

용인지역 저온양봉사의 환경조절성능 분석

Analysis of Environment Control Capability Wintering Beehouse in Yongin Area

이 석 건 · 김 란 숙* · 이 현 우 · 이 종 원(경북대)

Lee, Suk Gun · Jin, Lan Shu · Lee, Hyun Woo · Lee, Jong Won

Abstract

The wintering honey bee chambers were constructed and inside environment factors were analyzed to provide high technology for efficient wintering of honeybee colonies. As a result of this study, inside air temperature of yongin chamber under the wide range of outside temperature condition was found to be appropriated for wintering of bee, and inside temperature of beehive was about 2°C higher than the air temperature in the chamber. The fan operation schedule did not 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. inside humidity variation of Yongin chamber was very much depended on outside humidity.

1. 서론

우리 나라에 있어서 양봉가수는 1989년도 52,555가구 수에서 1999년 41,341가구 수로 감소하는 추세이지만, 꿀벌의 사육군수는 1989년 636,094군에서 1999년에는 1,080,887군(출처, 농림부 기 타가축 통계-1999년말 기준)으로 증가하는 추세이다. 따라서 국내의 양봉가 수가 줄고, 꿀벌의 사육군수가 증가하는 실정에 알 맞는 과학적인 양봉기술 확립이 요구된다. 꿀벌의 겨울나기도 양봉기술의 일환으로서 봉군월동의 성패는 이듬해 벌꿀 생산량에 직접적인 영향을 미친다. 현재 국내의 월동방법은 대부분 포장월동방법으로 왕겨 외장법, 볏짚 외장법, 스티렌폼 외장법 등이 있으며 이러한 포장 월동방법은 벌통 내부의 환기불량으로 폐사율이 높고, 봉군의 틈칠 군세가 강하지 못하다고 지적되고 있다. 외국의 경우 미국이나 캐나다와 같은 선진국에서는 일찍부터 과포장 월동방법의 유해성을 인식하고 가벼운 포장을 하거나 포장이 필요 없는 실내월동 방법에 관한 연구를 통하여 저온양봉사를 이용한 꿀벌의 월동방법이 노동력 절감과 폐사율 감소면에서 보다 효과적인 방법으로 인식되고 있다.

꿀벌이 월동하는데 필요한 적정온도범위는 2~9°C이며, 최적의 온도범위는 4±1°C이다. 또한 꿀벌은 넓은 습도범위에 적응 할 수 있지만 추천되는 습도범위는 50~75%사이이다. 매우 건조한 겨울철에 있어서 벌통내부 습도가 너무 낮으면 꿀벌의 먹이가 결정되어 먹을 수

없으며, 습도가 너무 높으면 꿀벌의 병해가 발생하여 폐사율이 높아질 위험이 있다. 본 연구는 우리 나라 기후 특성에 알 맞는 선진적인 월동방식을 고안하기 위하여 꿀벌의 월동생태에 알맞도록 용인지역에 저온양봉사를 설계 건축하고 효율적인 월동기술 확립에 필요한 기초 자료를 얻고자 용인지역 저온양봉사 내부의 환경 조절성능을 분석하였다.

2. 실험장치 및 방법

1) 저온양봉사

용인지역에 설치한 저온양봉사는 내부크기가 7.2m×4.2m×2.88m(약 9.2평)으로 120개 봉군을 충분히 저장할 수 있도록 건축하였다. 천장과 벽체는 200mm 샌드위치판넬로 단열처리를 하였으며 바닥면은 200mm 시멘트몰탈로 마감하였다. 내부에는 길이방향으로 공기순환덕트를 설치하여 유입된 외부공기가 저온양봉사 내부에 균일하게 공급되도록 하였으며, 유입팬, 배기팬 및 내부 공기순환팬을 각각 두 대씩 설치하고, 유입 및 배기구 외부에는 1mm 철판으로 빛이 들어오지 못하도록 차광설비를 하였다.

2) 저온양봉사 환경요인 측정시스템

저온양봉사 내부의 온·습도 환경변화를 분석하기 위하여 저온양봉사 내부에 온도센서 2점과 습도센서 1점, 벌통내부에 온도센서 1점을 설치하였으며, 외부에는 온도센서와 습도센서를 각각 1점씩 설치하였다.

