

# 영주지역 저온양봉사의 환경조절성능 분석

## Environment Control Capability Analysis of Wintering Beehive in Yeongju Area

이석건, 이현우, 이종원, 김관숙\*, 최광수<sup>1</sup>  
경북대학교 농업토목공학과, <sup>1</sup>동물자원과학과

Lee, S.G, Lee, H.W, Lee, J.W, Jin, L.S\*, Choi, G.S<sup>1</sup>

Kyungpook National University Agriculture engineering, <sup>1</sup>Animal Science and Biotechnology

### 서론

우리나라 기후에 알맞는 꿀벌월동용 저온양봉사를 개발하기 위하여 96년 말에 영주지역에 실험용 저온양봉사를 건축하고 97년부터 99년까지 저온양봉사 내부의 환경변화를 분석하였다. 우리나라에 있어서 꿀벌의 저온실내월동에 관한 연구는 아직 시작단계이므로 겨울철 저온양봉사내부의 온·습도 조절에 역점을 두고 분석하였다. 꿀벌이 월동하는데 필요한 적정온도범위는 2~9℃이며, 최적의 온도범위는 4±1℃이다. 비교적 온화한 우리 나라 기후조건하에서 벌통을 실외로 옮기기 전인 봄철에 저온양봉사내부의 온도가 높아질 우려가 있는 것으로 판단되어지며 이 문제를 해결하는 방법으로 환기팬 작동방식을 개선하였다. 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. 따라서 영주지역의 저온양봉사에 대하여 3년간의 실험을 통하여 저온양봉사 내부의 환경조절성능을 분석함으로써, 우리 나라 지역별 기후조건과 봉군관리 실정에 적합한 효율적인 월동기술 확립에 필요한 저온양봉사를 개발하고자 본 연구를 수행하였다.

### 실험장치 및 방법

#### 1. 저온양봉사

96년 12월에 영주지역에 설치한 저온양봉사는 내부크기가 7.2m×4.2m×2.88m(약 9.2평)으로 120개 봉군을 충분히 저장할 수 있도록 건축하였다. 천장, 벽체 및 바닥은 100mm우레탄 폼으로 단열처리를 하였으며 바닥은 100mm 시멘트몰탈로 마감하였다. 내부에는 길이방향으로 공기순환덕트를 설치하여 유입된 외부공기가 저온양봉사 내부에 균일하게 공급되도록 하였으며, 유입팬과 배기팬은 각각 두개씩 설치하고, 환기구 외부는 1mm 철판으로 빛이 들어오지 못하도록 차광설비를 하였다.

#### 2. 저온양봉사 환경요인 측정시스템

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

### 3. 환기팬 작동방식 및 측정기간

Table 1. 영주양봉사 측정기간 및 환기팬 작동방식

구 분	실 험 기 간	환기팬 작동방식
1차 실험	'97년 02월 19일 ~ '97년 03월 13일	작동방식 A
2차 실험	'97년 11월 21일 ~ '98년 03월 04일	작동방식 B
3차 실험	'98년 11월 29일 ~ '99년 02월 18일	작동방식 B

Table 2. 환기팬 작동방식

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

\* 환기팬 용량 :  $36\text{m}^3/\text{min}$

### 결과 및 고찰

#### 1. 저온양봉사의 온도조절성능

Fig 1에서 볼 수 있는 바와 같이 1차 실험기간동안 외기온이  $-6.2^{\circ}\text{C} \sim 20.9^{\circ}\text{C}$ (평균온도  $6.5^{\circ}\text{C}$ )범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은  $1.6^{\circ}\text{C} \sim 15.9^{\circ}\text{C}$ (평균온도  $8.7^{\circ}\text{C}$ )범위였으며 벌통 내부온도는  $2.5^{\circ}\text{C} \sim 16.6^{\circ}\text{C}$ (평균온도  $10.0^{\circ}\text{C}$ )범위에서 변화하였다. 계측기간 20일 동안 월동용 저온양봉사 내기온이 최고온도가  $9^{\circ}\text{C}$ 이상되는 일수가 14일이었으며 평균온도가  $9^{\circ}\text{C}$ 이상되는 일수는 6일로 조사되어 꿀벌이 월동하기에는 다소 높은 기온변화를 나타내었다.

