, 벌통내부에 온도센서 1점을 설치하였으며, 저온양봉사 외부에 온도센서와 습도센서 각각 1점씩 설치하였다.

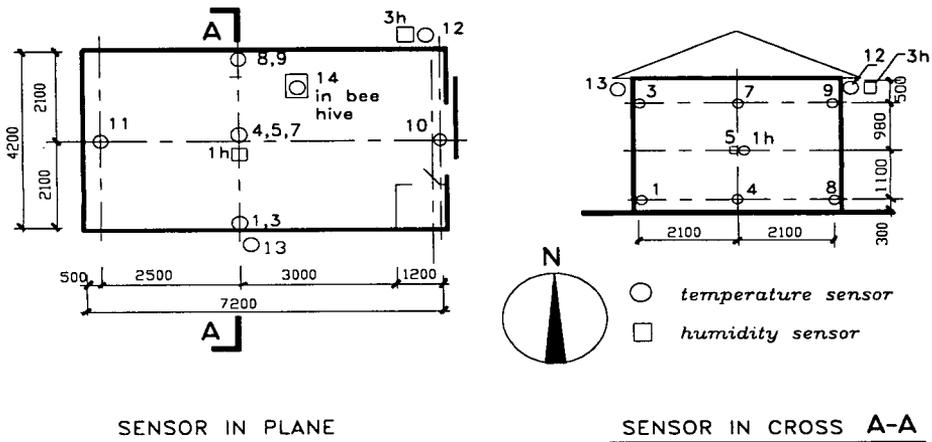


그림 2-11. 온·습도 측정위치 ('97. 2~'97. 3, 영주소재 저온양봉사)

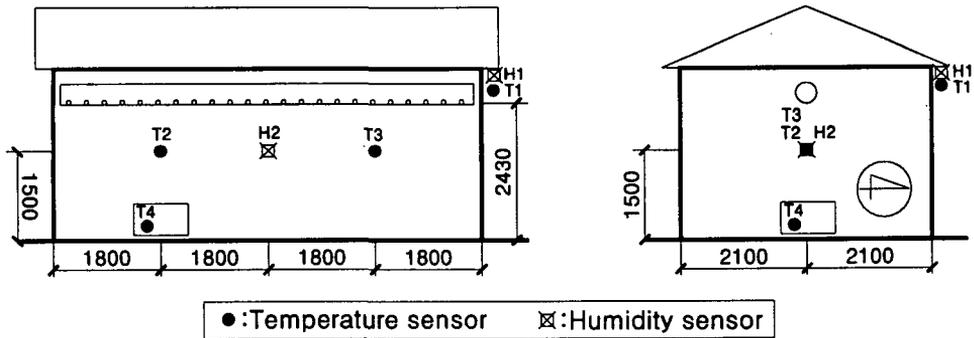


그림 2-12. 온·습도 측정위치 ('97. 11~'99. 2, 영주소재 저온양봉사)

표 2-5. 온도센서 제원

구 분	제 원	구 분	제 원
센서명	StowAway XTI	시간정확도	1hr/year
측정범위	-39℃ ~ 75℃	측정간격	초, 분, 시단위
정확도	0.6℃ ~ 1.0℃	데이터호환	Lotus, Excel, etc.
크기(cm)	4.57×4.83×1.52	бат데리 수명	2 year
메모리	8K(7944 measurements), 32K(32,520 measurements)		

표 2-6. 습도센서 제원

구 분	제 원	구 분	제 원
센서명	StowAway RH	시간정확도	1hr/year
측정범위	5% ~ 95%	측정간격	초, 분, 시단위
감응시간	2분	Repeatability	less than 2% (constant temperature)
정확도	±5% (실내)	데이터호환	Lotus, Excel, etc.
크기(cm)	4.57×4.83×1.52	бат데리 수명	2 year
메모리	8K(7944 measurements), 32K(32,520 measurements)		

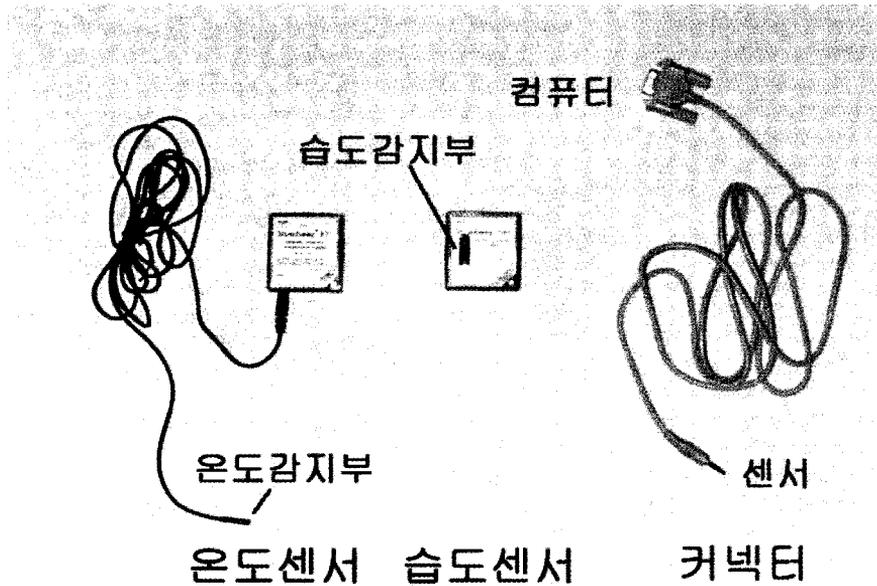


그림 2-13. 온·습도 자동계측기

나. 용인 저온양봉사의 환경요인 측정시스템

용인 저온양봉사의 환경요인 측정은 표 2-5, 표 2-6 및 그림 2-13과 같은 온·습도 계측기를 이용하여 계측·기록하였다. 이 측정시스템은 자동으로 측정, 기록 저장될 뿐만 아니라 정전시에도 측정 가능한 장점이 있다. 그리고, 온도 및 습도 측정위치는 그림 2-14와 같이 저온양봉사 내부에 온도센서 2점과 습도센서 1점을 설치하고, 벌통내부에 온도센서와 습도센서 각각 1점씩 설치하였으며, 저온양봉사 외부에 온도센서와 습도센서를 각각 1점씩 설치하였다. 또한 그림 2-15에서 보는 바와 같이 실내월동과 노지월동시 벌통내의 환경변화를 비교분석하고자 벌통내부에 온·습도센서를 각각 1점씩 설치하였다. 또한, 연구 3년차인 98년 11월~99년 2월까지의 저온양봉사에서 봉군을 월동시킬 경우 벌통의 적재층별 온습도 환경을 파악하고자 층별로 온·습도센서를 각각 1점씩 설치하였다.

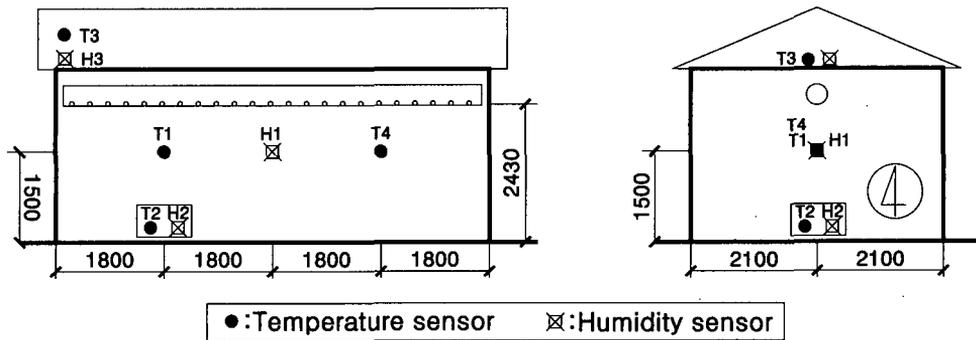
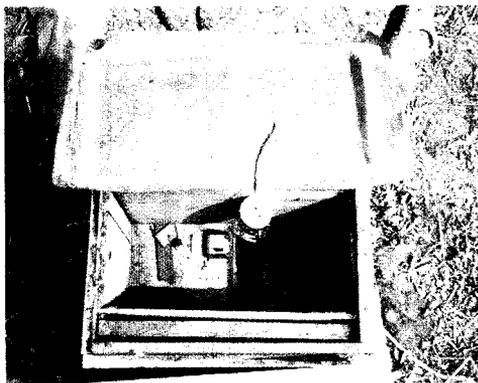
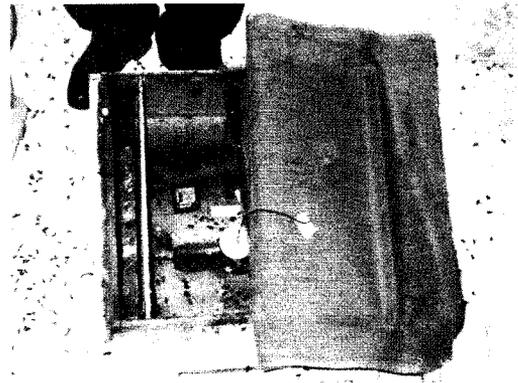


그림 2-14. 온도 및 습도 측정위치(용인소재 저온양봉사)



(a) 노지월동



(b) 실내월동

그림 2-15. 벌통내의 온·습도센서

다. Thermo-tracer에 의한 열환경 분석방법

농업시설의 내부 환경조절은 매우 복잡하고 다양한 요인들에 의하여 지배되며 환경조건에 따라서 동·식물의 생육은 크게 영향을 받는다. 농업시설에서 온도의 측정 은 가장 중요한 환경요인의 하나이며 일반적으로 열전대, 전기저항, 열팽창, 그리고 복사 등을 이용한 측정법이 널리 사용되고 있다. 그러나 이러한 측정법은 실시간

현장분석이 어려우므로 현장에서 계측한 후 실험실에서 분석이 이루어지는 것이 일반적이다. 또한 생물생산환경에 관계된 계측은 대상물을 손상시키지 않도록 계측하여야 하는 제약이 따르므로 농업시설물내 미기상을 공존하고 있는 생체를 손상시키지 않는 동시에 그들의 영향을 받지 않도록 계측하는데 어려움이 있다. 하지만, Thermo-tracer는 적외선을 이용한 온도분석기이며, 절대영도(-273℃)이상의 물체는 모두 적외선의 영역에서 에너지를 방사하고 있기 때문에 이를 검출하여 온도를 측정하는 장치이다. 따라서, 계측 대상물을 손상시키지 않고 현장에서 바로 열환경을 분석할 수 있는 장점이 있다.

선진국에서는 뛰어난 열감지력과 분해능 및 주사선을 선택등의 기능으로 인하여 PLANT, 건축, 토목, 전기, 전자등의 분야에서 Thermo-tracer를 널리 활용하고 있으며 특히 공정감시 및 건물과 하부조직 검사분야에서 광범위하게 적용되고 있는 실정이고 실험실 및 현장에서 물질의 비파괴검사에 주로 활용되고 있다. 하지만 이를 이용한 농업시설물의 열환경 분석 및 관리에 관한 연구는 거의 없는 실정이다.

이러한 시점에서 저온양봉사 내부의 열환경을 Thermo-tracer 측정시스템을 이용하여 측정·분석함으로써, 농업시설물의 열환경 분석 및 관리에 유용하게 활용하려한다.

저온양봉사 내부와 벌통내의 온도분포를 Thermo-tracer를 이용하여 계측하여 저온양봉사의 성능을 가시적으로 점검하였다. 본 연구에 사용된 Thermo-tracer 측정시스템의 외형과 제원은 그림 2-16과 표 2-7에서 보는 바와 같으며 특징은 다음과 같다.

- ① 열화상화질이 우수하다.
- ② 소형·경량이고 고속 측정 및 고화질(1/22초의 고속 frame time)이므로 휴대가 용이하고 이동계측이 가능하다.
- ③ 측정시야각이 넓고 착탈식의 5" TFT LCD를 탑재하였으므로 협소한 장소에서도 계측이 가능하다.
- ④ 완전자동기능을 가지고 있기 때문에 측정과 분석이 용이하다.
- ⑤ 메모리 카드를 이용하여 측정데이터의 저장이 용이하다.
- ⑥ 분석용 프로그램을 통하여 분석이 용이하며 다른 프로그램과 호환성이 우수하다.

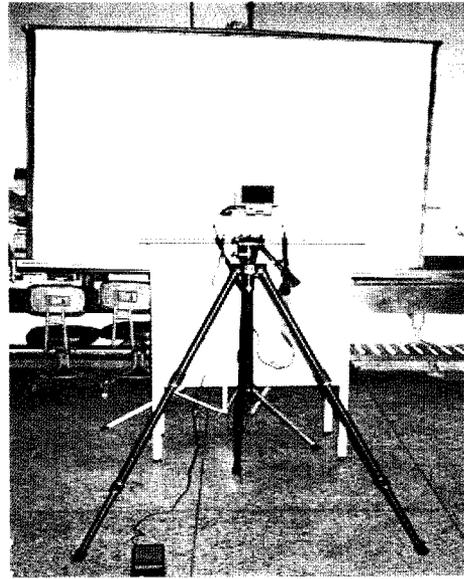
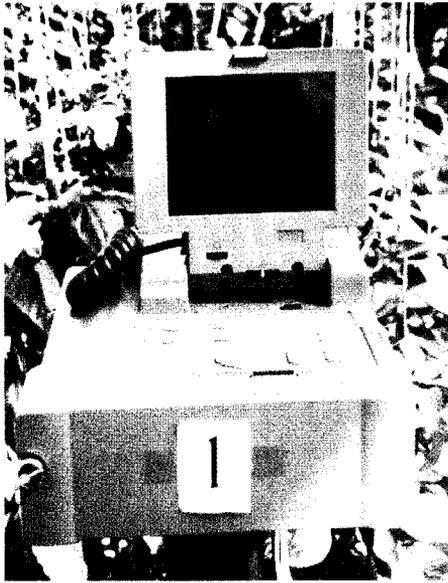


그림 2-16. Thermo-tracer

표 2-7. Thermo-tracer의 제원

구 분	내 용	구 분	내 용
온도측정 범 위	범위 1 : -10~200℃ 범위 2 : 100~800℃	A/D 분해능	12 bits
온 도 분 해 능	범위 1 : 0.1℃(30℃에서) 범위 2 : 0.3℃(100℃에서)	주변온도 보 정	가능
측정오차	전 범위에서 ±1.0%	방 사 율 보 정	1.00~0.10 (0.01간격)
스펙트럼 파장범위	3 ~ 5.3 μm(반치폭)	사용주변 온 도	0~40℃, RH 90%이하
검 출 기	HgCdTe(수은-카드늄-텔루륨 화합물 검출기)	저장온도	-20~50℃, RH 90%이하
주 사 각	21.5° (수평) × 21.5° (수직)	전 원	100V, 220V, 240V, AC 아답타, 충전용 배터리 DC 12V
관찰범위	2.2 mrad	전력소모	약 20W
초점거리	30cm에서 무한대	제 원	198(W)×93(H)×210(D)mm
측정모드	일반모드(0.65초), 고속모드 1(1/22초), Interpolation 고속모드 2(1/22초), Interlace	무 게	약 2.5kg(배터리 제외)
화상원소수	255(수평)×233(수직) pixels		

2. 환기팬 작동방식 및 측정기간

가. 환기팬 작동방식

저온양봉사 내부의 온·습도 조절의 유일한 수단인 환기팬의 작동방식은 두가지로 구분된다. 환기팬 작동방식 A와 B는 표 2-8에서 보는 바와 같이 저온양봉사 내부 온도만을 고려한 작동방식과 저온양봉사 내·외부온도를 동시에 고려한 작동방식이다.

표 2-8. 환기팬 작동방식

환기팬 작동방식 A		환기팬 작동방식 B	
$T_{in} > 6^{\circ}\text{C}$	연속작동	$T_o > 9^{\circ}\text{C}$	3분 작동, 27분 정지
$T_{in} \leq 6^{\circ}\text{C}$	3분 작동, 27분 정지	$T_o \leq 9^{\circ}\text{C}$	$T_{in} \leq 6^{\circ}\text{C}$, 3분작동, 27분정지
			$T_{in} > 6^{\circ}\text{C}$, 연속작동

※ T_{in} : 저온양봉사 내부온도, T_o : 저온양봉사 외부온도, 팬용량 : $18.5\text{m}^3/\text{min} \times 2\text{대}$

나. 저온양봉사 실험기간

1) 영주의 월동용 저온양봉사 실험기간

연구 1차년도인 96년 12월에 착공하여 97년 1월에 완공된 영주 저온양봉사의 성능점검을 위한 실험기간은 표 2-9에서 보는 바와 같이, 제1차는 '97년 2월 19일부터 '97년 3월 13일까지로서 저온양봉사의 환기팬을 작동방식 A로 하여 저온양봉사 성능 실험을 수행하였으며, 제2차는 '97년 11월 21일~'98년 3월 4일, 제3차는 '98년

11월 29일~'99년 2월 18일까지로서 저온양봉사의 환기팬을 작동방식 B로 하여 저온양봉사 내·외부의 온·습도를 측정하여 저온양봉사 성능을 분석하였다.

표 2-9. 영주양봉사 측정기간 및 환기팬 작동방식

구 분	실 험 기 간	환기팬 작동방식
1차	'97년 2월 19일 ~ '97년 3월 13일	작동방식 A
2차	'97년 11월 21일 ~ '98년 3월 4일	작동방식 B
3차	'98년 11월 29일 ~ '99년 2월 18일	작동방식 B

다. 용인의 월동용 저온양봉사 실험기간

연구 2차년도인 97년 9월에 착공하여 10월에 완공된 용인 저온양봉사의 실험기간은 표 2-10과 같이 제1차 실험은 '97년 11월 13일~'98년 3월 20일, 제2차 실험은 '98년 11월 29일~'98년 2월 22일까지 환기팬 작동방식을 전기간 작동방식 A로 하여 저온양봉사 내·외부의 온·습도를 측정 분석하였다.

표 2-10. 용인 저온양봉사 실험기간

구 분	실 험 기 간	환기팬 작동방식
1차	'97년 11월 13일 ~ '98년 3월 20일	작동방식 A
2차	'98년 11월 29일 ~ '98년 2월 22일	작동방식 A

제5절 저온양봉사의 환경조절 성능

1. 저온양봉사 내부의 공기순환

그림 2-17과 그림 2-18은 저온양봉사 내부의 길이방향에 대한 평균온도의 변화를 도시한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 저온양봉사내 길이방향의 온도 변화는 주야간 모두 온도편차가 1℃미만으로 나타나 온도분포가 균일함을 알 수 있었다.

그림 2-19과 그림 2-20은 저온양봉사 내부의 폭 방향에 대한 평균온도의 변화를 나타낸 것으로 폭 방향의 온도변화도 길이방향의 경우와 마찬가지로 내부온도의 편차가 1℃미만으로 균일하게 나타났다. 따라서, 순환팬에 의한 저온양봉사 내부공기의 순환이 잘 이루어지는 것으로 나타났다.

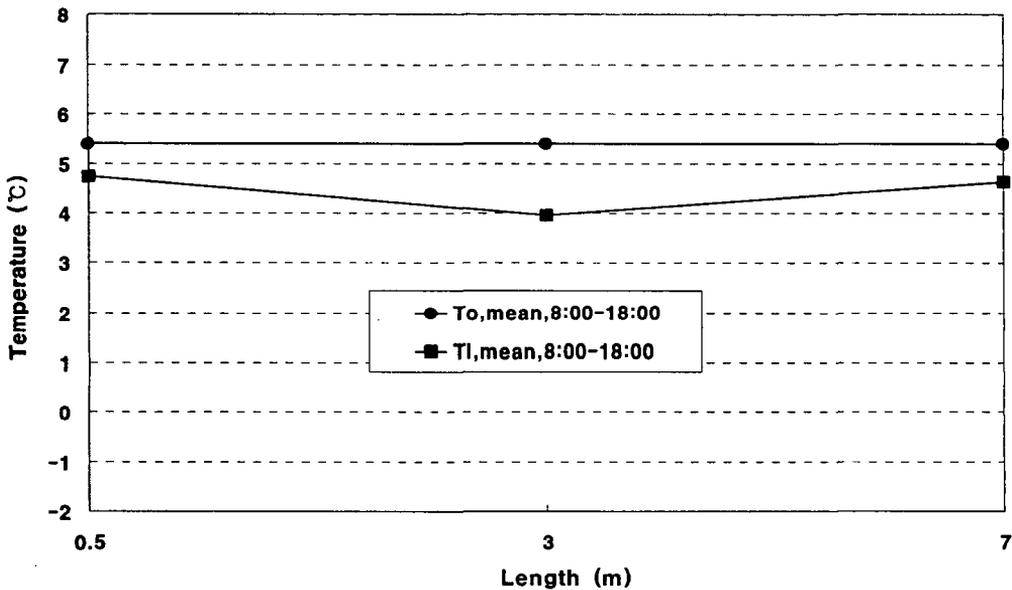


그림 2-17. 저온양봉사 내부의 길이방향에 대한 평균온도의 변화
(주간 ; '97. 2. 19 08:00~18:00)

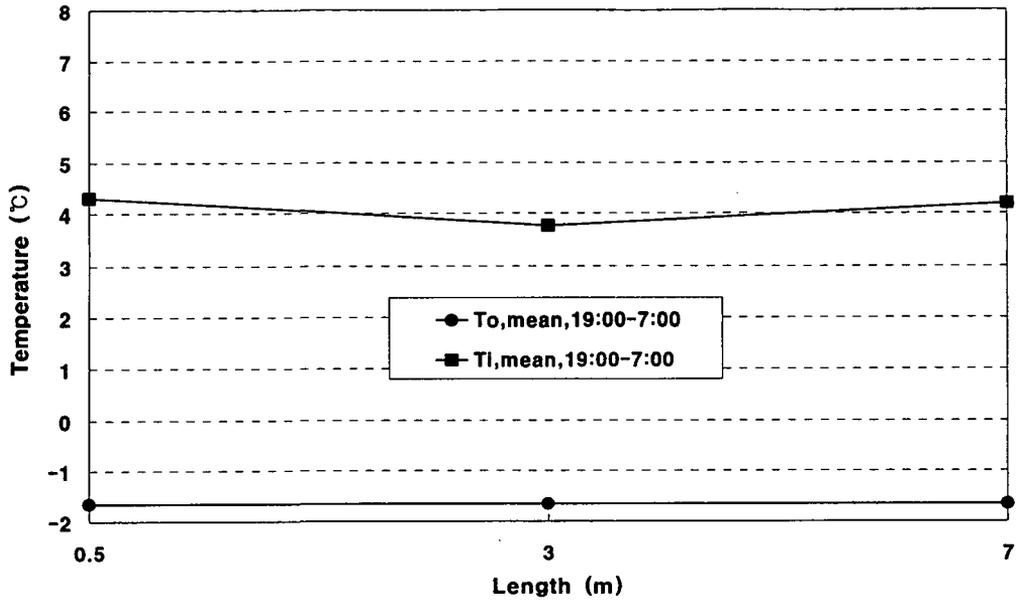


그림 2-18. 저온양봉사 내부의 길이방향에 대한 평균온도의 변화
(야간 ; '97. 2. 19 19:00~07:00)

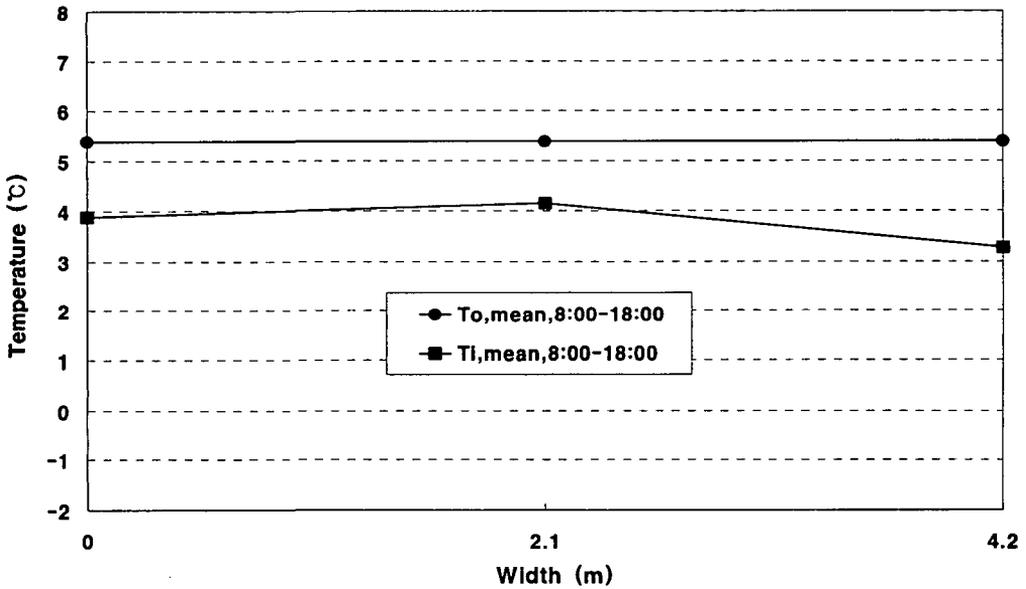


그림 2-19. 저온양봉사 내부의 폭방향에 대한 평균온도의 변화
(주간 ; '97. 2. 19 08:00~18:00)

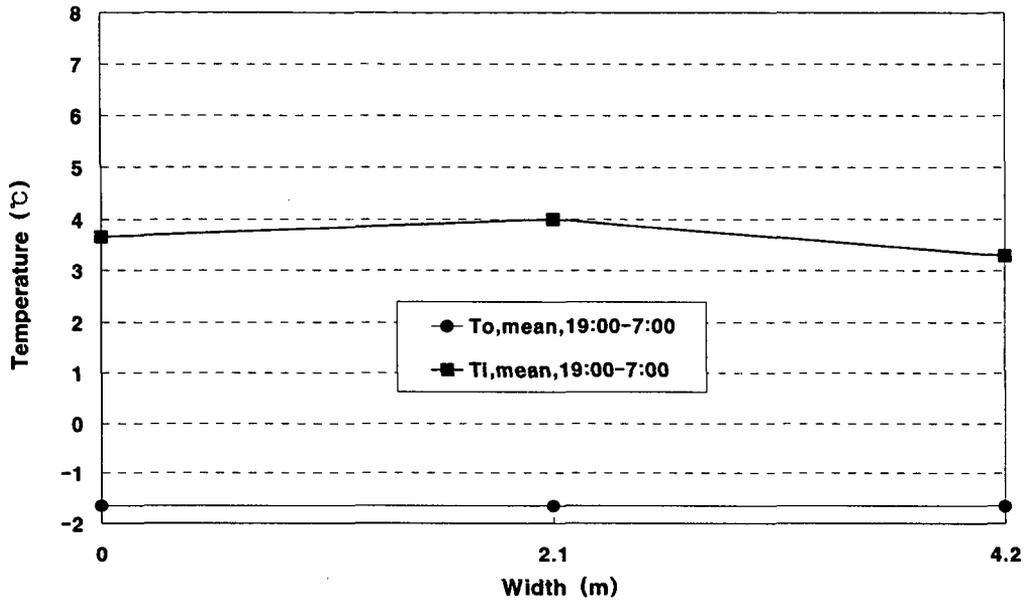


그림 2-20. 저온양봉사 내부의 폭방향에 대한 평균온도의 변화
(야간 ; '97. 2. 19 19:00~07:00)

2. 저온양봉사의 온도환경 조절 성능

가. 대구근교(경북 영주) 저온양봉사의 내부온도 변화

1) 1차년도 ('96. 9~'97. 9)

가) 측정 전기간 동안의 일기온 변화

1차년도에는 저온양봉사 건축이 다소 늦게되어 계측기간이 20일('97. 2. 19~'97. 3. 13)에 불과하였다. 표 2-11 및 그림 2-21은 계측 전기간('97. 2. 19~'97. 3. 13)동안 저온양봉사 내·외부 및 벌통내 기온변화를 나타낸 것으로서, 외기온이 -6.2°C ~

20.9℃(평균온도 6.5℃)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은 1.6℃~15.9℃(평균온도 8.7℃)범위였으며 벌통 내부온도는 2.5℃~16.6℃(평균온도 10.0℃)범위에서 변화하였다. 계측기간 20일 동안 월동용 저온양봉사 내기온이 최고온도가 9℃이상되는 일수가 14일이었으며 평균온도가 9℃이상되는 일수는 6일로 조사되어 꿀벌이 월동하기에는 다소 높은 기온변화를 나타내었다.

표 2-11. 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온 변화 ('97. 2. 19~'97. 3. 13)

구 분	양봉사 외기온	양봉사 내기온	벌통내기온
최 고 온 도 (℃)	20.9	15.9	16.6
최 저 온 도 (℃)	-6.2	1.6	2.5
평 균 온 도 (℃)	6.5	8.7	10.0

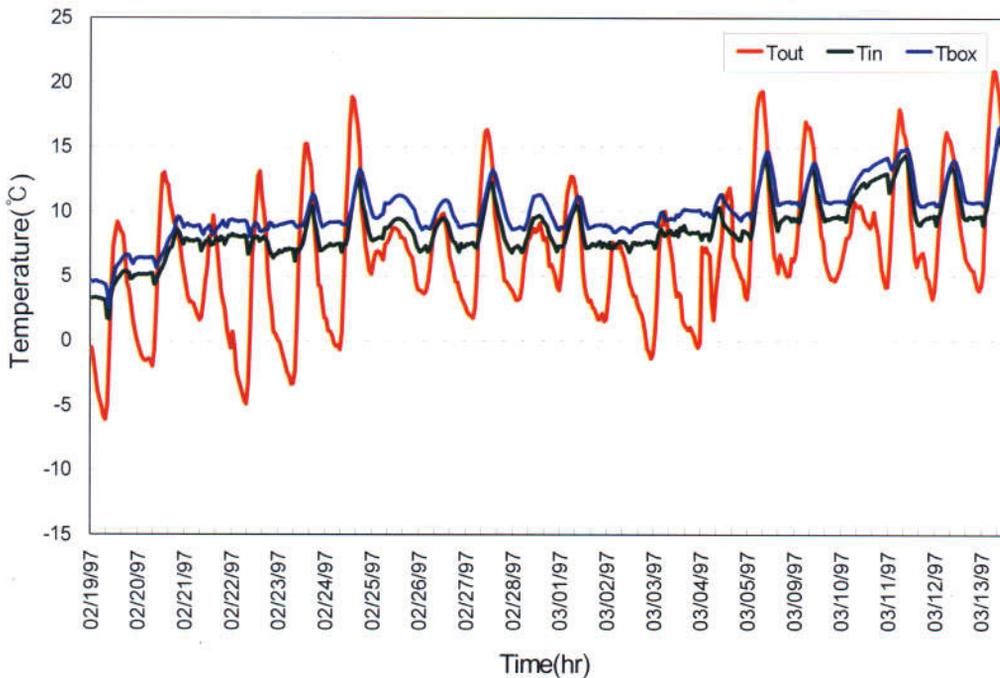


그림 2-21. 계측 전기간동안 저온양봉사 내·외부 및 벌통내 기온변화

20.9℃(평균온도 6.5℃)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은 1.6℃~15.9℃(평균 온도 8.7℃)범위였으며 벌통 내부온도는 2.5℃~16.6℃(평균온도 10.0℃)범위에서 변화하였다. 계측기간 20일 동안 월동용 저온양봉사 내기온이 최고온도가 9℃이상되는 일수가 14일이었으며 평균온도가 9℃이상되는 일수는 6일로 조사되어 꿀벌이 월동하기에는 다소 높은 기온변화를 나타내었다.

표 2-11. 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온 변화 ('97. 2. 19~'97. 3. 13)

구 분	양봉사 외기온	양봉사 내기온	벌통내기온
최 고 온 도 (℃)	20.9	15.9	16.6
최 저 온 도 (℃)	-6.2	1.6	2.5
평 균 온 도 (℃)	6.5	8.7	10.0

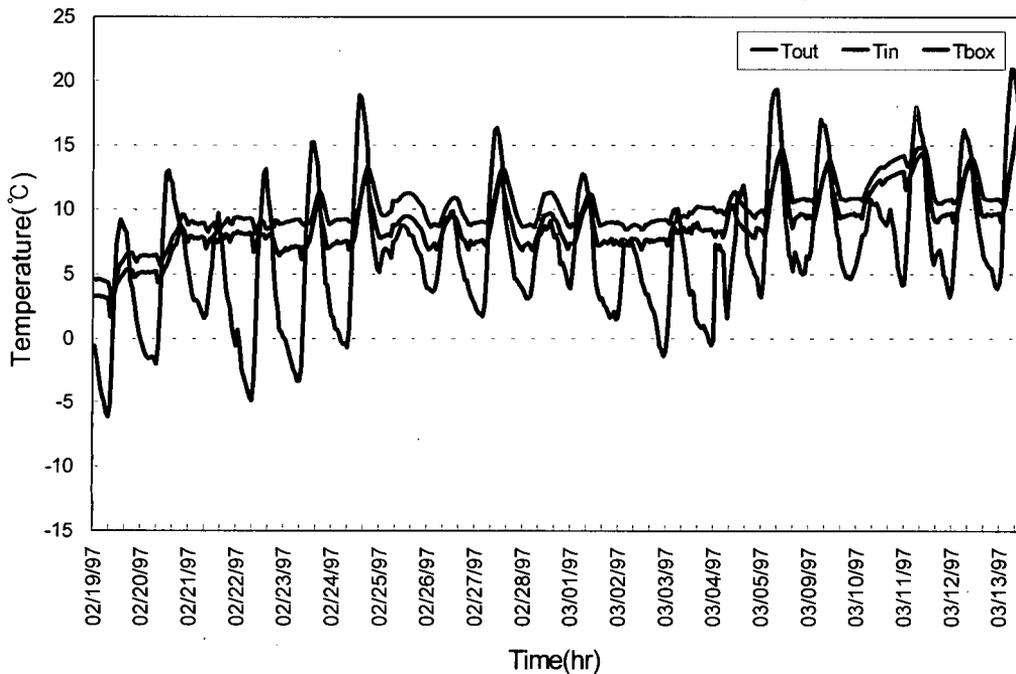


그림 2-21. 계측 전기간동안 저온양봉사 내·외부 및 벌통내 기온변화

나) 계측기간중 외기온이 최저일 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온 변화

계측기간중 외기온이 최저일 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온변화는 표 2-12 및 그림 2-22에서 보는 바와 같이, 외기온이 $-6.2^{\circ}\text{C} \sim 9.2^{\circ}\text{C}$ (평균온도 1.6°C) 범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은 $1.6^{\circ}\text{C} \sim 5.3^{\circ}\text{C}$ (평균온도 3.9°C)범위로 꿀벌이 월동하기에 적합한 온도범위를 나타냈으며, 벌통 내부온도는 $2.5^{\circ}\text{C} \sim 6.6^{\circ}\text{C}$ (평균온도 5.1°C)범위에서 변화하여 저온양봉사 내기온보다 평균 1°C 정도 높게 나타났으나 꿀벌이 월동하는데 필요한 적정 온도범위($2^{\circ}\text{C} \sim 9^{\circ}\text{C}$)내에 들었다.

표 2-12. 외부온도가 낮을 때 저온양봉사 내·외부온도('97. 2. 19)

구 분	양봉사 외기온	양봉사 내기온	벌통내기온
최 고 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	9.2	5.3	6.6
최 저 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	-6.2	1.6	2.5
평 균 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	1.6	3.9	5.1

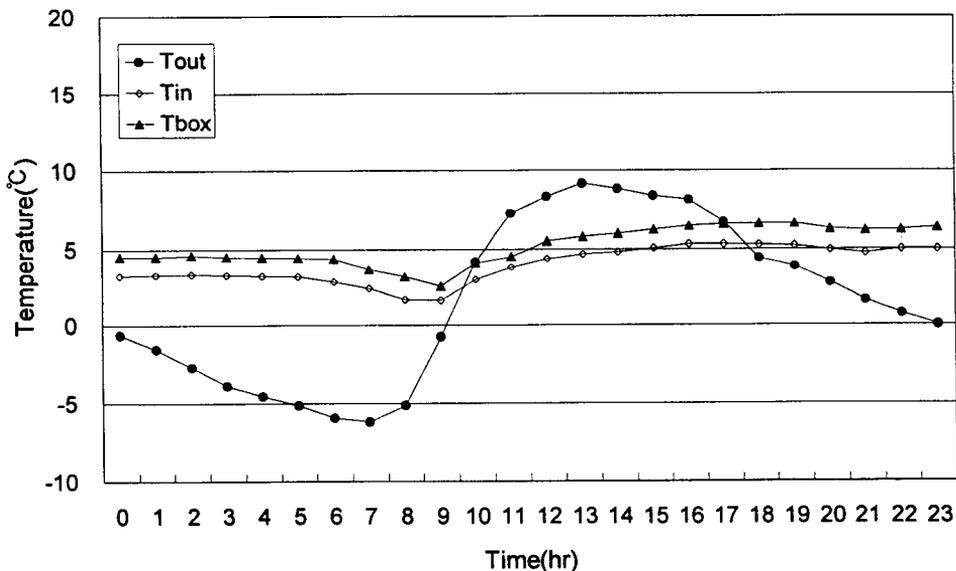


그림 2-22. 외기온이 낮을 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온 변화 ('97. 2. 19)

다) 계측기간중 외기온이 최고일 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온 변화

계측 전기간중 외기온이 최고일 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온 변화는 표 2-13 및 그림 2-23에서 보는 바와 같이, 외기온이 5.0℃~16.9℃(평균온도 9.8℃)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은 9.1℃~13.3℃(평균온도 10.5℃)범위였으며 벌통 내부온도는 10.4℃~13.7℃(평균온도 11.5℃)범위에서 변화하여 꿀벌이 월동하는 공간인 저온양봉사 및 벌통 내부온도가 다소 높은 경향을 나타내었다. 따라서, 월동용 저온양봉사 내부온도의 과다상승을 억제할 수 있도록 저온양봉사의 환경조절 수단인 환기팬 작동방식의 개선이 필요한 것으로 나타났다.

표 2-13. 외부온도가 최고일 때, 저온양봉사 내부의 온도변화(영주, '97. 3. 9)

구 분	양봉사 외기온	양봉사 내기온	벌통내기온
최 고 온 도 (℃)	16.9	13.3	13.7
최 저 온 도 (℃)	5.0	9.1	10.4
평 균 온 도 (℃)	9.8	10.5	11.5

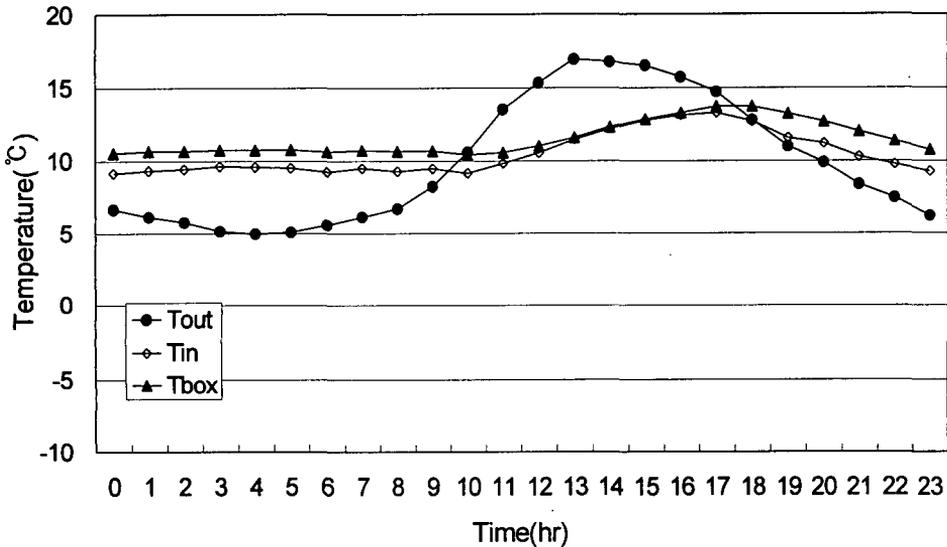


그림 2-23. 외기온이 높을 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 기온변화 ('97. 3. 9)

라) 저온양봉사 내·외부의 일 최저기온 변화

계측기간('97. 2. 19~'97. 3. 13)동안 저온양봉사 내·외부의 일 최저기온을 이용하여 저온양봉사의 성능을 분석한 결과는 표 2-14 및 그림 2-24와 같다. 외기온의 일 최저온도가 -6.2°C ~ 5.0°C (평균온도 0.8°C)범위내에서 변화할 때 저온양봉사 내기온의 일 최저온도는 1.6°C ~ 9.2°C (평균온도 7.0°C)범위내에서 변화하였다. 따라서, 꿀벌이 월동하는데 필요한 적정 온도범위를 유지할 수 있었다.

표 2-14. 영주양봉사내·외부 일 최저기온 변화('97. 2. 19~3. 13)

구 분	양봉사 외기온	양봉사 내기온
최 고 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	5.0	9.2
최 저 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	-6.2	1.6
평 균 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	0.8	7.0

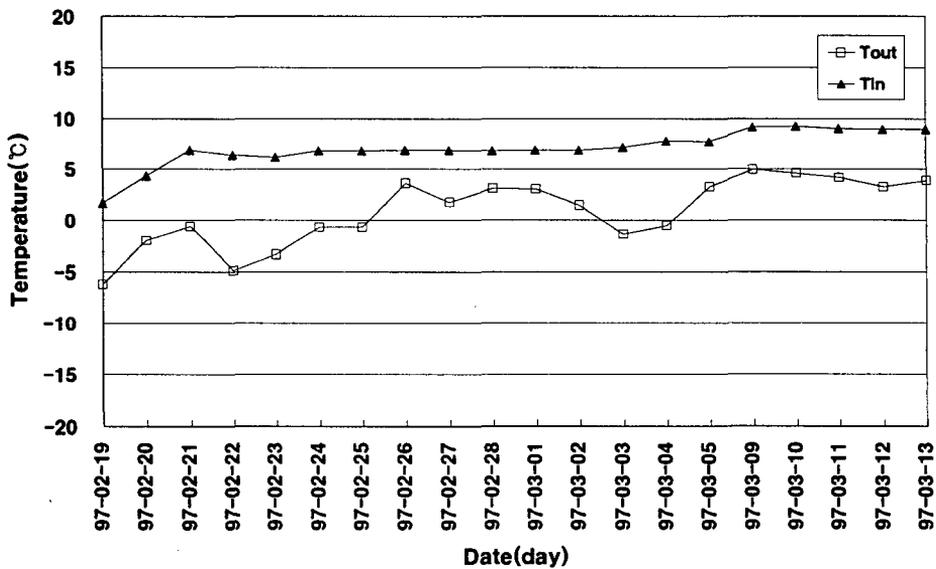


그림 2-24. 저온양봉사 내·외부의 일 최저기온 변화('97. 2. 19~3. 13)

마) 저온양봉사 내·외부의 일 최고기온변화

계측기간('97. 2. 19~'97. 3. 13)동안 저온양봉사내·외부의 일 최고기온을 이용하여 저온양봉사의 성능을 분석한 결과는 표 2-15 및 그림 2-25와 같다. 외기온의 일 최고온도가 5.0℃~20.9℃(평균온도 13.2℃)범위내에서 변화할 때 저온양봉사 내기온의 일 최고온도는 5.3℃~15.9℃(평균온도 10.7℃)범위내에서 변화하였다. 그리고, 외기온이 15℃이상일 때 저온양봉사 내기온은 10℃이상이 되어 꿀벌이 월동하는데 필요한 적정 온도범위를 벗어났다.

표 2-15. 영주양봉사내·외부 일 최고기온변화(97. 2. 19~97. 3. 13)

구 분	양봉사 외기온	양봉사 내기온
최 고 온 도 (℃)	20.9	15.9
최 저 온 도 (℃)	5.0	5.3
평 균 온 도 (℃)	13.2	10.7

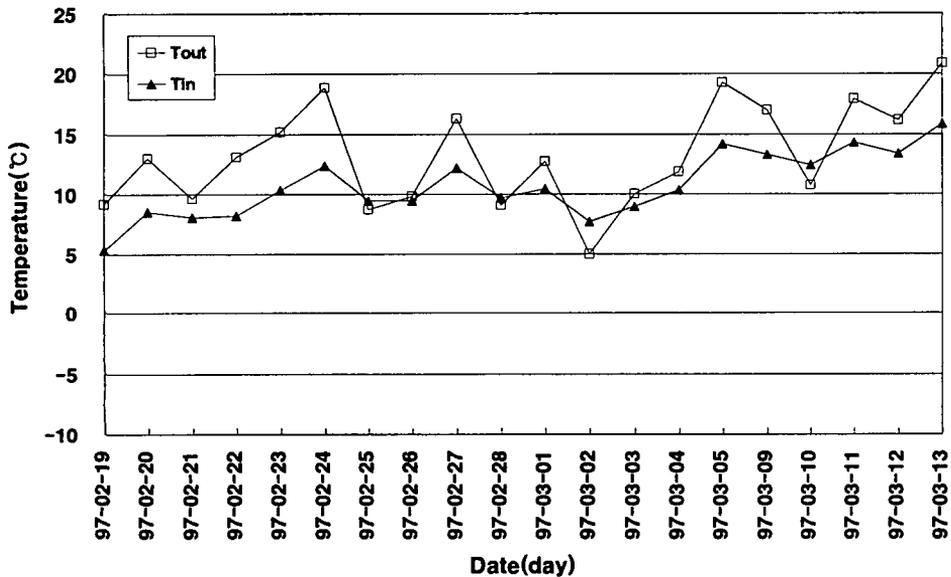


그림 2-25. 저온양봉사 내·외부의 일 최고기온변화(97. 2. 19~3. 13)

2) 2차년도 ('97. 10~'98. 10)

연구 1차년도에 저온양봉사의 성능을 분석한 결과, 계측 전기간동안 외기온이 $-6.2^{\circ}\text{C} \sim 20.9^{\circ}\text{C}$ (평균온도 6.5°C)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은 $1.6^{\circ}\text{C} \sim 15.9^{\circ}\text{C}$ (평균온도 8.7°C)범위내에서 변화하였으며 벌통 내부온도는 $2.5^{\circ}\text{C} \sim 16.6^{\circ}\text{C}$ (평균온도 10.0°C)범위에서 변화하였다. 계측기간 20일 동안 월동용 저온양봉사 내기온의 최고온도가 9°C 이상되는 날수가 14일, 평균온도가 9°C 이상되는 날수는 6일로 분석되어 꿀벌이 월동하기에는 다소 높은 기온변화를 나타내었다. 또한, 계측 전기간중 외기온이 최고일 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온변화를 분석한 결과, 외기온이 $5.0^{\circ}\text{C} \sim 16.9^{\circ}\text{C}$ (평균온도 9.8°C)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은 $9.1^{\circ}\text{C} \sim 13.3^{\circ}\text{C}$ (평균온도 10.5°C)범위였으며 벌통 내부온도는 $10.4^{\circ}\text{C} \sim 13.7^{\circ}\text{C}$ (평균온도 11.5°C)범위에서 변화하여 꿀벌이 월동하는 공간인 저온양봉사 및 벌통 내부온도가 다소 높은 경향을 나타내었다. 외기온이 15°C 이상 상승하면 저온양봉사의 내부온도는 10°C 이상으로 상승하여 꿀벌이 월동하는데 필요한 적정 온도범위를 벗어났다. 하지만 꿀벌은 몇 시간동안은 충분한 환기가 이루어지면 15°C 이상의 고온에서도 견딜 수 있으므로 꿀벌의 월동성적에는 큰 영향이 없었으나 월동기간중 꿀벌이 장기간 고온에 노출될 경우 월동성적이 불량할 것으로 판단되었다. 따라서, 저온양봉사의 성능 향상과 외기온이 높을 때 저온양봉사 내부온도의 과다상승을 억제하고자 시물레이션을 수행한 결과, 환기팬 작동방법에 따라 외기온이 높을 때 저온양봉사의 내부온도 상승을 최고 2.8°C 까지 억제할 수 있는 것으로 나타나 환기팬 작동방식을 개선하였다. 개선된 환기팬 작동방식으로 저온양봉사의 성능을 분석한 2차년도의 실험 결과는 다음과 같다.

가) 측정 전기간에 동안의 일기온 변화

표 2-16 및 그림 2-26은 계측 전기간('97. 11. 21~'98. 3. 4)동안 저온양봉사 내·

외부 및 벌통내 기온변화를 나타낸 것으로서, 외기온이 $-12.8^{\circ}\text{C} \sim 15.5^{\circ}\text{C}$ (평균온도 0.8°C)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은 $-0.6^{\circ}\text{C} \sim 9.7^{\circ}\text{C}$ (평균온도 5.8°C)범위였으며 벌통 내부온도는 $-0.1^{\circ}\text{C} \sim 10.8^{\circ}\text{C}$ (평균온도 7.0°C)범위에서 변화하였다. 계속 60일동안 저온양봉사 내기온의 최고온도가 9°C 이상 되는 일수가 7일에 불과하여 저온양봉사의 성능이 우수함을 알 수 있었다.

표 2-16. 저온양봉사내·외부 및 벌통내의 일기온 변화 ('97. 11. 21~'98. 3. 4)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부	벌통 내부
최 고 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	15.5	9.7	10.8
최 저 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	-12.8	-0.6	-0.1
평 균 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	0.8	5.8	7.0

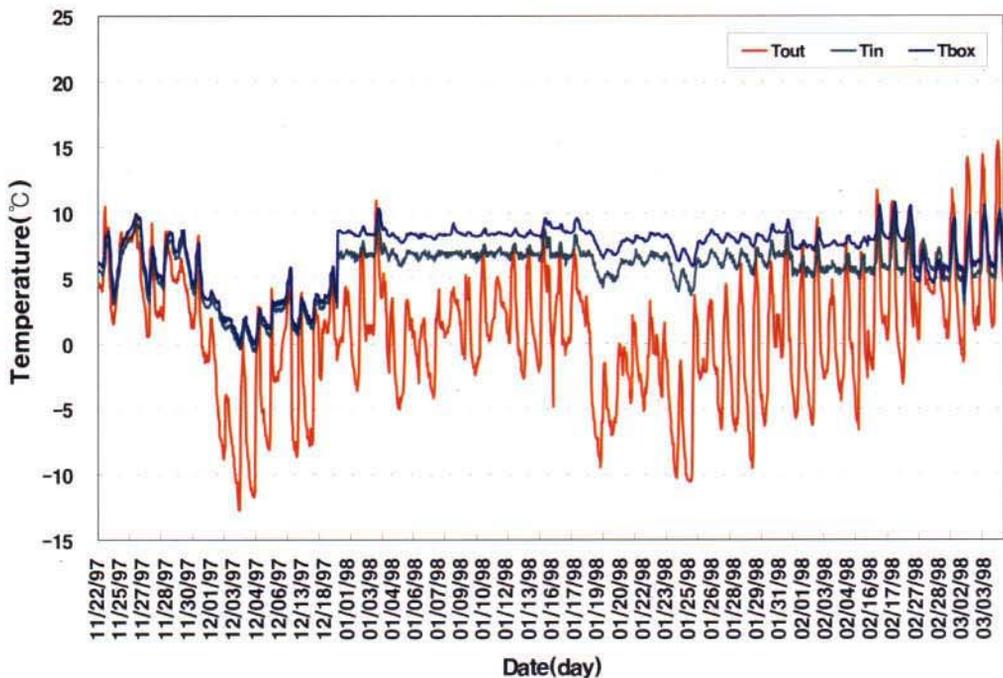


그림 2-26. 계속 전기간 동안 저온양봉사 내·외부 및 벌통내 기온 변화

외부 및 벌통내 기온변화를 나타낸 것으로서, 외기온이 $-12.8^{\circ}\text{C} \sim 15.5^{\circ}\text{C}$ (평균온도 0.8°C)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은 $-0.6^{\circ}\text{C} \sim 9.7^{\circ}\text{C}$ (평균온도 5.8°C)범위였으며 벌통 내부온도는 $-0.1^{\circ}\text{C} \sim 10.8^{\circ}\text{C}$ (평균온도 7.0°C)범위에서 변화하였다. 계측 60일동안 저온양봉사 내기온의 최고온도가 9°C 이상 되는 일수가 7일에 불과하여 저온양봉사의 성능이 우수함을 알 수 있었다.

표 2-16. 저온양봉사내·외부 및 벌통내의 일기온 변화 ('97. 11. 21~'98. 3. 4)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부	벌통 내부
최 고 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	15.5	9.7	10.8
최 저 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	-12.8	-0.6	-0.1
평 균 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	0.8	5.8	7.0

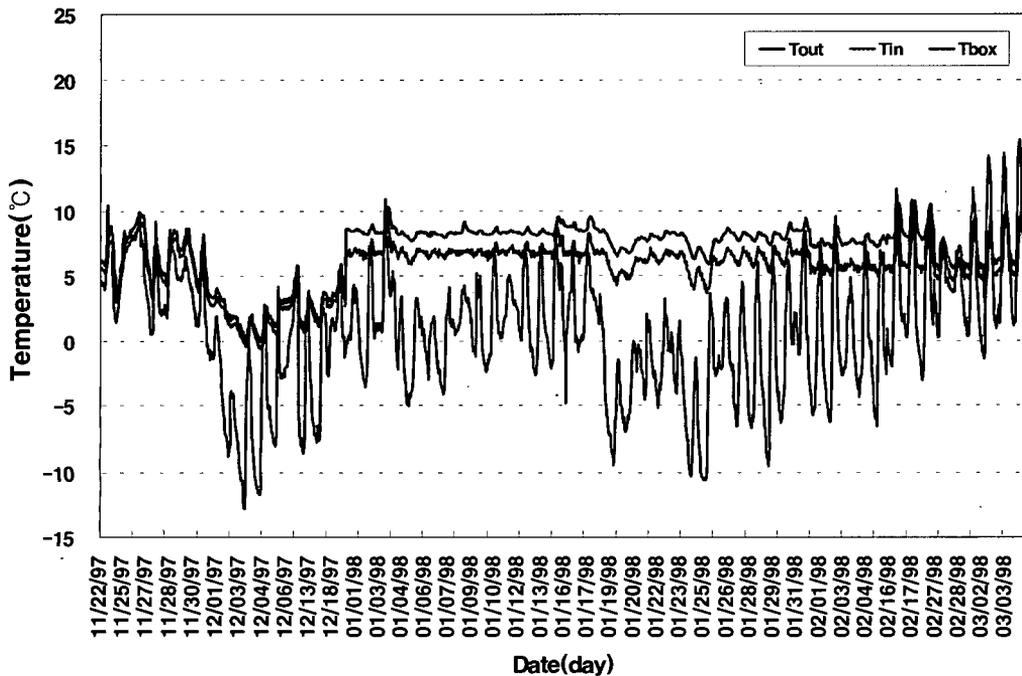


그림 2-26. 계측 전기간 동안 저온양봉사 내·외부 및 벌통내 기온 변화

나) 계측기간중 외기온이 최저일 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온 변화

계측 전기간중 외기온이 최저일 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온 변화는 표 2-17 및 그림 2-27에서 보는 바와 같이, 외기온이 $-12.8^{\circ}\text{C} \sim 0.2^{\circ}\text{C}$ (평균온도 -7.4°C)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은 $-0.4^{\circ}\text{C} \sim 1.6^{\circ}\text{C}$ (평균온도 0.5°C)범위였으며, 벌통 내부온도는 $0.0^{\circ}\text{C} \sim 2.1^{\circ}\text{C}$ (평균온도 1.0°C)범위에서 변화하여 꿀벌이 월동하는데 필요한 적정 온도범위($2^{\circ}\text{C} \sim 9^{\circ}\text{C}$)보다 약 $1.0^{\circ}\text{C} \sim 1.5^{\circ}\text{C}$ 정도 낮게 나타났다. 하지만, 계측기간 60일동안 저온양봉사의 내부평균온도가 2°C 미만으로 나타나는 일수가 5일에 불과하여 꿀벌의 월동에는 큰 영향이 미치지 않을 것으로 판단되었다.

표 2-17. 외부온도가 낮을 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통 내부온도 변화('97. 12. 3)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부	벌통 내부
최 고 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	0.2	1.6	2.1
최 저 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	-12.8	-0.4	0.0
평 균 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	-7.4	0.5	1.0

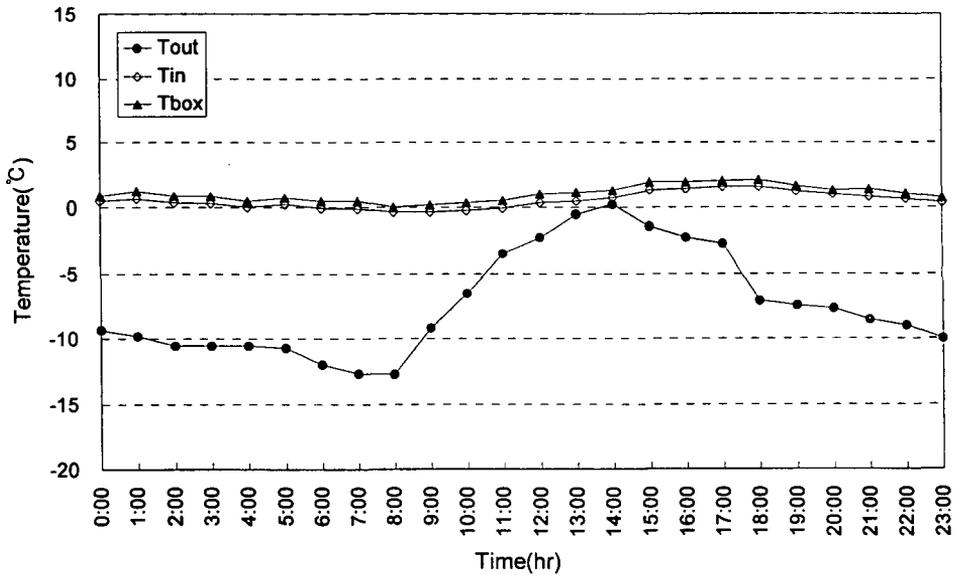


그림 2-27. 외기온이 낮을 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온 변화('97. 12. 3)

다) 계측기간중 외기온이 최고일 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온 변화

계측기간중 외기온이 최고일 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온 변화는 표 2-18 및 그림 2-28에서 보는 바와 같이, 외기온이 1.2℃~15.5℃(평균온도 7.1℃) 범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은 4.9℃~9.4℃(평균온도 6.6℃)범위였으며 벌통 내부온도는 5.6℃~10.2℃(평균온도 7.4℃)범위에서 변화하여 꿀벌이 월동하는데 적합한 온도범위를 유지할 수 있었으며, 외기온이 최고 15.5℃까지 상승하여도 저온양봉사 내부의 최고온도는 9.4℃, 벌통내부의 최고온도는 10.2℃로 나타나 환기팬 작동방식을 개선하여 고온억제효과를 얻을 수 있음을 확인할 수 있었다.

표 2-18. 외부온도가 최고일 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통 내부온도 변화('98. 3. 4)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부	벌통 내부
최 고 온 도 (℃)	15.5	9.4	10.2
최 저 온 도 (℃)	1.2	4.9	5.6
평 균 온 도 (℃)	7.1	6.6	7.4

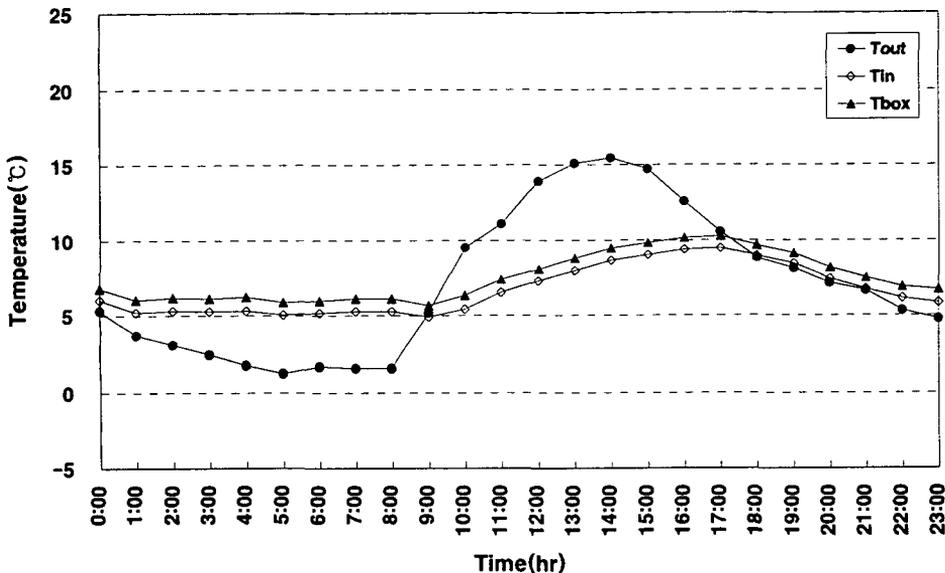


그림 2-28. 외기온이 높을 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온 변화 ('98. 3. 4)

라) 저온양봉사 내·외부의 일 최저기온 변화

계측기간('97. 11. 21~'98. 3. 4)동안 저온양봉사 내·외부의 일 최저기온을 이용하여 저온양봉사의 성능을 분석한 결과는 표 2-19 및 그림 2-29와 같다. 외기온의 일 최저온도가 $-12.8^{\circ}\text{C} \sim 3.8^{\circ}\text{C}$ (평균온도 -3.5°C)범위내에서 변화할 때 저온양봉사 내기온의 일 최저온도는 $-0.6^{\circ}\text{C} \sim 6.7^{\circ}\text{C}$ (평균온도 4.8°C)범위내에서 변화하여 꿀벌이 월동하는데 필요한 적정 온도범위를 유지함을 알 수 있었다.

표 2-19. 영주 저온양봉사 내·외부 일 최저기온('97. 11. 21~'98. 3. 4)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부
최 고 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	3.8	6.7
최 저 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	-12.8	-0.6
평 균 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	- 3.5	4.8

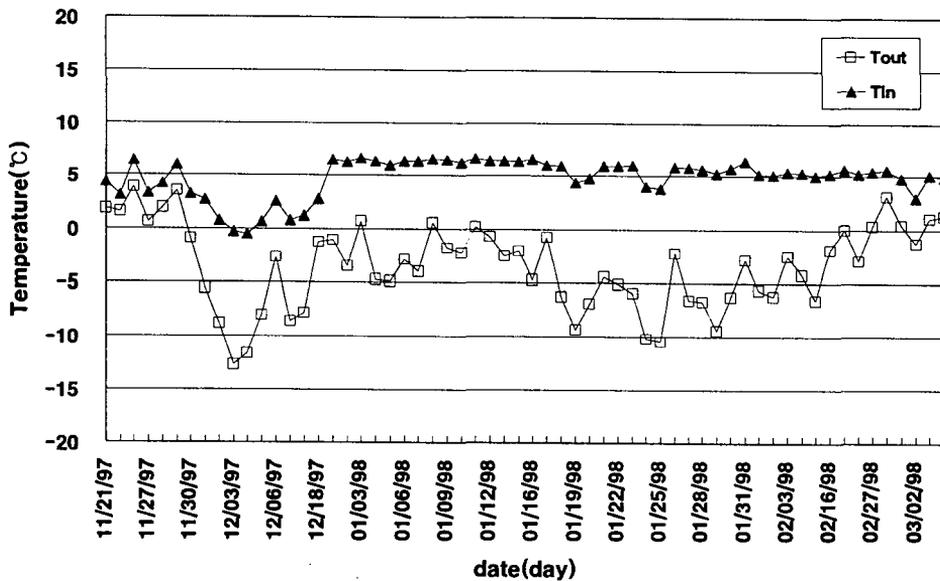


그림 2-29. 저온양봉사 내·외부의 일 최저기온 변화('97. 11. 21~'98. 3. 4)

마) 저온양봉사 내·외부의 일 최고기온 변화

계측기간('97. 11. 21~'98. 3. 4)동안 저온양봉사 내·외부의 일 최고기온을 이용하여 저온양봉사의 성능을 분석한 결과는 표 2-20 및 그림 2-30과 같다. 외기온의 일 최고온도가 $-3.9^{\circ}\text{C} \sim 15.5^{\circ}\text{C}$ (평균온도 6.1°C)범위내에서 변화할 때 저온양봉사 내기온의 일 최고온도는 $1.6^{\circ}\text{C} \sim 9.7^{\circ}\text{C}$ (평균온도 7.0°C)범위내에서 변화하였다. 따라서, 꿀벌이 월동하는데 필요한 적정 온도범위를 유지할 수 있었다.

표 2-20. 영주 저온양봉사 내·외부 일 최고기온 ('97. 11. 21~'98. 3. 2)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부
최 고 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	15.5	9.7
최 저 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	-3.9	1.6
평 균 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	6.1	7.0

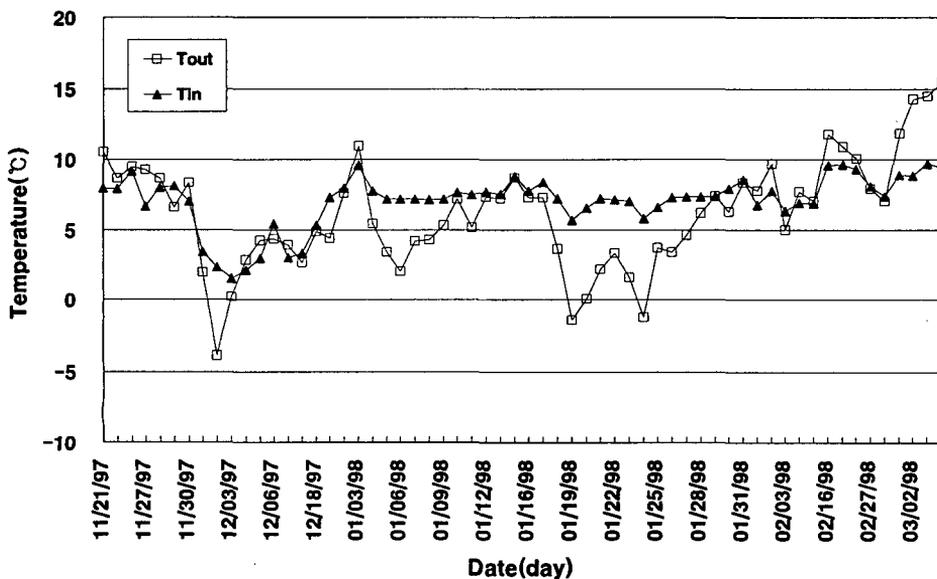


그림 2-30. 저온양봉사 내·외부의 일 최고기온 변화('97. 11. 21~'98. 3. 2)

3) 3차년도 ('98. 10~'99. 10)

외기온의 상승에 따른 저온양봉사 내부온도의 과다상승을 억제하고자 환기팬 작동방식을 개선하여 저온양봉사를 운용한 2차년도 연구결과, 계측 전기간('97. 11. 21~'98. 3. 4)동안 저온양봉사의 외기온이 $-12.8^{\circ}\text{C} \sim 15.5^{\circ}\text{C}$ (평균온도 0.8°C)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은 $-0.6^{\circ}\text{C} \sim 9.7^{\circ}\text{C}$ (평균온도 5.8°C)범위였으며 벌통 내부온도는 $-0.1^{\circ}\text{C} \sim 10.8^{\circ}\text{C}$ (평균온도 7.0°C)범위에서 변화하였다. 또한 계측기간중 외기온이 최고일 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온 변화를 분석한 결과, 외기온이 $1.2^{\circ}\text{C} \sim 15.5^{\circ}\text{C}$ (평균온도 7.1°C)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은 $4.9^{\circ}\text{C} \sim 9.4^{\circ}\text{C}$ (평균온도 6.6°C)범위였으며 벌통 내부온도는 $5.6^{\circ}\text{C} \sim 10.2^{\circ}\text{C}$ (평균온도 7.4°C)범위에서 변화하여 꿀벌이 월동하는데 적합한 온도범위를 유지할 수 있었다. 그리고, 계측기간중 외기온이 최저일 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온변화를 분석한 결과, 외기온이 $-12.8^{\circ}\text{C} \sim 0.2^{\circ}\text{C}$ (평균온도 -7.4°C)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은 $-0.4^{\circ}\text{C} \sim 1.6^{\circ}\text{C}$ (평균온도 0.5°C)범위였으며, 벌통 내부온도는 $0.0^{\circ}\text{C} \sim 2.1^{\circ}\text{C}$ (평균온도 1.0°C)범위에서 변화하여 꿀벌이 월동하는데 필요한 적정 온도범위($2^{\circ}\text{C} \sim 9^{\circ}\text{C}$)보다 약 $1.0^{\circ}\text{C} \sim 1.5^{\circ}\text{C}$ 정도 낮게 나타났다. 하지만, 저온양봉사의 내부평균온도가 2°C 이하로 낮게 나타나는 일수가 5일에 불과하여 꿀벌의 월동에는 큰 영향이 미치지 않을 것으로 판단되었다.

계측기간 60일동안 저온양봉사 내기온의 최고온도가 9°C 보다 높게 나타난 날수는 7일, 최저온도가 2°C 미만으로 나타난 날수는 5일에 불과하여 저온양봉사의 성능이 우수함을 알 수 있었다. 하지만, 저온양봉사 환경조절 시스템의 안정성과 성능 점검을 위한 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단되어 3차년도에도 저온양봉사 환경조절 성능을 파악하고자 저온양봉사 내·외부 및 벌통내 온습도환경을 계속 측정하였다.

실내월동을 위한 저온양봉사 건축의 기초자료와 환기팬에 의한 저온양봉사 환경조절 성능을 분석한 1차년도와 2차년도의 연구결과를 바탕으로 3차년도의 저온양봉사의 성능을 분석한 결과는 다음과 같다.

가) 측정 전기간 동안의 일기온 변화

표 2-21 및 그림 2-31은 계측기간('98. 11. 27~'99. 2. 20)동안 저온양봉사 내·외부 및 벌통내 기온변화를 나타낸 것으로서, 외기온이 $-16.7^{\circ}\text{C} \sim 13.5^{\circ}\text{C}$ (평균온도 -0.6°C)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은 $0.7^{\circ}\text{C} \sim 9.8^{\circ}\text{C}$ (평균온도 5.8°C)범위였으며 벌통 내부온도는 $3.2^{\circ}\text{C} \sim 9.9^{\circ}\text{C}$ (평균온도 5.5°C)범위에서 변화하였다. 계측기간 70일 동안 저온양봉사 내기온의 최고온도가 9°C 보다 크게 나타난 일수는 2일, 2°C 미만으로 나타난 일수는 1일에 불과하여 저온양봉사의 성능이 우수함을 알 수 있었다.

표 2-21. 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온('98. 11. 27~'99. 2. 20)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부	벌통 내부
최 고 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	13.5	9.8	9.9
최 저 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	-16.7	0.7	3.2
평 균 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	- 0.6	4.6	5.5

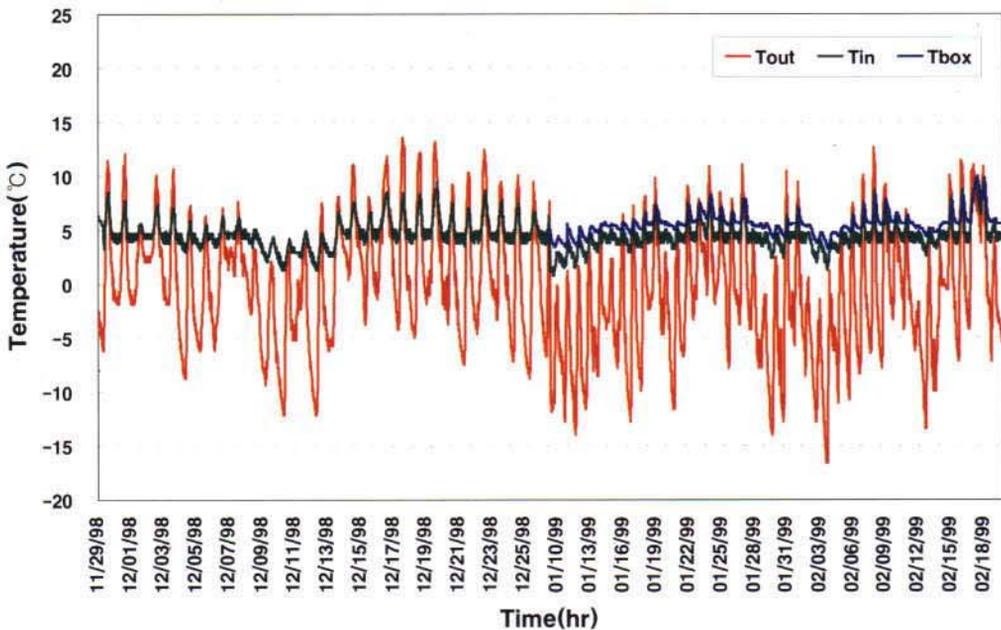


그림 2-31. 저온양봉사 내·외부 및 벌통내 기온 변화('98. 11. 27~'99. 2. 20)

가) 측정 전기간 동안의 일기온 변화

표 2-21 및 그림 2-31은 계측기간('98. 11. 27~'99. 2. 20)동안 저온양봉사 내·외부 및 벌통내 기온변화를 나타낸 것으로서, 외기온이 $-16.7^{\circ}\text{C} \sim 13.5^{\circ}\text{C}$ (평균온도 -0.6°C)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은 $0.7^{\circ}\text{C} \sim 9.8^{\circ}\text{C}$ (평균온도 5.8°C)범위였으며 벌통 내부온도는 $3.2^{\circ}\text{C} \sim 9.9^{\circ}\text{C}$ (평균온도 5.5°C)범위에서 변화하였다. 계측기간 70일 동안 저온양봉사 내기온의 최고온도가 9°C 보다 크게 나타난 일수는 2일, 2°C 미만으로 나타난 일수는 1일에 불과하여 저온양봉사의 성능이 우수함을 알 수 있었다.

표 2-21. 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온('98. 11. 27~'99. 2. 20)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부	벌통 내부
최 고 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	13.5	9.8	9.9
최 저 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	-16.7	0.7	3.2
평 균 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	- 0.6	4.6	5.5

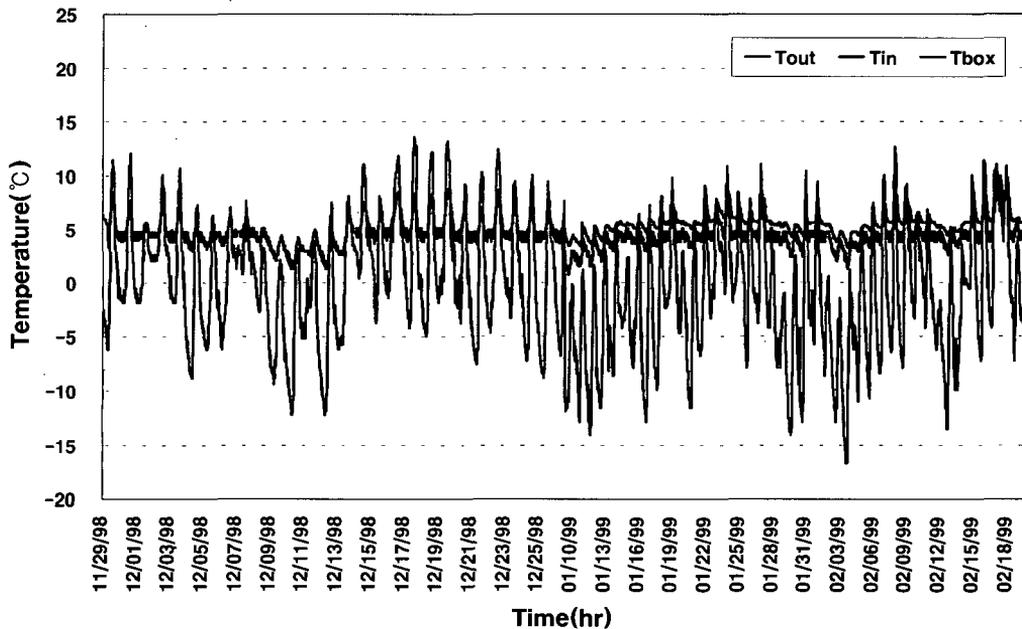


그림 2-31. 저온양봉사 내·외부 및 벌통내 기온 변화('98. 11. 27~'99. 2. 20)

나) 계측기간중 외기온이 최저일 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온 변화

계측기간중 외기온이 최저일 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온 변화는 표 2-22 및 그림 2-32에서 보는 바와 같이, 외기온이 $-16.7^{\circ}\text{C} \sim 1.2^{\circ}\text{C}$ (평균온도 -8.2°C)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은 $1.2^{\circ}\text{C} \sim 4.0^{\circ}\text{C}$ (평균온도 2.8°C)범위였으며, 벌통 내부온도는 $3.2^{\circ}\text{C} \sim 4.7^{\circ}\text{C}$ (평균온도 4.0°C)범위에서 변화하였다. 저온양봉사 내부온도가 다소 낮게 나타났으나 꿀벌이 발산하는 열 영향과 꿀벌이 월동하는 직접적인 공간인 벌통내 온도는 적정범위에 들어가 꿀벌의 월동에는 큰 영향이 미치지 않을 것으로 판단되었다.

표 2-22. 외부온도가 낮을 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통 내부온도('99. 2. 4)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부	벌통 내부
최 고 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	1.2	4.0	4.7
최 저 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	-16.7	1.2	3.2
평 균 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	-8.2	2.8	4.0

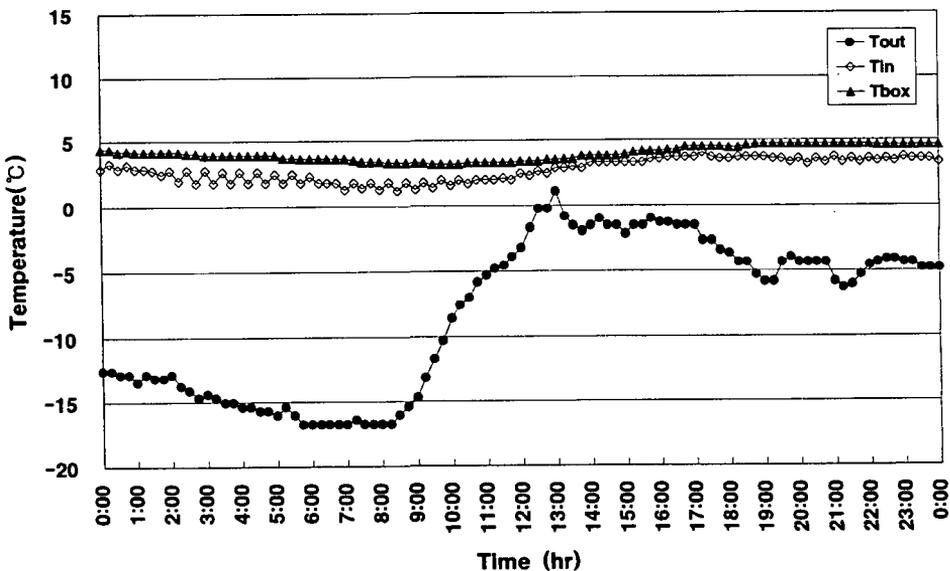


그림 2-32. 외기온이 낮을 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온 변화('99. 2. 4)

다) 계측기간중 외기온이 최고일 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온 변화

계측기간중 외기온이 최고일 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온 변화는 표 2-23 및 그림 2-33에서 보는 바와 같이, 외기온이 $-1.1^{\circ}\text{C} \sim 10.8^{\circ}\text{C}$ (평균온도 5.7°C)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은 $4.0^{\circ}\text{C} \sim 9.8^{\circ}\text{C}$ (평균온도 7.4°C)범위였으며 벌통 내부온도는 $6.3^{\circ}\text{C} \sim 9.9^{\circ}\text{C}$ (평균온도 8.4°C)범위에서 변화하여 저온양봉사 내부온도보다 평균 1°C 정도 높게 나타났다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 저온양봉사는 꿀벌이 월동하는데 적합한 환경을 안정적으로 제공할 수 있다는 사실을 확인할 수 있다.

표 2-23. 외부온도가 최고일 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통 내부온도('99. 2. 18)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부	벌통 내부
최 고 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	10.8	9.8	9.9
최 저 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	-1.1	4.0	6.3
평 균 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	5.7	7.4	8.4

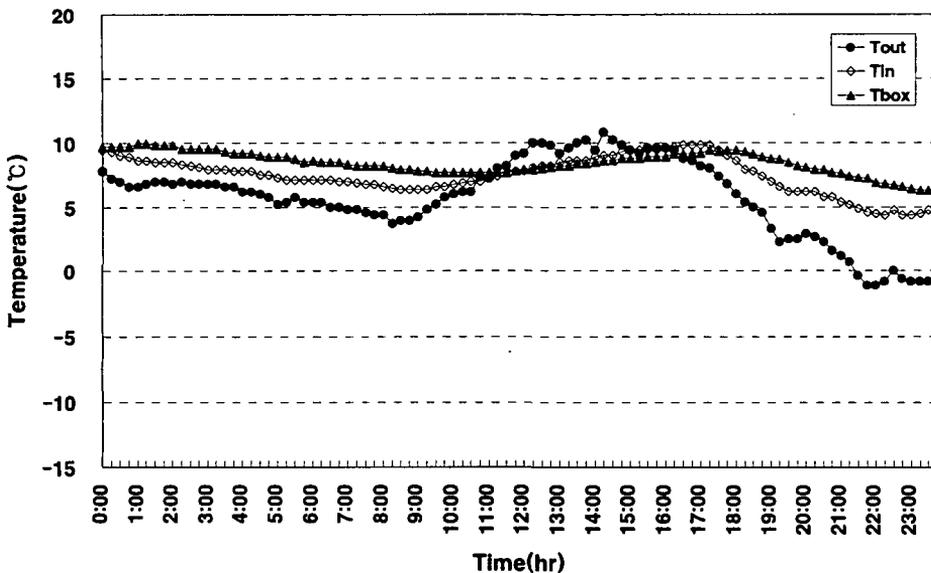


그림 2-33. 외기온이 높을 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온 변화('99. 2. 18)

라) 저온양봉사 내·외부의 일 최저기온 변화

계측기간('98. 11. 29~'99. 2. 19)동안 저온양봉사 내·외부의 일 최저기온을 이용하여 저온양봉사의 성능을 분석한 결과는 표 2-24 및 그림 2-34와 같다. 외기온의 일 최저온도가 $-16.7^{\circ}\text{C} \sim 0.7^{\circ}\text{C}$ (평균온도 -7.1°C)범위내에서 변화할 때 저온양봉사 내기온의 일 최저온도는 $0.7^{\circ}\text{C} \sim 4.2^{\circ}\text{C}$ (평균온도 3.2°C)범위내에서 변화하였다. 계측 68일동안 저온양봉사 내기온의 일 최저온도가 2°C 미만으로 낮아지는 날수는 8일이었으며, 저온양봉사 내기온의 일 평균온도가 2°C 미만으로 낮아지는 날수는 1일에 불과하여 꿀벌이 월동하는데 필요한 적정 온도범위를 유지할 수 있었다.

표 2-24. 영주 저온양봉사 내·외부 일 최저기온('98. 11. 29~'99. 2. 19)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부
최 고 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	0.7	4.2
최 저 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	-16.7	0.7
평 균 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	- 7.1	3.2

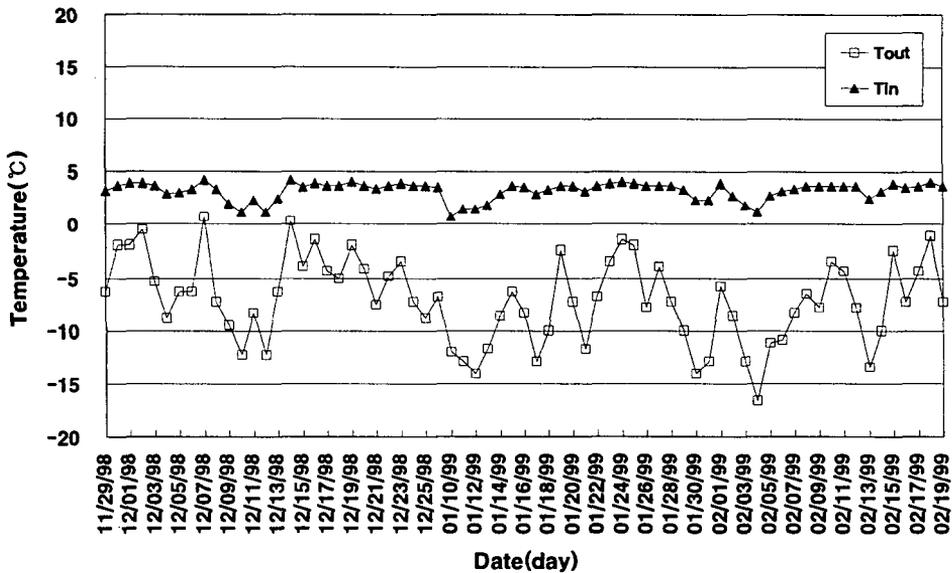


그림 2-34. 저온양봉사 내·외부의 일 최저기온 변화('98. 11. 29~'99. 2. 19)

마) 저온양봉사 내·외부의 일 최고기온 변화

계측기간('98. 11. 29~'98. 2. 19)동안 저온양봉사 내·외부의 일 최고기온을 이용하여 저온양봉사의 성능을 분석한 결과는 표 2-25 및 그림 2-35와 같다. 외기온의 일 최고온도가 $-1.8^{\circ}\text{C} \sim 13.5^{\circ}\text{C}$ (평균온도 7.0°C)범위내에서 변화할 때 저온양봉사 내 기온의 일 최고온도는 $2.9^{\circ}\text{C} \sim 9.8^{\circ}\text{C}$ (평균온도 6.3°C)범위내에서 변화하여 꿀벌이 활동하는데 필요한 적정 온도범위를 유지할 수 있었다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 저온양봉사의 온도환경 조절 성능이 우수함을 확인할 수 있었다.