3) 환기팬 작동방식 및 측정기간

Table 1과 같이 1차 실험기간은 97년 11월 13일부터 98년 2월 20까지이며, 2차 실험기간은 98년 11월 29일부터 99년 2월 19일까지이다.

Table 1. 용인양봉사 측정기간 및 환기팬 작동방식

구 분	실 험 기 간
1차 실험	'97년 11월 13일 ~ '98년 02월 20일
2차 실험	'98년 11월 29일 ~ '99년 02월 19일

Table 2와 같이 환기팬 작동방식은 저온양봉사 내부온도만을 고려하여 작동하였는바, 저온양봉사 내부온도가 6℃보다 높을 때에는 연속 작동하여 최대환기가 이루어지도록 하였으며, 저온양봉사 내부온도가 6℃보다 낮을 때에는 3분 작동하고 27분 정지하여 최소한의 환기만 이루어지도록 하였다.

Table 2. 환기팬 작동방식

$T_{in} > 6^{\circ}\text{C}$	연속작동	$La=1850\text{m}^3/\text{hr}$
$T_i \leq 6^{\circ}\text{C}$	3분 작동, 27분 정지	$La=220\text{m}^3/\text{hr}$

* 환기팬 용량 : $18.5\text{m}^3/\text{min} \times 2\text{대}$

3. 결과 및 고찰

용인지역 저온양봉사 내부의 온도조절성능과 습도조절성능을 분석한 결과는 아래와 같다.

1) 저온양봉사의 온도조절성능

Fig 1에서 볼 수 있는 바와 같이 1차 실험기간동안 외기온이 $-17.2^{\circ}\text{C} \sim 14.2^{\circ}\text{C}$ (평균온도 -0.1°C) 범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은 $-10.6^{\circ}\text{C} \sim 13.3^{\circ}\text{C}$ (평균온도 2.5°C)범위였으며 벌통 내부온도는 $-7.1^{\circ}\text{C} \sim 14.7^{\circ}\text{C}$ (평균온도 4.3°C)범위에서 변화하였다. 1차 실험기간동안 환기팬이 오작동을 한 경우가 비교적 많았는바, 환기팬이 정상작동한 경우와 환기팬이 오작동한 경우를 나누어 분석한 결과는 Fig 2와 Fig 3과 같다.

Fig 2는 저온양봉사의 환기팬이 정상적으로 작동한 12일 동안의 저온양봉사 내·외부의 온도 변화를 나타낸 것으로 외기온이 $-14.8^{\circ}\text{C} \sim 12.4^{\circ}\text{C}$ (평균온도 -1.1°C)범위에서 변화할 때, 저온양봉사 내부의 온도는 $0.6^{\circ}\text{C} \sim 10.6^{\circ}\text{C}$ (평균온도 5.3°C)범위에서 변화하였으며, 벌통내부의 온도는 $2.7 \sim 10.5^{\circ}\text{C}$ (평균온도 6.4°C)범위에서 변화하여 대부분 꿀벌의 월동에 적합한 온도범위($2^{\circ}\text{C} \sim 9^{\circ}\text{C}$)사이에 있는 것을 알 수 있었다. 또한 외부온도가 9°C 보다 낮을 경우에는 저온양봉사 내부온도가 꿀벌의 월동에 적합한 온도범위($2^{\circ}\text{C} \sim 9^{\circ}\text{C}$)이나, 외부온도가 9°C 보다 높을 경우에는 적정온도보다 다소 높게 나타나는 것으로 분석되어, 환기팬 작동방식을 저온양봉사 내부온도만 고려한 작동방식을 저온양봉사 외부온도도 고려한 작동방식으로 개선할 필요가 있다고 판단되어진다.