Fig 3은 외기온의 상승에 따른 저온양봉사 내부온도의 과다상승을 억제하고자 환기팬 작동방식을 개선하여 저온양봉사를 운용한 2차 실험기간의 연구결과로서, 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 실험기간동안 외기온이  $-12.8^{\circ}\text{C} \sim 15.5^{\circ}\text{C}$ (평균온도  $0.8^{\circ}\text{C}$ )범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은  $-0.6^{\circ}\text{C} \sim 9.7^{\circ}\text{C}$ (평균온도  $5.8^{\circ}\text{C}$ )범위였으며 벌통 내부온도는  $-0.1^{\circ}\text{C} \sim 10.8^{\circ}\text{C}$ (평균온도  $7.0^{\circ}\text{C}$ )범위에서 변화하였다. 계측기간 60일동안 저온양봉사 내기온의 최고온도가  $9^{\circ}\text{C}$ 보다 높게 나타난 날수는 7일, 최저온도가  $2^{\circ}\text{C}$ 미만으로 나타난 날수는 5일에 불과하여 저온양봉사의 성능이 우수함을 알 수 있었다.

Fig 5는 저온양봉사 환경조절 시스템의 안정성과 성능점검을 위하여 3차실험을 진행한 결과로서 실험기간동안 외기온이  $-16.7^{\circ}\text{C} \sim 13.5^{\circ}\text{C}$ (평균온도  $-0.6^{\circ}\text{C}$ )범위에서 변화할 때 저온양봉사 내기온은  $0.7^{\circ}\text{C} \sim 9.8^{\circ}\text{C}$ (평균온도  $5.8^{\circ}\text{C}$ )범위였으며 벌통 내부온도는  $3.2^{\circ}\text{C} \sim 9.9^{\circ}\text{C}$ (평균온도  $5.5^{\circ}\text{C}$ )범위에서 변화하였다. 계측기간 70일동안 저온양봉사 내기온의 최고온도가  $9^{\circ}\text{C}$ 보다 크게 나타난 일수는 2일,  $2^{\circ}\text{C}$ 미만으로 나타난 일수는 1일에 불과하여 저온양봉사의 성능이 우수함을 알 수 있었다.

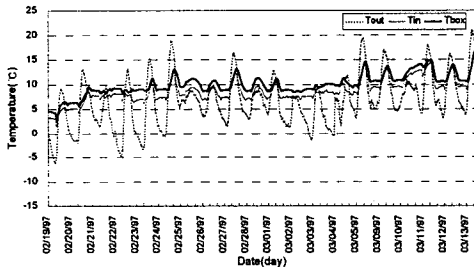
#### 2. 저온양봉사의 습도조절성능

Fig 2는 1차 실험기간동안 저온양봉사 내·외부의 습도변화를 도시한 것으로서 저온양봉사의 내부습도는 외기 유입으로 인하여 외부습도의 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.

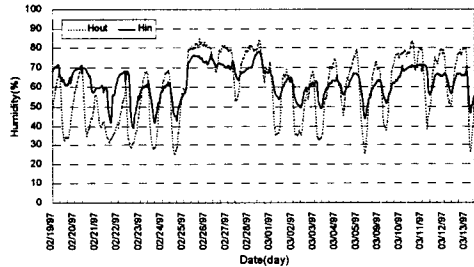
외부습도가 25.2%~84.8%(평균습도 59.1%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 39.1%~78.2%(평균습도 62.7%)범위에서 변화하여 저온양봉사의 내부최고습도는 외부최고 습도보다 낮게 나타났으나 평균습도는 약 14%정도 높게 나타났다.

Fig 4는 2차 실험기간동안 저온양봉사 내·외부의 습도변화를 도시한 것으로 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.

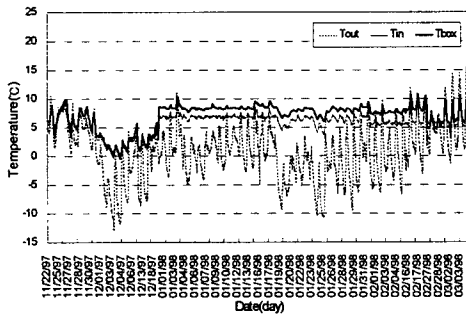
Fig 6은 저온양봉사 환경조절 시스템의 안정성과 성능점검을 위하여 3차 실험을 진행한 결과로서 실험기간동안 외부습도가 24.4%~100%(평균습도 56.8%)범위에서 변화할 때 저온양봉사 내부습도는 25.0%~85.1%(평균습도 48.7%)범위였으며 벌통내부습도는 60.7%~76.4%(평균습도 66.2%)범위에서 변화하였다. 저온양봉사 내부습도는 외부습도에 비해 평균 8.1% 낮게 나타났으며 벌통내부습도는 외부습도에 비해 평균 9.4% 높게 나타나 월동에 적정 습도(50~70%)로 추천되는 범위내에 들었다. 그리고, 외부습도의 최고최저 습도 편차가 75.6%인 반면에 저온양봉사 내부의 최고최저 습도편차는 60.0%로 나타나 변화폭이 훨씬 줄어들었고 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.