표 2-25. 영주 저온양봉사 내·외부 일 최고기온('98. 11. 29~'99. 2. 19)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부
최 고 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	13.5	9.8
최 저 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	-1.8	2.9
평 균 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	7.0	6.3

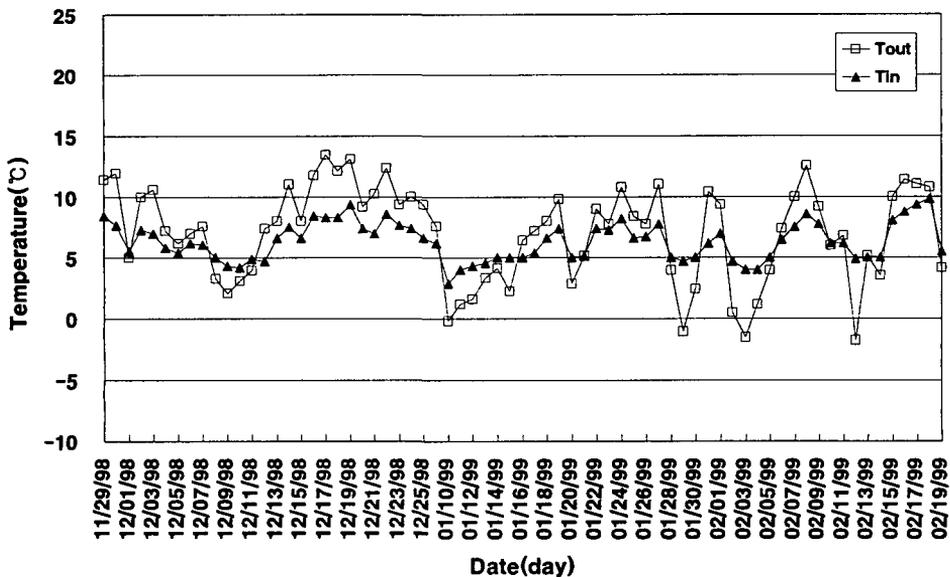


그림 2-35. 저온양봉사 내·외부의 일 최고기온 변화('98. 11. 29~'99. 2. 19)

나. 중북부지역(경기 용인)의 저온양봉사 내부온도 변화

우리 나라의 중·북부에 위치한 용인지방에 저온양봉사를 1997년 9월 21일 착공하여 10월 4일경에 환기시스템을 비롯한 모든 설비를 갖추었으며 크기는 영주지방의 저온양봉사와 동일하게 $7.2\text{m} \times 4.2\text{m} \times 2.88\text{m} = 87\text{m}^3$ 로 건축하였다. 영주지방의 저온양봉사의 벽체는 외벽을 100mm 샌드위치 패널로 하고 내부를 100mm 우레탄 폼으로 마감하였으나 용인지방의 저온양봉사는 시공의 용이성을 고려하여 벽체를 200mm 샌드위치 패널로 시공하였다.

저온양봉사의 환경조절의 유일한 수단인 환기팬 작동은 영주지방의 1차년도 환기팬 작동방식과 동일하게 저온양봉사의 내기온이 6°C 이하인 경우에는 30분마다 3분 작동하고 6°C 보다 크면 연속적으로 환기팬을 작동하도록 제어하였다.

저온양봉사의 건축은 10월경에 되었으나 실내월동실험을 위한 봉군의 입고와 출고가 2차에 걸쳐 이루어졌다. 97년 11월 19일과 12월 18일에 벌통을 입고하여 98년 1월 20일과 98년 2월 25일에 각각 출고하여 실험을 수행하였다. 따라서, 월동기간중 용인지방의 저온양봉사 환경조절 성능 점검을 위한 온·습도환경 계측은 연구 2차년도인 97년 11월 19일부터 수행하였다.

연구 2차년도와 3차년도에 걸쳐 월동기간중 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 온·습도환경을 계측하여 저온양봉사의 성능을 점검한 결과는 다음과 같다.

1) 2차년도 ('97. 10~'98. 10)

가) 측정 전기간 동안의 일기온 변화

계측기간('97. 11. 13~'98. 2. 25)동안 저온양봉사 내·외부 및 벌통내부의 기온 변화는 표 2-26과 그림 2-36에서 보는 바와 같이, 외기온이 $-17.2^{\circ}\text{C} \sim 14.2^{\circ}\text{C}$ (평균온도

-0.1℃)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은 -10.6℃~13.3℃(평균온도 2.5℃)범위였으며 벌통 내부온도는 -7.1℃~14.7℃(평균온도 4.3℃)범위에서 변화하였다. 저온양봉사 내부의 최저온도와 벌통 내부의 최저온도가 낮게 나타난 것은 환기팬 제어시스템의 오작동으로 인하여 환기팬이 연속적으로 작동하여 차가운 외기를 저온양봉사 내부로 계속적으로 유입하였기 때문인 것으로 분석된다. 따라서, 환기팬 오작동에 대한 감지장치가 추가적으로 필요할 것으로 판단된다.

표 2-26. 저온양봉사 내·외부 및 벌통 내부온도('97. 11. 13~'98. 2. 25)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부	벌통 내부
최 고 온 도 (℃)	14.2	13.3	14.7
최 저 온 도 (℃)	-17.2	-10.6	-7.1
평 균 온 도 (℃)	- 0.1	2.5	4.3

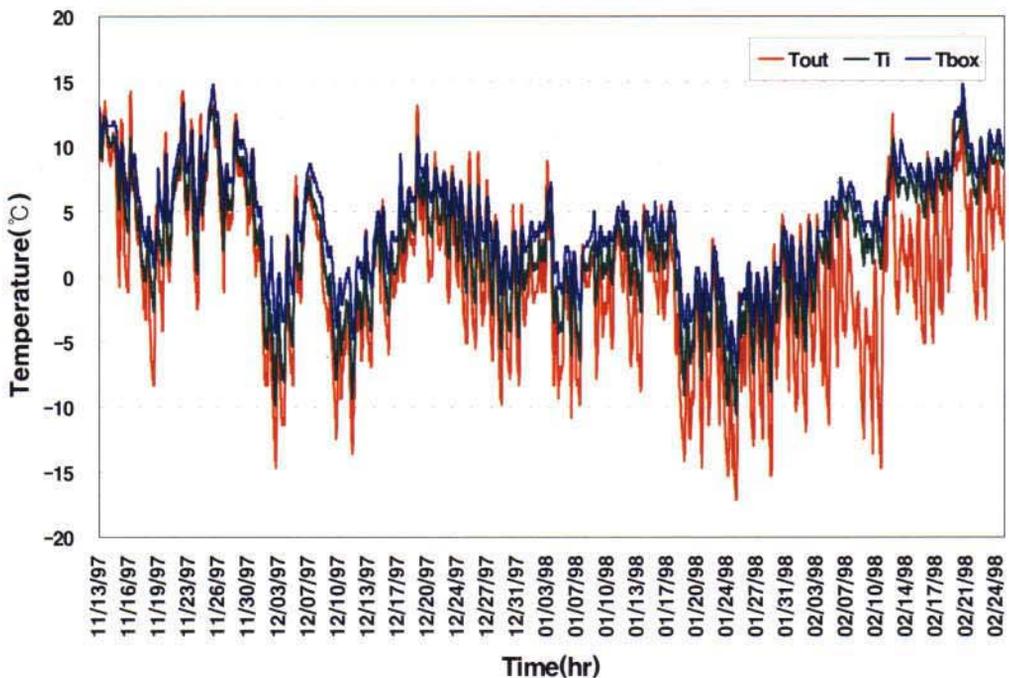


그림 2-36. 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 기온 변화('97. 11. 13~'98. 2. 25)

-0.1℃범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은 -10.6℃~13.3℃(평균온도 2.5℃)범위였으며 벌통 내부온도는 -7.1℃~14.7℃(평균온도 4.3℃)범위에서 변화하였다. 저온양봉사 내부의 최저온도와 벌통 내부의 최저온도가 낮게 나타난 것은 환기팬 제어시스템의 오작동으로 인하여 환기팬이 연속적으로 작동하여 차가운 외기를 저온양봉사 내부로 계속적으로 유입하였기 때문인 것으로 분석된다. 따라서, 환기팬 오작동에 대한 감지장치가 추가적으로 필요할 것으로 판단된다.

표 2-26. 저온양봉사 내·외부 및 벌통 내부온도('97. 11. 13~'98. 2. 25)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부	벌통 내부
최 고 온 도 (℃)	14.2	13.3	14.7
최 저 온 도 (℃)	-17.2	-10.6	-7.1
평 균 온 도 (℃)	- 0.1	2.5	4.3

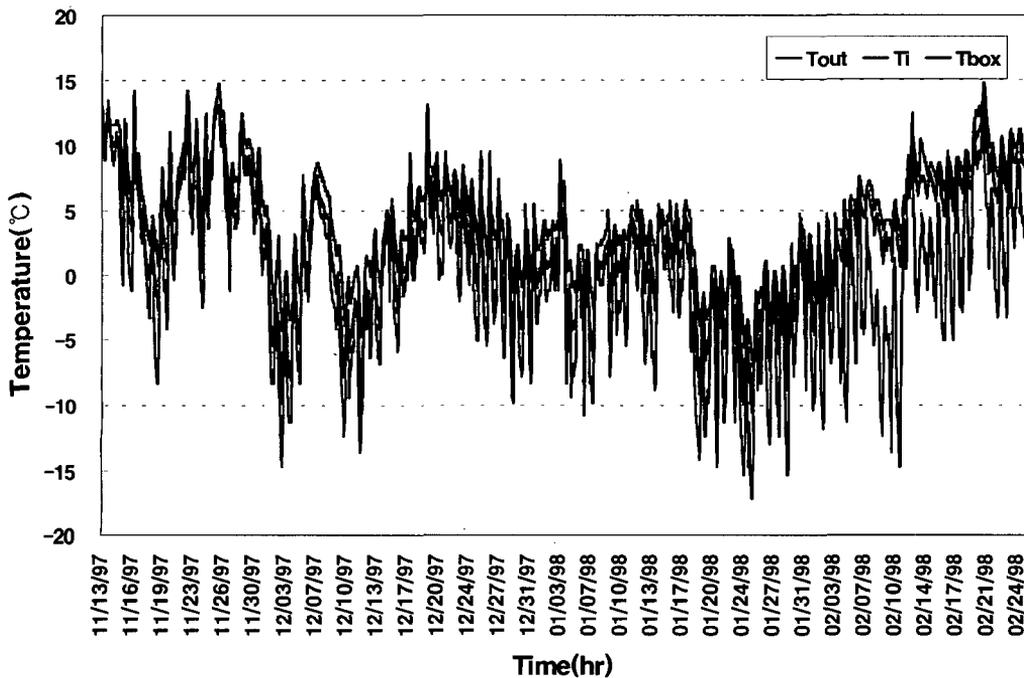


그림 2-36. 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 기온 변화('97. 11. 13~'98. 2. 25)

나) 계측기간중 외기온이 최저일 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온 변화

계측기간중 외기온이 최저일 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온 변화는 표 2-27 및 그림 2-37에서 보는 바와 같이, 외기온이 $-1.2^{\circ}\text{C} \sim -17.2^{\circ}\text{C}$ (평균온도 -11.8°C)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은 $-2.0^{\circ}\text{C} \sim -10.6^{\circ}\text{C}$ (평균온도 -6.7°C)범위에서, 벌통 내부온도는 $-1.3^{\circ}\text{C} \sim -7.1^{\circ}\text{C}$ (평균온도 -4.2°C)범위에서 변화하여 꿀벌이 월동하는데 필요한 적정 온도범위를 유지하는데 다소 문제가 있었다. 그림 2-37에서 보는 바와 같이 저온양봉사 및 벌통 내부온도가 외기온의 영향을 직접적으로 받고 있음을 알 수 있다.

이러한 현상은 가)항에서 언급한 바와 같이 저온양봉사 내부온도가 6°C 미만이면 환기팬이 정지하여야 함에도 불구하고 연속적으로 작동하여 계속적으로 외기가 유입되었기 때문이다.

표 2-27. 외부온도가 낮을 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통 내부온도('98. 1. 24~25)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부	벌통 내부
최 고 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	- 1.2	- 2.0	-1.3
최 저 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	-17.2	-10.6	-7.1
평 균 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	-11.8	- 6.7	-4.2

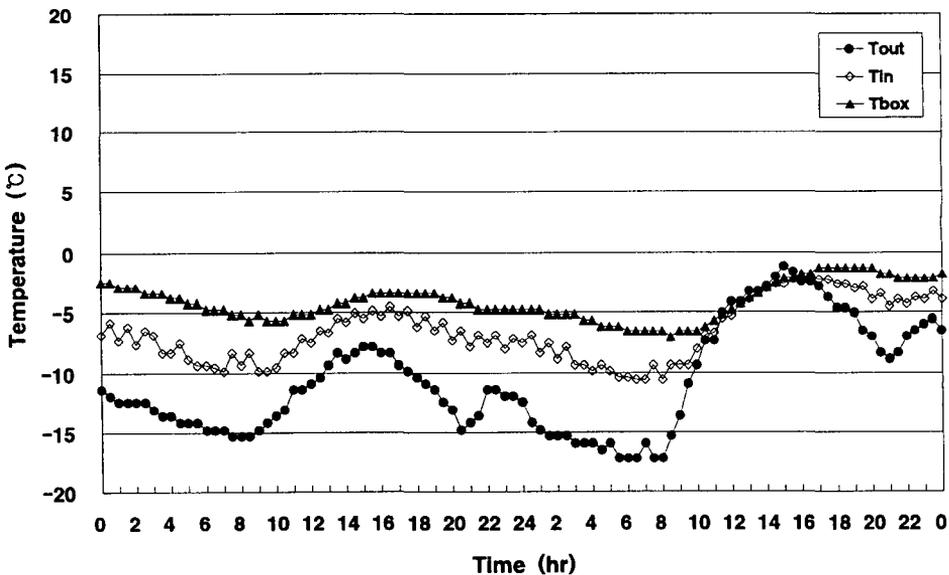


그림 2-37. 외기온이 낮을 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온 변화

이처럼 환기팬이 정상적으로 작동하지 않을 경우에는 저온양봉사의 성능에 문제가 발생하므로 각별한 주의가 요구되었다.

표 2-28과 그림 2-38은 저온양봉사의 환기팬이 정상적으로 작동한 경우에 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 온도 변화를 나타낸 것으로, 외기온이 $-14.8^{\circ}\text{C} \sim 5.1^{\circ}\text{C}$ (평균온도 -4.8°C)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부는 $0.8^{\circ}\text{C} \sim 5.7^{\circ}\text{C}$ (평균온도 3.3°C), 벌통내부는 $2.7^{\circ}\text{C} \sim 6.1^{\circ}\text{C}$ (평균온도 4.5°C)범위에서 변화하였다. 외기온의 최고·최저온도편차가 20°C 일 때 저온양봉사 내부의 온도편차는 5°C , 벌통내부의 온도편차는 3.4°C 로 나타나 외부온도가 낮은 기간중에도 저온양봉사 및 벌통내부의 온도가 적정수준으로 유지되고 있음을 알 수 있었다.

표 2-28. 외부온도가 낮을 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통 내부온도('98. 2. 10~11)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부	벌통 내부
최 고 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	5.1	5.7	6.1
최 저 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	-14.8	0.8	2.7
평 균 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	- 4.8	3.3	4.5

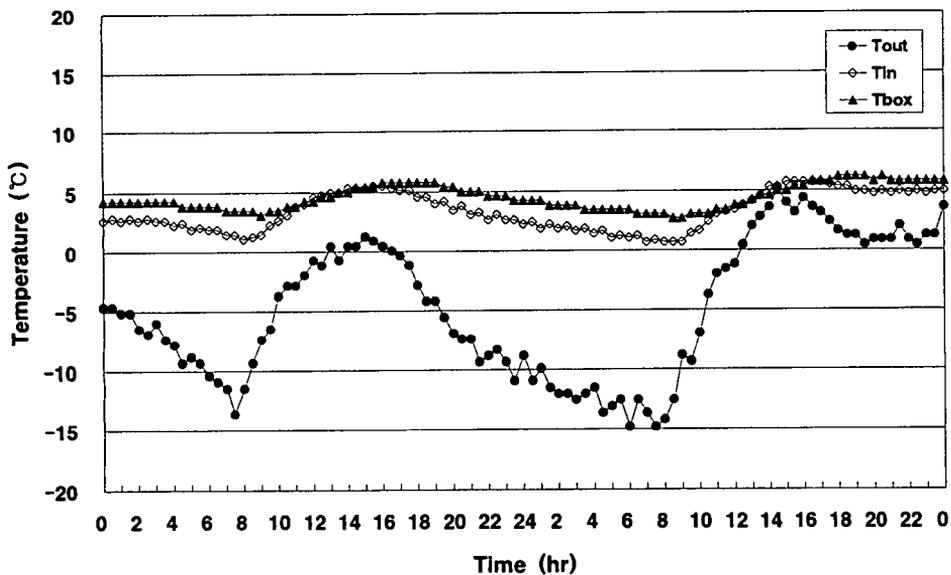


그림 2-38. 외기온이 낮을 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 기온 변화 ('97. 2. 10~11)

다) 계측기간중 외기온이 최고일 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온 변화

계측기간중 외기온이 최고일 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온 변화를 분석한 결과는 표 2-29 및 그림 2-39에서 보는 바와 같다. 외기온이 $-0.4^{\circ}\text{C} \sim 13.1^{\circ}\text{C}$ (평균온도 5.4°C)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은 $3.2^{\circ}\text{C} \sim 10.6^{\circ}\text{C}$ (평균온도 6.4°C)범위였으며 벌통 내부온도는 $5.7^{\circ}\text{C} \sim 10.8^{\circ}\text{C}$ (평균온도 7.8°C)범위에서 변화하였다. 환기팬이 정상적으로 작동할 경우에는 외부온도의 최고·최저 온도편차가 13.5°C 일 때 저온양봉사 내부의 온도편차는 7.4°C , 벌통내부의 온도편차는 5.1°C 로 나타나, 월동기간중 외부온도가 비교적 높은 경우에도 저온양봉사 내부 및 벌통내부의 온도를 적정하게 유지할 수 있음을 알 수 있었다.

표 2-29. 외기온이 높을 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통 내부온도('97. 12. 19~20)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부	벌통 내부
최 고 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	13.1	10.6	10.8
최 저 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	-0.4	3.2	5.7
평 균 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	5.4	6.4	7.8

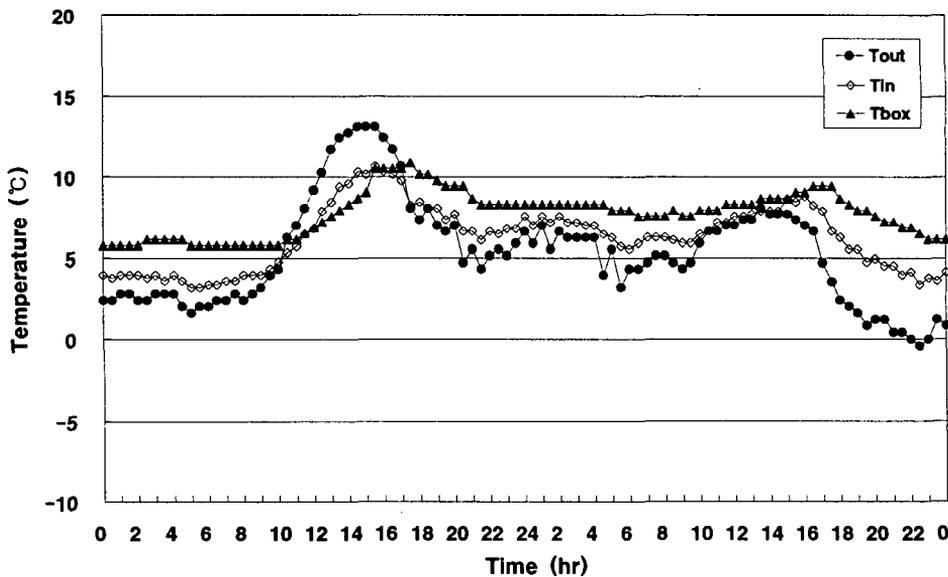


그림 2-39. 외기온이 높을 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 기온 변화('97. 12. 19~20)

라) 저온양봉사 내·외부의 일 최저기온 변화

계측기간('97. 11. 13~'98. 3. 20)동안 저온양봉사 내·외부의 일 최저기온을 이용하여 저온양봉사의 성능을 분석한 결과는 표 2-30 및 그림 2-40과 같다. 외기온의 일 최저온도가 $-17.2^{\circ}\text{C} \sim 8.8^{\circ}\text{C}$ (평균온도 -4.6°C)범위내에서 변화할 때 저온양봉사 내기온의 일 최저온도는 $-10.6^{\circ}\text{C} \sim 10.6^{\circ}\text{C}$ (평균온도 0.6°C)범위내에서 변화하였다. 저온양봉사 내기온의 일 최저온도편차가 20°C 로 나타나 꿀벌이 월동하는데 필요한 적정 온도범위를 유지하는데 다소 문제가 있는 것으로 나타났으나 환기팬이 오작동한 경우를 제외하면 저온양봉사의 성능에는 별 문제가 없는 것으로 분석되었다.

표 2-30. 저온양봉사 내·외부 일 최저기온('97. 11. 13~'98. 3. 20)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부
최 고 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	8.8	10.5
최 저 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	-17.2	-10.6
평 균 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	- 4.6	0.6

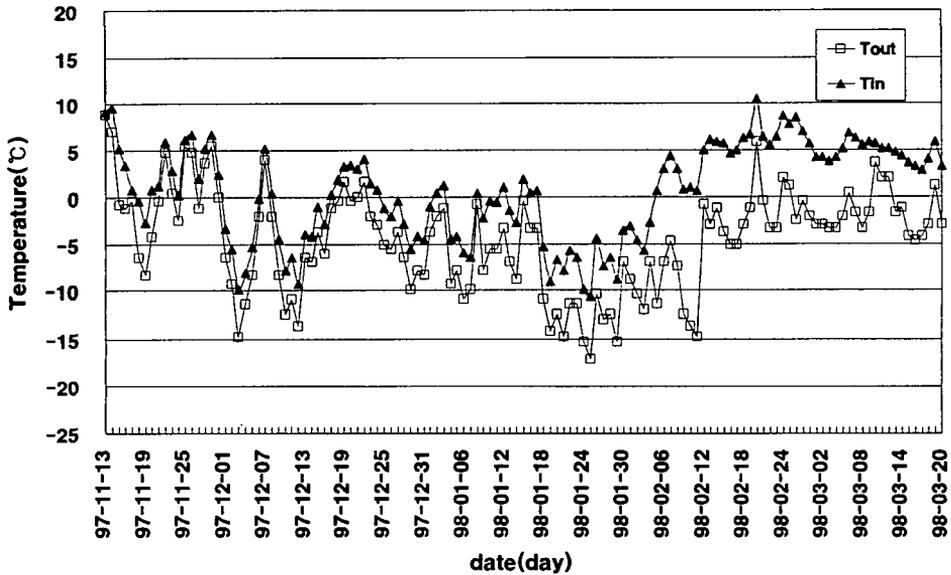


그림 2-40. 저온양봉사 내·외부의 일 최저기온 변화('97. 11. 13~'98. 3. 20)

마) 저온양봉사 내·외부의 일 최고기온 변화

계측기간('97. 11. 13~'98. 3. 20)동안 저온양봉사 내·외부의 일 최고기온을 이용하여 저온양봉사의 성능을 분석한 결과는 표 2-31 및 그림 2-41과 같다. 외기온의 일 최고온도가 -7.9℃~16.6℃(평균온도 6.4℃)범위내에서 변화할 때 저온양봉사 내 기온의 일 최고온도는 -4.6℃~14.5℃(평균온도 6.0℃)범위내에서 변화하였다. 계측기간중 저온양봉사 내부온도의 최고온도가 9℃이상인 날수가 36일로 나타났다. 이러한 사실로 미루어 볼 때 환기팬 작동방식 A는 고온제어에 대한 문제점이 있는 것으로 확인되며 환기팬 작동방식의 개선이 요구된다.

표 2-31. 저온양봉사 내·외부 일 최고기온('97. 11. 13~'98. 3. 20)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부
최 고 온 도 (℃)	16.6	14.5
최 저 온 도 (℃)	-7.9	-4.6
평 균 온 도 (℃)	6.4	6.0

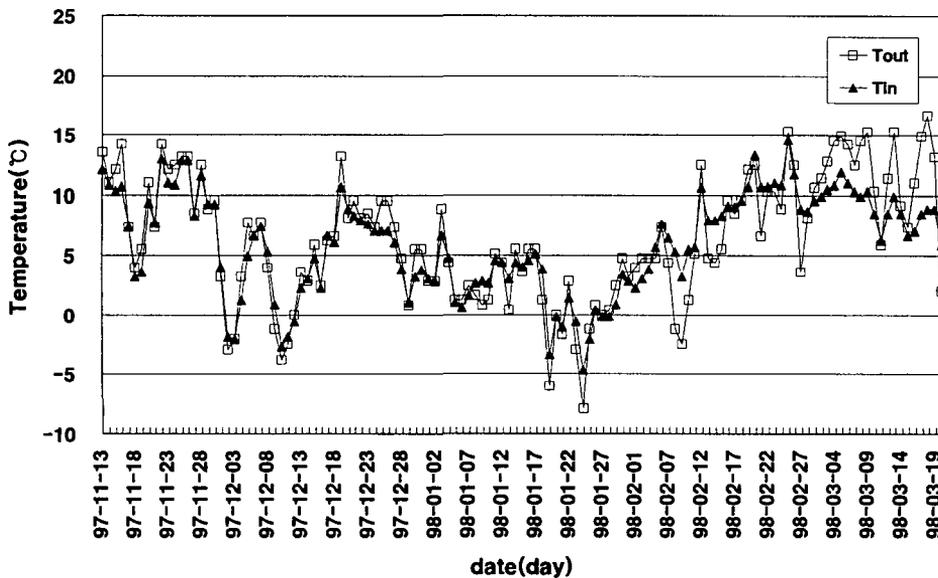


그림 2-41. 저온양봉사 내·외부의 일 최고기온 변화('97. 11. 13~'98. 3. 20)

2) 3차년도 ('98. 10~'99. 10)

연구 2차년도에 용인지방에 건축된 저온양봉사의 성능을 분석한 결과, 환기팬이 정상적으로 작동하지 않은 경우에는 저온양봉사가 제 성능을 발휘하지 못하여 계측 기간중 외기온이 $-1.2^{\circ}\text{C} \sim -17.2^{\circ}\text{C}$ (평균온도 -11.8°C)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은 $-2.0^{\circ}\text{C} \sim -10.6^{\circ}\text{C}$ (평균온도 -6.7°C)범위에서, 벌통 내부온도는 $-1.3^{\circ}\text{C} \sim -7.1^{\circ}\text{C}$ (평균온도 -4.2°C)범위에서 변화하여 꿀벌이 월동하는데 필요한 적정 온도범위를 유지하는데 다소 문제가 있었다. 하지만, 저온양봉사의 환기팬이 정상적으로 작동한 경우에는 외기온이 $-14.8^{\circ}\text{C} \sim 5.1^{\circ}\text{C}$ (평균온도 -4.8°C)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부는 $0.8^{\circ}\text{C} \sim 5.7^{\circ}\text{C}$ (평균온도 3.3°C), 벌통내부는 $2.7^{\circ}\text{C} \sim 6.1^{\circ}\text{C}$ (평균온도 4.5°C)범위에서 변화하였다. 외기온의 최고·최저온도편차가 20°C 일 때 저온양봉사 내부의 온도편차는 5°C , 벌통내부의 온도편차는 3.4°C 로 나타나 외부온도가 낮은 기간중에도 저온양봉사 및 벌통내부의 온도가 적정수준으로 유지되고 있음을 알 수 있었다. 또한, 계측기간중 외기온이 최고일 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온변화를 분석한 결과, 외기온이 $-0.4^{\circ}\text{C} \sim 13.1^{\circ}\text{C}$ (평균온도 5.4°C)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은 $3.2^{\circ}\text{C} \sim 10.6^{\circ}\text{C}$ (평균온도 6.4°C)범위였으며 벌통 내부온도는 $5.7^{\circ}\text{C} \sim 10.8^{\circ}\text{C}$ (평균온도 7.8°C)범위에서 변화하였다. 환기팬이 정상적으로 작동할 경우에는 외부온도의 최고·최저 온도편차가 13.5°C 일 때 저온양봉사 내부의 온도편차는 7.4°C , 벌통내부의 온도편차는 5.1°C 로 나타나 월동기간중 외부온도가 비교적 높은 경우에도 저온양봉사 내부 및 벌통내부의 온도를 적정하게 유지할 수 있음을 알 수 있었다.

3차년도에는 환기팬의 정상적인 작동하에 저온양봉사의 성능을 재점검하고 안정성을 파악하기 위해 월동기간중 저온양봉사 내부와 벌통내부의 온도를 계측하였으며 계측 결과는 다음과 같다.

가) 측정 전기간 동안의 일기온 변화

표 2-32 및 그림 2-42는 꿀벌의 월동기간('98. 11. 29~'99. 2. 19)동안 저온양봉사

내·외부 및 벌통내 기온변화를 나타낸 것으로서, 외기온이 $-16.0^{\circ}\text{C} \sim 13.7^{\circ}\text{C}$ (평균온도 -0.9°C)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은 $0.1^{\circ}\text{C} \sim 12.3^{\circ}\text{C}$ (평균온도 5.6°C)범위였으며 벌통 내부온도는 $3.3^{\circ}\text{C} \sim 14.7^{\circ}\text{C}$ (평균온도 8.1°C)범위에서 변화하였다. 저온양봉사 및 벌통내부의 최고온도는 다소 높게 나타났으나 월동기간중 평균온도는 적정 온도범위내에 들어 꿀벌이 월동하는 데는 별다른 문제가 없을 것으로 판단되었다.

표 2-32. 저온양봉사 내·외부 및 벌통 내부온도('98. 11. 29~'99. 2. 19)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부	벌통 내부
최 고 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	13.7	12.3	14.7
최 저 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	-16.0	0.1	3.3
평 균 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	- 0.9	5.6	8.1

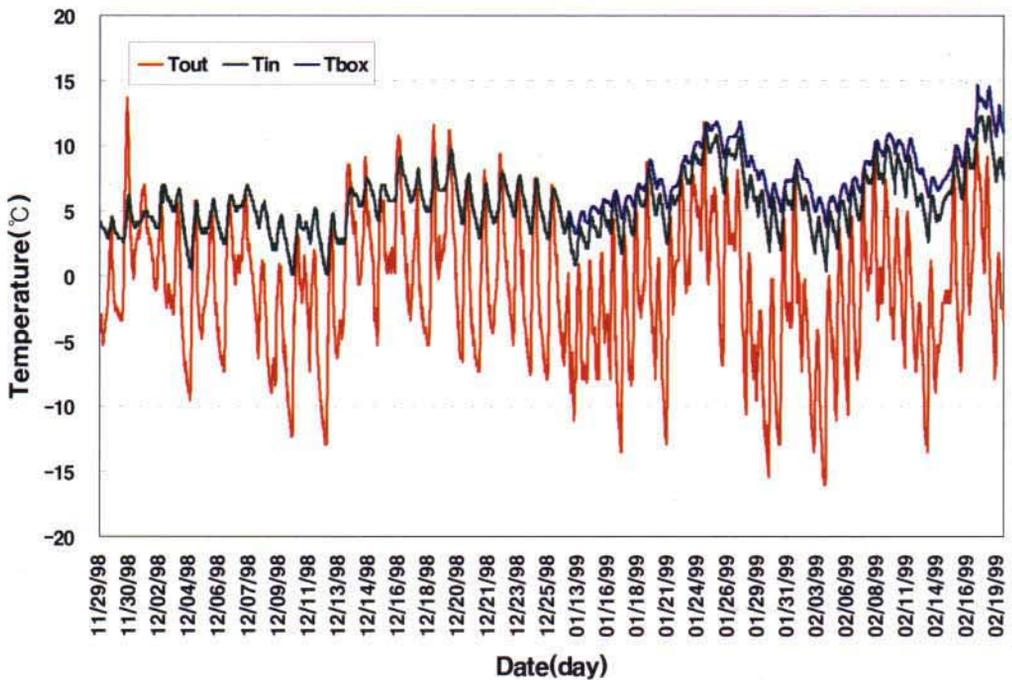


그림 2-42. 계측 전기간동안 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 기온 변화

내·외부 및 벌통내 기온변화를 나타낸 것으로서, 외기온이 $-16.0^{\circ}\text{C} \sim 13.7^{\circ}\text{C}$ (평균온도 -0.9°C)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은 $0.1^{\circ}\text{C} \sim 12.3^{\circ}\text{C}$ (평균온도 5.6°C) 범위였으며 벌통 내부온도는 $3.3^{\circ}\text{C} \sim 14.7^{\circ}\text{C}$ (평균온도 8.1°C)범위에서 변화하였다. 저온양봉사 및 벌통내부의 최고온도는 다소 높게 나타났으나 월동기간중 평균온도는 적정 온도범위내에 들어 꿀벌이 월동하는데는 별다른 문제가 없을 것으로 판단되었다.

표 2-32. 저온양봉사 내·외부 및 벌통 내부온도('98. 11. 29~'99. 2. 19)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부	벌통 내부
최 고 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	13.7	12.3	14.7
최 저 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	-16.0	0.1	3.3
평 균 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	- 0.9	5.6	8.1

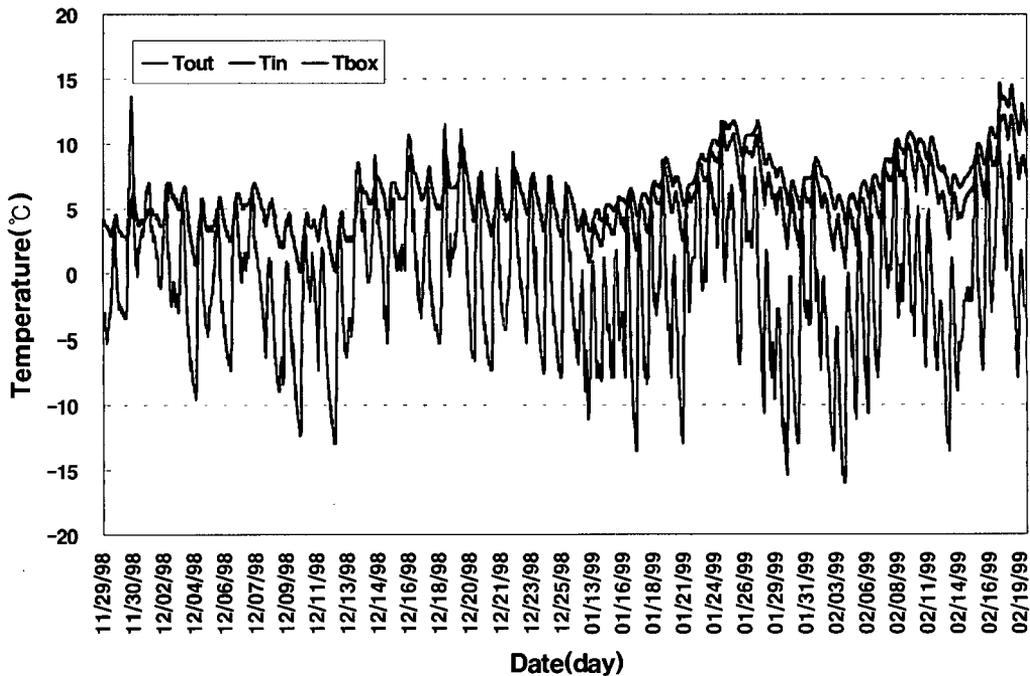


그림 2-42. 계축 전기기간동안 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 기온 변화

나) 계측기간중 외기온이 최저일 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온 변화

계측기간중 외기온이 최저일 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온 변화는 표 2-33 및 그림 2-43에서 보는 바와 같이, 외기온이 $-16.0^{\circ}\text{C} \sim 0.1^{\circ}\text{C}$ (평균온도 -7.8°C)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은 $0.4^{\circ}\text{C} \sim 5.0^{\circ}\text{C}$ (평균온도 3.0°C)범위였으며, 벌통 내부온도는 $3.9^{\circ}\text{C} \sim 6.2^{\circ}\text{C}$ (평균온도 5.2°C)범위에서 변화하여 꿀벌의 월동에 적합한 온도범위를 유지할 수 있었다. 계측기간 69일동안 저온양봉사의 내부평균온도가 2°C 미만으로 나타나는 날은 없었으며 월동기간 동안 거의 일정한 온도범위를 유지하여 저온양봉사의 성능이 우수함을 확인 할 수가 있었다.

표 2-33. 외부온도가 낮을 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통 내부온도('99. 2. 4)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부	벌통 내부
최 고 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	0.1	5.0	6.2
최 저 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	-16.0	0.4	3.9
평 균 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	- 7.8	3.0	5.2

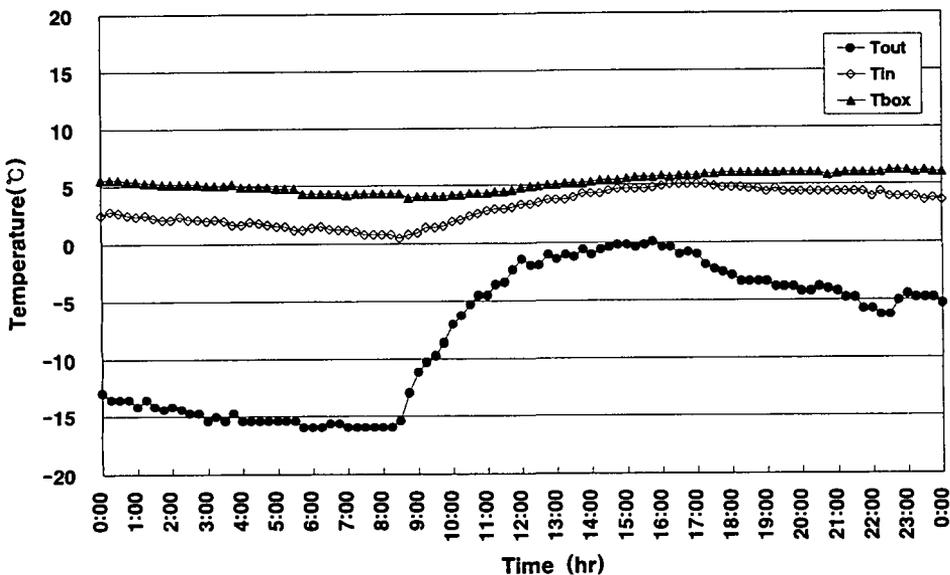


그림 2-43. 외기온이 낮을 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 기온 변화('99. 2. 4)

다) 계측기간중 외기온이 최고일 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온 변화

계측기간중 외기온이 최고일 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 일기온 변화는 표 2-34 및 그림 2-44에서 보는 바와 같이, 외기온이 $-0.6^{\circ}\text{C} \sim 11.8^{\circ}\text{C}$ (평균온도 5.6°C)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은 $8.6^{\circ}\text{C} \sim 11.8^{\circ}\text{C}$ (평균온도 9.8°C)범위였으며 벌통 내부온도는 $9.9^{\circ}\text{C} \sim 11.8^{\circ}\text{C}$ (평균온도 10.8°C)범위에서 변화하여 꿀벌이 월동하기에는 다소 높은 온도범위를 나타내었다. 계측 69일동안 저온양봉사 내부온도의 최고온도가 9°C 이상인 일수가 19일로 나타났다. 2차년도이 연구결과와 마찬가지로 환기팬 작동방식 A에 대한 개선이 요구됨을 확인할 수 있었다.

표 2-34. 외기온이 높을 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통 내부온도('99. 1. 24)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부	벌통 내부
최 고 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	11.8	11.8	11.8
최 저 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	-0.6	8.6	9.9
평 균 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	5.6	9.8	10.8

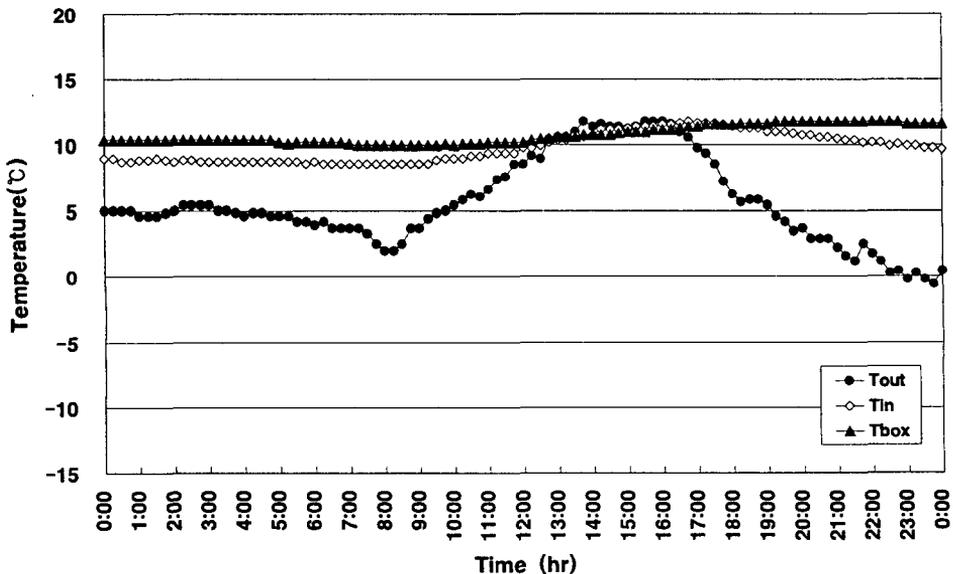


그림 2-44. 외기온이 높을 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 기온 변화('99. 1. 24)

라) 저온양봉사 내·외부의 일 최저기온 변화

계측기간('98. 11. 29~'99. 2. 19)동안 저온양봉사 내·외부의 일 최저기온을 이용하여 저온양봉사의 성능을 분석한 결과는 표 2-35 및 그림 2-45와 같다. 외기온의 일 최저온도가 -16.0℃~0.3℃(평균온도 -6.9℃)범위내에서 변화할 때 저온양봉사 내기온의 일 최저온도는 0.7℃~9.7℃(평균온도 4.1℃)범위내에서 변화하였다. 계측 69일동안 저온양봉사 내부온도가 2℃미만으로 나타난 날수는 9일에 불과하여 저온양봉사의 성능이 우수하여 월동기간동안 꿀벌이 월동하는데 필요한 적정 온도범위를 유지할 수 있었다.

표 2-35. 저온양봉사 내·외부의 일 최저기온 변화 ('98. 11. 29~'99. 2. 19)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부
최 고 온 도 (℃)	0.3	9.7
최 저 온 도 (℃)	-16.0	0.7
평 균 온 도 (℃)	- 6.9	4.1

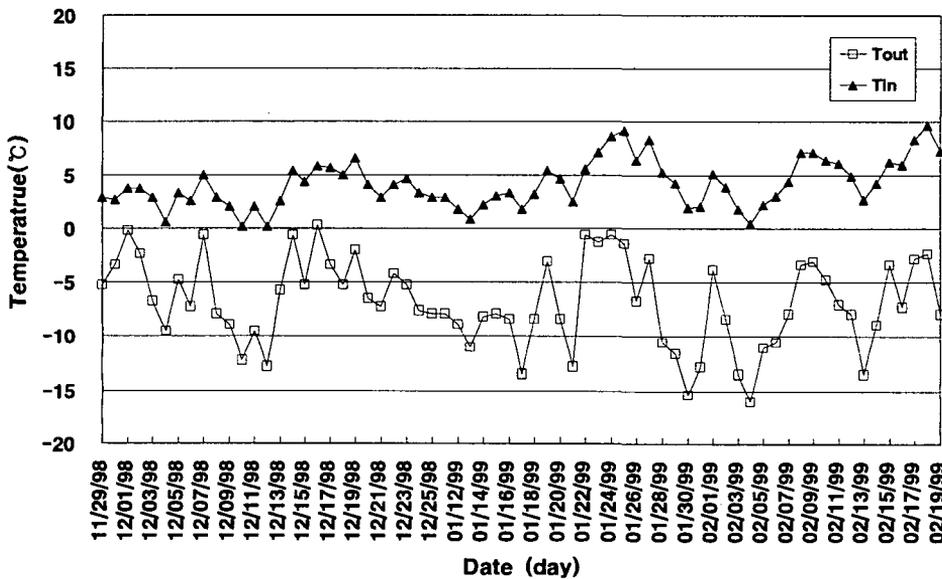


그림 2-45. 저온양봉사 내·외부의 일 최저온도 변화 ('98. 11. 29~'99. 2. 19)

마) 저온양봉사 내·외부의 일 최고기온 변화

계측기간('98. 11. 29~'99. 2. 19)동안 저온양봉사 내·외부의 일 최고기온을 이용하여 저온양봉사의 성능을 분석한 결과는 표 2-36 및 그림 2-46과 같다. 외기온의 일 최고온도가 $-4.1^{\circ}\text{C} \sim 13.7^{\circ}\text{C}$ (평균온도 5.3°C)범위내에서 변화할 때 저온양봉사 내 기온의 일 최고온도는 $3.4^{\circ}\text{C} \sim 12.3^{\circ}\text{C}$ (평균온도 7.0°C)범위내에서 변화하였다. 저온양봉사 내기온의 일 최고온도가 9°C 보다 높게 나타나는 일수가 많기 때문에 환기팬 작동방식의 수정을 통한 개선 대책이 필요하다.

표 2-36. 저온양봉사 내·외부의 일 최고기온('98. 11. 29~'99. 2. 19)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부
최 고 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	13.7	12.3
최 저 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	-4.1	3.4
평 균 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	5.3	7.4

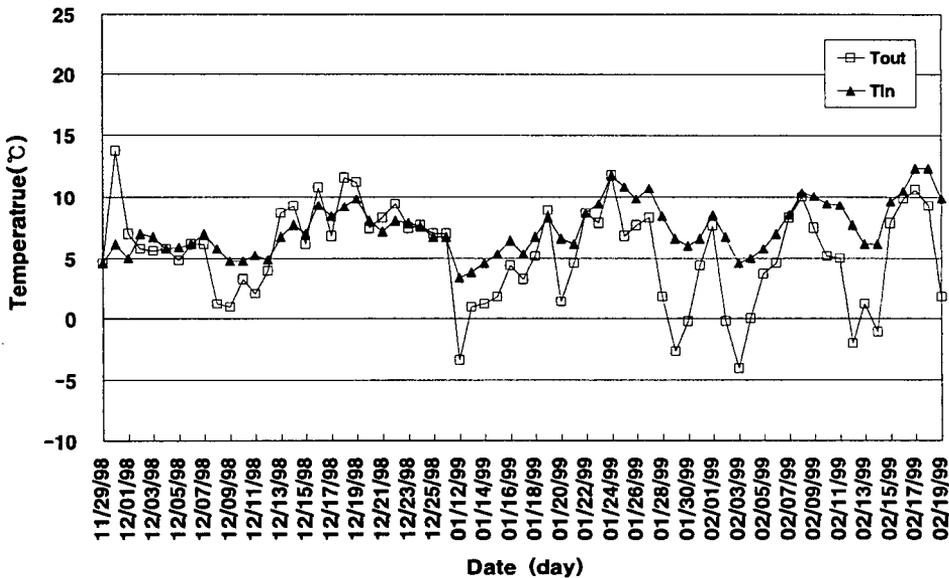


그림 2-46. 저온양봉사 내·외부의 일 최고온도 변화('98. 11. 29~'99. 2. 19)

다. Thermo-tracer에 의한 저온양봉사내의 열환경 분석

그림 2-47과 2-48은 저온양봉사 내부, 벌통내부 및 소비의 열적분포를 Thermo-tracer로 촬영한 열화상 단면이다. 그림 2-47(a)와 그림 2-47(b)는 저온양봉사 내부를 촬영한 그림으로서 벌통표면이 벌들의 호흡등으로 인하여 저온양봉사 내부 온도보다 약 1~2℃정도 높게 나타났으며 저온양봉사 내부 벽 표면은 외기의 영향으로 가장 낮은 온도분포를 나타내고 있음을 알 수 있다. 그림 2-47(b)는 꿀벌들이 벌통내로 들어가는 출입문을 확대 촬영한 그림으로서 벌통에서 부분적으로 높은 온도분포를 나타내는 것은 꿀벌들의 호흡과 체온 등으로 인하여 열이 저온양봉사 내부로 발산되고 있기 때문이다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 꿀벌들의 호흡 등으로 인하여 벌통에서 저온양봉사 내부로 다소의 열량이 발산되어 저온양봉사 내부온도의 상승 원인이 되고 있음을 확인할 수 있다.

그림 2-47(c)는 영주지방의 저온양봉사내에서 월동중인 꿀벌들이 생활공간인 소비를 Thermo-tracer(적외선 열화상장치)로 촬영한 그림으로서 월동중인 꿀벌의 무리 형태를 파악할 수 있다.

확실한 월동방법을 알아내기 위해서는 봉구가 어떻게 형성되고 또 온도변화에 어떻게 변화하는가를 밝히는 것은 매우 중요한 것으로 지적되고 있다. 또한, 무엇에 의해 봉구의 형성이 시작되고, 봉구가 어떤 식으로 온도변화에 대응하며 어떻게 봉구의 온도가 조절되는가를 구명하는 것이 성공적인 월동의 첫 번째 요건으로 꼽히고 있다. 따라서, 이러한 연구가 선진외국에서는 활발히 진행되었으며 연구결과, 바깥기온이 14℃가 되면 봉구는 명확한 형태를 갖추게 되고 기온이 계속 내려감에 따라 봉구 중심부에 있는 벌들은 열을 내고 바깥쪽에 있는 벌들은 단열재와 같은 역할을 하여 봉구의 온도를 유지하는 것으로 알려져 있다. 또한, 봉구를 형성할 때 표면의 벌들은 2.5~7.6cm

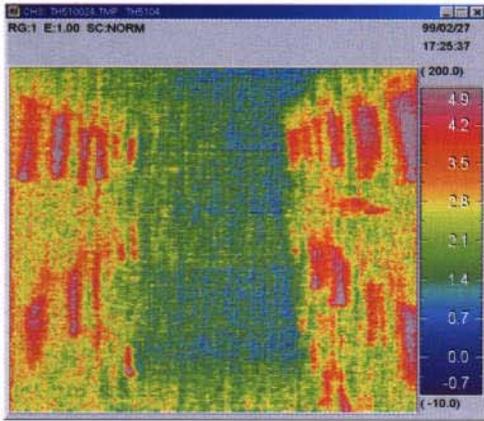
두께로 단열층을 형성하여 벌들은 먹이 저장구역내의 빈방으로 들어가서 이 방들까지 포함하는 단열층을 형성한다.

그림 2-47(c)에서 보는 바와 같이 그림 우측에서 좌측으로 갈수록 온도가 상승하는 경향을 나타내고 있으며 소비 바깥에서 안쪽으로 들어갈수록 온도가 상승하며 꿀벌들이 밀집된 형태를 확인할 수 있다. 촬영된 열화상에서 최고 온도는 약 30℃로 나타났다.

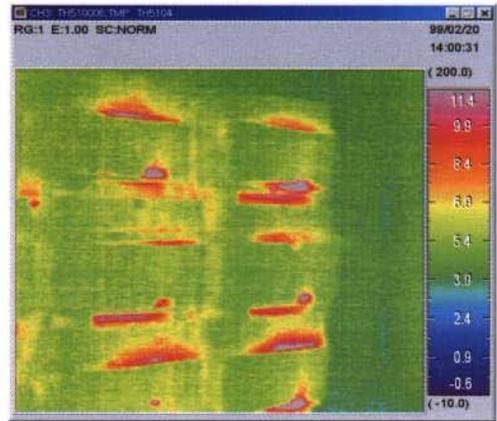
그림 2-27(d)~그림 2-47(f)는 강군과 약군의 대표적인 벌통내부를 Thermo-tracer로 촬영한 그림으로서, 강군과 약군의 판별을 열적분포로 가능한지를 시험하기 위하여 Thermo-tracer로 분석을 시도하였다.

강군과 약군의 대표적 벌통을 선정하여 Thermo-tracer로 촬영하여 벌통내의 열적분포를 비교분석하였다. 그림 2-27(d)의 경우에는 강군의 벌통이며 그림 2-47(e)와 그림 2-27(f)는 약군의 벌통이다. 약군의 경우 부분적으로 벌들이 밀집된 형상을 볼 수가 있으며 강군의 경우에는 소비 전체를 통하여 벌들이 밀집된 형상을 확인할 수가 있다.

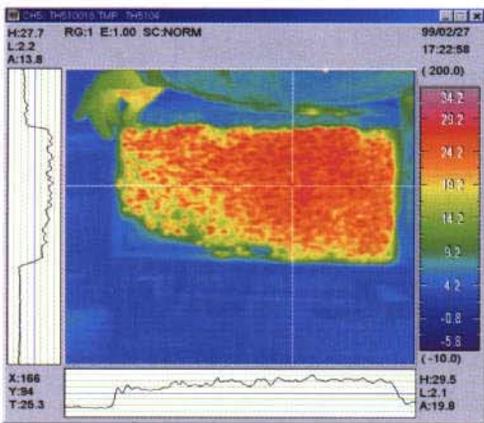
그림 2-48(a)~그림 2-48(f)는 용인지방의 저온양봉사 내부의 벌통내부와 소비를 촬영한 열화상이다. 그림 2-48(a)에 보는 바와 같이 영주지방의 저온양봉사 내부의 소비를 촬영한 열화상과 거의 동일하게 나타났으며 봉구를 형성하기 위해 벌들의 움직임 형태를 확인할 수 있었다. 또한 그림 2-48(b)는 강군으로 분류된 벌통내부를 촬영한 열화상으로 벌통내부 전체 고른 온도분포를 나타냄을 알 수 있다. 그림 2-48(c)~그림 2-48(f)는 약군으로 분류된 벌통내부를 촬영한 열화상으로서 고르지 못한 열적분포를 확인할 수 있었다. 이러한 결과를 통하여 알 수 있듯이 꿀벌은 월동과정에서 온도가 낮으면, 서로 응집되어 봉구를 형성하고 있으며, 동시에 봉군 중심부는 고온을 유지하는 모습을 볼 수 있다. 앞으로 이러한 열화상을 이용하여 꿀벌의 월동과정에서 꿀벌의 움직임에 관하여 실시간으로 분석할 수 있으므로 지속적인 연구의 필요성이 있는 것으로 판단된다.



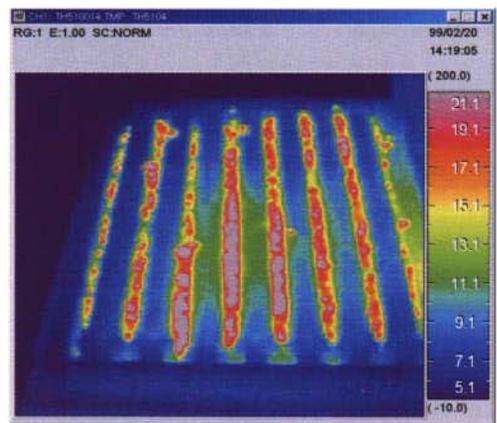
(a)



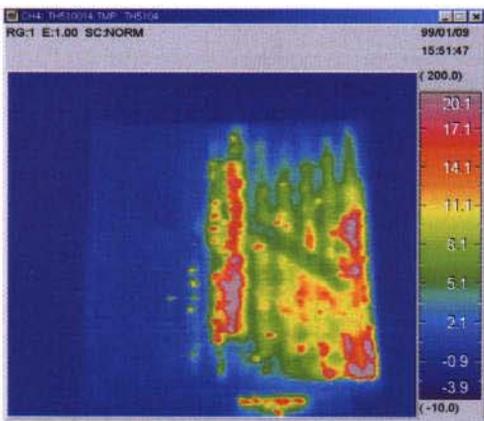
(b)



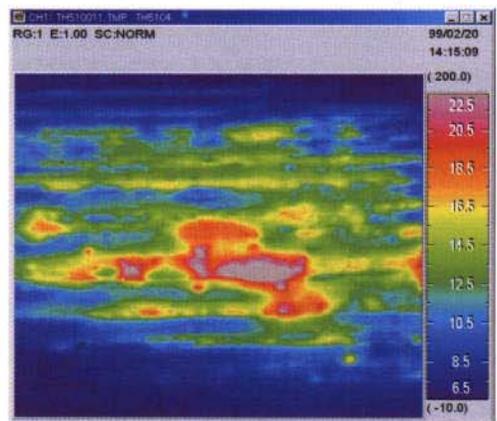
(c)



(d)

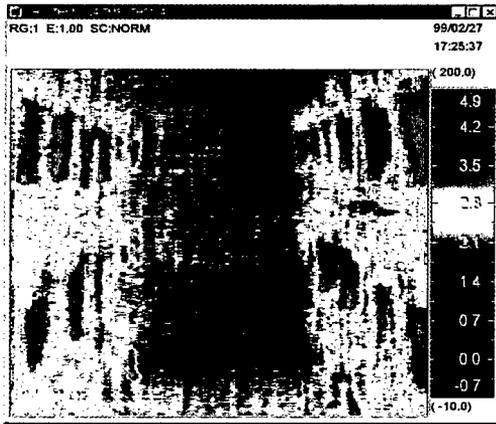


(e)

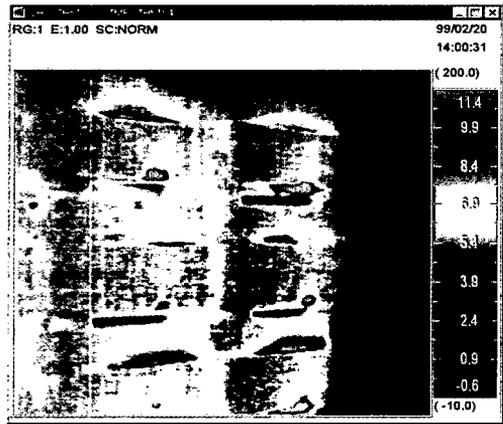


(f)

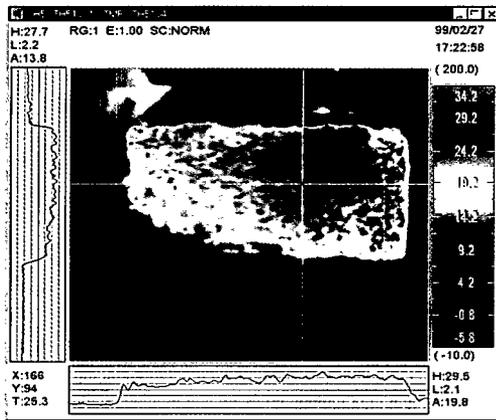
그림 2-47. 영주지역 소재 저온양봉사 및 소비의 열화상



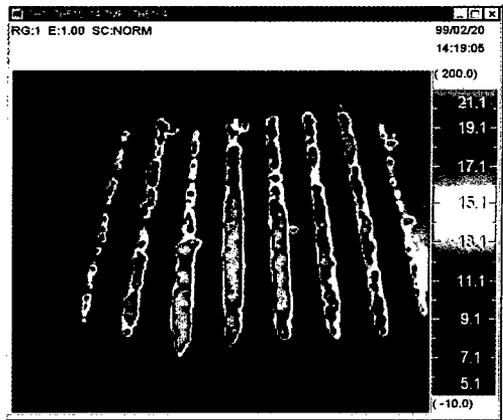
(a)



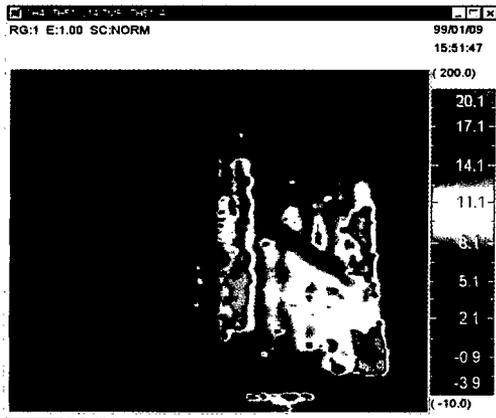
(b)



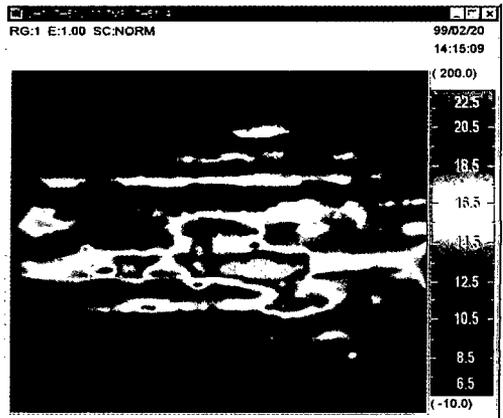
(c)



(d)

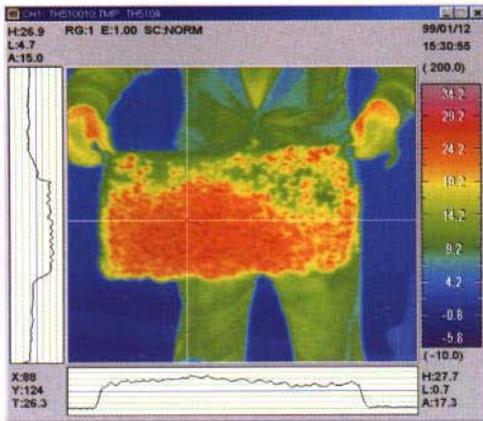


(e)

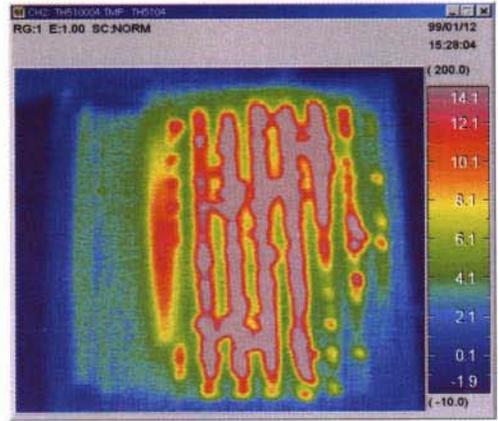


(f)

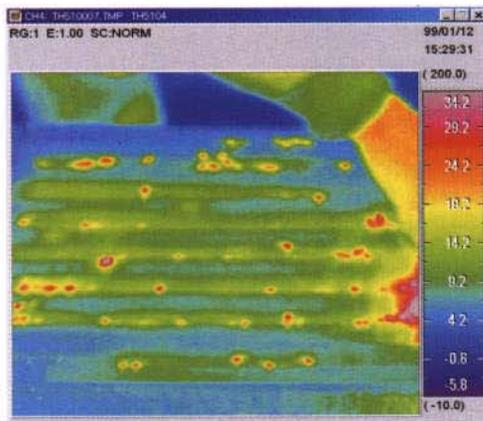
그림 2-47. 영주지역 소재 저온양봉사 및 소비의 열화상



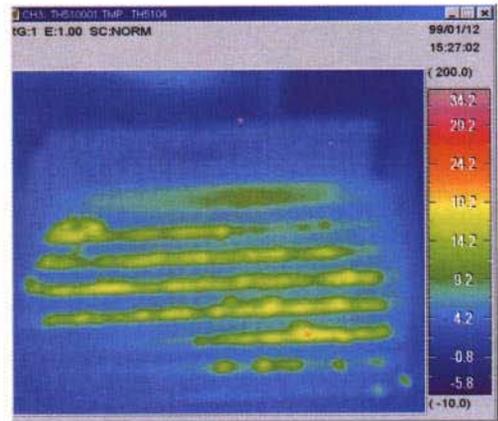
(a)



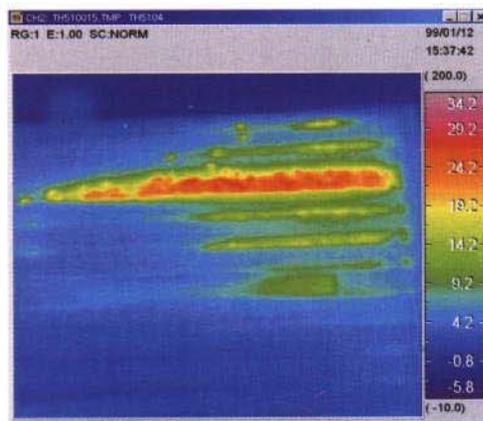
(b)



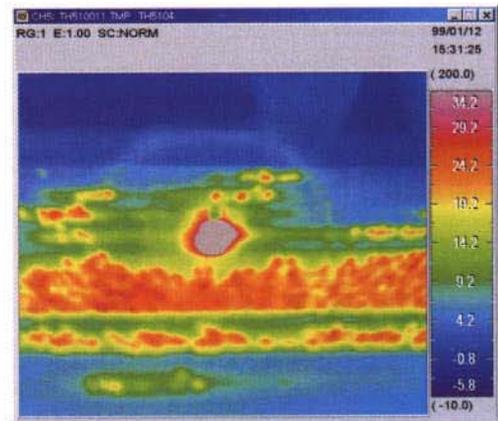
(c)



(d)

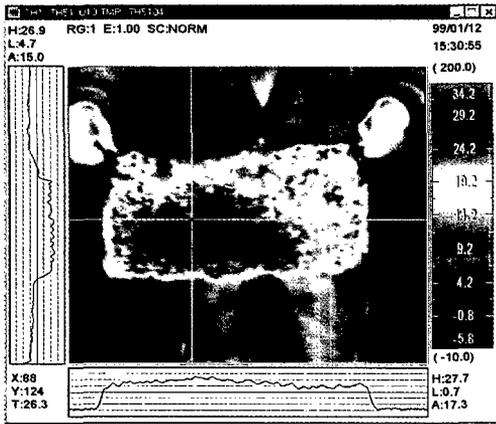


(e)

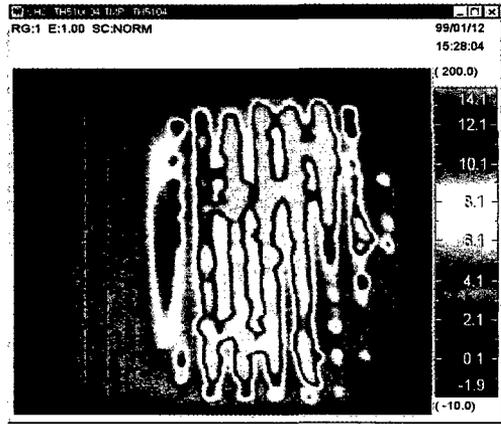


(f)

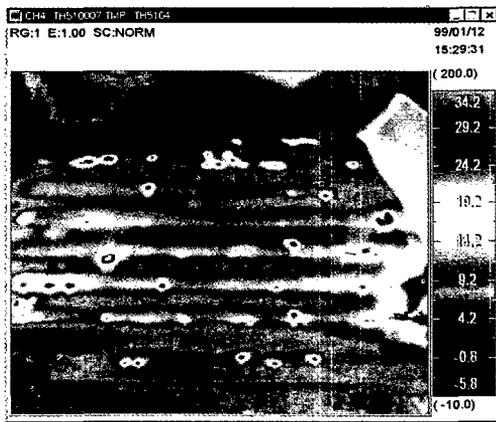
그림 2-48. 용인지역 소재 저온양봉사 및 소비의 열화상



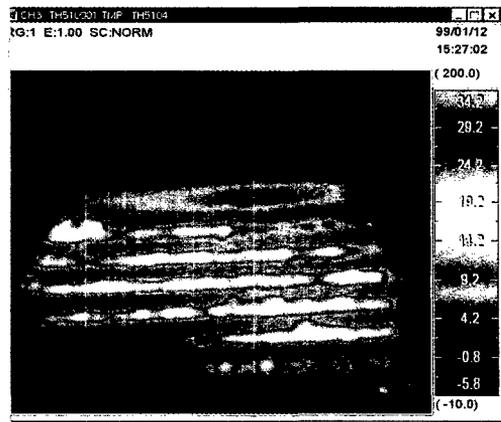
(a)



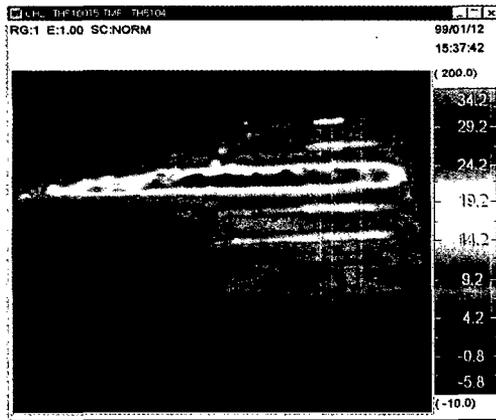
(b)



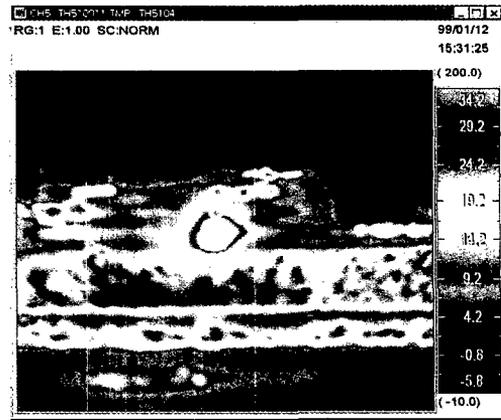
(c)



(d)



(e)



(f)

그림 2-48. 용인지역 소재 저온양봉사 및 소비의 열화상

라. 환기팬 작동방식에 따른 온도조절 효과

꿀벌의 월동기간중 저온양봉사의 환경조절은 유일하게 환기팬에 의해 이루어진다. 따라서, 환기팬의 작동방식에 따라 저온양봉사 내부의 환경은 많은 차이가 있을 것으로 판단된다.

꿀벌의 성공적인 월동에 있어 가장 중요한 것은 월동기간중 저온양봉사 내부온도로서 2~9℃가 적정 온도범위로 알려져 있다. 따라서, 환기팬 작동은 저온양봉사 내부온도에 의해 이루어지도록 설계하였다. 1차년도에는 저온양봉사 내부온도를 기준으로 6℃이하인 경우에는 30분마다 3분씩 작동하며 저온양봉사 내부온도가 6℃보다 높으면 연속적으로 작동하도록 설계하였다. 이러한 환기팬 작동방식(이하, 환기팬 작동방식 A)에 의한 저온양봉사의 내부환경은 외기온이 영하이하인 경우에는 별다른 문제없이 꿀벌이 실내월동하기에 적합한 온도범위를 유지하였으나 외기온이 10℃이상이 되면 저온양봉사 내부온도가 다소 높게 나타나 환기팬 작동방식의 개선이 필요하였다. 따라서, 개선된 환기팬 작동방식(이하, 환기팬 작동방식 B)은 외기온과 저온양봉사 내부온도를 동시에 고려한 작동방법으로서 외기온이 9℃보다 높으면 30분마다 3분씩 작동하고, 외기온이 9℃미만인 경우에도 저온양봉사 내부온도가 6℃이하이면 30분마다 3분씩 작동하지만 저온양봉사 내부온도가 6℃보다 높으면 연속적으로 작동하도록 하였다. 이러한 환기팬 작동방식에 따른 저온양봉사의 내부온도 조절 성능을 파악하고자 외기온이 유사한 범위에서 변화할 때 환기팬 작동방식 A와 작동방식 B로 환기팬을 작동하였을 경우에 대하여 저온양봉사 내부와 벌통내부의 온도를 비교·분석한 결과는 다음과 같다.

그림 2-49와 그림 2-50에서 볼 수 있는 바와 같이 환기팬을 작동방식 A에 따라 작동한 경우 외부온도가 -2.2~16.2℃(평균온도 5.1℃)범위에서 변화할 때 저온양봉사의 내부온도는 7.1~10.3℃(평균온도 8.3℃), 벌통의 내부온도는 8.8~11.3℃(평균온도 9.8℃)범위내에서 변화하였다. 저온양봉사 내부의 경우 외기온보다 평균 3.2℃ 높게 나타났으며 벌통내부의 온도는 평균 4.7℃ 높게 나타났다.

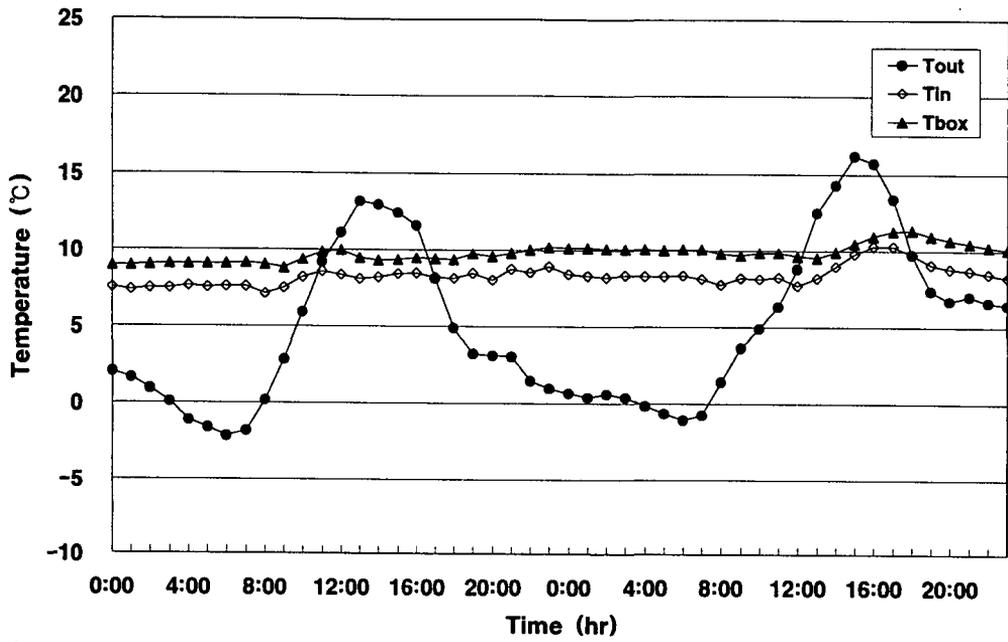


그림 2-49. 저온양봉사 내·외부의 온도 변화 (작동방식 A, '97. 3. 3~3. 4)

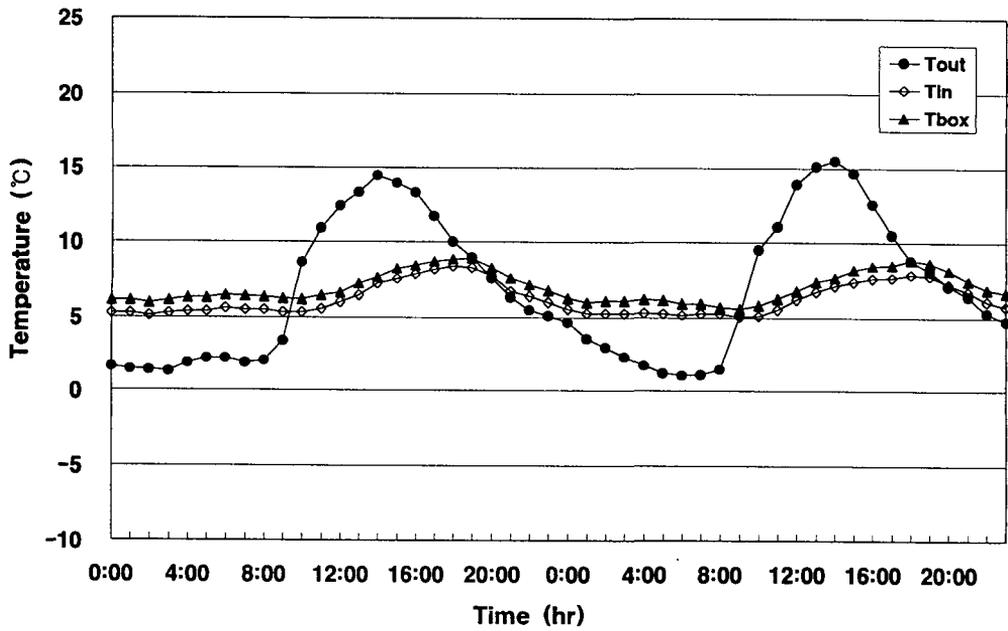


그림 2-50. 저온양봉사 내·외부의 온도 변화 (작동방식 B, '98. 3. 3~3. 4)

그러나, 환기팬을 작동방식 B에 따라 작동한 경우에는 외부온도가 1.0~15.5℃(평균 온도 6.9℃)범위에서 변화할 때 저온양봉사의 내부온도는 5.0~8.4℃(평균온도 6.2℃), 벌통의 내부온도는 5.6~8.9℃(평균온도 7.0℃)범위에서 변화하여 저온양봉사 내부온도는 외기온에 비해 평균 0.7℃ 낮게 나타났으며 벌통 내부온도는 평균 0.1℃ 높게 나타났다. 이러한 온도범위는 꿀벌이 월동하기에 적합한 온도범위이다. 이러한 결과로부터 외기온이 비슷한 조건하에서 작동방식 A에 비하여 작동방식 B에 의한 벌통내부의 승온억제효과가 약 2.8℃, 저온양봉사 내부의 승온억제효과가 약 2.1℃정도 더 있음을 알 수 있었다.

마. 저온양봉사 내부의 단열재에 따른 온도조절효과

저온양봉사의 건축에 있어 가장 중요한 것은 단열처리이다. 저온양봉사는 외기의 영향을 받지 않도록 철저한 단열이 이루어져야 환기팬에 의한 환경조절성능이 최대화 될 수 있다. 따라서, 저온양봉사의 벽체 재료의 선정은 매우 중요한 문제이며 저온양봉사의 건축비 및 시공의 용이성과도 밀접한 관계가 있다.

저온양봉사 내부의 단열처리를 우레탄 폼으로 하였을 경우에는 벽체를 시공한후 우레탄 폼을 타설하여야 하므로 건축비의 상승요인이 되며 시공면에서도 일정한 두께로 고르게 타설하여야 하는 등 많은 주의가 요구된다. 또한 공사후 일정기간은 악취제거로 공간을 활용할 수가 없다. 따라서, 저온양봉사 내부에 별도의 단열재없이 벽체재료만으로 단열이 가능하도록 하였을 경우 시공의 간편성과 재료의 원가 절감등으로 저온양봉사의 건축비를 절감할 수 있을 것으로 판단되었다. 따라서, 영주와 용인지방에 외벽과 내부 단열처리를 다르게 하여 저온양봉사를 건축하였다. 저온양봉사 내부의 단열처리를 다르게 하여 저온양봉사의 환경조절 성능을 분석한 결과는 다음과 같다.

저온양봉사 내부의 단열처리가 상이한 영주와 용인지방의 저온양봉사의 환경조절 성능을 분석하고자 외기온이 유사한 시기에 저온양봉사 내부의 온도변화를 계측하

였다. 외기온 변화에 따른 저온양봉사 내기온의 일변화는 표 2-37, 그림 2-51 및 그림 2-52에서 보는 바와 같이 저온양봉사 내부에 별도의 단열처리 없이 외벽과 천장을 200mm 샌드위치 패널로 한 경우('98. 3. 4, 용인), 외부온도가 -3.3~14.5℃(평균온도 5.5℃)범위에서 변화할 때 저온양봉사의 내부온도는 4.4~10.6℃(평균온도 7.6℃)범위에서 변화하여 외부온도의 최고최저 온도편차가 17.8℃ 일 때, 저온양봉사 내부의 최고최저 온도편차는 약 6.6℃이었다. 또한 저온양봉사의 외벽과 천장을 100mm 샌드위치 패널로 한 후 내부에 100mm 우레탄 폼으로 단열처리를 한 경우('97. 3. 4, 영주), 외부온도가 -1.1~16.8℃(평균온도 5.8℃)범위에서 변화할 때 저온양봉사의 내부온도는 7.8~10.3℃(평균온도 8.7℃)범위에서 변화하여 외부온도의 최고최저 온도편차가 17.9℃일 때, 저온양봉사 내부의 최고최저 온도편차는 약 2.5℃였다. 따라서, 저온양봉사 내부에 별도의 단열처리 없이 외벽과 천장을 200mm 샌드위치 패널로만 한 경우에는 외벽과 천장을 100mm 샌드위치 패널로 한 후 내부에 우레탄 폼으로 한 경우에 비해 저온양봉사 내부의 최고최저 온도편차가 4.1℃정도 높게 나타났으나 평균온도는 꿀벌이 월동하는데 적합한 온도범위로 나타났다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 건축비와 시공의 용이성 등을 고려하여 저온양봉사 내부에 별도의 단열처리없이 외벽과 천장을 200mm 샌드위치 패널로 하여도 무방할 것으로 판단되었다.

표 2-37. 단열재료에 따른 저온양봉사 내부온도

단열재 온도(℃)	샌드위치패널 200mm ('98. 3. 4, 용인)				샌드위치패널+우레탄폼(200mm) ('97. 3. 4, 영주)			
	최고	최저	온도편차	평균	최고	최저	온도편차	평균
양봉사내부	14.5	-3.3	17.8	5.5	16.8	-1.1	17.9	5.8
양봉사외부	10.6	4.4	6.2	7.6	10.3	7.8	2.5	8.7

(온도편차=최고온도-최저온도)

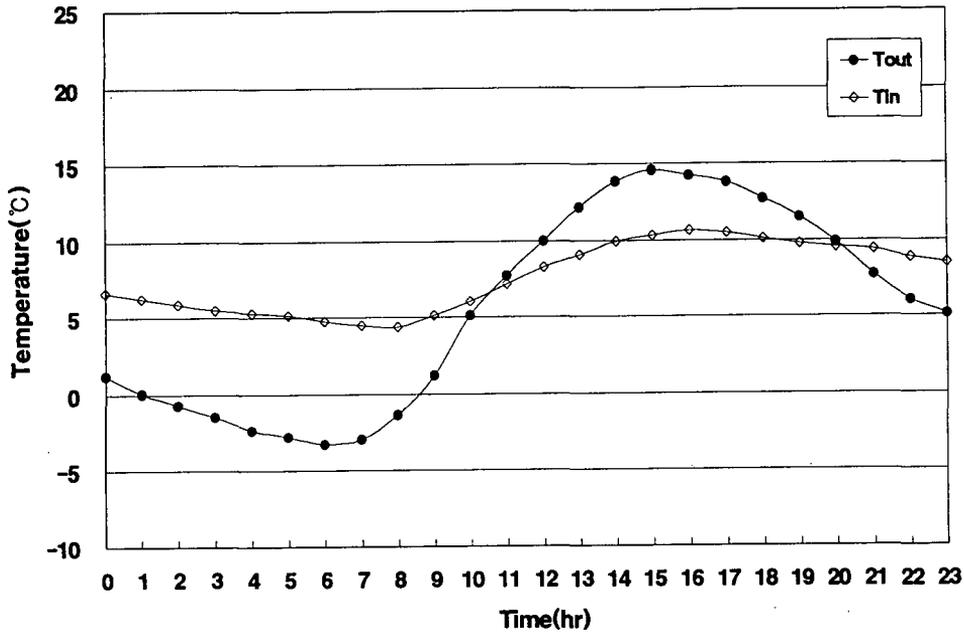


그림 2-51. 단열재가 샌드위치 패널인 경우 저온양봉사 내부온도 변화(용인, '98. 3. 4)

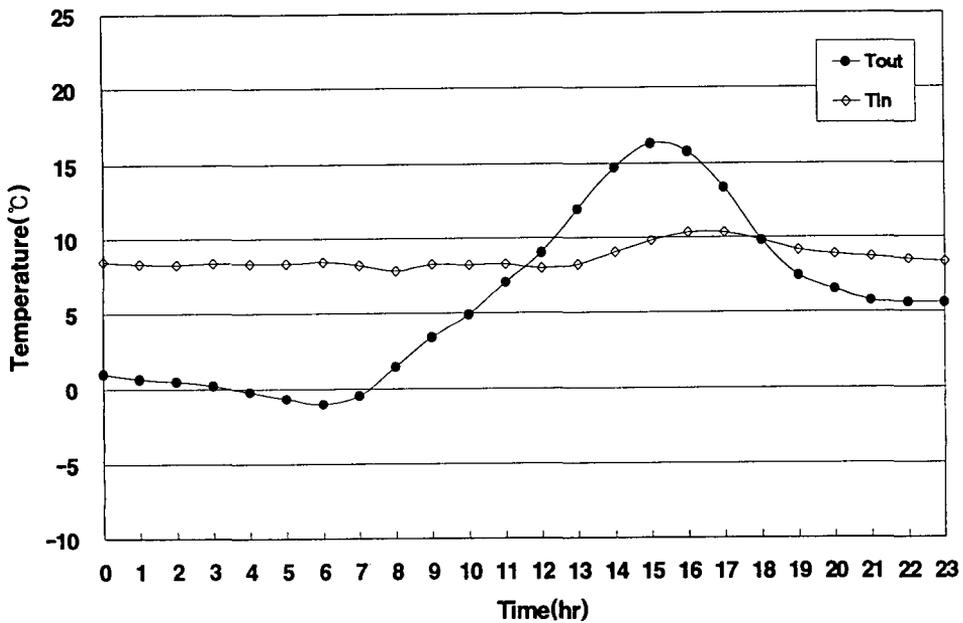


그림 2-52. 단열재가 우레탄 폼인 경우 저온양봉사 내부온도 변화(영주, '97. 3. 4)

3. 저온양봉사의 습도환경 조절 성능

가. 대구근교(경북 영주) 저온양봉사 내부의 습도 변화

1) 1차년도 ('96. 9~'97. 9)

가) 측정 전기간 동안의 습도 변화

1차년도에는 저온양봉사 건축이 다소 늦게되어 계획기간이 20일('97. 2. 19~'97. 3. 13)에 불과하였다. 표 2-38 및 그림 2-53은 계획기간('97. 2. 19~'97. 3. 13)동안 저온양봉사 내·외부의 습도변화를 도시한 것으로서 저온양봉사의 내부습도는 외기 유입으로 인하여 외부습도의 영향을 많이 받는 것으로 나타났다. 외부습도가 25.2~84.8%(평균습도 59.1%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 39.1~78.2%(평균습도 62.7%)범위에서 변화하여 저온양봉사의 내부최고습도는 외부최고습도보다 낮게 나타났으나 평균습도는 약 14%정도 높게 나타났다. 저온양봉사 내부의 평균 습도는 적정습도로 추천되는 50~75%의 범위에 들어가 꿀벌의 실내월동에 별다른 문제가 없을 것으로 판단되었다. 하지만, 매우 건조한 공기가 유입되어 저온양봉사 내부습도가 낮아지면 꿀방에 저장돼 있는 식량이 너무 단단히 결정되어 꿀벌들이 먹이로 할 수가 없으므로 유의하여야 한다.