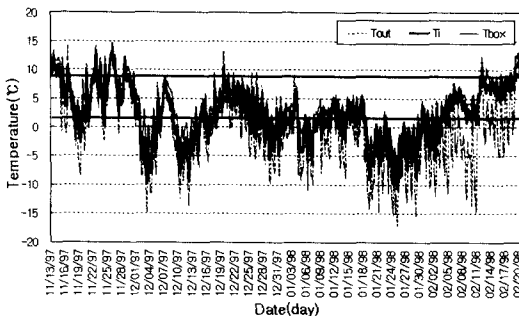


Fig 1. 용인지역 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 온도변화(1차 실험)

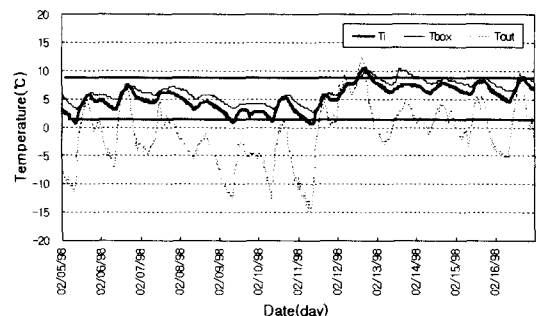


Fig 2. 정상동기간동안 저온양봉사 내·외부 및 벌통내부의 온도변화(1차실험:정상작동)

Fig 3은 저온양봉사의 환기팬이 오작동을 한 12일 동안의 양봉사 내·외부의 온도변화를 나타낸 것으로 외기온이 $-14.8^{\circ}\text{C} \sim 7.7^{\circ}\text{C}$ (평균온도 -3.0°C)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부온도는 $-9.9^{\circ}\text{C} \sim 7.4^{\circ}\text{C}$ (평균온도 -1.2°C), 벌통내부는 $-4.8^{\circ}\text{C} \sim 8.7^{\circ}\text{C}$ (평균온도 1.7°C)범위에서 변화하여 저온양봉사 내부온도가 낮을 경우에도 환기팬이 연속작동으로 외부온도의 유입으로 말미암아 내부온도가 0°C 이하로까지 내려간 것으로 고려되었으며, 따라서 환기팬 오작동을 감지할 수 있는 시스템이 필요한 것으로 사료된다.

Fig 4는 1차 실험결과 환기팬 오작동이 비교적 많이 일어났다고 판단되어져 대비실험을 통한

비교실험을 하고자 2차 실험을 진행한 연구결과이다. 그림에서 볼 수 있는바와 같이 실험기간 동안 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. 따라서 환기팬이 정상작동 하였을 때, 외부온도가 9°C 보다 낮을 경우에는 꿀벌의 월동에 적합한 온도범위($2 \sim 9^{\circ}\text{C}$)를 유지하는데 효과적이었지만 저온양봉사 외부온도가 9°C 보다 높을 경우에는 저온양봉사 내기온이 꿀벌의 월동에 적합한 온도범위($2^{\circ}\text{C} \sim 9^{\circ}\text{C}$)보다 높게 나타나 환기팬 작동방식을 저온양봉사 내부온도뿐만 아니라 외부온도도 고려한 작동방식으로 개선할 필요가 있는 것으로 사료된다.

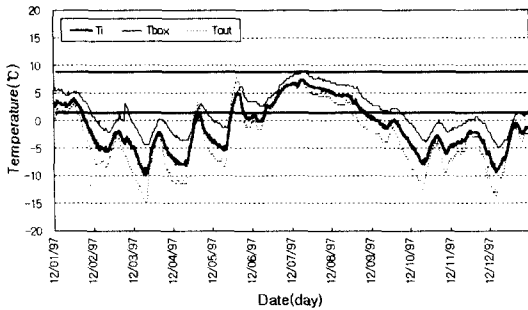


Fig 3. 오작동기간동안 저온양봉사 내·외부 및 벌통내부의 온도변화(1차실험:오작동)

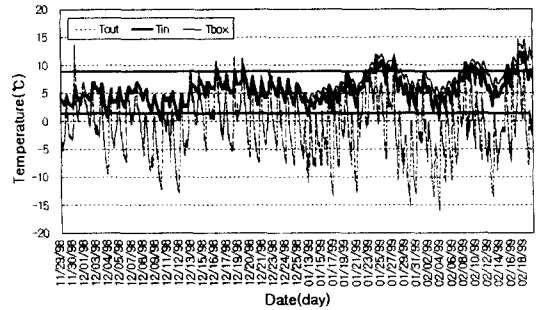


Fig 4. 용인지역 저온양봉사 내·외부 및 벌통내의 온도변화(2차 실험)