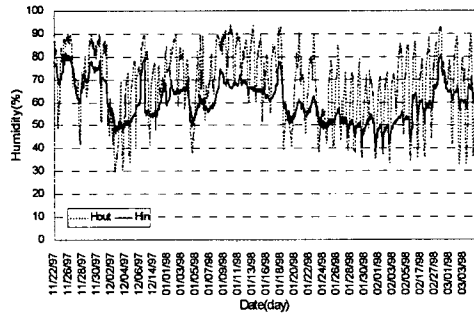
.....T<sub>out</sub> — T<sub>in</sub> — T<sub>box</sub>  
Fig 1. 저온양봉사 내·외부 및 벌통내 기온변화(1년차)



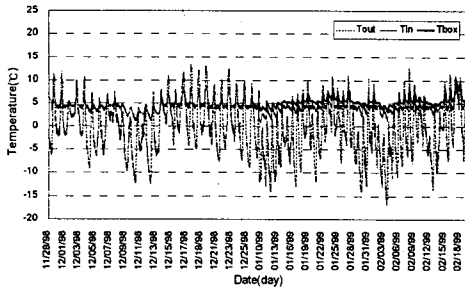
.....T<sub>out</sub> — T<sub>in</sub>  
Fig 2. 저온양봉사 내·외부 습도변화(1년차)



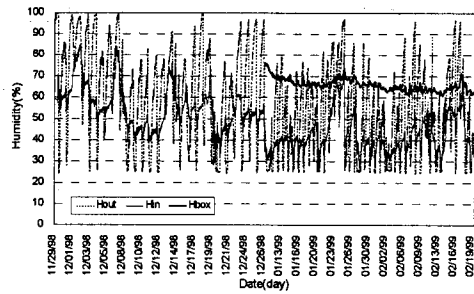
.....T<sub>out</sub> — T<sub>in</sub> — T<sub>box</sub>  
Fig 3. 저온양봉사 내·외부 및 벌통내 기온변화(2년차)



.....T<sub>out</sub> — T<sub>in</sub>  
Fig 4. 저온양봉사 내·외부 습도변화(2년차)



..... $T_{out}$  —  $T_{in}$  —  $T_{box}$   
 Fig. 5. 저온양봉사 내·외부 및 벌통내  
 기온변화(3년차)



..... $T_{out}$  —  $T_{in}$  —  $T_{box}$   
 Fig. 6. 저온양봉사 내·외부 및 벌통내  
 습도변화(3년차)

## 결 론

우리나라 지역별 기후조건과 봉군관리실정에 적합한 효율적인 월동기술 확립에 기초적인 자료를 마련하고자 영주지역 저온양봉사 내부의 환경조절성능을 분석한 결과는 다음과 같다.

- 1차 실험에서 환기팬 작동방식을 A로 하였을 때, 외부온도가 낮을 경우에는 저온양봉사 내부온도가 꿀벌의 월동에 적합한 적정온도범위를 유지하였으나 외부온도가 비교적 높을 경우 양봉사의 내부온도는 다소 높게 나타났다.
- 2차와 3차 실험에서는 환기팬 작동방식을 개선한 결과, 외부온도가 비교적 낮을 경우나 비교적 높을 경우에도 저온양봉사 내부온도는 꿀벌의 월동에 적합한 온도범위인 2~9°C 범위를 유지하였다.
- 환기팬 작동방식의 개선으로 저온양봉사 내부온도를 약 2.1°C의 승온억제 효과를 얻었으며, 월동기간동안 적정온도범위를 유지할 수 있게 되었다.
- 벌통내부 온도는 저온양봉사 내부온도보다 약 2°C 높게 나타났다.
- 실험기간동안 대부분의 저온양봉사 내부습도가 꿀벌이 월동하기에 적절한 습도범위(50~75%)로 유지하였다.
- 저온양봉사 내부와 벌통내부의 습도변화는 외부의 습도변화에 비교적 큰 영향을 받는 것으로 나타났으나, 저온양봉사 내부의 습도변화폭은 외부의 습도변화폭보다 상당히 적은것으로 나타났다.
- 개선된 환기팬 작동방식이 개선전 환기팬 작동방식보다 습도조절성능이 더 우수한 것으로 나타났다.

## 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.