표 2-38. 저온양봉사 내·외부의 습도('97. 2. 19~'97. 3. 13)

구	분	양봉사 외부	양봉사 내부
최 고 습 도 (%)		84.8	78.2
최 저 습 도 (%)		25.2	39.1
평 균 습 도 (%)		59.1	62.7

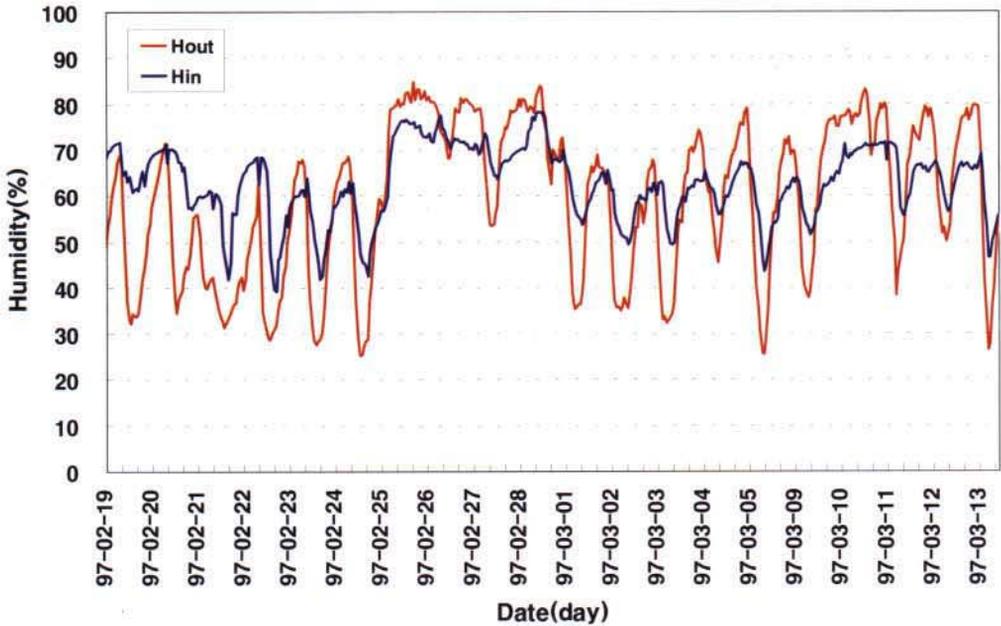


그림 2-53. 저온양봉사 내·외부의 습도 변화('97. 2. 19~3. 13)

나) 계측기간중 외기온이 최저일 때 저온양봉사 내·외부의 습도 변화

저온양봉사의 환경조절 수단인 환기팬의 작동제어는 저온양봉사 내·외부의 온도 에 의하여 이루어지지만 외기의 유입으로 인하여 습도환경과도 밀접한 관계가 있다. 겨울철의 상대습도가 아주 낮은 외부공기가 저온양봉사내로 유입되면 저온양봉사 내부습도가 낮게 된다. 상대습도가 매우 낮아지면 꿀방에 저장돼 있는 식량이 너무 단단히 결정되어 꿀벌이 녹여서 먹이로 할 수가 없으므로 이에 대한 검증이 필요하다. 계측기간중 외기온이 최저일 때 저온양봉사 내부의 습도변화를 분석한 결과는 표 2-39와 그림 2-54와 같다. 저온양봉사 외부습도가 32.2~71.4%(평균습도 51.0%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 57.1~71.6%(평균습도 66.1%)범위에서 변화하였다. 외부습도의 최고최저 습도편차가 39.2%이지만 저온양봉사 내부 습도의 편차는 14.5%로 외부보다는 안정적인 변화폭을 나타내었다. 따라서, 외기온 이 낮은 경우에도 저온양봉사 내부습도는 양호한 것으로 분석되었다.

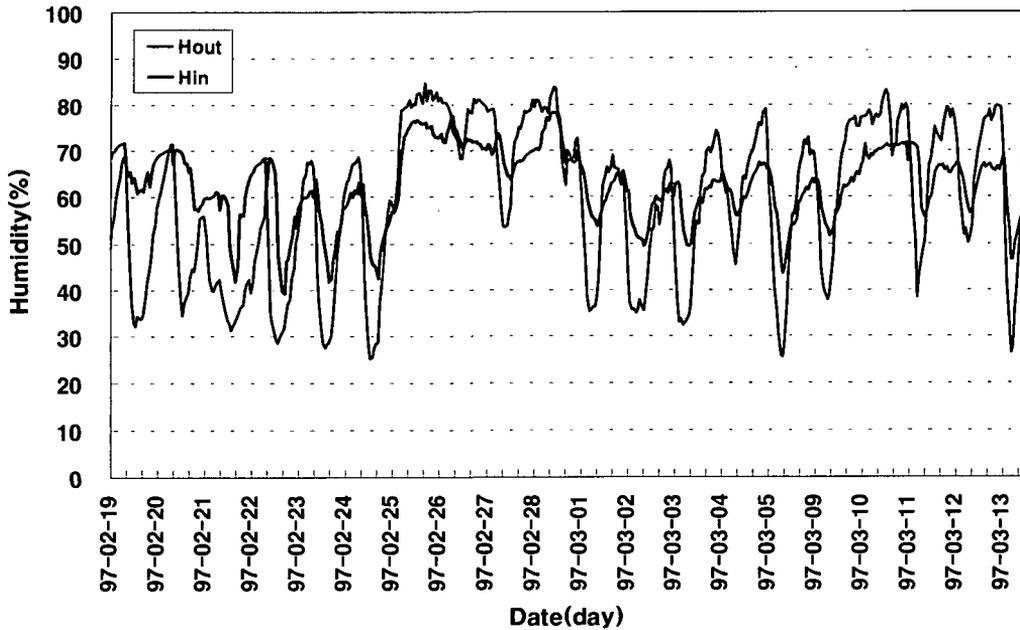


그림 2-53. 저온양봉사 내·외부의 습도 변화('97. 2. 19~3. 13)

나) 계측기간중 외기온이 최저일 때 저온양봉사 내·외부의 습도 변화

저온양봉사의 환경조절 수단인 환기팬의 작동제어는 저온양봉사 내·외부의 온도에 의하여 이루어지지만 외기의 유입으로 인하여 습도환경과도 밀접한 관계가 있다. 겨울철의 상대습도가 아주 낮은 외부공기가 저온양봉사내로 유입되면 저온양봉사 내부습도가 낮게 된다. 상대습도가 매우 낮아지면 꿀방에 저장돼 있는 식량이 너무 단단히 결정되어 꿀벌이 녹여서 먹이로 할 수가 없으므로 이에 대한 검증이 필요하다. 계측기간중 외기온이 최저일 때 저온양봉사 내부의 습도변화를 분석한 결과는 표 2-39와 그림 2-54와 같다. 저온양봉사 외부습도가 32.2~71.4%(평균습도 51.0%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 57.1~71.6%(평균습도 66.1%)범위에서 변화하였다. 외부습도의 최고최저 습도편차가 39.2%이지만 저온양봉사 내부습도의 편차는 14.5%로 외부보다는 안정적인 변화폭을 나타내었다. 따라서, 외기온이 낮은 경우에도 저온양봉사 내부습도는 양호한 것으로 분석되었다.

표 2-39. 외기온이 낮을 때 저온양봉사 내·외부의 습도 변화('97. 2. 19~20)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부
최 고 습 도 (%)	71.4	71.6
최 저 습 도 (%)	32.2	57.1
평 균 습 도 (%)	51.0	66.1

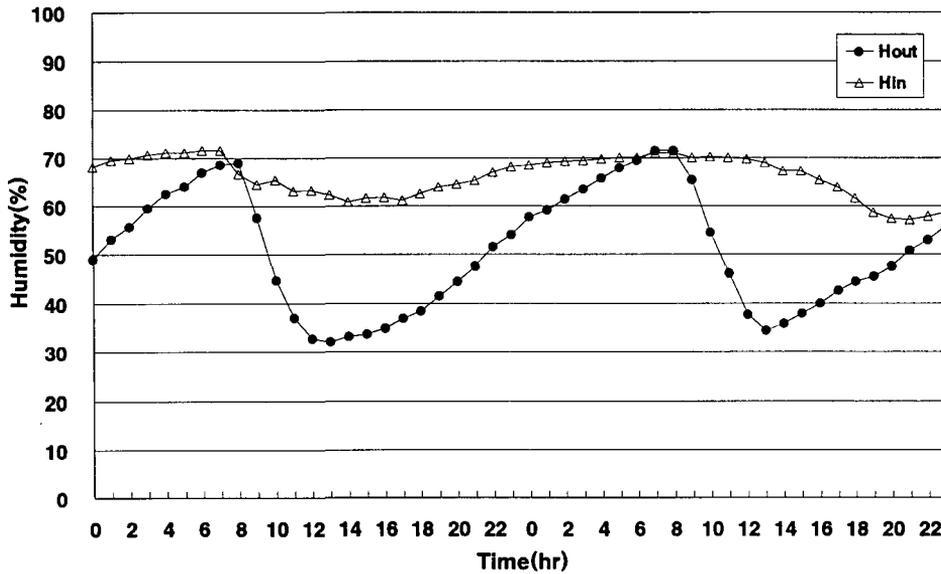


그림 2-54. 외기온이 낮을 때 저온양봉사 내부의 습도 변화('97. 2. 19~20)

다) 계측기간중 외기온이 최고일 때 저온양봉사 내·외부의 습도 변화

저온양봉사 내부온도가 올라가면 꿀벌들이 벌통에서 나와 활동을 하게되므로 먹이의 소비량도 증가하고 내부환경에도 많은 영향을 미치게 된다. 또한, 내부온도가 상승하는 조건에서 습도는 꿀벌의 병을 유발시키는 원인이 되므로 따뜻한 외기의 유입으로 저온양봉사 내부온도가 상승할 때 습도를 파악할 필요성이 있다. 따라서, 계측기간중 외기온이 최고일 때 저온양봉사 내부의 습도를 계측한 결과는 표 2-40

및 그림 2-55와 같다.

표 2-40과 그림 2-55에서 보는 바와 같이 저온양봉사 외부평균온도 9.9℃인 경우, 저온양봉사 외부습도가 38.4~72.8%(평균습도 65.4%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 51.5~63.9%(평균습도 58.7%)범위에서 변화하였다. 외부습도의 최고최저 습도편차가 34.4%이지만 저온양봉사 내부습도의 편차는 12.4%로 외부보다는 안정적인 변화폭을 나타내었으며 외부보다 평균 6.7%정도 낮게 나타났다. 따라서, 외부기온이 높은 경우에도 저온양봉사 내부습도는 양호한 것으로 분석되었다.

표 2-40. 외기온이 높을 때 저온양봉사 내·외부의 습도('97. 3. 9)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부
최 고 습 도 (%)	72.8	63.9
최 저 습 도 (%)	38.4	51.5
평 균 습 도 (%)	65.4	58.7

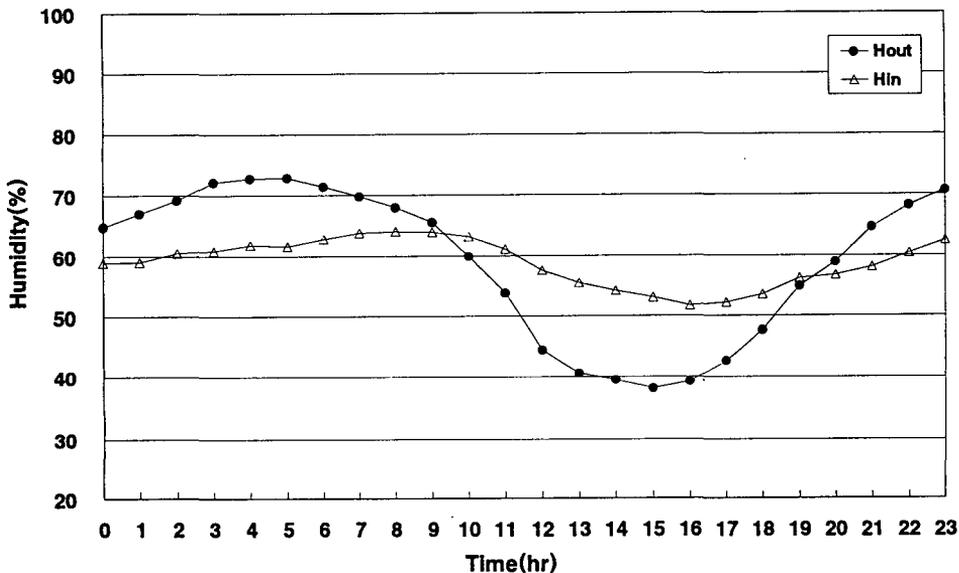


그림 55. 외부온도가 높을 때 저온양봉사 내부의 습도 변화('97. 3. 9)

라) 계측기간중 외부습도가 최저일 때 저온양봉사 내·외부의 습도 변화

저온양봉사 외부의 건조한 공기가 유입될 경우 벌통내 꿀방에 저장되어 있는 먹이가 응결되므로 꿀벌들이 이용할 수가 없게 된다. 따라서, 계측기간 중 외부습도가 최저일 때 저온양봉사 내부의 습도변화를 분석할 필요성 있으며, 분석 결과는 표 2-41와 그림 2-56과 같다. 저온양봉사 외부습도가 31.3~56.0%(평균습도 39.2%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 41.8~64.0%(평균습도 56.6%)범위에서 변화하였다. 저온양봉사 외부가 건조하여도 저온양봉사 내부는 평균습도가 약 57%를 유지할 수 있어 저온양봉사의 습도조절 성능이 양호한 것으로 나타났다.

표 2-41. 외부습도가 낮을 때 저온양봉사 내부습도('97. 2. 28)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부
최 고 습 도 (%)	56.0	64.0
최 저 습 도 (%)	31.3	41.8
평 균 습 도 (%)	39.2	56.6

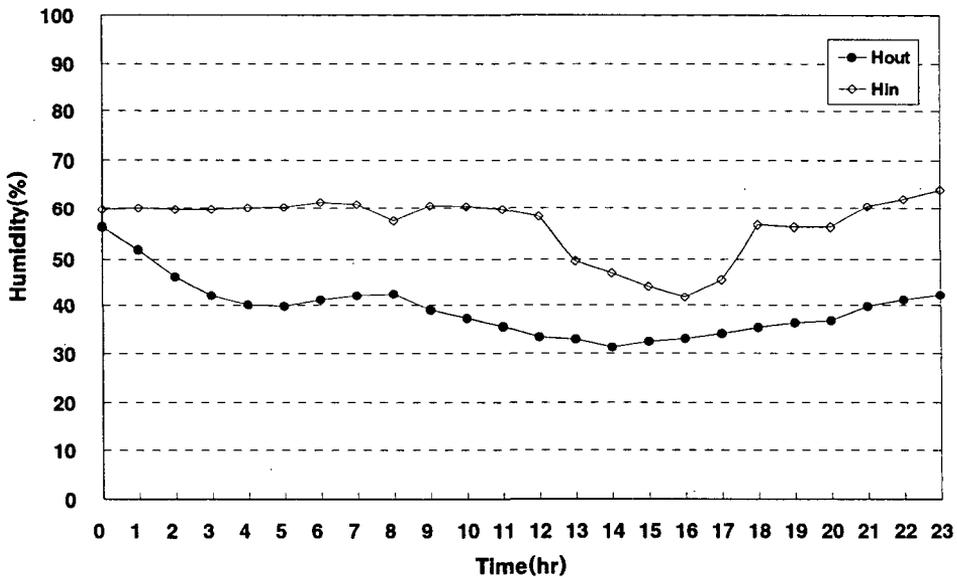


그림 2-56. 외부습도가 낮을 때 저온양봉사 내부의 습도 변화 ('97. 2. 28)

마) 계측기간중 외부습도가 최고일 때 저온양봉사 내·외부의 습도변화

다습한 외부공기가 저온양봉사 내부로 유입될 경우 월동중인 꿀벌들에게 병을 유발시킬 수 있는 조건이 된다. 따라서, 계측기간 동안 외부습도가 최고일 때 저온양봉사 내부의 습도변화를 분석할 필요성이 있으며, 분석 결과는 표 2-42와 그림 2-57과 같다. 저온양봉사 외부습도가 68.7~83.8%(평균습도 79.3%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 68.6~78.2%(평균습도 73.3%)범위에서 변화하여 외부공기가 다습하여도 저온양봉사 내부습도는 외부습도에 비해 평균 6%정도 낮게 나타나 꿀벌들의 월동에는 별다른 문제가 없을 것으로 판단된다.

표 2-42. 외부습도가 높을 때 저온양봉사 내부습도('97. 2. 21)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부
최 고 습 도 (%)	83.8	78.2
최 저 습 도 (%)	68.7	68.6
평 균 습 도 (%)	79.3	73.3

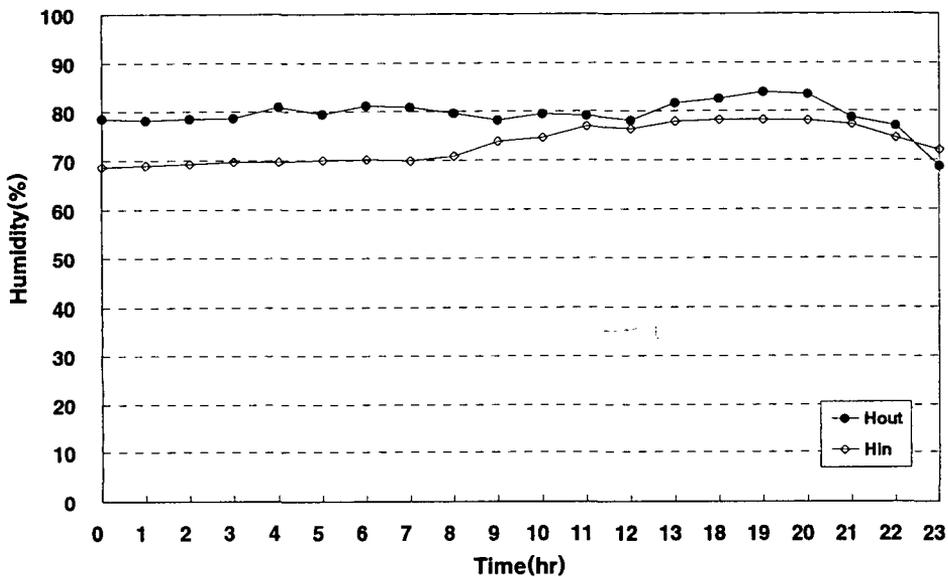


그림 2-57. 외부습도가 높을 때 저온양봉사 내부의 습도 변화('97. 2. 21)

바) 저온양봉사 내·외부의 일 최저습도 변화

저온양봉사의 내부환경이 건조한 조건에 장기간 노출되면 꿀벌들이 월동하는데 많은 장애가 발생한다. 따라서, 저온양봉사의 습도조절 성능의 안정성을 분석하기 위해 일 최저습도값을 이용하여 계측기간 동안의 저온양봉사 내부환경을 분석한 결과는 표 2-43과 그림 2-58과 같다. 저온양봉사 외부의 일 최저습도가 25.2~72.0% (평균 39.7%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부의 일 최저습도는 39.1~70.1%(평균 52.6%)범위에서 변화하였다. 일 최저습도만을 고려한 경우에도 저온양봉사 내부 습도가 외부습도에 비해 평균 약 13%정도 높게 나타나 월동기간중 안정적인 내부 습도환경을 유지할 수 있는 것으로 나타났다.

표 2-43. 저온양봉사 내·외부의 일 최저습도 ('97. 2. 19~3. 13)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부
최 고 습 도 (%)	72.0	70.1
최 저 습 도 (%)	25.2	39.1
평 균 습 도 (%)	39.7	52.6

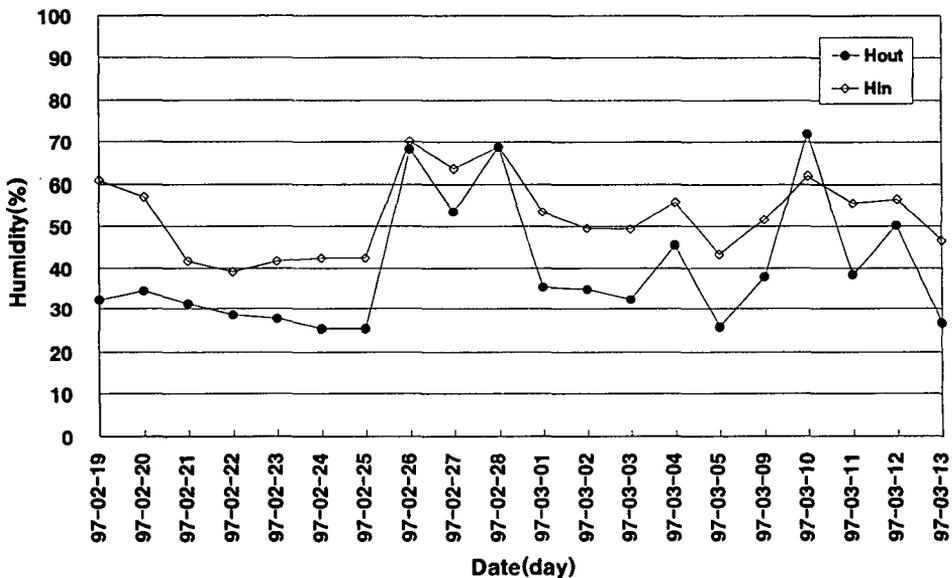


그림 2-58. 저온양봉사 내·외부의 일 최저습도 변화 ('97. 2. 19~3. 13)

사) 저온양봉사 내·외부의 일 최고습도 변화

저온양봉사의 습도조절 성능의 안정성을 분석하기 위해 일 최고습도값을 이용하여 계측기간동안의 저온양봉사 내부환경을 분석한 결과는 표 2-44와 그림 2-59와 같다. 저온양봉사 외부의 일 최고습도가 56.0~84.8%(평균 74.3%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부의 일 최고습도는 63.0~78.2%(평균 69.1%)범위에서 변화하였다. 일 최고습도만을 고려한 경우에도 저온양봉사 내부습도가 외부습도에 비해 평균 약 5%정도 낮게 나타나 월동기간중 안정적인 내부습도환경을 유지할 수 있는 것으로 나타났다.

표 2-44. 저온양봉사 내·외부의 일 최고습도('97. 2. 19~3. 13)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부
최 고 습 도 (%)	84.8	78.2
최 저 습 도 (%)	56.0	63.0
평 균 습 도 (%)	74.3	69.1

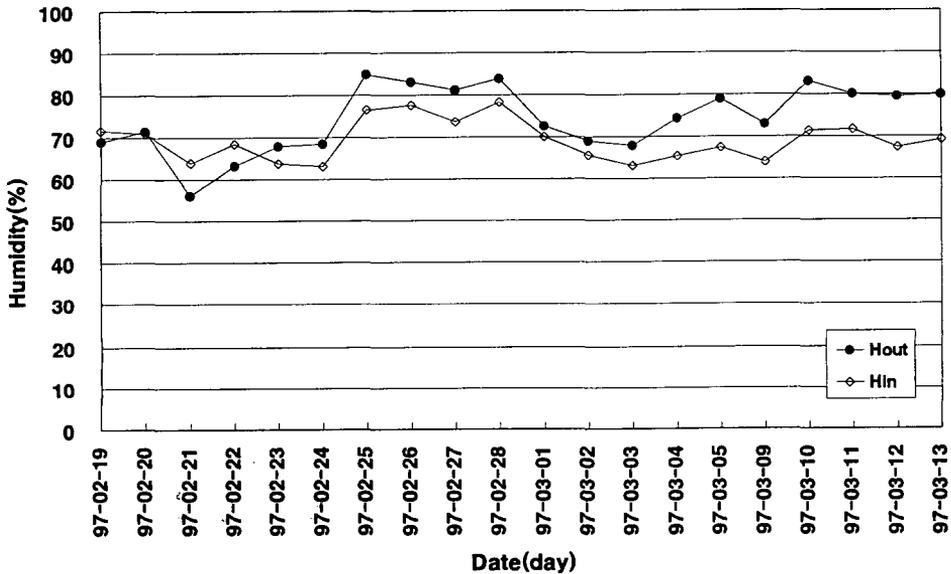


그림 2-59. 저온양봉사 내·외부의 일 최고습도 변화('97. 2. 19~3. 13)

2) 2차년도 ('97. 10~'98. 10)

가) 측정 전기간 동안의 일습도변화

실내월동을 위해 별통이 저온양봉사에 입고되는 97년 11월 22일부터 출고가 이루어지는 98년 3월 4일까지 저온양봉사의 습도조절 성능을 점검하고자 저온양봉사 내·외부의 습도를 15분간격으로 계측하였으며, 계측한 결과는 표 2-45 및 그림 2-60과 같다.

표 2-45. 저온양봉사 내·외부의 습도('97. 2. 19~'97. 3. 13)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부
최 고 습 도 (%)	94.1	81.8
최 저 습 도 (%)	29.5	38.4
평 균 습 도 (%)	68.0	60.5

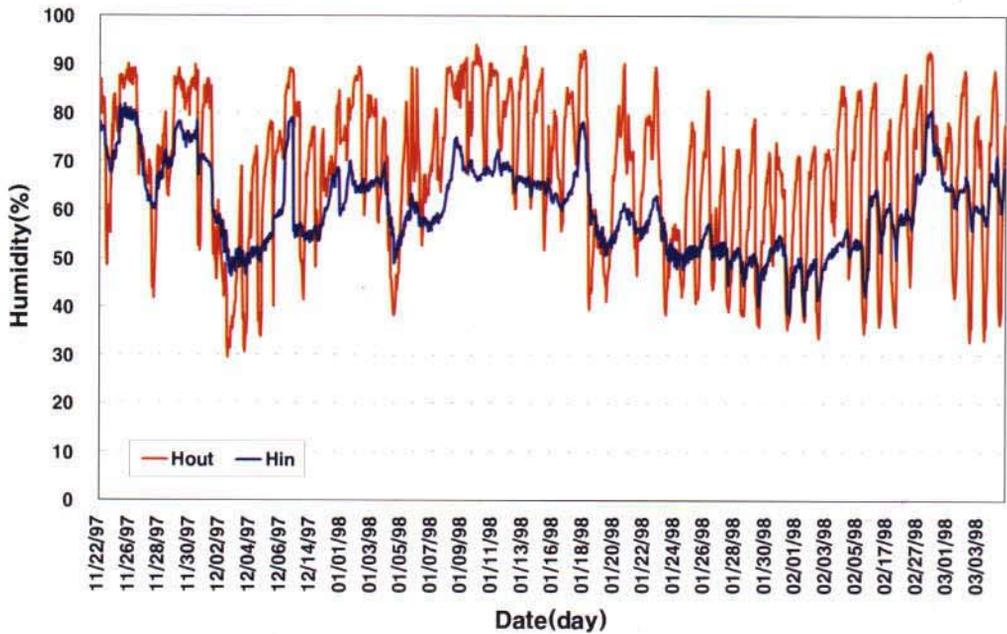


그림 2-60. 저온양봉사 내·외부의 습도 변화('97. 11. 22~'98. 3. 4)

2) 2차년도 ('97. 10~'98. 10)

가) 측정 전기간 동안의 일습도변화

실내월동을 위해 별통이 저온양봉사에 입고되는 97년 11월 22일부터 출고가 이루어지는 98년 3월 4일까지 저온양봉사의 습도조절 성능을 점검하고자 저온양봉사 내·외부의 습도를 15분간격으로 계측하였으며, 계측한 결과는 표 2-45 및 그림 2-60과 같다.

표 2-45. 저온양봉사 내·외부의 습도('97. 2. 19~'97. 3. 13)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부
최 고 습 도 (%)	94.1	81.8
최 저 습 도 (%)	29.5	38.4
평 균 습 도 (%)	68.0	60.5

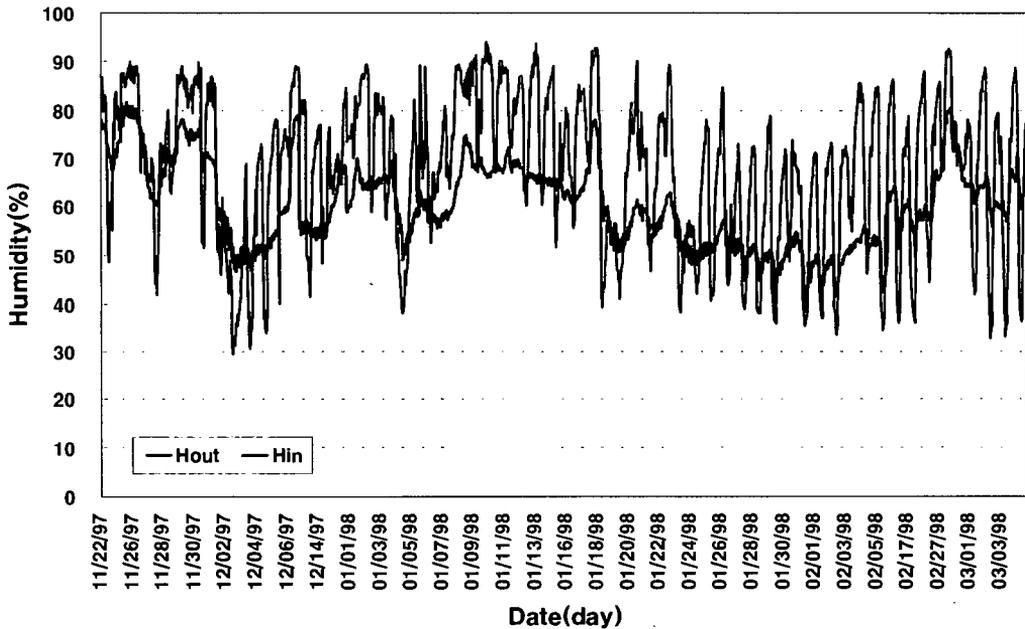


그림 2-60. 저온양봉사 내·외부의 습도 변화('97. 11. 22~'98. 3. 4)

표 2-45와 그림 2-60에서 보는 바와 같이 외부습도가 29.5~94.1%(평균습도 68.0%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 38.4~81.8%(평균습도 60.5%)범위에서 변화하여 저온양봉사의 내부습도가 외부습도에 비해 평균 8%정도 낮게 나타났다. 그리고, 저온양봉사의 내부습도는 외기 유입으로 인하여 외부습도의 영향을 많이 받는 것으로 나타났으며 외부습도가 건조할 때는 외부에 비해 다소 높게, 외부습도가 높을 때는 낮게 나타나 습도조절 기능이 우수함을 알 수 있다.

나) 계측기간중 외기온이 최저일 때 저온양봉사 내·외부의 습도변화

저온양봉사의 환경조절 수단인 환기팬의 작동은 저온양봉사 내·외부온도에 의하여 이루어지기 때문에 외부온도는 저온양봉사 내부 습도환경에도 밀접한 관련이 있다. 겨울철의 상대습도가 아주 낮은 외부공기가 저온양봉사내로 유입되면 저온양봉사 내부습도가 매우 낮아져 꿀방에 저장돼 있는 식량이 너무 단단히 결정되므로 꿀벌이 녹여서 먹이로 할 수가 없으므로 계측기간중 외기온이 최저일 때 저온양봉사 내부의 습도변화를 분석하였으며 분석결과는 표 2-46 및 그림 2-61과 같다. 저온양봉사 외부습도가 30.7~68.9%(평균습도 48.7%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 46.7~52.3%(평균습도 50.1%)범위에서 변화하였다. 외부습도의 최고최저 습도편차가 38.2%이지만 저온양봉사 내부습도의 편차는 5.6%에 불과하여 외부보다 안정적인 변화폭을 나타내었다. 따라서, 외기온이 낮은 경우에도 저온양봉사 내부 습도환경이 양호함을 알 수 있다.

표 2-46. 외기온이 낮을 때 저온양봉사 내·외부의 습도('97. 12. 3)

구 분	양봉사 외부습도	양봉사 내부습도
최 고 습 도 (%)	68.9	52.3
최 저 습 도 (%)	30.7	46.7
평 균 습 도 (%)	48.7	50.1

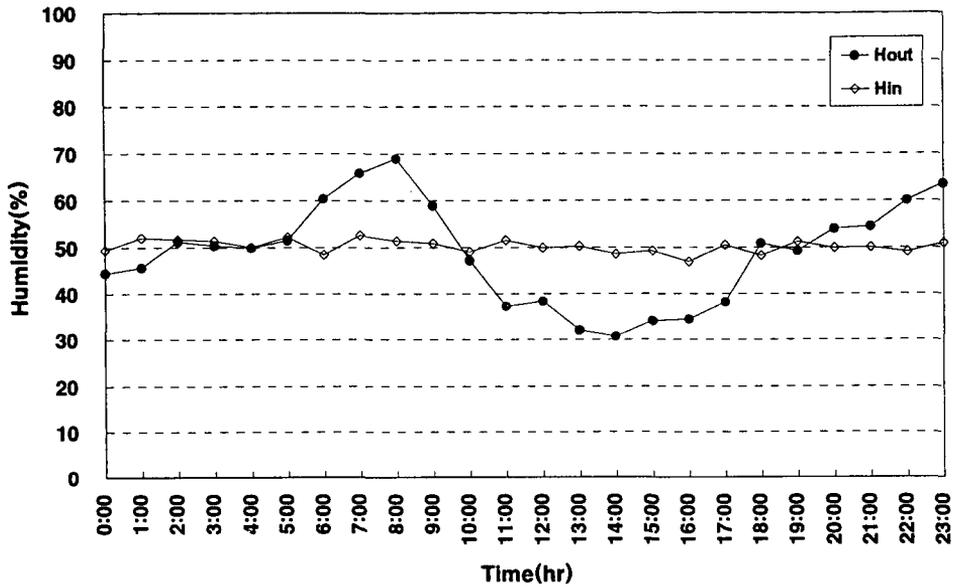


그림 2-61. 외기온이 낮을 때 저온양봉사 내부의 습도 변화('97. 12. 3)

다) 계측기간중 외기온이 최고일 때 저온양봉사 내·외부의 습도변화

저온양봉사 내부온도가 올라가면 꿀벌들이 벌통에서 나와 활동을 하게되므로 먹이의 소비량도 증가하고 내부환경에도 영향을 미치게 된다. 또한, 내부온도가 상승하는 조건에서 습도는 꿀벌의 병을 유발시키는 원인이 되므로 따뜻한 외기의 유입으로 저온양봉사 내부온도가 상승할 때 습도를 파악할 필요성이 있다. 따라서, 계측기간중 외기온이 최고일 때 저온양봉사 내부의 습도를 계측한 결과는 표 2-47 및 그림 2-62와 같다.

그림 2-55에서 보는 바와 같이 저온양봉사 외부 평균온도가 9.9℃인 경우, 저온양봉사 외부습도가 36.5~88.9%(평균습도 68.1%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 59.8~71.4%(평균습도 65.7%)범위에서 변화하였다. 외부습도의 최고최저 습도편차가 52.4%이지만 저온양봉사 내부습도의 편차는 11.6%로 외부보다는 안정적인 변화폭을 나타내었으며 내부습도는 외부보다 평균 2.4%정도 낮게 나타났다 따라서, 외부기온이 높은 경우에도 저온양봉사 내부습도는 양호한 것으로 분석되었다.

표 2-47. 외기온이 높을 때 저온양봉사 내·외부의 습도변화 ('97. 3. 9)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부
최 고 습 도 (%)	88.9	71.4
최 저 습 도 (%)	36.5	59.8
평 균 습 도 (%)	68.1	65.7

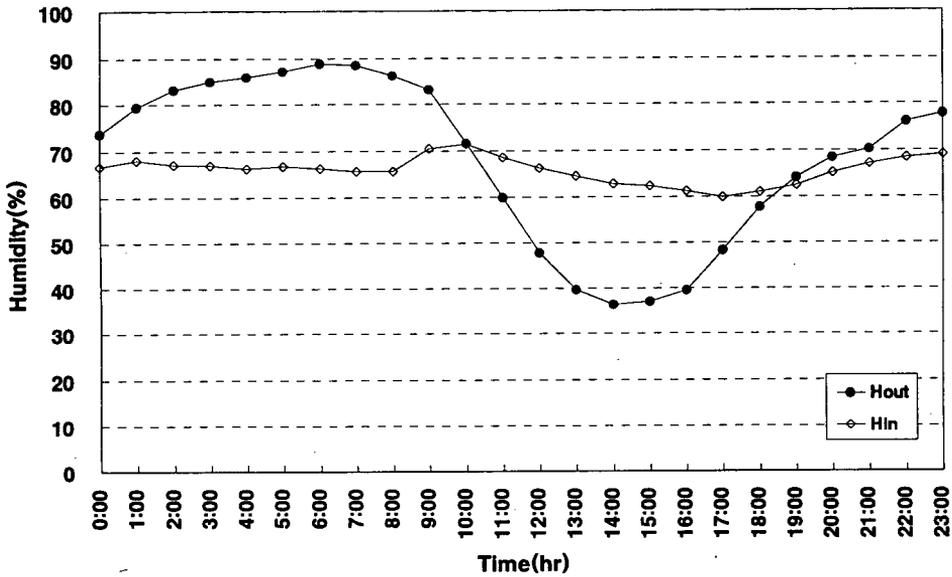


그림 62. 외기온이 높을 때 저온양봉사 내부의 습도변화('98. 3. 4)

라) 계측기간중 외부습도가 최저일 때 저온양봉사 내·외부의 습도 변화

실내월동시 저온양봉사 내부습도환경은 꿀벌의 먹이와 밀접한 관계가 있으므로 계측기간중 외부습도가 최저일 때 저온양봉사 내부의 습도변화를 분석하였다. 그 결과는 표 2-48 및 그림 2-63과 같다. 저온양봉사 외부습도가 29.5~51.2%(평균습도 39.9%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 46.4~57.9%(평균습도 51.7%) 범위에서 변화하였다. 따라서, 저온양봉사 외부가 건조하여도 저온양봉사 내부는 평균습도는 월동에 적정 습도범위로 추천되는 50~70%범위에 들어 저온양봉사의 습도조절 성능이 우수한 것으로 나타났다.

표 2-48. 외부습도가 낮을 때 저온양봉사 내부습도('97. 12. 2)

구 분	양봉사 외부습도	양봉사 내부습도
최 고 습 도 (%)	51.2	57.9
최 저 습 도 (%)	29.5	46.4
평 균 습 도 (%)	39.9	51.7

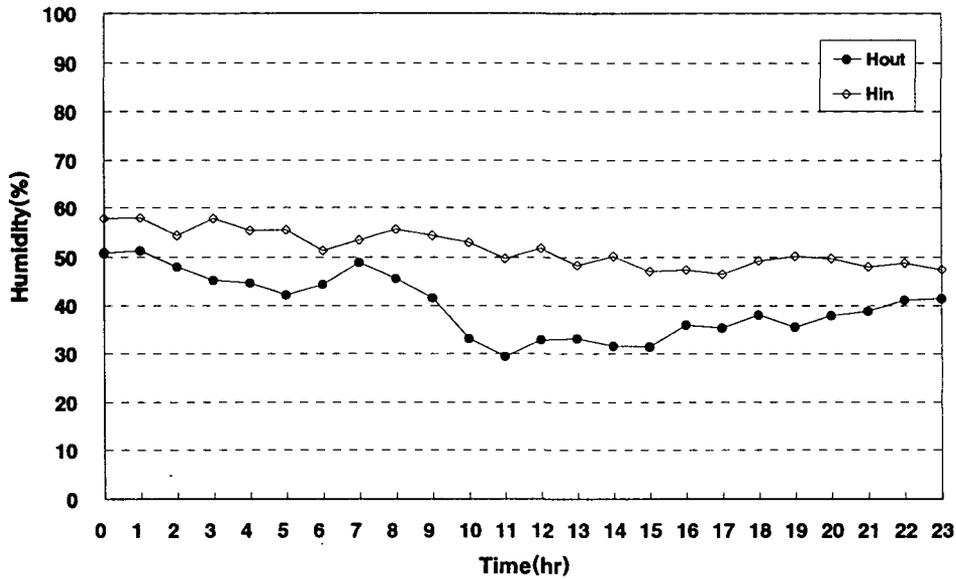


그림 2-63. 외부습도가 낮을 때 저온양봉사 내부의 습도변화('97. 12. 2)

마) 계측기간중 외부습도가 최고일 때 저온양봉사 내·외부의 습도 변화

실내월동시 다습한 환경은 꿀벌의 병해를 유발시킬 수 있는 조건이 된다. 따라서, 계측기간중 외부습도가 최고일 때 저온양봉사 내부의 습도변화를 분석하였으며, 그 결과는 표 2-49 및 그림 2-64와 같다. 저온양봉사 외부습도가 81.1~89.7%(평균습도 86.6%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 62.7~75.0%(평균습도 69.4%)범위에서 변화하였다. 외부공기가 다습하여도 저온양봉사 내부습도는 외부습도에 비해 평균 17%정도 낮게 나타나 꿀벌들의 월동에는 별다른 문제가 없을 것으로 판단된다.

표 2-49. 외부습도가 높을 때 저온양봉사 내부습도('98. 1. 8)

구 분	양봉사 외부습도	양봉사 내부습도
최 고 습 도 (%)	89.7	75.0
최 저 습 도 (%)	81.1	62.7
평 균 습 도 (%)	86.6	69.4

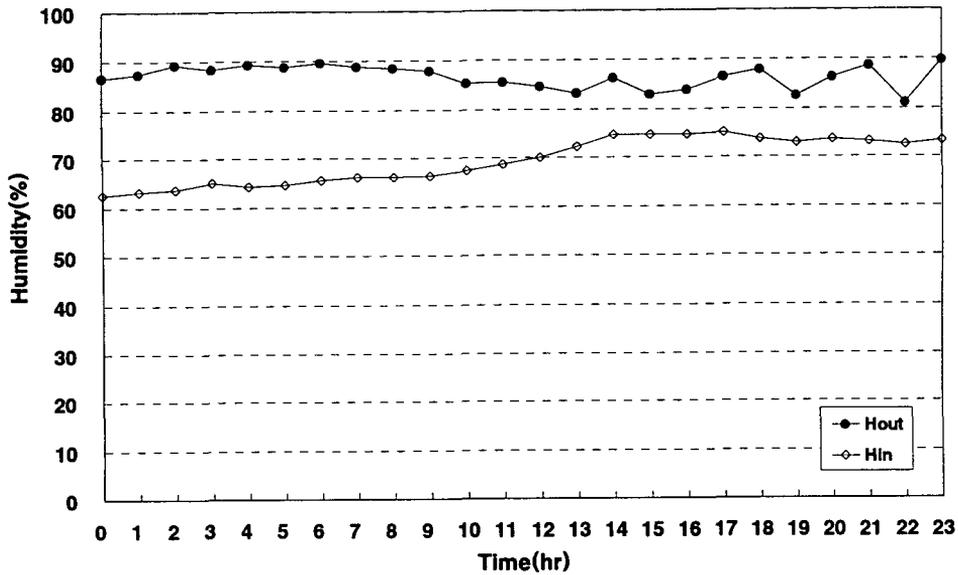


그림 2-64. 외부습도가 높을 때 저온양봉사 내부의 습도변화 ('98. 1. 8)

바) 저온양봉사 내·외부의 일 최저습도 변화

저온양봉사의 내부환경이 건조한 조건에 단기간 노출되면 꿀벌들이 월동하는 데는 지장이 없으나 장기간 노출시에는 많은 장애가 발생할 수 있다. 따라서, 저온양봉사의 습도조절 성능의 안정성을 분석하기 위해 일 최저습도값을 이용하여 계측기간동안의 저온양봉사 내부환경을 분석하였으며, 분석결과는 표 2-50 및 그림 2-65와 같다. 저온양봉사 외부의 일 최저습도가 29.5~81.1%(평균 50.4%)범위에서 변화할 때

저온양봉사 내부의 일 최저습도는 38.4~72.9%(평균 55.8%)범위에서 변화하였다. 일 최저습도만을 고려한 경우에도 저온양봉사 내부의 평균습도가 55.8%로 적정범위에 들어 월동기간중 안정적인 내부 습도환경을 유지할 수 있는 것으로 나타났다.

표 2-50. 저온양봉사 내·외부의 일 최저습도('97. 11. 21~3. 4)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부
최 고 습 도 (%)	81.1	72.9
최 저 습 도 (%)	29.5	38.4
평 균 습 도 (%)	50.4	55.8

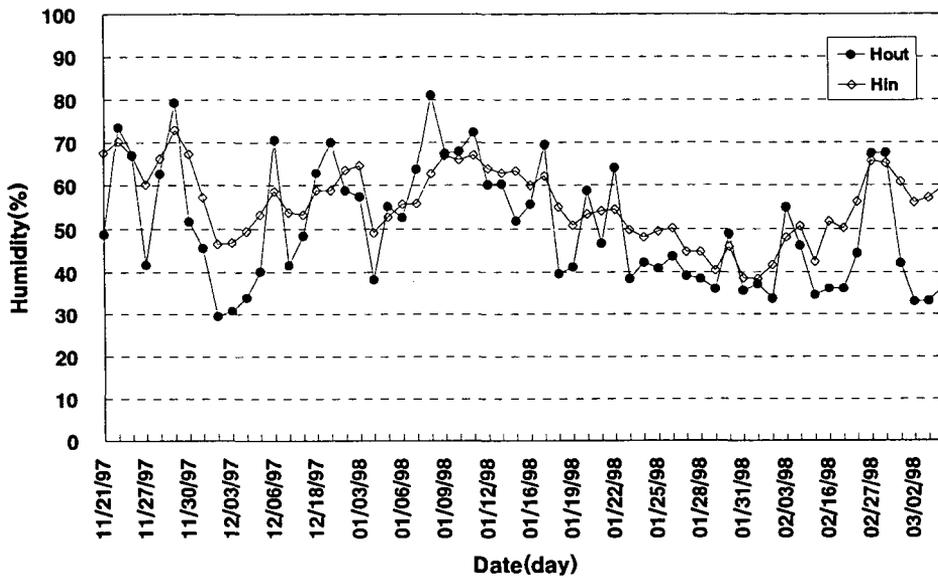


그림 2-65. 저온양봉사 내·외부의 일 최저습도 변화('97. 11. 21~3. 4)

사) 저온양봉사 내·외부의 일 최고습도 변화

외부환경이 다습한 조건일 때 저온양봉사의 습도조절 성능의 안정성을 분석하기

위해 일 최고습도값을 이용하여 계측기간동안의 저온양봉사 내부환경을 분석한 결과는 표 2-51 및 그림 2-66과 같다. 저온양봉사 외부의 일 최고습도가 51.2~94.1%(평균 82.6%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부의 일 최고습도는 50.3~81.8%(평균 64.8%)범위에서 변화하였다. 일 최고습도만을 고려한 경우에도 저온양봉사 내부습도가 외부습도에 비해 평균 약 18%정도 낮게 나타나 월동기간중 안정적인 내부습도환경을 유지할 수 있는 것으로 나타났다.

표 2-51. 저온양봉사 내·외부의 일 최고습도('97. 11. 21~3. 4)

구 분	양봉사 외부습도	양봉사 내부습도
최 고 습 도 (%)	94.1	81.8
최 저 습 도 (%)	51.2	50.3
평 균 습 도 (%)	82.6	64.8

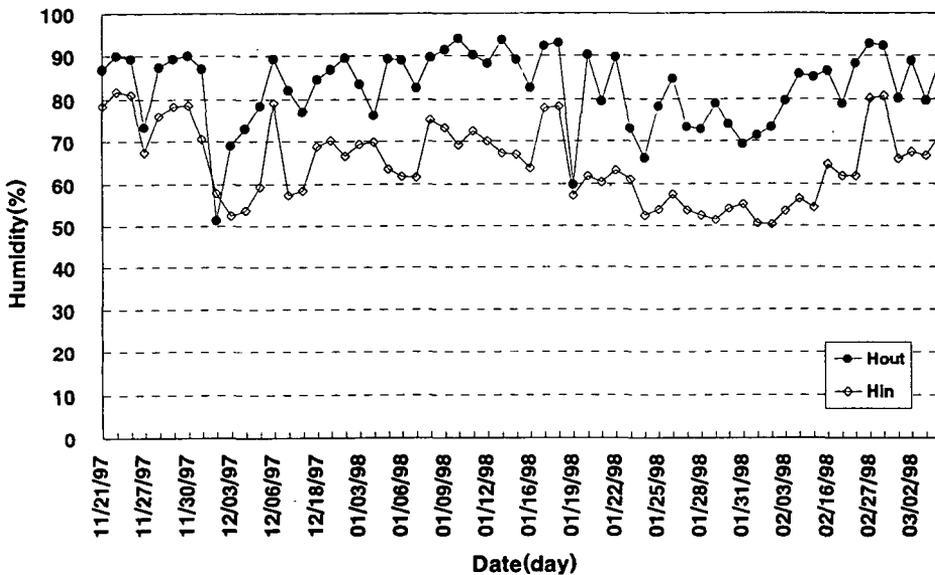


그림 2-66. 저온양봉사 내·외부의 일 최고습도 변화 ('97. 11. 21~3. 4)

3) 3차년도 ('98. 10~'99. 10)

가) 측정 전기간 동안의 일습도변화

실내월동을 위해 별통이 저온양봉사에 입고되는 날부터 출고되는 날까지 저온양봉사의 습도조절 성능을 점검하고자 저온양봉사 내·외부 및 별통 내부습도를 15분 간격으로 측정한 결과는 표 2-52 및 그림 2-67과 같다.

표 2-52. 저온양봉사 내·외부 및 별통 내부습도('98. 11. 27~'99. 2. 20)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부	별통 내부
최 고 습 도 (%)	100.0	85.1	76.4
최 저 습 도 (%)	24.4	25.0	60.7
평 균 습 도 (%)	56.8	48.7	66.2

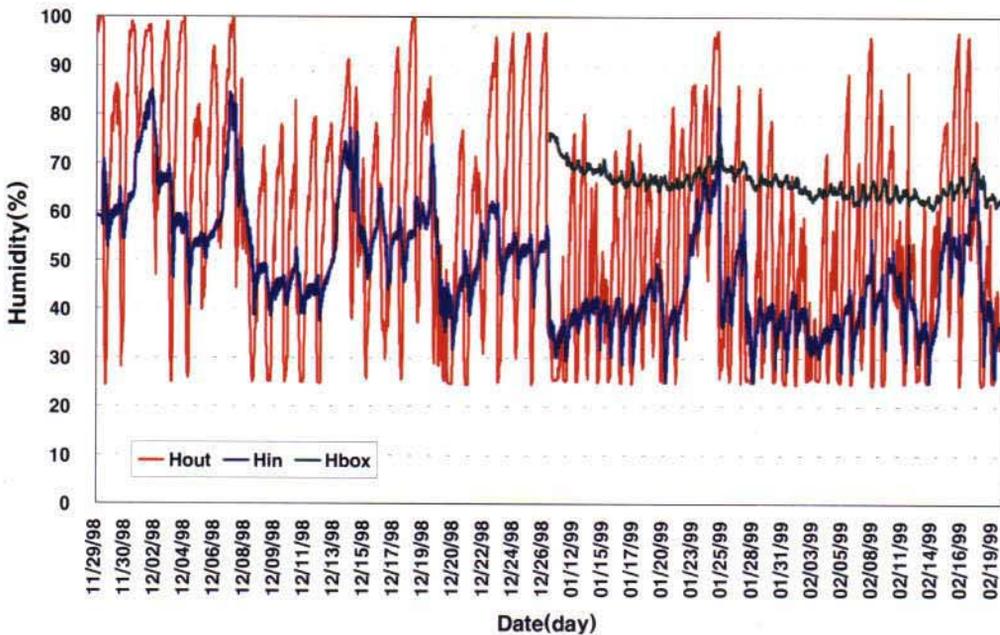


그림 2-67. 저온양봉사 내·외부 및 별통내부의 습도 변화('98. 11. 27~'99. 2. 20)

3) 3차년도 ('98. 10~'99. 10)

가) 측정 전기간 동안의 일습도변화

실내월동을 위해 벌통이 저온양봉사에 입고되는 날부터 출고되는 날까지 저온양봉사의 습도조절 성능을 점검하고자 저온양봉사 내·외부 및 벌통 내부습도를 15분 간격으로 측정한 결과는 표 2-52 및 그림 2-67과 같다.

표 2-52. 저온양봉사 내·외부 및 벌통 내부습도('98. 11. 27~'99. 2. 20)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부	벌통 내부
최 고 습 도 (%)	100.0	85.1	76.4
최 저 습 도 (%)	24.4	25.0	60.7
평 균 습 도 (%)	56.8	48.7	66.2

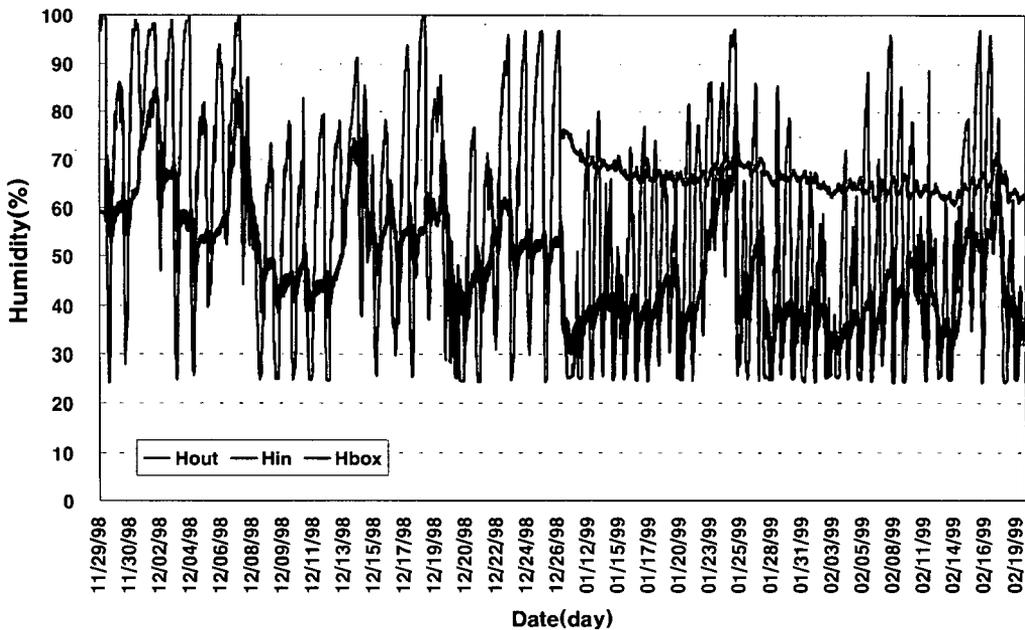


그림 2-67. 저온양봉사 내·외부 및 벌통내부의 습도 변화('98. 11. 27~'99. 2. 20)

표 2-52와 그림 2-67에서 보는 바와 같이 외부습도가 24.4~100%(평균습도 56.8%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 25.0~85.1%(평균습도 48.7%)범위였으며 벌통내부습도는 60.7~76.4%(평균습도 66.2%)범위에서 변화하였다. 저온양봉사 내부습도는 외부습도에 비해 평균 8.1% 낮게 나타났으며 벌통내부습도는 외부습도에 비해 평균 9.4% 높게 나타나 월동에 적정 습도(50~70%)로 추천되는 범위내에 들었다. 그리고, 외부습도의 최고최저 습도편차가 75.6%, 저온양봉사 내부의 최고최저 습도편차는 60.0%로 변화의 폭이 크게 나타났으나 벌통내부의 최고최저 습도편차는 15.4%에 불과하여 벌통 내부습도는 안정적인 변화를 보였다. 월동기간 동안 저온양봉사의 내부습도는 외기 유입으로 인하여 외부습도의 영향을 많이 받는 것으로 나타났으나 외부습도가 건조할 때는 외부에 비해 다소 높게, 외부습도가 높을 때는 낮게 나타나 저온양봉사의 습도조절 기능이 우수함을 알 수 있다.

나) 계측기간중 외기온이 최저일 때 저온양봉사 내·외부의 습도변화

온도에 의해 외기의 유입이 이루어지므로 저온양봉사 내부에 있어 온도와 습도환경은 밀접한 관계가 있다. 또한 겨울철의 상대습도가 아주 낮은 외부공기가 저온양봉사내로 유입될 경우 저온양봉사 내부습도가 매우 낮아져 꿀방에 저장돼 있는 식량이 너무 단단히 결정되어 꿀벌이 녹여서 먹이로 할 수가 없으므로 계측기간중 외기온이 최저일 때 저온양봉사 및 벌통내부의 습도변화를 분석하였다. 표 2-53 및 그림 2-68에서 보는 바와 같이 저온양봉사 외부습도가 25.3~72.1%(평균습도 47.8%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 33.2~38.5%(평균습도 35.4%)범위였으며 벌통 내부습도는 63.7~66.3%(평균습도 64.5%)범위에서 변화하였다. 저온양봉사 내부습도가 다소 낮게 나타났으나 벌통 내부습도는 적정 습도범위를 유지함을 알 수 있었으며 외부습도에 비해 저온양봉사 및 벌통내부의 습도는 안정적인 변화폭을 나타내었다. 따라서, 외기온이 낮은 경우에도 저온양봉사 내부습도환경은 양호함을 알 수 있다.

표 2-53. 외기온이 낮을 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통 내부습도('99. 2. 4)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부	벌통 내부
최 고 습 도 (%)	72.1	38.5	66.3
최 저 습 도 (%)	25.3	33.2	63.7
평 균 습 도 (%)	47.8	35.4	64.5

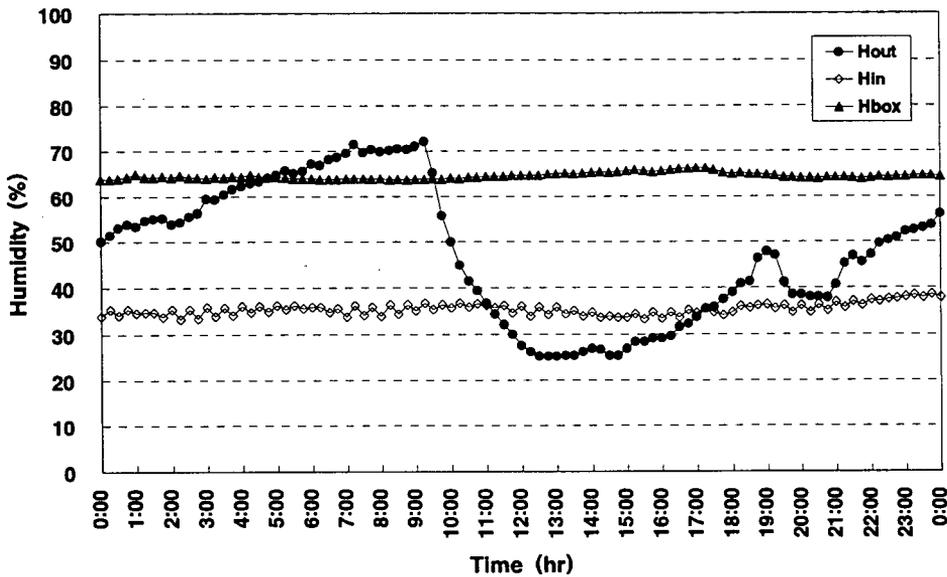


그림 2-68. 외기온이 낮을 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내부의 습도 변화('99. 2. 4)

다) 계측기간중 외기온이 최고일 때 저온양봉사 내·외부의 습도 변화

저온양봉사 내부온도가 올라가면 꿀벌들이 벌통에서 나와 활동을 하게 되므로 먹이의 소비량도 증가하고 내부환경에도 영향을 미치게 된다. 또한, 내부온도가 상승하는 조건에서 다습한 환경은 꿀벌의 병을 유발시키는 원인이 되므로 따뜻한 외기의 유입으로 저온양봉사 내부온도가 상승할 때 습도를 파악할 필요성이 있다. 따라서, 계측기간중 외기온이 최고일 때 저온양봉사 내부의 습도를 계측한 결과는 표 2-54 및 그림 2-69와 같다.

표 2-54과 그림 2-69에서 보는 바와 같이 저온양봉사 외부의 최고온도가 12.6℃인 경우, 저온양봉사 외부습도가 24.4~95.9%(평균습도 62.6%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 37.2~54.7%(평균습도 44.7%)범위였으며 벌통 내부습도는 62.6~66.7%(평균습도 64.5%)범위에서 변화하였다. 외부습도의 최고최저 습도편차가 71.5%이지만 저온양봉사 내부습도의 편차는 17.5%, 벌통내부의 최고최저 습도 편차는 5% 이내로 안정적인 변화폭을 나타내었으며 벌통내부의 평균습도는 적정 습도범위내에 들어 외부기온이 높은 경우에도 저온양봉사 내부습도는 양호한 것으로 분석되었다.

표 2-54. 외부온도가 높을 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통 내부습도('99. 2. 8)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부	벌통 내부
최 고 습 도 (%)	95.9	54.7	66.7
최 저 습 도 (%)	24.4	37.2	62.6
평 균 습 도 (%)	62.6	44.7	64.5

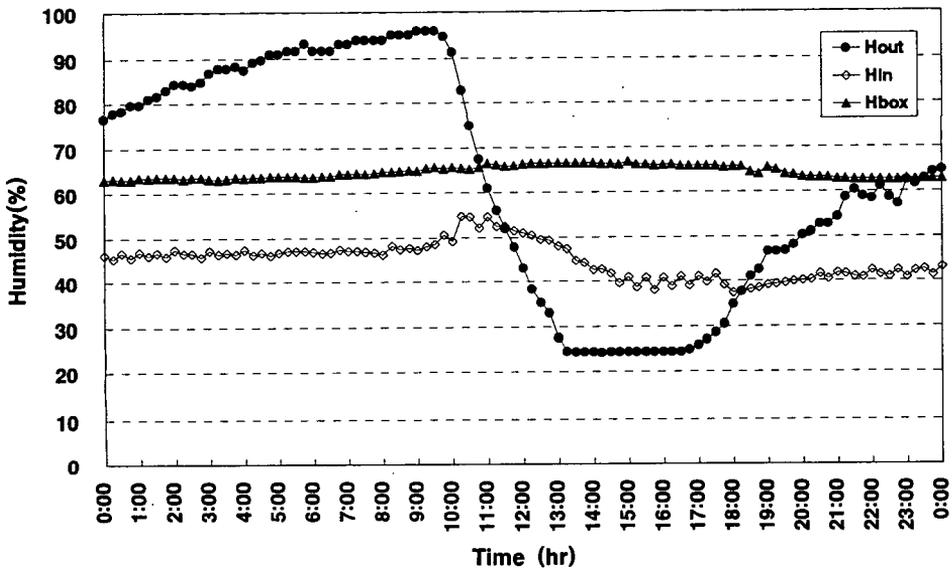


그림 2-69. 외부온도가 높을 때 저온양봉사 외·내부 및 벌통내부의 습도 변화('99. 2. 8)

라) 계측기간중 외부습도가 최저일 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내부의 습도 변화

실내월동시 저온양봉사 내부습도환경은 꿀벌의 먹이와 밀접한 관계가 있으므로 계측기간중 외부습도가 최저일 때 저온양봉사 내부의 습도변화를 분석하였다. 그 결과는 표 2-55 및 그림 2-70과 같다. 저온양봉사 외부습도가 25.0~47.5%(평균습도 28.3%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 25.0~41.5%(평균습도 33.8%)범위였으며 벌통내부습도는 64.7~67.8%(평균습도 66.4%)범위에서 변화하였다. 따라서, 저온양봉사 외부가 건조하여도 벌통내부는 평균습도는 월동에 적정 습도범위로 추천되는 50~70%범위에 들어 저온양봉사의 습도조절 성능이 양호한 것으로 나타났다.

표 2-55. 외부습도가 낮을 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내부의 습도('99. 1. 28)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부	벌통 내부
최 고 습 도 (%)	47.5	41.5	67.8
최 저 습 도 (%)	25.0	25.0	64.7
평 균 습 도 (%)	28.3	33.8	66.4

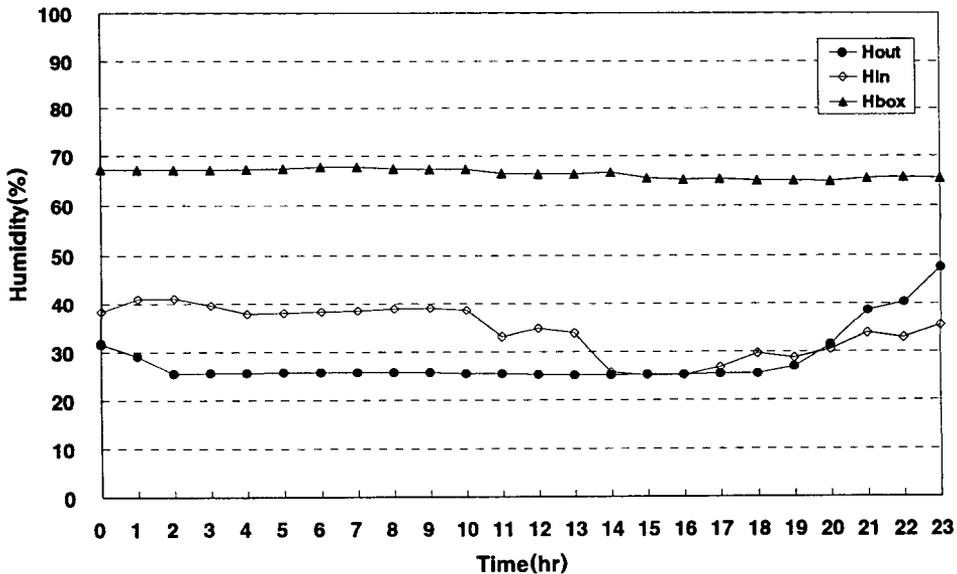


그림 2-70. 외부습도가 낮을 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내부의 습도 변화('99. 1. 28)

마) 계측기간중 외부습도가 최고일 때 저온양봉사 내·외부의 습도 변화

실내월동시 외부의 다습한 공기의 유입으로 인해 저온양봉사 내부가 다습한 환경에 노출되면 꿀벌의 병해를 유발시킬 수 있는 조건이 된다. 따라서, 계측기간중 외부습도가 최고일 때 저온양봉사 내부의 습도변화를 분석하였으며, 그 결과는 표 2-56 및 그림 2-71과 같다. 저온양봉사 외부습도가 72.9~99.1%(평균습도 89.9%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 62.1~80.1%(평균습도 70.9%)범위에서 변화하였다. 따라서, 외부공기가 다습하여도 저온양봉사 내부습도는 외부습도에 비해 평균 19%정도 낮게 나타나 꿀벌들의 월동에는 별다른 문제가 없을 것으로 판단된다.

표 2-56. 외부습도가 높을 때 저온양봉사 내·외부습도 ('98. 12. 1)

구 분	양봉사 외부습도	양봉사 내부습도
최 고 습 도 (%)	99.1	80.1
최 저 습 도 (%)	72.9	62.1
평 균 습 도 (%)	89.9	70.9

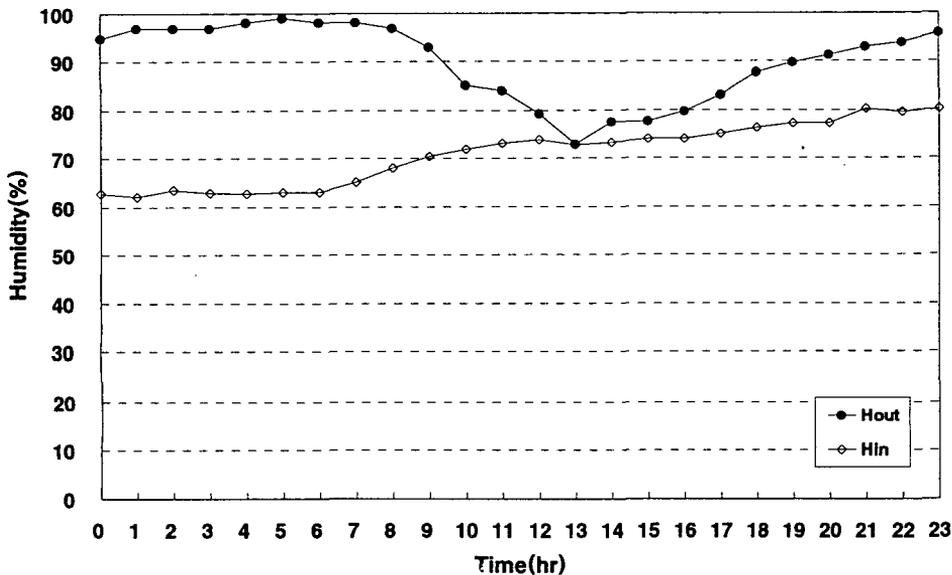


그림 2-71. 외부습도가 높을 때 저온양봉사 내·외부의 습도 변화('98. 12. 1)

바) 저온양봉사 내·외부의 일 최저습도 변화

저온양봉사의 내부환경이 건조한 조건에 단기간 노출되면 꿀벌들이 월동하는데는 지장이 없으나 장기간 노출시에는 많은 장애가 발생할 수 있다. 따라서, 저온양봉사의 습도조절 성능의 안정성을 분석하기 위해 일 최저습도값을 이용하여 계측기간동안의 습도환경을 분석하였으며, 분석결과는 표 2-57 및 그림 2-72와 같다.

표 2-57. 저온양봉사 내·외부의 일 최저습도 ('98. 11. 29~'99. 2. 19)

구 분	양봉사 외부습도	양봉사 내부습도
최 고 습 도 (%)	72.9	63.5
최 저 습 도 (%)	24.4	25.0
평 균 습 도 (%)	30.0	39.3

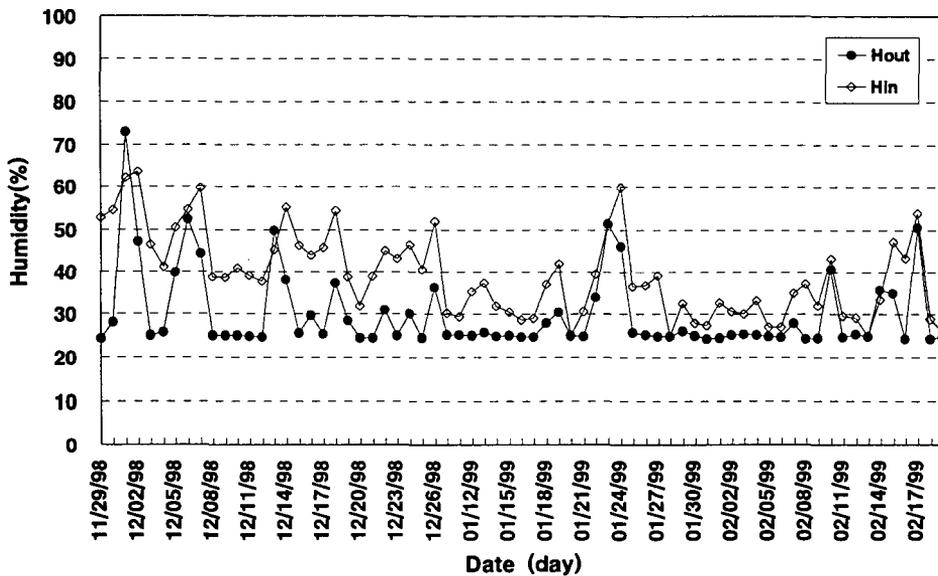


그림 2-72. 저온양봉사 내·외부의 일 최저습도 변화 ('98. 11. 29~'99. 2. 19)

저온양봉사 외부의 일 최저습도가 24.4~72.9%(평균 30.0%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부의 일 최저습도는 25.0~63.5%(평균 39.3%)범위에서 변화하였다. 일 최저

습도만을 고려한 경우에도 저온양봉사 내부습도가 외부에 비해 평균 9.3%정도 높게 나타났다.

사) 저온양봉사 내·외부의 일 최고습도 변화

외부환경이 다습한 조건일 때 저온양봉사의 습도조절 성능의 안정성을 분석하기 위해 일 최고습도값을 이용하여 계측기간 동안의 저온양봉사 내부환경을 분석한 결과는 표 2-58 및 그림2-73과 같다.

표 2-58. 저온양봉사 내·외부의 일 최고습도('98. 11. 29~'99. 2. 19)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부
최 고 습 도 (%)	100.0	85.1
최 저 습 도 (%)	47.5	35.1
평 균 습 도 (%)	79.5	54.1

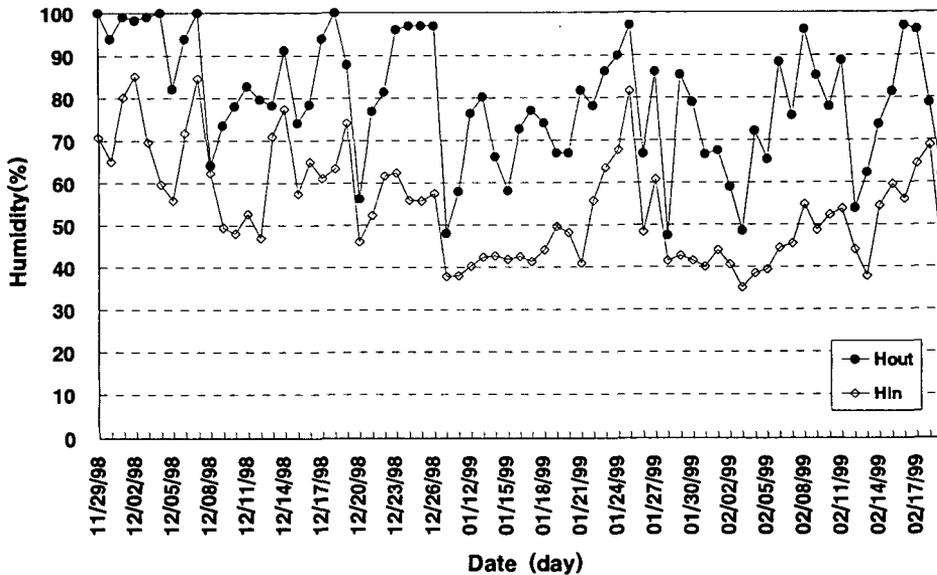


그림 2-73. 저온양봉사 내·외부의 일 최고습도 변화 ('98. 11. 29~'99. 2. 19)

표 2-58과 그림 2-73에서 보는 바와 같이 저온양봉사 외부의 일 최고습도가 47.5~100%(평균 79.5%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부의 일 최고습도는 35.1~85.1%(평균 54.1%)범위에서 변화하였다. 일 최고습도만을 고려한 경우에도 저온양봉사 내부습도가 평균 54.1%로 나타나 월동기간 중 안정적인 습도환경을 유지할 수 있는 것으로 나타났다.

나. 중북부지역(용인) 저온양봉사 내부의 습도 변화

우리 나라의 중·북부에 위치한 용인지방에 저온양봉사를 연구 2차년도인 1997년 9월 21일 착공하여 10월 4일경에 환기시스템을 비롯한 모든 설비를 갖추었으며 크기는 영주지방의 저온양봉사와 동일하게 $7.2\text{m} \times 4.2\text{m} \times 2.88\text{m} = 87\text{m}^3$ 로 건축하였다. 영주지방의 저온양봉사의 벽체는 외벽을 100mm 샌드위치 패널로 하여 내부를 100mm 우레탄 폼으로 마감하였으나 용인지방의 저온양봉사는 시공의 용이성을 고려하여 별도의 단열처리 없이 벽체를 200mm 샌드위치 패널로 하였다.

저온양봉사의 환경조절의 유일한 수단인 환기팬 작동은 영주지방의 1차년도 환기팬 작동방식과 동일하게 저온양봉사 내기온이 6°C 보다 크면 연속적으로 작동하고 6°C 이하인 경우에는 30분마다 3분씩 환기팬을 작동하도록 제어하였다.

저온양봉사의 건축은 10월경에 되었으나 실내월동실험을 위한 벌통의 입고와 출고가 2차에 걸쳐 이루어졌다. 97년 11월 19일과 12월 18일에 벌통을 입고하여 98년 1월 20일과 98년 2월 25일에 각각 출고하여 실험을 수행하였다. 따라서, 월동기간중 용인지방의 저온양봉사 환경조절 성능 점검을 위한 온·습도환경 계측은 입고 일주일전인 97년 11월 13일부터 수행하였다.

연구 2차년도와 3차년도에 걸쳐 월동기간중 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 습도환경을 계측하여 저온양봉사의 성능을 점검한 결과는 다음과 같다.

1) 2차년도('97. 10~'98. 10)

가) 측정 전기간 동안의 일습도 변화

실내월동을 위해 별통이 저온양봉사에 입고되는 97년 11월 19일부터 출고가 이루어지는 98년 2월 25일까지 저온양봉사의 습도조절 성능을 점검하고자 저온양봉사 내·외부의 습도를 15분간격으로 계측하였으며, 계측 결과는 표 2-59 및 그림 2-74와 같다.

표 2-59. 저온양봉사 내·외부 및 별통 내부습도('97. 11. 13~'98. 2. 25)

구 분	양봉사 외부습도	양봉사 내부습도	별통 내부습도
최 고 습 도 (%)	100.0	94.1	89.0
최 저 습 도 (%)	25.7	31.3	42.2
평 균 습 도 (%)	82.1	69.0	77.5

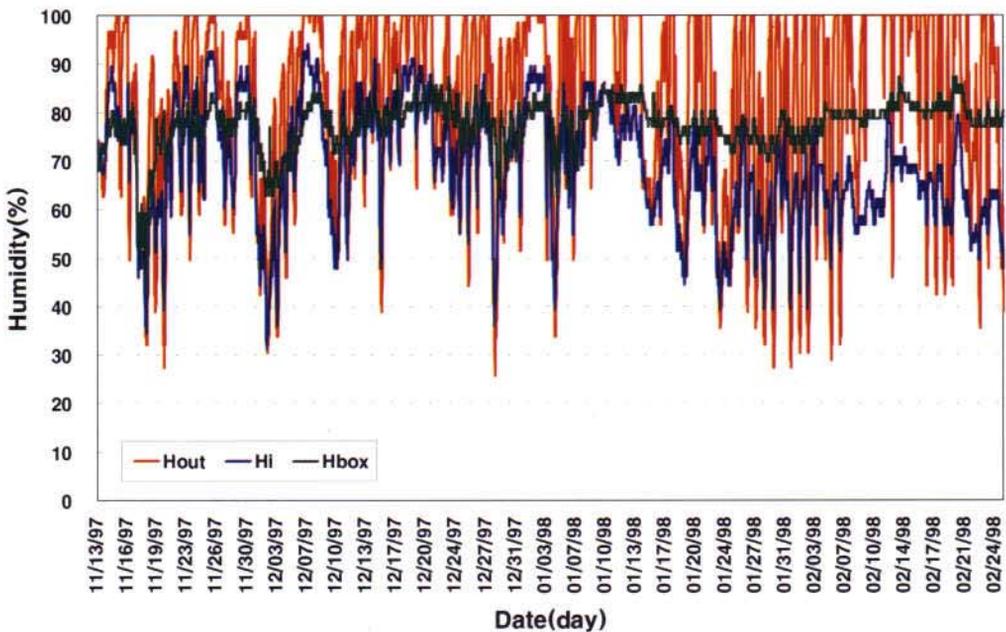


그림 2-74. 저온양봉사 내·외부 및 별통내부의 습도 변화('97. 11. 13~'98. 2. 25)

1) 2차년도('97. 10~'98. 10)

가) 측정 전기간 동안의 일습도 변화

실내월동을 위해 별통이 저온양봉사에 입고되는 97년 11월 19일부터 출고가 이루어지는 98년 2월 25일까지 저온양봉사의 습도조절 성능을 점검하고자 저온양봉사 내·외부의 습도를 15분간격으로 계측였으며, 계측 결과는 표 2-59 및 그림 2-74와 같다.

표 2-59. 저온양봉사 내·외부 및 별통 내부습도('97. 11. 13~'98. 2. 25)

구 분	양봉사 외부습도	양봉사 내부습도	별통 내부습도
최 고 습 도 (%)	100.0	94.1	89.0
최 저 습 도 (%)	25.7	31.3	42.2
평 균 습 도 (%)	82.1	69.0	77.5

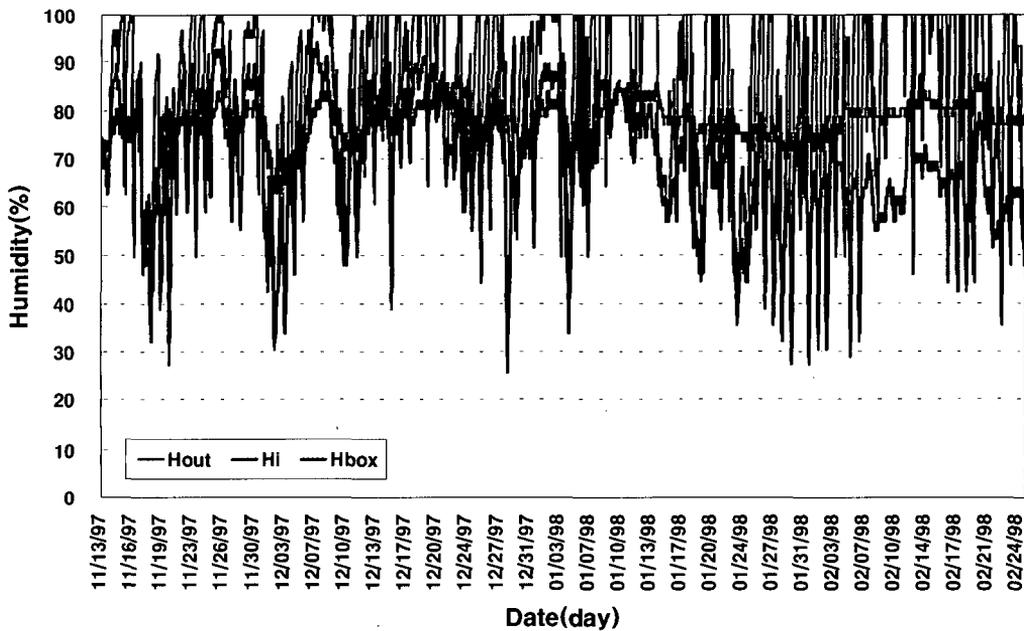


그림 2-74. 저온양봉사 내·외부 및 별통내부의 습도 변화('97. 11. 13~'98. 2. 25)

표 2-59와 그림 2-74에서 보는 바와 같이 외부습도가 25.7~100%(평균습도 82.1%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 31.3~94.1%(평균습도 69.0%)범위였으며 벌통 내부습도는 42.2~89.0%(평균습도 77.5%)범위에서 변화하여 저온양봉사 내부습도는 외부습도보다 평균 13.1% 낮게 나타났으며 벌통 내부습도는 외부습도보다 평균 4.6% 낮게 나타났다. 그리고, 외부의 최고최저 습도편차가 74.3%일 때 저온양봉사 내부의 최고최저 습도편차는 62.8%, 벌통내부의 최고최저 습도편차는 37.8%로 나타났다. 저온양봉사 내부습도는 외기 유입으로 인하여 외부습도의 영향을 많이 받는 것으로 나타났으나 벌통내부는 일정한 범위에서 안정적으로 변화하여 꿀벌의 월동에 별다른 문제가 없을 것으로 판단되었다.

나) 계측기간중 외기온이 최저일 때 저온양봉사 내·외부의 습도변화

저온양봉사의 환경조절 수단인 환기팬은 저온양봉사 내·외부온도에 의하여 작동되기 때문에 외부온도는 저온양봉사 내부 습도환경에 밀접한 관련이 있다. 겨울철의 상대습도가 아주 낮은 외부공기가 저온양봉사내로 유입되면 저온양봉사 내부습도가 매우 낮아져 꿀방에 저장돼 있는 식량이 너무 단단히 결정되므로 꿀벌이 녹여서 먹이로 할 수가 없으므로 계측기간중 외기온이 최저일 때 저온양봉사 내부의 습도변화를 분석하였으며, 분석결과는 표 2-60 및 그림 2-75와 같다. 저온양봉사 외부습도가 82.8~100%(평균습도 98.0%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 58.5~67.4%(평균습도 61.8%)범위였으며 벌통 내부습도는 78.7~80.5%(평균습도 79.7%)범위에서 변화하였다. 저온양봉사 외부 평균습도가 98%로 다습하였으나 저온양봉사 내부 평균습도는 61.8%로 외기보다 36.2% 낮게 나타났으며 벌통 내부 평균습도는 79.7%로 외기보다 18.3% 낮게 나타났다. 그리고, 저온양봉사 내부와 벌통 내부의 최고최저 습도편차가 9%, 1.8%에 불과하여 외부보다 안정적인 변화폭을 나타내었다. 따라서, 외기온이 낮은 경우에도 저온양봉사 내부습도환경은 양호함을 알 수 있다.

표 2-60. 외기온이 낮을 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내부의 습도('98. 2. 11)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부	벌통 내부
최 고 습 도 (%)	100.0	67.4	80.5
최 저 습 도 (%)	82.8	58.5	78.7
평 균 습 도 (%)	98.0	61.8	79.7

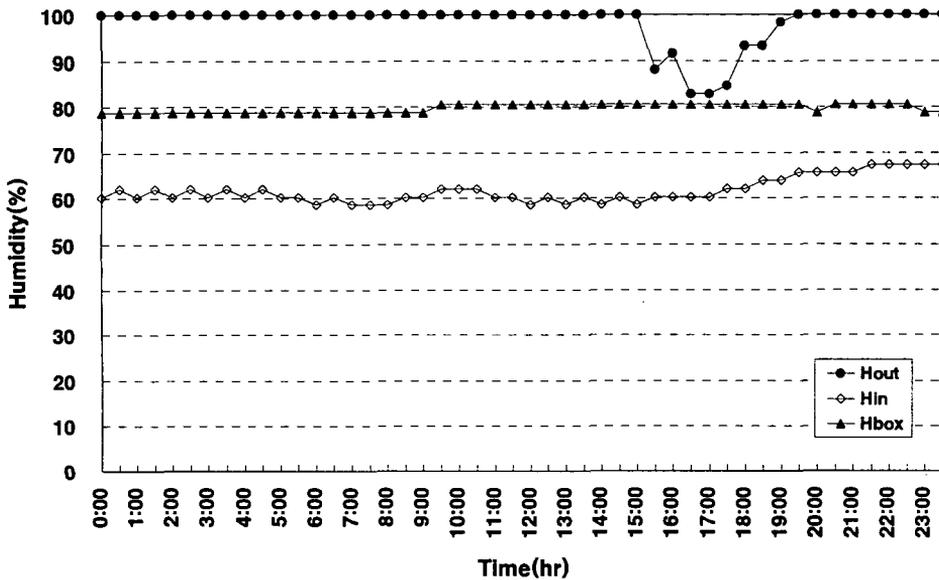


그림 2-75. 외부온도가 낮을 때 저온양봉사 내부의 습도변화 ('98. 2. 11)

다) 계측기간중 외기온이 최고일 때 저온양봉사 내·외부의 습도변화

저온양봉사 내부온도가 올라가면 꿀벌들이 벌통에서 나와 활동을 하게되므로 먹이의 소비량도 증가하고 내부환경에도 많은 영향을 미치게 된다. 또한, 내부온도가 상승하는 조건에서 습도는 꿀벌의 병을 유발시키는 원인이 되므로 따뜻한 외기의 유입으로 저온양봉사 내부온도가 상승할 때 습도를 파악할 필요성이 있다. 따라서, 계측기간중 외기온이 최고일 때 저온양봉사 내부의 습도를 계측하였으며, 계측 결과는 표 2-61 및 그림 2-76과 같다.