2) 저온양봉사의 습도조절성능

Fig 5는 용인 1차 실험기간동안 저온양봉사 내·외부의 습도변화를 도시한 것으로서 외부습도가 $25.7 \sim 100\%$ (평균습도 82.1%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 $31.3 \sim 94.1\%$ (평균습도 69.0%)범위였으며 벌통 내부습도는 $42.2 \sim 89.0\%$ (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% 일때 저온양봉사 내부의 최고최저 습도편차는 62.8% , 벌통내부의 최고최저 습도편차는 37.8% 로 나타났다.

Fig 6은 저온양봉사의 환기팬이 정상적으로 작동한 12일 동안의 저온양봉사 내·외부의 습도변화를 나타낸 것으로 외부 습도가 $28.8 \sim 100\%$ (평균습도 89.9%)범위에서 변화할 때, 저온양봉사 내부의 습도는 $47.9 \sim 81.2\%$ (평균습도 64.3%)범위에서 변화하였으며, 벌통내부의 습도는 $77.0 \sim 87.3\%$ (평균습도 80.3%)범위에서 변화하여 외부습도의 최고, 최저습도의 편차가 71.2% 로 비교적 높을 때, 저온양봉사 내부의 최고, 최저습도 편차는 33.3% , 벌통내부의 최고, 최저습도 편차는 10.3% 로 나타났으며, 대부분 꿀벌의 월동에 적합한 습도범위($50 \sim 75\%$)사이에 있을 것을 알 수 있었다.

Fig 7은 저온양봉사의 환기팬이 오작동을 한 12일 동안의 양봉사 내·외부의 습도변화를 나타낸 것으로 외부 습도가 $30.4 \sim 100\%$ (평균습도 77.4%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 $31.3 \sim 94.1\%$ (평균습도 67.9%), 벌통내부는 $62.9 \sim 84.0\%$ (평균온도 74.2%)범위에서 변화하여

외부 습도의 최고, 최저습도 편차가 69.6%일 때, 저온양봉사 내부의 최고, 최저 습도편차는 62.8%, 벌통내부의 최고, 최저 습도편차는 21.1%로 나타나 정상작동시보다 외부의 습도영향을 많이 받는 것을 알 수 있었다.

Fig 8은 1차년 실험연구 결과에 대한 비교실험으로 2차 실험을 진행한 연구결과로서 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 내부습도 외부습도에 비해 평균 2.1% 낮게 나타났으나 대부분 꿀벌의 월동에 적합한 습도범위(50~70%)내에 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. 따라서 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 성능이 우수함을 알 수 있다.

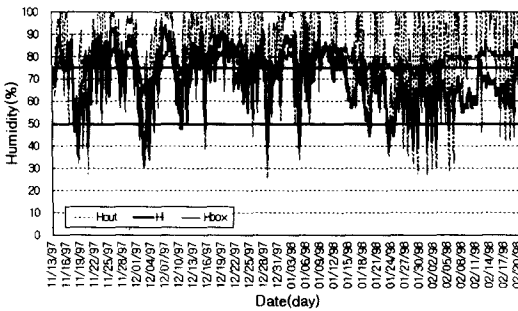


Fig 5. 용인지역 저온양봉사 내·외부 및 벌통내부의 습도변화(1차 실험)

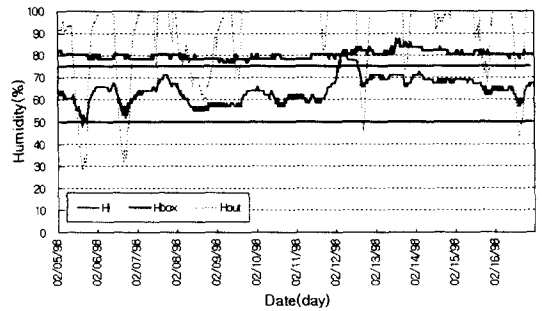


Fig 6. 정상작동기간동안 저온양봉사 내·외부 및 벌통내부의 습도변화(1차실험:정상작동)

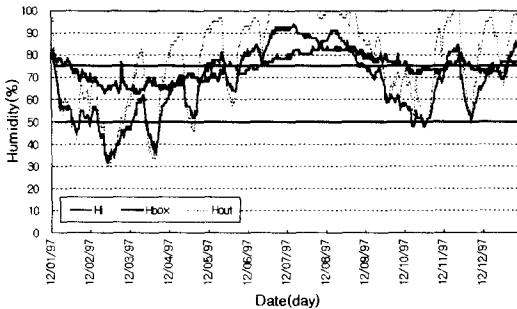


Fig 7. 오작동기간동안 저온양봉사 내·외부 및 벌통내부의 습도변화(1차실험:오작동)

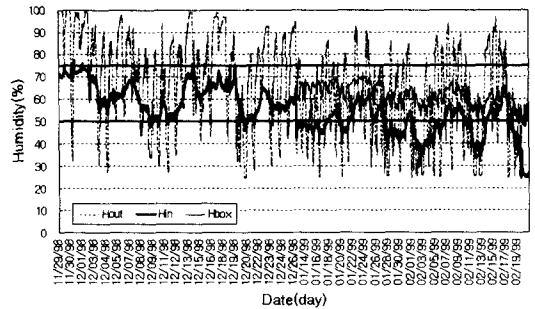


Fig 8. 용인지역 저온양봉사 내·외부 및 벌통내부의 습도변화(2차실험)

4. 결론

우리 나라 지역별 기후조건과 봉군관리실정에 적합한 효율적인 월동기술 확립에 기초적인 자료를 마련하고자 용인지역 저온양봉사 내부의 환경조절성능을 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 1차 실험과 2차 실험 결과 환기팬이 정상 작동하였을 경우, 외부온도가 9℃보다 낮을 경우에는 저온양봉사 내부온도가 꿀벌의 월동에 적절한 온도범위(2℃~9℃)를 유지하였으나, 외부온도가 9℃보다 높은 경우에는 저온양봉사 내부온도가 적정온도(2℃~9℃)보다 높게 나타나는 경향이 있어 저온양봉사 내부온도만을 고려한 환기팬 작동방식을 외부의 온도도 고려한 보다 효과적인 환기팬 작동방식으로 개선할 것이 요구되어 진다.
2. 1차 실험결과 환기팬의 오작동에 의하여 내부온도가 낮을 시에도 환기팬이 연속작동으로 말미암아 저온양봉사 내부온도가 적정온도(2℃~9℃)보다 낮게 나타나는 경향이 있었다. 따라서 오작동을 감지할 수 있는 시스템이 필요한 것으로 사료된다.
3. 1차, 2차 실험결과 외부온도변화에 따른 벌통내부의 온도변화는 저온양봉사 내부의 온도변화보다 평균 약 2℃ 높게 나타났다.
4. 실험 전 기간동안 외부 습도에 의하여 저온양봉사 내부습도가 비교적 큰 영향을 받고 있는 것으로 나타났으나, 저온양봉사 내부 습도의 최고, 최저습도 편차는 외부습도의 최고, 최저 습도 편차보다 약 15%정도 적게 나타나 꿀벌의 월동에 적절한 습도범위(50%~75%)에 근접하였다.

참 고 문 헌

1. 강보석, 1996, 꿀벌의 월동관리요령. 농업기술 96(10), 농촌진흥청, pp.21-22.
2. 이석건 외, 1998, 월동용 양봉사의 설계. 한국생물생산시설환경학회 심포지엄 및 학술논문발표요지, 제 6권 1호, pp.80-86.
3. 이석건, 김란숙, 이종원, 이현우, 최광수, 1999, 환기팬 작동방식이 월동용 양봉사내의 온·습도환경에 미치는 영향. 한국생물환경조절학회, 제 8권 1호, pp.20-23.
4. 이석건 외, 1998, 월동용 양봉사의 구조 및 환경조절. 한국양봉학회지, 제 13권 1호, pp. 15-20.
5. Graham J, M., 1993, The Hive and the Honey Bee. Dadant & Sons, pp.850-868.
6. Hellickson, M., A., 1983, Ventilation of Agricultural Structures. A.S.A.E, pp.25-41.
7. 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.