표 2-61. 외기온이 높을 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내부의 습도('97. 12. 19)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부	벌통 내부
최 고 습 도 (%)	100.0	91.1	85.7
최 저 습 도 (%)	64.3	72.7	80.5
평 균 습 도 (%)	91.5	85.6	82.9

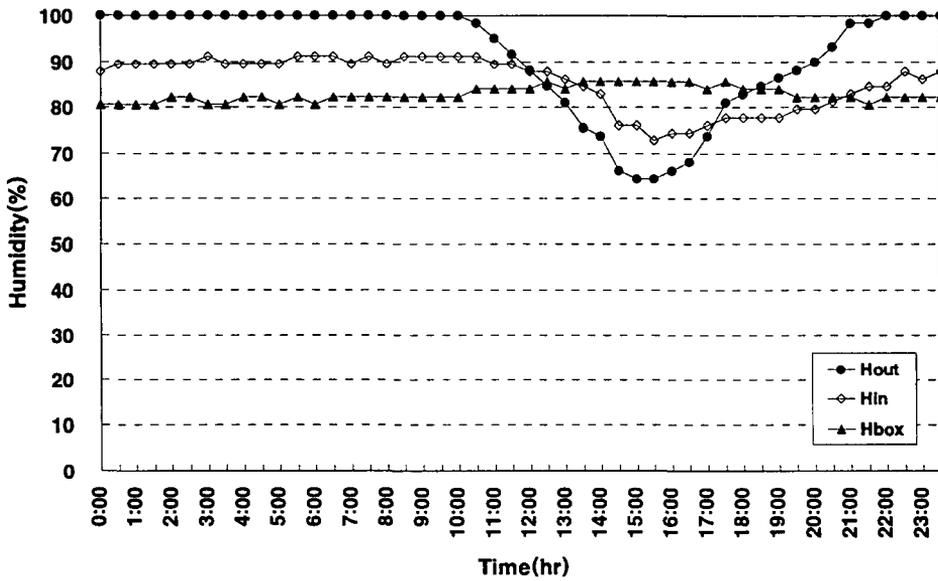


그림 2-76. 외기온이 높을 때 저온양봉사 내부의 습도 변화('97. 12. 19)

표 2-61과 그림 2-76에서 보는 바와 같이 저온양봉사 외부 최고온도가 13.1℃인 경우, 저온양봉사 외부습도가 64.3~100%(평균습도 91.5%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 72.7~91.1%(평균습도 85.6%)범위였으며 벌통 내부습도는 80.5~85.7%(평균습도 82.9%)범위에서 변화하였다. 저온양봉사 외부 평균습도가 92%로 다습하였으나 저온양봉사 내부 평균습도는 85.6%로 외기보다 6% 낮게 나타났으며 벌통 내부 평균습도는 82.9%로 외기보다 8.6% 낮게 나타났다. 그리고, 저온양봉사 내부와 벌통내부의 최고최저 습도편차가 18.4%, 5.2%에 불과하여 외부보다 안정적인 변화폭을 나타내었다. 저온양봉사와 벌통내부의 습도가 다소 높게 나타났으나 이러한 다습

한 환경은 고온시에 온도조절을 위하여 환기팬 작동방식 A에 의해 환기팬이 계속 작동됨으로 인한 결과로 판단되므로 환기팬 작동방식을 B형으로 개선한다면 문제가 해결 될 수 있을 것이다.

라) 계측기간중 외부습도가 최저일 때 저온양봉사 내·외부의 습도 변화

실내월동시 저온양봉사 내부습도환경은 꿀벌의 먹이와 밀접한 관계가 있으므로 계측기간중 외부습도가 최저일 때 저온양봉사 내부의 습도변화를 분석하였다. 그 결과는 표 2-62 및 그림 2-77과 같다.

표 2-62. 외부습도가 낮을 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통 내부습도('97. 12. 2)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부	벌통 내부
최 고 습 도 (%)	70.0	56.8	77.0
최 저 습 도 (%)	30.4	31.3	62.9
평 균 습 도 (%)	48.7	43.6	66.6

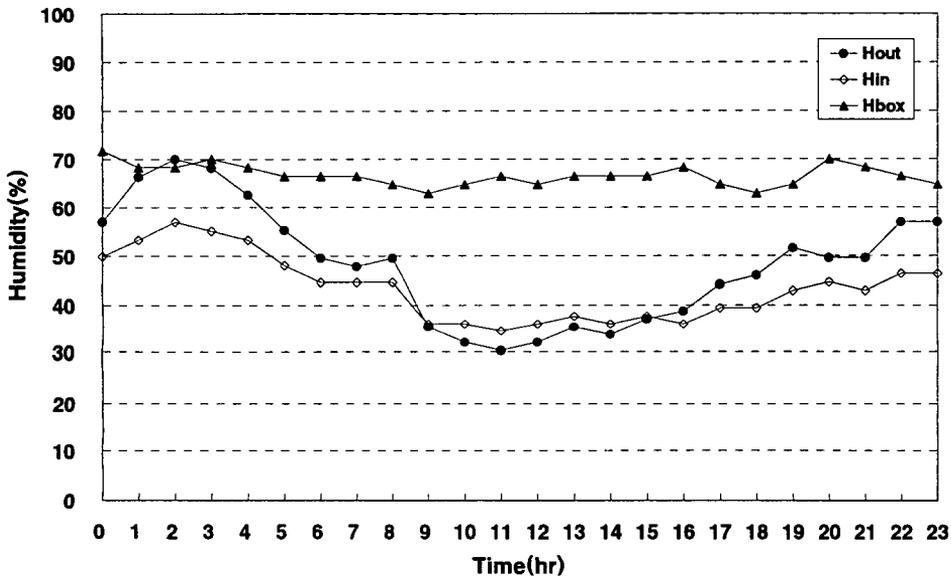


그림 2-77. 외부습도가 낮을 때 저온양봉사 내부의 습도 변화('97. 12. 2)

저온양봉사 외부습도가 30.4~70.0%(평균습도 48.7%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 31.3~56.8%(평균습도 43.6%)범위였으며 벌통 내부습도는 62.9~77.0%(평균습도 66.6%)범위에서 변화하였다. 저온양봉사 내부습도는 외기유입의 영향으로 외부습도 영향을 많이 받는 것으로 나타났으나 벌통내부는 최고최저 습도편차가 7.1%로 일정한 범위를 유지하면서 월동에 적정 습도범위로 추천되는 50~70%범위에 들어 꿀벌의 월동에 적합한 습도환경을 유지하였다.

마) 계측기간중 외부습도가 최고일 때 저온양봉사 내·외부의 습도변화

실내월동시 다습한 환경은 꿀벌의 병해를 유발시킬 수 있는 조건이 된다. 따라서, 계측기간중 외부습도가 최고일 때 저온양봉사 내부의 습도변화를 분석하였으며, 그 결과는 표 2-63 및 그림 2-78과 같다. 저온양봉사 외부습도가 100%위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 79.5~86.2%(평균습도 83.8%)범위였으며 벌통 내부습도는 82.2~85.7%(평균습도 83.9%)범위에서 변화하여 저온양봉사 내부가 다소 다습하였다. 그러나, 우천관계로 외기가 매우 다습하여도 저온양봉사 내부습도는 외부습도에 비해 평균 16.2%, 벌통 내부습도는 평균 16.1%정도 낮게 나타났으며 이러한 습도환경은 월동기간중 수일에 불과하여 꿀벌들의 월동에는 별다른 문제가 없을 것으로 판단된다.

표 2-63. 외부습도가 높을 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통 내부습도('98. 1. 10)

구 분	양봉사 외부습도	양봉사 내부습도	벌통 내부습도
최 고 습 도 (%)	100.0	86.2	85.7
최 저 습 도 (%)	100.0	79.5	82.2
평 균 습 도 (%)	100.0	83.8	83.9

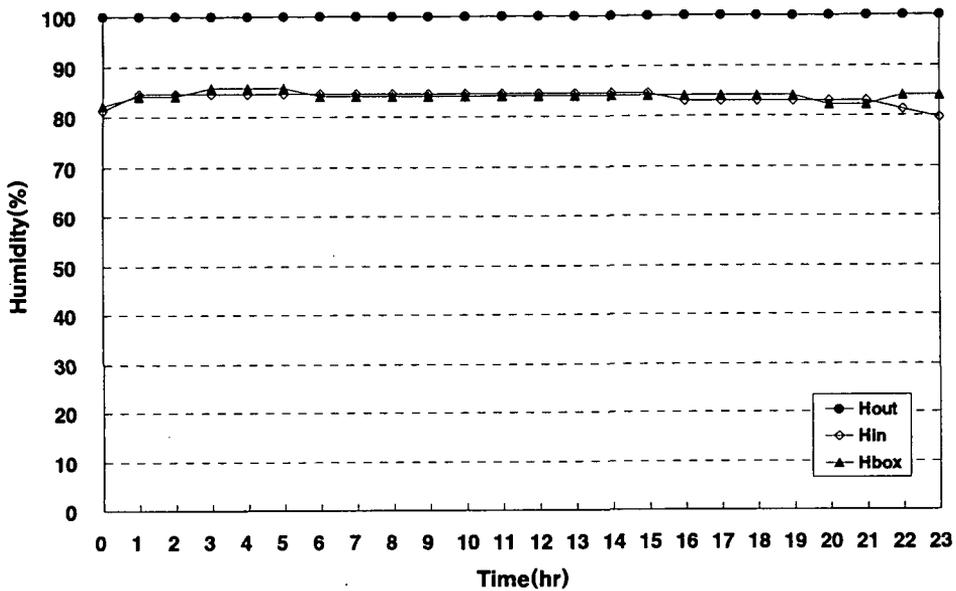


그림 2-78. 외부습도가 높을 때 저온양봉사 내부의 습도 변화('98. 1. 10)

바) 저온양봉사 내·외부의 일 최저습도 변화

저온양봉사의 내부환경이 건조한 조건에 단기간 노출되면 꿀벌들이 월동하는데는 지장이 없으나 장기간 노출시에는 많은 장애가 발생할 수 있다. 따라서, 저온양봉사의 습도조절 기능의 안정성을 분석하기 위해 일 최저습도값을 이용하여 계측기간동안의 저온양봉사 내부환경을 분석하였으며, 분석결과는 표 2-64 및 그림 2-79와 같다. 저온양봉사 외부의 일 최저습도가 15.8~100%(평균 54.5%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부의 일 최저습도는 31.3~84.5%(평균 57.9%)범위에서 변화하였다. 일 최저습도만을 고려한 경우에도 저온양봉사 내부습도가 평균 57.9%로 나타나 월동기간중 안정적인 내부습도환경을 유지할 수 있는 것으로 나타났다.

표 2-64. 저온양봉사 내·외부의 일 최저습도('97. 11. 13~'98. 3. 20)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부
최 고 습 도 (%)	100.0	84.5
최 저 습 도 (%)	15.8	31.3
평 균 습 도 (%)	54.5	57.9

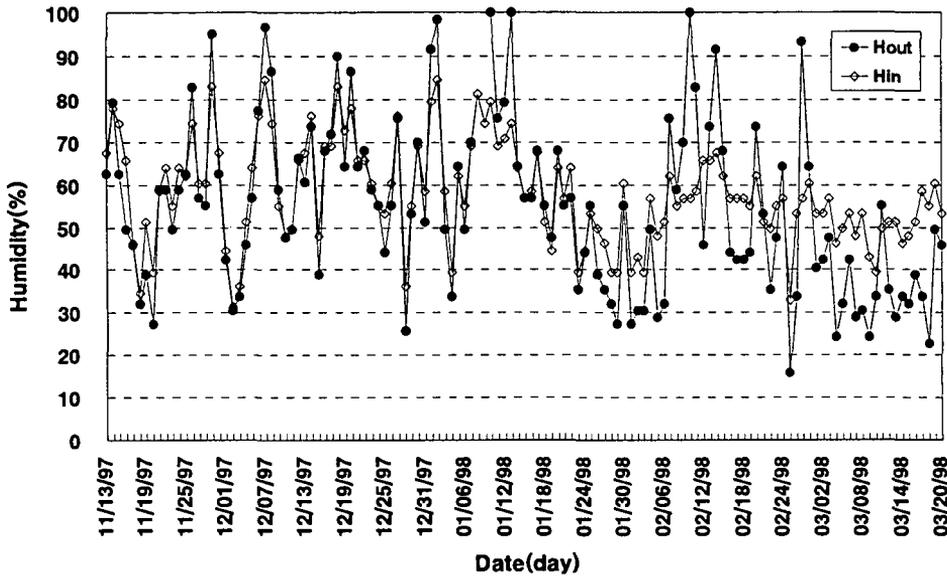


그림 2-79. 저온양봉사 내·외부의 일 최저습도 변화('97. 11. 13~'98. 3. 20)

사) 저온양봉사 내·외부의 일 최고습도 변화

외부환경이 다습한 조건일 때 저온양봉사의 습도조절 기능의 안정성을 분석하기 위해 일 최고습도값을 이용하여 계측기간동안의 저온양봉사 내부환경을 분석한 결과는 표 2-65 및 그림 2-80과 같다. 저온양봉사 외부의 일 최고습도가 56.9~100% (평균 97.1%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부의 일 최고습도는 51.4~95.6%(평균 75.9%)범위에서 변화하였다.

표 2-65. 저온양봉사 내·외부의 일 최고습도('97. 11. 13~'98. 3. 20)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부
최 고 습 도 (%)	100.0	95.6
최 저 습 도 (%)	56.9	51.4
평 균 습 도 (%)	97.1	75.9

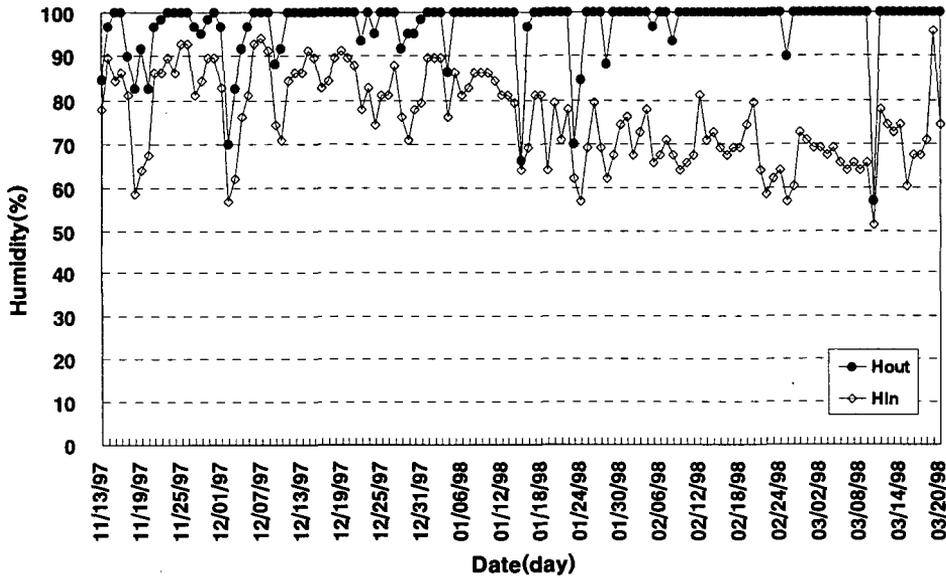


그림 2-80. 저온양봉사 내·외부의 일 최고습도 변화 ('97. 11. 13~'98. 3. 20)

3) 3차년도 ('98. 10~'99. 10)

가) 측정 전기간 동안의 일습도 변화

실내월동을 위해 벌통이 저온양봉사에 입고되는 날부터 출고되는 날까지 저온양봉사의 습도조절 기능을 점검하고자 저온양봉사 내·외부 및 벌통 내부습도를 15분 간격으로 계측하였으며, 계측 결과는 표 2-66 및 그림 2-81과 같다.

표 2-66. 저온양봉사 내·외부 및 벌통 내부습도('98. 11. 29~'99. 2. 23)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부	벌통 내부
최 고 습 도 (%)	100.0	77.8	70.2
최 저 습 도 (%)	24.2	24.6	47.4
평 균 습 도 (%)	63.6	54.7	61.5

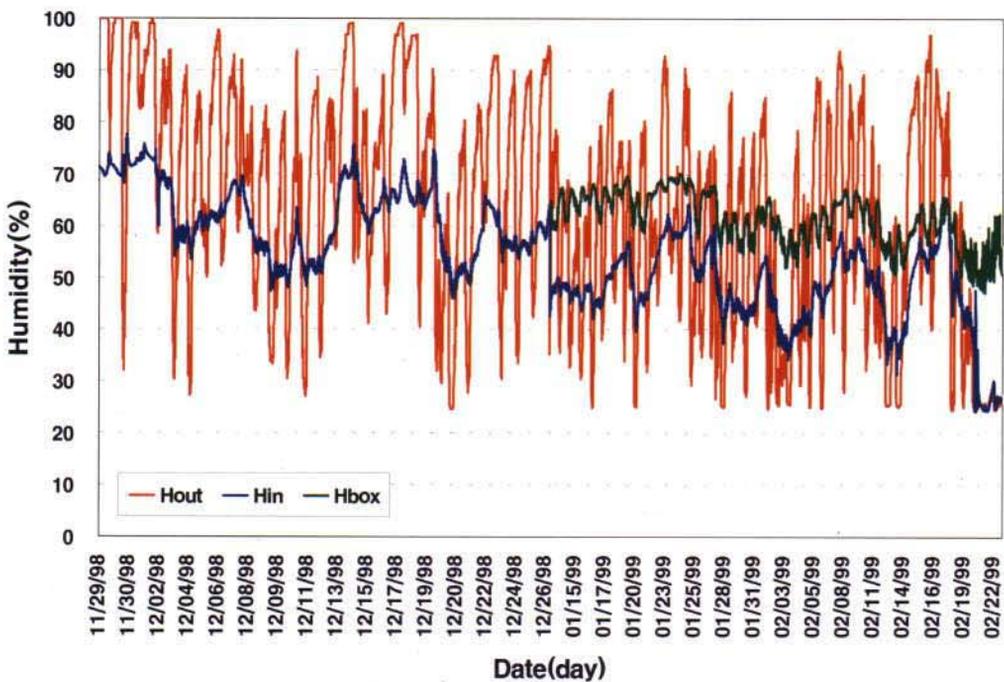


그림 2-81. 저온양봉사 내·외부 및 벌통내부의 습도 변화 ('98. 11. 29~'99. 2. 23)

표 2-66과 그림 2-81에서 보는 바와 같이 외부습도가 24.2~100%(평균습도 63.6%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 24.6~77.8%(평균습도 54.7%)범위였으며 벌통 내부습도는 47.4~70.2%(평균습도 61.5%)범위에서 변화하여 저온양봉사 내부습도는 외부습도에 비해 평균 8.9%, 벌통 내부습도는 2.1% 낮게 나타났

표 2-66. 저온양봉사 내·외부 및 벌통 내부습도('98. 11. 29~'99. 2. 23)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부	벌통 내부
최 고 습 도 (%)	100.0	77.8	70.2
최 저 습 도 (%)	24.2	24.6	47.4
평 균 습 도 (%)	63.6	54.7	61.5

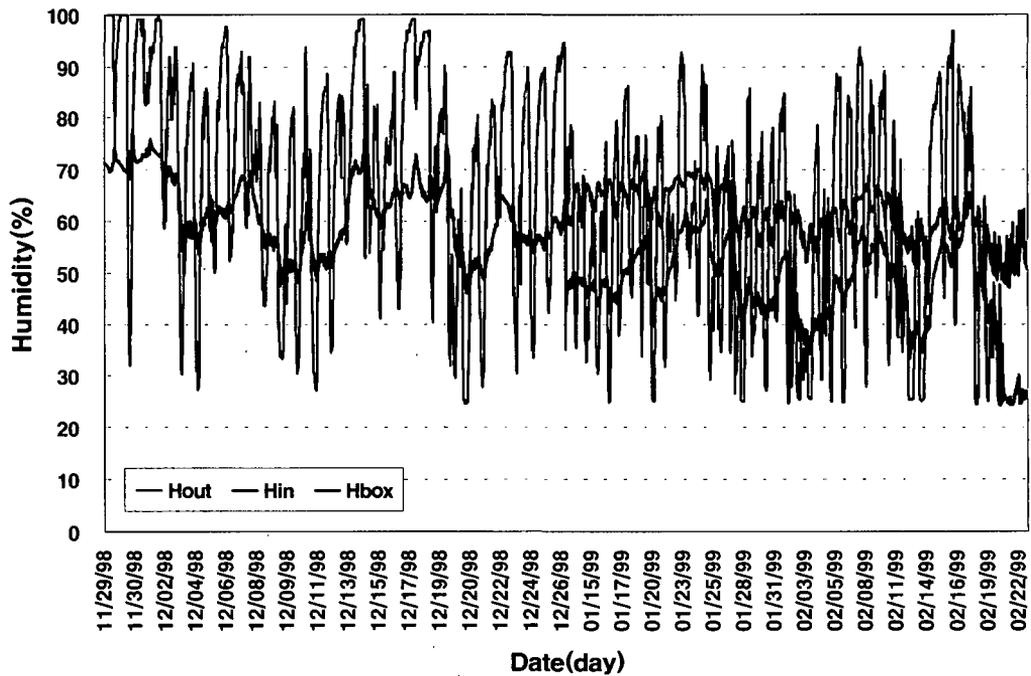


그림 2-81. 저온양봉사 내·외부 및 벌통내부의 습도 변화 ('98. 11. 29~'99. 2. 23)

표 2-66과 그림 2-81에서 보는 바와 같이 외부습도가 24.2~100%(평균습도 63.6%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 24.6~77.8%(평균습도 54.7%)범위였으며 벌통 내부습도는 47.4~70.2%(평균습도 61.5%)범위에서 변화하여 저온양봉사 내부습도는 외부습도에 비해 평균 8.9%, 벌통 내부습도는 2.1% 낮게 나타났

으나 꿀벌의 월동에 적정 습도(50~70%)로 추천되는 범위내에 들었다. 그리고, 외부습도의 최고최저 습도편차가 75.8%, 저온양봉사 내부의 최고최저 습도편차는 53.2%로 변화의 폭이 크게 나타났으나 벌통내부의 최고최저 습도편차는 22.8%로 안정적인 변화를 보였다. 또한, 월동기간동안 저온양봉사의 내부습도는 외기 유입으로 인하여 외부습도의 영향을 많이 받는 것으로 나타났으나 외부습도가 낮을 때는 외부에 비해 다소 높게, 외부습도가 높을 때는 낮게 나타나 저온양봉사의 습도조절 기능이 우수함을 알 수 있다.

나) 계측기간중 외기온이 최저일 때 저온양봉사 내·외부의 습도 변화

온도에 의해 외기의 유입량이 달라지므로 저온양봉사 내부에 있어 온도와 습도환경은 밀접한 관계가 있다. 또한 겨울철의 상대습도가 아주 낮은 외부공기가 저온양봉사내로 유입될 경우 저온양봉사 내부습도가 매우 낮아져 꿀방에 저장돼 있는 식량이 너무 단단히 결정되어 꿀벌이 녹여서 먹이로 할 수가 없다. 따라서, 계측기간중 외기온이 최저일 때 저온양봉사 및 벌통내부의 습도변화를 분석하였다. 표 2-67 및 그림 2-82에서 보는 바와 같이 저온양봉사 외부습도가 29.4~78.6%(평균습도 54.5%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 39.0~45.0%(평균습도 41.1%)범위였으며 벌통 내부습도는 52.4~61.2%(평균습도 57.5%)범위에서 변화하였다. 저온양봉사 내부습도가 다소 낮게 나타났으나 벌통 내부습도는 적정 습도범위를 유지함을 알 수 있었으며 외부습도에 비해 저온양봉사 및 벌통내부의 습도는 안정적인 변화폭을 나타내었다. 따라서, 외기온이 낮은 경우에도 저온양봉사 내부습도환경은 양호함을 알 수 있다.

표 2-67. 외기온이 낮을 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내부('99. 2. 4)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부	벌통 내부
최 고 습 도 (%)	78.6	45.0	61.2
최 저 습 도 (%)	29.4	39.0	52.4
평 균 습 도 (%)	54.5	41.1	57.5

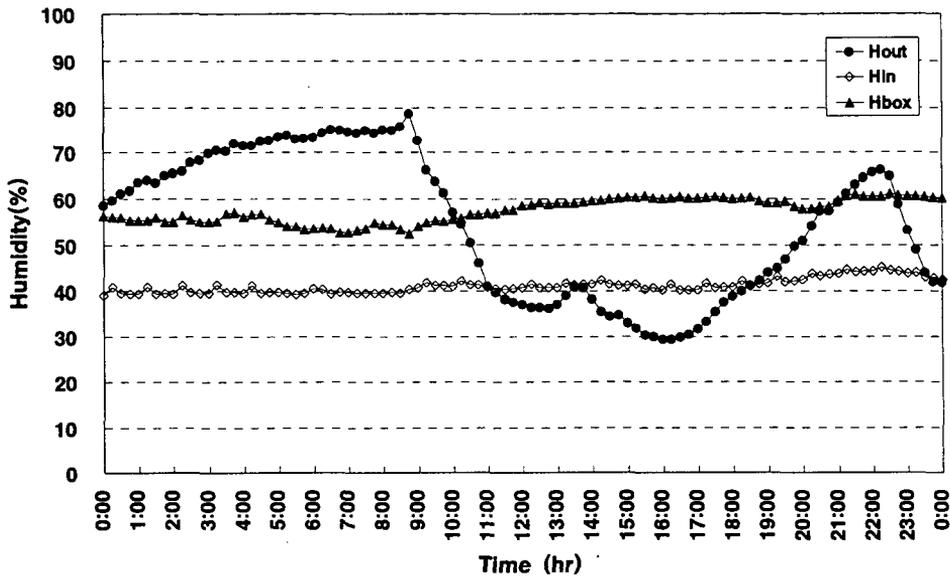


그림 2-82. 외기온이 낮을 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내부의 습도 변화('99. 2. 4)

다) 계측기간중 외기온이 최고일 때 저온양봉사 내·외부의 습도 변화

저온양봉사 내부온도가 올라가면 꿀벌들이 벌통에서 나와 활동을 하게 되므로 먹이의 소비량도 증가하고 내부환경에도 많은 영향을 미치게 된다. 또한, 내부온도가 상승하는 조건에서 다습한 환경은 꿀벌의 병을 유발시키는 원인이 되므로 따뜻한 외기의 유입으로 저온양봉사 내부온도가 상승할 때 습도를 파악할 필요성이 있다. 따라서, 계측기간중 외기온이 최고일 때 저온양봉사 내부의 습도를 계측한 결과는 표 2-68 및 그림 2-83과 같다.

표 2-68. 외기온이 높을 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통 내부습도('99. 1. 24)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부	벌통 내부
최 고 습 도 (%)	90.6	59.9	70.2
최 저 습 도 (%)	41.8	57.6	67.8
평 균 습 도 (%)	61.1	58.7	69.1

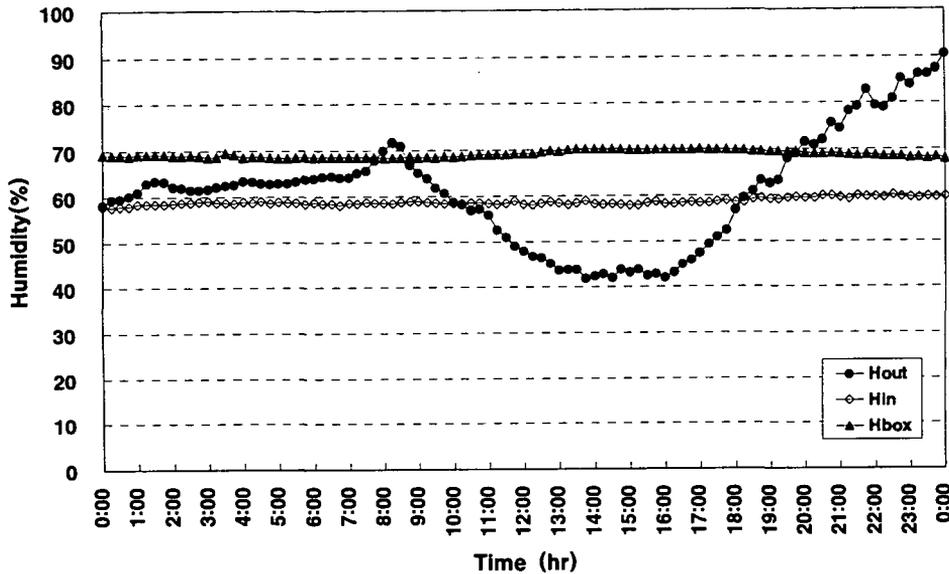


그림 2-83. 외기온이 높을 때 저온양봉사 외·내부 및 벌통내부의 습도 변화('99. 1. 24)

표 2-68과 그림 2-83에서 보는 바와 같이 저온양봉사 외부최고온도가 11.8℃인 경우, 저온양봉사 외부습도가 41.8~90.6%(평균습도 61.1%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 57.6~59.9%(평균습도 58.7%)범위였으며 벌통 내부습도는 67.8~70.2%(평균습도 69.1%)범위에서 변화하였다. 외부습도의 최고최저 습도편차가 48.8%이지만 저온양봉사 내부습도의 편차는 2.3%, 벌통내부의 최고최저 습도편차는 2.4% 이내로 안정적인 변화폭을 나타내었으며 저온양봉사 내부와 벌통내부의 평균습도는 적정 습도범위내에 들어 외부기온이 높은 경우에도 습도환경은 양호한 것으로 분석되었다.

라) 계측기간중 외부습도가 최저일 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내부의 습도변화

실내월동시 저온양봉사 내부습도환경은 꿀벌의 먹이와 밀접한 관계가 있으므로 계측기간중 외부습도가 최저일 때 저온양봉사 내부의 습도변화를 분석하였다. 그 결과는 표 2-69 및 그림 2-84와 같다.

표 2-69. 외부습도가 낮을 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통 내부습도('99. 2. 21)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부	벌통 내부
최 고 습 도 (%)	26.7	26.9	59.9
최 저 습 도 (%)	25.4	24.6	47.4
평 균 습 도 (%)	25.7	25.4	51.7

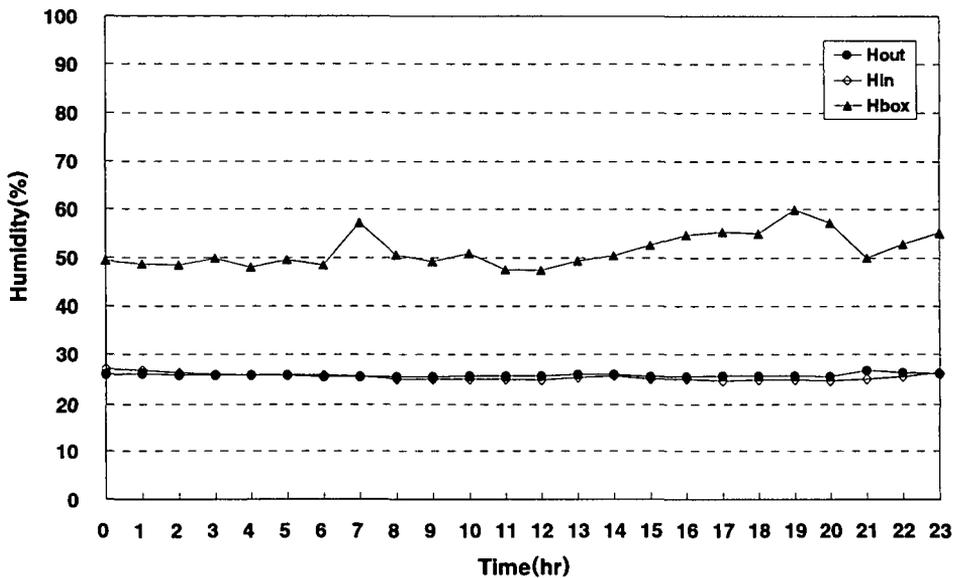


그림 2-84. 외부습도가 낮을 때 저온양봉사 내·외부 및 벌통내부의 습도 변화('99. 2. 21)

저온양봉사 외부습도가 25.4~26.7%(평균습도 25.7%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 24.6~26.9%(평균습도 25.4%)범위였으며 벌통내부습도는 47.4~59.9%(평균습도 51.7%)범위에서 변화하여 저온양봉사 내부습도는 외기의 영향으로 외부습도와 거의 동일하였으나 벌통내부의 평균습도는 51.7%였다. 월동기간동안 저온양봉사 내부습도가 50%이하로 건조한 일수가 수일에 불과하여 저온양봉사내에서 월동중인 꿀벌들에게 큰 영향을 미치지 않을 것으로 판단되었다.

마) 계측기간중 외부습도가 최고일 때 저온양봉사 내·외부의 습도변화

실내월동시 외부의 다습한 공기의 유입으로 인해 저온양봉사 내부가 다습한 환경에 노출되면 꿀벌의 병해를 유발시킬 수 있는 조건이 된다. 따라서, 계측기간중 외부습도가 최고일 때 저온양봉사 내부의 습도변화를 분석하였으며, 그 결과는 표 2-70 및 그림 2-85와 같다. 저온양봉사 외부습도가 71.8~100%(평균습도 96.4%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 69.7~74.1%(평균습도 71.3%)범위에서 변화하였다. 따라서, 외부공기가 다습하여도 저온양봉사 내부습도는 외부습도에 비해 평균 25.1%정도 낮게 나타나 꿀벌의 월동에 필요한 적정 습도범위를 안정적으로 유지하는 것으로 분석되었다.

표 2-70. 외부습도가 높을 때 저온양봉사 내·외부습도('98. 11. 29)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부
최 고 습 도 (%)	100.0	74.1
최 저 습 도 (%)	71.8	69.7
평 균 습 도 (%)	96.4	71.3

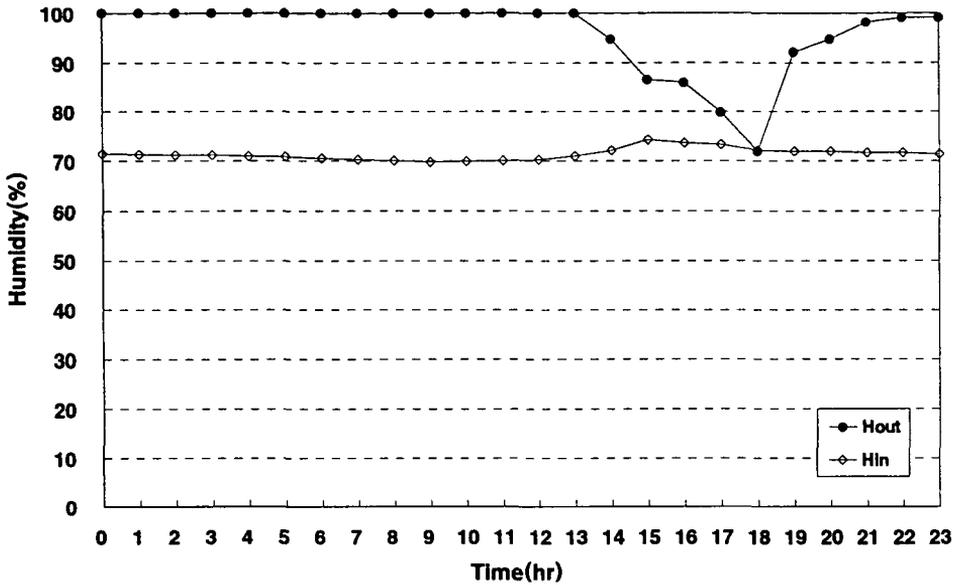


그림 2-85. 외부습도가 높을 때 저온양봉사 내·외부의 습도 변화('98. 11. 29)

바) 저온양봉사 내·외부의 일 최저습도 변화

월동기간중 저온양봉사의 내부환경이 건조한 조건에 단기간 노출되면 꿀벌들이 월동하는데는 지장이 없으나 장기간 노출시에는 먹이의 응결 등 많은 장애가 발생할 수 있다. 따라서, 월동기간중 저온양봉사 내·외부의 일 최저습도환경을 분석할 필요가 있으며 저온양봉사의 습도조절 성능의 안정성을 파악하고자 일 최저습도값을 이용하여 계측기간 동안의 습도환경을 분석하였으며, 분석결과는 표 2-71 및 그림 2-86와 같다.

표 2-71과 그림 2-86에서 보는 바와 같이 저온양봉사 외부의 일 최저습도가 24.6~82.5%(평균 38.2%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부의 일 최저습도는 31.6~71.5%(평균 50.1%)범위에서 변화하여 저온양봉사 내부가 외부보다 평균 11.9% 높게 나타났다. 일 최저습도만을 고려한 경우에도 저온양봉사 내부습도가 외부에 비

해 높게 나타나 저온양봉사는 월동기간중 안정적인 내부습도환경을 유지할 수 있는 것으로 나타났다.

표 2-71. 저온양봉사 내·외부의 일 최저습도('98. 11. 29~'99. 2. 19)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부
최 고 습 도 (%)	82.5	71.5
최 저 습 도 (%)	24.6	31.6
평 균 습 도 (%)	38.2	50.1

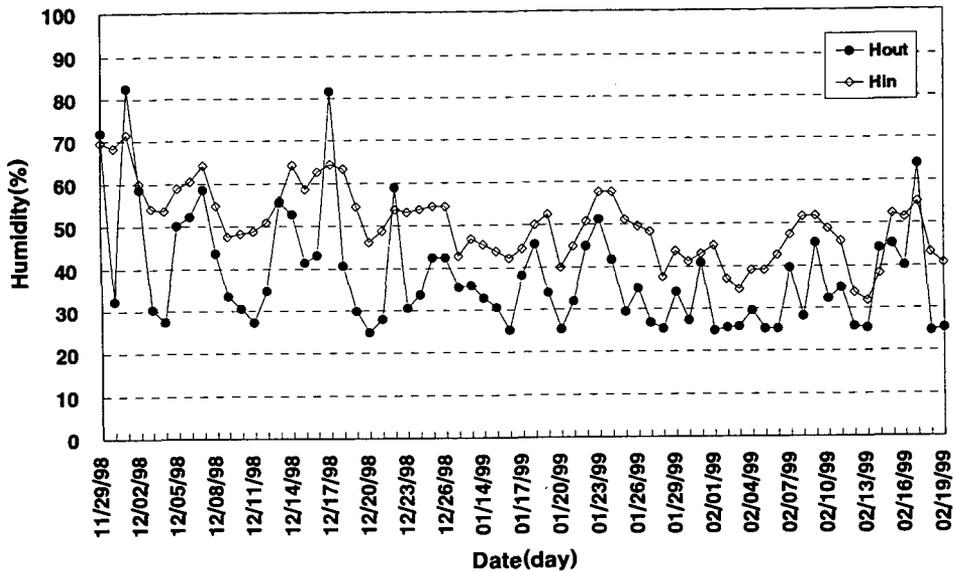


그림 2-86. 저온양봉사 내·외부의 일 최저습도 변화('98. 11. 29~'99. 2. 19)

사) 저온양봉사 내·외부의 일 최고습도 변화

외부환경이 다습한 조건일 때 저온양봉사의 습도조절 기능의 안정성을 분석하기 위해 일 최고습도값을 이용하여 계측기간 동안의 저온양봉사 내부환경을 분석한 결

과는 표 2-72 및 그림 2-87과 같다. 저온양봉사 외부의 일 최고습도가 51.4~100% (평균 84.2%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부의 일 최고습도는 40.5~77.8%(평균 58.7%)범위에서 변화하였다. 일 최고습도만을 고려한 경우에도 저온양봉사 내부 습도가 외부습도에 비해 평균 약 26%정도 낮게 나타나 월동기간중 안정적인 내부 습도환경을 유지할 수 있는 것으로 나타났다.

표 2-72. 저온양봉사 내·외부의 일 최고습도('98. 11. 29~'99. 2. 19)

구 분	양봉사 외부	양봉사 내부
최 고 습 도 (%)	100.0	77.8
최 저 습 도 (%)	51.4	40.5
평 균 습 도 (%)	84.2	58.7

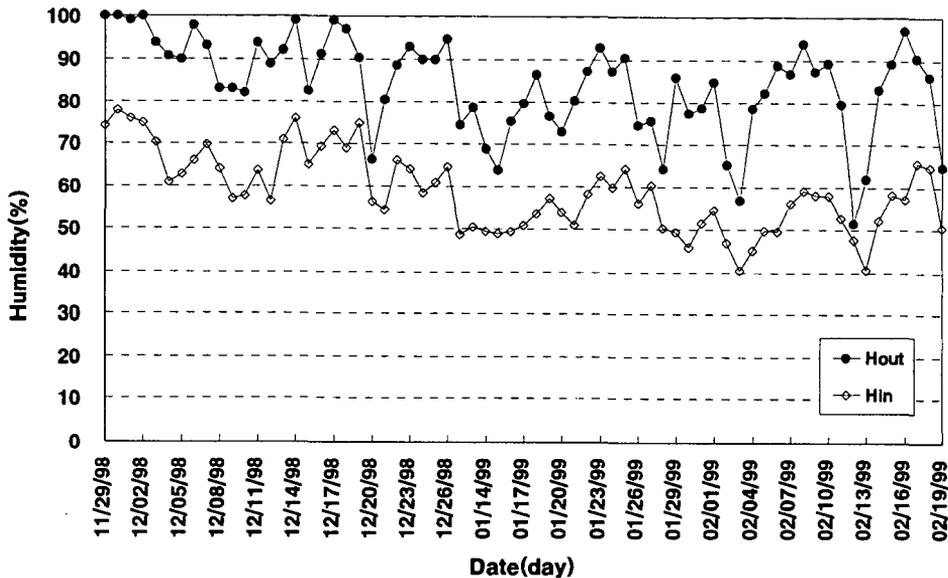


그림 2-87. 저온양봉사 내·외부의 일 최고습도 변화('98. 11. 29~'99. 2. 19)

다. 환기팬 작동방식에 따른 습도조절 효과

그림 2-88과 그림 2-89에서 알 수 있는 바와 같이 환기팬을 작동방식 A에 따라 작동한 경우 외부습도가 32.4~74.3%(평균습도 56.7%)범위일 때 저온양봉사의 내부 습도는 49.3~65.4%(평균습도 59.5%)범위였으며, 외부습도 편차는 41.9%이고, 저온양봉사 내부습도 편차는 16.1%였다. 그리고 환기팬을 작동방식 B에 따라 작동한 경우에는 외부습도가 25.9~81.7%(평균습도 57.4%)범위일 때 저온양봉사의 내부 습도는 49.9~64.2%(평균습도 55.9%)범위였으며, 외부습도 편차는 55.8%이고, 저온양봉사 내부의 습도편차는 14.4%에 불과하였다.

이러한 결과로 미루어 볼 때, 환기팬 작동 A와 B 모두 꿀벌이 월동하기에 적합한 습도범위(50~75%)였으나, 개선된 환기팬 작동방식에 따른 저온양봉사 내부습도의 최고, 최저편차가 약 2%, 평균습도가 약 5% 감소하여 개선 전 환기팬 작동방식에 비해 습도환경조절에 있어 좀 더 안정적인 것으로 나타났다.

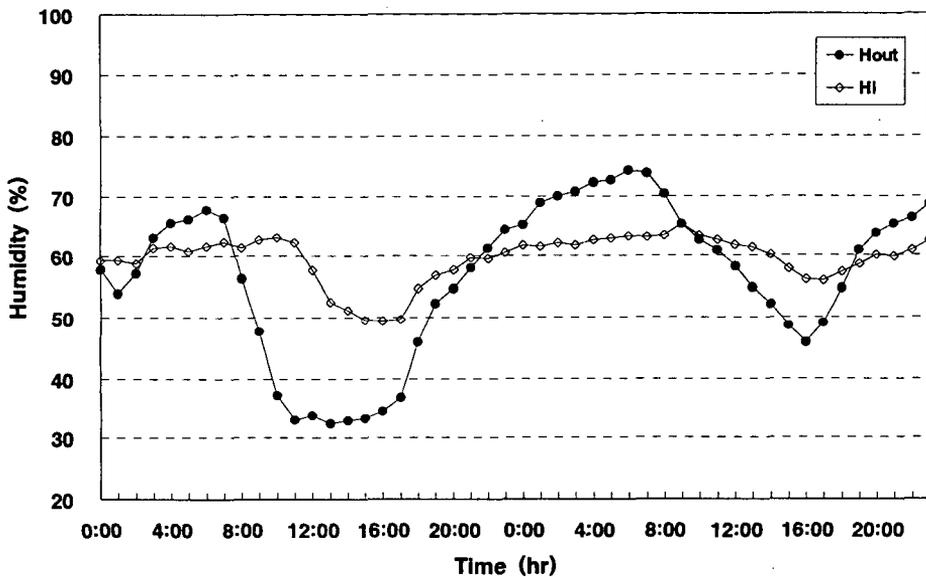


그림 2-88. 저온양봉사 내·외부의 습도 변화(영주, 작동방식 A, '97. 3. 4)

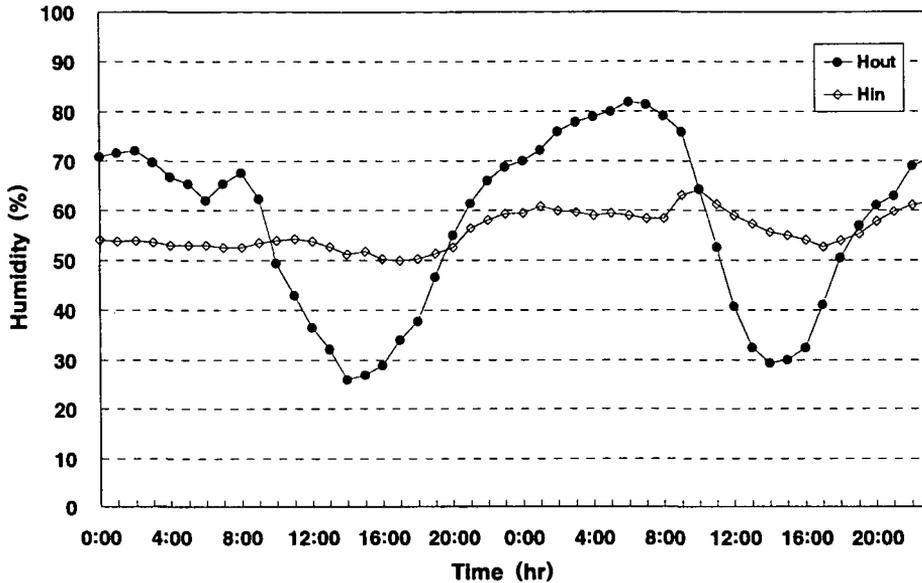


그림 2-89. 저온양봉사 내·외부의 습도 변화(영주, 작동방식 B, '98. 3. 4)

라. 벽체재료에 따른 저온양봉사 내부의 습도변화

표 2-73 및 그림 2-90에서 알 수 있는 바와 같이 벽체재료를 별도의 단열재 없이 200mm 샌드위치 패널로 한 경우('98. 3. 4, 용인), 외부습도가 27.3~100%(평균습도 70.2%)범위에서 변화할 때 저온양봉사의 내부습도는 46.2~69.1%(평균습도 58.8%)범위에서 변화하여 저온양봉사 내부습도가 외부에 비해 평균 11.4% 낮게 나타났다. 저온양봉사 외부의 최고최저 습도편차가 75.8% 일 때, 저온양봉사 내부의 최고최저 습도편차는 약 22.9%로 외부에 비해 다소 안정적임을 알 수 있었다.

그림 2-91에서 보는 바와 같이 저온양봉사의 벽체를 100mm 샌드위치 패널로 하고 내부를 100mm 우레탄 폼으로 단열처리를 한 경우('97. 3. 11, 영주)에는 외부습도가 38.4~80.0%(평균습도 65.4%)범위에서 변화할 때 저온양봉사의 내부습도는 55.7~71.6%(평균습도 66.6%)범위에서 변화하였다. 저온양봉사 외부의 최고최저 습도편차가 41.6%일 때 저온양봉사 내부의 최고최저 습도편차는 약 15.9%였다.

이러한 결과로 미루어 볼 때 저온양봉사의 벽체 종류에 따라 평균습도와 최고최저 습도편차가 다소 차이가 있는 것으로 나타났으나 이러한 차이는 분석지역이 다르고 비교되는 외부환경이 서로 상이함에서 나타나는 것으로 분석되어 외부습도환경을 고려한다면 벽체 종류에 따른 저온양봉사 내부의 습도환경은 별 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 2-73. 벽체재료에 따른 저온양봉사 내부의 습도 변화

단열재 습도(%)	샌드위치 패널('98. 3. 4, 용인)				우레탄 폼('97. 3. 11, 영주)			
	최고	최저	습도편차	평균	최고	최저	습도편차	평균
양봉사 외부	100	27.3	72.7	70.2	80.0	38.4	41.6	65.4
양봉사 내부	69.1	46.2	22.9	58.8	71.6	55.7	15.9	66.6

(습도편차=최고습도-최저습도)

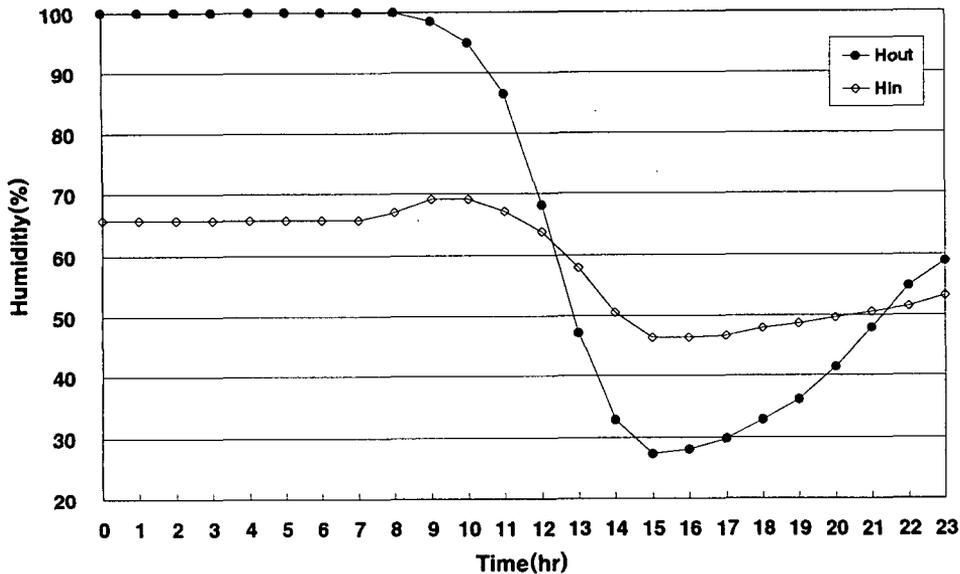


그림 2-90. 저온양봉사 내·외부의 습도변화
(용인; 샌드위치 패널 200mm, '98. 3. 4)

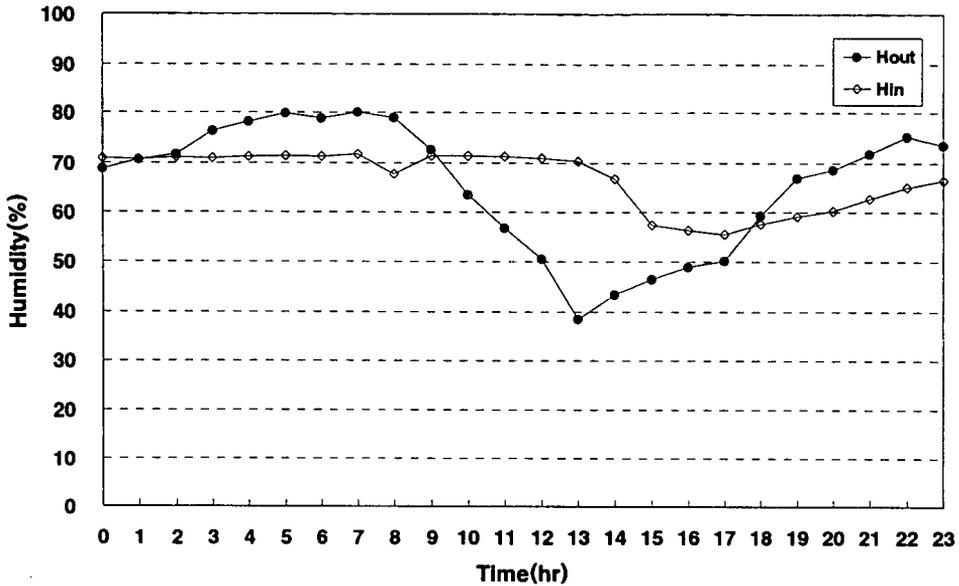


그림 2-91. 저온양봉사 내·외부의 습도 변화
(영주;샌드위치패널+우레탄 폼 200mm, '97. 3. 4)

4. 저온양봉사내 벌통의 적재층별 온습도 분포

저온양봉사 내부의 공간을 효율적으로 이용하는 것은 매우 중요하며 월동에 필요한 공간은 벌통을 다루는 방법과 쌓아올리는 방법에 따라 좌우된다. 벌통을 높이 쌓으면 저장 용량이 많아져 공간을 최대한으로 이용할 수 있지만 벌통 한 개당 차지하는 공간이 적어지면 공기유동이 불량해 질 수 있으며 온도변화도 커질 수가 있다. 그리고, 작업을 용이성을 고려하여 작업자의 신체조건을 고려하여야 한다.

벌통을 몇 층으로 쌓아올릴 경우 적재층별 벌통내부의 온습도환경이 상이하게 나타날 수 있을 것으로 판단되어 저온양봉사내 적재된 벌통층별로 온습도 환경을 분석하기 위해 15분간격으로 온·습도를 계측하였다. 분석된 결과는 다음과 같다.

가. 대구근교(영주)의 저온양봉사내 벌통 적재층별 온습도 변화

1) 벌통 적재층별 온도 변화

저온양봉사내에 쌓아올린 벌통 내부의 온도 변화를 분석한 결과는 표 2-74 및 그림 2-92와 같다. 외기온이 -17~12.6℃(평균온도 -1.8℃)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은 0.7~9.8℃(평균온도 4.5℃)범위였으며 벌통 내부온도는 2.9~10.2℃(평균온도 5.4℃)범위에서 변화하였다. 외기온에 비해 저온양봉사 내부는 평균 6.3℃, 벌통내부는 평균 7.2℃ 높게 나타났으며 저온양봉사 외부의 최고최저 온도편차가 29.6℃일 때 저온양봉사 내부의 최고최저 온도편차는 9.1℃, 벌통내부의 최고최저 온도편차는 5.7℃, 5.9℃, 7.3℃였다. 이러한 결과로부터, 벌통 내부의 온도는 저온양봉사 내·외부에 비해 안정적으로 적정 온도범위를 유지함을 알 수 있었다. 그리고, 벌통의 적재층별 온도환경은 1층에서 3층으로 올라갈수록 최고온도는 다소 증가하는 경향을 보이나 측정기간동안 평균온도는 거의 동일한 온도값을 유지하는 것으로 나타나 벌통의 적재층별 온도환경은 큰 차이가 없는 것으로 분석되었다.

표 2-74. 저온양봉사 내·외부 및 벌통내부의 온도('99. 1. 12.~2. 20)

구 분	양봉사외부	양봉사내부	양봉사내 1층 벌통내부	양봉사내 2층 벌통내부	양봉사내 3층 벌통내부
최고온도(℃)	12.6	9.8	9.0	9.8	10.2
최저온도(℃)	-17.0	0.7	3.3	2.9	2.9
평균온도(℃)	-1.8	4.5	5.4	5.3	5.5

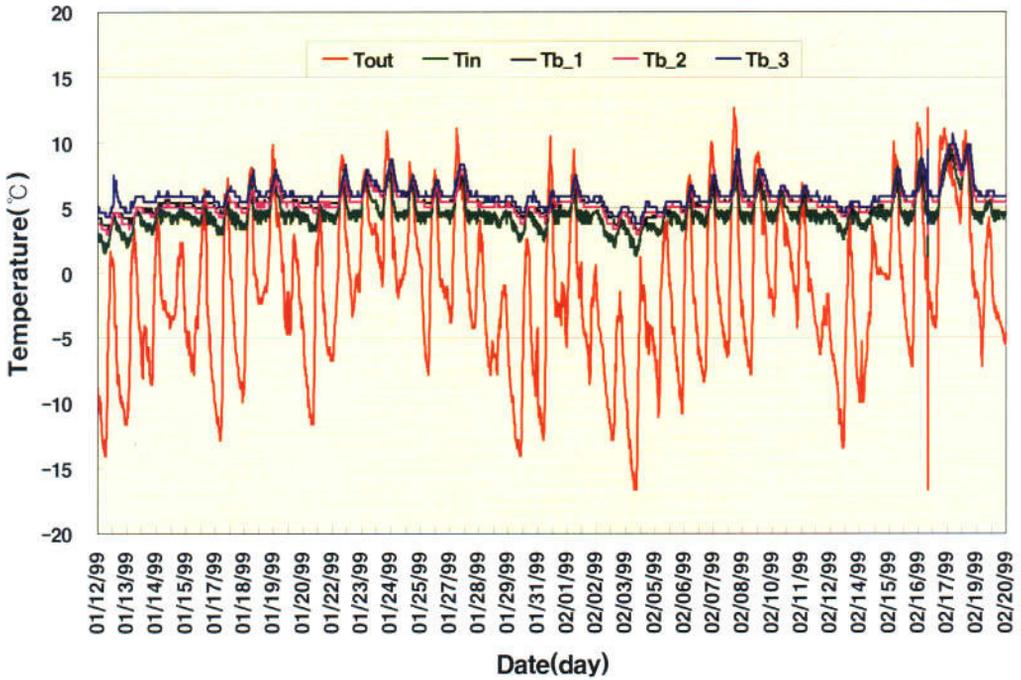


그림 2-92. 저온양봉사 내·외부 및 벌통 내부온도 변화('99. 1. 12 ~ 2. 20)

2) 벌통 적재층별 습도 변화

저온양봉사내에 적재된 벌통의 층별 습도 변화를 분석한 결과는 표 2-75 및 그림 2-93과 같다. 저온양봉사 외부습도가 24.4~97.1%(평균습도 49.9%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 25.0~81.6%(평균습도 41.9%)범위였으며 벌통 내부 습도는 1층 벌통내부는 44.8~72.7%(평균습도 54.5%), 2층 벌통내부는 53.0~58.9%(평균습도 58.9%), 3층 벌통내부는 67.3~86.5%(평균습도 75.1%)범위에서 변화하였다. 저온양봉사 내부습도는 외부습도에 비해 평균 8%정도 낮게 나타났으나 벌통 내부는 층별로 평균 4.6%, 9.0%, 25.2%정도 높게 나타났다. 저온양봉사내에 윗층에 적재된 3층의 벌통 내부습도가 저온양봉사 내부보다 평균 33.2%정도 높게 나타났

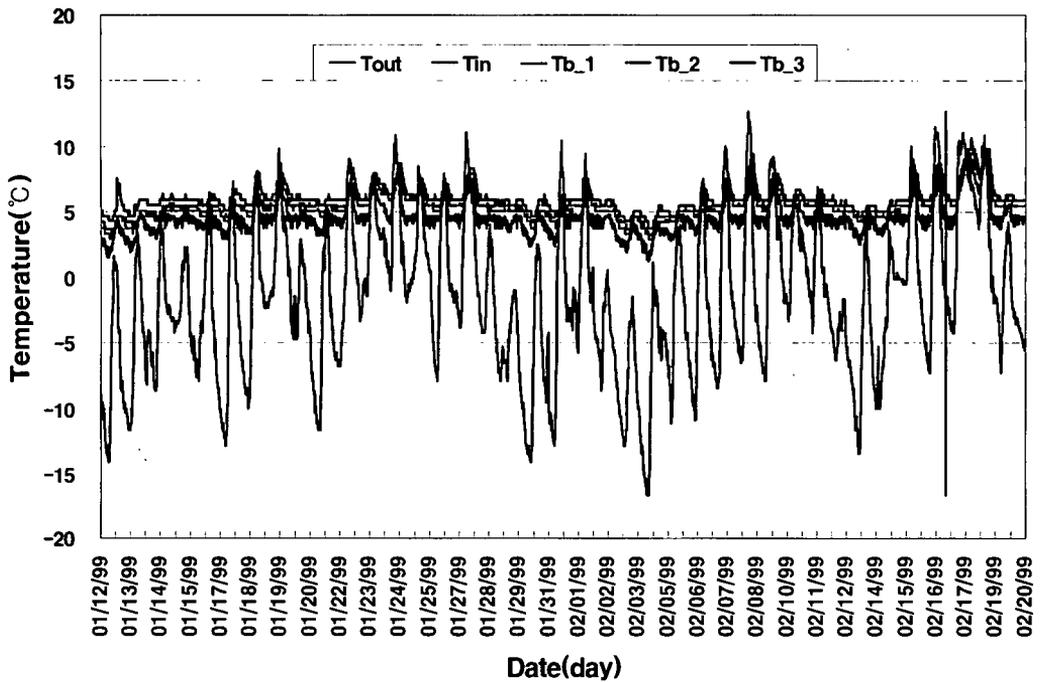


그림 2-92. 저온양봉사 내·외부 및 벌통 내부온도 변화('99. 1. 12 ~ 2. 20)

2) 벌통 적재층별 습도 변화

저온양봉사내에 적재된 벌통의 층별 습도 변화를 분석한 결과는 표 2-75 및 그림 2-93과 같다. 저온양봉사 외부습도가 24.4~97.1%(평균습도 49.9%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 25.0~81.6%(평균습도 41.9%)범위였으며 벌통 내부 습도는 1층 벌통내부는 44.8~72.7%(평균습도 54.5%), 2층 벌통내부는 53.0~58.9%(평균습도 58.9%), 3층 벌통내부는 67.3~86.5%(평균습도 75.1%)범위에서 변화하였다. 저온양봉사 내부습도는 외부습도에 비해 평균 8%정도 낮게 나타났으나 벌통 내부는 층별로 평균 4.6%, 9.0%, 25.2%정도 높게 나타났다. 저온양봉사내에 윗층에 적재된 3층의 벌통 내부습도가 저온양봉사 내부보다 평균 33.2%정도 높게 나타났

으나 꿀벌의 월동에 있어 이상적인 습도범위가 없을 뿐만 아니라 적정 습도범위로 추천되는 습도에서 크게 벗어나지 않아 꿀벌의 월동에는 큰 영향이 없을 것으로 판단된다.

표 2-75. 저온양봉사 내·외부 및 벌통내부의 습도('99. 1. 12.~2. 20)

구 분	양봉사외부	양봉사내부	양봉사내 1층 벌통내부	양봉사내 2층 벌통내부	양봉사내 3층 벌통내부
최고습도(%)	97.1	81.6	72.7	58.9	86.5
최저습도(%)	24.4	25.0	44.8	53.0	67.3
평균습도(%)	49.9	41.9	54.5	58.9	75.1

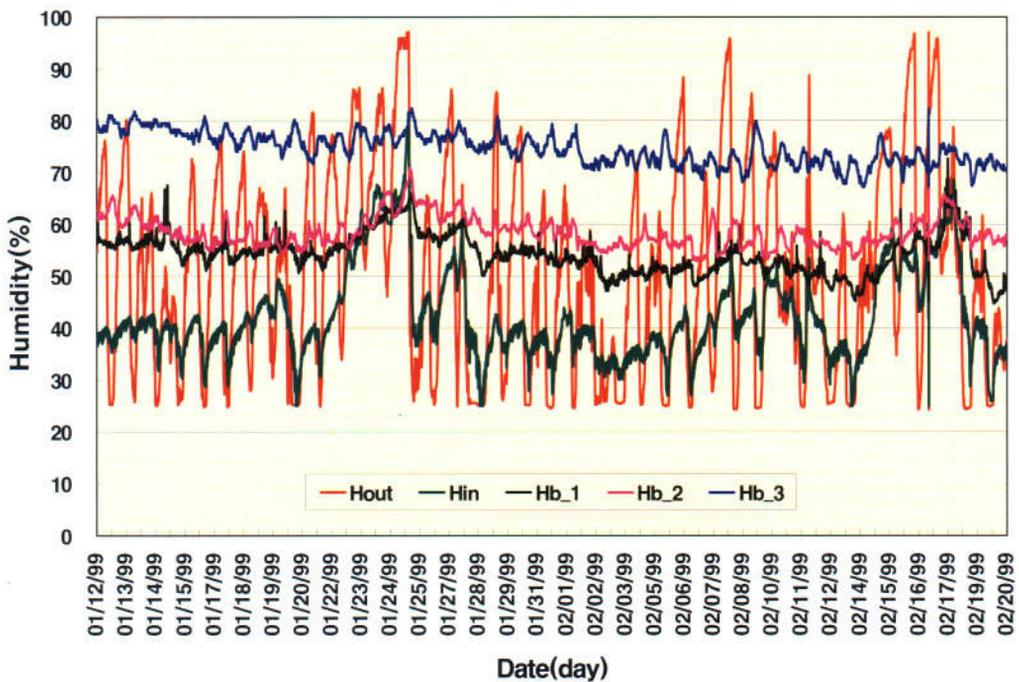


그림 2-93. 저온양봉사 내·외부 및 벌통내부 습도 변화('99. 1. 12~2. 20)

으나 꿀벌의 월동에 있어 이상적인 습도범위가 없을 뿐만 아니라 적정 습도범위로 추천되는 습도에서 크게 벗어나지 않아 꿀벌의 월동에는 큰 영향이 없을 것으로 판단된다.

표 2-75. 저온양봉사 내·외부 및 벌통내부의 습도('99. 1. 12.~2. 20)

구 분	양봉사외부	양봉사내부	양봉사내 1층 벌통내부	양봉사내 2층 벌통내부	양봉사내 3층 벌통내부
최고습도(%)	97.1	81.6	72.7	58.9	86.5
최저습도(%)	24.4	25.0	44.8	53.0	67.3
평균습도(%)	49.9	41.9	54.5	58.9	75.1

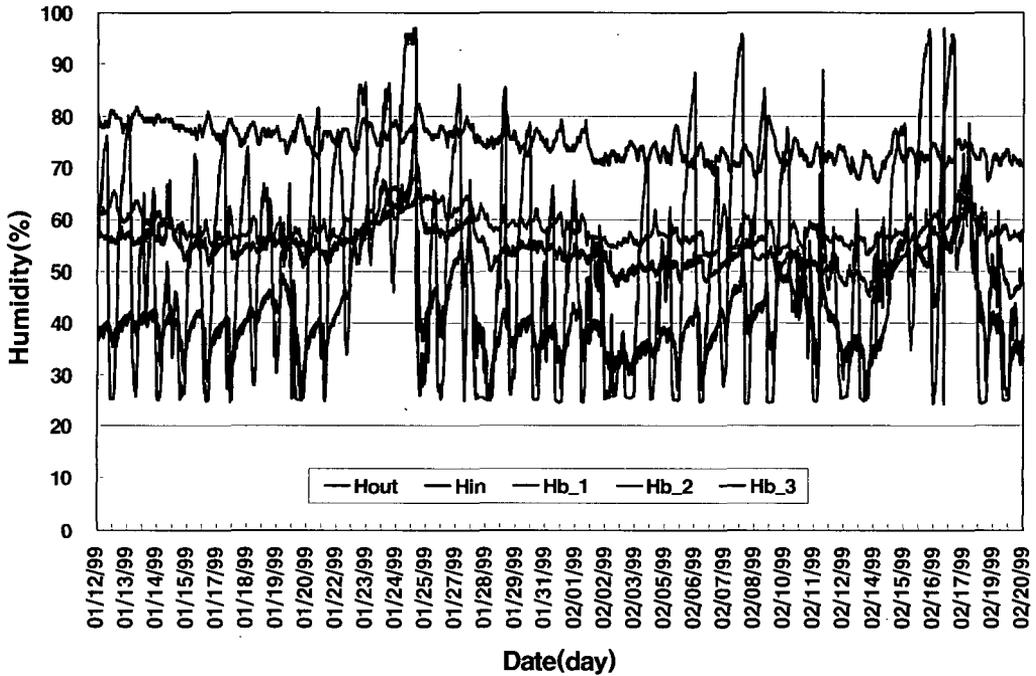


그림 2-93. 저온양봉사 내·외부 및 벌통내부 습도 변화('99. 1. 12~2. 20)

저온양봉사 외부의 최고최저 습도편차가 72.5%일 때 저온양봉사 내부의 최고최저 습도편차는 56.6%, 벌통내부의 최고최저 온도편차는 27.9%, 6.9%, 19.2%였다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 벌통내부의 습도는 저온양봉사 내·외부에 비해 안정적으로 적정 습도범위를 유지함을 알 수 있었다. 그리고, 벌통의 적재층별 습도환경에 있어 일정한 규칙성은 발견하지 못하였으나 저온양봉사 내부에 맨상층에 적재된 벌통의 내부습도가 다소 높게 나타났고 이것은 실내월동을 저온양봉사내에 벌통을 입고시킬 때 벌통을 부직포등 다른 포장재료로 포장하여 다른 벌통보다 다소 높은 습도를 유지하는 것으로 분석되며 또한, 벌통내에 있는 소비수와 벌수 등에 따라 습도는 달라 질 수 있고 월동에 이상적인 습도범위는 없기 때문에 벌통의 적재층별 습도환경 또한 온도환경처럼 양호한 것으로 분석된다.

나. 중북부지방(용인)의 저온양봉사내 벌통 적재층별 온습도 변화

우리나라 중북부지역인 경기도 용인지방에 건축된 저온양봉사의 실내월동을 위해 적재된 벌통의 층별 온습도 환경을 분석하고자 저온양봉사 내·외부, 노지월동중인 벌통내부 및 실내에 적재된 벌통의 층별로 온습도 센서를 각각 1점씩 설치하여 15 분간격으로 온습도를 계측하였다. 계측된 결과를 살펴보면 다음과 같다.

1) 벌통 적재층별 온도 변화

저온양봉사내에 적재된 벌통의 층별 온도환경을 분석한 결과는 표 2-76 및 그림 2-94에서 보는 바와 같이 저온양봉사 외기온이 $-16.0\sim 11.8^{\circ}\text{C}$ (평균온도 -2.0°C)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은 $0.4\sim 11.8^{\circ}\text{C}$ (평균온도 6.1°C)범위였으며 벌통 내부온도는 노지월동의 경우 $-8.9\sim 10.2^{\circ}\text{C}$ (평균온도 -0.5°C), 실내월동의 경우는 $2.5\sim 12.9^{\circ}\text{C}$ (평균온도 7.7°C)범위에서 변화하였다. 저온양봉사 외기온에 비해 저온양봉

사 내부는 평균 8.1℃, 벌통내부는 실외월동은 평균 1.5℃, 실내월동은 평균 9.7℃ 높게 나타났으며 저온양봉사 외부의 최고최저 온도편차가 27.8℃일 때 저온양봉사 내부의 최고최저 온도편차는 11.4℃, 벌통내부의 최고최저 온도편차는 실외는 19.1℃, 실내는 8.5℃, 8.3℃, 8.9℃였다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 노지월동시 벌통 내부온도는 외부의 영향을 많이 받아 외부온도가 낮아지면 벌통 내부온도 또한 낮아지게 되지만 벌들의 호흡과 마찰 등의 활동으로 벌통내부의 온도가 외기온보다는 높지만 월동에 적합한 온도범위는 유지할 수가 없으며 벌통내의 온도유지를 위해 이러한 벌들의 활동은 열량소모에 따른 먹이량이 증가하며 월동후 봉세가 약해질 수 있는 요인이 된다. 하지만 실내월동을 위해 저온양봉사 내부에 적재된 벌통내부는 외기온이 영하로 하강하더라도 저온양봉사의 온도조절 기능으로 월동에 적합한 온도범위인 2~9℃를 유지할 수가 있었다. 따라서, 실내월동이 노지월동보다는 많은 잇점이 있음을 알 수 있었다.

적재층별 벌통 내부온도는 일정한 규칙성은 없었으나 벌통의 포장방법, 벌통내 소비수 및 실내 공기순환 통로에 따라 다소 차이가 있었고 측정기간동안 평균온도는 월동에 적합한 온도범위를 유지하는 것으로 나타나 벌통의 적재층별 온도환경은 큰 차이가 없는 것으로 분석되었다.

표 2-76. 저온양봉사 내·외부 및 벌통내부의 온도('99. 1. 12.~2. 17)

구 분	양봉사외부	양봉사내부	양봉사의 벌통내부	양봉사내 벌통내부 (1층)	양봉사내 벌통내부 (2층)	양봉사내 벌통내부 (3층)
최저온도(℃)	-16.0	0.4	-8.9	2.9	4.6	2.5
최고온도(℃)	11.8	11.8	10.2	11.4	12.9	11.4
평균온도(℃)	- 2.0	6.1	-0.5	7.2	8.9	7.1

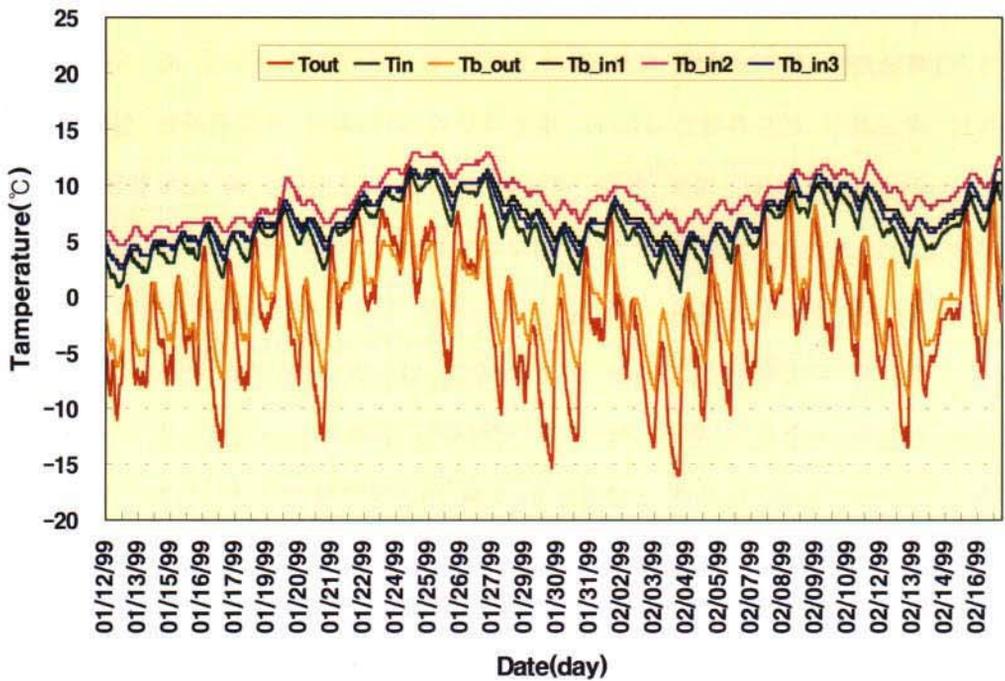


그림 2-94. 저온양봉사 내·외부 및 벌통내부 온도변화 ('99. 1. 12~2. 17)

2) 벌통 적재층별 습도변화

저온양봉사내에 적재된 벌통의 층별 습도 변화를 분석한 결과는 표 2-77 및 그림 2-94에서 보는 바와 같이 저온양봉사 외부습도가 24.2~97.0%(평균습도 54.9%) 범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 31.6~64.3%(평균습도 48.9%)범위였으며 벌통 내부습도는 노지월동의 경우 62.4~98.6%(평균습도 83.2%), 실내월동의 경우 1층 벌통내부습도는 77.3~87.7%(평균온도 82.9%), 2층 벌통 내부습도는 33.6~66.8%(평균습도 54.1%), 3층 벌통 내부습도는 38.7~61.2%(평균습도 50.6%)범위에서 변화하였다. 저온양봉사 내부습도는 외부습도에 비해 평균 6% 높게 나타났으며 외부습도가 30%이하로 건조한 경우에는 저온양봉사 내부습도가 외부보다 높게, 외부습도가 80%이상으로 다습하면 저온양봉사 내부습도는 외부보다 낮게 나타나 적정

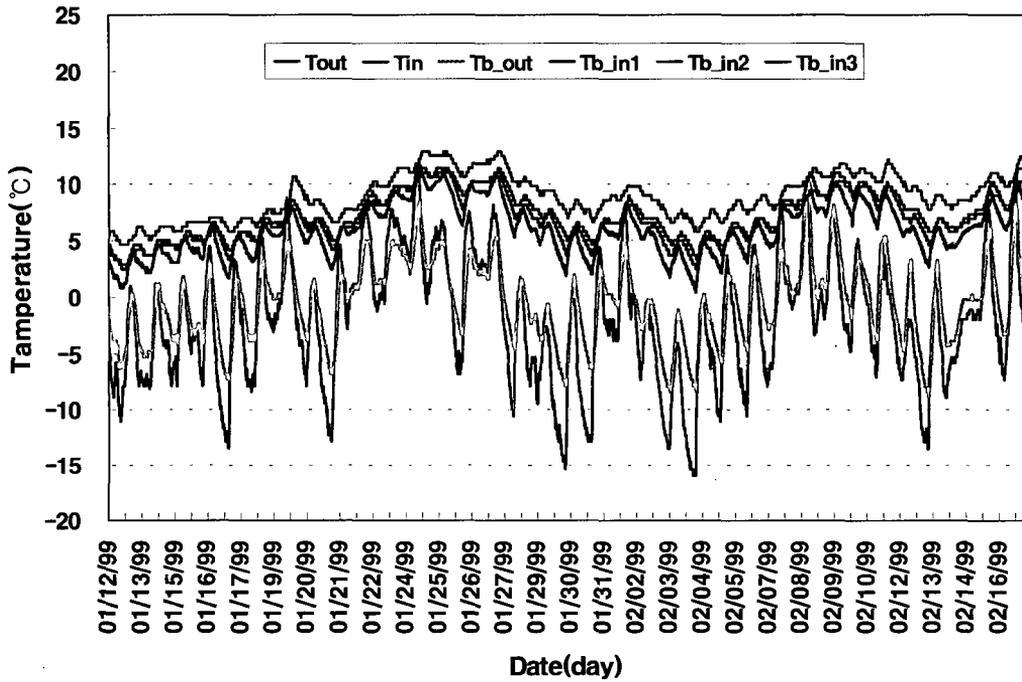


그림 2-94. 저온양봉사 내·외부 및 벌통내부 온도변화 ('99. 1. 12~2. 17)

2) 벌통 적재층별 습도변화

저온양봉사내에 적재된 벌통의 층별 습도 변화를 분석한 결과는 표 2-77 및 그림 2-94에서 보는 바와 같이 저온양봉사 외부습도가 24.2~97.0%(평균습도 54.9%) 범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 31.6~64.3%(평균습도 48.9%)범위였으며 벌통 내부습도는 노지월동의 경우 62.4~98.6%(평균습도 83.2%), 실내월동의 경우 1층 벌통내부습도는 77.3~87.7%(평균온도 82.9%), 2층 벌통 내부습도는 33.6~66.8%(평균습도 54.1%), 3층 벌통 내부습도는 38.7~61.2%(평균습도 50.6%)범위에서 변화하였다. 저온양봉사 내부습도는 외부습도에 비해 평균 6% 높게 나타났으며 외부습도가 30%이하로 건조한 경우에는 저온양봉사 내부습도가 외부보다 높게, 외부습도가 80%이상으로 다습하면 저온양봉사 내부습도는 외부보다 낮게 나타나 적정

습도범위를 유지하는 것으로 분석되었다. 별통 내부습도는 실외월동의 경우 외부에 비해 평균 23.9% 높게 낮으며 외부습도의 영향을 그대로 받는 것으로 나타났다.

표 2-77. 저온양봉사 내·외부 및 별통내부의 습도('99. 1. 12.~2. 17)

구 분	양봉사외부	양봉사내부	양봉사의외 별통내부	양봉사내 별통내부 (1층)	양봉사내 별통내부 (2층)	양봉사내 별통내부 (3층)
최저습도(%)	24.2	31.6	62.4	77.3	33.6	38.7
최고습도(%)	97.0	64.3	98.6	87.7	66.8	61.2
평균습도(%)	54.9	48.9	83.2	82.9	54.1	50.6

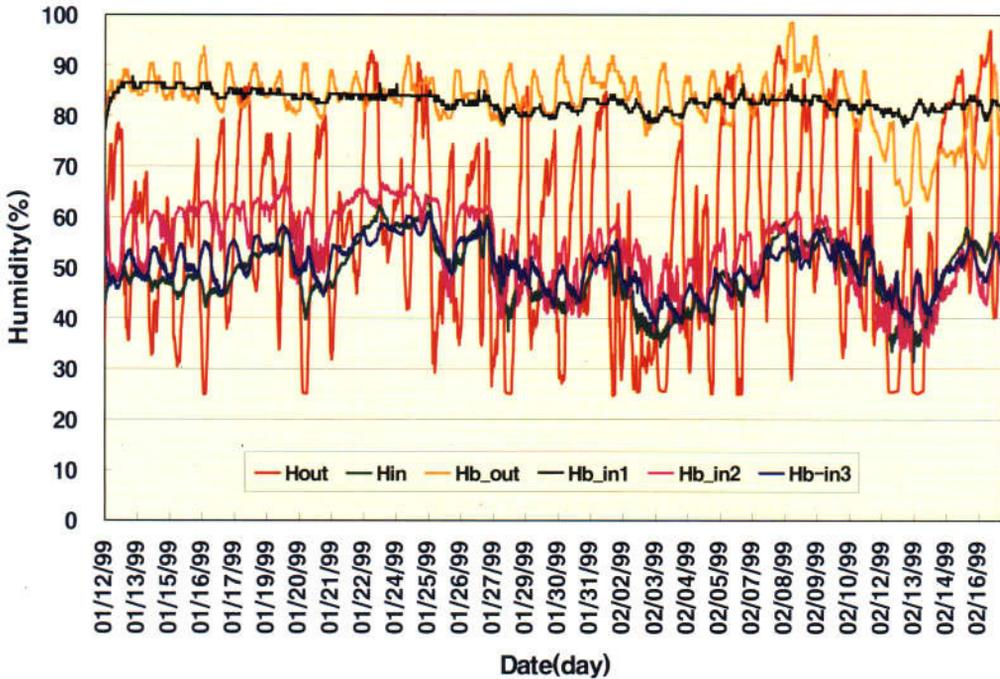


그림 2-95. 저온양봉사 내·외부 및 별통내부 습도 변화('99. 1. 12~2. 17)

습도범위를 유지하는 것으로 분석되었다. 별통 내부습도는 실외월동의 경우 외부에 비해 평균 23.9% 높게 났으며 외부습도의 영향을 그대로 받는 것으로 나타났다.

표 2-77. 저온양봉사 내·외부 및 별통내부의 습도('99. 1. 12.~2. 17)

구 분	양봉사외부	양봉사내부	양봉사의 별통내부	양봉사내 별통내부 (1층)	양봉사내 별통내부 (2층)	양봉사내 별통내부 (3층)
최저습도(%)	24.2	31.6	62.4	77.3	33.6	38.7
최고습도(%)	97.0	64.3	98.6	87.7	66.8	61.2
평균습도(%)	54.9	48.9	83.2	82.9	54.1	50.6

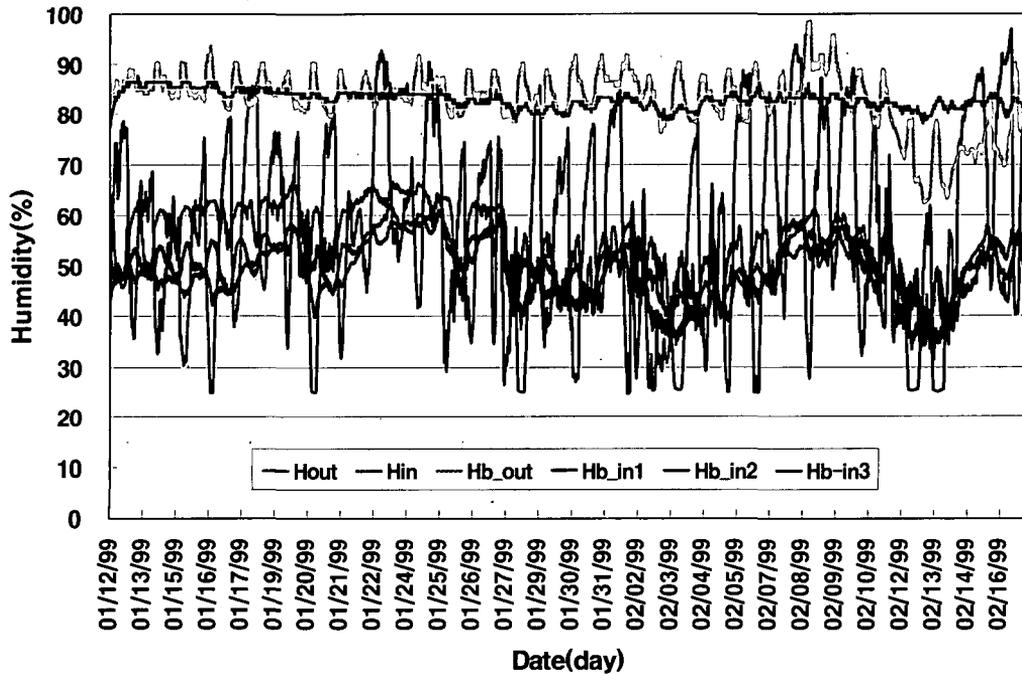


그림 2-95. 저온양봉사 내·외부 및 별통내부 습도 변화('99. 1. 12~2. 17)

실내월동의 경우 1층 벌통 내부습도가 평균 28%높게 났으나 2층과 3층 벌통 내부습도는 0.8~4.3%정도 낮게 나타났다. 1층 벌통내부의 경우 평균습도가 다소 높게 나타났으나 최고습도는 외기보다 약 10%정도 낮게 나타났으며 최저습도는 약 53%정도 높게 나타나 실외월동중인 벌통보다는 양호한 습도환경을 유지하였으며 2층과 3층의 벌통내부는 꿀벌의 월동에 적정 습도범위로 추천되는 50~70%범위를 유지할 수 있었다.

저온양봉사 외부의 최고최저 습도편차가 72.8%일 때 저온양봉사 내부의 최고최저 습도 편차는 32.7%, 벌통 내부의 최고최저 습도편차는 실외월동의 경우 36.2%, 실내월동의 경우에는 층별로 10.4%, 33.2%, 22.5%로 나타났다. 꿀벌의 월동에 있어 이상적인 습도 범위는 없으나 건조한 경우 꿀벌의 먹이가 응결되어 이용할 수가 없으며 다습한 환경에 장기간 노출되면 꿀벌의 병해가 생길 수 있으므로 주의하여야 한다. 따라서, 실외월동시 벌통내부는 장기간 다습한 환경에 노출되므로 습도관리를 위한 노력이 필요한 것으로 나타났다. 그리고, 실내월동의 경우 벌통내부의 습도는 저온양봉사 내·외부에 비해 안정적으로 적정 습도범위를 유지함을 알 수 있었으며 벌통의 적재층별 습도환경에 있어 일정한 규칙성은 발견하지 못하였다. 하지만, 저온양봉사 맨 아래층에 적재된 벌통의 내부습도가 다소 높게 나타났으나 이것은 실내월동을 위해 저온양봉사내에 벌통을 입고시킬 때 벌통을 부직포등 다른 포장재료로 포장하여 다른 벌통보다 다소 높은 습도를 유지하는 것으로 분석되며 또한, 벌통내에 있는 소비수와 벌수 등에 따라 습도는 달라 질 수 있고 월동에 이상적인 습도범위는 없기 때문에 벌통의 적재층별 습도환경 또한 온도환경처럼 양호한 것으로 분석된다. 그리고, 1층 벌통내부의 습도가 높게 나타난 원인에 대해서는 앞으로 지속적인 연구를 통해 분석 가능할 것으로 판단된다.

5. 저온양봉사의 CO₂ 분포

저온양봉사내의 CO₂ 농도를 이용하여 내부공기순환 성능을 분석하기 위해 탄산가스측정기를 이용하여 지면높이별로 길이와 폭방향으로 일정한 간격으로 CO₂ 농도를 측정하였으며 측정한 결과는 그림 2-96 및 그림 2-97과 같다. 그림 2-97은 저온양봉사 내부의 바닥면에서 높이 50cm되는 곳의 CO₂ 농도를 나타낸 것으로 860~1380ppm범위내에서 고르게 분포하고 있는 것으로 나타났다. 그리고, 그림 2-98은 저온양봉사 내부의 바닥면에서 높이 130cm되는 곳의 CO₂ 농도를 나타낸 것으로 1380~1680ppm범위내에서 변화하는 것으로 나타났다. 외부에서 유입되는 찬공기는 온도차로 인해 저온양봉사 내부 아래로, 더운공기는 저온양봉사 내부의 위쪽에서 배출팬에 의해 외부로 배출되기 때문에 지면높이가 높을수록 CO₂ 농도가 높은 것으로 판단된다. 아직, 실내월동시 적정 CO₂ 농도에 대한 연구는 이루어진 바 없으므로 본 연구의 결과를 실내월동시 CO₂ 농도에 대한 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

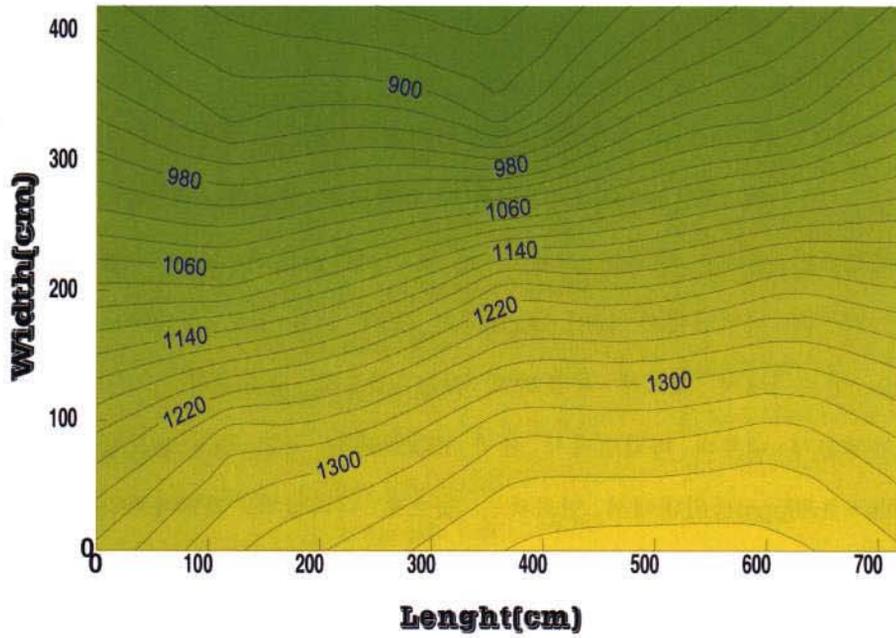


그림 2-96. 저온양봉사 내부의 CO₂ 농도 분포도 (지면높이 50cm)

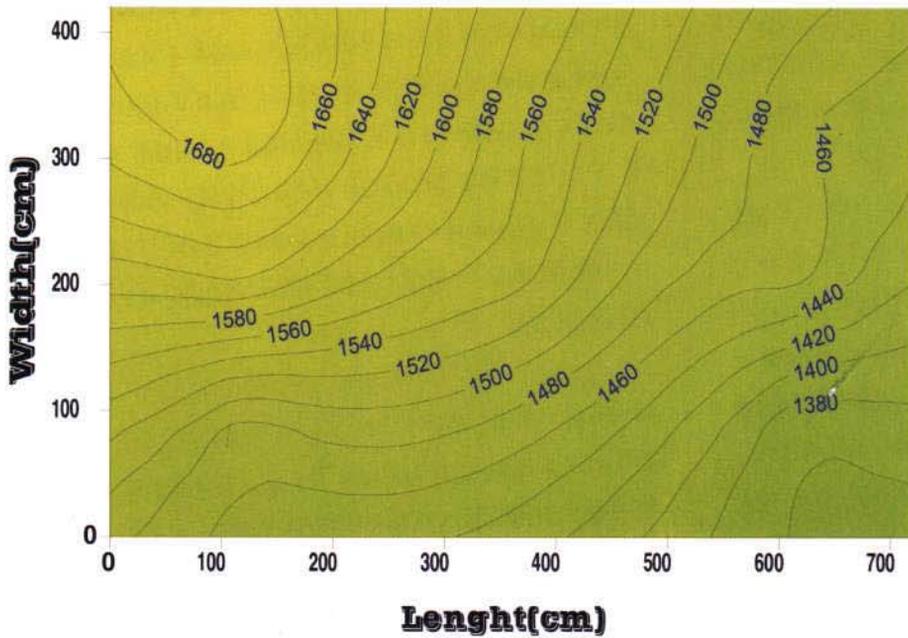


그림 2-97. 저온양봉사 내부의 CO₂ 농도 분포도 (지면높이 130cm)

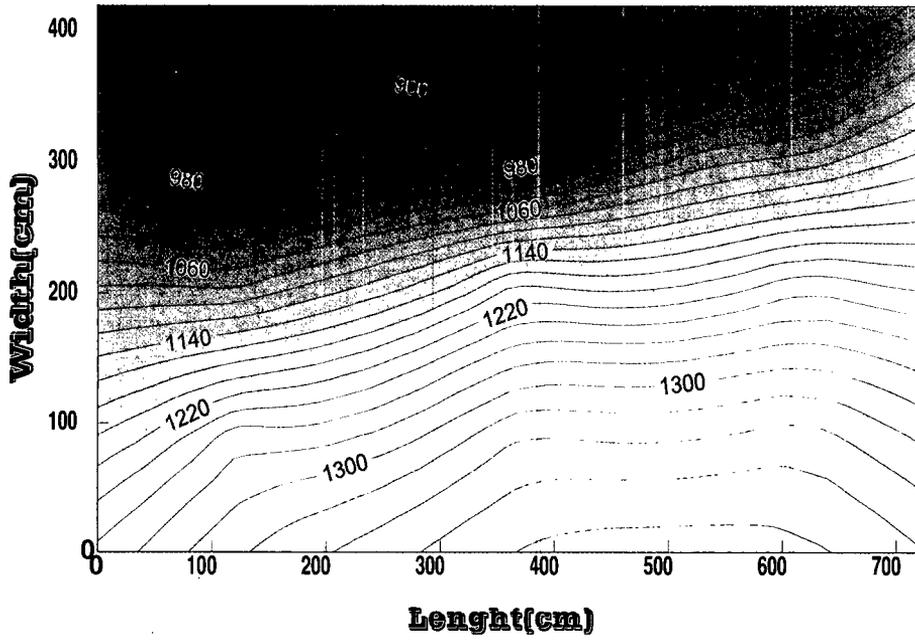


그림 2-96. 저온양봉사 내부의 CO₂ 농도 분포도 (지면높이 50cm)

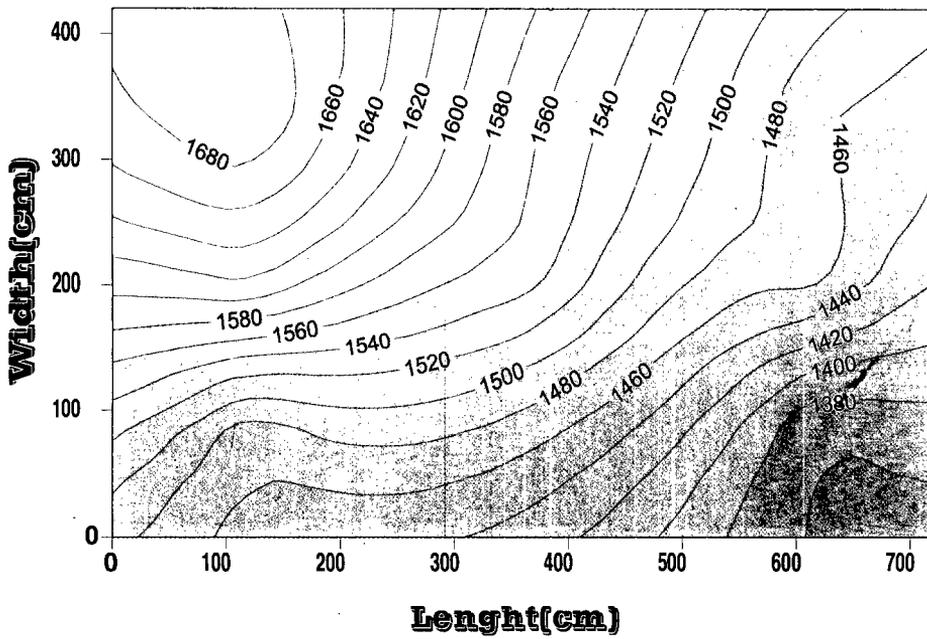


그림 2-97. 저온양봉사 내부의 CO₂ 농도 분포도 (지면높이 130cm)

제6절 시뮬레이션에 의한 저온양봉사의 열환경 해석

월동용 저온양봉사의 설계기술 개발에 필요한 자료를 얻기 위하여, 월동용 저온양봉사의 열환경을 예측할 수 있는 수학적모델을 개발하여 동적 시뮬레이션을 수행할 수 있는 프로그램을 작성하여 이론적 방법과 실험적 방법으로 검증하였다.

저온양봉사 열환경 예측모델과 프로그램은 다음과 같다.

1. 수치모형의 구축

외부 기상조건에 따른 내부온도와 습도는 시간에 따라 항상 변화되는 값이다. 이처럼 연속적으로 변화하여 불안정한 열전도 문제를 해결하는 적합한 방법으로는 response-factor 방법이 추천되고 있다. 이 분석방법의 기본적인 개념은 시간에 따른 변화를 시간 순서의 단위변화로 세분화시켜 단위 변화에 대한 구조의 열전달을 계산하는 것이다. 즉, 구조의 단위면적을 통과하는 시간당 열 전달은 수치적분에 의

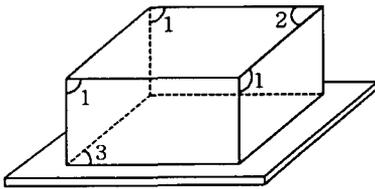


그림 2-98. 벽 표면 번호

하여 계산 가능하다. 저온양봉사의 열환경 해석을 위한 저온양봉사 모델 표면의 번호는 그림 2-98과 같다. 저온양봉사 벽체의 재료는 동일한 것으로 가정하였다. 벽체는 통상적으로 두꺼운 단열재로 만들어지기 때문에 외표면의 매개의 벽에서 태양의 각도에 의한 온도차이는 해석에서

무시하였다.

가. 지붕과 벽체 내표면의 열평형

지붕과 벽체 내표면의 열평형식은 다음과 같다.

[전도열 + 내부공기에로의 대류열 전달 + 다른 표면으로부터 얻은 복사열 = 0]

$$\sum_{j=0}^{N_1} Y_1(j) t_{oi}(n-j) - \sum_{j=0}^{N_1} Z_1(j) t_1(n-j) + \sum_{k=1}^{N_1} \alpha_{i,k}^r \cdot [t_k(n) - t_i(n)] + \alpha_i^e \cdot [t_r(n) - t_i(n)] = 0 \quad (i = 1, 2, \text{ and } k \neq i) \quad (2-3)$$

나. 바닥면의 열평형

바닥을 통과하는 열전도는 두 부분으로 나눌 수 있다. 하나는 바닥주변을 통과하는 열과 토양으로 향하는 열로 구분할 수 있다. 따라서 바닥표면의 열평형식은 다음과 같다.

[기초주변으로부터 얻은 열 + 토양으로부터 얻은 전도열 + 다른 벽면으로부터 얻은 복사열 + 내부공기 전도열 = 0]

$$K_b \cdot L_b [t_o(n) - t_3(n)] / A_3 + \sum_{j=0}^{N_3} Y_3(j) \cdot t_{o3}(n-j) - \sum_{j=0}^{N_3} Z_3(j) t_3(n-j) + \sum_{k=1}^{N_1} \alpha_{3,k}^r \cdot [t_k(n) - t_3(n)] + \alpha_3^e \cdot [t_r(n) - t_3(n)] = 0 \quad (k \neq 3) \quad (2-4)$$

다. 내부공기의 열평형

내부공기의 열평형은 다음과 같이 표시할 수 있다.

[내부표면으로부터의 대류열전달+꽃벌에 의해서 생긴 열+공기교체에서 얻은

열 = 실제 증가하는 열]

$$\begin{aligned} & \sum_{k=1}^N F_k \cdot \alpha_k^c [t_k(n) - t_r(n)] + q_{bee}(n) + L_a(n) (c\rho)_a [t_o(n) - t_r(n)] / 3.6 \\ & = V (c\rho)_r \frac{t_r(n) - t_r(n-1)}{3.6\Delta\tau} + M_b C_b \frac{t_r(n) - t_r(n-1)}{3.6\Delta\tau} \end{aligned} \quad (2-5)$$

위 식을 매트릭스로 표현하면 식 (2-6)과 같다.

$$A \cdot T_i(n) = B \quad (2-6)$$

여기서, $T_i(n) = [t_1(n), t_2(n), t_3(n), t_r(n)]^T$

$$A = \begin{bmatrix} -[\alpha_1 + Z_1(0)] & \alpha_{1,2}^r & \alpha_{1,3}^r & \alpha_1^c \\ \alpha_{2,1}^r & -[\alpha_2 + Z_2(0)] & \alpha_{2,3}^r & \alpha_2^c \\ \alpha_{3,1}^r & \alpha_{3,2}^r & -[\alpha_3 + Z_3(0) + K_p L_p / A_3] & \alpha_3^c \\ -F_1 \cdot \alpha_1^c & -F_2 \cdot \alpha_2^c & -F_3 \cdot \alpha_3^c & A_{4,4} \end{bmatrix} \quad (2-7)$$

여기서, $A_{4,4} = \sum_{k=1}^N F_k \cdot \alpha_k^c + \frac{L_a(n) (c\rho)_a}{3.6\Delta\tau} + \frac{V (c\rho)_a}{3.6\Delta\tau} + \frac{M_b C_b}{3.6\Delta\tau}$

$$B = \begin{bmatrix} -\sum_{j=0}^N Y_1(j) t_{o1}(n-j) + \sum_{j=1}^N Z_1(j) t_1(n-j) \\ -\sum_{j=0}^N Y_2(j) t_{o2}(n-j) + \sum_{j=1}^N Z_2(j) t_2(n-j) \\ -\frac{K_p \cdot L_p}{A_3} t_o(n) - \sum_{j=0}^N Y_3(j) t_{o3}(n-j) + Z_3(j) t_3(n-j) \\ q_{bee}(n) + L_a(n) (c\rho)_a \frac{t_o(n)}{3.6\Delta\tau} + [V(c\rho)_r + M_b C_b] \frac{t_r(n-1)}{3.6\Delta\tau} \end{bmatrix} \quad (2-8)$$

위 식(2-3)~(2-8)에서 나타내는 기호의 의미는 아래와 같다.

A_3 : 바닥면적(m²)

C_b : 벌통비열(J/kg)

F_k : k의 표면적(m^2)

$L_{a(n)}$: n순간의 환기율(m^3/s)

M_b : 벌통무게(kg)

N_s : 반사요인의 수

N_i : 표면 번호

$Q_{bee(n)}$: n순간에서의 벌의 발열량(W)

$t_{oi(n)}$: n순간에서의 i번째 외표면의 온도($^{\circ}C$)

$t_i(n)$: n순간에서의 i번째 내표면의 온도($^{\circ}C$)

$t_k(n)$: n순간에서의 k번째 내표면의 온도($^{\circ}C$)

$t_o(n)$: n순간에서의 외부온도($^{\circ}C$)

$t_r(n)$: n순간에서의 외부온도($^{\circ}C$)

V : 양봉사체적(m^3)

Y_i : i번째 면의 열전도율

Z_i : i번째 면의 열흡수율

$a_{i,k}^r$: i면과 k면 사이의 복사열전달계수($W/m^2 \cdot ^{\circ}C$)

a_i^c : i면의 대류열전달계수($W/m^2 \cdot ^{\circ}C$)

a_i : i면의 총열전달계수($W/m^2 \cdot ^{\circ}C$)

$$a_i = a_i^c + \sum_{k=1}^{N_i} a_{i,k}^r \quad (k \neq i)$$

$\Delta\tau$: 두 계산 단계간의 시간간격 (여기서, $\Delta\tau=1$ 시간)

$(c\rho)_a$: 내부공기의 비열($J/m^3 \cdot ^{\circ}C$)

$(c\rho)_r$: 외부공기의 비열($J/m^3 \cdot ^{\circ}C$)

2. 시뮬레이션 프로그램

가. 프로그램의 구성

월동용 저온양봉사의 열환경을 예측할 수 있는 수학모델을 개발하여 동적 시뮬레이션 프로그램을 작성하여 이론적 방법과 실험적 방법으로 검증하였다.

저온양봉사의 열환경 예측 프로그램의 순서도는 그림 2-99와 같으며, 프로그램은 BASIC과 FORTRAN을 이용하여 작성하였다.

본 프로그램은 크게 세가지로 구성되어 있으며 용도별로 보면 다음과 같다.

- ① RESP1.BAS : Response Factor 계산 수행
- ② BS.FOR : 저온양봉사의 구조 및 벽체재료에 따른 내부온도 예측
- ③ BS-V1.FOR : 환기방식에 따른 저온양봉사 내부온도 예측

그리고, 프로그램에 입력되는 데이터는 다음과 같다.

- KK : the amount of simulation days
- VNR1 : the higher air exchange rate, m^3/hr
- VNR2 : the lower air exchange rate, m^3/hr
- TM : the optimum design temperature, $^{\circ}C$
- TGM : the soil temperature at 1.0m depth
- QR : the heat from bee, W
- WB : the weight of bee hive box
- BW, BL : the width and length
- BH : the hight, calculating interior surface
- E1, E2, E3 : emmitance of the three surfaces
- PHLC : parameter heat loss coefficient
- TI : side wall, roof and floor surface temperature, $^{\circ}C$
- TR, TO : the interior and outside air temperature, $^{\circ}C$
- N : the layer of the wall, roof or floor

- R(I) : air space heat resistance, $m^2 \cdot ^\circ C / W$ usually 0.0
 G1(I) : heat conductivity, $W / m \cdot ^\circ C$ - G2(I) : specific heat, $kJ / Kg \cdot ^\circ C$
 G3(I) : density, kg / m^3 - G4(I) : thickness, m

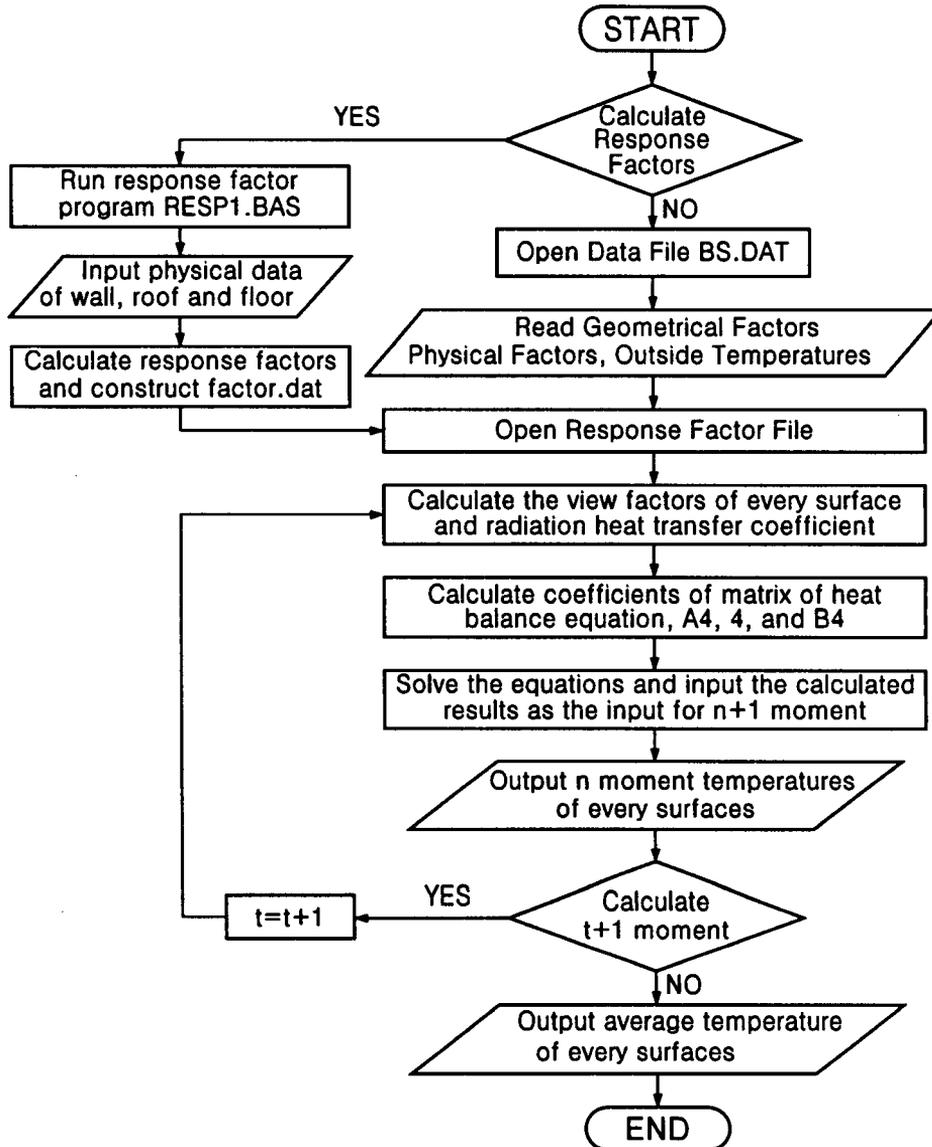


그림 2-99. 시뮬레이션 프로그램 흐름도

나. 프로그램의 검정

저온양봉사의 열환경 분석을 위한 시뮬레이션 프로그램은 이론적인 방법과 실험적인 방법 2가지로 검정하였다.

1) 이론적 방법

구조물의 열환경 시뮬레이션 프로그램을 이론적으로 검정하는 방법은 Chandra, Albright, and Scott('81년)등이 제시하였으며, 외부온도가 일정하고 구조물로 유입되는 열과 구조물 내부에서 발생하는 열이 없을 경우에 장시간 후에는 구조물 각 요소의 온도와 구조물 내부온도는 외부온도와 동일하게 됨을 밝히는 방법이다. 그림 2-100은 외부온도가 4℃, 저온양봉사의 초기 내부온도를 0℃로 가정하여 본 연구에서 개발한 프로그램을 실행시킨 결과로서, 48시간 후에는 저온양봉사의 벽체온도, 지붕온도, 바닥온도 및 내부온도가 외부온도에 근접함을 알 수 있었다.

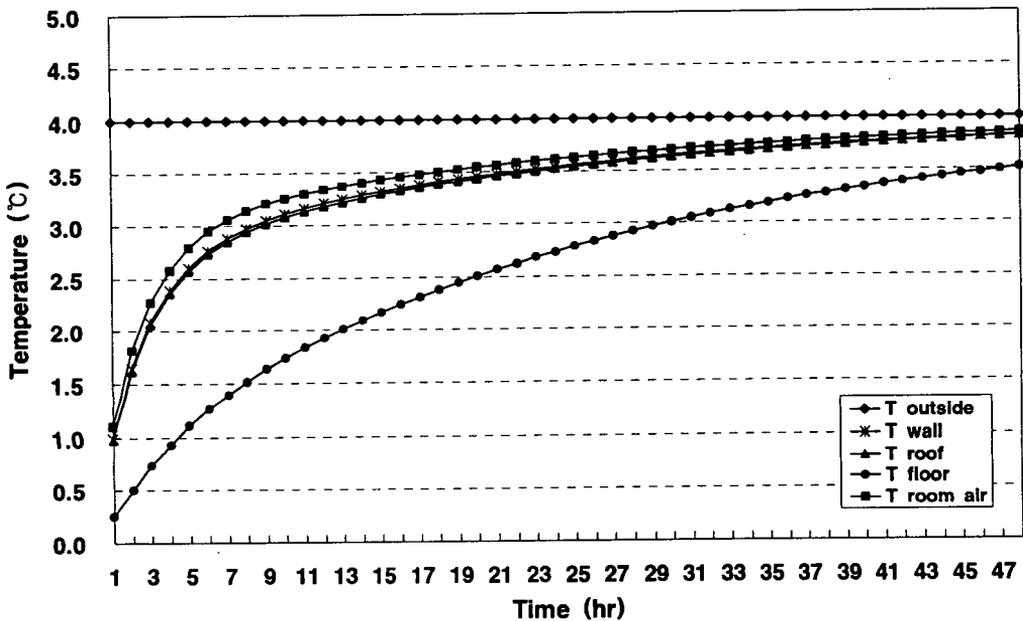


그림 2-100. 이론적으로 검정한 결과

2) 실험적 방법

시뮬레이션 프로그램을 실험을 통하여 검증하는 가장 일반적인 방법은 프로그램의 계산치와 실측치를 비교하는 방법이다. 그림 2-101은 영주소재 저온양봉사에서 외부온도(T_o)에 따른 내부온도의 계산치(T_i -predicted)와 실측치(T_i -measured)를 24시간동안 비교한 결과로서, 최대 온도차이가 3.25°C 로 나타났으나 평균편차는 0.03°C 로 나타나 본 프로그램이 저온양봉사의 열환경 예측프로그램으로 유용하게 사용될 수 있을 것으로 판단되었다.

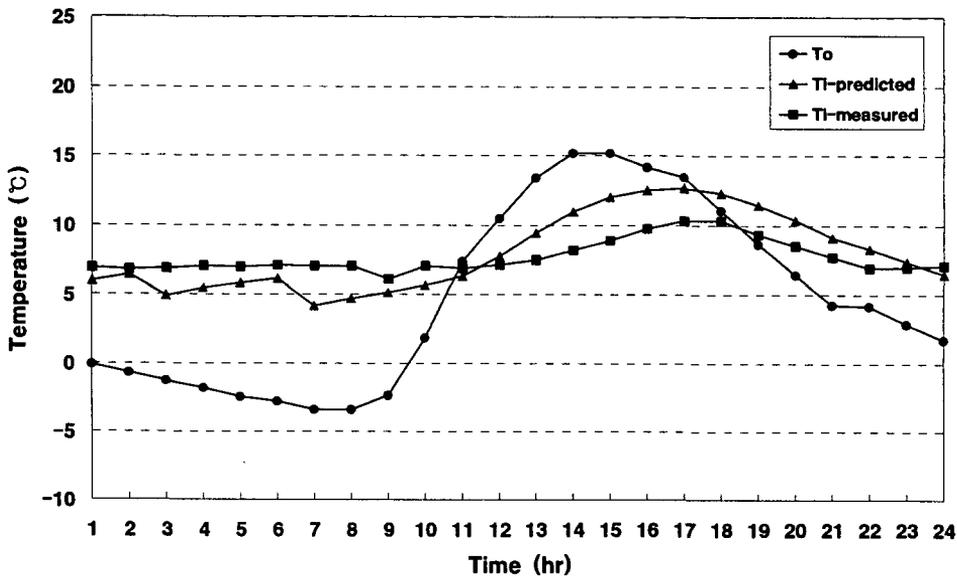


그림 2-101. 저온양봉사 내부온도의 계산치와 실측치의 비교(영주, '97. 2. 23)

다. 시뮬레이션에 의한 저온양봉사의 열환경 분석 결과

1) 환기팬 작동방식에 따른 저온양봉사 내부의 온도 변화

저온양봉사 내부 환경조절의 유일한 수단은 환기팬이다. 최적의 환기팬 작동방식을 결정하기 위해 표 2-78에서 보는 바와 같이 환기팬 작동방식 A와 B로 구분하

여 시뮬레이션을 수행하였다. 환기팬 작동방식을 달리하여 시뮬레이션을 수행한 결과는 그림 2-103과 같다. 그림에서 보는 바와 같이 외부온도(T_o)에 따른 환기팬 작동방식 B(Vent2)에 의한 저온양봉사 내부온도($T_{i-vent2}$)는 환기팬 작동방식 A(Vent1)에 의한 저온양봉사 내부온도($T_{i-vent1}$)에 비하여 최고 2.8°C의 승온억제 효과가 있는 것으로 예측되어 외부온도가 다소 높을 경우에도 저온양봉사 내부온도를 꿀벌의 월동에 필요한 적정 온도범위를 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

표 2-78. 환기팬 작동방식

환기팬 작동방식 A		환기팬 작동방식 B	
$T_{in} > 6^\circ\text{C}$	$La = 220\text{m}^3/\text{hr}$	$T_o > 9^\circ\text{C}$	$La = 220\text{m}^3/\text{hr}$
$T_{in} \leq 6^\circ\text{C}$	$La = 1,850\text{m}^3/\text{hr}$	$T_o \leq 9^\circ\text{C}$	$T_{in} \leq 6^\circ\text{C}, La = 220\text{m}^3/\text{hr}$
			$T_{in} > 6^\circ\text{C}, La = 1,850\text{m}^3/\text{hr}$

※ T_{in} : 저온양봉사 내부온도, T_o : 저온양봉사 외부온도

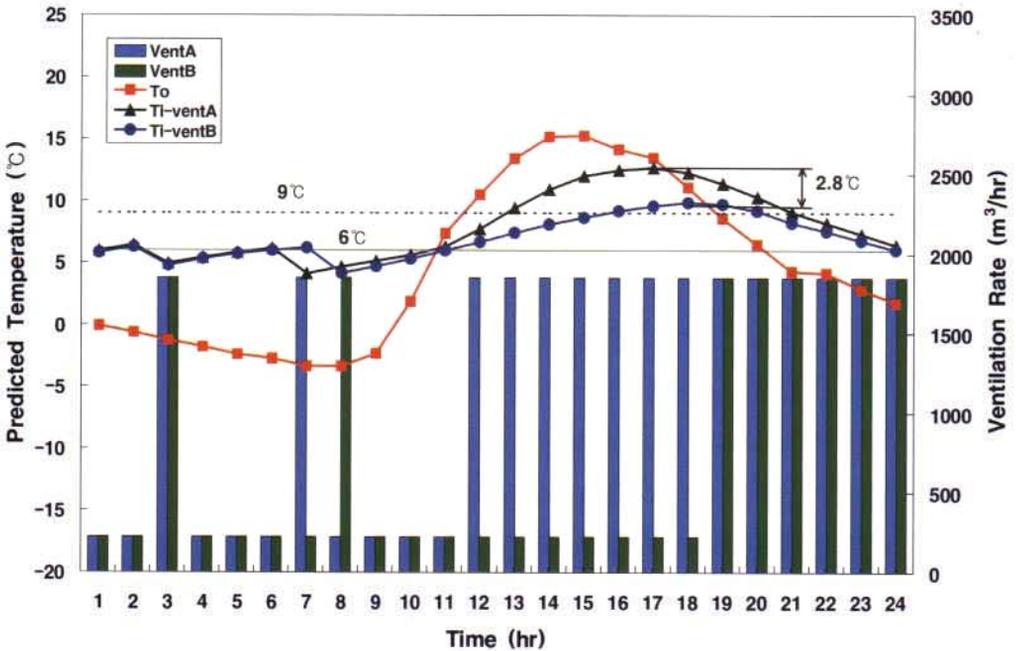


그림 2-102. 환기팬 작동방법에 따른 저온양봉사 내부의 온도예측

여 시뮬레이션을 수행하였다. 환기팬 작동방식을 달리하여 시뮬레이션을 수행한 결과는 그림 2-103과 같다. 그림에서 보는 바와 같이 외부온도(T_o)에 따른 환기팬 작동방식 B(Vent2)에 의한 저온양봉사 내부온도(T_i -vent2)는 환기팬 작동방식 A(Vent1)에 의한 저온양봉사 내부온도(T_i -vent1)에 비하여 최고 2.8°C의 승온억제 효과가 있는 것으로 예측되어 외부온도가 다소 높을 경우에도 저온양봉사 내부온도를 꿀벌의 월동에 필요한 적정 온도범위를 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

표 2-78. 환기팬 작동방식

환기팬 작동방식 A		환기팬 작동방식 B	
$T_{in} > 6^\circ\text{C}$	$La = 220\text{m}^3/\text{hr}$	$T_o > 9^\circ\text{C}$	$La = 220\text{m}^3/\text{hr}$
$T_{in} \leq 6^\circ\text{C}$	$La = 1,850\text{m}^3/\text{hr}$	$T_o \leq 9^\circ\text{C}$	$T_{in} \leq 6^\circ\text{C}, La = 220\text{m}^3/\text{hr}$
			$T_{in} > 6^\circ\text{C}, La = 1,850\text{m}^3/\text{hr}$

※ T_{in} : 저온양봉사 내부온도, T_o : 저온양봉사 외부온도

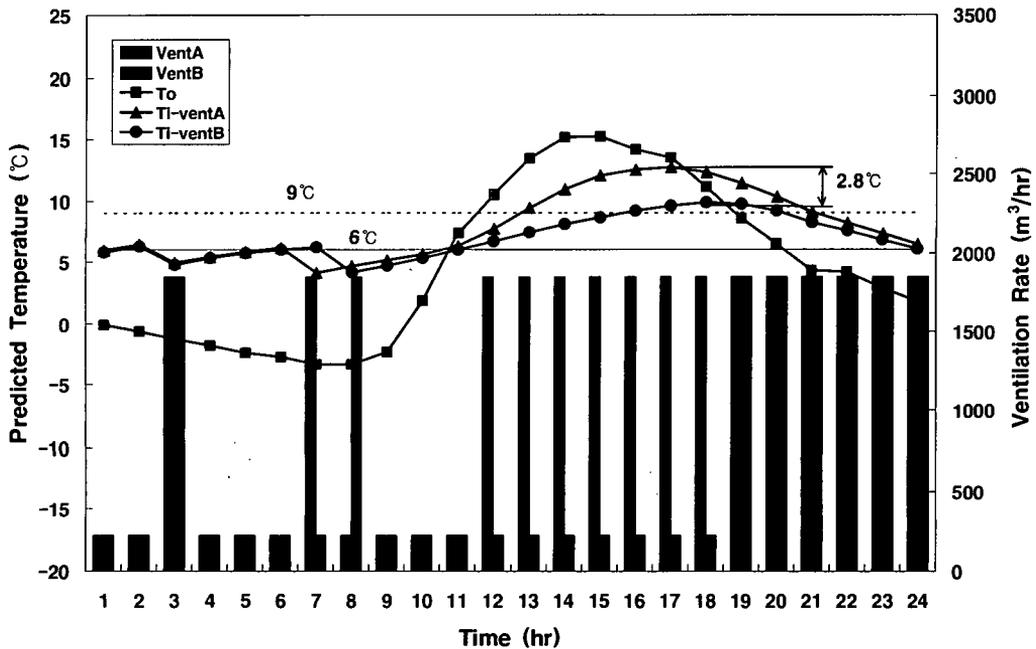


그림 2-102. 환기팬 작동방법에 따른 저온양봉사 내부의 온도예측

2) 벽체재료에 따른 저온양봉사 내부의 온도 변화

건축재료는 그 종류에 따라 열적 성질들이 상이하므로 열적 성질에 의해 구조물 내부 온도에 지대한 영향을 미친다. 따라서 저온양봉사 내부온도의 과다상승을 방지하는 방법으로 환기팬의 작동방법 개선과 함께 구조재의 개선을 통한 방법을 고려할 수 있다. 건축비의 절감과 시공의 용이성 등을 고려한 저온양봉사의 구조를 개선하고자 시뮬레이션 수행한 벽체재료는 표 2-79~표 2-81에서 보는 바와 같이 네 가지이다. 먼저, 첫 번째 벽체구조는 외벽을 100mm 샌드위치 패널로 하고 내부에 100mm 우레탄 폼으로 단열처리한 구조이며, 두 번째 벽체구조는 외벽을 100mm 샌드위치 패널로 한 후 내부를 100mm 콘크리트로 한 경우이다. 세 번째 벽체구조는 1mm 철판사이에 200mm 우레탄 폼으로 채웠을 경우이며 마지막 벽체구조는 외벽을 200mm 샌드위치 패널로 하고 아무런 단열처리를 하지 않은 구조이다.

저온양봉사 벽체재료를 표 2-79와 같이 하여 시뮬레이션을 수행한 결과는 그림 2-103에서 보는 바와 같이 저온양봉사의 벽체구조를 내벽을 100mm 우레탄 폼 대신에 동일한 두께의 콘크리트로 대체할 경우에는 저온양봉사의 내부온도를 최대 1.7℃정도 더 하강시킬 수 있음을 알 수 있었다.

저온양봉사 내부의 단열처리가 상이한 벽체재료를 표 2-80와 같이 적용하여 시뮬레이션을 수행한 결과는 그림 2-104와 같다. 외부온도(T_{out})변화에 따라, 우레탄 폼을 단열재로 하였을 경우 저온양봉사 내부온도(T_u)는 동일한 두께의 샌드위치 패널을 단열재로 한 경우의 저온양봉사 내부온도(T_p)와 유사하게 나타나 가격면에서 저렴한 샌드위치 패널을 사용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

저온양봉사 벽체재료를 표 2-81과 같이 하여 시뮬레이션을 수행한 결과는 그림 2-105와 같다. 동일한 외기온에 따라 저온양봉사 내부온도를 예측한 결과, 외벽을 100mm 샌드위치 패널로 한 후 내부를 100mm 우레탄 폼으로 마감한 경우에는 별도의 단열처리 없이 200mm 샌드위치 패널로 외벽을 한 경우에 비해 저온양봉사 내부온도가 평균 1℃정도 높게 나타났다. 따라서, 시공의 용이성과 경제적인 측면을 고려하여

별도의 단열처리없이 200mm 샌드위치 패널을 외벽하여 저온양봉사를 건축하여도 무방할 것으로 판단된다.

표 2-79. 시뮬레이션에 적용한 벽체구조 1

벽체재료 1	벽체재료 2
바깥면에서 안쪽면으로 1mm 철판 100mm 폴리스티렌 100mm 우레탄 폼	바깥면에서 안쪽면으로 1mm 철판 100mm 폴리스티렌 100mm 철근 콘크리트

표 2-80. 시뮬레이션에 적용한 벽체구조 2

구 분	벽체재료 3 바깥면에서 안쪽면으로	벽체재료 4 (용인양봉사) 바깥면에서 안쪽면으로
지붕 및 벽체	1mm 철판 200mm 우레탄 폼 1mm 철판	1mm 철판 200mm 폴리스티렌 1mm 철판
바 닥 면	밀바닥 흙 100mm 콘크리트 100mm 폴리스티렌 100mm 철근 콘크리트	

표 2-81. 시뮬레이션에 적용한 벽체구조 3

구 분	벽체재료 1 (영주양봉사) 바깥면에서 안쪽면으로	벽체재료 4 (용인양봉사) 바깥면에서 안쪽면으로
지붕 및 벽체	1mm 철판 100mm 폴리스티렌 100mm 우레탄 폼 1mm 철판	1mm 철판 200mm 폴리스티렌 1mm 철판
바 닥 면	토양지반 100mm 콘크리트 100mm 폴리스티렌 100mm 철근 콘크리트	토양지반 200mm 콘크리트 200mm 철근 콘크리트

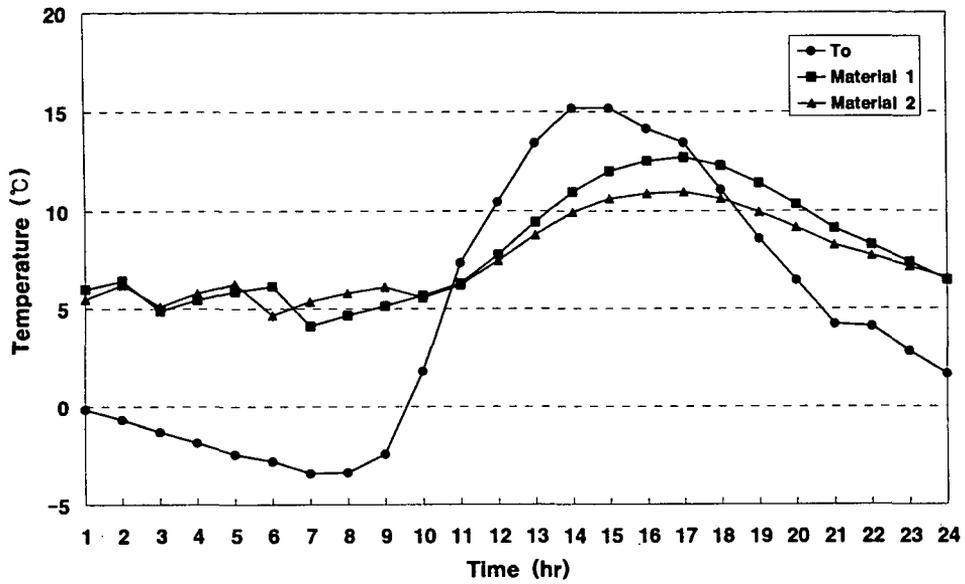


그림 2-103. 저온양봉사 내·외부의 일기온 변화(벽체구조 1로 한 경우)

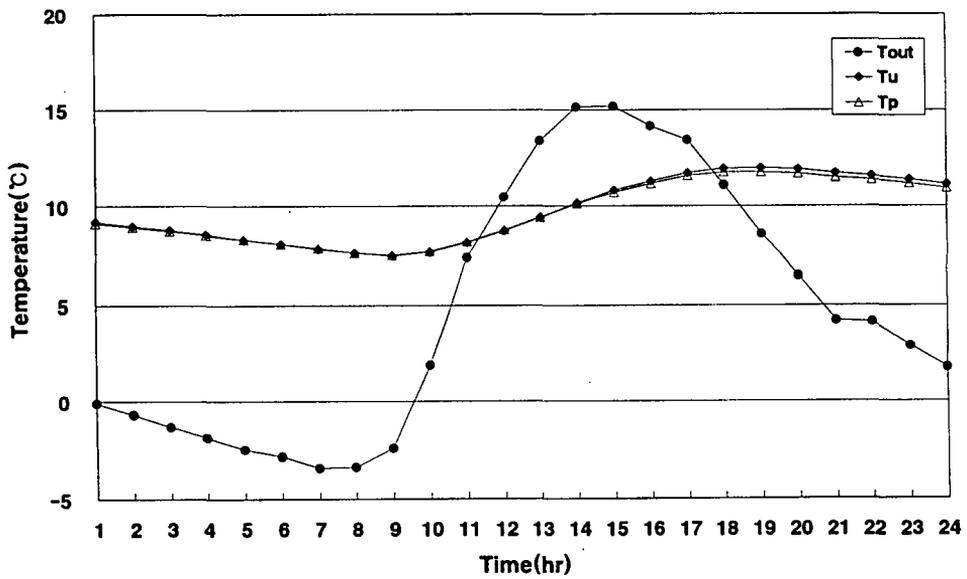


그림 2-104. 저온양봉사 내·외부의 일기온 변화(벽체구조 2로 한 경우)

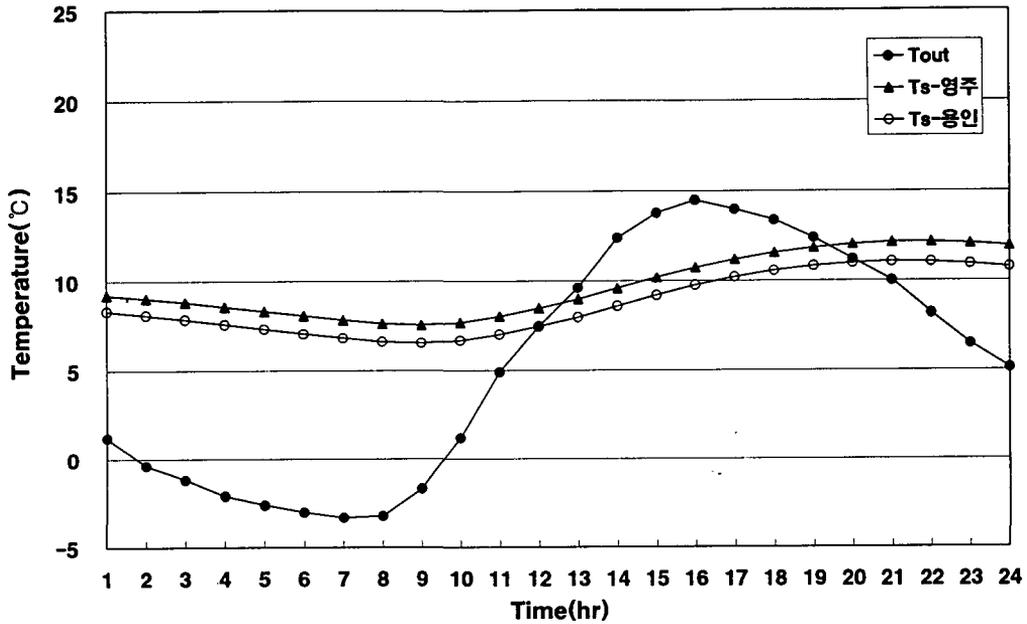


그림 2-105. 저온양봉사 내·외부의 일기온 변화(벽체구조 3으로 한 경우)

이상과 같이 월동용 저온양봉사의 설계기술 개발에 필요한 자료를 얻기 위하여 월동용 저온양봉사의 열환경을 예측할 수 있는 수치모델을 구축하고 동적 시뮬레이션 프로그램을 작성하여 이론적 방법과 실험적 방법으로 검증하였다. 그리고, 시뮬레이션을 수행하여 외부환경 변화에 따른 저온양봉사 내부온도를 예측하였으며, 환기팬 작동방식과 벽체재료 및 구조에 따른 저온양봉사 내부온도를 예측하여 꿀벌의 월동에 적합한 환기팬 작동방식과 저온양봉사의 벽체재료 및 구조를 선정하였다. 그리고, 개발된 시뮬레이션 모델을 이용하여 저온양봉사를 건축하는 대상지역에 따라 저온양봉사 내부의 온도를 시간대별로 예측할 수 있으며, 월동용 저온양봉사의 벽체재료 및 구조, 환기시스템의 설계에 유용한 자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

제7절 저온양봉사의 경제성 분석

저온양봉사를 이용한 실내월동의 경우 노지의 실외월동에 비해 많은 잇점들이 있는 것으로 분석되었다. 월동에 투여되는 노동력의 감소와 작업환경의 개선, 월동기간중 먹이의 소모량 감소, 증감율의 감소에 의한 봄꿀 채집량의 증가, 봉세증가 및 월동기간중 봉군의 폐사율 감소 등 많은 잇점이 있다. 하지만 가장 중요한 잇점은 월동기간중 꿀벌의 폐사율의 감소이다.

농림부 통계에 의하면 우리 나라에서 길러지고 있는 꿀벌 개량종의 군수는 1992년에 299,243군, 1993년에 305,634군, 1994년에 326,471군 1995년에 394,418군, 1996년에 399,764군 그리고 1997년에 706,068군으로 보고되었다. 한편, 최근 서양종 꿀벌의 실적으로 보면 1996년에 262t 그리고 1997년에는 296t이 수입되어 1997년에 수입된 꿀벌은 전년도에 비해 13%증가하였다.

이와 같이 최근에 와서 봉군의 수입 군수가 증가되고 있는 실정이며 주요 요인은 양봉 군수의 증가와 월동중 봉군의 폐사에 있는 것으로 분석된다. 봉군 폐사의 주원인이 봉군의 질병과 봉군의 월동관리 기술 불량에 있다는 점을 고려하면 지역별 효율적인 봉군 월동관리기술을 확립하는 것은 꿀벌 및 봉산물의 수입에 대응할 수 있는 효과적인 방법이다. 따라서, 본 연구에서는 저온양봉사를 이용한 실내월동시 봉군의 폐사율 감소효과에 대한 경제성 분석을 실시하여 양봉농가의 부수적 소득과 수입대체 효과를 분석하였다.

저온양봉사 건축에 소요되는 공사비와 저온양봉사를 이용한 실내월동시 얻을 수 있는 소득을 고려한 경제성을 분석하고자 월동방법을 세가지로 하여 월동기간중 봉군의 폐사율을 조사하여 월동방법에 따른 폐사율 증감율을 분석하였다. 분석된 폐사율을 이용하여 수입봉군 가격을 토대로 저온양봉사의 경제성 분석을 시도하였다.

1. 월동방법

공시 봉군 194군을 저온양봉사월동, 창고월동 및 실외월동의 세 가지 방법으로 월동시켰다.

가. 저온양봉사월동

저온양봉사 안에 120군의 봉군을 2월 21일에 입고하였다. 바닥에는 한 줄에 10개 봉군씩 네 줄로 40개의 봉군을 배치하고 3층으로 쌓았다. 봉상은 두 줄씩 소상의 뒷면을 맞붙여서 통로로 향하도록 놓았으며 벽면과 소상 간의 간격 및 중앙 통로 간격은 1m로 하였다(Furgala and MaCutcheon, 1993).

나. 창고월동

빈 농가의 일부를 창고 형태로 개조하여 봉군을 월동시키는 방법이다.

다. 실외월동

노지에 봉군을 배치하고 봉군 사이에는 볏짚을 넣고 봉군을 보온 덮개로 2~3겹 감싼 후에 외부를 천막천으로 포장하여 월동시키는 방법이다.

2. 경제분석을 위한 조사항목

저온양봉사의 경제성을 파악하고자 폐사율을 분석하였으며 폐사율은 각 처리 별로 시험개시 봉군수에 대한 폐사된 봉군수의 백분율로 나타내었다. 그리고, 폐사는

되지 아니하여도 약군으로 합병의 대상이 되는 봉군도 폐사봉군수에 포함시켰다 (Pedersen, 1996).

3. 결과 및 분석

가. 대구근교(영주)의 실내월동 폐사율

월동기간중 꿀벌의 월동방법에 따른 폐사율을 조사한 결과는 다음과 같다. 1차년도 실험결과, 실외월동 평균 폐사율은 15%로 나타났으며 실내월동 폐사율은 평균 5%로 나타나 실외월동에 비해 폐사율이 10%정도 감소한 것으로 나타났다. 그리고, 2차년도 실험결과, 실내월동의 폐사율은 평균 6.0%이었고, 강군과 약군으로 구분할 경우 강군의 폐사율은 1.9%, 약군의 폐사율은 10.4%로 나타났다. 또한, 3차년도 실험결과, 실내월동의 폐사율은 평균 3.4%이었고, 강군과 약군으로 구분할 경우 강군의 폐사율은 4.09%, 약군의 폐사율은 2.7%로 나타났다.

연구 전기간 실내월동시 실외월동보다 평균 10%정도 폐사율이 감소한 것으로 조사되었다. 따라서, 120개 봉군을 저장할 수 있는 저온양봉사의 초기투자비를 1,500만원으로 산정하고 봉군 1군을 구입하는데 필요한 금액을 15만원으로 하여 실내월동으로 인하여 감소하는 봉군의 폐사율을 금액으로 환산하여 저온양봉사의 경제성 분석을 하였다. 1년동안 실외월동에 비하여 얻게 되는 경제효과는 월동군수(120군)×폐사감소율(10%)×봉군 1군의 구입금액(150,000원)=1,800,000(원)으로 산정되었다.

그림 2-106은 연구 년차별로 저온양봉사의 사용년수에 따른 실내월동으로 인한 폐사감소율에 따른 소득을 도시한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 저온양봉사 건축에 따른 손익분기점은 8년정도로 분석되었다. 하지만, 환율상승으로 인한 수입 봉군 가격의 증가와 월동에 투여되는 노동력 감소, 작업환경, 봉세증가로 인한 봄꿀 채집량의 증가로 인한 소득을 고려한다면 손익분기점은 훨씬 감소할 것으로 판단된다.

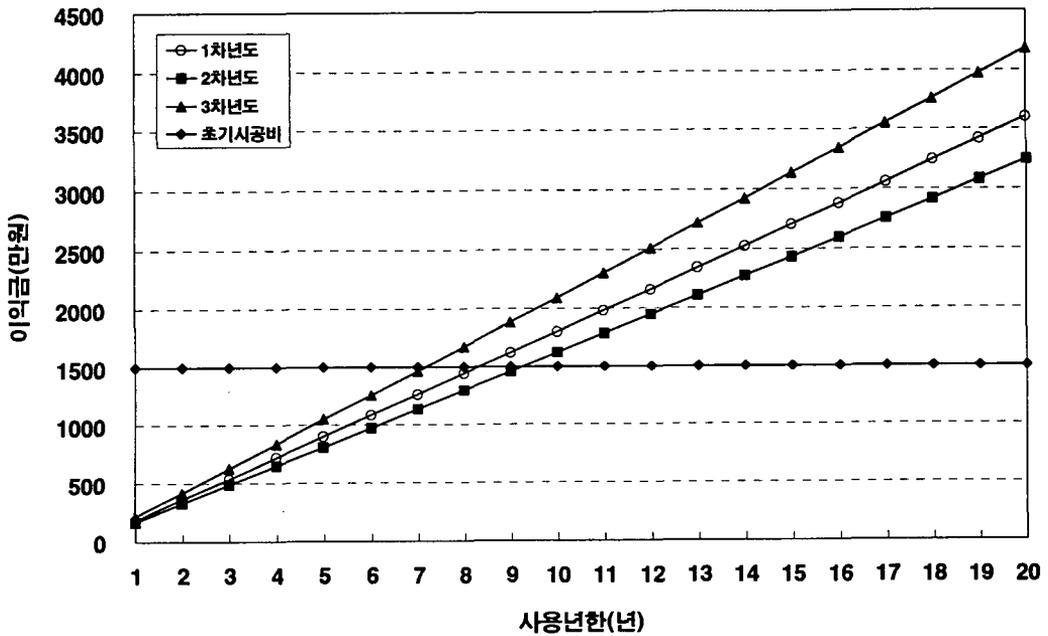


그림 2-106. 저온양봉사의 사용년한별 폐사율 감소에 따른 경제성

나. 중북부지역(용인)의 실내월동 폐사율

우리나라 중북지역인 경기도 용인지방의 실내월동시 봉군의 폐사감소율을 조사한 결과, 2차년도의 실외월동 평균 폐사율은 10%로 나타났으며 실내월동 폐사율은 평균 4.5%이었고, 강군과 약군으로 구분할 경우 강군의 폐사율은 3.6%, 약군의 폐사율은 5.5%로 나타났다. 그리고, 3차년도의 실외월동 폐사율은 10%이었고 실내월동 평균 폐사율은 1.9%로 나타났고, 강군과 약군으로 구분한 경우, 강군의 폐사율은 2.0%, 약군의 폐사율은 1.9%로 나타났다. 따라서, 120개 봉군을 저장할 수 있는 저온양봉사의 초기투자비를 1,500만원으로 산정하고 봉군 1군을 구입하는데 필요한 금액을 15만원으로 하여 실내월동으로 인하여 감소하는 봉군의 폐사율을 금액으로 환산하여 저온양봉사의 경제성 분석한 결과, 연구 2차년도에는 실내월동으로 봉군의 폐사감소율

에 따른 연간 소득은 99만원, 3차년도 of 연간 소득은 146만원으로 산정되었다.

그림 2-107은 연구 년차별로 저온양봉사의 사용년수에 따른 실내월동으로 인한 폐사감소율에 따른 소득을 도시한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 저온양봉사 건축에 따른 손익분기점은 평균 12년정도로 분석되었다. 하지만, 환율상승으로 인한 수입 봉군가격의 증가와 월동에 투입되는 노동력 감소, 작업환경, 봉세증가로 인한 봉꿀 채집량의 증가로 인한 소득을 고려한다면 손익분기점은 훨씬 감소할 것으로 판단된다.

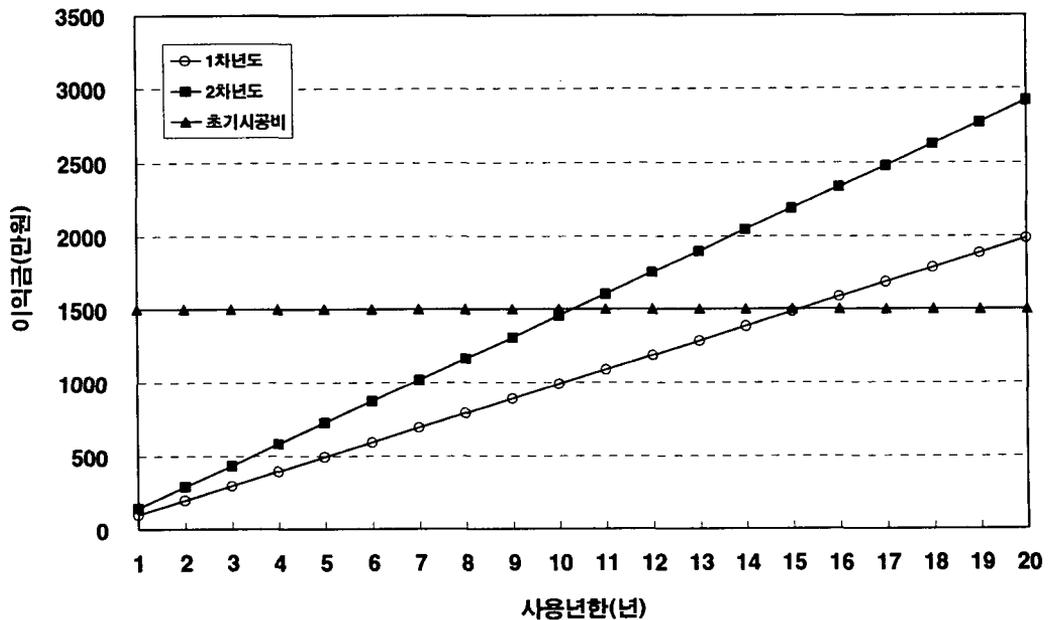


그림 2-107. 저온양봉사의 사용년별 폐사율 감소에 따른 경제성

이상과 같이, 저온양봉사를 이용한 실내월동시 월동기간중 봉군의 폐사율만을 고려하여 국내의 양봉군수('97년)로 계산하면 1년에 약 113억원($706,608 \times 10.64\% \times 150,000$)의 수입대체효과가 있을 것으로 예상된다.

제8절 결 론

국내 기후 특성에 알맞는 저온양봉사를 설계건축하고, 성능을 분석 점검하여 우리 나라 전역에 걸쳐 효율적으로 이용될 수 있는 효율적인 봉군 월동기술 확립을 도모하기 위하여 「저온양봉사 설계 및 환경요인분석」을 수행한 연구결과를 요약 하면 아래와 같다.

1. 저온양봉사의 설계 및 건축

영주와 용인에 120개의 벌통이 충분히 들어갈 수 있도록 내부크기가 7.2m×4.2m×2.88m(약 9평)정도인 저온양봉사를 건축하였다. 저온양봉사 내부에는 공기순환덕트를 설치하고 저온양봉사 환기량을 계산하여 환기팬을 설치하였으며 외부에는 환기구 차광설치를 하였다. 또, 영주양봉사의 벽체와 바닥면은 우레탄 폼으로 마감하였으며, 용인양봉사 벽체는 샌드위치 패널로 설계하였다.

2. 저온양봉사 내부의 공기순환 성능

저온양봉사 내부의 폭방향의 온도변화와 길이 방향의 온도변화 편차가 모두 1℃ 미만으로 순환팬에 의한 저온양봉사 내부 공기순환이 잘 이루어졌다.

3. 저온양봉사 내부의 온도변화

가. 외부온도가 비교적 낮을 때, 영주지역과 용인지역 저온양봉사 내부온도는 모두 꿀벌의 월동에 적합한 온도수준으로 유지하였으며, 벌통내부의 평균온도는 저온양봉사 내부의 평균온도에 비해 약 2℃ 내외 높게 나타났다.

나. 외부온도가 비교적 높을 때에는 영주지역과 용인지역 모두 환기팬 작동방식이 A인 경우에 고온문제 발생하여 환기팬 작동방식의 개선이 요구되었다.

다. 환기팬 작동방식 A를 환기팬 작동방식 B로 개선한 경우, 외부온도가 1.0℃~15.5℃(평균온도 6.9℃)범위일 때, 저온양봉사 내부의 온도는 5.0℃~8.4℃(평균온도 6.2℃), 벌통내부의 온도는 5.6℃~8.9℃(평균온도 7.0℃)범위로 나타나, 꿀벌이 월동하기에 적합한 온도범위에 있었다. 환기팬 작동방식의 개선으로 저온양봉사 내부의 온도가 평균 2.1℃ 하강하여 저온양봉사 내부의 온도가 과다 상승하는 문제를 개선하였다.

라. 벽체의 단열재에 따른 온도조절 효과를 분석한 결과, 건축비와 시공의 용이성을 고려한다면 샌드위치 패널 200mm가 복합재(샌드위치 패널+우레탄 폼) 200mm에 비해 저온양봉사의 적합한 벽체재료로 추천된다.

4. 저온양봉사 내부의 습도 변화

가. 저온양봉사 외부의 온도 차이는 저온양봉사 내부습도 변화에 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

나. 저온양봉사 내부와 벌통 내부의 습도 변화는 저온양봉사 외부의 습도 변화에 큰 영향을 받는 것으로 나타났으나, 내부의 습도 변화폭은 외부의 변화폭 보다 상당히 작았다. 또한 저온양봉사 내부의 최대·최저습도가 생육 적정 습도 범위(50~75%)를 벗어 나는 기간은 짧은 시간 동안이기 때문에 큰 문제가 없는 것으로 판단되었다.

다. 개선된 환기팬 작동방식 B가 환기팬 작동방식 A보다 습도조절 성능이 더 우수한 것으로 나타났다.

5. 저온양봉사내 벌통의 적재층별 온습도 분포

저온양봉사내에 벌통의 적재층에 따른 온·습도 변화에 있어 규칙적인 변화 양상

은 발견할 수 없었다.

6. 저온양봉사 내부의 이산화탄소 분포

저온양봉사 내부의 지면높이 50cm의 CO₂ 농도는 900ppm~1300ppm범위로 나타났으며, 지면높이 130cm의 CO₂ 농도는 1380ppm~1680ppm범위로 나타나, 높이별 CO₂ 농도는 다소 차이는 있었으나 균일한 분포를 나타내어 순환덕트와 순환팬의 성능이 우수한 것을 확인 할 수가 있었다.

7. 저온양봉사의 열환경 시뮬레이션 프로그램

본 연구에서 개발한 저온양봉사열환경 시뮬레이션 프로그램을 이용하여, 외부의 온도변화에 따른 저온양봉사 내부의 온도를 예측할 수 있을 뿐만 아니라, 벽체재료에 따른 저온양봉사 내부의 온도변화를 예측할 수 있으며, 작동방식에 따른 저온양봉사 내부의 온도를 예측할 수 있으므로, 앞으로 저온양봉사의 최적설계에 있어서 아주 유용하게 사용될 것으로 전망된다.

8. 경제성분석

저온양봉사를 이용하여 월동한 강군의 입고기간이 99일인 경우의 월동성적을 실외월동과 비교한 결과 감모율이 13.51%로 실외월동의 24.15%에 비하여 감모율이 10.64% 낮게 나타났다.

120개의 벌통을 충분히 넣을 수 있는(약 9평) 저온양봉사에서 위 월동성적으로 계산하면, 1년에 약 $120 \times 10.64\% \times 150,000 = 1915,200$ 원의 이득이 있는 것으로 분석된다. 국내의 양봉군수('97년)로 계산하면 1년에 약 113억원($706,068 \times 10.64\% \times 150,000$)의 수익증대 효과 및 수입대체 효과가 있을 것으로 예상된다.

제 3 장 대구 근교의 봉군 월동 시험

제1절 1996~1997년 기간 중 영주 지방의 봉군 월동 시험

1. 서 론

영주 지방은 기후 변화가 심하고 일교차도 크게 나타나서 봉군의 월동 관리에 어려움이 있는 지역으로 대부분의 양봉가는 월동 포장된 봉군을 노지에서 월동시키고 있으나, 일부 양봉가는 창고에서 봉군을 월동시키고 있다.

월동기간 중 갑작스럽게 기온이 변하게 되면 벌통 안에 형성되어 있는 봉구는 수축과 팽창을 반복하게 되어 저장된 꿀의 소비가 많아 지게 되고, 외계 온도가 크게 떨어져서 봉구가 더욱 밀집되면 꿀벌은 저밀권과 떨어지게 되어 굶어 죽게 된다(유영수, 1995a; Furgala and MaCutcheon, 1993; Summataro and Avitable, 1978).

월동 기간 중 외계의 극심한 온도 변화로부터 꿀벌을 보호하기 위하여 월동 포장을 하게된다. 월동 기간 중 추위와 눈 및 비 등으로부터 봉군을 보호하기 위하여 대부분의 양봉가는 보온 덮개와 비닐 및 천막 천 등으로 봉군을 싸게 되는데, 이러한 포장 방법으로는 벌통 안에서 꿀벌이 꿀을 먹고 열을 발생시킬 때 생기는 수분과 탄산가스를 벌통 밖으로 배출시키기가 어렵게되어 불합리한 월동 포장은 오히려 꿀벌에게 해를 끼치게 된다(Dyce and Morse, 1960; Furgala and MaCutcheon, 1993; Sammataro and Avitable, 1978; Ferracane, 1987).

외계의 극심한 온도 변화와 눈 및 비 등으로부터 꿀벌을 보호하기 위하여 봉군의 실내월동이 행하여 졌으나 환기 불량 의 문제점이 있었다. 그러나 최근 과학 기술의 발달로 온·습도 자동제어 및 환기 시스템이 개발, 발전됨에 따라 저온양봉사안에서 꿀벌을 월동시키는 방법이 캐나다 및 미국 북부 지역에서 행하여 지고 있다(Furgala and MaCutcheon, 1993).

꿀벌을 실내에서 월동시킬 때 가장 적당한 온도는 $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 이고 그 범위는 $2\sim 9^{\circ}\text{C}$

이며 적당한 습도는 RH 50%이고 균당 소요되는 용적은 0.3~0.45m³이다. 실내월동 시에는 꿀벌이 안정을 취할 수 있도록 실내는 완전 암실 상태가 되어야 하고 균일한 온도가 유지되어야 하며, 꿀벌은 소음과 진동 등 외부 자극에 예민하므로 환풍기의 소음과 진동을 최대한 줄여야 한다. 그리고 외계 온도에 알맞도록 입·출고 시기가 조절되어야 한다(Furgala and MaCutcheon. 1993).

이와 같이 외국에서는 봉군의 실내월동이 실용화되고 있고 이에 대한 연구도 활발히 진행되고 있으나, 우리 나라에서는 아직도 꿀벌의 실내월동에 연구가 없고, 일부 양봉가의 경우 경험에 의하여 창고를 이용한 실내월동을 행하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 기후 변화가 심하고 일교차도 크게 나타나는 영주 지방에 봉군 월동용 저온양봉사를 건축하여, 저온양봉사 내에서 봉군을 실내월동시킬 때 저온양봉사 내의 온·습도 변화와 봉군의 월동 상태 등을 조사하여 저온양봉사를 봉군의 실내월동에 이용할 수 있는 봉군 월동 기술을 확립하고자 수행되었다.

2. 재료 및 방법

가. 공시 장소: 영주시 단산면 병산리 소재 양봉장

나. 저온양봉사의 건축

1996년 12월 19일 저온양봉사를 착공하여 1997년 1월 10일에 저온양봉사 30m²를 2.88m 높이(7.2m×4.2m×2.88m=87m³)로 건축하였다. 그리고 1월 24일에 저온양봉사의 환기시스템 설비 공사를 착공하여 1월 31일에 완공하였고, 2월 19일에 온·습도 자동계측 장치를 설치하였다. 저온양봉사는 월동시 꿀벌이 안정을 취할 수 있도록 완전 암실이 되도록 건축되었고, 저온양봉사 내부의 균일한 온·습도 유지 및 환기를 위하여 환기팬을 설치하였는데, 작동 방법은 저온양봉사 내부온도가 6℃보다 높으면 연속적으로 그리고 6℃ 이하인 경우에는 30분 마다 3분씩 환기팬을 작동

시켰다. 그리고 환풍기의 소음과 진동을 최대한 줄이도록 설치되었다.

다. 월동 방법

공시 봉군 194군을 저온양봉사월동, 창고월동 및 실외월동의 세가지 방법으로 월동시켰다.

1) 저온양봉사월동

저온양봉사 안에 120군의 봉군을 2월 21일에 입고하였다. 바닥에는 한 줄에 10개 봉군씩 네 줄로 40개의 봉군을 배치하고 3층으로 쌓았다. 봉상은 두 줄씩 소상의 뒷면을 맞붙여서 통로로 향하도록 놓았으며 벽면과 소상 간의 간격 및 중앙 통로 간격은 1m로 하였다(Furgala and MaCutcheon, 1993). 입고된 봉군은 1차로 3월 8일에 출고(실내월동-1)하였고, 2차로 3월 14일에 출고(실내월동-2)하였다.

2) 창고월동

빈 농가의 일부를 창고 형태로 개조하여 봉군을 월동시키는 방법으로, 1996년 12월 18일에 창고에 넣었다가 1997년 2월 18일에 봉군을 끄집어 내어서 3일간에 걸쳐 탈분시킨 후에 다시 창고에 넣어 월동시킨 다음 3월 8일에 출고하였다.

3) 실외월동

1996년 11월 29일에 노지에 봉군을 배치한 다음에 봉군 사이에는 벗짚을 넣고 봉군을 보온 덮개로 2~3겹 감싼 후에 외부를 천막천으로 포장하였고, 월동 봉군은 1997년 3월 8일에 월동 포장을 해체하였다.

라. 공시 봉군

서양종 봉군 194군을 영주시 단산면에 있는 양봉농가 세 곳으로부터 임대하여 공시하였는데, 월동 방법 및 농가에 따른 공시 봉군 수는 표 3-1과 같다.

표 3-1. 월동 방법에 따른 공시 봉군 수

구분	저온양봉사 월동			창고월동	실외월동	합계
	97-3-8 출고	97-3-14 출고	계			
A 농가	20	20	40	---	40	80
B 농가	24	16	40	34	---	74
C 농가	20	20	40	---	---	40
계	64	56	120	34	40	194

마. 조사 항목

1) 폐사율

각처리 별로 시험개시 시 봉군수에 대한 폐사된 봉군수의 백분율로 나타낸다. 폐사는 되지 아니하여도 약군으로 합병의 대상이 되는 봉군도 폐사봉군수에 포함시켰다(Pedersen, 1996).

2) 월동 후 봉세

내검시 꿀벌이 잘 밀집되어 있는 소비 매수로 조사하여, 월동 전 소비 매수에 대한 4월 하순 소비 매수의 백분비로 표시하였다. 착봉 소비 매수 조사시에 벌이 조금 붙어 있는 소비는 포함시키지 아니하였고, 벌통 내부의 벽면과 바닥에 붙어 있는 벌도 포함시키지 않았다(최, 1994).

3) 질병 감염 상태

미국부저병, 유럽부저병, 석고병 및 기타 질병의 감염 상태에 따라 다음과 같이 점수로서 조사하였다. 심하게 감염된 것 = 2, 보통정도 감염된 것 = 3, 조금 감염된 것 = 4, 감염되지 아니한 것 = 5(최, 1994)

3. 시험 성적

가. 월동 봉군의 폐사율

1) A농가에 있어서 월동 봉군의 폐사율

A농가는 1996년 11월 29일에 월동봉군의 내부 및 외부를 포장하였다. 월동 봉군의 내부는 대부분 사양기 바깥 쪽에 1~2매의 공소비를 넣은 후 나머지 부분은 골판지로 채웠다. 그리고 소비 상자에 개포를 덮고 그 위에 보온 덮개 자른 것을 1~2매 덮어 두었다. 실외월동 봉군은 월동 장소에 보드 블록을 깔고서 그 위에 다시 스티로폼 판을 깔 후에 봉군을 배치하고 봉군 사이에는 볏짚을 넣었다. 그리고 봉군을 보온 덮개로 세겹 감싼 후에 외부를 천막천으로 덮어서 포장하였다. 저온양봉사 월동 봉군도 실외월동군과 같이 실외에서 월동하다가 1997년 2월 21일에 저온양봉사 안으로 옮겨서 실내월동시켰다.

월동 봉군의 폐사율은 월동 전 봉군 수에 대한 폐사된 봉군 수의 백분율로 나타내는데, 폐사는 되지 아니하여도 4월 18일에 3매군 이하의 약군으로 합병의 대상이 되는 봉군도 폐사 봉군 수에 포함되었다.

A농가에 있어서 월동 기간 중 폐사 봉군 수 및 합병 봉군 수를 조사한 성적은 표 3-2와 같다.

표 3-2. A농가에 있어서 월동 봉군의 폐사율

구분	월 동		월동 전 봉군수	폐사+합봉 봉군수	폐사율 (%)
	기 간	일 수			
실내월동-1	97-02-21~97-03-08	15	20	1+0=1	5.0
실내월동-2	97-02-21~97-03-14	21	20	0+1=1	5.0
실외월동	96-11-29~97-03-08	99	40	6+0=6	15.0

실내월동-1은 1997년 2월 21일에 입고하여 15일간 실내월동시킨 후 3월 8일에 출고한 것으로 월동 기간에 1개 봉군이 폐사하여 폐사율은 5%였다. 그리고 실내월동-2는 1997년 2월 21일에 입고하여 21일간 실내월동시킨 후 3월 14일에 출고한 것으로 월동기간 중 폐사한 봉군은 없었으나, 월동 후 4월 18일까지 기간 중 1개 봉군이 합봉되어 폐사율이 5%였다. 그러나 실외월동의 경우에는 1996년 11월 29일부터 1997년 3월 8일 까지 99일간의 월동 기간 중 6개 봉군이 폐사되어 폐사율은 15%였다.

2) B농가에 있어서 월동 봉군의 폐사율

B농가는 1996년 12월 18일에 월동 봉군의 내부를 포장하고, 내부 포장된 봉군 74군을 빈 농가의 일부를 창고 형태로 개조한 곳으로 옮겨 월동에 들어갔다. 월동 봉군의 내부는 대부분 사양기 바깥 쪽에 1~2매의 공소비를 넣은 후 나머지 부분은 골판지로 채웠다. 그리고 소비 상자에 개포를 덮고 그 위에 보온 덮개 자른 것을 1~2매 덮어 두었다. 창고에서 월동하던 봉군을 1997년 2월 18일에 출고하여 2월 20일까지 3일간 탈분시킨 후에 34군은 창고에 다시 넣어 창고 월동을 계속하였고, 40군은 약 14km 정도 떨어져 있는 저온양봉사로 운반하여 실내월동 시켰다. 폐사 봉군 수에는 4월 17일에 3매군 이하의 약군으로 합봉의 대상이 되는 봉군도 포함되었다

B농가에 있어서 월동 기간 중 폐사 봉군 수 및 합봉 봉군 수를 조사한 성적은 표 3-3과 같다.

표 3-3. B농가에 있어서 월동 봉군의 폐사율

구분	월동		월동 전 봉군수	폐사+합봉 봉군수	폐사율 (%)
	기간	일수			
실내월동-1	97-02-21~97-03-08	15	24	0+5=5	20.8
실내월동-2	97-02-21~97-03-14	21	16	0+2=2	12.5
창고월동	96-12-18~97-03-14	86	34	1+2=3	8.8

1997년 2월 21일에 입고하여 15일간 실내월동시킨 후 3월 8일에 출고한 실내월동-1의 경우 월동 기간 중 폐사 봉군은 없었으나, 월동 후 4월 18일까지 기간 중 합봉군이 5개 군 발생하여 폐사율은 20.8%였다. 그리고 실내월동-2는 1997년 2월 21일에 입고하여 21일간 실내월동시킨 후 3월 14일에 출고한 것으로 월동기간 중 폐사한 봉군은 없었으나, 월동 후 4월 17일까지 기간 중 2개 봉군이 합봉되어 폐사율이 12.5%였다. 그러나 창고월동의 경우에는 1996년 12월 18일에 입고하여 86일간 창고월동시킨 후 1997년 3월 14일에 출고시킨 것으로 월동 기간 중 폐사 봉군이 1개 봉군 그리고 월동 후 4월 17일까지 기간중 2개 봉군이 합봉되어 폐사율이 8.8%였다.

3) C농가에 있어서 월동 봉군의 폐사율

C농가는 1996년 12월 2일에 월동봉군의 내부 및 외부를 포장하였는데, 포장 방법은 A농가의 월동 포장 방법과 같다.

저온양봉사 월동 봉군도 실외월동군과 같이 실외에서 월동하다가 1997년 2월 21일에 약 13km 정도 떨어져 있는 저온양봉사 안으로 옮겨서 실내월동시켰다. 폐사 봉군 수에는 4월 20일에 3매군 이하의 약군으로 합봉의 대상이 되는 봉군도 포함되었다

C농가에 있어서 월동 기간 중 폐사 봉군 수 및 합봉 봉군 수를 조사한 성적은 표 3-4와 같다.

표 3-4. C농가에 있어서 월동 봉군의 폐사율

구분	월동		월동 전 봉군수	폐사+합봉 봉군수	폐사율 (%)
	기간	일수			
실내월동-1	97-02-21~97-03-08	15	20	0+1=1	5.0
실내월동-2	97-02-21~97-03-14	21	20	2+2=4	20.0

1997년 2월 21일에 입고하여 15일간 실내월동시킨 후 3월 8일에 출고한 실내월동-1의 경우 월동 기간 중 폐사 봉군은 없었으나, 월동 후 4월 20일 까지 기간 중 후 1개 봉군이 합봉되어 폐사율은 5%였다. 그러나 실내월동-2는 1997년 2월 21일에 입고하여 21일간 실내월동시킨 후 3월 14일에 출고하였는데 월동기간 중 폐사한 봉군이 2개 군 그리고 월동 후 4월 20일까지 기간 중 합봉군이 2개 봉군 발생하여 폐사율이 20%였다.

나. 월동 후 봉세

1) A농가 봉군의 월동 후 봉세

A농가에 있어서 월동 전 착봉 소비매수는 1996년 11월 29일에 전 공시군을 대상으로 조사되었다. 그러나 월동후 착봉 소비 매수 조사 일자 는 월동 방법에 따라 다른데, 실내월동-1과 실외월동 봉군은 1997년 3월 8일이었고, 그리고 실내월동-2의 봉군은 1997년 3월 17일이었다.

실내월동-1 및 실외월동에 공시된 봉군은 3월 11일에 화분 떡을 공급하였고, 실내월동-2에 공시된 봉군은 3월 17일에 화분 떡을 공급하였다. 그리고 모든 공시 봉군에게 3월 20일과 4월 1일에 다시 화분떡을 공급하였다. 설탕액 사양은 3월 20일, 3월 27일 그리고 4월 15일 등 3회 실시하였다.

봉세가 늘어남에 따라 공시 봉군 모두 4월 7일부터 증소를 실시하였는데, 이동 양봉을 시작하기 전인 4월 18일까지 봉세를 조사한 성적은 표 3-5와 같다.

표 3-5. A농가에 있어서 월동 후 봉세

구 분	월동 전 소비매수	월동 후 소비매수	97-4-18 소비매수	봉세증가율 (%)
실내월동-1	5.05±1.07	2.53±0.60	5.89±0.64	116.6
실내월동-2	5.50±0.87	2.80±0.51	5.30±0.78	96.4
실외월동	5.86±0.64	3.03±0.51	5.59±0.81	95.4

월동 포장 직전인 1996년 11월 29일에 조사한 월동전 착봉 소비 매수는 실내월동-1의 봉군에서 5.05매였고, 실내월동-2의 봉군에서 5.50매였으며, 실외월동의 봉군에서 5.86매였다. 실내월동-1에 공시된 봉군은 1997년 4월 18일 착봉 소비 매수가 5.89매로서 월동 전 소비 매수 대비 봉세 증가율은 116.6%였다. 그러나 실내월동-2에 공시된 봉군의 봉세 증가율은 96.4% 그리고 실외월동에 공시된 봉군의 봉세 증가율은 95.4%였다.

2) B농가 봉군의 월동 후 봉세

B농가는 1997년 2월18일부터 3일간 탈분시킨 후에 2월 21일에 착봉 소비 매수를 조사하였고, 3월 31일부터 증소를 시작하여 이동 양봉을 시작하기 전인 4월 17일까지 봉세를 조사한 성적은 표 3-6과 같다.

실내월동-1 및 창고월동에 공시된 봉군은 3월 8일에 화분 떡을 공급하였고, 실내월동-2에 공시된 봉군은 3월 14일에 화분 떡을 공급하였다. 그리고 공시된 모든 봉군에게 3월 30일과 4월 10일에 다시 화분떡을 공급하였다. 설탕액 사양은 3월 21일, 3월 31일 그리고 4월 10일 등 3회 실시하였다.

1997년 2월 21일 봉군 탈분 시에 조사한 착봉 소비 매수는 실내월동-1의 봉군은 3.13매였고, 실내월동-2의 봉군은 3.44매였으며, 창고월동의 봉군은 3.35매였다. 실내월동-1에 공시된 봉군은 1997년 4월 17일 착봉 소비 매수가 4.92매로서 탈분 시 소

비 매수 대비 봉세 증가율은 157.2%였다. 실내월동-2에 공시된 봉군의 봉세 증가율은 152.6% 그리고 창고월동에 공시된 봉군의 봉세 증가율은 165.7%였다.

표 3-6. B농가에 있어서 월동 후 봉세

구 분	탈분시 소비매수	97-4-17 소비매수	봉세증가율 (%)
실내월동-1	3.13±0.33	4.92±1.53	157.2
실내월동-2	3.44±0.70	5.25±1.64	152.6
창고월동	3.35±0.64	5.55±1.33	165.7

3) C농가 봉군의 월동 후 봉세

A농가에 있어서 월동 전 착봉 소비매수는 1996년 12월 2일 조사되었다. 그러나 월동후 착봉 소비 매수 조사 일자선 실내월동-1의 경우는 1997년 3월 7일이었고, 실외월동-2의 봉군은 1997년 3월 14일이었다.

공시된 봉군은 3월 14일, 3월 22일 그리고 3월 28일에 화분 떡을 공급하였고, 4월 7일에도 화분떡을 조금 공급하였다. 설탕액 사양은 3월 18일, 3월 24일, 3월 31일, 4월 2일 그리고 4월 7일 등 5회 실시하였다.

봉세가 늘어남에 따라 공시 봉군 모두 3월 28일부터 증소를 실시하였는데, 이동양봉을 시작하기 전인 4월 20일까지 봉세를 조사한 성적은 표 3-7과 같다.

표 3-7. C농가에 있어서 월동 후 봉세

구 분	월동 전 소비매수	월동 후 소비매수	97-4-20 소비매수	봉세증가율 (%)
실내월동-1	6.20±0.40	2.10±0.30	4.75±0.83	76.6
실내월동-2	5.60±0.58	1.80±0.51	4.28±1.10	76.4

1996년 12월 2일 월동봉군의 내부 및 외부를 포장하기 직전의 착봉 소비 매수, 즉 월동 전 소비 매수는 실내월동-1의 봉군은 6.20매였고, 실내월동-2의 봉군은 5.60매이었다. 실내월동-1에 공시된 봉군은 1997년 4월 20일 착봉 소비 매수가 4.75매로서 봉세 증가율은 76.6%였고, 실내월동-2에 공시된 봉군의 봉세 증가율은 76.4%였다.

다. 질병 감염 상태

봉군의 질병을 방제하기 위하여 A농가는 3월 11일에 아피스탄을 실내월동-1 및 실외 월동에 공시된 봉군의 소비 사이에 삽입하였고, 3월 17일에는 실내월동-2에 공시된 봉군에 아피스탄을 삽입하였다. 그리고 3월20일에는 스트렙토 마이신액을 소비에 분무하였다. 그리고 B농가는 3월 31일에 그리고 C농가는 3월 28일에 아피스탄을 소비 사이에 삽입하였다.

공시 봉군 가운데서 A농가의 경우 실내월동-1의 20개 봉군 중 2개군에서 그리고 실외월동의 40개 봉군 중 2개군에서 석고병이 심하게 나타났다. 그러나 B농가 및 C농가에서는 석고병에 감염된 봉군이 발견되지 않았다.

4. 결과 및 고찰

가. 월동 봉군의 폐사율

실내월동-1의 경우 월동 봉군의 폐사율은 A농가에서 5%, B농가에서 20.8% 그리고 C농가에서 5%로 나타나서, 실내월동-1에 공시된 64개 봉군의 평균 폐사율은 10.9%였다. 실내월동-2의 경우 월동 봉군의 폐사율은 A농가에서 5%, B농가에서 12.5% 그리고 C농가에서 20%로 나타나서, 실내월동-2에 공시된 56개 봉군의 평균 폐사율은 12.5%로 나타났다. 그러나 창고월동을 시킨 B농가의 34개 봉군에 대한

폐사율은 8.8% 그리고 실외월동을 시킨 A농가의 40개 봉군에 대한 폐사율은 15%였다(표 3-8).

표 3-8. 월동 방법에 따른 봉군의 폐사율 비교

구분	실내월동-1		실내월동-2		창고월동		실외월동	
	봉군 수	폐사율 (%)	봉군 수	폐사율 (%)	봉군 수	폐사율 (%)	봉군 수	폐사율 (%)
A농가	20	5.0	20	5.0	---	---	40	15.0
B농가	24	20.8	16	12.5	34	8.8	---	---
C농가	20	5.0	20	20.0	---	---	---	---
계 또는 평균	64	10.9	56	12.5	34	8.8	40	15.0

봉군의 실내월동과 실외월동에 따른 폐사율의 차이는 A농가의 월동 봉군에서 비교할 수 있다. A농가의 공시 봉군 80군 모두는 1996년 11월 29일 월동포장하여 같은 장소에서 실외월동시키다가, 그 중 실내월동 공시용 봉군 40군은 1997년 2월 21일 옆에 있는 저온양봉사로 옮긴 봉군으로서, 실내월동-1 및 실내월동-2에 공시된 봉군의 폐사율은 각각 5%로서 실외월동의 폐사율 15%에 비하여 매우 낮았다. 이렇게 저온양봉사 안에서 월동시킨 봉군의 폐사율이 낮아진 원인은 저온양봉사의 외·내부 온도 및 벌통내부의 온도 측정치에서 설명된다(부표 참조). 외계 온도 최저치는 1997년 2월 19일에 -7.2°C 로 측정되었는데, 같은 일시에 측정된 저온양봉사 내부의 최저온도는 1.6°C 그리고 벌통 내부의 최저온도는 2.5°C 였다. 1997년 2월 19일부터 3월 4일까지는 외계 온도가 최저 -7.2°C 에서 최고 13.2°C 로 변할 때 저온양봉사 내부 온도는 최저 1.6°C 에서 12.4°C 로 변하였으나, 저온양봉사 내부의 평균 온도는 4.0°C 에서 8.9°C 로 변하여, 저온양봉사는 월동 봉군에게 비교적 균일한 온도를 유지케하는 시설물로 판단되었다. 그러나 이 기간 중에도 저온양봉사 내부의 최고 온도가 9.4°C ~ 12.4°C 로 상승한 일수가 8일이나 되어서 저온양봉사 내부의 최고 온도를 9°C 이하로 유지할 수 있는 대책이 필요한 것으로 판단되었다.

B농가에 있어서 실내월동 봉군과 창고월동 봉군의 폐사율을 비교하여 보면, 실내월동-1의 폐사율은 20.8% 그리고 실내월동-2는 12.5%로서 창고월동의 8.8에 비하여 높게 나타났다. B농가의 경우는 1996년 12월 18일부터 창고에 월동시키던 봉군 74군 가운데서 40군을 실내월동에 공시하기 위하여 1997년 2월 21일에 약 14km 떨어진 저온양봉사로 이동하여 월동시킨 것으로서, 실내월동군의 폐사율이 높게 나타난 것은 시험의 수행과정에서 월동 봉군의 이동에 따른 진동이 나쁘게 작용한 것으로 보인다.

이러한 사실은 Furgala와 MaCutcheon(1993)이 지적한 바와 같이 꿀벌은 소음과 진동 등 외부 자극에 예민하기 때문에 월동 봉군은 소음과 진동 등의 영향을 받지 않도록 조용히 안정을 취하여야 된다. 그럼에도 불구하고 월동봉군의 이동에 따른 진동이 봉군 월동에 나쁜 영향을 미친 것으로 보인다.

저온양봉사에서 월동된 공시 봉군의 폐사율이 농가에 따라 다른 원인을 본 실험에서 규명하기는 어렵다. 그 이유는 양봉 농가 간에 봉군의 월동 전 사양관리 상의 차이 및 월동 중 이동에 따른 진동 그리고 여왕벌의 상태 등 변이의 원인이 다양하기 때문이다.

그러나 실내월동 봉군의 폐사율에 대한 세 농가의 평균치를 보면, 1997년 2월 21일에 입고하여 15일간 실내 월동시킨 후 3월 8일에 출고한 실내월동-1의 세농가 평균 폐사율은 10.9%였으나, 21일간 실내월동시킨 후 3월 14일에 출고한 실내월동-2의 세농가 평균 폐사율은 12.5%로서 3월 14일에 출고한 봉군의 폐사율이 높았다. 그 이유는 외계 온도가 17℃ 이상되던 3월 4일 이후에는 저온양봉사 내부의 최고 온도가 10.3℃~14.3℃로 상승되어 봉군의 월동에 알맞지 않았기 때문이라고 생각된다.

따라서 3월 4일 이후 외계 온도가 17℃ 이상되면 저온양봉사 내부의 평균 온도는 10℃ 이상으로 상승하고, 저온양봉사 내부의 최고 온도도 10.3℃~14.3℃로 상승되어 환기팬 시스템의 작동으로는 저온양봉사 내부 온도를 9℃ 이하로 유지하는

것이 어렵다고 판단된다.

봉군의 폐사율에 대하여 우리 나라에서 보고된 성적은 찾아보기 어려웠다. 그러나 외국의 경우 월동 중 봉군 폐사율은 8~22%로 보고되고 있는 바(Pedersen et al., 1995, 1996), 본 조사에 있어서 월동 봉군의 폐사율이 5~15%로 나타난 것은 보통 상태로 월동이 되었음을 나타낸다고 하겠다.

나. 월동 후 봉세

실내월동-1의 경우 월동 후 봉군의 봉세 증가율은 A농가에서 116.6%, B농가에서 157.2% 그리고 C농가에서 76.6%로 나타나서, 실내월동-1에 공시된 64개 봉군의 평균 봉세 증가율은 119.3%였다. 실내월동-2의 경우 월동 후 봉군의 봉세 증가율은 A농가에서 96.4%, B농가에서 152.6% 그리고 C농가에서 76.4%로 나타나서, 실내월동-2에 공시된 56개 봉군의 평균 봉세 증가율은 105.3%로 나타났다. 그러나 창고월동을 시킨 B농가의 34개 봉군에 대한 봉세 증가율은 165.7% 그리고 실외월동을 시킨 A농가의 40개 봉군에 대한 봉세 증가율은 95.4%였다(표 3-9).

표 3-9. 월동 방법에 따른 봉군의 봉세 증가율 비교

구분	실내월동-1		실내월동-2		창고월동		실외월동	
	봉군 수	증가율 (%)	봉군 수	증가율 (%)	봉군 수	증가율 (%)	봉군 수	증가율 (%)
A농가	20	116.6	20	96.4	---	---	40	95.4
B농가	24	157.2	16	152.6	34	165.7	---	---
C농가	20	76.6	20	76.4	---	---	---	---
계 또는 평균	64	119.3	56	105.3	34	165.7	40	95.4

봉군의 실내월동과 실외월동에 따른 봉세 증가율의 차이도 A농가의 월동 봉군에서 비교할 수 있다. A농가의 공시 봉군 80군은 모두는 1996년 11월 29에 월동포장을 하

여 같은 장소에서 실외월동을 하다가, 실내월동 공시용 봉군 40군은 1997년 2월 21일에 바로 그 장소에 건축된 저온양봉사로 옮긴 봉군으로서, 실내월동-1 및 실내월동-2에 공시된 봉군의 봉세 증가율은 각각 116.6% 및 96.4로서 실외월동의 봉세 증가율 95.4%에 비하여 빠른 경향을 보였다.

이렇게 저온양봉사 안에서 월동시킨 봉군의 봉세 증가율이 빨라진 원인은 월동 봉군의 폐사율에서 설명한 바와 같이, 저온양봉사에서 월동된 실내월동-1 및 실내월동-2에 공시된 봉군은 실외월동군에 비하여 비교적 균일한 온도에서 월동되었기 때문에 월동 상태가 좋았고 따라서 월동 후 봉세 증가율이 빨라진 것으로 생각된다.

B농가에 있어서 실내월동 봉군과 창고월동 봉군의 봉세 증가율을 비교하여 보면, 실내월동-1의 봉세 증가율은 157.2% 그리고 실내월동-2는 152.6%로서 창고월동의 165.7%에 약간 낮은 것으로 나타났다. 이 원인도 실내월동에 공시한 봉군은 1997년 2월 21일에 약 14km 떨어진 저온양봉사로 이동하여 월동시킨 것으로서, 실내월동군의 봉세 증가율이 낮게 나타난 것은 월동 봉군의 이동에 따른 진동이 봉군의 월동 상태에 나쁘게 작용한 것으로 보인다.

저온양봉사에서 월동된 공시 봉군의 봉세 증가율이 농가에 따라 다른 원인은 봉군의 월동 상태 및 봉군의 월동 후 사양관리 상의 차이 그리고 봉군의 유전적 차이 등 변이의 원인이 다양하기 때문에 본 실험 성적 만으로는 규명하기 어렵다고 본다.

월동 후 봉군의 봉세 증가율에 있어서 세농가의 평균치를 보면, 1997년 2월 21일에 입고하여 15일간 실내 월동시킨 후 3월 8일에 출고한 실내월동-1의 세농가 평균 봉세 증가율은 119.3%였으나, 21일간 실내월동시킨 후 3월 14일에 출고한 실내월동-2의 세농가 평균 봉세 증가율은 105.3%로서 3월 8일에 출고한 봉군의 봉세 증가율이 빨랐다. 그 이유도 외계 온도가 17℃ 이상되던 3월 4일 이후에는 저온양봉사 내부의 최고 온도가 10.3℃~14.3℃로 상승되어 봉군의 월동에 알맞지 않았기 때문이라고 생각된다.

다. 질병 감염 상태

월동 후 봉군의 질병 발생 상황은 A농가의 경우 실내월동-1의 20개 봉군 중 2개 군에서 그리고 실외월동의 40개 봉군 중 2개군에서 석고병이 심하게 나타났으나, B 농가 및 C농가에서는 질병에 감염된 봉군이 발견되지 않았다. 특히 A농가의 경우는 이피스탄 외에 스트렙토 마이신액을 소비에 분무하기도 하였는 바, 이러한 농가 간의 차이는 월동 방법의 차이에 기인하기 보다는 연중 봉군 및 관리 기구의 위생적인 취급상의 차이로 보인다.

이상의 결과를 요약하면, 월동 봉군의 폐사율은 실내월동의 경우 5%로서 실외월동의 15%에 비하여 폐사율이 저하되었고, 실내월동에 있어서 세농가 봉군의 평균 폐사율은 1997년 2월 21일에 입고하여 15일간 실내 월동시킨 후 3월 8일에 출고한 경우에는 10.9% 그리고 21일간 실내월동시킨 후 3월 14일에 출고한 경우는 12.5%로서 3월 8일에 출고한 봉군의 폐사율이 낮았다. 월동 후 봉군의 봉세 증가율에 있어서도 실내월동 봉군은 116.6%로서 실외월동 봉군의 95.4%에 비하여 봉세 증가율이 빨랐고, 실내월동에 있어서 세농가 봉군의 평균 봉세 증가율은 1997년 2월 21일에 입고하여 15일간 실내 월동시킨 후 3월 8일에 출고한 경우에는 119.39% 그리고 21일간 실내월동시킨 후 3월 14일에 출고한 경우에는 105.3%로서 3월 8일에 출고한 봉군의 봉세 증가율이 빨랐다.

제2절 1997~1998년 기간 중 영주 지방의 봉군 월동 시험

1. 서 론

영주 지방에서 봉군의 실내월동 방법을 확립하기 위하여 1996년 12월 19일부터 1997년 1월 10일 기간에 저온양봉사 30m²를 2.88m 높이(7.2m×4.2m×2.88m=87m³)로 건축하였고, 1997년 1월 24일부터 1월 31일까지는 저온양봉사의 환기시스템 설비 공사를 완공하여 2월 19일에 온·습도 자동계측 장치를 설치하였다.

1997년 2월 21일에 저온양봉사 안에 120군의 봉군을 입고하여 3월 8일에 출고하였던 바, 저온양봉사에서 실내월동된 봉군의 폐사율은 10.9% 그리고 실외월동된 봉군의 폐사율은 15%로서 실내월동 봉군의 폐사율이 저하되었고, 월동 후 봉세 증가율에 있어서도 실내월동된 봉군의 봉세 증가율은 119.3% 그리고 실외월동된 봉군의 봉세 증가율은 95.4%로서 실내월동 봉군의 봉세 증가율이 빨랐다.

그러나 외계 온도가 17℃ 이상되는 3월 4일 이후에는 저온양봉사 내부 온도가 꿀벌의 실내월동에 적당한 실내 온도인 9℃ 이상으로 상승하여 실내월동 봉군은 3월 4일 이전에 출고함이 좋은 것으로 밝혀졌으나, 3월 4일 이전에도 저온양봉사 내부의 최고 온도가 9.4℃~12.4℃로 상승한 일수가 8일이나 되어서 저온양봉사 내부의 최고 온도를 9℃ 이하로 유지할 수 있는 대책이 필요한 것으로 지적되었다.

따라서 본 연구는 기후 변화가 심하고 일교차도 크게 나타나는 영주 지방에서 봉군을 실내월동시켰을 때 제기된 문제점을 해결하고, 실내월동 시 강군과 약군의 효과 그리고 영주 지방에 알맞는 입·출고 시기 결정 등 저온양봉사를 봉군의 실내월동에 이용할 수 있는 봉군 월동 기술을 확립하고자 수행되었다.

2. 재료 및 방법

가. 공시 장소: 영주시 단산면 병산리 소재 양봉장

나. 환기팬 작동에 의한 저온양봉사 내부의 온도 조절

1996년-1997년 동계 기간에 건축된 저온양봉사는 내부의 온·습도를 균일하게 유지시키고 또한 환기를 시키기 위하여 환기팬을 설치하였는데, 작동 방법은 저온양봉사 내부온도가 6℃ 보다 높은 경우에는 연속적으로 그리고 6℃ 이하인 경우에는 30분 마다 3분씩 환기팬을 작동시켰다. 그러나 이와 같은 환기팬 작동 방법으로는 저온양봉사 내부 온도를 꿀벌의 실내월동에 적당한 온도인 9℃ 이하로 유지시키기 어렵다고 판단되어서 1997년-1998년 동계 기간의 실내월동에서는 환기팬의 작동 방법을 개선하였다. 개선된 환기팬의 작동 방법은 외기온이 9℃ 보다 높으면 30분에 3분씩 작동시켜 환기량이 최소가 되도록하였고, 외기온이 9℃ 이하이나 저온양봉사 내부의 온도가 6℃ 이하일 때도 30분에 3분씩 작동시켜 환기량이 최소가 되도록 하였으나, 외기온이 9℃ 이하이나 저온양봉사 내부의 온도가 6℃ 보다 높으면 연속적으로 작동시켜 환기량이 최대가 되도록하였다.

다. 공시 봉군 및 실내월동 방법

서양종 봉군 100군을 영주시 단산면에 있는 양봉농가 세 곳으로부터 임대하여 저온양봉사에서 월동시험에 공시하였는데, 저온양봉사 내의 공시 봉군 배치 방법은 시험 1과 같게 하였다.

공시 봉군은 강군과 약군으로 구분하였고, 실내월동 기간은 농가에 따라 A농가는 102일 및 87일, B농가는 67일 그리고 C농가는 62일간으로 하였는데, 월동 방법 및 농가에 따른 공시 봉군 수는 표 3-10과 같다.

표 3-10. 월동 방법에 따른 공시 봉군 수

구분	실내월동		공시 봉군수		
	기간	일수	강군	약군	계
A농가	97-11-20~98-03-02	102	16	14	30
	97-12-05~98-03-02	87	6	4	10
B농가	97-12-21~98-02-26	67	14	16	30
C농가	97-12-27~98-02-27	62	16	14	30
계	---	---	52	48	100

라. 조사 항목

1) 월동능력

저온양봉사 입고시 봉군 무게와 출고시 봉군 무게 차이로 측정한다(강 등, 1995a; Sugden and Furgala, 1982; 최, 1994)

2) 폐사율

각처리 별로 시험개시 시 봉군수에 대한 폐사된 봉군수의 백분율로 나타낸다. 폐사는 되지 아니하여도 약군으로 합병의 대상이 되는 봉군도 폐사군수에 포함시켰다 (Pedersen, 1996).

3) 월동후 봉세

내검시 꿀벌이 잘 밀집되어 있는 소비 매수로 조사하여, 월동 전 소비 매수에 대한 4월 하순 소비 매수의 백분비로 표시하였다. 착봉 소비 매수 조사시에 벌이 조금 붙어 있는 소비는 포함시키지 아니하였고, 벌통 내부의 벽면과 바닥에 붙어 있는 벌도 포함시키지 않았다(최, 1994).

4) 질병 감염 상태

미국부저병, 유럽부저병, 석고병 및 기타 질병의 감염 상태에 따라 다음과 같이 점수로서 조사하였다. 심하게 감염된 것 = 2, 보통정도 감염된 것 = 3, 조금 감염된 것 = 4, 감염되지 아니한 것 = 5(최, 1994)

3. 시험 성적

가. 실내월동 봉군의 월동능력

1) A농가의 봉군 월동능력

A농가의 봉군은 중량이 22kg 이상인 것은 강군으로 그리고 22kg 미만인 것은 약군으로 구분하였다. 강·약군 별로 저온양봉사에 출·입고한 날짜에 따른 봉군의 월동능력은 표 3-11과 같다.

표 3-11. A농가 봉군의 월동능력

구분	실내월동		공시 군수	입고시 무게(kg)	출고시 무게(kg)	월동중 감량(kg)	감량비율 (%)
	기간	일수					
강군	97-11-20~98-03-02	102	16	23.36 ±0.88	20.86 ±0.96	2.51 ±0.39	10.7
	97-12-05~98-03-02	87	6	23.17 ±0.85	20.83 ±0.85	2.33 ±0.24	10.1
약군	97-11-20~98-03-02	102	14	20.39 ±0.91	18.32 ±0.90	2.07 ±0.42	10.2
	97-12-05~98-03-02	87	4	20.88 ±0.54	18.25 ±0.56	2.63 ±0.54	12.6

표 3-11에 나타난 바와 같이, 강군인 경우에는 1997년 11월 20일에 입고시켜 102일간 월동시킨 후 1998년 3월 2일에 출고한 봉군은 입고시 무게가 23.36kg 그리고 실내월동 중 감량은 2.51kg으로 감량 비율은 10.7%였고, 1997년 12월 5일에 입고시켜 87일간 월동시킨 후 1998년 3월 2일에 출고한 봉군은 입고시 무게가 23.17kg 그리고 실내월동 중 감량은 2.33kg으로 감량 비율은 10.1%였다.

그러나 약군인 경우에는 1997년 11월 20일에 입고시켜 102일간 월동시킨 후 1998

년 3월 2일에 출고한 봉군은 입고시 무게가 20.39kg 그리고 실내월동 중 감량은 2.07kg으로 감량 비율은 10.2%였고, 1996년 12월 5일에 입고시켜 87일간 월동시킨 후 1998년 3월 2일에 출고한 봉군은 입고시 무게가 20.88kg 그리고 실내월동 중 감량은 2.63kg으로 감량 비율은 12.6%였다.

2) B농가의 봉군 월동능력

B농가의 봉군은 1997년 12월 21일에 봉군 30군을 저온양봉사에 입고하여 월동을 개시하였는데, 월동 개시 시 봉군의 중량이 24kg 이상인 것은 강군으로 그리고 24kg 미만인 것은 약군으로 구분하였다. 강·약군 별로 저온양봉사에 출·입고한 날짜에 따른 봉군의 월동능력은 표 3-12와 같다.

표 3-12. B농가 봉군의 월동능력

구분	실내월동		공시 군수	입고시 무게(kg)	출고시 무게(kg)	월동중 감량(kg)	감량비율 (%)
	기간	일수					
강군	97-12-21~98-02-26	67	14	26.01 ±1.15	23.11 ±1.06	2.89 ±1.01	11.1
약군	97-12-21~98-02-26	67	16	22.73 ±1.19	20.84 ±1.21	1.89 ±0.61	8.3

표 3-12에 나타난 바와 같이, B농가는 1997년 12월 21일에 입고시켜 67일간 실내 월동시킨 후 1998년 2월 26일에 출고시켰는데, 강군은 입고시 무게가 26.01kg 그리고 실내월동 중 감량은 2.89kg으로 감량 비율은 11.1%였고, 약군은 입고시 무게가 22.73kg 그리고 실내월동 중 감량은 1.89kg으로 감량 비율은 8.3%였다.

3) C농가의 봉군 월동능력

C농가의 봉군은 1997년 12월 27일에 봉군 30군을 저온양봉사에 입고하여 월동을 개시하였다. 봉군의 중량이 24kg 이상인 것은 강군으로 그리고 24kg 미만인 것은 약군으로 구분하였는데, 강·약군 별로 저온양봉사에 출·입고한 날짜에 따른 봉군의 월동능력은 표 3-13과 같다.

표 3-13. C농가 봉군의 월동능력

구분	실내월동		공시 군수	입고시 무게(kg)	출고시 무게(kg)	월동중 감량(kg)	감량비율 (%)
	기간	일수					
강군	97-12-27~98-02-27	62	16	25.69 ±1.16	22.63 ±1.24	3.06 ±0.52	11.9
약군	97-12-27~98-02-27	62	14	22.94 ±0.86	19.76 ±1.06	3.18 ±0.59	13.9

표3-13에 나타난 바와 같이 1997년 12월 27일에 입고시켜 62일간 월동시킨 후 1998년 2월 27일에 출고시킨 C농가의 봉군은, 강군의 경우 입고시 무게가 25.69kg 그리고 실내월동 중 감량은 3.06kg으로 감량 비율은 11.9%였고, 약군의 경우 입고시 무게가 22.94kg 그리고 실내월동 중 감량은 3.18kg으로 감량 비율은 13.9%였다.

나. 실내월동 봉군의 폐사율

1) A 농가에 있어서 월동 봉군의 폐사율

A농가에 있어서 월동 봉군의 폐사율은, 강군인 경우 1997년 11월 20일에 입고시켜 102일간 월동시킨 후 1998년 3월 2일에 출고시킨 봉군은 월동 기간 중 폐사한

봉군은 없었으나 월동 후 4월 19일 까지 기간 중 합병봉군이 1개군 발생하여 폐사율은 6.3%였고, 1997년 12월 5일에 입고시켜 87일간 월동시킨 후 1998년 3월 2일에 출고시킨 봉군에서는 폐사군 및 합병봉군이 발생하지 않았다(표 3-14).

그러나 약군인 경우에는 1997년 11월 20일에 입고시켜 102일간 월동시킨 후 1998년 3월 2일에 출고시킨 봉군은 월동 기간 중 폐사한 봉군은 없었으나 월동 후 4월 19일 까지 기간 중 합병봉군이 1개군 발생하여 폐사율은 7.1%였고, 1997년 12월 5일에 입고시켜 87일간 월동시킨 후 1998년 3월 2일에 출고시킨 봉군은 월동 기간 중 폐사한 봉군은 없었으나 월동 후 4월 19일 까지 기간 중 합병봉군이 2개군 발생하여 폐사율은 50%였다(표 3-14).

표 3-14. A농가에 있어서 월동 봉군의 폐사율

구분	실 내 월 동		입고시 봉군수	폐사+합봉 봉군수	폐사율 (%)
	기 간	일수			
강군	97-11-20~98-03-02	102	16	0+1=1	6.3
	97-12-05~98-03-02	87	6	0+0=0	0.0
약군	97-11-20~98-03-02	102	14	0+1=1	7.1
	97-12-05~98-03-02	87	4	0+2=2	50.0

2) B농가에 있어서 월동 봉군의 폐사율

B농가에 있어서 1997년 12월 2일에 입고시켜 67일간 월동시킨 후 1998년 2월 26일에 출고시킨 월동 봉군의 폐사율은 강군의 경우 폐사 및 합병 봉군이 없었으나, 약군의 경우에는 월동 기간 중 폐사 봉군이 1개군 발생하여 폐사율은 6.3%였다(표 3-15).

표 3-15. B농가에 있어서 월동 봉군의 폐사율

구분	실 내 월 동		입고시 봉군수	폐사+합봉 봉군수	폐사율 (%)
	기 간	일수			
강군	97-12-02~98-02-26	67	14	0+0=0	0.0
약군	97-12-21~98-02-26	67	16	1+0=1	6.3

3) C농가에 있어서 월동 봉군의 폐사율

C농가에 있어서 1997년 12월 27일에 입고시켜 62일간 월동시킨 후 1998년 2월 27일에 출고시킨 월동 봉군의 폐사율은 강군의 경우 폐사 및 합봉 봉군이 없었으나, 약군의 경우에는 월동 후 4월 18일까지 기간 중 합봉군이 1개군 발생하여 폐사율은 7.1%였다(표 3-16).

표 3-16. C농가에 있어서 월동 봉군의 폐사율

구분	실 내 월 동		입고시 봉군수	폐사+합봉 봉군수	폐사율 (%)
	기 간	일수			
강군	97-12-27~98-02-27	62	16	0+0=0	0.0
약군	97-12-27~98-02-27	62	14	0+1=1	7.1

다. 월동 후 봉세

1) A농가 봉군의 월동 후 봉세

A농가에 있어서 월동 전 착봉 소비매수는 1997년 11월 20일 그리고 월동 후 착

붕 소비 매수는 1998년 3월 6일에 전 공시군을 대상으로 조사되었다.

월동에 공시된 붕군은 3월 6일에 첫 내검을 하여 소비를 축소하고 화분떡을 공급하였고, 다시 3월 14일과 3월 25일 그리고 4월 3일 등 모두 4회에 걸쳐 화분떡을 공급하였다. 설탕액 사양은 3월 18일, 3월 25일 그리고 4월 15일 등 3회 실시하였다.

붕세가 늘어남에 따라 공시 붕군 모두 3월 25일부터 증소를 실시하였는데, 이동양봉을 시작하기 전인 4월 19일까지 붕세를 조사한 성적은 표 3-17과 같다.

표 3-17. A농가에 있어서 월동 후 붕세

구분	실내월동		월동 전 소비매수	월동 후 소비매수	98-4-19 소비매수	붕세증가율 (%)
	기간	일수				
강군	97-11-20~98-03-02	102	5.06±0.24	3.00±0.00	7.20±0.40	142.3
	97-12-05~98-03-02	87	5.17±0.37	3.00±0.00	7.17±0.37	138.7
약군	97-11-20~98-03-02	102	5.07±0.26	2.86±0.35	6.92±0.47	136.5
	97-12-05~98-03-02	87	5.00±0.00	2.75±0.43	7.00±0.00	140.0

월동 포장 직전인 1997년 11월 20일에 조사한 월동 전 착봉 소비 매수는 강군의 경우 5.06~5.17매였고, 약군의 경우는 5.00~5.07매였다. 1997년 11월 20일에 입고하여 102일 간 월동시킨 후 1998년 3월 2일에 출고된 붕군은 1998년 3월 6일 착봉 소비 매수가 강군의 경우 3매 그리고 약군의 경우는 2.86매였고, 4월 19일 착봉 소비 매수는 강군의 경우 7.2매로서 월동 전 소비 매수 대비 붕세 증가율은 142.3%였으나 약군의 경우는 6.92매로서 붕세증가율은 136.5%였다.

1997년 12월 5일에 입고하여 87일 간 월동시킨 후 1998년 3월 2일에 출고된 붕군은 1998년 3월 6일 착봉 소비 매수가 강군의 경우 3매 그리고 약군의 경우는 2.75매였고, 4월 19일 착봉 소비 매수는 강군의 경우 7.17매로서 월동 전 소비 매수 대비 붕세 증가율은 138.7%였으나 약군의 경우는 7매로서 붕세증가율은 140%였다.

2) B농가 봉군의 월동 후 봉세

B농가는 1997년 12월 21일에 입고하여 67일 간 월동시킨 후 1998년 2월 26일에 출고하여 첫 내검을 실시하고 소비를 축소하였다. 1998년 3월 4일에 화분을 급여하고 설탕액을 사양하였으며, 이후 화분은 3월 10일 및 3월 17일에 다시 보충하여 주었고, 설탕액은 3월 12일 및 3월 23일에 다시 사양하여, 봄철에 화분 급여 및 설탕액 사양은 모두 3회 씩 실시하였다.

1998년 3월 23일부터 증소를 시작하여 이동 양봉을 시작하기 전인 4월 20일까지 봉세를 조사한 성적은 표 3-18과 같다.

표 3-18. B농가에 있어서 월동 후 봉세

구분	실내월동		월동 전 소비매수	월동 후 소비매수	98-4-20 소비매수	봉세증가율 (%)
	기간	일수				
강군	97-12-21~98-02-26	67	5.07±0.26	2.93±0.26	6.86±0.83	135.3
약군	97-12-21~98-02-26	67	5.00±0.00	2.31±1.04	6.47±0.88	129.4

표 3-18에 나타난 바와 같이, 강군의 경우는 월동 전 착봉 소비 매수가 5.07매, 월동 후 착봉 소비 매수가 2.93매 그리고 1998년 4월 20일 착봉 소비 매수가 6.86매로서 월동 전 소비 매수 대비 봉세 증가율은 135.3%였다. 그러나 약군의 경우 월동 전 착봉 소비 매수가 5매, 월동 후 착봉 소비 매수가 2.31매 그리고 1998년 4월 20일 착봉 소비 매수가 6.47매로서 봉세 증가율은 129.4%였다.

3) C농가 봉군의 월동 후 봉세

C농가는 1997년 12월 27일에 입고하여 62일 간 월동시킨 후 1998년 2월 27일에

출고하여 첫 내검을 실시하고 소비를 축소하였다. 1998년 2월 27일에 화분을 급여하고 설탕액을 사양하였으며, 이후 3월 4일, 3월 12일, 3월 18일, 그리고 4월1일에 다시 화분을 보충 급여하였고, 설탕 사양을 실시하여, 봄철에 화분 급여 및 설탕액 사양은 모두 5회 씩 실시하였다.

1998년 3월 21일부터 증소를 시작하여 이동 양봉을 시작하기 전인 4월 18일까지 봉세를 조사한 성적은 표 3-19과 같다.

표 3-19. C농가에 있어서 월동 후 봉세

구분	실내월동		월동 전 소비매수	월동 후 소비매수	98-4-18 소비매수	봉세증가율 (%)
	기간	일수				
강군	97-12-27~98-02-27	62	4.94±0.24	2.50±0.50	6.06±1.09	122.7
약군	97-12-71~98-02-27	62	4.86±0.52	2.21±0.41	5.21±1.26	107.2

표 3-19에 나타난 바와 같이, 강군의 경우는 월동 전 착봉 소비 매수가 4.94매, 월동 후 착봉 소비 매수가 2.50매 그리고 1998년 4월 18일 착봉 소비 매수가 6.06매로서 월동 전 소비 매수 대비 봉세 증가율은 122.7%였다. 그러나 약군의 경우 월동 전 착봉 소비 매수가 4.86매, 월동 후 착봉 소비 매수가 2.21매 그리고 1998년 4월 18일 착봉 소비 매수가 5.21매로서 봉세 증가율은 107.2%였다.

라. 질병 감염 상태

봉병의 예방 및 치료를 목적으로 A농가는 3월 14일에 아피스탄을 봉군의 소비 사이에 삽입하였고, 3월 24일 및 4월 3일에는 스트렙토 마이신 10병을 물 2ℓ에 희석한 액을 소비에 분무하였으나, 4월 9일에 석고병에 약간 감염된 봉군이 2개군 나타났다.

B농가는 2월 26일에 그리고 C농가는 2월 27일에 아피스탄을 소비 사이에 삼입하였는데, B농가 및 C농가에서는 석고병에 감염된 봉군이 발견되지 않았다.

4. 결과 및 고찰

가. 실내월동 봉군의 월동능력

저온양봉사에서 실내월동시킨 봉군의 월동능력을 월동기간 중 봉군 무게 감량과 월동 전 무게 대비 감량 비율로 나타내어 강·약군 별 및 각 농가 별로 비교한 것은 표 3-20과 같다.

표 3-20. 농가 별 봉군의 월동능력 비교

농가	실내월동		공시봉군수		월동중 감량(kg)			감량비율(%)		
	기간	일수	강군	약군	강군	약군	평균	강군	약군	평균
A	97-11-20~98-03-02	102	16	14	2.51	2.07	2.30	10.7	10.2	10.5
	97-12-05~98-03-02	87	6	4	2.33	2.63	2.45	10.1	12.6	11.1
B	97-12-21~98-02-26	67	14	16	2.89	1.89	2.36	11.1	8.3	9.6
C	97-12-27~98-02-27	62	16	14	3.06	3.18	3.12	11.9	13.9	12.8
계 또는 평균	---	---	52	48	2.76	2.38	2.58	11.1	10.8	11.0

A농가에 있어서 강군의 경우 1997년 11월 20일에 입고하여 102일간 실내 월동시킨 후 1998년 3월 2일에 출고시킨 봉군은 월동 중 감량이 2.51kg으로 감량 비율이 10.7%였고, 1997년 12월 5일에 입고하여 87일간 실내 월동시킨 후 1998년 3월 2일에 출고시킨 봉군은 월동 중 감량이 2.33kg으로 감량 비율이 10.1%로서, 1997년 11월 20일에 입고시킨 봉군과 1997년 12월 5일에 입고시킨 봉군의 월동능력은 차이가 없는 것으로 나타났다.

그러나 A농가에 있어서 약군의 경우 1997년 11월 20일에 입고하여 102일간 실내 월동시킨 후 1998년 3월 2일에 출고시킨 봉군은 월동 중 감량이 2.07kg으로 감량 비율이 10.2%였고, 1997년 12월 5일에 입고하여 87일간 실내 월동시킨 후 1998년 3월 2일에 출고시킨 봉군은 월동 중 감량이 2.63kg으로 감량 비율이 12.6%로서, 1997년 11월 20일에 입고시킨 봉군의 월동능력이 1997년 12월 5일에 입고시킨 봉군의 월동능력보다 우수한 것으로 나타났는 바, 이러한 사실은 월동 봉군의 군세가 약하면 11월 하순부터 실내에 월동시킴으로서 외계 온도의 급격한 변화로부터 봉군을 보호하는 것이 필요하다는 것을 의미한다고 하겠다.

B농가는 월동 봉군을 1997년 12월 21일에 입고하여 67일간 실내 월동시킨 후 1998년 2월 26일에 출고시킨 경우로서, 강군은 월동 중 감량이 2.89kg으로 감량 비율이 11.1%였고, 약군은 월동 중 감량이 1.89kg으로 감량 비율이 8.3%로서 약군의 감량 비율이 낮았다. 약군의 월동 중 감량이 1.89kg으로 감량 비율이 낮게 나타난 것은 폐사 봉군 1개군의 감량이 0.6kg으로 적었고, 또한 공시된 2개 봉군의 감량이 1.2kg으로 적었던 것에 기인하는데 그 원인은 본 연구에서 규명하기 어려웠다.

C농가는 월동 봉군을 1997년 12월 27일에 입고하여 62일간 실내 월동시킨 후 1998년 2월 27일에 출고시킨 경우로서, 강군은 월동 중 감량이 3.06kg으로 감량 비율이 11.9%였고, 약군은 월동 중 감량이 3.18kg으로 감량 비율이 13.9%로서 강군의 월동능력이 우수하였다.

실내월동 봉군 100군의 평균 감량 비율은 11%였고, 이를 강군과 약군 별로 나누어 보면 강군은 11.1% 그리고 약군은 10.8%로서 강군과 약군 간에 평균 감량 비율은 차이가 없었는데, 이는 B농가 약군의 감량 비율이 8.3%로 아주 낮았기 때문이다.

실내월동 기간 별로 봉군의 월동능력을 비교하여 보면, 강군의 경우는 1997년 11월 20일에 입고하여 102일간 실내 월동시킨 후 1998년 3월 2일에 출고시킨 봉군의 감량 비율이 10.7% 그리고 1997년 12월 5일에 입고하여 87일간 실내 월동시킨 후 1998년 3월 2일에 출고시킨 봉군의 감량 비율이 10.1%로서, 1997년 12월 27일에 입

고하여 62일간 실내 월동시킨 후 1998년 2월 27일에 출고시킨 C농가의 감량 비율 11.9% 보다 낮았다. 약군의 경우도 1997년 11월 20일에 입고하여 102일간 실내 월동시킨 후 1998년 3월 2일에 출고시킨 봉군의 감량 비율이 10.2%로서, 1997년 12월 27일에 입고하여 62일간 실내 월동시킨 후 1998년 2월 27일에 출고시킨 봉군의 감량 비율 13.9% 보다 낮았다.

이러한 실내월동 기간에 따른 봉군의 월동능력의 차이는 영주 지방에 있어서 봉군을 실내월동시킬 때 적당한 입고 및 출고 시기를 나타내는 것으로, 11월 하순에서 12월 초순에 입고시켜 이듬해 3월 초에 출고시키는 것이 월동능력이 우수함을 나타낸다고 하겠다.

나. 실내월동 봉군의 폐사율 및 월동 후 봉세 증가율

저은양봉사에서 실내월동시킨 봉군의 폐사율 및 월동 후 봉세 증가율을 강·약군 별 및 각 농가 별로 비교한 것은 표 3-21과 같다.

폐사율을 보면, A농가의 봉군은 1997년 11월 20일 입고하여 102일간 실내 월동시킨 후 1998년 3월 2일 출고시킨 경우에 강군에서 1개군의 합봉군이 발생하여 폐사율은 6.3%였고, 약군에서도 1개군의 합봉군이 발생하여 폐사율은 7.1%였다. 그리고 1997년 12월 5일 입고하여 87일간 실내 월동시킨 후 1998년 3월 2일에 출고시킨 경우에 강군에서 폐사 또는 합봉군이 발생하지 않았으나, 약군에서는 공시 봉군 4개군 가운데서 2개군의 합봉군이 발생하여 폐사율은 50%로 나타났다(표 3-21).

A농가의 봉군에 있어서 1997년 11월 20일 입고하여 102일간 실내 월동시킨 후 1998년 3월 2일 출고시킨 경우에 강·약군의 평균 폐사율이 6.7%로 나타난 것은 이 농가에 있어서 1996~1997년 실내월동 기간 중 폐사율 5%와 비슷한 성적으로, 1996~1997년 실외월동 기간 중 폐사율 15%에 비하여 폐사율이 감소되었고, 이는 저은양봉사의 실내 조건이 봉군 월동에 적당한 환경을 제공하였기 때문이라고 생각된다.

표 3-21. 농가 별 봉군의 폐사율 및 봉세 증가율 비교

농가	실내월동		공사 봉군수		폐사율(%)			봉세 증가율(%)		
	기간	일수	강군	약군	강군	약군	평균	강군	약군	평균
A	97-11-20~98-03-02	102	16	14	6.3	7.1	6.7	142.3	136.5	139.5
	97-12-05~98-03-02	87	6	4	0.0	50.0	20.0	138.7	140.0	139.2
B	97-12-21~98-02-26	67	14	16	0.0	6.3	3.4	135.3	129.4	132.2
C	97-12-27~98-02-27	62	16	14	0.0	7.1	3.3	122.7	107.2	115.5
계 또는 평균	---	---	52	48	1.9	10.4	6.0	134.0	125.9	130.1

그러나 1997년 12월 5일 입고하여 87일간 실내 월동시킨 후 1998년 3월 2일 출고시킨 경우에 강·약군의 평균 폐사율은 20%로서 높게 나타났는데, 이는 봉군의 월동능력에서 지적인 바와 같이 봉군의 군세가 약할수록 11월 하순부터 실내에 월동시킴으로서 외계 온도의 급격한 변화로부터 봉군을 보호하는 것이 필요하다는 것을 의미한다고 하겠다.

그러나 B농가와 C농가의 봉군에 있어서는 강군의 경우 폐사 봉군이 없었으나, 약군에서는 폐사 봉군 및 합봉군이 각각 1개군 씩 발생하여, 강·약군의 평균 폐사율은 각각 3.4% 및 3.3%로 나타났는데, 이는 봉군의 실내월동으로 폐사율을 크게 저하시킬 수 있음을 나타낸다고 하겠다.

실내월동 봉군 100군의 평균 폐사율은 6%였고, 이를 강군과 약군 별로 나누어 보면 강군은 1.9% 그리고 약군은 10.4%로서 강군의 폐사율이 극히 낮았다.

실내월동 기간 별로 월동 봉군의 폐사율을 비교하여 보면, 1997년 11월 20일에 입고하여 102일간 실내 월동시킨 후 1998년 3월 2일에 출고시킨 강군과 약군의 평균 폐사율은 6.7%, 그리고 1997년 12월 27일에 입고하여 62일간 실내 월동시킨 후 1998년 2월 27일에 출고시킨 강군과 약군의 평균 폐사율은 3.3%로서, 이는 실내월

동 봉군의 입고 시기가 11월 20일 보다 늦으면 폐사율이 감소될 수 있다는 것을 시사하는 것으로 보인다.

실내월동 봉군의 월동 후 봉세 증가율을 보면, A농가 봉군의 경우 1997년 11월 20일 입고하여 102일간 실내 월동시킨 후 1998년 3월 2일 출고시킨 봉군의 월동 후 봉세 증가율은 강군에서 142.3% 그리고 약군에서 136.5%로서 강군의 봉세 증가가 빨랐으나(표 3-21), 1997년 12월 5일 입고하여 87일간 실내 월동시킨 후 1998년 3월 2일에 출고시킨 봉군의 월동 후 봉세 증가율은 강군에서 138.7% 그리고 약군에서 140%로 강군과 약군 간에 차이가 없었다.

B농가의 봉군은 1997년 12월 21일 입고하여 67일간 실내 월동시킨 후 1998년 2월 26일 출고시킨 것인데 월동 후 봉세 증가율은 강군에서 135.3% 그리고 약군에서 129.4%로 강군의 봉세 증가가 빨랐고, 1997년 12월 27일 입고하여 62일간 실내 월동시킨 후 1998년 2월 27일 출고시킨 C농가 봉군의 월동 후 봉세 증가율도 강군에서 122.7% 그리고 약군에서 107.2%로서 강군의 봉세 증가가 빨랐다(표 3-21).

실내월동 봉군 100군의 평균 봉세 증가율은 130.1%였고, 이를 강군과 약군 별로 나누어 보면 강군은 134% 그리고 약군은 125.9%로서 강군의 봉세 증가율이 약군에 비하여 빨랐다.

실내월동 기간 별로 봉군의 월동 후 봉세 증가율을 비교하여 보면, 강군의 경우는 1997년 11월 20일에 입고하여 102일간 실내 월동시킨 후 1998년 3월 2일에 출고시킨 봉군의 봉세 증가율이 142.3%로서, 1997년 12월 27일에 입고하여 62일간 실내 월동시킨 후 1998년 2월 27일에 출고시킨 C농가의 봉세 증가율 122.7%보다 높았고, 약군의 경우도 1997년 11월 20일에 입고하여 102일간 실내 월동시킨 후 1998년 3월 2일에 출고시킨 봉군의 봉세 증가율이 136.5%로서, 1997년 12월 27일에 입고하여 62일간 실내 월동시킨 후 1998년 2월 27일에 출고시킨 C농가의 봉세 증가율 107.2% 보다 높았다.

이러한 실내월동 기간에 따른 봉군의 봉세 증가율의 차이는 영주 지방에 있어서

봉군을 실내월동시킬 때 적당한 입고 및 출고 시기를 나타내는 것으로, 봉군의 월동능력에서 고찰한 바와 같이, 11월 하순에 입고시켜 이듬해 3월 초에 출고시킨 봉군이 월동능력이 우수함은 물론 월동 후 봉세 증가율도 빠르다는 것을 나타낸다고 하겠다.

다. 질병 감염 상태

질병 감염 상태는 A농가는 1998년 4월 9일에 석고병에 약간 감염된 봉군이 2개 군 나타났으나, B농가 및 C농가는 석고병에 감염된 봉군이 발견되지 않았다. 봉병의 발생이 거의 없었던 것은 각 농가가 아피스탄의 사용과 봉군의 위생관리등 봉병의 예방 및 치료에 노력하였기 때문이라고 생각된다.

이상의 결과를 요약하면, 실내월동 봉군의 월동기간 중 봉군 무게 감량 비율은 평균 11%로서 강·약군 별 및 월동기간에 따른 차이는 없었다. 그러나 폐사율에 있어서는 전체 평균 폐사율은 6%, 강군의 폐사율은 1.9% 그리고 약군의 폐사율은 10.4%로서 강·약군 간에 차이가 있었으나, 실내월동 기간 별로는 차이가 없었다. 그러나 월동 후 봉군의 봉세 증가율에 있어서는 전체 평균 증가율이 130.1%, 강군의 증가율이 134% 그리고 약군의 증가율이 125.9%로서 강·약군 간에 차이가 있었고, 월동기간에 있어도 1997년 11월 20일에 입고하여 102일간 실내 월동시킨 후 1998년 3월 2일에 출고시킨 봉군의 봉세 증가율이 139.5%로서, 1997년 12월 27일에 입고하여 62일간 실내 월동시킨 후 1998년 2월 27일에 출고시킨 봉군의 봉세 증가율 115.5%보다 높았다. 따라서 영주지방의 봉군을 실내에서 월동시키기에 적당한 봉군 입고 시기는 11월 하순이라고 판단된다.

제3절 1998~1999년 기간 중 영주 지방의 봉군 월동 시험

1. 서 론

영주 지방에서 봉군의 실내월동 방법을 확립하기 위하여 1996년 12월 19일부터 1997년 1월 10일 기간에 저온양봉사 30m²를 2.88m 높이(7.2m×4.2m×2.88m=87m³)로 건축하였고, 1997년 1월 24일부터 1월 31일까지는 저온양봉사의 환기시스템 설비 공사를 완공하여 2월 19일에 온·습도 자동계측 장치를 설치하였다.

1997년 2월 21일에 저온양봉사 안에 120군의 봉군을 입고하여 3월 8일에 1차로 출고, 3월 14일에 2차로 출고하였던 바, 저온양봉사에서 실내월동된 봉군은 실외월동군에 비하여 폐사율이 저하되고 월동 후 봉세가 빨리 증가되는 경향을 보였으나, 3월 초에 외계온도가 17℃ 이상되는 경우에 저온양봉사 내부 온도가 9℃ 이상으로 상승하여 이에 대한 대책이 필요하게되었다.

따라서 본 연구는 기후 변화가 심하고 일교차도 크게 나타나는 영주 지방에서 봉군을 실내월동시켰을 때 제기된 문제점을 해결하고, 실내월동 시 강군과 약군의 효과 그리고 영주 지방에 알맞는 입·출고 시기 결정 등 저온양봉사를 봉군의 실내월동에 이용할 수 있는 봉군 월동 기술을 확립하고자 수행되었다.

2. 재료 및 방법

가. 공시 장소: 영주시 단산면 병산리 소재 양봉장

나. 환기팬 작동에 의한 저온양봉사 내부의 온도 조절

저온양봉사는 내부의 균일한 온도 유지 및 환기를 위하여 환기 팬을 설치하였는

데, 작동 방법은 외기온이 9℃ 보다 높으면 30분에 3분씩 작동시켜 환기량이 최소가 되도록하였고, 외기온이 9℃ 이하이나 저온양봉사 내부의 온도가 6℃ 이하일 때 30분에 3분씩 작동시켜 환기량이 최소가 되도록 하였으나, 외기온이 9℃ 이하이나 저온양봉사 내부의 온도가 6℃ 보다 높으면 연속적으로 작동시켜 환기량이 최대가 되도록 하였다.

다. 공시 봉군

서양종 봉군 100군을 영주시 단산면에 있는 양봉농가 세 곳으로부터 임대하여 저온양봉사에서 월동시험에 공시하였다. 공시 봉군은 강군과 약군으로 구분하였고, 실내월동 기간은 농가에 따라 92일간, 71일간 및 81일간으로하였는데, 월동 방법 및 농가에 따른 공시 봉군 수는 표 3-22와 같다.

표 3-22. 월동 방법에 따른 공시 봉군 수

구분	실내월동		공시 봉군수		
	기간	일수	강군	약군	계
A농가	98-11-30~99-03-02	92	20	20	40
B농가	98-12-20~99-03-01	71	15	15	30
C농가	98-12-10~98-03-01	81	15	15	30
계	---	---	50	50	100

라. 조사 항목

1) 월동능력

저온양봉사 입고시 봉군 무게와 출고시 봉군 무게 차이로 측정한다 (강 등 1995a; Sugden and Furgala, 1982; 최, 1994)

2) 폐사율

각처리 별로 시험개시 시 봉군수에 대한 폐사된 봉군수의 백분율로 나타낸다. 폐사는 되지 아니하여도 약군으로 합병의 대상이 되는 봉군도 폐사군수에 포함시켰다 (Pedersen, 1996).

3) 월동후 봉세

내검시 꿀벌이 잘 밀집되어 있는 소비 매수로 조사하여, 월동 전 소비 매수에 대한 4월 하순 소비 매수의 백분비로 표시하였다. 착봉 소비 매수 조사시에 벌이 조금 붙어 있는 소비는 포함시키지 아니하였고, 벌통 내부의 벽면과 바닥에 붙어 있는 벌도 포함시키지 않았다(최, 1994).

4) 질병 감염 상태

미국부저병, 유럽부저병, 석고병 및 기타 질병의 감염 상태에 따라 다음과 같이 점수로서 조사하였다. 심하게 감염된 것 = 2, 보통정도 감염된 것 = 3, 조금 감염된 것 = 4, 감염되지 아니한 것 = 5(최, 1994)

3. 시험 성적

가. 실내월동 봉군의 월동능력

1) A농가의 봉군 월동능력

A농가의 봉군은 월동 개시 시에 공시 봉군 40군 가운데서 중량이 23.5kg 이상인

것은 강군으로 그리고 23kg 이하인 것은 약군으로 구분하였는데, 강·약군 별로 92일간 저온양봉사에 봉군을 월동한 성적은 표 3-23과 같다.

표 3-23. A농가의 봉군 월동능력

구분	실내월동		공시 군수	월동전 무게(kg)	월동후 무게(kg)	월동중 감량(kg)	감량 비율(%)
	기간	일수					
강군	98-11-30~99-03-02	92	20	24.76 ±1.68	22.25 ±1.59	2.62 ±0.64	10.6
약군	98-11-30~99-03-02	92	20	21.59 ±0.94	19.08 ±0.98	2.52 0.53±	11.7

표 3-23에 나타난 바와 같이 1998년 11월 30일에 저온양봉사에 봉군을 입고하여 92일간 월동시킨 후 1999년 3월 2일에 출고한 봉군은, 강군의 경우 월동 전 봉군 무게가 24.76kg, 월동기간 중 감량이 2.62kg으로 감량 비율은 10.6%였으나, 약군의 경우는 월동 전 봉군 무게가 21.59kg, 월동기간 중 감량이 2.52kg으로 감량 비율은 11.7%였다.

2) B농가의 봉군 월동능력

B농가의 봉군은 월동 개시 시에 공시 봉군 30군 가운데서 봉군의 중량이 24.5kg 이상인 것은 강군으로 그리고 24kg 이하인 것은 약군으로 구분하였는데, 강·약군 별로 71일간 저온양봉사에 봉군을 월동한 성적은 표 3-24와 같다.

표 3-24에 나타난 바와 같이 B농가는 1998년 12월 20일에 저온양봉사에 봉군을 입고하여 71일간 월동시킨 후 1999년 3월 1일에 출고하였던 바, 강군에 있어서는 월동 전 봉군 무게가 25.83kg, 월동기간 중 봉군 감량이 1.80kg로서 감량 비율은 7%였고, 약군에 있어서는 월동 전 봉군 무게가 23.07kg, 월동기간 중 봉군 감량이 1.61kg로서 감량 비율은 7%였다.

표 3-24. B농가의 봉군 월동능력

구분	실내월동		공시 군수	월동전 무게(kg)	월동후 무게(kg)	월동중 감량(kg)	감량 비율(%)
	기간	일수					
강군	98-12-20~99-03-01	71	15	25.83 ±1.03	24.03 ±0.99	1.80 ±0.63	7.0
약군	98-12-20~99-03-01	71	15	23.07 ±1.00	21.46 ±0.94	1.61 ±0.45	7.0

3) C농가의 봉군 월동능력

C농가의 봉군은 월동 개시 시에 공시 봉군 30군 가운데서 봉군의 중량이 25.5kg 이상인 것은 강군으로 그리고 25kg 이하인 것은 약군으로 구분하였는데, 강·약군 별로 81일간 저온양봉사에 봉군을 월동한 성적은 표 3-25와 같다.

표 3-25. C농가의 봉군 월동능력

구분	실내월동		공시 군수	월동전 무게(kg)	월동후 무게(kg)	월동중 감량(kg)	감량 비율(%)
	기간	일수					
강군	98-12-10~99-03-01	81	15	27.37 ±1.84	24.78 ±1.77	2.59 ±0.59	9.5
약군	98-12-10~99-03-01	81	15	22.73 ±1.45	20.17 ±1.93	2.57 ±0.81	11.3

표 3-25에 나타난 바와 같이 1998년 12월 10일에 저온양봉사에 봉군을 입고하여 81일간 월동시킨 후 1999년 3월 1일에 출고한 봉군은, 강군의 경우 월동 전 봉군 무게가 27.37kg, 월동기간 중 감량이 2.59kg으로 감량 비율은 9.5%였으나, 약군의 경우는 월동 전 봉군 무게가 22.73kg, 월동기간 중 감량이 2.57kg으로 감량 비율은 11.3%였다.

나. 실내월동 봉군의 폐사율

실내월동 봉군의 폐사율은 A 및 C농가의 봉군 만을 대상으로 조사되었고, B농가의 봉군은 제외되었는데, 그 이유는 B농가의 봉군이 1999년 3월 25일경 양봉장에 인접한 과수원에 살포된 농약의 피해로 낙봉이 많아서 폐사율 측정에 적합하지 않았기 때문이다.

1) A농가 봉군의 폐사율

A농가의 봉군은 1998년 11월 30일에 입고시켜 92일간 월동시킨 후 1999년 3월 2일에 출고시킨 것으로, 4월 20일에 조사된 봉군의 폐사율은 강군의 경우 합봉군이 2개군 발생하여 10%였으나 약군의 경우 합봉군이 1개군 발생하여 폐사율은 5%였다(표 3-26).

표 3-26. A농가에 있어서 월동봉군의 폐사율

구분	실내월동		입고시 봉군수	폐사+합봉 봉군수	폐사율 (%)
	기간	일수			
강군	98-11-30~99-03-02	92	20	0+2=2	10.0
약군	98-11-30~99-03-02	92	20	0+1=1	5.0

2) C농가 봉군의 폐사율

C농가의 봉군은 1998년 12월 10일에 입고시켜 81일간 월동시킨 후 1999년 3월 1일에 출고시킨 것으로, 4월 20일까지 강군에서는 폐사 봉군이 없었으나, 약군의 경우에는 합봉군이 1개군 발생하여 폐사율은 6.7%였다(표 3-27).

표 3-27. C농가에 있어서 월동봉군의 폐사율

구분	실내월동		입고시 봉군수	폐사+합봉 봉군수	폐사율 (%)
	기간	일수			
강군	98-12-10~99-03-01	81	15	0+0=0	0.0
약군	98-12-10~99-03-01	81	15	0+1=1	6.7

다. 월동 후 봉세

실내월동 봉군의 월동 후 봉세는 A 및 C농가의 봉군 만을 대상으로 조사되었고, B 농가의 봉군은 제외되었는데, 그 이유는 B농가의 봉군이 1999년 3월 25일경 양봉장에 인접한 과수원에 살포된 농약의 피해로 낙봉이 많아서 월동 후 봉세 측정에 적합하지 않았기 때문이다.

1) A농가 봉군의 월동 후 봉세

A농가에 있어서 월동 전 착봉 소비매수는 1998년 11월 30일 그리고 월동 후 착봉 소비 매수는 1999년 3월 2일에 조사되었다.

월동에 공시된 봉군은 3월 2일에 첫 내검을 하여 소비를 축소하고 화분떡을 공급하였고, 3월 16일과 3월 23일 그리고 3월 30일에 다시 화분떡을 공급하였다. 설탕액 사양은 4월 4일, 4월 15일 그리고 4월 19일 등 3회 실시하였다.

봉세가 늘어남에 따라 4월 4일부터 증소를 실시하였는데, 이동 양봉을 시작하기 전인 4월 20일까지 봉세를 조사한 성적은 표 3-28와 같다.

월동 포장 직전인 1998년 11월 30일에 조사한 월동 전 착봉 소비 매수는 강군과 약군 모두 5.1매였다. 1998년 11월 30일에 입고하여 92일 간 월동시킨 후 1999년 3월 2일에 출고된 봉군은 1999년 3월 2일 착봉 소비 매수가 강군의 경우 2.9매 그리

고 약군의 경우는 2.85매였고, 4월 20일 착봉 소비 매수는 강군의 경우 6.94매로서 월동 전 소비 매수 대비 봉세 증가율은 136.1%였으나 약군의 경우는 6.53매로서 봉세 증가율은 128%였다.

표 3-28. A농가에 있어서 월동 후 봉세

구분	실내월동		월동 전 소비매수	월동 후 소비매수	98-4-20 소비매수	봉세증가율 (%)
	기간	일수				
강군	98-11-30~99-03-02	92	5.10±0.30	2.90±0.77	6.94±1.13	136.1
약군	98-11-30~99-03-02	92	5.10±0.30	2.85±0.48	6.53±1.23	128.0

2) C농가 봉군의 월동 후 봉세

C농가는 1998년 12월 10일 입고하여 81일 간 월동시킨 후 1999년 3월 1일에 출고하여 첫 내검을 실시하고 소비를 축소하였다. 1999년 3월 3일에 화분을 급여하고 설탕액을 사양하였으며, 이후 4월 2일과 4월 10일에 다시 화분을 보충 급여하고 설탕 사양을 실시하였다.

1999년 4월 2일부터 증소를 시작하여 이동 양봉을 시작하기 전인 4월 20일까지 봉세를 조사한 성적은 표 3-29와 같다.

표 3-29. C농가에 있어서 월동 후 봉세

구분	실내월동		월동 전 소비매수	월동 후 소비매수	98-4-20 소비매수	봉세증가율 (%)
	기간	일수				
강군	98-12-10~99-03-01	81	5.13±0.34	2.27±0.44	6.20±0.54	120.9
약군	98-12-10~99-03-01	81	5.00±0.00	2.07±0.44	5.53±0.96	104.2

표 3-29에 나타난 바와 같이, 강군의 경우 월동 전 착봉 소비 매수가 5.13매, 월동 후 착봉 소비 매수가 2.27매 그리고 1999년 4월 20일 착봉 소비 매수가 6.20매로서 월동 전 소비 매수 대비 봉세 증가율은 120.9%였다. 그러나 약군의 경우 월동 전 착봉 소비 매수가 5매, 월동 후 착봉 소비 매수가 2.07매 그리고 1999년 4월 20일 착봉 소비 매수가 5.53매로서 봉세 증가율은 104.2%였다.

라. 질병 감염 상태

봉병의 예방 및 치료를 목적으로 A농가는 1999년 4월 4일 그리고 C농가는 3월 1일에 아피스탄을 소비 사이에 삽입하였는데, 두농가의 봉군에서는 모두 봉병이 발견되지 않았다.

4. 결과 및 고찰

가. 실내월동 봉군의 월동능력

저온양봉사에서 실내월동시킨 봉군의 월동능력을 월동기간 중 봉군 무게 감량과 월동 전 무게 대비 감량 비율로 나타내어 강·약군 별 및 각 농가 별로 비교한 것은 표 3-30과 같다.

A농가는 공시 봉군을 1998년 11월 30일에 입고하여 92일간 실내 월동시킨 후 1999년 3월 2일에 출고시켰는데, 강군의 경우 봉군의 월동 중 감량이 2.62kg으로 감량 비율이 10.6%였고, 약군의 경우는 봉군의 월동 중 감량이 2.52kg으로 감량 비율이 11.7%로서 강군의 월동능력이 우수하였다.

B농가는 월동 봉군을 1998년 12월 20일에 입고하여 71일간 실내 월동시킨 후 1999년 3월 1일에 출고시킨 경우로서, 강군은 월동 중 감량이 1.8kg으로 감량 비율

이 7%였고, 약군은 월동 중 감량이 1.61kg으로 감량 비율이 7%로서 강군과 약군 간에 차이가 없었다.

C농가는 월동 봉군을 1998년 12월 10일에 입고하여 81일간 실내 월동시킨 후 1999년 3월 1일에 출고시킨 경우로서, 강군은 월동 중 감량이 2.59kg으로 감량 비율이 9.5%였고, 약군은 월동 중 감량이 2.57kg으로 감량 비율이 11.3%로서 강군의 월동능력이 우수한 것으로 나타났다.

표 3-30. 농가 별 봉군의 월동능력 비교

농가	실내월동		공시 봉군수		월동중 감량 (kg)			감량비율 (%)		
	기간	일수	강군	약군	강군	약군	평균	강군	약군	평균
A	98-11-30~99-03-02	92	20	20	2.62	2.52	2.57	10.6	11.7	11.2
B	98-12-20~99-03-01	71	15	15	1.80	1.61	1.70	7.0	7.0	7.0
C	98-12-10~99-03-01	81	15	15	2.59	2.57	2.58	9.5	11.3	10.4
계 또는 평균	---	---	50	50	2.37	2.26	2.32	9.2	10.2	9.7

실내월동 봉군 100군의 평균 감량 비율은 9.7%였고, 이를 실내월동 기간 별로 비교하여 보면, 강군의 경우는 1998년 11월 30일에 입고하여 92일간 실내 월동시킨 후 1999년 3월 2일에 출고시킨 봉군의 감량 비율이 10.6% 그리고 1998년 12월 10일에 입고하여 81일간 실내 월동시킨 후 1999년 3월 1일에 출고시킨 봉군의 감량 비율이 9.5%였는데, 이는 본 연구의 시험 2에 나타난 바와 같이 1997년 11월 20일에 입고시킨 강군의 감량 비율 10.7%와 비슷한 성적이다. 그러나 1998년 12월 20일에 입고하여 71일간 실내 월동시킨 후 1999년 3월 1일에 출고시킨 봉군의 감량 비율이 7%로 낮게 나타난 것은 해석하기가 어렵다.

그러나 이러한 실내월동 기간에 따른 봉군의 월동능력의 차이로 보아 영주 지방

에 있어서 봉군을 실내월동시킬 때 적당한 입고 시기는 11월 하순에서 12월 초순이고, 출고 시기는 이듬해 3월 초라고 판단된다.

그러나 실내월동 봉군 100군의 평균 감량 비율은 9.7%를 강군과 약군 별로 비교하여 보면, 강군은 9.2% 그리고 약군은 10.2%로서 강군의 월동능력이 우수한 것으로 나타났는 바, 이는 봉세가 강한 월동 봉군의 월동능력이 우수하다고 한 Ferracane(1987)의 보고와 일치한다.

나. 실내월동 봉군의 폐사율 및 월동 후 봉세 증가율

저온양봉사에서 실내월동시킨 봉군의 폐사율 및 월동 후 봉세 증가율을 강·약군 별 및 각 농가 별로 비교한 것은 표 3-31과 같다.

표 3-31. 농가 별 월동 봉군의 폐사율 및 봉세 증가율 비교

농가	실내월동		공시 봉군수		폐사율(%)			봉세 증가율(%)		
	기간	일수	강군	약군	강군	약군	평균	강군	약군	평균
A	98-11-30~99-03-02	92	20	20	10.0	5.0	7.5	136.1	128.0	132.1
C	98-12-10~99-03-01	81	15	15	0.0	6.7	3.4	120.9	104.2	112.6
계 또는 평균	---	---	35	35	5.7	5.7	5.7	129.6	117.8	123.7

폐사율을 보면, A농가의 봉군은 1998년 11월 30일 입고하여 92일간 실내 월동시킨 후 1999년 3월 2일 출고시킨 경우에 강군에서 2개군의 합봉군이 발생하여 폐사율은 10%였고, 약군에서도 1개군의 합봉군이 발생하여 폐사율은 5%였는데 강·약군의 평균 폐사율은 7.5%로서, 이 농가에서 1997년 11월 20일 입고하여 102일간 실

내 월동시킨 후 1998년 3월 2일 출고시킨 경우에 강·약군의 평균 폐사율이 6.7%와 비슷하였다.

그러나 C농가의 봉군에 있어서는 강군의 경우 폐사 봉군이 없었으나, 약군에서는 합봉군이 1개군 강·약군의 평균 폐사율은 3.4%로 나타났는데, 이는 봉군의 실내월동으로 폐사율을 크게 저하시킬 수 있음을 나타낸다고 하겠다.

실내월동 봉군 70군의 평균 폐사율은 5.7%였고, 이를 강군과 약군 별로 나누어 보면 강군과 약군 모두 폐사율이 5.7%였다..

실내월동 봉군의 월동 후 봉세 증가율을 보면, A농가 봉군의 경우 1998년 11월 30일 입고하여 92일간 실내 월동시킨 후 1999년 3월 2일 출고시킨 봉군의 월동 후 봉세 증가율은 강군에서 136.1% 그리고 약군에서 128%로서 강군의 봉세 증가가 빨랐다(표 3-31). 1998년 12월 10일 입고하여 81일간 실내 월동시킨 후 1999년 3월 1일 출고시킨 C농가 봉군의 월동 후 봉세 증가율은 강군에서 120.9% 그리고 약군에서 104.2%로서 강군의 봉세 증가가 빨랐다(표 3-31).

실내월동 봉군 70군의 평균 봉세 증가율은 123.7%였고, 이를 강군과 약군 별로 나누어 보면 강군은 129.6% 그리고 약군은 117.8%로서 강군의 봉세 증가율이 약군에 비하여 빠른 것으로 나타났다.

이러한 실내월동 기간에 따른 봉군의 봉세 증가율의 차이는 영주 지방에 있어서 봉군을 실내월동시킬 때 적당한 입고 및 출고 시기를 나타내는 것으로, 11월 말에 입고시켜 이듬해 3월 초에 출고시킨 봉군이 월동 후 봉세 증가율도 빠르다는 것을 나타낸다고 하겠다.

다. 질병 감염 상태

봉병의 예방 및 치료를 목적으로 A농가는 1999년 4월 4일 그리고 C농가는 3월 1일에 아피스탄을 소비 사이에 삼입하였는데, 두농가의 봉군에서는 모두 봉병이 발견되지 않았다.

이상의 결과를 요약하면, 실내월동 봉군의 월동기간 중 봉군 무게 감량 비율은 평균 9.7%로서 강·약군 별 및 월동기간에 따른 차이는 없었다. 그리고 폐사율에 있어서는 전체 평균 폐사율은 5.7%, 강군의 폐사율은 5.7% 그리고 약군의 폐사율은 5.7%로서 강·약군 간에 차이가 없었고, 실내월동 기간 별로도 차이가 없었다. 그러나 월동 후 봉군의 봉세 증가율에 있어서는 전체 평균 증가율이 123.7%, 강군의 증가율이 129.6% 그리고 약군의 증가율이 117.8%로서 강·약군 간에 차이가 있었고, 월동기간에 있어도 1998년 11월 30일에 입고하여 92일간 실내 월동시킨 후 1999년 3월 2일에 출고시킨 봉군의 봉세 증가율이 132.1%로서, 1998년 12월 10일에 입고하여 81일간 실내 월동시킨 후 1999년 3월 1일에 출고시킨 봉군의 봉세 증가율 112.6%보다 높았다.

따라서 영주지방의 봉군을 실내에서 월동시키기에 적당한 봉군 입고 시기는 11월 말이고 출고 시기는 이듬해 3월 초라고 판단된다.

제4절 결 론

1. 영주시 단산면 병산리에 1996년 12월 19일 저온양봉사를 착공하여 1997년 1월 10일 저온양봉사 30m²를 2.88m 높이(7.2×4.2×2.88=87m³)로 건축하였다. 그리고 1월 24일에 저온양봉사의 환기시스템 설비 공사를 착공하여 1월 31일에 완공하였고, 2월 19일에 온·습도 자동계측 장치를 설치하였다. 저온양봉사 내부의 균

일한 온·습도 유지 및 환기를 위하여 환기팬을 설치하였는데, 작동 방법은 외기온이 6℃ 이하인 경우에는 30분마다 3분씩 작동하고 6℃ 보다 높으면 연속적으로 환기팬을 작동시켰다. 1997년 2월 21일에 저온양봉사 안에 120군의 봉군을 입고하여 3월 8일에 1차로 출고, 3월 14일에 2차로 출고하였던 바, 저온양봉사는 봉군의 실내 월동에 비교적 알맞는 환경을 제공하였다. 그러나 외계 온도가 17℃ 이상되는 3월 4일 이후에는 저온양봉사 내부 온도가 9℃ 이상으로 상승하여 꿀벌의 실내월동에 적당하지 않았기 때문에, 실내월동 봉군은 3월 4일 이전에 출고함이 좋은 것으로 밝혀졌으나, 3월 4일 이전에도 저온양봉사 내부의 최고 온도가 9.4℃~12.4℃로 상승한 일수가 8일이나 되어서 저온양봉사 내부의 최고 온도를 9℃ 이하로 유지할 수 있는 대책이 필요한 것으로 밝혀졌다.

2. 1997년~1998년 동계 기간의 실내월동에서는 환기팬의 작동 방법을 개선하여 외기온이 9℃ 보다 높으면 30분마다 3분씩 작동시켜 환기량이 최소가 되도록하였고, 외계 온도가 9℃ 이하이나 저온양봉사 내부의 온도가 6℃ 이하일 때도 30분에 3분씩 작동시켜 환기량이 최소가 되도록하였으나, 외계 온도가 9℃ 이하이나 저온양봉사 내부의 온도가 6℃ 보다 높을 때는 연속적으로 작동시켜 환기량이 최대가 되도록하였던 바, 저온양봉사는 봉군의 실내월동에 알맞는 환경을 제공하는 것으로 나타났다.

3. 봉군의 실내월동 기간 중 무게 감량 비율을 보면, 1997년~1998년 동계기간 중에는 전체 평균이 11%로서, 강군이 11.1% 그리고 약군이 10.8%였으며, 실내월동 기간에 있어서는 1997년 11월 20일에 입고하여 102일간 실내 월동시킨 후 1998년 3월 2일에 출고시킨 봉군의 무게 감량 비율이 10.5%로서 우수하였다.

1998년~1999년 동계기간 중에는 전체 평균이 9.7%로서, 강군이 9.2% 그리고 약군이 10.2%였으며, 실내월동 기간에 있어서는 1998년 12월 10일에 입고하여 81일

간 실내 월동시킨 후 1999년 3월 1일에 출고시킨 봉군의 무게 감량 비율이 10.4%로서 우수하였다.

4. 월동 봉군의 폐사율을 보면, 1996년~1997년 동계기간 중에는 1996년 11월 29일부터 1997년 3월 8일까지 99일간 실외월동된 봉군의 폐사율은 15%였다. 그리고 1997년~1998년 동계기간 중에는 실내월동시킨 전체 봉군의 평균 폐사율이 6%로서, 강군이 1.9% 그리고 약군이 10.4%였으며, 실내월동 기간에 있어서는 1997년 12월 27일에 입고하여 62일간 실내 월동시킨 후 1998년 2월 27일에 출고시킨 봉군의 폐사율이 3.3%로서 가장 낮았다.

1998년~1999년 동계기간 중에는 실내월동시킨 전체 봉군의 평균 폐사율이 5.7%로서, 강·약군 모두 5.7%로 차이가 없었으며, 실내월동 기간에 있어서는 1998년 12월 10일에 입고하여 81일간 실내 월동시킨 후 1999년 3월 1일에 출고시킨 봉군의 폐사율이 3.4%로서 가장 낮았다.

5. 월동 후 봉세 증가율을 보면, 1996년~1997년 동계기간 중에는 1996년 11월 29일부터 1997년 3월 8일까지 99일간 실외월동된 봉군의 월동 후 봉세 증가율은 95.4%였다. 그리고 1997년~1998년 동계기간 중에는 실내월동시킨 전체 봉군의 월동 후 봉세 증가율은 130.1%로서, 강군이 134% 그리고 약군이 125.9%였으며, 실내월동 기간에 있어서는 1997년 11월 20일에 입고하여 102일간 실내 월동시킨 후 1998년 3월 2일에 출고시킨 봉군의 월동 후 봉세 증가율이 139.5%로서 가장 높았다.

1998년~1999년 동계기간 중에는 실내월동시킨 전체 봉군의 월동 후 봉세 증가율 123.7%로서, 강군이 129.6% 그리고 약군이 117.8%였으며, 실내월동 기간에 있어서는 1997년 11월 30일에 입고하여 92일간 실내 월동시킨 후 1999년 3월 2일에 출고시킨 봉군의 월동 후 봉세 증가율이 132.1%로서 가장 높았다.

제 4 장 중·북부 지방의 봉군 월동 시험

제1절 1996~1997년 기간 중 용인 지방의 봉군 월동 시험

1. 서 론

용인은 우리 나라의 중·북부에 위치하고 있는데, 기후 변화가 심하고 일교차도 크게 나타나서 봉군의 월동 관리에 어려움이 있는 지역으로 대부분의 양봉가는 월동 포장된 봉군을 노지에서 월동시키고 있다.

월동기간 중 갑작스럽게 기온이 변하게 되면 벌통 안에 형성되어 있는 봉구는 수축과 팽창을 반복하게 되어 저장된 꿀의 소비가 많아지게 되고, 외계 온도가 크게 떨어져서 봉구가 더욱 밀집되면 꿀벌은 저밀권과 떨어지게 되어 굶어 죽게 되기 때문에(유영수, 1995a; Furgala and MaCutcheon, 1993; Sammataro and Avitable, 1978), 월동 기간 중 외계의 극심한 온도 변화로부터 꿀벌을 보호하기 위하여 월동 포장을 하게 된다.

월동 기간 중 추위와 눈 및 비 등으로부터 봉군을 보호하기 위하여 대부분의 양봉가는 보온 덮개와 비닐 및 천막 천 등으로 봉군을 싸게 되는데, 이러한 포장 방법으로는 벌통 안에서 꿀벌이 꿀을 먹고 열을 발생시킬 때 생기는 수분과 탄산가스를 벌통 밖으로 배출시키기가 어렵게되어 불합리한 월동 포장은 오히려 꿀벌에게 해를 끼치게 된다(Dyce and Morse, 1960; Furgala and MaCutcheon, 1993; Sammataro and Avitable, 1978; Ferracane, 1987).

따라서 본 연구는 기후 변화가 심하고 일교차도 크게 나타나는 용인 지방에서 실외월동시키는 봉군의 월동 상태 등을 조사하여 봉군 월동 기술을 확립에 필요한 자료를 얻고자 수행되었다.

2. 재료 및 방법

가. 공시 장소: 용인시 원상면 맹리 소재 양봉장

나. 공시 봉군: 서양종 봉군 50군을 공시하였다.

다. 실외월동 방법

1996년 12월 12일에 노지에 봉군을 배치한 다음 봉군 사이에는 벗짚을 넣고 봉군을 보온 덮개로 2~3겹 감싼 후에 외부를 천막천으로 포장하였고, 월동 봉군은 1997년 2월 24일 월동 포장을 해제하였다.

라. 조사 항목

1) 월동능력

저온양봉사 입고시 봉군 무게와 출고시 봉군 무게 차이로 측정한다(강 등, 1995a; Sugden and Furgala, 1982; 최, 1994)

2) 폐사율

각처리 별로 시험개시 시 봉군수에 대한 폐사된 봉군수의 백분율로 나타낸다. 폐사는 되지 아니하여도 약군으로 합병의 대상이 되는 봉군도 폐사군수에 포함시켰다 (Pedersen, 1996).

3) 월동후 봉세

내검시 꿀벌이 잘 밀집되어 있는 소비 매수로 조사하여, 월동 전 소비 매수에 대한 4월 하순 소비 매수의 백분비로 표시하였다. 착봉 소비 매수 조사시에 벌이 조금 붙어 있는 소비는 포함시키지 아니하였고, 벌통 내부의 벽면과 바닥에 붙어 있는 벌도 포함시키지 않았다(최, 1994).

3. 결과 및 고찰

가. 월동 봉군의 폐사율 및 월동 능력

1996년 12월 12일 월동 포장하여 74일간 실외월동시킨 후 1997년 2월 24일 월동 포장을 해제하였는데, 공시 봉군의 월동 능력 및 폐사율은 표 4-1과 같다.

표 4-1. 월동 봉군의 폐사율 및 월동 능력

구분	단위	월동 전(A) (1996-12-12)	월동 후(B) (1997-2-24)	차이(A-B)
봉군 수	군	50	45	5
봉군 무게	kg	21.03±3.05	18.00±2.77	3.19

표 4-1에 나타난 바와 같이 폐사 봉군은 5군으로 폐사율은 10%이었다. 본 연구에서 실외월동 봉군의 폐사율이 10%로 나타난 것은 1996~1997년 월동기간중 영주 지방에 있어서 실외월동 봉군의 폐사율 15%에 비하여 낮게 나타났는 바, 이는 월동전 봉군 관리상의 차이로 생각된다.

월동 전 봉군의 평균 무게는 21.03kg, 월동 후 봉군의 평균 무게는 18.00kg으로서

실외월동 기간 중 봉군 무게 감량은 3.19kg였으며, 월동 기간 중 봉군 무게 감량 비율은 15.2%였다. 최와 박(1990)은 1988~1989년 월동기간 중 대구에서 실외월동 된 봉군의 무게감량은 2.9kg로서 감량비율은 12.3%라고 보고하였는 바, 본 연구에서의 월동기간중 감량 3.19kg 및 월동기간중 감량비율 15.2%는 최와 박(1990)의 보고에 비하여 월동기간 중 감량이 약간 큰 것으로 나타났는데, 이는 월동전 봉군 관리상의 차이로 생각된다.

나. 월동 봉군의 월동 후 봉세

월동전 봉군당 평균 소비수는 4.62매 이었으나 월동후 봉군당 평균 소비수는 3.11매였고, 1997년 4월 27일 현재 봉군당 평균 소비수는 6.82매로서 월동전에 비하여 봉세 증가율은 147.6%로 나타났다(표 4-2).

표 4-2. 월동 봉군의 월동 후 봉세

월동 전 소비매수	월동 후 소비매수	97-4-27 소비매수	봉세증가율 (%)
4.62±1.47	3.11±0.88	6.82±1.70	147.6

본 연구에서 봉세 증가율이 147.6%로 나타난 것은 동일한 월동기간의 영주지방에 있어서 봉세 증가율 95.4%에 비하여 높게 나타났는 바, 이 차이는 용인지방의 봉군은 1997년 4월 27일에 봉세를 조사한 것이고 영주지방의 봉군은 1997년 4월 18일에 측정된 것으로 봉세 측정일자의 상이함에 기인한 것으로 판단된다.

제2절 1997~1998년 기간 중 용인 지방의 봉군 월동 시험

1. 서 론

용인 지방은 우리 나라의 중·북부에 위치하여 동계 기간이 길고 동계 기간 중에 기온의 변화가 심하여 봉군의 실내 월동이 요청되는 지역이다. 우리 나라에서 봉군을 실내월동시키기 위하여 온·습도가 자동 조절되는 저온양봉사를 건축하여 봉군의 실내월동에 이용한 것은 1996~1997년 동계 기간 중 경북 영주가 처음이다. 본 연구에서는 영주에 건축된 저온양봉사와 같은 저온양봉사를 용인에 건축하여, 용인 지방에서 봉군을 실내월동시켰을 때 제기된 문제점을 해결하고, 실내월동 시 강군과 약군의 효과 그리고 용인 지방에 알맞는 입·출고 시기 결정 등 저온양봉사를 봉군의 실내월동에 이용할 수 있는 봉군 월동 기술을 확립하고자 수행되었다.

2. 재료 및 방법

가. 공시 장소: 용인시 원상면 맵리 소재 양봉장

나. 저온양봉사 건축 및 환기팬 작동에 의한 저온양봉사 내부의 온도 조절

1997년 9월 21일부터 1997년 10월 4일 기간에 저온양봉사 건축과 저온양봉사의 환기시스템 설비 공사를 완공하였다. 저온양봉사의 크기는 $7.2\text{m} \times 4.2\text{m} \times 2.88\text{m} = 87\text{m}^3$ 로 건축하고, 환기팬의 작동 방법은 저온양봉사 내부온도가 6°C 보다 높을 때는 연속적으로 그리고 6°C 이하인 경우에는 30분 마다 3분씩 환기팬을 작동하도록 하였다.

다. 공시 봉군 및 실내월동 방법

서양종 봉군 140군을 용인시 원상면 맹리에 있는 양봉농가로부터 임대하여 110군은 저온양봉사에서 실내월동시험에 공시하고, 30군은 실외월동 시험에 공시하였다(표 4-3).

공시 봉군은 강군과 약군으로 구분하였고, 강군과 약군은 각각 실내월동 기간에 따라 4가지 실내월동 방법으로 구분되었다. 실내월동-1은 1997년 11월 19일에 입고하여 62일 간 실내월동시킨 후 1998년 1월 20일에 출고하는 실내월동 방법이고, 실내월동-2는 1997년 11월 19일에 입고하여 98일 간 실내월동시킨 후 1998년 2월 25일에 출고하는 실내월동 방법이다. 실내월동-3은 1997년 12월 18일에 입고하여 33일 간 실내월동시킨 후 1998년 1월 20일에 출고하는 실내월동 방법이고, 실내월동-4는 1997년 12월 18일에 입고하여 68일 간 실내월동시킨 후 1998년 2월 25일에 출고하는 실내월동 방법이다. 실외월동은 1997년 11월 19일 노지에 봉군을 배치한 다음에 봉군 사이에는 볏짚을 넣고 봉군을 보온 덮개로 2~3겹 감싼 후에 외부를 천막천으로 포장하였고, 월동 봉군은 1998년 2월 25일에 월동 포장을 해제하였다(표 4-3).

표 4-3. 봉군의 강·약군 별 및 월동 기간에 따른 공시 봉군수

구분	월동방법	월동기간	월동 일수	공시 봉군수
강군	실내월동-1	97-11-19~98-01-20	62	10
	실내월동-2	97-11-19~98-02-25	98	20
	실내월동-3	97-12-18~98-01-20	33	5
	실내월동-4	97-12-18~98-02-25	68	20
	소 계			---
약군	실내월동-1	97-11-19~98-01-20	62	10
	실내월동-2	97-11-19~98-02-25	98	20
	실내월동-3	97-12-18~98-01-20	33	5
	실내월동-4	97-12-18~98-02-25	68	20
	소 계			---
실내월동		합계	---	110
실외 월동		97-11-19~98-02-25	98	30

라. 조사 항목

1) 월동능력

저온양봉사 입고시 봉군 무게와 출고시 봉군 무게 차이로 측정한다(강 등, 1995a; Sugden and Furgala, 1982; 최, 1994)

2) 폐사율

각처리 별로 시험개시 시 봉군수에 대한 폐사된 봉군수의 백분율로 나타낸다. 폐사는 되지 아니하여도 약군으로 합병의 대상이 되는 봉군도 폐사군수에 포함시켰다 (Pedersen, 1996).

3) 월동후 봉세

내검시 꿀벌이 잘 밀집되어 있는 소비 매수로 조사하여, 월동 전 소비 매수에 대한 4월 하순 소비 매수의 백분비로 표시하였다. 착봉 소비 매수 조사시에 벌이 조금 붙어 있는 소비는 포함시키지 아니하였고, 벌통 내부의 벽면과 바닥에 붙어 있는 벌도 포함시키지 않았다(최, 1994).

3. 시험 성적

가. 봉군의 월동능력

공시군 140군을 실외월동과 실내월동으로 구분하고, 실내월동군은 다시 강군과

약군으로 구분하여 입고 시기와 출고 시기를 다르게 하였는데, 각 처리 별로 저온 양봉사에 출·입고한 날짜에 따른 봉군의 월동능력은 표 4-4와 같다.

표 4-4에 나타난 바와 같이 실외월동과 실내월동 시 봉군의 월동능력을 보면, 실외월동인 경우에는 1997년 11월 19일에 월동포장하여 99일간 월동시킨 후 1998년 2월 25일에 월동포장을 해제한 봉군으로 월동 전 무게가 21.97kg 그리고 실외월동 중 감량은 3.71kg으로 감량 비율은 16.9%였고, 실내월동 경우는 강·약군 및 기간의 차이 등이 있으나 110군의 평균 입고시 무게는 23.23kg 그리고 실내월동 중 감량은 3.26kg으로 감량 비율은 14.1%였다.

표 4-4. 봉군의 월동능력

구분	월동방법	월동기간	월동 일수	공시 봉군수	봉군 무게(kg)			봉군 무게감량 비율(%)	
					월동전	월동후	감량		
강군	실내월동-1	97-11-19~98-01-20	63	10	24.47	20.96	3.51	14.3	
	실내월동-2	97-11-19~98-02-25	99	20	24.58	21.27	3.31	13.5	
	실내월동-3	97-12-18~98-01-20	23	5	24.79	23.22	1.57	6.3	
	실내월동-4	97-12-18~98-02-25	69	20	23.31	19.82	3.49	15.0	
	계 또는 평균				55	24.12	20.86	3.26	13.5
약군	실내월동-1	97-11-19~98-01-20	63	10	21.70	18.22	3.48	16.0	
	실내월동-2	97-11-19~98-02-25	99	20	23.31	19.63	3.68	15.8	
	실내월동-3	97-12-18~98-01-20	23	5	20.80	19.67	1.13	5.4	
	실내월동-4	97-12-18~98-02-25	69	20	22.06	18.82	3.24	14.7	
	계 또는 평균				55	22.33	19.08	3.25	14.6
실내월동		계 또는 평균			110	23.23	19.97	3.26	14.1
실외 월동		97-11-19~98-02-25	99	30	21.97	18.26	3.71	16.9	

실내월동군을 강군과 약군으로 나누었던 바, 강군의 입고시 무게는 24.12kg 그리

고 실내월동 중 감량은 3.26kg으로 감량 비율은 13.5%였고, 약군의 입고시 무게는 22.33kg 그리고 실내월동 중 감량은 3.25kg으로 감량 비율은 14.6%였다.

실내월동군에 있어서 강군의 월동능력을 입고 시기와 출고 시기를 달리하여 조사 하였던 바, 1997년 11월 19일에 입고하여 62일간 실내월동시킨 후 1998년 1월 20일에 출고시킨 실내월동-1의 경우는 입고시 무게가 24.47kg 그리고 실내월동 중 감량은 3.51kg으로 감량 비율은 14.3%였고, 1997년 11월 19일에 입고하여 98일간 실내월동시킨 후 1998년 2월 25일에 출고시킨 실내월동-2의 경우는 입고시 무게가 24.58kg 그리고 실내월동 중 감량은 3.31kg으로 감량 비율은 13.5%였다. 그리고 1997년 12월 18일에 입고하여 33일간 실내월동시킨 후 1998년 1월 20일에 출고시킨 실내월동-3의 경우는 입고시 무게가 24.79kg 그리고 실내월동 중 감량은 1.57kg으로 감량 비율은 6.3%였고, 1997년 12월 18일에 입고하여 68일간 실내월동시킨 후 1998년 2월 25일에 출고시킨 실내월동-4의 경우는 입고시 무게가 23.31kg 그리고 실내월동 중 감량은 3.49kg으로 감량 비율은 15%였다.

실내월동군에 있어서 약군의 월동능력을 입고 시기와 출고 시기를 달리하여 조사 하였던 바, 1997년 11월 19일에 입고하여 62일간 실내월동시킨 후 1998년 1월 20일에 출고시킨 실내월동-1의 경우는 입고시 무게가 21.7kg 그리고 실내월동 중 감량은 3.48kg으로 감량 비율은 16%였고, 1997년 11월 19일에 입고하여 98일간 실내월동시킨 후 1998년 2월 25일에 출고시킨 실내월동-2의 경우는 입고시 무게가 23.31kg 그리고 실내월동 중 감량은 3.68kg으로 감량 비율은 15.8%였다. 그리고 1997년 12월 18일에 입고하여 33일간 실내월동시킨 후 1998년 1월 20일에 출고시킨 실내월동-3의 경우는 입고시 무게가 20.8kg 그리고 실내월동 중 감량은 1.13kg으로 감량 비율은 5.4%였고, 1997년 12월 18일에 입고하여 68일간 실내월동시킨 후 1998년 2월 25일에 출고시킨 실내월동-4의 경우는 입고시 무게가 22.06kg 그리고 실내월동 중 감량은 3.24kg으로 감량 비율은 14.7%였다.

나. 월동 봉군의 폐사율

공시군 140군을 실외월동과 실내월동으로 구분하고, 실내월동군은 다시 강군과 약군으로 구분하여 입고 시기와 출고 시기를 다르게 하였는데, 각 처리 별로 저온 양봉사에 출·입고한 날짜에 따른 월동 봉군의 폐사율은 표 4-5와 같다.

표 4-5. 월동 봉군의 폐사율

구분	월동방법	월동기간	월동 일수	월동시 봉군수	폐사+합봉 봉군수	폐사율 (%)
강군	실내월동-1	97-11-19~98-01-20	62	10	0+1=1	10.0
	실내월동-2	97-11-19~98-02-25	98	20	0+0=0	0.0
	실내월동-3	97-12-18~98-01-20	33	5	0+0=0	0.0
	실내월동-4	97-12-18~98-02-25	68	20	1+0=1	5.0
	계 또는 평균				55	1+1=2
약군	실내월동-1	97-11-19~98-01-20	62	10	1+0=1	10.0
	실내월동-2	97-11-19~98-02-25	98	20	0+0=0	0.0
	실내월동-3	97-12-18~98-01-20	33	5	0+0=0	0.0
	실내월동-4	97-12-18~98-02-25	68	20	1+1=2	10.0
	계 또는 평균				55	2+1=3
실내월동 계 또는 평균				110	3+2=5	4.5
실외 월동		97-11-19~98-02-25	98	30	2+1=3	10.0

표 4-5에 나타난 바와 같이 실외월동 봉군과 실내월동 봉군의 폐사율을 보면, 실외월동인 경우에는 1997년 11월 19일에 월동포장하여 99일간 월동시킨 후 1998년 2월 25일에 월동포장을 해제한 봉군으로 월동 기간 중 폐사 봉군 2군과 월동 후 합

붕군 1군이 발생하여 폐사율은 10%였으나, 실내월동인 경우에는 각 처리의 평균폐사율이 4.5%였다.

실내월동군을 강군과 약군으로 나누어 조사한 폐사율은 강군이 3.6% 그리고 약군이 5.5%였다.

실내월동군에 있어서 강군의 폐사율을 입고 시기와 출고 시기를 달리하여 조사하였던 바, 1997년 11월 19일에 입고하여 62일간 실내월동시킨 후 1998년 1월 20일에 출고시킨 실내월동-1의 폐사율은 10%였고, 1997년 11월 19일에 입고하여 98일간 실내월동시킨 후 1998년 2월 25일에 출고시킨 실내월동-2에서는 폐사 및 합붕군이 없었다. 그리고 1997년 12월 18일에 입고하여 33일간 실내월동시킨 후 1998년 1월 20일에 출고시킨 실내월동-3에서도 폐사 및 합붕군이 없었고, 1997년 12월 18일에 입고하여 68일간 실내월동시킨 후 1998년 2월 25일에 출고시킨 실내월동-4의 폐사율은 5%였다.

실내월동군에 있어서 약군의 폐사율을 입고 시기와 출고 시기를 달리하여 조사하였던 바, 1997년 11월 19일에 입고하여 62일간 실내월동시킨 후 1998년 1월 20일에 출고시킨 실내월동-1의 폐사율은 10%였고, 1997년 11월 19일에 입고하여 98일간 실내월동시킨 후 1998년 2월 25일에 출고시킨 실내월동-2에서는 폐사 및 합붕군이 없었다. 그리고 1997년 12월 18일에 입고하여 33일간 실내월동시킨 후 1998년 1월 20일에 출고시킨 실내월동-3에서도 폐사 및 합붕군이 없었고, 1997년 12월 18일에 입고하여 68일간 실내월동시킨 후 1998년 2월 25일에 출고시킨 실내월동-4의 폐사율은 10%였다.

다. 월동 후 봉세

공시군 140군을 실외월동과 실내월동으로 구분하고, 실내월동군은 다시 강군과

약군으로 구분하여 입고 시기와 출고 시기를 다르게 하였는데, 각 처리 별로 저온 양봉사에 출·입고한 날짜에 따른 봉군의 월동 후 봉세 증가율은 표 4-6과 같다.

표 4-6에 나타난 바와 같이 실외월동 봉군과 실내월동 봉군의 월동 후 봉세 증가율을 보면, 실외월동 봉군은 1997년 11월 19일에 월동포장하여 99일간 월동시킨 후 1998년 2월 25일에 월동포장을 해제한 봉군으로, 실외월동 봉군의 월동 후 봉세 증가율은 121.9%였으나, 실내월동인 경우에는 월동 후 봉세 증가율이 122.6%였다.

실내월동군을 강군과 약군으로 나누어 조사한 월동 후 봉세 증가율은 강군이 125.1% 그리고 약군이 120%였다.

실내월동군에 있어서 강군의 월동 후 봉세 증가율을 입고 시기와 출고 시기를 달리 하여 조사하였던 바, 1997년 11월 19일에 입고하여 62일간 실내월동시킨 후 1998년 1월 20일에 출고시킨 실내월동-1의 월동 후 봉세 증가율은 122.2%였고, 1997년 11월 19일에 입고하여 98일간 실내월동시킨 후 1998년 2월 25일에 출고시킨 실내월동-2의 월동 후 봉세 증가율은 129.5%였다. 그리고 1997년 12월 18일에 입고하여 33일간 실내월동시킨 후 1998년 1월 20일에 출고시킨 실내월동-3에서는 월동 후 봉세 증가율이 107.1%였고, 1997년 12월 18일에 입고하여 68일간 실내월동시킨 후 1998년 2월 25일에 출고시킨 실내월동-4의 월동 후 봉세증가율은 127.4%였다.

실내월동군에 있어서 약군의 봉세 증가율을 입고 시기와 출고 시기를 달리하여 조사하였던 바, 1997년 11월 19일에 입고하여 62일간 실내월동시킨 후 1998년 1월 20일에 출고시킨 실내월동-1의 봉세 증가율은 118.4%였고, 1997년 11월 19일에 입고하여 98일간 실내월동시킨 후 1998년 2월 25일에 출고시킨 실내월동-2의 봉세 증가율은 125%였다. 그리고 1997년 12월 18일에 입고하여 33일간 실내월동시킨 후 1998년 1월 20일에 출고시킨 실내월동-3의 봉세 증가율은 104.5%였고, 1997년 12월 18일에 입고하여 68일간 실내월동시킨 후 1998년 2월 25일에 출고시킨 실내월동-4의 봉세 증가율 119.8%였다.

표 4-6. 월동 봉군의 월동 후 봉세

구분	월동방법	월동기간	월동 일수	월동전 소비매수	월동후 소비매수	98-4-24 소비매수	봉세 증가율(%)	
강군	실내월동-1	97-11-19~98-01-20	62	5.40	2.60	6.60	122.2	
	실내월동-2	97-11-19~98-02-25	98	5.25	2.75	6.80	129.5	
	실내월동-3	97-12-18~98-01-20	33	5.60	2.60	6.00	107.1	
	실내월동-4	97-12-18~98-02-25	68	5.30	2.60	6.75	127.4	
	계 또는 평균				5.33	2.65	6.67	125.1
약군	실내월동-1	97-11-19~98-01-20	62	4.50	2.33	5.33	118.4	
	실내월동-2	97-11-19~98-02-25	98	4.40	2.50	5.50	125.0	
	실내월동-3	97-12-18~98-01-20	33	4.40	2.40	4.60	104.5	
	실내월동-4	97-12-18~98-02-25	68	4.45	2.32	5.33	119.8	
	계 또는 평균				4.44	2.39	5.33	120.0
실내월동		계 또는 평균			4.89	2.52	6.00	122.6
실외 월동		97-11-19~98-02-25	98	4.80	2.29	5.85	121.9	

4. 결과 및 고찰

가. 봉군의 월동능력

실외월동 봉군과 실내월동 봉군의 월동능력을 월동 기간 중 봉군 무게 감량 비율로 비교하여 보면, 실외월동 봉군의 감량 비율은 16.9%였고, 실내월동 경우는 강·약군 및 기간의 차이 등이 있으나 110군에 대한 평균 감량 비율은 14.1%였다(표 4-4).

실내월동군의 월동 중 감량 비율을 강군과 약군 별로 비교하여 보면, 강군은 13.5% 그리고 약군은 14.6%로서, 강군의 월동 기간 중 무게 감량 비율이 낮아서 강군의 월동능력이 우수한 것으로 나타났다.

실내월동군에 있어서 강·약군 별로 입고 시기와 출고 시기를 달리하여 월동능력을 조사한 성적에서, 33일간 월동시킨 실내월동-3의 경우는 비록 봉군의 무게 감량 비율이 5.4~6.3%로서 낮았으나 월동 일수가 33일간으로서 봉군의 월동에는 부적당한 기간이다. 다른 세 가지의 실내 월동 기간을 비교하여 보면, 1997년 11월 19일에 입고하여 98일간 실내월동시킨 후 1998년 2월 25일에 출고시킨 실내월동-2의 경우에 있어서 봉군 무게 감량 비율이 13.5~15.8%로서 낮은 경향을 보였다.

나. 월동 봉군의 폐사율

실외월동 봉군과 실내월동 봉군의 폐사율을 보면, 실외월동 봉군은 10% 그리고 실내월동 경우는 강·약군 및 기간의 차이 등이 있으나 110군에 대한 평균 폐사율은 4.5%로서, 실내월동 봉군의 폐사율이 낮았다.

실내월동군의 폐사율을 강군과 약군 별로 비교하여 보면, 강군은 3.6% 그리고 약군은 5.5%로서, 강군의 월동 기간 중 폐사율이 낮아서 강군이 우수한 것으로 나타났다.

실내월동 봉군에 있어서 강·약군 별로 입고 시기와 출고 시기를 달리하여 폐사율을 조사한 성적에서, 33일간 월동시킨 실내월동-3의 경우는 비록 폐사 봉군이 없었으나 월동 일수가 33일간으로서 봉군의 월동에는 부적당한 기간이다. 다른 세 가지의 실내 월동 기간을 비교하여 보면, 1997년 11월 19일에 입고하여 98일간 실내월동시킨 후 1998년 2월 25일에 출고시킨 실내월동-2의 경우에 있어서는 폐사 봉군이 전혀 없었으나, 실내월동-1은 강군에서 폐사율이 10% 그리고 실내월동-4는 약군에서 폐사율이 10%로서, 실내월동-2가 가장 우수하였다.

다. 월동 후 봉세

실외월동 봉군과 실내월동 봉군의 월동 후 봉세 증가율을 보면, 실외월동 봉군은

인 경우에는 1997년 11월 19일에 월동포장하여 99일간 월동시킨 후 1998년 2월 25일에 월동포장을 해제한 봉군으로 월동 후 봉세증가율은 121.9%였으나, 실내월동인 경우에는 월동 후 봉세증가율이 122.6%였다.

실내월동군을 강군과 약군으로 나누어 보면 월동 후 봉세증가율은 강군이 125.1% 그리고 약군이 120%였다.

실내월동 봉군에 있어서 강·약군 별로 입고 시기와 출고 시기를 달리하여 월동 후 봉세 증가율을 조사한 성적에서, 33일간 월동시킨 실내월동-3의 경우는 봉세 증가율이 극히 불량하여 강군의 경우는 107.1% 그리고 약군의 경우는 104.5%였으나, 1997년 11월 19일에 입고하여 98일간 실내월동시킨 후 1998년 2월 25일에 출고시킨 실내월동-2의 경우에 있어서 월동 후 봉세 증가율은 강군의 경우는 129.5% 그리고 약군의 경우도 125% 실외월동에 비하여 우수하였다.

이상의 결과를 요약하여 저온양봉사에서 실내월동된 봉군의 월동 성적을 실외월동 봉군과 비교하여 보면, 실내월동에 공시된 전체 봉군의 경우 월동 중 봉군 무게 감량 비율은 14.1%, 폐사율은 4.5% 그리고 월동 후 봉세 증가율은 122.6%로서, 실외월동의 16.9%, 10% 그리고 121.9%에 비하여 비교적 우수하였다. 그러나 용인 지방에 있어서 적당한 실내월동 기간이라고 판단되는 실내월동-2의 경우 즉 1997년 11월 19일에 입고하여 98일간 실내 월동시킨 후 1998년 2월 25일에 출고시킨 봉군의 월동 중 무게 감량은 강군이 13.5% 그리고 약군이 15.8%였고, 폐사 봉군은 강·약군에서 모두 발생되지 않았으며, 그리고 월동 후 봉세 증가율은 강군이 129.5% 그리고 약군이 125%로서 우수하였다.

제3절 1998~1999년 기간 중 용인 지방의 봉군 월동 시험

1. 서 론

용인 지방은 우리 나라의 중·북부에 위치하여 동계 기간이 길고 동계 기간 중에 기온의 변화가 심하여 봉군의 실내 월동이 요청되는 지역이다. 용인 지방에서 봉군의 실내월동 기술을 확립하기 위하여 1997년 9월 21일부터 1997년 10월 4일 기간에 저온양봉사 건축과 저온양봉사의 환기시스템 설비 공사를 완공하였고, 1997년 11월 19일부터 저온양봉사를 이용하여 봉군을 실내월동시켰던 바, 실내월동에 공시된 전체 봉군의 경우 월동 중 봉군 무게 감량 비율은 14.1%, 폐사율은 4.5% 그리고 월동 후 봉세 증가율은 122.6%로서, 실외월동의 16.9%, 10% 그리고 121.9%에 비하여 비교적 우수하였다. 그러나 1997년 11월 19일에 입고하여 98일간 실내 월동시킨 후 1998년 2월 25일에 출고시킨 봉군의 월동 중 무게 감량은 강군이 13.5% 그리고 약군이 15.8%였고, 폐사 봉군은 강·약군에서 모두 발생되지 않았으며, 그리고 월동 후 봉세 증가율은 강군이 129.5% 그리고 약군이 125%로서 우수하였다.

따라서 본 연구는 용인 지방에서 봉군을 실내월동시키는 2년차 반복시험으로서, 실내월동시 강군과 약군의 효과 그리고 용인 지방에 알맞는 입·출고 시기 결정 등 저온양봉사를 봉군의 실내월동에 이용할 수 있는 봉군 월동 기술을 확립하고자 수행되었다.

2. 재료 및 방법

가. 공시 장소: 용인시 원상면 맵리 소재 양봉장

나. 환기팬 작동에 의한 저온양봉사 내부의 온도 조절

저온양봉사는 내부의 균일한 온도 유지 및 환기를 위하여 환기 팬을 설치하였는

데, 작동 방법은 저온양봉사 내부온도가 6℃ 이하인 경우에는 30분마다 3분씩 작동시켜 환기량이 최소가 되도록하였고, 저온양봉사 내부온도가 6℃ 보다 높으면 연속적으로 작동시켜 환기량이 최대가 되도록하였다.

다. 공시 봉군 및 실내월동 방법

서양종 봉군 122군 가운데서, 102군을 실내월동시험에 공시하고 20군은 실외월동 시험에 공시하였다(표 4-7).

공시 봉군은 강군과 약군으로 구분하였고, 강군과 약군은 각각 실내월동 기간에 따라 가지 실내월동 방법으로 구분되었다. 실내월동-1은 1998년 12월 2일에 입고하여 91일 간 실내월동시킨 후 1999년 3월 3일에 출고하는 실내월동 방법이고. 실내월동-2는 1998년 12월 13일에 입고하여 81일 간 실내월동시킨 후 1999년 3월 4일에 출고하는 실내월동 방법이다. 실외월동은 1998년 12월 2일 노지에 봉군을 배치한 다음에 봉군 사이에는 벚짚을 넣고 봉군을 보온 덮개로 2~3겹 감싼 후에 외부를 천막천으로 포장하였고, 월동 봉군은 1999년 3월 3일에 월동 포장을 해제하였다(표 4-7).

표 4-7. 봉군의 강·약군 별 및 월동 기간에 따른 공시 봉군수

구분	월동방법	월동기간	월동일수	공시봉군수
강군	실내월동-1	98-12-02~99-03-03	91	30
	실내월동-2	98-12-13~98-03-04	81	20
	계			50
약군	실내월동-1	98-12-02~99-03-03	91	32
	실내월동-2	98-12-13~98-03-04	81	20
	계			52
실내월동 계				102
실외 월동		98-12-02~99-03-03	91	20

라. 조사 항목

1) 월동능력

저온양봉사 입고시 봉군 무게와 출고시 봉군 무게 차이로 측정한다(강 등, 1995a; Sugden and Furgala, 1982; 최, 1994)

2) 폐사율

각처리 별로 시험개시 시 봉군수에 대한 폐사된 봉군수의 백분율로 나타낸다. 폐사는 되지 아니하여도 약군으로 합병의 대상이 되는 봉군도 폐사군수에 포함시켰다 (Pedersen, 1996).

3) 월동후 봉세

내검시 꿀벌이 잘 밀집되어 있는 소비 매수로 조사하여, 월동 전 소비 매수에 대한 4월 하순 소비 매수의 백분비로 표시하였다. 착봉 소비 매수 조사시에 벌이 조금 붙어 있는 소비는 포함시키지 아니하였고, 벌통 내부의 벽면과 바닥에 붙어 있는 벌도 포함시키지 않았다(최, 1994).

3. 시험 성적

가. 봉군의 월동능력

공시군 140군을 실외월동과 실내월동으로 구분하고, 실내월동군은 다시 강군과

약군으로 구분하여 입고 시기와 출고 시기를 다르게 하였는데, 각 처리 별로 저온 양봉사에 출·입고한 날짜에 따른 봉군의 월동능력은 표 4-8과 같다.

표 4-8. 봉군의 월동능력

구분	월동방법	월동기간	월동일수	공시봉군수	봉군 무게(kg)			봉군 무게감량비율(%)
					월동전	월동후	감량	
강군	실내월동-1	98-12-02~99-03-03	91	30	27.56	24.94	2.62	9.5
	실내월동-2	98-12-13~98-03-04	81	20	28.99	24.24	4.75	16.4
	계 또는 평균			50	28.13	24.66	3.47	12.3
약군	실내월동-1	98-12-02~99-03-03	91	32	27.54	23.62	3.92	14.2
	실내월동-2	98-12-13~98-03-04	81	20	24.31	20.10	4.21	17.3
	계 또는 평균			52	26.30	22.27	4.03	15.3
실내월동		계 또는 평균		102	27.20	23.44	3.76	13.8
실외 월동		98-12-02~99-03-03	91	20	24.47	20.80	3.67	15.0

표 4-8에 나타난 바와 같이 실외월동 봉군과 실내월동 봉군의 월동능력을 보면, 실외월동인 경우에는 1998년 12월 2일에 월동포장하여 91일간 월동시킨 후 1999년 3월 3일에 월동포장을 해제한 봉군으로 월동 전 무게가 24.47kg 그리고 실외월동 중 감량은 3.67kg으로 감량 비율은 15%였고, 실내월동 경우는 강·약군 및 기간의 차이 등이 있으나 102군의 평균 입고시 무게는 27.2kg 그리고 실내월동 중 감량은 3.76kg으로 감량 비율은 13.8%였다.

실내월동군을 강군과 약군으로 나누었던 바, 강군의 입고시 무게는 28.13kg 그리고 실내월동 중 감량은 3.47kg으로 감량 비율은 12.3%였고, 약군의 입고시 무게는 26.3kg 그리고 실내월동 중 감량은 4.03kg으로 감량 비율은 15.3%였다.

실내월동군에 있어서 강군의 월동능력을 입고 시기와 출고 시기를 달리하여 조사 하였던 바, 1998년 12월 2일에 입고하여 91일간 실내월동시킨 후 1999년 3월 3일에

출고시킨 실내월동-1의 경우는 입고시 무게가 27.56kg 그리고 실내월동 중 감량은 2.62kg으로 감량 비율은 9.5%였고, 1998년 12월 13일에 입고하여 81일간 실내월동시킨 후 1999년 3월 4일에 출고시킨 실내월동-2의 경우는 입고시 무게가 28.99kg 그리고 실내월동 중 감량은 4.75kg으로 감량 비율은 16.4%였다. 그리고 약군의 경우는, 1998년 12월 2일에 입고하여 91일간 실내월동시킨 후 1999년 3월 3일에 출고시킨 실내월동-1의 경우는 입고시 무게가 27.54kg 그리고 실내월동 중 감량은 3.92kg으로 감량 비율은 14.2%였고, 1998년 12월 13일에 입고하여 81일간 실내월동시킨 후 1999년 3월 4일에 출고시킨 실내월동-2의 경우는 입고시 무게가 26.3kg 그리고 실내월동 중 감량은 4.03kg으로 감량 비율은 15%였다.

나. 월동 봉군의 폐사율

공시군 140군을 실외월동과 실내월동으로 구분하고, 실내월동군은 다시 강군과 약군으로 구분하여 입고 시기와 출고 시기를 다르게 하였는데, 각 처리 별로 저온 양봉사에 출·입고한 날짜에 따른 월동 봉군의 폐사율은 표 4-9와 같다.

표 4-8에 나타난 바와 같이 실외월동 봉군과 실내월동 봉군의 폐사율을 보면, 실외월동인 경우에는 1998년 12월 2일에 월동포장하여 91일간 월동시킨 후 1999년 3월 3일에 월동포장을 해제한 봉군으로 폐사율이 10%였으나, 실내월동 경우는 강·약군 및 기간의 차이 등이 있으나 102군의 평균 폐사율은 1.9%였다.

실내월동군을 강군과 약군으로 나누었던 바, 강군의 폐사율은 2% 그리고 약군의 폐사율은 1.9%였다.

실내월동 봉군을 입고 시기와 출고 시기를 달리하여 폐사율을 조사하였던 바, 강군의 경우는 1998년 12월 2일에 입고하여 91일간 실내월동시킨 후 1999년 3월 3일에 출고시킨 실내월동-1에서는 폐사 봉군이 없었고, 1998년 12월 13일에 입고하여 81일간 실내월동시킨 후 1999년 3월 4일에 출고시킨 실내월동-2에서는 폐사 봉군

이 1개군 발생하여 폐사율은 2%였다. 약군의 경우는 1998년 12월 2일에 입고하여 91일간 실내월동시킨 후 1999년 3월 3일약에 출고시킨 실내월동-1에서는 폐사 봉군이 1개군 발생하여 폐사율은 3.1%였고, 1998년 12월 13일에 입고하여 81일간 실내월동시킨 후 1999년 3월 4일에 출고시킨 실내월동-2에서는 폐사 봉군이 없었다.

표 4-9. 월동 봉군의 폐사율

구분	월동방법	월동기간	월동 일수	월동시 봉군수	폐사+합봉 봉군수	폐사율 (%)
강군	실내월동-1	98-12-02~99-03-03	91	30	0+0=0	0.0
	실내월동-2	98-12-13~98-03-04	81	20	1+0=1	5.0
	계 또는 평균			50	1+0=1	2.0
약군	실내월동-1	98-12-02~99-03-03	91	32	1+0=1	3.1
	실내월동-2	98-12-13~98-03-04	81	20	0+0=0	0.0
	계 또는 평균			52	1+0=1	1.9
실내월동		계 또는 평균		102	2+0=2	2.0
실외 월동		98-12-02~99-03-03	91	20	1+1=2	10.0

다. 월동 후 봉세

공시군 122군을 실외월동과 실내월동으로 구분하고, 실내월동군은 다시 강군과 약군으로 구분하여 입고 시기와 출고 시기를 다르게 하였는데, 각 처리 별로 저온 양봉사에 출·입고한 날짜에 따른 봉군의 월동 후 봉세 증가율은 표 4-10과 같다.

표 4-10에 나타난 바와 같이 실외월동 봉군과 실내월동 봉군의 월동 후 봉세 증가율을 보면, 실외월동 봉군은 1998년 12월 2일에 월동포장하여 91일간 월동시킨 후 1999년 3월 3일에 월동포장을 해제한 봉군으로, 실외월동 봉군의 월동 후 봉세 증가율은 118.2%였으나, 실내월동인 경우에는 월동 후 봉세 증가율이 129.2%였다.

실내월동군을 강군과 약군으로 나누어 보면 월동 후 봉세 증가율은 강군이 131.9% 그리고 약군이 126.7%였다.

실내월동군에 있어서 강군의 월동 후 봉세 증가율을 입고 시기와 출고 시기를 달리 하여 조사하였던 바, 1998년 12월 2일에 입고하여 91일간 실내월동시킨 후 1999년 3월 3일에 출고시킨 실내월동-1의 월동 후 봉세 증가율은 138.2%였고, 1998년 12월 13일에 입고하여 81일간 실내월동시킨 후 1999년 3월 4일에 출고시킨 실내월동-2의 월동 후 봉세 증가율은 131.9%였다. 약군의 월동 후 봉세 증가율을 입고 시기와 출고 시기를 달리하여 조사하였던 바, 1998년 11월 2일에 입고하여 91일간 실내월동시킨 후 1999년 3월 3일에 출고시킨 실내월동-1의 월동 후 봉세 증가율은 129.4%였고, 1998년 12월 13일에 입고하여 81일간 실내월동시킨 후 1999년 3월 4일에 출고시킨 실내월동-2의 월동 후 봉세 증가율은 122.2%였다.

표 4-10. 월동 후 봉세

구분	월동방법	월동기간	월동 일수	월동전 소비매수	월동후 소비매수	99-4-24 소비매수	봉세 증가율(%)	
강군	실내월동-1	98-12-02~99-03-03	91	5.23	2.80	7.23	138.2	
	실내월동-2	98-12-13~98-03-04	81	5.25	2.53	6.24	122.3	
	계 또는 평균				5.24	2.69	6.91	131.9
약군	실내월동-1	98-12-02~99-03-03	91	4.56	2.71	5.90	129.4	
	실내월동-2	98-12-13~98-03-04	81	4.50	2.22	5.50	122.2	
	계 또는 평균				4.54	2.52	5.75	126.7
실내월동		계 또는 평균			4.88	2.60	6.32	129.2
실외 월동		98-12-02~99-03-03	91	4.90	2.16	5.79	118.2	

이상의 결과를 요약하여 저온양봉사에서 실내월동된 봉군의 월동 성적을 실외월동 봉군과 비교하여 보면, 실내월동에 공시된 전체 봉군의 경우 월동 중 봉군 무게 감량

비율은 13.8%, 폐사율은 2% 그리고 월동 후 봉세 증가율은 129.2%로서, 실외월동의 15%, 10% 그리고 118.2%에 비하여 비교적 우수하였다. 그러나 용인 지방에 있어서 적당한 실내월동 기간이라고 판단되는 실내월동-1의 경우 즉 1998년 12월 2일에 입고하여 91일간 실내 월동시킨 후 1999년 3월 3일에 출고시킨 봉군의 월동 중 무게 감량은 강군이 9.5% 그리고 약군이 14.2%였고, 폐사 봉군은 강·약군에서 모두 발생되지 않았으며, 그리고 월동 후 봉세 증가율은 강군이 138.2% 그리고 약군이 129.4%로 실외월동에 비하여 봉군의 월동 성적이 크게 개선되었다.

제4절 결 론

1. 1996~1997년 동계 기간 중 실외 월동 봉군의 월동 기간 중 봉군 무게 감량 비율은 15.2%였고, 폐사율은 10%였으며, 월동 후 봉세 증가율은 147.6%였다.
2. 1997~1998년 동계 기간 중 저온양봉사에서 실내월동된 봉군의 월동 성적을 실외월동 봉군과 비교하여 보면, 실내월동에 공시된 전체 봉군의 경우 월동 중 봉군 무게 감량 비율은 14.1%, 폐사율은 4.5% 그리고 월동 후 봉세 증가율은 122.6%로서, 실외월동의 16.9%, 10% 그리고 121.9%에 비하여 비교적 우수하였다. 그러나 1997년 11월 19일에 입고하여 98일간 실내 월동시킨 후 1998년 2월 25일에 출고시킨 봉군의 월동 중 무게 감량은 강군이 13.5% 그리고 약군이 15.8%였고, 폐사 봉군은 강·약군에서 모두 발생되지 않았으며, 그리고 월동 후 봉세 증가율은 강군이 129.5% 그리고 약군이 125%로서 우수하였다.
3. 1998~1999년 동계 기간 중 저온양봉사에서 실내월동된 봉군의 월동 성적을 실외월동 봉군과 비교하여 보면, 실내월동에 공시된 전체 봉군의 경우 월동 중 봉군 무게 감량 비율은 13.8%, 폐사율은 2% 그리고 월동 후 봉세 증가율은

129.2%로서, 실외월동의 15%, 10% 그리고 118.2%에 비하여 비교적 우수하였다. 그러나 1998년 12월 2일에 입고하여 91일간 실내 월동시킨 후 1999년 3월 3일에 출고시킨 봉군의 월동 중 무게 감량은 강군이 9.5% 그리고 약군이 14.2%였고, 폐사 봉군은 강·약군에서 모두 발생되지 않았으며, 그리고 월동 후 봉세 증가율은 강군이 138.2% 그리고 약군이 129.4%로 실외월동에 비하여 봉군의 월동 성적이 크게 개선되었다.

4. 1996년부터 1999년까지 3년간의 봉군 월동 시험 결과를 종합하여 보면, 실내월동 봉군의 월동 기간은 90~100일 정도가 적합한 것으로서 11월 하순~12월 초에 입고하여 이듬해 3월 초에 출고하는 것이 좋은 것으로 나타났다.

제 5 장 종합 결론

1. 저온양봉사의 환경조절 기술 개발

가. 저온양봉사의 설계 및 건축

영주와 용인에 120개의 벌통이 충분히 들어갈 수 있도록 내부크기가 7.2m×4.2m×2.88m(약 9평)정도인 저온양봉사를 건축하였다. 저온양봉사 내부에는 공기순환덕트를 설치하고 저온양봉사 환기량을 계산하여 환기팬을 설치하였으며 외부에는 환기구 차광설치를 하였다. 또, 영주양봉사의 벽체와 바닥면은 우레탄 폼으로 마감하였으며, 용인양봉사 벽체는 샌드위치 패널로 설계하였다.

나. 저온양봉사 내부의 공기순환 성능

저온양봉사 내부의 폭방향의 온도변화와 길이 방향의 온도변화 편차가 모두 1℃ 미만으로 순환팬에 의한 저온양봉사 내부 공기순환이 잘 이루어졌다.

다. 저온양봉사 내부의 온도변화

- 1) 외부온도가 비교적 낮을 때, 영주지역과 용인지역 저온양봉사 내부온도는 모두 꿀벌의 월동에 적합한 온도수준으로 유지하였으며, 벌통내부의 평균온도는 저온양봉사 내부의 평균온도에 비해 약 2℃ 내외 높게 나타났다.
- 2) 외부온도가 비교적 높을 때에는 영주지역과 용인지역 모두 환기팬 작동방식이 A인 경우에 고온문제 발생하여 환기팬 작동방식의 개선이 요구되었다.
- 3) 환기팬 작동방식 A를 환기팬 작동방식 B로 개선한 경우, 외부온도가 1.0℃~15.5℃(평균온도 6.9℃)범위일 때, 저온양봉사 내부의 온도는 5.0℃~8.4℃(평균온도 6.2℃), 벌통내부의 온도는 5.6℃~8.9℃(평균온도 7.0℃)범위로 나타나, 꿀

별이 월동하기에 적합한 온도범위에 있었다. 환기팬 작동방식의 개선으로 저온양봉사 내부의 온도가 평균 2.1℃ 하강하여 저온양봉사 내부의 온도가 과다 상승하는 문제를 개선하였다.

- 4) 벽체의 단열재에 따른 온도조절 효과를 분석한 결과, 건축비와 시공의 용이성을 고려한다면 샌드위치 패널 200mm가 복합재(샌드위치 패널+우레탄 폼) 200mm에 비해 저온양봉사의 적합한 벽체재료로 추천된다.

라. 저온양봉사 내부의 습도 변화

- 1) 저온양봉사 외부의 온도 차이는 저온양봉사 내부습도 변화에 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.
- 2) 저온양봉사 내부와 벌통 내부의 습도 변화는 저온양봉사 외부의 습도 변화에 큰 영향을 받는 것으로 나타났으나, 내부의 습도 변화폭은 외부의 변화폭 보다 상당히 작았다. 또한 저온양봉사 내부의 최대·최저습도가 생육 적정 습도 범위 (50~75%)를 벗어 나는 기간은 짧은 시간 동안이기 때문에 큰 문제가 없는 것으로 판단되었다.
- 3) 개선된 환기팬 작동방식 B가 환기팬 작동방식 A보다 습도조절 성능이 더 우수한 것으로 나타났다.

마. 저온양봉사내 벌통의 적재층별 온습도 분포

저온양봉사내에 벌통의 적재층에 따른 온·습도 변화에 있어 규칙적인 변화 양상은 발견할 수 없었다.

바. 저온양봉사 내부의 이산화탄소 분포

저온양봉사 내부의 지면높이 50cm의 CO₂ 농도는 900ppm~1300ppm범위로 나타났

으며, 지면높이 130cm의 CO₂ 농도는 1380ppm~1680ppm범위로 나타나, 높이별 CO₂ 농도는 다소 차이는 있었으나 균일한 분포를 나타내어 순환덕트와 순환팬의 성능이 우수한 것을 확인 할 수가 있었다.

사. 저온양봉사의 열환경 시뮬레이션 프로그램

본 연구에서 개발한 저온양봉사열환경 시뮬레이션 프로그램을 이용하여, 외부의 온도변화에 따른 저온양봉사 내부의 온도를 예측할 수 있을 뿐만 아니라, 벽체재료에 따른 저온양봉사 내부의 온도변화를 예측할 수 있으며, 작동방식에 따른 저온양봉사 내부의 온도를 예측할 수 있으므로, 앞으로 저온양봉사의 최적설계에 있어서 아주 유용하게 사용될 것으로 전망된다.

아. 경제성분석

저온양봉사를 이용하여 월동한 강군의 입고기간이 99일인 경우의 월동성적을 실외월동과 비교한 결과 감모율이 13.51%로 실외월동의 24.15%에 비하여 감모율이 10.64% 낮게 나타났다.

120개의 벌통을 충분히 넣을 수 있는(약 9평) 저온양봉사에서 위 월동성적으로 계산하면, 1년에 약 $120 \times 10.64\% \times 150,000 = 1,915,200$ 원의 이득이 있는 것으로 분석된다. 국내의 양봉군수('97년)로 계산하면 1년에 약 113억원($706,068 \times 10.64\% \times 150,000$)의 수익증대 효과 및 수입대체 효과가 있을 것으로 예상된다.

2. 대구 근교의 봉군 월동 시험

경상북도 영주시 단산면 병산리 소재 양봉장의 1996~1997년 월동기간 중 실외월동 봉군의 폐사율은 15%였으나, 실내월동 봉군의 폐사율은 1997~1998년 월동기간 중에 6% 그리고 1998~1999년 월동기간 중에 3.4%로서, 실외월동과 실내월동 간의

폐사율 차이는 약 10%였다. 실내월동 시 강군과 약군에 있어서 폐사율의 차이는 강군이 1.9~4% 그리고 약군이 2.7~10.4%로서, 강군의 폐사율이 낮았다. 실내월동에 알맞는 월동 봉군의 입고 시기는 11월 하순이고, 출고 시기는 이듬해 3월 초로서 실내월동 기간은 90~100일 정도 였다.

3. 중·북부지방의 봉군 월동 시험

경기도 용인시 원상면 맹리 소재 양봉장에 있어서 실외월동 봉군의 폐사율은 1996~1999년 기간 중 매년 10%씩 나타났으나, 실내월동 봉군의 폐사율은 1997~1998년 월동기간 중에는 4.5% 그리고 1998~1999년 월동기간 중에는 2%로서, 실외월동과 실내월동 간의 폐사율 차이는 약 7%였다. 실내월동 시 강군과 약군에 있어서 폐사율의 차이는 월동 연도에 따라 차이가 있으나, 강군이 2~3.6% 그리고 약군이 1.9~5.5%로서, 강군의 폐사율이 낮은 경향을 보였다. 월동 후 봉세 증가율은, 실외월동의 경우 1997~1998년에 월동된 봉군에서 121.9% 그리고 1998~1999년에 월동된 봉군에서 118.2%였으나, 실내월동의 경우 1997~1998년에 월동된 봉군에서 122.6% 그리고 1998~1999년에 월동된 봉군에서 129.2%로서 실내월동군이 우수한 경향을 보였다. 실내월동에 알맞는 월동 봉군의 입고 시기는 11월 하순부터 12월 초이고, 출고 시기는 이듬해 3월 초로서 실내월동 기간은 90~100일 정도 였다.

참고문헌

- 1) 강보석, 백승기, 최광수. 1995a. 우리나라의 양봉 관리 실태조사. 한국양봉학회지 10(2): 151-157.
- 2) 강보석, 백승기, 최광수. 1995b. 월동포장 방법이 꿀벌의 월동에 미치는 영향. 한국양봉학회지 10(2): 142-146.
- 3) 국립동물검역소. 1994. 동물검역연보. pp. 24-40.
- 4) 류영우, 박성진, 송또준, 신정남, 최광수 등. 1996. 최신 양봉학. 선진문화사.
- 5) 유영수. 1995a. 꿀벌의 월동①. 양봉계 29(2): 15-20.
- 6) 유영수. 1995b. 꿀벌의 실내월동⑥ -캐나다와 미국 북부지방의 노지(실내) 월동 방법- 양봉계 29(8): 8-13.
- 7) 유영수. 1995c. 꿀벌의 실내월동⑦ -캐나다와 미국 북부지방의 노지(실내) 월동 방법- 양봉계 29(9): 16-21.
- 8) 유영수. 1995d. 꿀벌의 실내월동⑧ -캐나다와 미국 북부지방의 노지(실내) 월동 방법- 양봉계 29(11): 11-15..
- 9) 이석건, 김란숙, 이종원, 이현우, 최광수, 1998. 월동용 저온양봉사의 설계. 한국 생물생산시설환경학회 심포지엄 및 학술논문발표요지. 제 6권 1호, pp.80-86.
- 10) 이석건, 김란숙, 이종원, 이현우, 최광수, 1998. 월동용 저온양봉사의 구조 및 환경조절. 한국양봉학회지. 제 13권 1호. pp. 15-20.
- 11) 이석건, 김란숙, 이종원, 이현우, 최광수, 1999. 환기팬 작동방식이 월동용 저온양봉사 내의 온·습도환경에 미치는 영향. 한국생물환경조절학회. 제 8권 1호. pp.20-23.
- 12) 이석건, 김란숙, 이현우, 이종원, 1999. 단열재에 따른 저온양봉사 내부의 온·습도 변화. 1999년도 한국농공학회 학술발표회 발표논문집. pp.424-428
- 13) 조도행. 1991. 양봉문답. 정석출판사.
- 14) 최광수, 박항균. 1990. 벌꿀 생산 능력 개량을 위한 꿀벌육종에 관한 연구, I. 우량

- 봉군 선발시험. 한국양봉학회지 5(2): 26-31.
- 15) 최광수, 신명재, 윤두학, 박항균. 1991a. 벌꿀 생산능력 개량을 위한 꿀벌 육종에 관한 연구. III.계통교배 및 증봉 생산을 위한 선발시험. 한국양봉학회지 6(1):39-47.
- 16) 최광수, 신명재, 윤두학, 박항균. 1991b. 벌꿀 생산능력 개량을 위한 꿀벌 육종에 관한 연구. II.주요 형질별 우량여왕봉 선발시험. 한국양봉학회지 6(1):31-38.
- 17) 崔光洙, 辛明宰. 1993. 繼箱 越冬 蜂群(西洋種)의 能力檢定. 韓國養蜂學會誌 8(1): 1-4.
- 18) 최광수. 1994. 여왕벌 선발에 의한 꿀벌의 벌꿀 생산 능력 개량. 한국양봉학회지 9(1):21-32.
- 19) 崔承允. 1990. 新制 養蜂學. 集賢社.
- 20) 축협중앙회. 1995. 축협조사계보. 15(4): 78.
- 21) L. D. Albright, N. R. Scott. 1981. A Time Dependent Analysis of Greenhouse Thermal Environment. TRANSACTIONS of the ASAE. pp. 442-449.
- 22) Dyce, E. J. and R. A. Morse. 1960. Wintering honey bees in New York State. Bulletin #1054. Ithaca, NY : Cornell Univ., Cooperative Extension Service.
- 23) Ferracane, M. 1987. Wintering. Gleanings in Bee Culture 115(11) : 642-645.
- 24) Furgala, B. and D. M. MaCutcheon. 1993. Wintering productive colonies, pp. 829-868 in The Hive and the Honey Bee. Dadant & Sons, Inc., Hamilton, Illinois.
- 25) Lee Suk Gun, Li Zhenhai, Lee Hyun Woo, Choi Kwang Soo, 1998. Simulation of Thermal Environment in Wintering Honey Bee House. KSAE, Vol. 40. pp. 39-44.
- 26) Lee Suk Gun, Li zhenhai, Choi Kwang Soo, 1997. A Time Dependent Analysis of Thermal Environment in Beehouse. 한국생물생산시설환경학회,

심포지엄 및 학술논문발표요지. 제 6권 2호.

- 27) Morse, R. A. and T. Hooper. 1985. The Illustrated Encyclopedia of Beekeeping. E. P. Dutton, Inc. New York.
- 28) Pedersen, J., G. Pedersen and E. Pedersen. 1995. Outside wintering of single brood chamber hives. Am. Bee J. 135(5): 324-325.
- 29) Pedersen, J., G. Pedersen and E. Pedersen. 1996. Outside wintering of single brood chamber hives revisited. Am. Bee J. 136(3): 181-186.
- 30) Sammataro, D. and A. Avitabile. 1978. The Beekeeper's Handbook(2nd. ed.). Macmillan Publishing Co., New York.
- 31) Severson, D. W. and E. C. Eric, Jr. 1985. Honey consumption by honey bee colonies in relation to winter degree-day accumulation. Am. Bee J. 125(9): 643-644.
- 32) Sugden, M. A., B. Furgala and S. R. Duff. 1988. A comparison of four methods of wintering honey bee colonies outdoors in Minnesota, Am. Bee J. 128(7) : 483 - 487.
- 33) Sugden, M. A. and B. Furgala. 1982. Evaluation of six commercial honey bee(*Apis mellifera* L.) stocks used in Minnesota. Part I. Wintering ability and queen longevity. Am. Bee. J. 122(2): 105-109.
- 34) Szabo, T. I. 1983. Effects of various entrances and hive direction on outdoor wintering of honey bee colonies. Am. Bee J. 123(1): 47-49.

부 록

1. 꿀벌의 월동용 저온양봉사 전경
2. 영주지방의 월동용 저온양봉사 내·외부온도 및 습도
3. 용인지방의 월동용 저온양봉사 내·외부온도 및 습도
4. 월동용 저온양봉사의 열환경 시뮬레이션 프로그램

여 백

1. 꿀벌의 월동용 저온양봉사

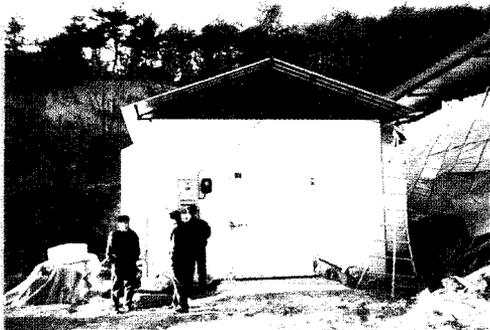
가. 영주지방의 저온양봉사



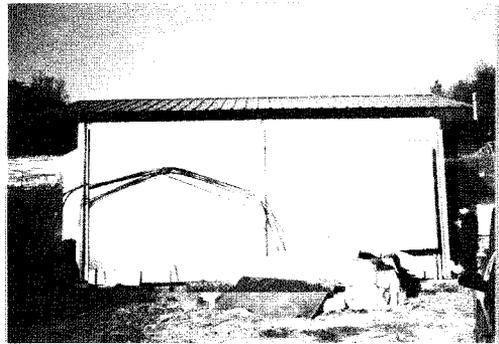
저온양봉사 전경



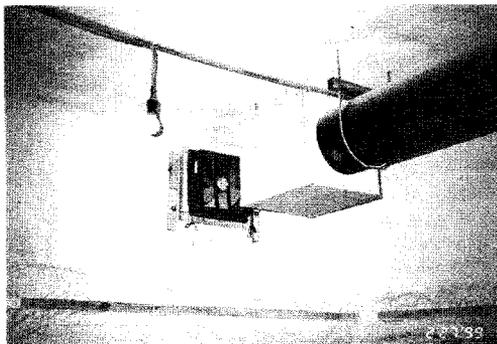
저온양봉사의 후면



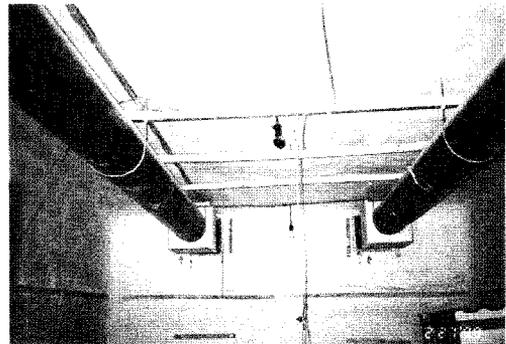
저온양봉사의 정면



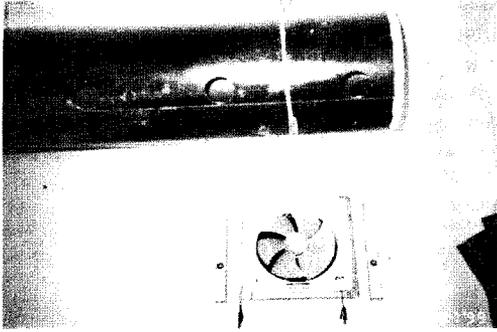
저온양봉사의 측면



유입팬과 내부순환팬 연결부



공기순환용 내부덕트



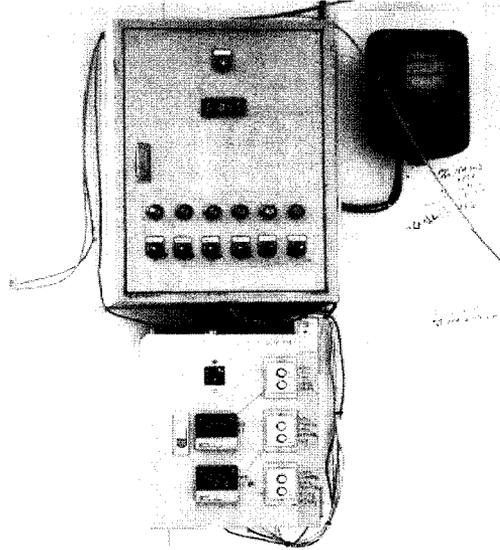
배출팬과 내부덕트의 연결부



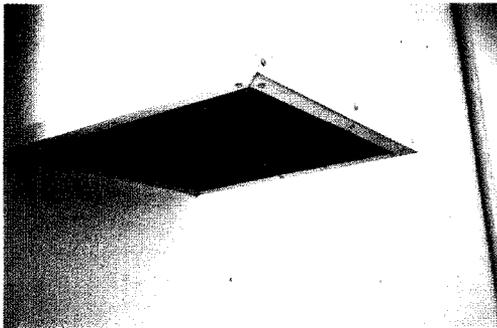
저온양봉사 내부



저온양봉사 내부



환기팬 제어 시스템

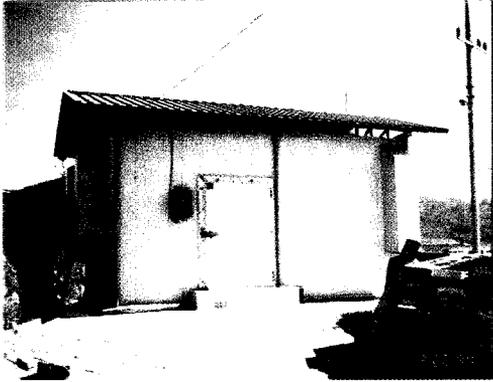


차광설비

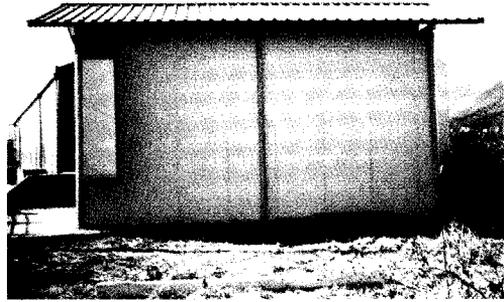


실내월동 봉군

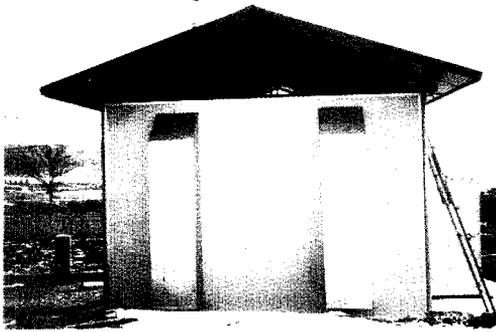
나. 용인지방의 저온양봉사



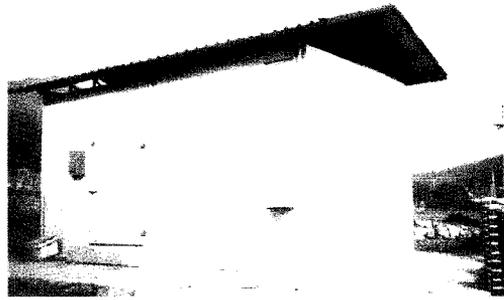
저온양봉사의 정면



저온양봉사의 후면



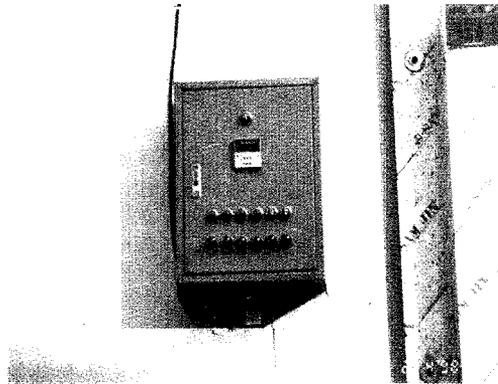
저온양봉사의 측면



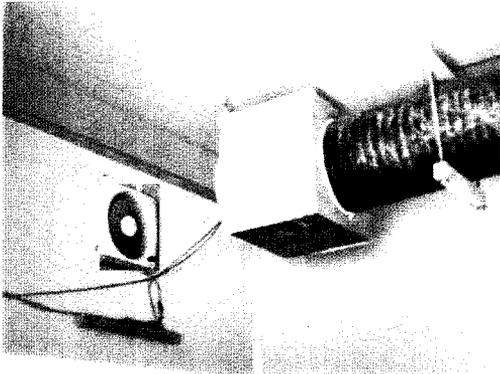
저온양봉사의 측면



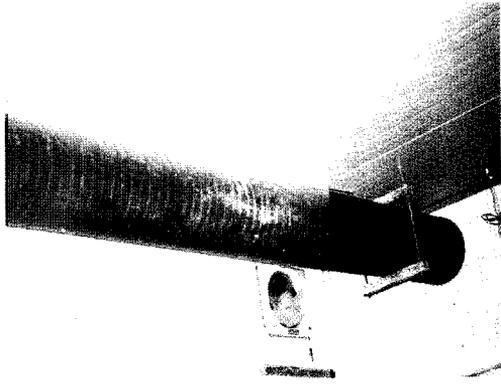
저온양봉사의 출입문



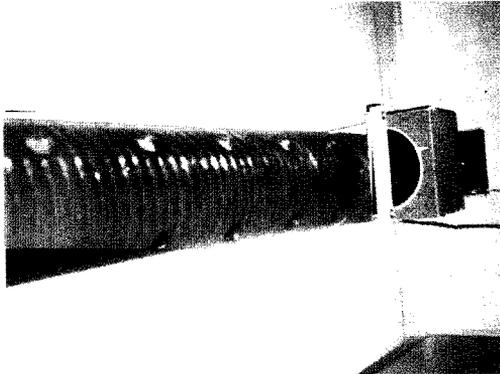
환기팬 제어시스템



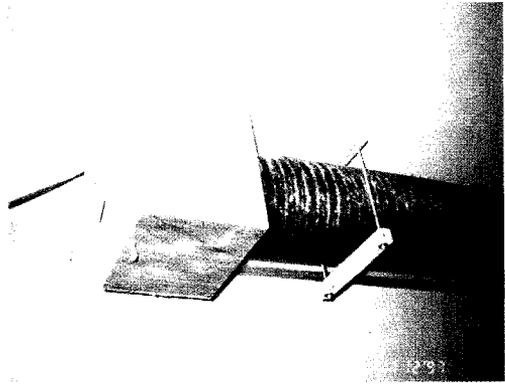
유입팬과 내부순환팬 연결부



배기팬과 내부덕트 연결부



내부 공기순환용 덕트



내부 공기순환팬

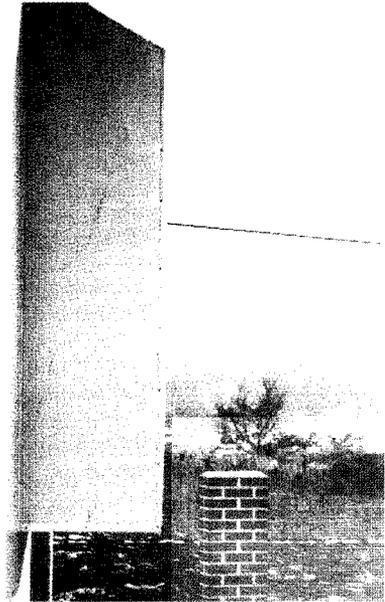
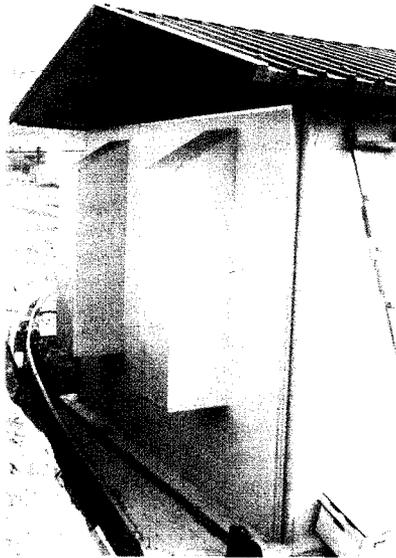


실내월동 봉군



실내월동 봉군

저온양봉사 외기 유입 및 배출구의 차광설비



저온양봉사 내부



저온양봉사 내부

2. 영주지역 저온양봉사 내·외부 온도 및 습도

가. 저온양봉사 내·외부온도('97. 2. 19 ~ '97. 3. 13)

측정일시	양봉사 외부온도			양봉사 내부온도			양봉사내 벌통내부온도		
	최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균
97-02-19	9.15	-6.18	1.58	5.31	1.62	4.00	6.55	2.51	5.18
97-02-20	12.97	-2.04	5.18	8.48	4.30	6.11	9.53	5.57	7.24
97-02-21	9.64	-0.62	3.89	8.07	6.88	7.68	9.28	8.16	8.75
97-02-22	13.08	-4.95	2.81	8.21	6.36	7.56	9.33	8.00	8.86
97-02-23	15.19	-3.42	4.65	10.33	6.11	7.67	11.32	8.70	9.42
97-02-24	18.83	-0.74	7.36	12.37	6.80	8.80	13.22	8.93	10.27
97-02-25	8.68	6.00	7.50	9.41	7.70	8.70	11.21	9.40	10.50
97-02-26	9.78	3.60	6.33	9.44	6.83	8.00	10.83	8.55	9.65
97-02-27	16.29	1.69	7.68	12.20	6.84	8.90	13.18	8.70	10.32
97-02-28	9.06	3.10	6.09	9.66	6.79	8.07	11.25	8.53	9.69
97-03-01	12.71	3.01	7.35	10.45	6.87	8.32	11.13	8.53	9.64
97-03-02	5.00	1.46	2.36	7.68	6.84	7.41	8.96	8.35	8.71
97-03-03	9.99	-1.41	3.71	8.91	7.14	8.04	10.16	8.82	9.39
97-03-04	11.83	-0.55	5.03	10.28	7.76	8.65	11.31	9.55	10.22
97-03-05	19.28	3.19	9.82	14.17	7.74	10.04	14.61	9.29	11.24
97-03-09	16.94	4.96	9.85	13.28	9.14	10.46	13.73	10.41	11.51
97-03-10	10.74	4.59	7.73	12.40	9.22	10.64	13.49	10.62	11.74
97-03-11	17.92	4.12	10.02	14.31	9.00	12.45	14.90	10.57	13.68
97-03-12	16.15	3.20	9.19	13.37	8.95	10.65	13.96	10.39	11.67
97-03-13	20.88	3.86	11.55	15.85	8.95	11.50	16.58	10.47	12.39
평 균	13.20	1.14	6.48	10.70	7.09	8.68	11.72	8.70	10.00

나. 저온양봉사 내·외부습도(97. 2. 19 ~ 97. 3. 13)

측정일시	양봉사 외부습도 (%)			양봉사 내부습도 (%)		
	최고	최저	평균	최고	최저	평균
97-02-19	68.91	32.15	48.58	71.56	60.80	66.09
97-02-20	71.44	34.51	53.38	70.98	57.10	66.19
97-02-21	56.00	31.25	39.24	63.98	41.79	56.63
97-02-22	63.22	28.53	41.53	68.39	39.14	58.21
97-02-23	67.81	27.55	48.38	63.70	41.75	54.66
97-02-24	68.48	25.19	49.46	63.03	42.46	54.50
97-02-25	84.80	57.00	76.20	76.50	56.70	71.00
97-02-26	83.04	68.14	77.59	77.42	70.11	73.03
97-02-27	81.05	53.47	70.68	73.52	63.56	68.74
97-02-28	83.83	68.69	79.29	78.18	68.60	73.27
97-03-01	72.57	35.41	56.44	69.97	53.61	62.12
97-03-02	68.91	34.93	50.14	65.46	49.44	57.75
97-03-03	67.81	32.36	50.34	63.11	49.30	57.94
97-03-04	74.27	45.55	63.16	65.37	55.94	61.11
97-03-05	78.99	25.56	55.13	67.26	43.50	58.32
97-03-09	72.82	37.87	58.94	63.93	51.54	58.74
97-03-10	83.09	71.97	77.50	71.17	61.93	67.55
97-03-11	80.02	38.38	65.38	71.61	55.65	66.61
97-03-12	79.42	50.11	67.67	67.32	56.53	64.02
97-03-13	79.74	26.54	60.01	69.05	46.54	60.38

다. 저온양봉사 내·외부온도(97. 11. 21 ~ 98. 3. 4)

측정일시	양봉사 외부온도			양봉사 내부온도			양봉사내 벌통내부온도		
	최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균
97-11-21	10.5	1.8	5.8	7.9	4.3	6.2	8.7	5.0	6.8
97-11-25	8.6	1.5	6.1	7.9	3.1	5.8	8.6	3.7	6.5
97-11-26	9.4	3.8	7.5	9.2	6.5	8.4	9.9	6.9	9.1
97-11-27	9.3	0.6	3.6	6.6	3.3	5.1	7.5	3.8	5.7
97-11-28	8.6	1.8	5.1	8.0	4.2	6.2	8.6	4.7	6.8
97-11-29	6.5	3.5	5.0	8.1	6.0	7.0	8.7	6.5	7.6
97-11-30	8.3	-0.9	3.0	7.0	3.2	4.9	7.8	3.8	5.5
97-12-01	2.0	-5.6	-1.1	3.5	2.6	2.9	4.1	3.1	3.5
97-12-02	-3.9	-8.8	-6.7	2.4	0.8	1.4	2.8	1.4	1.9
97-12-03	0.2	-12.8	-7.4	1.6	-0.4	0.5	2.1	0.0	1.0
97-12-04	2.9	-11.7	-5.7	2.2	-0.6	0.6	2.7	-0.1	1.2
97-12-05	4.2	-8.1	-4.4	3.0	0.6	1.6	3.3	1.2	2.1
97-12-06	4.3	-2.8	0.7	5.4	2.5	3.4	5.9	3.0	3.9
97-12-13	3.9	-8.6	-3.9	3.0	0.7	1.7	3.6	1.0	2.2
97-12-14	2.7	-7.8	-2.9	3.4	1.2	2.2	3.9	1.6	2.7
97-12-18	4.9	-1.3	1.8	5.3	2.7	3.7	5.9	3.1	4.1
98-01-01	4.4	-1.1	1.5	7.2	6.5	6.8	8.7	8.5	8.6
98-01-02	7.6	-3.6	1.1	7.9	6.3	6.9	9.0	8.2	8.5
98-01-03	11.0	0.7	4.2	9.6	6.7	7.5	10.3	8.3	9.0
98-01-04	5.4	-4.9	0.5	7.7	6.3	6.9	8.9	8.1	8.4
98-01-05	3.4	-5.0	-0.6	7.1	6.0	6.6	8.5	7.7	8.1
98-01-06	2.0	-3.0	-0.1	7.1	6.4	6.8	8.5	8.1	8.3
98-01-07	4.2	-4.1	-0.3	7.1	6.3	6.8	8.4	8.0	8.2
98-01-08	4.3	0.5	2.4	7.1	6.6	6.9	9.2	8.3	8.6
98-01-09	5.3	-1.8	1.4	7.1	6.5	6.8	8.6	8.3	8.4
98-01-10	7.2	-2.4	1.3	7.6	6.2	6.9	8.8	8.2	8.4
98-01-11	5.2	0.2	2.9	7.4	6.6	7.0	8.6	8.3	8.4
98-01-12	7.3	-0.7	2.8	7.7	6.4	7.0	8.8	8.2	8.4
98-01-13	7.2	-2.7	1.3	7.5	6.4	6.9	8.7	8.1	8.3

측정일시	양봉사 외부온도			양봉사 내부온도			양봉사내 벌통내부온도		
	최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균
98-01-14	8.7	-2.1	3.2	8.8	6.4	7.5	9.6	8.2	8.8
98-01-16	7.2	-4.8	2.1	7.7	6.6	6.9	9.3	8.6	8.9
98-01-17	7.2	-0.8	3.0	8.4	6.0	7.1	9.6	8.5	8.9
98-01-18	3.6	-6.3	0.2	7.2	5.9	6.7	8.9	7.9	8.5
98-01-19	-1.5	-9.4	-5.8	5.6	4.3	5.1	7.9	6.6	7.1
98-01-20	0.0	-6.9	-3.3	6.5	4.8	5.6	7.9	6.8	7.3
98-01-21	2.2	-4.6	-1.5	7.2	6.0	6.4	8.3	7.7	8.0
98-01-22	3.3	-5.2	-1.4	7.1	6.0	6.5	8.5	7.8	8.2
98-01-23	1.6	-6.0	-1.8	7.0	6.0	6.6	8.4	7.9	8.2
98-01-24	-1.3	-10.2	-6.9	5.8	4.0	5.0	7.7	6.4	7.0
98-01-25	3.7	-10.5	-4.4	6.6	3.7	5.1	7.9	5.9	6.8
98-01-26	3.4	-2.4	-0.2	7.2	5.9	6.5	8.7	7.6	8.2
98-01-27	4.6	-6.5	-1.6	7.3	5.8	6.4	8.5	7.7	8.1
98-01-28	6.1	-6.7	-1.8	7.3	5.7	6.5	8.4	7.7	8.1
98-01-29	7.3	-9.5	-2.4	7.3	5.2	6.3	8.4	7.4	8.0
98-01-30	6.3	-6.3	-0.4	7.9	5.7	6.7	9.1	7.8	8.4
98-01-31	8.3	-3.0	2.3	8.5	6.4	7.1	9.5	8.5	8.7
98-02-01	7.7	-5.7	-0.6	6.7	5.1	5.7	7.9	7.2	7.5
98-02-02	9.7	-6.2	0.1	7.7	5.1	5.9	8.8	7.1	7.7
98-02-03	5.0	-2.7	0.2	6.3	5.4	5.7	7.9	7.4	7.6
98-02-04	7.6	-4.3	0.6	6.9	5.3	5.9	8.3	7.5	7.8
98-02-05	7.0	-6.6	-0.3	6.8	5.0	5.8	8.2	7.3	7.6
98-02-16	11.8	-2.0	3.6	9.6	5.3	6.6	10.7	8.0	8.8
98-02-17	10.9	-0.1	4.4	9.6	5.7	6.7	10.8	8.0	8.9
98-02-18	10.1	-3.0	3.0	9.3	5.3	6.6	10.6	7.8	8.8
98-02-27	7.9	0.3	4.5	8.0	5.5	6.5	7.2	4.8	5.7
98-02-28	7.0	3.0	4.7	7.3	5.6	6.2	6.4	4.7	5.3
98-03-01	11.8	0.4	5.0	8.9	4.8	6.1	9.7	5.1	6.8
98-03-02	14.2	-1.4	5.3	8.8	3.0	5.6	9.8	3.8	6.4
98-03-03	14.5	1.0	6.7	9.7	5.1	6.7	10.6	5.9	7.5
98-03-04	15.5	1.2	7.1	9.4	4.9	6.6	10.2	5.6	7.4

라. 저온양봉사 내·외부습도(97. 11. 21 ~ 98. 3. 4)

측정일시	양봉사 외부습도 (%)			양봉사 내부습도 (%)		
	최고	최저	평균	최고	최저	평균
97-11-21	86.8	48.6	72.2	78.3	67.6	72.9
97-11-25	90.1	73.5	84.3	81.8	70.3	77.5
97-11-26	89.3	67.0	78.9	81.0	67.0	75.9
97-11-27	73.3	41.8	62.2	67.2	60.2	63.1
97-11-28	87.3	62.8	72.9	75.9	66.2	69.9
97-11-29	89.3	79.4	84.8	78.2	72.9	76.1
97-11-30	89.9	51.7	78.2	78.6	67.3	73.1
97-12-01	87.0	45.6	66.3	70.4	57.3	63.5
97-12-02	51.2	29.5	39.9	57.9	46.4	51.7
97-12-03	68.9	30.7	48.7	52.3	46.7	50.1
97-12-04	73.0	33.9	58.5	53.6	49.5	51.5
97-12-05	78.3	40.1	70.6	59.2	53.3	56.0
97-12-06	89.3	70.5	81.2	79.1	58.6	69.2
97-12-13	82.2	41.4	66.2	57.3	53.8	55.6
97-12-14	77.0	48.3	67.7	58.3	53.3	55.6
97-12-18	84.6	62.8	70.6	68.8	58.9	64.4
98-01-01	86.9	70.1	77.9	70.1	58.8	63.9
98-01-02	89.5	58.8	78.3	66.5	63.5	64.8
98-01-03	83.5	57.4	73.6	69.3	64.6	66.2
98-01-04	76.1	38.2	50.9	69.8	49.1	57.0
98-01-05	89.4	55.2	70.3	63.4	52.8	58.2
98-01-06	89.0	52.6	66.0	61.6	55.7	58.3
98-01-07	82.7	63.8	72.4	61.6	55.8	58.6
98-01-08	89.7	81.1	86.6	75.0	62.7	69.4
98-01-09	91.4	67.4	84.6	73.1	66.9	69.0
98-01-10	94.1	67.9	84.1	69.1	66.0	67.5
98-01-11	90.2	72.4	82.3	72.4	67.1	69.3
98-01-12	88.3	60.3	77.9	69.9	63.8	67.3
98-01-13	93.7	60.4	79.7	67.1	63.0	65.8

측정일시	양봉사 외부습도 (%)			양봉사 내부습도 (%)		
	최고	최저	평균	최고	최저	평균
98-01-16	82.6	55.6	71.7	63.6	60.1	62.0
98-01-17	92.3	69.5	81.2	77.9	62.1	67.7
98-01-18	93.0	39.5	65.4	78.2	55.0	66.1
98-01-19	59.8	41.1	50.4	57.1	50.8	54.0
98-01-20	90.2	58.8	75.0	61.6	53.4	57.7
98-01-21	79.5	46.5	62.5	60.4	54.1	57.5
98-01-22	89.6	64.1	78.1	63.1	54.5	59.1
98-01-23	73.0	38.4	53.1	61.1	49.7	55.2
98-01-24	65.9	42.2	53.0	52.4	48.0	50.7
98-01-25	78.2	40.8	61.6	53.8	49.3	52.0
98-01-26	84.7	43.7	62.3	57.4	50.1	54.3
98-01-27	73.2	39.1	54.3	53.6	44.6	51.0
98-01-28	72.8	38.3	55.3	52.4	44.6	49.5
98-01-29	78.9	35.9	56.1	51.2	40.3	48.0
98-01-30	74.1	48.8	63.2	53.9	45.9	50.8
98-01-31	69.2	35.5	53.4	55.1	38.6	48.1
98-02-01	71.3	37.1	56.5	50.4	38.4	46.5
98-02-02	73.4	33.6	57.0	50.3	41.6	47.0
98-02-03	79.6	54.9	67.9	53.5	48.1	51.1
98-02-04	85.8	46.1	70.7	56.5	50.6	53.4
98-02-05	85.0	34.5	62.5	54.3	42.4	49.9
98-02-16	86.5	36.1	64.4	64.5	51.6	60.3
98-02-17	79.0	36.1	60.8	61.6	50.1	57.8
98-02-18	88.2	44.3	69.7	61.6	56.2	58.9
98-02-27	92.8	67.4	81.1	80.1	65.7	71.0
98-02-28	92.3	67.5	74.7	80.7	65.2	71.7
98-03-01	80.1	42.1	64.3	65.7	60.7	63.8
98-03-02	88.8	32.9	65.0	67.2	56.1	62.7
98-03-03	79.6	33.1	61.1	66.5	57.1	60.4
98-03-04	88.9	36.5	68.1	71.4	59.8	65.7

마. 저온양봉사 내·외부온도(98. 11. 29 ~ 99. 2. 18)

측정일시	양봉사 외부온도			양봉사 내부온도			양봉사내 벌통 내부온도		
	최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균
98-11-29	11.4	-6.3	0.9	8.5	3.2	5.8	-	-	-
98-11-30	12.0	-2.0	2.1	7.7	3.7	5.0	-	-	-
98-12-01	5.0	-2.0	1.6	5.5	3.9	4.7	-	-	-
98-12-02	10.0	-0.6	3.9	7.3	3.9	5.1	-	-	-
98-12-03	10.6	-5.3	1.3	7.0	3.7	4.9	-	-	-
98-12-04	7.2	-8.9	-2.4	5.8	2.9	4.2	-	-	-
98-12-05	6.2	-6.3	-1.3	5.4	3.0	4.2	-	-	-
98-12-06	7.0	-6.3	0.6	6.2	3.3	4.5	-	-	-
98-12-07	7.6	0.7	3.1	6.1	4.2	4.8	-	-	-
98-12-08	3.3	-7.3	-1.0	5.0	3.3	4.2	-	-	-
98-12-09	2.1	-9.5	-4.6	4.3	2.0	3.1	-	-	-
98-12-10	3.1	-12.3	-5.1	4.2	1.2	2.6	-	-	-
98-12-11	4.0	-8.4	-1.8	4.9	2.3	3.3	-	-	-
98-12-12	7.4	-12.3	-4.4	4.7	1.2	2.9	-	-	-
98-12-13	8.0	-6.3	0.7	6.6	2.5	4.1	-	-	-
98-12-14	11.0	0.3	4.7	7.5	4.2	5.5	-	-	-
98-12-15	8.0	-3.9	1.7	6.6	3.6	4.9	-	-	-
98-12-16	11.8	-1.5	5.8	8.5	3.9	6.1	-	-	-
98-12-17	13.5	-4.3	2.8	8.3	3.7	5.4	-	-	-
98-12-18	12.2	-5.1	1.9	8.3	3.7	5.4	-	-	-
98-12-19	13.1	-2.0	4.6	9.4	4.0	6.1	-	-	-
98-12-20	9.2	-4.1	1.3	7.4	3.7	5.0	-	-	-
98-12-21	10.2	-7.6	-0.3	7.0	3.4	4.8	-	-	-
98-12-22	12.4	-4.8	3.1	8.6	3.7	5.7	-	-	-
98-12-23	9.4	-3.4	2.0	7.7	3.9	5.1	-	-	-
98-12-24	10.0	-7.3	-0.2	7.4	3.7	5.0	-	-	-
98-12-25	9.4	-8.9	-0.6	6.6	3.7	5.0	-	-	-
98-12-26	7.6	-6.8	-2.0	6.2	3.6	4.6	-	-	-
99-01-10	-0.2	-12.0	-6.9	2.9	0.7	1.9	4.9	3.3	3.9
99-01-11	1.2	-12.9	-6.0	4.0	1.5	2.6	5.5	3.3	4.2
99-01-12	1.6	-14.1	-7.2	4.3	1.5	2.9	5.2	3.4	4.2
99-01-13	3.4	-11.7	-5.3	4.6	1.9	3.3	5.3	3.8	4.6
99-01-14	4.2	-8.7	-2.9	5.0	2.9	4.0	5.6	4.7	5.1

측정일시	양봉사 외부온도			양봉사 내부온도			양봉사내 별통 내부온도		
	최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균
99-01-15	2.3	-6.3	-2.4	5.0	3.7	4.3	5.7	5.2	5.4
99-01-16	6.4	-8.4	-2.7	5.0	3.6	4.2	5.6	5.0	5.3
99-01-17	7.2	-12.9	-4.2	5.4	2.9	4.0	5.8	4.5	5.2
99-01-18	8.0	-10.0	-1.9	6.6	3.3	4.3	6.6	5.0	5.5
99-01-19	9.8	-2.4	2.3	7.4	3.7	5.2	7.2	5.4	6.1
99-01-20	2.9	-7.3	-1.9	5.0	3.7	4.4	6.0	5.3	5.6
99-01-21	5.2	-11.7	-4.4	5.1	3.2	4.1	5.7	4.9	5.3
99-01-22	9.0	-6.8	0.2	7.4	3.7	5.0	7.2	5.3	5.9
99-01-23	7.8	-3.4	2.3	7.3	3.9	5.3	7.4	5.6	6.3
99-01-24	10.8	-1.5	3.7	8.2	4.0	5.7	8.2	5.9	6.8
99-01-25	8.4	-2.0	2.2	6.6	3.9	4.9	7.1	5.6	6.2
99-01-26	7.8	-7.9	-0.1	6.7	3.7	4.8	6.6	5.4	5.8
99-01-27	11.0	-3.9	2.8	7.8	3.7	5.6	7.8	5.5	6.4
99-01-28	4.0	-7.3	-2.0	5.0	3.7	4.4	6.6	5.2	5.5
99-01-29	-1.1	-10.0	-5.4	4.7	3.3	4.1	5.5	5.1	5.3
99-01-30	2.5	-14.1	-7.0	5.0	2.3	3.6	5.3	4.2	4.8
99-01-31	10.4	-12.9	-2.9	6.2	2.3	4.0	5.9	4.3	5.0
99-02-01	9.4	-5.8	0.5	7.0	3.9	4.9	7.1	5.4	5.8
99-02-02	0.5	-8.7	-4.4	4.7	2.8	4.2	5.6	4.6	5.3
99-02-03	-1.5	-12.9	-8.4	4.0	1.9	3.0	4.7	3.7	4.2
99-02-04	1.2	-16.7	-8.2	4.0	1.2	2.8	4.7	3.2	4.0
99-02-05	4.0	-11.1	-2.9	5.0	2.8	3.8	5.3	4.3	4.8
99-02-06	7.4	-10.9	-2.4	6.5	3.2	4.4	6.2	4.8	5.3
99-02-07	10.0	-8.4	-0.6	7.5	3.4	4.9	7.3	5.0	5.7
99-02-08	12.6	-6.6	0.7	8.6	3.7	5.4	8.2	5.5	6.2
99-02-09	9.2	-7.9	1.1	7.8	3.7	5.5	7.7	5.4	6.3
99-02-10	6.0	-3.4	1.7	6.2	3.7	4.9	6.8	5.6	6.0
99-02-11	6.8	-4.3	0.9	6.2	3.7	4.7	6.3	5.5	5.7
99-02-12	-1.8	-7.9	-4.5	4.9	3.7	4.3	5.6	5.1	5.3
99-02-13	5.2	-13.5	-5.9	5.0	2.5	3.8	5.1	4.3	4.8
99-02-14	3.6	-10.0	-3.3	5.0	3.2	4.0	5.6	4.7	5.1
99-02-15	10.0	-2.4	2.4	8.1	3.9	5.3	7.6	5.5	6.1
99-02-16	11.4	-7.3	1.3	8.7	3.6	5.6	8.2	5.4	6.3
99-02-17	11.0	-4.3	4.2	9.4	3.7	6.5	9.7	5.6	7.1
99-02-18	10.8	-1.1	5.7	9.8	4.0	7.4	9.9	6.3	8.4

바. 저온양봉사 내·외부습도(98. 11. 29 ~ 99. 2. 18)

측정일시	양봉사 외부습도			양봉사 내부습도			양봉사내 벌통내부습도		
	최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균
98-11-29	100.0	24.5	73.8	70.7	52.8	60.0	-	-	-
98-11-30	93.9	28.1	70.2	65.1	54.4	59.8	-	-	-
98-12-01	99.1	72.9	89.9	80.1	62.1	70.9	-	-	-
98-12-02	98.3	47.1	80.0	85.1	63.5	75.9	-	-	-
98-12-03	99.1	25.1	72.4	69.6	46.4	62.5	-	-	-
98-12-04	100.0	25.8	71.7	59.6	41.0	54.6	-	-	-
98-12-05	82.2	39.8	66.5	55.8	50.4	53.9	-	-	-
98-12-06	93.9	52.4	76.4	71.8	54.6	60.5	-	-	-
98-12-07	100.0	44.3	77.9	84.5	59.6	73.1	-	-	-
98-12-08	64.2	25.1	44.0	62.2	38.8	51.3	-	-	-
98-12-09	73.4	25.2	48.1	49.4	38.6	45.2	-	-	-
98-12-10	78.0	25.1	55.4	48.0	40.8	45.0	-	-	-
98-12-11	82.9	25.0	46.2	52.6	39.1	44.8	-	-	-
98-12-12	79.6	24.8	55.2	46.9	37.7	43.9	-	-	-
98-12-13	78.2	49.8	66.4	70.9	45.1	55.4	-	-	-
98-12-14	91.2	38.1	71.1	77.3	55.2	69.6	-	-	-
98-12-15	74.1	25.7	53.0	57.3	46.3	53.1	-	-	-
98-12-16	78.4	29.8	51.4	64.9	44.0	55.5	-	-	-
98-12-17	93.9	25.5	62.8	61.1	45.7	53.6	-	-	-
98-12-18	100.0	37.3	76.3	63.2	54.3	58.1	-	-	-
98-12-19	87.8	28.4	60.6	74.0	38.8	58.5	-	-	-
98-12-20	56.0	24.7	33.8	46.0	31.7	40.1	-	-	-
98-12-21	76.8	24.6	51.3	52.1	38.9	45.1	-	-	-
98-12-22	81.4	31.0	59.2	61.5	45.0	52.8	-	-	-
98-12-23	95.9	25.1	63.5	62.3	43.1	54.9	-	-	-
98-12-24	96.9	30.0	68.1	55.8	46.4	52.3	-	-	-
98-12-25	96.9	24.6	66.7	55.5	40.5	50.9	-	-	-
98-12-26	96.9	36.3	79.6	57.3	51.9	53.9	-	-	-
99-01-10	48.0	25.4	30.4	37.7	30.1	34.4	76.4	72.0	74.8
99-01-11	57.8	25.3	34.3	37.9	29.4	34.9	72.3	69.4	71.1
99-01-12	76.2	25.2	51.7	40.2	35.3	38.3	70.7	68.3	69.3
99-01-13	80.2	25.8	55.1	42.3	37.3	40.3	70.3	68.0	68.8
99-01-14	66.1	25.0	44.0	42.8	31.7	39.7	71.0	67.8	68.7

측정일시	양봉사 외부습도			양봉사 내부습도			양봉사내 벌통내부습도		
	최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균
99-01-15	58.1	25.2	39.6	41.8	30.3	37.8	70.8	65.9	67.3
99-01-16	72.7	24.8	48.0	42.6	28.7	37.8	68.5	65.2	66.7
99-01-17	76.9	24.8	50.8	41.3	28.9	37.4	70.5	65.3	66.7
99-01-18	74.1	28.0	53.5	44.2	36.9	40.7	68.1	64.6	66.3
99-01-19	67.0	30.4	52.1	49.5	41.8	45.2	67.9	64.4	66.4
99-01-20	67.0	25.1	38.0	48.2	25.0	37.0	67.8	64.4	65.9
99-01-21	81.7	24.9	56.6	40.9	30.6	37.8	67.1	64.8	65.6
99-01-22	78.0	33.9	62.0	55.6	39.4	46.1	67.9	64.7	66.3
99-01-23	86.4	51.3	71.8	63.4	51.4	57.7	69.4	65.8	67.8
99-01-24	90.0	46.1	72.2	67.7	59.9	63.8	71.7	67.6	69.6
99-01-25	97.1	25.9	65.5	81.6	36.5	57.8	74.1	68.7	70.9
99-01-26	66.9	25.3	45.7	48.3	36.9	43.2	69.7	66.6	68.6
99-01-27	86.1	25.0	59.9	60.7	39.1	51.7	70.6	67.7	69.0
99-01-28	47.5	25.0	28.3	41.5	25.0	33.8	67.8	64.7	66.4
99-01-29	85.5	26.2	50.3	42.6	32.4	38.4	68.0	65.4	66.5
99-01-30	78.9	25.2	51.2	41.5	27.9	37.9	68.1	65.5	66.6
99-01-31	66.6	24.5	42.0	40.0	27.3	35.9	68.0	65.2	66.2
99-02-01	67.5	24.6	46.3	43.9	32.6	39.7	67.5	64.3	65.6
99-02-02	59.0	25.3	39.9	40.5	30.6	36.7	65.5	62.9	64.0
99-02-03	48.5	25.5	31.4	35.1	30.1	32.7	65.2	62.2	63.6
99-02-04	72.1	25.3	47.7	38.5	33.2	35.4	66.3	63.7	64.5
99-02-05	65.4	25.0	43.3	39.3	27.0	35.9	66.5	62.9	64.5
99-02-06	88.4	24.8	54.0	44.4	27.1	37.6	65.5	61.6	63.6
99-02-07	75.7	27.9	50.9	45.5	34.8	39.9	66.0	61.6	63.3
99-02-08	95.9	24.4	62.6	54.7	37.2	44.7	66.7	62.6	64.5
99-02-09	85.3	24.6	53.5	48.6	32.0	41.7	67.2	62.4	64.5
99-02-10	77.9	40.8	56.9	52.2	43.1	47.4	65.8	62.0	63.7
99-02-11	88.8	24.8	44.3	53.5	29.5	41.3	64.9	61.7	63.4
99-02-12	53.8	25.5	37.9	44.0	29.2	38.0	65.2	62.0	63.2
99-02-13	62.2	24.9	37.1	37.8	25.0	33.6	63.5	61.0	62.2
99-02-14	73.7	35.9	55.6	54.3	33.3	41.6	65.2	60.7	62.9
99-02-15	81.4	34.9	64.2	59.4	47.1	53.9	66.6	62.8	64.7
99-02-16	96.9	24.5	66.5	55.9	43.3	50.6	67.6	63.5	65.6
99-02-17	95.9	50.6	72.6	64.3	53.7	58.6	71.7	64.4	67.3
99-02-18	78.8	24.5	42.1	68.7	28.8	47.0	69.2	61.4	65.7

2. 용인지역 저온양봉사 내·외부 온도 및 습도

가. 저온양봉사 내·외부온도(97. 11. 13 ~ 98. 3. 20)

측정일시	양봉사 외부온도			양봉사 내부온도			양봉사내 벌통내부온도		
	최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균
97-11-13	13.5	8.8	11.1	12.1	9.0	10.8	13.0	10.5	11.6
97-11-14	11.0	7.0	9.5	10.8	9.6	10.3	11.9	11.2	11.6
97-11-15	12.1	-0.8	5.0	10.3	5.1	7.7	11.2	7.2	9.0
97-11-16	14.2	-1.2	5.6	10.6	3.4	6.5	9.4	5.4	7.5
97-11-17	7.4	-0.4	3.5	7.4	0.8	4.4	9.4	3.8	6.5
97-11-18	4.0	-6.5	-1.2	3.2	-0.4	0.9	4.6	2.3	3.3
97-11-19	5.5	-8.4	-1.7	3.6	-2.7	0.7	8.3	0.7	3.4
97-11-20	11.0	-4.2	2.6	9.4	0.8	3.8	9.4	4.2	6.1
97-11-21	7.4	-0.4	4.8	7.7	1.2	5.1	9.0	4.2	6.8
97-11-22	14.2	4.7	9.5	13.0	5.9	9.5	13.3	8.7	10.7
97-11-23	12.1	0.4	6.5	11.0	2.8	7.3	11.2	6.8	9.0
97-11-24	12.4	-2.5	3.9	10.8	0.2	4.9	10.8	3.4	6.8
97-11-25	13.1	5.5	10.3	12.8	6.1	10.0	13.7	7.6	10.8
97-11-26	13.1	4.7	9.8	12.8	6.6	10.8	14.7	8.7	12.4
97-11-27	8.5	-1.2	4.2	8.3	2.0	5.6	8.7	5.4	7.4
97-11-28	12.4	3.6	8.0	11.5	5.1	8.1	11.9	7.2	9.1
97-11-29	8.8	5.5	7.7	9.2	6.6	8.6	10.5	9.0	10.1
97-11-30	9.6	0.0	4.9	9.2	2.4	6.3	9.8	6.1	8.1
97-12-01	3.2	-6.5	0.0	4.0	-3.3	1.9	6.1	0.7	4.4
97-12-02	-2.9	-9.4	-6.6	-1.8	-5.5	-3.9	3.1	-2.2	-0.2
97-12-03	-2.1	-14.8	-8.8	-2.0	-9.9	-5.8	0.3	-4.3	-1.9
97-12-04	3.2	-11.4	-5.7	1.2	-8.1	-4.0	3.1	-3.5	-0.7
97-12-05	7.7	-8.4	-1.4	4.9	-5.3	-0.6	6.1	-1.3	2.0
97-12-06	6.6	-2.1	2.7	6.6	-0.2	3.1	8.0	2.7	4.8
97-12-07	7.7	4.0	5.5	7.4	5.1	6.2	8.7	7.2	7.9
97-12-08	4.0	-2.1	1.4	5.3	0.4	3.4	6.8	3.1	5.7
97-12-09	-1.2	-8.4	-3.7	0.8	-4.4	-1.1	3.1	-0.5	1.8
97-12-10	-3.8	-12.5	-8.1	-2.7	-7.9	-5.2	-0.1	-3.9	-1.9
97-12-11	-2.5	-10.9	-5.4	-1.8	-6.5	-3.6	0.7	-2.2	-0.6
97-12-12	0.0	-13.6	-6.1	-0.6	-9.4	-4.4	1.5	-4.8	-1.5

측정일시	양봉사 외부온도			양봉사 내부온도			양봉사내 벌통내부온도		
	최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균
97-12-13	3.6	-6.5	-2.5	2.2	-4.0	-1.3	3.4	-0.1	1.2
97-12-14	2.8	-7.0	-1.6	3.0	-4.2	-0.6	4.2	-0.9	1.5
97-12-15	5.9	-3.8	1.7	4.8	-1.0	2.4	5.4	2.3	4.2
97-12-16	2.4	-6.0	-1.9	2.2	-2.9	-0.2	3.4	0.3	2.0
97-12-17	6.2	-1.2	1.3	6.6	0.2	2.5	9.4	2.7	4.8
97-12-18	6.6	-0.4	2.9	6.1	1.8	3.8	6.8	4.2	5.6
97-12-19	13.1	1.6	6.0	10.6	3.2	6.2	10.8	5.7	7.5
97-12-20	8.1	-0.4	4.7	8.8	3.4	6.5	9.4	6.1	8.0
97-12-21	9.6	0.0	4.0	8.3	3.0	5.4	8.3	5.7	6.9
97-12-22	8.1	1.6	4.0	7.9	4.0	5.3	8.0	6.1	6.9
97-12-23	8.5	-2.1	3.2	7.6	1.4	4.5	8.0	4.6	6.2
97-12-24	7.4	-2.9	1.8	7.0	0.8	3.7	7.2	4.2	5.8
97-12-25	9.6	-5.1	0.4	7.0	-1.2	2.2	6.5	1.9	4.2
97-12-26	9.6	-5.6	0.5	7.0	-2.0	1.9	6.8	1.5	3.9
97-12-27	7.4	-3.8	0.5	6.1	-0.4	2.1	6.1	2.7	4.1
97-12-28	4.7	-6.5	-1.1	3.8	-2.9	0.5	4.2	0.7	2.8
97-12-29	0.8	-9.9	-4.5	1.0	-5.5	-2.0	2.3	-1.3	0.7
97-12-30	5.5	-7.9	-2.6	3.2	-4.2	-1.0	3.4	-0.9	1.1
97-12-31	5.5	-8.4	-2.0	3.8	-4.6	-0.5	3.8	-0.5	1.7
98-01-01	2.8	-3.8	-0.5	3.0	-1.0	1.0	4.2	1.9	3.0
98-01-02	2.8	-2.1	-0.4	2.8	0.4	1.3	4.2	2.7	3.3
98-01-03	8.8	-1.2	3.4	6.6	1.2	3.7	7.2	3.4	4.9
98-01-04	4.4	-9.4	-4.8	4.8	-4.4	-1.4	6.8	-0.9	1.6
98-01-05	1.2	-7.9	-3.3	1.0	-4.2	-1.6	2.3	-1.3	0.5
98-01-06	1.2	-10.9	-4.1	0.6	-6.0	-2.0	1.9	-1.8	0.5
98-01-07	2.4	-9.9	-3.4	1.6	-6.5	-2.0	2.3	-2.6	-0.1
98-01-08	1.6	-0.8	0.3	2.6	0.4	1.4	5.0	2.3	3.1
98-01-09	0.8	-7.9	-2.8	2.8	-2.3	0.6	4.2	1.5	2.8
98-01-10	1.2	-5.6	-2.0	2.6	-0.4	1.0	3.4	2.3	2.8
98-01-11	5.1	-5.6	1.6	4.6	-0.6	3.0	5.4	2.7	4.1
98-01-12	4.4	-3.3	0.4	4.4	1.0	2.9	5.7	3.4	4.7
98-01-13	0.4	-7.0	-3.7	3.0	-1.4	0.9	4.2	2.3	3.1
98-01-14	5.5	-8.9	-1.0	4.4	-2.7	1.3	5.0	1.1	3.1

측정일시	양봉사 외부온도			양봉사 내부온도			양봉사내 벌통내부온도		
	최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균
98-01-15	3.6	-0.4	1.3	4.0	1.8	2.8	5.7	3.8	4.3
98-01-16	5.5	-3.3	-0.1	4.6	0.4	2.2	5.4	2.7	3.9
98-01-17	5.5	-3.3	1.2	5.1	0.6	3.0	5.7	2.7	4.1
98-01-18	1.2	-10.9	-4.9	3.8	-5.3	-0.1	5.0	-1.3	2.3
98-01-19	-6.0	-14.2	-10.6	-3.3	-9.1	-5.8	-1.3	-3.9	-2.7
98-01-20	0.0	-12.5	-5.7	-0.2	-6.7	-3.2	0.7	-3.5	-1.4
98-01-21	-1.6	-14.8	-6.8	-1.0	-7.9	-3.5	0.3	-3.9	-1.1
98-01-22	2.8	-11.4	-3.7	1.4	-5.8	-1.7	2.3	-2.6	-0.2
98-01-23	-2.9	-11.4	-6.7	-0.6	-6.5	-3.2	1.5	-2.2	-0.5
98-01-24	-7.9	-15.3	-12.1	-4.6	-9.9	-7.3	-2.6	-5.7	-4.3
98-01-25	-1.2	-17.2	-9.4	-2.0	-10.6	-6.1	-1.3	-7.1	-4.1
98-01-26	0.8	-10.4	-4.6	0.4	-4.4	-2.3	1.1	-1.8	-0.5
98-01-27	0.0	-13.1	-6.8	-0.2	-7.4	-3.5	0.3	-3.9	-1.6
98-01-28	0.4	-12.5	-6.3	-0.2	-6.5	-3.2	0.7	-3.5	-1.2
98-01-29	2.4	-15.3	-6.9	0.8	-8.9	-3.8	1.1	-4.8	-1.8
98-01-30	4.7	-7.0	-0.4	3.4	-3.5	0.6	3.8	-0.5	1.9
98-01-31	3.2	-8.9	-2.6	2.8	-3.1	0.2	3.4	-0.1	1.9
98-02-01	4.0	-10.4	-4.8	2.2	-4.6	-1.7	2.7	-1.8	0.3
98-02-02	4.7	-12.0	-3.9	3.0	-5.8	-1.4	4.2	-2.6	0.5
98-02-03	4.7	-7.0	-2.0	3.8	-2.7	0.6	3.4	-0.1	1.8
98-02-05	4.7	-11.4	-2.9	5.7	0.6	3.5	6.1	3.1	4.9
98-02-06	7.4	-7.0	-0.4	7.6	3.0	5.2	7.2	5.0	6.0
98-02-07	4.4	-4.7	-0.7	6.5	4.4	5.4	7.2	5.7	6.5
98-02-08	-1.2	-7.4	-3.7	5.3	3.0	4.2	6.8	5.0	5.7
98-02-09	-2.5	-12.5	-6.8	3.2	0.8	2.4	5.0	3.4	4.1
98-02-10	1.2	-13.6	-5.4	5.5	1.0	3.3	5.7	3.1	4.5
98-02-11	5.1	-14.8	-4.3	5.7	0.6	3.3	6.1	2.7	4.4
98-02-12	12.4	-0.8	6.9	10.6	4.9	8.2	10.1	5.7	8.3
98-02-13	4.7	-2.9	1.0	7.9	6.1	7.1	10.5	7.6	8.9
98-02-14	4.4	-1.2	1.6	7.9	5.9	7.1	9.0	7.6	8.4
98-02-15	5.5	-3.8	0.6	8.3	5.7	7.0	8.7	7.2	8.0
98-02-16	9.6	-5.1	0.6	9.0	4.6	6.6	9.0	6.5	7.6

측정일시	양봉사 외부온도			양봉사 내부온도			양봉사내 벌통내부온도		
	최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균
98-02-17	8.5	-5.1	1.2	9.0	4.9	7.1	9.0	6.5	7.8
98-02-18	9.6	-2.9	2.9	9.6	6.3	7.8	9.4	8.0	8.6
98-02-19	12.1	-1.2	6.1	10.6	6.6	8.7	12.6	8.0	9.7
98-02-20	12.4	5.9	9.5	13.3	10.5	11.7	14.7	12.3	13.1
98-02-21	6.6	-0.4	3.6	10.6	6.5	8.6	12.3	8.7	10.2
98-02-22	10.3	-3.3	2.0	10.6	5.5	7.8	10.5	7.6	8.7
98-02-23	10.3	-3.3	3.8	11.0	6.5	8.6	11.2	8.0	9.5
98-02-24	8.8	2.0	5.9	10.8	8.7	9.5	11.2	9.8	10.4
98-02-25	15.2	1.2	6.8	14.5	7.7	10.0	18.9	6.5	10.7
98-02-26	12.4	-2.5	4.4	11.7	8.5	9.8	20.0	1.5	8.9
98-02-27	3.6	-0.4	2.3	8.8	7.0	7.6	6.8	4.2	5.9
98-02-28	8.1	-2.1	3.4	8.7	5.7	7.2	11.9	2.3	6.2
98-03-01	10.6	-2.9	2.9	9.6	4.2	6.7	19.3	1.1	7.6
98-03-02	11.3	-2.9	3.1	9.9	4.2	6.7	19.3	0.3	7.6
98-03-03	12.8	-3.3	3.8	10.5	3.8	6.9	19.3	0.3	8.0
98-03-04	14.5	-3.3	5.4	10.8	4.2	7.6	21.0	1.1	9.4
98-03-05	14.9	-2.1	6.6	11.9	5.1	8.6	22.7	1.5	10.3
98-03-06	14.2	0.4	6.8	11.0	6.8	8.8	19.6	3.8	9.8
98-03-07	12.4	-1.6	5.4	10.3	6.3	8.0	22.4	2.3	10.1
98-03-08	14.5	-3.3	5.3	9.9	5.5	7.6	21.0	-0.1	9.3
98-03-09	15.2	-1.6	6.6	10.3	5.9	7.7	18.6	1.9	9.2
98-03-10	10.3	3.6	5.9	8.5	5.7	6.7	12.6	5.0	8.0
98-03-11	5.9	2.0	4.2	6.3	5.1	5.8	9.4	5.0	7.2
98-03-12	11.3	2.0	5.8	8.5	5.1	6.6	17.2	5.0	9.9
98-03-13	15.2	-1.6	6.6	9.9	4.8	7.0	20.3	4.2	11.0
98-03-14	9.2	-1.2	4.1	8.5	4.4	6.7	14.4	1.1	7.5
98-03-15	7.4	-4.2	1.5	6.6	3.6	4.9	13.7	-0.1	5.0
98-03-16	11.0	-4.7	2.2	7.0	3.2	4.7	18.2	1.1	7.9
98-03-17	14.9	-4.2	4.5	8.5	2.8	5.5	20.7	1.5	9.8
98-03-18	16.6	-2.9	7.1	8.8	4.0	6.4	21.7	2.7	11.7
98-03-19	13.1	1.2	6.8	8.8	5.9	6.9	15.1	5.0	10.9
98-03-20	2.0	-2.9	-0.5	5.9	3.2	4.1	7.6	1.1	3.7

나. 저온양봉사 내·외부습도(97. 11. 13 ~ 98. 3. 20)

측정일시	양봉사 외부습도			양봉사 내부습도			양봉사내 벌통내부습도		
	최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균
97-11-13	84.6	62.5	70.1	77.8	67.4	70.6	73.5	68.2	71.2
97-11-14	96.7	79.2	93.0	89.5	77.8	84.9	80.5	73.5	77.2
97-11-15	100.0	62.5	91.4	84.5	74.4	78.0	78.7	73.5	77.1
97-11-16	100.0	49.5	83.9	86.2	65.7	76.4	80.5	73.5	77.3
97-11-17	89.9	45.9	68.8	81.2	46.2	63.9	82.2	49.0	66.0
97-11-18	82.8	32.0	54.9	58.5	34.5	47.0	64.7	42.2	56.1
97-11-19	91.6	38.8	69.6	63.9	51.4	58.7	78.7	61.2	68.9
97-11-20	82.8	27.3	60.5	67.4	39.4	56.4	80.5	66.4	73.8
97-11-21	96.7	58.8	80.6	86.2	58.5	74.6	78.7	71.7	74.7
97-11-22	98.4	58.8	80.6	86.2	63.9	76.4	80.5	73.5	77.6
97-11-23	100.0	49.5	85.7	89.5	55.0	78.1	82.2	70.0	77.4
97-11-24	100.0	58.8	85.9	86.2	63.9	77.5	87.3	73.5	77.3
97-11-25	100.0	62.5	86.9	92.6	62.1	82.2	80.5	75.2	78.1
97-11-26	100.0	82.8	93.9	92.6	74.4	86.2	84.0	77.0	81.4
97-11-27	96.7	56.9	78.3	81.2	60.3	71.5	80.5	73.5	77.9
97-11-28	95.1	55.1	73.0	84.5	60.3	69.5	78.7	75.2	76.9
97-11-29	98.4	95.1	96.2	89.5	82.9	86.0	82.2	77.0	80.0
97-11-30	100.0	62.5	88.3	89.5	67.4	80.8	84.0	75.2	80.3
97-12-01	96.7	42.3	62.0	82.9	44.5	57.4	80.5	68.2	74.6
97-12-02	70.0	30.4	48.7	56.8	31.3	43.6	77.0	62.9	66.6
97-12-03	82.8	33.7	60.2	62.1	36.1	51.1	70.0	62.9	65.9
97-12-04	91.6	45.9	73.6	76.1	51.4	64.0	71.7	64.7	68.6
97-12-05	96.7	56.9	82.3	81.2	63.9	73.7	77.0	68.2	72.6
97-12-06	100.0	77.4	95.2	92.6	76.1	85.5	80.5	73.5	76.5
97-12-07	100.0	96.7	99.5	94.1	84.5	89.1	84.0	78.7	81.5
97-12-08	100.0	86.4	97.2	91.1	74.4	84.1	84.0	78.7	82.3
97-12-09	88.2	58.8	74.3	74.4	55.0	65.9	80.5	75.2	77.8
97-12-10	91.6	47.7	65.5	70.9	47.9	56.2	77.0	71.7	73.3
97-12-11	100.0	49.5	81.3	84.5	49.7	68.6	80.5	71.7	75.6
97-12-12	100.0	66.2	88.7	86.2	65.7	75.2	78.7	71.7	75.5
97-12-13	100.0	60.6	89.5	86.2	67.4	79.7	82.2	75.2	78.3

측정일시	양봉사 외부습도			양봉사 내부습도			양봉사내 벌통내부습도		
	최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균
97-12-14	100.0	73.7	92.8	91.1	76.1	82.0	84.0	77.0	79.8
97-12-15	100.0	38.8	73.3	89.5	47.9	69.4	84.0	75.2	78.2
97-12-16	100.0	68.1	90.0	82.9	69.1	77.9	82.2	75.2	78.3
97-12-17	100.0	71.8	89.4	84.5	69.1	79.7	89.0	77.0	80.2
97-12-18	100.0	89.9	97.8	89.5	82.9	87.3	82.2	77.0	80.0
97-12-19	100.0	64.3	91.5	91.1	72.7	85.6	85.7	80.5	82.9
97-12-20	100.0	86.4	96.3	89.5	77.8	84.4	85.7	78.7	82.4
97-12-21	100.0	64.3	85.4	87.8	65.7	77.8	87.3	80.5	83.1
97-12-22	93.3	68.1	80.5	77.8	65.7	71.7	85.7	78.7	82.0
97-12-23	100.0	58.8	80.0	82.9	60.3	72.0	87.3	77.0	80.9
97-12-24	95.1	55.1	77.2	74.4	55.0	66.7	84.0	71.7	78.2
97-12-25	100.0	44.1	82.4	81.2	53.2	69.8	82.2	71.7	76.9
97-12-26	100.0	55.1	85.3	81.2	60.3	73.7	85.7	73.5	78.6
97-12-27	100.0	75.6	95.2	87.8	76.1	81.5	85.7	77.0	79.5
97-12-28	91.6	25.7	61.6	76.1	36.1	57.1	82.2	66.4	75.4
97-12-29	95.1	53.2	76.4	70.9	55.0	63.3	80.5	64.7	72.5
97-12-30	95.1	70.0	86.3	77.8	69.1	73.2	80.5	68.2	75.2
97-12-31	98.4	51.4	83.6	79.5	58.5	71.9	82.2	70.0	75.9
98-01-01	100.0	91.6	98.8	89.5	79.5	85.1	82.2	75.2	79.2
98-01-02	100.0	98.4	99.9	89.5	84.5	86.9	84.0	78.7	81.2
98-01-03	100.0	49.5	87.4	89.5	58.5	80.2	84.0	80.5	82.1
98-01-04	86.4	33.7	60.4	76.1	39.4	53.7	84.0	62.9	71.6
98-01-05	100.0	64.3	94.2	86.2	62.1	76.1	80.5	68.2	76.2
98-01-06	100.0	49.5	81.4	81.2	55.0	67.8	80.5	62.9	73.9
98-01-07	100.0	70.0	88.6	82.9	69.1	74.5	80.5	68.2	76.0
98-01-08	100.0	0.0	92.9	86.2	81.2	84.8	82.2	78.7	80.2
98-01-09	100.0	0.0	80.6	86.2	74.4	80.8	82.2	75.2	81.3
98-01-10	100.0	100.0	100.0	86.2	79.5	83.8	85.7	82.2	83.9
98-01-11	100.0	75.6	89.4	84.5	69.1	75.5	85.7	82.2	83.2
98-01-12	100.0	79.2	96.1	81.2	70.9	77.5	85.7	80.5	82.8
98-01-13	100.0	100.0	100.0	81.2	74.4	78.4	84.0	82.2	83.1
98-01-14	100.0	64.3	83.7	79.5	63.9	71.2	85.7	80.5	83.4

측정일시	양봉사 외부습도			양봉사 내부습도			양봉사내 벌통내부습도		
	최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균
98-01-15	66.2	56.9	63.2	63.9	56.8	59.7	84.0	77.0	78.9
98-01-16	96.7	56.9	76.6	69.1	58.5	63.8	84.0	75.2	78.0
98-01-17	100.0	68.1	90.4	81.2	67.4	73.2	80.5	77.0	78.7
98-01-18	100.0	55.1	77.8	81.2	51.4	62.4	80.5	75.2	77.6
98-01-19	100.0	47.7	65.5	63.9	44.5	51.3	77.0	73.5	75.6
98-01-20	100.0	68.1	94.4	79.5	63.9	71.1	80.5	75.2	77.5
98-01-21	100.0	55.1	83.5	70.9	56.8	64.1	80.5	73.5	76.4
98-01-22	100.0	56.9	86.4	77.8	63.9	71.0	80.5	75.2	78.3
98-01-23	70.0	35.4	49.3	62.1	39.4	47.6	80.5	75.2	76.5
98-01-24	84.6	44.1	59.3	56.8	44.5	48.7	75.2	71.7	74.0
98-01-25	100.0	55.1	80.7	69.1	53.2	61.1	77.0	71.7	74.9
98-01-26	100.0	38.8	78.6	79.5	49.7	66.0	78.7	73.5	76.6
98-01-27	100.0	35.4	74.2	69.1	46.2	59.8	78.7	73.5	75.9
98-01-28	88.2	32.0	58.0	62.1	39.4	51.9	75.2	70.0	72.8
98-01-29	100.0	27.3	71.1	67.4	39.4	55.5	75.2	70.0	72.5
98-01-30	100.0	55.1	84.5	74.4	60.3	69.4	80.5	71.7	76.9
98-01-31	100.0	27.3	65.5	76.1	39.4	57.6	80.5	73.5	76.3
98-02-01	100.0	30.4	74.8	67.4	42.8	59.2	77.0	71.7	74.2
98-02-02	100.0	30.4	73.1	72.7	39.4	59.0	78.7	71.7	74.5
98-02-03	100.0	49.5	87.7	77.8	56.8	68.6	78.7	73.5	76.8
98-02-05	96.7	28.8	73.0	65.7	47.9	58.8	82.2	78.7	80.5
98-02-06	100.0	32.0	77.6	67.4	51.4	61.9	80.5	78.7	79.4
98-02-07	100.0	75.6	97.0	70.9	62.1	66.2	80.5	78.7	79.7
98-02-08	93.3	58.8	73.8	67.4	55.0	58.3	80.5	78.7	79.0
98-02-09	100.0	70.0	93.1	63.9	56.8	59.5	80.5	77.0	78.3
98-02-10	100.0	100.0	100.0	65.7	56.8	61.3	80.5	78.7	79.1
98-02-11	100.0	82.8	98.2	67.4	58.5	61.7	80.5	78.7	79.7
98-02-12	100.0	45.9	89.9	81.2	65.7	73.9	84.0	80.5	81.8
98-02-13	100.0	73.7	96.4	70.9	65.7	69.8	87.3	80.5	83.0
98-02-14	100.0	91.6	98.8	72.7	67.4	69.1	84.0	80.5	82.3
98-02-15	100.0	68.1	92.3	69.1	62.1	67.0	82.2	80.5	80.9
98-02-16	100.0	44.1	87.7	67.4	56.8	63.8	82.2	78.7	80.5

측정일시	양봉사 외부습도			양봉사 내부습도			양봉사내 벌통내부습도		
	최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균
98-02-17	100.0	42.3	80.2	69.1	56.8	63.6	82.2	78.7	80.7
98-02-18	100.0	42.3	71.4	69.1	56.8	62.7	84.0	80.5	81.1
98-02-19	100.0	44.1	75.0	74.4	55.0	62.0	87.3	78.7	82.4
98-02-20	100.0	73.7	90.4	79.5	62.1	72.3	87.3	82.2	84.7
98-02-21	100.0	53.2	75.8	63.9	51.4	57.7	82.2	77.0	79.5
98-02-22	100.0	35.4	68.8	58.5	49.7	54.4	80.5	77.0	77.7
98-02-23	100.0	47.7	83.6	62.1	55.0	59.3	82.2	77.0	78.2
98-02-24	100.0	64.3	86.1	63.9	56.8	62.6	82.2	77.0	78.4
98-02-25	89.9	15.8	47.4	56.8	32.9	48.4	82.2	59.4	74.6
98-02-26	100.0	33.7	80.1	60.3	53.2	57.7	89.0	45.6	66.6
98-02-27	100.0	93.3	99.8	72.7	56.8	66.5	77.0	68.2	73.5
98-02-28	100.0	64.3	93.1	70.9	60.3	66.8	82.2	64.7	73.8
98-03-01	100.0	40.5	82.8	69.1	53.2	62.0	84.0	43.9	69.3
98-03-02	100.0	42.3	78.0	69.1	53.2	61.0	80.5	40.6	66.1
98-03-03	100.0	47.7	84.8	67.4	56.8	61.7	78.7	42.2	61.8
98-03-04	100.0	24.2	69.9	69.1	46.2	58.8	78.7	52.4	65.8
98-03-05	100.0	32.0	72.2	65.7	49.7	57.7	78.7	42.2	64.7
98-03-06	100.0	42.3	77.5	63.9	53.2	60.4	75.2	37.4	59.9
98-03-07	100.0	28.8	70.4	65.7	47.9	59.2	71.7	49.0	61.1
98-03-08	100.0	30.4	70.9	63.9	53.2	60.1	78.7	39.0	60.0
98-03-09	100.0	24.2	63.1	65.7	42.8	55.3	77.0	34.2	53.2
98-03-10	56.9	33.7	46.5	51.4	39.4	46.8	52.4	37.4	46.8
98-03-11	100.0	55.1	95.9	77.8	49.7	66.8	71.7	49.0	65.1
98-03-12	100.0	35.4	77.2	74.4	51.4	66.0	75.2	35.8	60.1
98-03-13	100.0	28.8	79.6	72.7	51.4	64.6	84.0	39.0	62.5
98-03-14	100.0	33.7	74.0	74.4	46.2	61.3	68.2	37.4	56.2
98-03-15	100.0	32.0	57.6	60.3	47.9	52.7	66.4	42.2	53.6
98-03-16	100.0	38.8	81.8	67.4	51.4	61.5	77.0	55.9	64.6
98-03-17	100.0	33.7	77.0	67.4	58.5	63.7	80.5	50.8	67.0
98-03-18	100.0	22.7	68.5	70.9	55.0	63.9	78.7	47.3	67.2
98-03-19	100.0	49.5	91.8	95.6	60.3	77.7	80.5	66.4	71.6
98-03-20	100.0	45.9	65.8	74.4	53.2	61.0	70.0	52.4	63.3

다. 저온양봉사 내·외부온도(98. 11. 29 ~ 99. 2. 21)

측정일시	양봉사 외부온도			양봉사 내부온도			양봉사내 벌통내부온도		
	최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균
98-11-29	4.6	-5.3	-1.7	4.6	2.9	3.7	-	-	-
98-11-30	13.7	-3.4	2.4	6.2	2.6	4.0	-	-	-
98-12-01	7.0	-0.2	3.9	5.0	3.7	4.4	-	-	-
98-12-02	5.8	-2.4	1.3	7.0	3.7	5.2	-	-	-
98-12-03	5.6	-6.8	-0.7	6.7	2.9	5.4	-	-	-
98-12-04	5.8	-9.5	-3.1	5.8	0.6	3.1	-	-	-
98-12-05	4.8	-4.8	-0.5	5.9	3.3	4.3	-	-	-
98-12-06	6.2	-7.3	-0.8	6.2	2.5	4.4	-	-	-
98-12-07	6.2	-0.6	2.2	7.0	5.0	6.0	-	-	-
98-12-08	1.2	-7.9	-2.9	5.8	2.9	4.6	-	-	-
98-12-09	1.0	-8.9	-4.7	4.7	2.0	3.1	-	-	-
98-12-10	3.3	-12.3	-4.2	4.7	0.1	2.5	-	-	-
98-12-11	2.1	-9.5	-2.7	5.3	2.0	3.7	-	-	-
98-12-12	4.0	-12.9	-5.5	4.9	0.1	2.4	-	-	-
98-12-13	8.6	-5.8	1.8	6.7	2.5	4.5	-	-	-
98-12-14	9.2	-0.6	3.1	7.7	5.4	6.4	-	-	-
98-12-15	6.2	-5.3	1.2	7.0	4.3	6.0	-	-	-
98-12-16	10.8	0.3	4.6	9.3	5.8	7.2	-	-	-
98-12-17	6.8	-3.4	0.2	8.3	5.7	6.6	-	-	-
98-12-18	11.6	-5.3	0.7	9.1	5.0	6.4	-	-	-
98-12-19	11.2	-2.0	4.6	9.8	6.6	7.7	-	-	-
98-12-20	7.4	-6.6	-0.8	7.9	4.0	5.9	-	-	-
98-12-21	8.2	-7.3	-1.3	7.1	2.9	4.9	-	-	-
98-12-22	9.4	-4.3	1.7	7.9	4.0	6.0	-	-	-
98-12-23	7.4	-5.3	0.4	7.8	4.6	6.1	-	-	-
98-12-24	7.6	-7.6	-1.3	7.5	3.3	5.3	-	-	-
98-12-25	7.0	-7.9	-1.0	6.7	2.9	5.0	-	-	-
98-12-26	7.0	-7.9	-1.4	6.7	2.9	5.0	-	-	-
99-01-12	-3.4	-8.9	-6.8	3.4	1.7	2.4	4.9	4.0	4.5
99-01-13	1.0	-11.1	-5.3	3.9	0.9	2.4	5.0	3.3	4.1
99-01-14	1.2	-8.2	-4.3	4.6	2.2	3.4	5.4	4.1	4.8
99-01-15	1.8	-7.9	-3.4	5.4	3.0	4.0	5.9	4.9	5.3
99-01-16	4.4	-8.4	-2.7	6.5	3.3	4.7	6.6	5.4	5.9
99-01-17	3.3	-13.5	-5.1	5.4	1.7	3.8	6.2	4.4	5.4

측정일시	양봉사 외부온도			양봉사 내부온도			양봉사내 벌통내부온도		
	최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균
99-01-18	5.2	-8.4	-2.2	6.7	3.2	4.9	7.1	5.4	6.2
99-01-19	8.8	-3.2	1.4	8.2	5.4	6.6	9.0	6.6	7.5
99-01-20	1.4	-8.4	-3.6	6.6	4.6	5.5	8.6	6.7	7.4
99-01-21	4.6	-12.9	-4.1	6.2	2.5	4.5	7.0	5.3	6.1
99-01-22	8.6	-0.6	3.4	8.6	5.5	7.1	9.3	6.9	7.9
99-01-23	7.8	-1.3	3.7	9.4	7.1	8.2	10.3	8.7	9.3
99-01-24	11.8	-0.6	5.7	11.8	8.6	9.8	11.8	9.9	10.7
99-01-25	6.8	-1.5	3.7	10.9	9.1	10.0	11.9	11.1	11.5
99-01-26	7.6	-6.8	0.9	9.8	6.3	8.5	10.9	9.1	10.2
99-01-27	8.2	-2.9	3.4	10.7	8.3	9.7	11.9	10.7	11.1
99-01-28	1.8	-10.6	-4.3	8.3	5.3	6.9	10.7	8.5	9.1
99-01-29	-2.7	-11.7	-6.3	6.6	4.2	5.6	8.5	7.1	7.9
99-01-30	-0.2	-15.4	-7.9	6.1	1.9	4.1	7.1	5.4	6.4
99-01-31	4.4	-12.9	-4.9	6.6	2.0	4.4	7.4	5.0	6.2
99-02-01	7.6	-3.9	0.6	8.5	5.1	6.6	9.0	7.3	7.9
99-02-02	-0.2	-8.4	-3.9	6.7	3.9	5.5	8.6	6.6	7.6
99-02-03	-4.1	-13.5	-9.3	4.6	1.7	3.2	6.6	5.0	5.7
99-02-04	0.1	-16.0	-7.8	5.0	0.4	3.0	6.2	3.9	5.2
99-02-05	3.7	-11.1	-3.4	5.8	2.2	4.3	7.1	5.0	6.0
99-02-06	4.6	-10.6	-3.0	7.0	3.0	5.2	7.7	5.8	6.8
99-02-07	8.2	-7.9	-0.4	8.5	4.3	6.2	8.9	6.5	7.6
99-02-08	10.0	-3.4	2.5	10.3	7.1	8.3	10.5	8.6	9.4
99-02-09	7.4	-3.2	2.0	10.1	7.1	8.7	11.0	9.3	10.1
99-02-10	5.2	-4.8	0.1	9.4	6.3	8.4	10.9	9.4	10.3
99-02-11	5.0	-7.1	-0.6	9.3	6.1	7.9	10.6	8.9	9.8
99-02-12	-2.0	-7.9	-4.8	7.7	4.9	6.0	9.9	7.7	8.5
99-02-13	1.2	-13.5	-6.5	6.2	2.6	4.7	7.7	6.1	7.0
99-02-14	-1.1	-8.9	-4.1	6.2	4.2	5.1	7.8	6.6	7.1
99-02-15	7.8	-3.4	1.1	9.5	6.2	7.6	10.1	7.8	8.9
99-02-16	9.8	-7.3	0.1	10.5	5.9	8.0	11.4	8.5	9.7
99-02-17	10.6	-2.9	4.9	12.3	8.3	10.1	14.7	10.5	12.0
99-02-18	9.2	-2.4	3.2	12.3	9.7	11.3	14.6	12.7	13.5
99-02-19	1.8	-7.9	-2.5	9.8	7.3	8.5	13.2	10.7	11.8
99-02-20	19.5	-7.3	3.6	20.2	5.9	9.7	14.2	10.7	11.9
99-02-21	12.6	9.0	10.1	11.3	8.1	9.3	12.1	10.3	11.2

라. 저온양봉사 내·외부습도(98. 11. 29 ~ 99. 2. 21)

측정일시	양봉사 외부습도			양봉사 내부습도			양봉사내 벌통내부습도		
	최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균
98-11-29	100.0	71.8	96.4	74.1	69.5	71.3	-	-	-
98-11-30	100.0	32.2	81.4	77.8	68.3	71.6	-	-	-
98-12-01	99.2	82.5	92.4	75.9	71.5	73.1	-	-	-
98-12-02	100.0	58.6	85.5	74.9	60.1	70.9	-	-	-
98-12-03	93.9	30.4	67.9	70.2	54.1	63.3	-	-	-
98-12-04	90.8	27.4	66.0	60.9	53.6	57.8	-	-	-
98-12-05	90.0	50.2	71.0	62.9	59.1	61.2	-	-	-
98-12-06	97.8	52.3	79.2	66.0	60.6	62.9	-	-	-
98-12-07	93.1	58.8	78.9	69.7	64.2	67.4	-	-	-
98-12-08	83.1	43.6	63.1	64.1	54.7	58.5	-	-	-
98-12-09	83.2	33.5	56.7	57.0	47.5	52.9	-	-	-
98-12-10	82.1	30.6	59.7	57.7	48.1	51.8	-	-	-
98-12-11	93.9	27.1	57.5	63.7	48.6	54.6	-	-	-
98-12-12	88.9	34.7	69.2	56.5	50.7	53.0	-	-	-
98-12-13	92.1	55.6	75.7	71.0	56.1	62.7	-	-	-
98-12-14	99.2	52.8	84.2	75.8	64.3	70.3	-	-	-
98-12-15	82.6	41.3	66.0	65.2	58.6	61.9	-	-	-
98-12-16	91.2	43.1	70.2	69.3	62.7	65.4	-	-	-
98-12-17	99.2	81.7	94.4	73.0	64.5	67.9	-	-	-
98-12-18	97.0	40.7	78.8	68.9	63.3	65.4	-	-	-
98-12-19	90.4	29.7	62.9	74.9	54.4	65.7	-	-	-
98-12-20	66.4	24.8	43.2	56.4	46.1	50.7	-	-	-
98-12-21	80.5	27.9	57.9	54.5	48.7	51.5	-	-	-
98-12-22	88.6	59.1	75.1	66.1	53.8	60.7	-	-	-
98-12-23	92.9	30.6	69.3	64.0	53.1	59.6	-	-	-
98-12-24	89.9	33.6	67.5	58.5	53.8	56.2	-	-	-
98-12-25	89.9	42.5	72.6	60.9	54.5	57.6	-	-	-
98-12-26	94.8	42.5	80.2	64.6	54.5	59.7	-	-	-
99-01-12	74.4	35.3	61.6	48.6	42.8	46.2	65.1	59.6	62.6
99-01-13	78.7	35.7	60.2	50.4	46.7	48.6	67.6	59.4	63.7
99-01-14	68.9	32.8	51.6	49.2	45.4	47.6	67.3	61.1	64.2
99-01-15	63.9	30.6	47.9	48.7	43.8	46.4	67.7	62.2	65.1
99-01-16	75.4	25.0	48.9	49.3	42.2	46.6	68.2	63.2	66.1
99-01-17	79.5	38.0	61.2	50.7	44.4	46.8	67.7	60.6	64.8

측정일시	양봉사 외부습도			양봉사 내부습도			양봉사내 별통내부습도		
	최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균
99-01-18	86.5	45.4	68.6	53.5	50.0	51.8	68.3	62.4	66.0
99-01-19	76.6	33.9	63.8	57.3	52.4	54.9	69.7	65.4	67.9
99-01-20	72.9	25.2	45.8	53.8	39.9	46.5	67.0	59.8	63.5
99-01-21	80.3	32.0	60.2	50.8	44.9	47.1	66.6	58.9	63.2
99-01-22	87.4	44.9	59.3	58.3	50.7	54.3	69.2	65.7	67.6
99-01-23	92.9	51.1	72.4	62.5	57.5	59.6	69.6	66.8	68.4
99-01-24	87.4	41.8	60.8	59.9	57.6	58.7	70.2	68.0	69.1
99-01-25	90.6	29.3	61.3	64.3	50.9	58.1	69.6	62.2	67.6
99-01-26	74.5	34.8	54.2	56.2	49.4	51.6	67.2	57.9	63.5
99-01-27	75.6	26.7	58.1	60.4	48.2	55.8	68.3	61.1	66.8
99-01-28	64.2	25.2	38.9	50.2	37.5	44.2	62.9	55.0	59.5
99-01-29	85.9	34.0	58.1	49.2	43.5	45.5	62.9	55.5	59.6
99-01-30	77.3	27.2	51.9	45.8	41.1	43.0	62.7	54.7	58.4
99-01-31	78.7	40.8	61.4	51.5	42.9	46.1	64.2	54.9	60.0
99-02-01	84.9	24.8	58.9	54.6	44.8	51.1	65.8	60.0	63.4
99-02-02	65.3	25.5	35.8	46.9	36.9	42.1	62.2	55.0	59.7
99-02-03	56.9	25.6	33.3	40.5	34.5	37.3	59.5	52.1	56.0
99-02-04	78.6	29.4	54.6	45.0	39.0	41.0	61.2	52.4	57.5
99-02-05	82.3	25.1	52.1	49.6	39.0	43.5	62.8	54.3	59.3
99-02-06	88.8	25.0	60.3	49.4	42.6	46.8	64.2	56.0	60.8
99-02-07	86.8	39.6	68.6	56.2	47.3	51.1	65.4	57.6	61.9
99-02-08	93.9	28.0	66.6	59.1	51.4	55.4	67.4	64.3	65.6
99-02-09	87.4	45.3	69.5	58.1	51.7	55.1	67.3	61.9	64.6
99-02-10	89.3	32.3	62.2	57.9	48.7	53.0	65.6	59.1	63.4
99-02-11	79.5	34.9	55.8	52.6	45.7	49.4	65.4	56.5	61.0
99-02-12	51.4	25.5	34.8	47.6	33.6	40.2	59.2	51.7	55.7
99-02-13	62.1	25.2	38.6	40.7	31.6	37.6	60.5	50.9	54.8
99-02-14	83.2	44.1	67.9	52.2	38.2	45.1	59.8	52.1	56.9
99-02-15	89.2	45.2	74.7	58.2	52.3	54.8	64.5	59.5	62.1
99-02-16	97.0	40.2	74.9	57.3	51.3	54.4	64.8	56.6	60.8
99-02-17	90.6	63.9	79.5	65.7	55.0	61.0	66.1	58.5	61.6
99-02-18	86.1	24.6	51.6	64.7	43.0	53.6	64.7	54.8	60.2
99-02-19	64.8	25.2	42.6	50.3	40.6	44.3	59.5	50.4	53.8
99-02-20	48.3	24.2	33.0	47.8	24.7	36.4	58.0	48.7	51.6
99-02-21	26.7	25.4	25.7	26.9	24.6	25.4	59.9	47.4	51.7

4. 월동용 저온양봉사의 열환경 시뮬레이션 프로그램

가. RESP1.BAS : Response Factor 계산

```
0 REM THIS IS A PROGRAM TO CALCULATE THE RESPONSE FACTORS (RESP1.BAS)
2 REM N---NUMBER OF LAYER OF A GIVEN STRUCTURE
4 REM R(I) ---THERMAL RESISTANCE OF CAVITY OR AIR SURFACE IN (sq.M).C/W
      G1(I)---HEAT CONDUCTIVITY IN W/M.C
      G2(I)---SPECIFIC HEAT IN KJ/Kg.C
6 REM G3(I)---DENSITY IN Kg/(cu.M)
      G4(I)---THICKNESS OF I-th LAYER IN M
8 REM K ---HEAT TRANSFER COEFFICIENT IN W/(sq.M).C
9 DIM A(10), B(10), C(10), D(10)
10 DIM A9(400), B9(400), C9(400), S(400)
11 DIM X(400), Y(400), Z(400), YY(400), ZZ(400)
12 DIM PX(30), PY(30), PZ(30)
13 DIM R(10), G1(10), G2(10), G3(10), G4(10)
14 OPEN "FAC-IN.DAT" FOR INPUT AS #7
15 OPEN "FAC.DAT" FOR OUTPUT AS #6
20 INPUT #7, N
22 FOR I = 1 TO N
24 INPUT #7, R(I), G1(I), G2(I), G3(I), G4(I)
26 IF R(I) <> 0 THEN 34
28 G2(I) = G1(I) / G3(I) / G2(I) * 3.6
30 G3(I) = G4(I)
32 R0 = R0 + G3(I) / G1(I)
34 R0 = R0 + R(I)
36 NEXT I
38 K = 1 / R0
40 PRINT USING "          THERMAL CONDUCTANCE K=##.####"; K
```

```

42 Z5 = SQR(40)
44 G = .01
46 FOR J = 1 TO 350
48 A0 = 1: B0 = 0: C0 = 0: D0 = 1
50 FOR I = 1 TO N
52 IF R(I) <> 0 THEN 74
54 Z1 = SQR(G1(I) * G1(I) / G2(I)) * X(J)
56 Y(I) = SQR(G3(I) * G3(I) / G2(I)) * X(J)
58 A(I) = COS(Y(I))
60 IF Y(I) = 0 THEN 66
62 B(I) = SIN(Y(I)) / Z1
64 GOTO 68
66 B(I) = G3(I) / G1(I)
68 C(I) = -Z1 * SIN(Y(I))
70 D(I) = A(I)
72 GOTO 76
74 A(I) = 1: B(I) = R(I): C(I) = 0: D(I) = 1
76 E1 = A0 * A(I) + B0 * C(I)
78 E2 = A0 * B(I) + B0 * D(I)
80 E3 = C0 * A(I) + D0 * C(I)
82 E4 = C0 * B(I) + D0 * D(I)
84 A0 = E1: B0 = E2: C0 = E3: D0 = E4
86 NEXT I
88 W = W + 1
90 Z(W) = B0
92 IF ABS(B0) < 9.999999E-06 THEN 112
94 IF W = 100 THEN 112
96 E0 = Z(W - 1) - Z(W)
98 H = Z(W)
100 IF ABS(Z(W)) - ABS(Z(W - 1)) < 0 THEN H = Z(W - 1)
102 IF ABS(E0) <= ABS(H) THEN 106

```

```

104 G = -G / 3
106 X(J) = X(J) + G
108 IF X(J) > Z5 THEN 210
110 GOTO 48
112 S(J) = X(J) * X(J)
114 G = .01
116 W = 0
118 X(J + 1) = X(J) + G
120 FOR I = 1 TO N
122 IF R(I) <> 0 THEN 152
124 IF S(J) = 0 THEN 156
126 Z1 = SQR(S(J) / G2(I))
128 Z2 = Z1 * G3(I)
130 X9 = G3(I) * G3(I) * .5 / G2(I)
132 R1 = G3(I) / G1(I)
134 C4 = SIN(Z2)
136 C5 = COS(Z2)
138 S1 = C4 / Z2
140 S2 = (S1 - C5) / Z2 / Z2
142 A2 = X9 * S1
144 B2 = X9 * R1 * S2
146 C2 = X9 * (S1 + C5) / R1
148 D2 = X9 * S1
150 GOTO 166
152 A2 = 0: B2 = 0: C2 = 0: D2 = 0
154 GOTO 166
156 X9 = G3(I) * G3(I) * .5 / G2(I)
158 A2 = X9
160 B2 = X9 * G3(I) / G1(I) / 3
162 C2 = G1(I) / G3(I) * X9 * 2
164 D2 = X9

```

```

166 IF I = 1 THEN 190
168 E1 = A0 * A(I) + B0 * C(I)
170 E2 = A0 * B(I) + B0 * D(I)
172 E3 = C0 * A(I) + D0 * C(I)
174 E4 = C0 * B(I) + D0 * D(I)
176 E5 = A3 * A(I) + A0 * A2 + B3 * C(I) + B0 * C2
178 E6 = A3 * B(I) + A0 * B2 + B3 * D(I) + B0 * D2
180 E7 = C3 * A(I) + C0 * A2 + D3 * C(I) + D0 * C2
182 E8 = C3 * B(I) + C0 * B2 + D3 * D(I) + D0 * D2
184 A0 = E1: B0 = E2: C0 = E3: D0 = E4
186 A3 = E5: B3 = E6: C3 = E7: D3 = E8
188 GOTO 194
190 A0 = A(I): B0 = B(I): C0 = C(I): D0 = D(I)
192 A3 = A2: B3 = B2: C3 = C2: D3 = D2
194 NEXT I
196 A9(J) = D0 / B3
198 B9(J) = 1 / B3
200 V = B9(J) / S(J) / S(J)
202 C9(J) = A0 / B3
204 S(J) = -S(J)
206 PRINT J, S(J), V
208 NEXT J
210 M = J - 1
212 I = 0
214 PRINT " I           X(I)           Y(I)           Z(I)"
216 IF I = 0 GOTO 234
218 X(I) = 0: Y(I) = 0: Z(I) = 0
220 FOR J = 1 TO M
222 A1 = -(1 - EXP(S(J))) * (1 - EXP(S(J))) * EXP((I - 1) * S(J)) / (S(J) *
S(J))
224 X(I) = X(I) - A9(J) * A1

```

```

226 Y(I) = Y(I) - B9(J) * A1
227 YY(I) = Y(I)
228 Z(I) = Z(I) - C9(J) * A1
229 ZZ(I) = Z(I)
230 NEXT J
232 GOTO 248
234 X(I) = K: Y(I) = K: Z(I) = K
236 FOR J = 1 TO M
238 A1 = (1 - EXP(S(J))) / (S(J) * S(J))
240 X(I) = X(I) - A9(J) * A1
242 Y(I) = Y(I) - B9(J) * A1
244 Z(I) = Z(I) - C9(J) * A1
246 NEXT J
248 IF Y(I) < .0015 AND I < 3 THEN Y(I) = 0
250 IF Y(I) < 0 THEN Y(I) = 0
252 IF I < 3 THEN 264
254 IF Y(I - 2) = 0 THEN 264
255 IF Y(I - 1) = 0 THEN 264
256 C2 = Y(I) / Y(I - 1)
258 IF C2 >= 1 THEN 264
260 C5 = ABS(C2 - Y(I - 1) / Y(I - 2))
262 IF (C5 - .001) <= 0 THEN 272
264 PRINT I,
265 YY(I) = Y(I)
266 PRINT USING "###.#####    "; X(I); Y(I); Z(I)
267 ZZ(I) = Z(I)
268 I = I + 1
270 GOTO 218
272 PRINT "      C="; C2
271 GOTO 331
274 FOR I = 0 TO 23

```

```

276 IF I <> 0 THEN 296
278 PX(I) = K: PY(I) = K: PZ(I) = K
280 FOR J = 1 TO M
282 A1 = (1 - EXP(S(J))) / (S(J) * S(J))
284 A2 = A1 * (1 - EXP(23 * S(J))) / (1 - EXP(24 * S(J)))
286 PX(I) = PX(I) - A9(J) * A2
288 PY(I) = PY(I) - B9(J) * A2
290 PZ(I) = PZ(I) - C9(J) * A2
292 NEXT J
294 GOTO 312
296 PX(I) = 0: PY(I) = 0: PZ(I) = 0
298 FOR J = 1 TO M
300 A1 = -(1 - EXP(S(J))) * (1 - EXP(S(J))) * EXP((I - 1) * S(J)) / (S(J) *
S(J))
302 A2 = A1 / (1 - EXP(24 * S(J)))
304 PX(I) = PX(I) - A9(J) * A2
306 PY(I) = PY(I) - B9(J) * A2
308 PZ(I) = PZ(I) - C9(J) * A2
310 NEXT J
312 NEXT I
314 PRINT " I           PX(I)           PY(I)           PZ(I)"
316 FOR I = 0 TO 23
318 PRINT I,
320 PRINT USING "##.#### " ; PX(I); PY(I); PZ(I)
322 NEXT I
324 FOR I = 0 TO 23
326 KX = KX + PX(I): KY = KY + PY(I): KZ = KZ + PZ(I)
328 NEXT I
330 PRINT USING " K=##.#### KX=##.#### KY=##.#### KZ=##.####
K; KX; KY; KZ
331 FOR MM = I TO 71

```

```
333 YY(MM + 1) = YY(MM) * C2
335 ZZ(MM + 1) = ZZ(MM) * C2
337 NEXT MM
339 FOR NNN = 0 TO 71
341 WRITE #6, YY(NNN)
343 NEXT NNN
345 FOR NNN = 0 TO 71
347 WRITE #6, ZZ(NNN)
349 NEXT NNN
351 END
```

나. BS.FOR : 저온양봉사의 구조 및 벽체재료에 따른 내부온도 예측

- * The simulation of beehouse inside temperatures by 72
- * response factors: bs.for Written by Li Zhenhai,Sept.1997
- * No.1, No.2, No.3 are the surface of roof, wall and floor
- * respectively.

```
DIMENSION AA(4,4),BB(4),TO(200),TI1(73),TI2(73),TI3(73),
1 TR(73),Y1(72),Y2(72),Y3(72),Z1(72),Z2(72),Z3(72)
DIMENSION YY1(72),ZZ1(72),YY2(72),ZZ2(72),YY3(72),ZZ3(72)
AFR(A,B,T1,T2)=22.68E-8*A*B*(273.15+(T1+T2)/2)**3
OPEN(2,FILE='PRN')
OPEN(6,FILE='BS.DAT')
OPEN(7,FILE='TEMP.DAT')
READ(6,*)KK,VNR1,VNR2,TM,TGM,QR,WB
READ(6,*)BW,BL,BH,E1,E2,E3,PHCL
WRITE(7,36)KK,VNR1,VNR2,TM,TGM,QR,WB
WRITE(7,37)BW,BL,BH
36  FORMAT(1X,' KK=',I4,' VNR1=',F7.2,' VNR2=',F7.2,'
1  TM=',F7.2,' TGM=',F7.2,' QR=',F7.2,' WB=',F7.2)
37  FORMAT(1X,' BW=',F7.2,' BL=',F7.2,' BH=',F7.2)
```

- *TGM is the soil temperature at 1.0m depth;
- *VNR1 is the higher air exchange rate, m³/hr; VNR2 is the lower
- *air exchange rate, m³/hr, TM is the optimum design temperature,C.
- *KK is the amount of simulation days; QR is the heat from bee,W
- *WB=the weight of bee hive box.
- *PHLC is parameter heat loss coefficient; BW is the width,BL is the
- *length,and BH is the hight,calculating interior surface. E1,E2,E3
- *are emittance of the three surfaces. TI1 is side wall temp.;
- *TI2 is roof temp. TI3 is floor temp. and TR is the interior temp..
- *TO is the outside temp.

```
READ(6,*)(TO(I),I=1,(KK+3)*24)
```

```

        READ(6,*)(TI1(I),I=1,72),(TI2(I),I=1,72),(TI3(I),I=1,72)
1  ,(TR(I),I=1,72)
        CLOSE(6,STATUS='KEEP')
        OPEN(6,FILE='FACTOR.DAT')
        READ(6,*)(Y1(N),N=0,71),(Z1(N),N=0,71),(Y2(N),N=0,71)
1  (Z2(N),N=0,71),(Y3(N),N=0,71),(Z3(N),N=0,71)
        CLOSE(6,STATUS='KEEP')
        WRITE(7,19)Y1(0),Z1(0),Y2(0),Z2(0),Y3(0),Z3(0)
19  FORMAT(1X,6F9.5)
        BV=BW*BL*BH
        CY1=Z1(71)/Z1(70)
        CY2=Z2(71)/Z2(70)
        CY3=Z3(71)/Z3(70)
        HL1=0
        HL2=0
        HL3=0
        DO 65 I=0,71
        HL1=HL1+ Y1(I)*TO(72-I)-Z1(I)*TI1(72-I)
        HL2=HL2+ Y2(I)*TO(72-I)-Z2(I)*TI2(72-I)
        HL3=HL3+ Y3(I)*TGM-Z3(I)*TI3(72-I)
65  CONTINUE
        DO 5 J=1,71
        YY1(J)=Y1(J)-CY1*Y1(J-1)
        ZZ1(J)=Z1(J)-CY1*Z1(J-1)
        YY2(J)=Y2(J)-CY2*Y2(J-1)
        ZZ2(J)=Z2(J)-CY2*Z2(J-1)
        YY3(J)=Y3(J)-CY3*Y3(J-1)
        ZZ3(J)=Z3(J)-CY3*Z3(J-1)
5  CONTINUE
        DO 6 J=1,71
        Y1(J)=YY1(J)

```

```

        Z1(J)=ZZ1(J)
        Y2(J)=YY2(J)
        Z2(J)=ZZ2(J)
        Y3(J)=YY3(J)
        Z3(J)=ZZ3(J)
6      CONTINUE
*THE FOLLOWING FOR THE VIEW FACTORS
        CALL VIEW(BW,BL,BH,FI12,FI13,FI21,FI23,FI31,FI32)
*THE FOLLOWING FOR THE INSIDE TEMPERTURES
        WRITE(7,9)
9      FORMAT(1X,'TIME      ','TO=      ','T1=      ','T2=
1      ','T3=      ','TR=      ','VENT M3/hr')
        BB11=0
        BB22=0
        BB33=0
        BB44=0
* The following is the large circulation
        DO 200 I=1,24*KK
            II=I/25
            TIME=I-24*II
            DO 70 M1=1,4
                BB(M1)=0.0
            DO 70 M2=1,4
                AA(M1,M2)=0.0
70     CONTINUE
        AFR12=FI12*AFR(E1,E2,TI1(72),TI2(72))
        AFR13=FI13*AFR(E1,E3,TI1(72),TI3(72))
        AFR21=FI21*AFR(E2,E1,TI2(72),TI1(72))
        AFR23=FI23*AFR(E2,E3,TI2(72),TI3(72))
        AFR31=FI31*AFR(E3,E1,TI3(72),TI1(72))
        AFR32=FI32*AFR(E3,E2,TI3(72),TI2(72))

```

```

AF1=7.2+ AFR12+ AFR13
AF2=7.2+ AFR21+ AFR23
AF3=7.2+ AFR31+ AFR32
AA(1,1)=- (AF1+ Z1(0))
AA(1,2)=AFR12
AA(1,3)=AFR13
AA(2,1)=AFR21
AA(2,2)=- (AF2+ Z2(0))
AA(2,3)=AFR23
AA(3,1)=AFR31
AA(3,2)=AFR32
AA(3,3)=- (AF3+ Z3(0))-2*(BL+ BW)*PHLC/(BL*BW)
DO 80 J=1,3
AA(J,4)=7.2
80 CONTINUE
AA(4,1)=-2*(BL+ BW)*BH*7.2
AA(4,2)=-BL*BW*7.2
AA(4,3)=-BL*BW*7.2
IF(TR(72).GT.TM)VNR=VNR1
IF(TR(72).LE.TM)VNR=VNR2
AA(4,4)=7.2*(2*BL*BW+ 2*(BL+ BW)*BH)+ 99.1*VNR/
1 (TO(72+I)+ 273.15)+ BV*99.1/(TR(72)+ 273.15)+ WB*2.3/3.6
YT1=0.0
YT2=0.0
YT3=0.0
ZT1=0.0
ZT2=0.0
ZT3=0.0
DO 150 J=0,71
YT2=YT2+ Y2(J)*TO(72-J+ I)
YT3=YT3+ Y3(J)*TGM

```

```

YT1=YT1+ Y1(J)*TO(72-J+ I)
150  CONTINUE
YT1=YT2
DO 160 J=1,71
ZT1=ZT1+ Z1(J)*TI1(73-J)
ZT2=ZT2+ Z2(J)*TI2(73-J)
ZT3=ZT3+ Z3(J)*TI3(73-J)
160  CONTINUE
BB(1)=-YT1+ ZT1-HL1*CY1
BB(2)=-YT2+ ZT2-HL2*CY2
BB(3)=-YT3+ ZT3-HL3*CY3-2*(BW+ BL)*PHLC*TO(72+ I)/(BW*BL)
BB(4)=99.1*VNR*TO(72+ I)/(TO(72+ I)+ 273.15)
1  + BV*99.1/(TR(72)+ 273.15)*TR(72)+ QR+ WB*2.3/3.6*TR(72)
CALL SUB0501(4,AA,BB,0.1E-9,IS)
HL1=YT1-ZT1-Z1(0)*BB(1)+ CY1*HL1
HL2=YT2-ZT2-Z2(0)*BB(2)+ CY2*HL2
HL3=YT3-ZT3-Z3(0)*BB(3)+ CY3*HL3
WRITE(7,11)TIME,TO(72+ I),BB,VNR
11  FORMAT(1X,F4.1,6(1X,F8.3))
TI1(73)=BB(1)
TI2(73)=BB(2)
TI3(73)=BB(3)
TR(73)=BB(4)
BB11=BB11+ BB(1)
BB22=BB22+ BB(2)
BB33=BB33+ BB(3)
BB44=BB44+ BB(4)
DO 170 L=1,72
TI1(L)=TI1(L+ 1)
TI2(L)=TI2(L+ 1)
TI3(L)=TI3(L+ 1)

```

```

        TR(L)=TR(L+ 1)
170    CONTINUE
200    CONTINUE
* calculating the average temperatures of KK days
    AT1=BB11/24/KK
    AT2=BB22/24/KK
    AT3=BB33/24/KK
    ATR=BB44/24/KK
    WRITE(7,114)AT1,AT2,AT3,ATR
114   FORMAT(1X,13X,4F9.3)
    END
    SUBROUTINE SUB0501(N,A,T,ES,IS)
    REAL A(N,N),T(N)
    M=N-1
    DO 10 K=1,M
    C=0.
    DO 5 I=K,N
    IF(ABS(A(I,K)).LE.ABS(C)) GOTO 5
    C=A(I,K)
    II=I
5     CONTINUE
    IF(ABS(C).GE.ES) GOTO 15
    IS=0
    RETURN
15    IF(II.EQ.K) GOTO 20
    DO 25 J=K,N
    R=A(K,J)
    A(K,J)=A(II,J)
25    A(II,J)=R
    R=T(K)
    T(K)=T(II)

```

```

T(I)=R
20  K1=K+ 1
    C=1./C
    T(K)=T(K)*C
    DO 10 J=K1,N
    A(K,J)=A(K,J)*C
    DO 29 I=K1,N
29  A(I,J)=A(I,J)-A(I,K)*A(K,J)
10  T(J)=T(J)-A(J,K)*T(K)
    T(N)=T(N)/A(N,N)
    DO 33 K=1,M
    I=N-K
    C=0
    IP=I+ 1
    DO 35 J=IP,N
35  C=C+ A(I,J)*T(J)
33  T(I)=T(I)-C
    IS=1
    RETURN
    END

```

C THE VIEW FACTORS OF THE BEE HOUSE SURFACES: 1=SIDE WALLS
C 2=ROOF; 3=FLOOR.

```

SUBROUTINE VIEW(BW,BL,BH,F12,F13,F21,F23,F31,F32)
DIMENSION A(7),F(7,7)
W=BW
D=BL
H=BH
HG1=H/10
HG2=H/10
WG1=W/10
WG2=W/10

```

```

CALL ENCLF(W,D,H,HG1,HG2,WG1,WG2,A,F)
F21=0
F13=0
A1=0
DO 100 I=1,5
F21=F21+ F(6,I)
F13=F13+ F(I,7)*A(I)
A1=A1+ A(I)
100 CONTINUE
F13=F13/A1
F23=1-F21
F31=F21
F32=F23
F12=F13
END
SUBROUTINE ENCLF(W,D,H,HG1,HG2,WG1,WG2,A,F)
PARAMETER (N=7)
DIMENSION A(N),F(N,N)
HG=H-HG1-HG2
WG=W-WG1-WG2
A(1)=HG*WG
A(2)=H*W-A(1)
A(3)=H*D
A(4)=H*W
A(5)=A(3)
A(6)=D*W
A(7)=A(6)
DO 10 I=1,N
DO 10 J=1,N
F(I,J)=0.
10 CONTINUE

```

```

F(1,2)=0.
F(1,3)=PPDCF1(HG,WG,WG2,D)+ PPDCF2(HG,HG1,WG,WG2,D)
&      + PPDCF2(HG,HG2,WG,WG2,D)
F(1,4)=SSHV(HG,WG,D,1)
&      + PARAF1(WG,HG,HG2,D)+ PARAF2(WG,WG2,HG,HG2,D)
&      + PARAF1(HG,WG,WG2,D)+ PARAF2(WG,WG2,HG,HG1,D)
&      + PARAF1(WG,HG,HG1,D)+ PARAF2(WG,WG1,HG,HG1,D)
&      + PARAF1(HG,WG,WG1,D)+ PARAF2(WG,WG1,HG,HG2,D)
F(1,5)=PPDCF1(HG,WG,WG1,D)+ PPDCF2(HG,HG1,WG,WG1,D)
&      + PPDCF2(HG,HG2,WG,WG1,D)
F(1,6)=PPDCF1(WG,HG,HG1,D)+ PPDCF2(WG,WG2,HG,HG1,D)
&      + PPDCF2(WG,WG1,HG,HG1,D)
F(1,7)=PPDCF1(WG,HG,HG2,D)+ PPDCF2(WG,WG1,HG,HG2,D)
&      + PPDCF2(WG,WG2,HG,HG2,D)
FGSW=SSHV(H,W,D,-1)*W*H
FGBW=SSHV(H,W,D,1)*W*H
FGFC=SSHV(W,H,D,-1)*W*H
IF(A(2).NE.0.)THEN
      F(2,3)=(FGSW-A(1)*F(1,3))/A(2)
      F(2,4)=(FGBW-A(1)*F(1,4))/A(2)
      F(2,5)=(FGSW-A(1)*F(1,5))/A(2)
      F(2,6)=(FGFC-A(1)*F(1,6))/A(2)
      F(2,7)=(FGFC-A(1)*F(1,7))/A(2)
ENDIF
F(3,4)=FGSW/A(3)
F(3,5)=SSHV(D,H,W,1)
F(3,6)=SSHV(D,H,W,-1)
F(3,7)=F(3,6)
F(4,5)=FGSW/A(4)
F(4,6)=FGFC/A(4)
F(4,7)=F(4,6)

```

```

F(5,6)=F(3,6)
F(5,7)=F(3,6)
F(6,7)=SSHV(D,W,H,1)
DO 11 I=2,N
JE=I-1
IF(A(I).EQ.0.)GO TO 11
DO 15 J=1,JE
F(I,J)=A(J)/A(I)*F(J,I)
15 CONTINUE
11 CONTINUE
DO 12 I=1,N
FF=0.
DO 13 J=1,N
FF=FF+ F(I,J)
13 CONTINUE
IR=1
IF(I.LE.2)IR=2
AJF=(1.-FF)/FLOAT(N-IR)
DO 14 J=1,N
IF(I.EQ.J)GO TO 14
IF(I.LE.2.AND.J.LE.2)GO TO 14
F(I,J)=F(I,J)+ AJF
14 CONTINUE
12 CONTINUE
RETURN
END
FUNCTION PARAF1(A,B,B0,C)

```

C This is a function sub-program to calculate
C the configuration factor between two rectangular
C surfaces, one of which is parallel to
C and shifts vertically from the other.

```

BB=B+ B0
A1=A*B
A13=A*BB
A3=A*B0
F1324=SSHV(A,BB,C,1)
F14=SSHV(A,B,C,1)
F32=SSHV(A,B0,C,1)
IF(A1.EQ.0.)THEN
    PARAF1=0.
ELSE
    PARAF1=(A13*F1324-A1*F14-A3*F32)/2./A1
ENDIF
RETURN
END

```

```

FUNCTION PARAF2(A,A0,B,B0,C)

```

- C This is a function sub-program to calculate
- C the configuration factor between two rectangular
- C surfaces, one of which is parallel to
- C and shifts both vertically and horizontally from the other

```

AA=A+ A0
BB=B+ B0
A1=A*B
A13=AA*B
A3=A0*B
F1324=PARAF1(AA,B,B0,C)
F14=PARAF1(A,B,B0,C)
F32=PARAF1(A0,B,B0,C)
IF(A1.EQ.0.)THEN
    PARAF2=0.
ELSE
    PARAF2=(A13*F1324-A1*F14-A3*F32)/2./A1

```

```

ENDIF
RETURN
END
FUNCTION PPDCF1(A,B,B0,C)
C   This is a function sub-program to calculate
C   the configuration factor between two rectangular
C   surfaces, one of which is perpendicular to
C   and shifts vertically from the other.
BB=B+B0
A1=A*B
A13=A*BB
A3=A*B0
F132=SSHV(A,BB,C,-1)
F32=SSHV(A,B0,C,-1)
IF(A1.EQ.0.)THEN
        PPDCF1=0.
ELSE
        PPDCF1=(A13*F132-A3*F32)/A1
ENDIF
RETURN
END
FUNCTION PPDCF2(A,A0,B,B0,C)
C   This is a function sub-program to calculate
C   the configuration factor between two rectangular
C   surfaces, one of which is perpendicular to
C   and shifts both vertically and horizontally from the other
AA=A+A0
BB=B+B0
A1=A*B
A13=AA*B
A3=A0*B

```

```

F1324=PPDCF1(AA,B,B0,C)
F14=PPDCF1(A,B,B0,C)
F32=PPDCF1(A0,B,B0,C)
IF(A1.EQ.0.)THEN
    PPDCF2=0.
ELSE
    PPDCF2=(A13*F1324-A1*F14-A3*F32)/2./A1
ENDIF
RETURN
END
FUNCTION SSHV(A,B,C,IC)
C   This is a program to calculate the ratio of the diffuse light
C   flux reaching a rectangular surface to that leaving the other
C   rectangular surface, namely the configuration factor. The
C   two rectangular surfaces are either parallel or perpendicular
C   to each other.
DATA PAI/3.141593/
IF(C.NE.0.)THEN
    X=A/C
    Y=B/C
ELSE
    WRITE(*,*)'Warning! C is zero.'
    RETURN
ENDIF
RX=SQRT(1.+X*X)
RY=SQRT(1.+Y*Y)
RXY1=SQRT(1.+X*X+Y*Y)
IF(X.EQ.0..OR.Y.EQ.0.)THEN
    SSHV=0.
    RETURN
ELSE IF(IC.LE.0.)THEN

```

```

RXY=SQRT(X*X+ Y*Y)
SSHV=(ATAN(X)/Y-RY*ATAN(X/RY)/Y+ ATAN(X/Y)
&          + 0.5/X/Y*ALOG(RXY1/RX/RX)
&          + 0.5*Y/X*ALOG(RXY1*Y/RXY/RX)
&          + 0.5*X/Y*ALOG(RXY*RX/RXY1/X))/PAI
ELSE
SSHV=2.*(RY*ATAN(X/RX)/Y+ RX/X*ATAN(Y/RX)
&          -ATAN(X)/Y-ATAN(Y)/X+ ALOG(RX*RY/RXY1)
&          /X/Y)/PAI
ENDIF
RETURN
END

```

다. BS-V1.FOR : 환기방식에 따른 저온양봉사 내부온도 예측

- * The simulation of beehouse inside temperatures by 72
- * response factors: bs.for Written by Li Zhenhai,Sept.1997
- * No.1, No.2, No.3 are the surface of roof, wall and floor
- * respectively.

```
DIMENSION AA(4,4),BB(4),TO(200),TI1(73),TI2(73),TI3(73),
1 TR(73),Y1(72),Y2(72),Y3(72),Z1(72),Z2(72),Z3(72)
DIMENSION YY1(72),ZZ1(72),YY2(72),ZZ2(72),YY3(72),ZZ3(72)
AFR(A,B,T1,T2)=22.68E-8*A*B*(273.15+(T1+T2)/2)**3
OPEN(2,FILE='PRN')
OPEN(6,FILE='BS.DAT')
OPEN(7,FILE='TEMP.DAT')
READ(6,*)KK,VNR1,VNR2,TM,TGM,QR,WB
READ(6,*)BW,BL,BH,E1,E2,E3,PHCL
WRITE(7,36)KK,VNR1,VNR2,TM,TGM,QR,WB
WRITE(7,37)BW,BL,BH
36  FORMAT(1X,' KK=',I4,' VNR1=',F7.2,' VNR2=',F7.2,'
1  TM=',F7.2,' TGM=',F7.2,' QR=',F7.2,' WB=',F7.2)
37  FORMAT(1X,' BW=',F7.2,' BL=',F7.2,' BH=',F7.2)
```

- *TGM is the soil temperature at 1.0m depth;
- *VNR1 is the higher air exchange rate, m3/hr; VNR2 is the lower
- *air exchange rate, m3/hr, TM is the optimum design temperature,C.
- *KK is the amount of simulation days; QR is the heat from bee,W
- *WB=the weight of bee hive box.
- *PHLC is parameter heat loss coefficient; BW is the width,BL is the
- *length,and BH is the hight,calculating interior surface. E1,E2,E3
- *are emmitance of the three surfaces. TI1 is side wall temp.;
- *TI2 is roof temp. TI3 is floor temp. and TR is the interior temp..
- *TO is the outside temp.

```
READ(6,*)(TO(I),I=1,(KK+3)*24)
```

```

      READ(6,*)(TI1(I),I=1,72),(TI2(I),I=1,72),(TI3(I),I=1,72)
1  ,(TR(I),I=1,72)
      CLOSE(6,STATUS='KEEP')
      OPEN(6,FILE='FACTOR.DAT')
      READ(6,*)(Y1(N),N=0,71),(Z1(N),N=0,71),(Y2(N),N=0,71)
1  (Z2(N),N=0,71),(Y3(N),N=0,71),(Z3(N),N=0,71)
      CLOSE(6,STATUS='KEEP')
      WRITE(7,19)Y1(0),Z1(0),Y2(0),Z2(0),Y3(0),Z3(0)
19  FORMAT(1X,6F9.5)
      BV=BW*BL*BH
      CY1=Z1(71)/Z1(70)
      CY2=Z2(71)/Z2(70)
      CY3=Z3(71)/Z3(70)
      HL1=0
      HL2=0
      HL3=0
      DO 65 I=0,71
      HL1=HL1+Y1(I)*TO(72-I)-Z1(I)*TI1(72-I)
      HL2=HL2+Y2(I)*TO(72-I)-Z2(I)*TI2(72-I)
      HL3=HL3+Y3(I)*TGM-Z3(I)*TI3(72-I)
65  CONTINUE
      DO 5 J=1,71
      YY1(J)=Y1(J)-CY1*Y1(J-1)
      ZZ1(J)=Z1(J)-CY1*Z1(J-1)
      YY2(J)=Y2(J)-CY2*Y2(J-1)
      ZZ2(J)=Z2(J)-CY2*Z2(J-1)
      YY3(J)=Y3(J)-CY3*Y3(J-1)
      ZZ3(J)=Z3(J)-CY3*Z3(J-1)
5  CONTINUE
      DO 6 J=1,71
      Y1(J)=YY1(J)

```

```

        Z1(J)=ZZ1(J)
        Y2(J)=YY2(J)
        Z2(J)=ZZ2(J)
        Y3(J)=YY3(J)
        Z3(J)=ZZ3(J)
6      CONTINUE
*THE FOLLOWING FOR THE VIEW FACTORS
      CALL VIEW(BW,BL,BH,FI12,FI13,FI21,FI23,FI31,FI32)
*THE FOLLOWING FOR THE INSIDE TEMPERTURES
      WRITE(7,9)
9      FORMAT(1X,'TIME      ','TO=      ','T1=      ','T2=
1      ','T3=      ','TR=      ')
      BB11=0
      BB22=0
      BB33=0
      BB44=0
* The following is the large circulation
      DO 200 I=1,24*KK
      II=I/25
      TIME=I-24*II
      DO 70 M1=1,4
      BB(M1)=0.0
      DO 70 M2=1,4
      AA(M1,M2)=0.0
70     CONTINUE
      AFR12=FI12*AFR(E1,E2,TI1(72),TI2(72))
      AFR13=FI13*AFR(E1,E3,TI1(72),TI3(72))
      AFR21=FI21*AFR(E2,E1,TI2(72),TI1(72))
      AFR23=FI23*AFR(E2,E3,TI2(72),TI3(72))
      AFR31=FI31*AFR(E3,E1,TI3(72),TI1(72))
      AFR32=FI32*AFR(E3,E2,TI3(72),TI2(72))

```

$AF1=7.2+AFR12+AFR13$
 $AF2=7.2+AFR21+AFR23$
 $AF3=7.2+AFR31+AFR32$
 $AA(1,1)=- (AF1+Z1(0))$
 $AA(1,2)=AFR12$
 $AA(1,3)=AFR13$
 $AA(2,1)=AFR21$
 $AA(2,2)=- (AF2+Z2(0))$
 $AA(2,3)=AFR23$
 $AA(3,1)=AFR31$
 $AA(3,2)=AFR32$
 $AA(3,3)=- (AF3+Z3(0))-2*(BL+BW)*PHLC/(BL*BW)$
DO 80 J=1,3
 $AA(J,4)=7.2$
80 CONTINUE
 $AA(4,1)=-2*(BL+BW)*BH*7.2$
 $AA(4,2)=-BL*BW*7.2$
 $AA(4,3)=-BL*BW*7.2$
IF(TO(72+I).GT.9)VNR=VNR2
IF(TO(72+I).LE.9)VNR=VNR1
C IF(TR(72).GT.TM)VNR=VNR1
IF(TR(72).LE.TM)VNR=VNR2
 $AA(4,4)=7.2*(2*BL*BW+2*(BL+BW)*BH)+99.1*VNR/$
1 $(TO(72+I)+273.15)+BV*99.1/(TR(72)+273.15)+WB*2.3/3.6$
YT1=0.0
YT2=0.0
YT3=0.0
ZT1=0.0
ZT2=0.0
ZT3=0.0
DO 150 J=0,71

```

YT2=YT2+Y2(J)*TO(72-J+I)
YT3=YT3+Y3(J)*TGM
YT1=YT1+Y1(J)*TO(72-J+I)
150 CONTINUE
YT1=YT2
DO 160 J=1,71
ZT1=ZT1+Z1(J)*TI1(73-J)
ZT2=ZT2+Z2(J)*TI2(73-J)
ZT3=ZT3+Z3(J)*TI3(73-J)
160 CONTINUE
BB(1)=-YT1+ZT1-HL1*CY1
BB(2)=-YT2+ZT2-HL2*CY2
BB(3)=-YT3+ZT3-HL3*CY3-2*(BW+BL)*PHLC*TO(72+I)/(BW*BL)
BB(4)=99.1*VNR*TO(72+I)/(TO(72+I)+273.15)
1 +BV*99.1/(TR(72)+273.15)*TR(72)+QR+WB*2.3/3.6*TR(72)
CALL SUB0501(4,AA,BB,0.1E-9,IS)
HL1=YT1-ZT1-Z1(0)*BB(1)+CY1*HL1
HL2=YT2-ZT2-Z2(0)*BB(2)+CY2*HL2
HL3=YT3-ZT3-Z3(0)*BB(3)+CY3*HL3
WRITE(7,11)TIME,TO(72+I),BB,VNR
11 FORMAT(1X,F4.1,6(1X,F8.3))
TI1(73)=BB(1)
TI2(73)=BB(2)
TI3(73)=BB(3)
TR(73)=BB(4)
BB11=BB11+BB(1)
BB22=BB22+BB(2)
BB33=BB33+BB(3)
BB44=BB44+BB(4)
DO 170 L=1,72
TI1(L)=TI1(L+1)

```

```

        TI2(L)=TI2(L+1)
        TI3(L)=TI3(L+1)
        TR(L)=TR(L+1)
170    CONTINUE
200    CONTINUE
* calculating the average temperatures of KK days
        AT1=BB11/24/KK
        AT2=BB22/24/KK
        AT3=BB33/24/KK
        ATR=BB44/24/KK
        WRITE(7,114)AT1,AT2,AT3,ATR
114    FORMAT(1X,13X,4F9.3)
        END
        SUBROUTINE SUB0501(N,A,T,ES,IS)
        REAL A(N,N),T(N)
        M=N-1
        DO 10 K=1,M
        C=0.
        DO 5 I=K,N
        IF(ABS(A(I,K)).LE.ABS(C)) GOTO 5
        C=A(I,K)
        II=I
5        CONTINUE
        IF(ABS(C).GE.ES) GOTO 15
        IS=0
        RETURN
15    IF(II.EQ.K) GOTO 20
        DO 25 J=K,N
        R=A(K,J)
        A(K,J)=A(II,J)
25    A(II,J)=R

```

```

R=T(K)
T(K)=T(II)
T(II)=R
20  K1=K+1
    C=1./C
    T(K)=T(K)*C
    DO 10 J=K1,N
    A(K,J)=A(K,J)*C
    DO 29 I=K1,N
29  A(I,J)=A(I,J)-A(I,K)*A(K,J)
10  T(J)=T(J)-A(J,K)*T(K)
    T(N)=T(N)/A(N,N)
    DO 33 K=1,M
    I=N-K
    C=0
    IP=I+1
    DO 35 J=IP,N
35  C=C+A(I,J)*T(J)
33  T(I)=T(I)-C
    IS=1
    RETURN
    END

```

C THE VIEW FACTORS OF THE BEE HOUSE SURFACES: 1=SIDE WALLS
C 2=ROOF; 3=FLOOR.

```

SUBROUTINE VIEW(BW,BL,BH,F12,F13,F21,F23,F31,F32)
DIMENSION A(7),F(7,7)
W=BW
D=BL
H=BH
HG1=H/10
HG2=H/10

```

```

WG1=W/10
WG2=W/10
CALL ENCLF(W,D,H,HG1,HG2,WG1,WG2,A,F)
F21=0
F13=0
A1=0
DO 100 I=1,5
F21=F21+F(6,I)
F13=F13+F(I,7)*A(I)
A1=A1+A(I)
100 CONTINUE
F13=F13/A1
F23=1-F21
F31=F21
F32=F23
F12=F13
END
SUBROUTINE ENCLF(W,D,H,HG1,HG2,WG1,WG2,A,F)
PARAMETER (N=7)
DIMENSION A(N),F(N,N)
HG=H-HG1-HG2
WG=W-WG1-WG2
A(1)=HG*WG
A(2)=H*W-A(1)
A(3)=H*D
A(4)=H*W
A(5)=A(3)
A(6)=D*W
A(7)=A(6)
DO 10 I=1,N
DO 10 J=1,N

```

```

F(I,J)=0.
10 CONTINUE
F(1,2)=0.
F(1,3)=PPDCF1(HG,WG,WG2,D)+PPDCF2(HG,HG1,WG,WG2,D)
&      +PPDCF2(HG,HG2,WG,WG2,D)
F(1,4)=SSHV(HG,WG,D,1)
&      +PARAF1(WG,HG,HG2,D)+PARAF2(WG,WG2,HG,HG2,D)
&      +PARAF1(HG,WG,WG2,D)+PARAF2(WG,WG2,HG,HG1,D)
&      +PARAF1(WG,HG,HG1,D)+PARAF2(WG,WG1,HG,HG1,D)
&      +PARAF1(HG,WG,WG1,D)+PARAF2(WG,WG1,HG,HG2,D)
F(1,5)=PPDCF1(HG,WG,WG1,D)+PPDCF2(HG,HG1,WG,WG1,D)
&      +PPDCF2(HG,HG2,WG,WG1,D)
F(1,6)=PPDCF1(WG,HG,HG1,D)+PPDCF2(WG,WG2,HG,HG1,D)
&      +PPDCF2(WG,WG1,HG,HG1,D)
F(1,7)=PPDCF1(WG,HG,HG2,D)+PPDCF2(WG,WG1,HG,HG2,D)
&      +PPDCF2(WG,WG2,HG,HG2,D)
FGSW=SSHV(H,W,D,-1)*W*H
FGBW=SSHV(H,W,D,1)*W*H
FGFC=SSHV(W,H,D,-1)*W*H
IF(A(2).NE.0.)THEN
      F(2,3)=(FGSW-A(1)*F(1,3))/A(2)
      F(2,4)=(FGBW-A(1)*F(1,4))/A(2)
      F(2,5)=(FGSW-A(1)*F(1,5))/A(2)
      F(2,6)=(FGFC-A(1)*F(1,6))/A(2)
      F(2,7)=(FGFC-A(1)*F(1,7))/A(2)
ENDIF
F(3,4)=FGSW/A(3)
F(3,5)=SSHV(D,H,W,1)
F(3,6)=SSHV(D,H,W,-1)
F(3,7)=F(3,6)
F(4,5)=FGSW/A(4)

```

```

F(4,6)=FGFC/A(4)
F(4,7)=F(4,6)
F(5,6)=F(3,6)
F(5,7)=F(3,6)
F(6,7)=SSHV(D,W,H,1)
DO 11 I=2,N
  JE=I-1
  IF(A(I).EQ.0.)GO TO 11
  DO 15 J=1,JE
    F(I,J)=A(J)/A(I)*F(J,I)
15 CONTINUE
11 CONTINUE
  DO 12 I=1,N
    FF=0.
    DO 13 J=1,N
      FF=FF+F(I,J)
13 CONTINUE
    IR=1
    IF(I.LE.2)IR=2
    AJF=(1.-FF)/FLOAT(N-IR)
    DO 14 J=1,N
      IF(I.EQ.J)GO TO 14
      IF(I.LE.2.AND.J.LE.2)GO TO 14
      F(I,J)=F(I,J)+AJF
14 CONTINUE
12 CONTINUE
  RETURN
END
FUNCTION PARAF1(A,B,B0,C)

```

- C This is a function sub-program to calculate
C the configuration factor between two rectangular

```

C   surfaces, one of which is parallel to
C   and shifts vertically from the other.
BB=B+B0
A1=A*B
A13=A*BB
A3=A*B0
F1324=SSHV(A,BB,C,1)
F14=SSHV(A,B,C,1)
F32=SSHV(A,B0,C,1)
IF(A1.EQ.0.)THEN
    PARAF1=0.
ELSE
    PARAF1=(A13*F1324-A1*F14-A3*F32)/2./A1
ENDIF
RETURN
END
FUNCTION PARAF2(A,A0,B,B0,C)
C   This is a function sub-program to calculate
C   the configuration factor between two rectangular
C   surfaces, one of which is parallel to
C   and shifts both vertically and horizontally from the other
AA=A+A0
BB=B+B0
A1=A*B
A13=AA*B
A3=A0*B
F1324=PARAF1(AA,B,B0,C)
F14=PARAF1(A,B,B0,C)
F32=PARAF1(A0,B,B0,C)
IF(A1.EQ.0.)THEN
    PARAF2=0.

```

```

ELSE
      PARAF2=(A13*F1324-A1*F14-A3*F32)/2./A1
ENDIF
RETURN
END
FUNCTION PPDCF1(A,B,B0,C)
C   This is a function sub-program to calculate
C   the configuration factor between two rectangular
C   surfaces, one of which is perpendicular to
C   and shifts vertically from the other.
BB=B+B0
A1=A*B
A13=A*BB
A3=A*B0
F132=SSHV(A,BB,C,-1)
F32=SSHV(A,B0,C,-1)
IF(A1.EQ.0.)THEN
      PPDCF1=0.
ELSE
      PPDCF1=(A13*F132-A3*F32)/A1
ENDIF
RETURN
END
FUNCTION PPDCF2(A,A0,B,B0,C)
C   This is a function sub-program to calculate
C   the configuration factor between two rectangular
C   surfaces, one of which is perpendicular to
C   and shifts both vertically and horizontally from the other
AA=A+A0
BB=B+B0
A1=A*B

```

```

A13=AA*B
A3=A0*B
F1324=PPDCF1(AA,B,B0,C)
F14=PPDCF1(A,B,B0,C)
F32=PPDCF1(A0,B,B0,C)
IF(A1.EQ.0.)THEN
    PPDCF2=0.
ELSE
    PPDCF2=(A13*F1324-A1*F14-A3*F32)/2./A1
ENDIF
RETURN
END
FUNCTION SSHV(A,B,C,IC)
C   This is a program to calculate the ratio of the diffuse light
C   flux reaching a rectangular surface to that leaving the other
C   rectangular surface, namely the configuration factor. The
C   two rectangular surfaces are either parallel or perpendicular
C   to each other.
DATA PAI/3.141593/
IF(C.NE.0.)THEN
    X=A/C
    Y=B/C
ELSE
    WRITE(*,*)'Warning! C is zero.'
    RETURN
ENDIF
RX=SQRT(1.+X*X)
RY=SQRT(1.+Y*Y)
RXY1=SQRT(1.+X*X+Y*Y)
IF(X.EQ.0..OR.Y.EQ.0.)THEN
    SSHV=0.

```

```

RETURN
ELSE IF(IC.LE.0.)THEN
    RXY=SQRT(X*X+Y*Y)
    SSHV=(ATAN(X)/Y-RY*ATAN(X/RY)/Y+ATAN(X/Y)
&        +0.5/X/Y*ALOG(RXY1/RX/RY)
&        +0.5*Y/X*ALOG(RXY1*Y/RXY/RY)
&        +0.5*X/Y*ALOG(RXY*RX/RXY1/X))/PAI
ELSE
    SSHV=2.*(RY*ATAN(X/RY)/Y+RX/X*ATAN(Y/RX)
&        -ATAN(X)/Y-ATAN(Y)/X+ALOG(RX*RY/RXY1)
&        /X/Y)/PAI
ENDIF
RETURN
END

```