



개량형 토종꿀벌 (*Apis cerana*) 벌통의 유형별 온·습도와 무게변화 비교

이찬주, 홍영희, 이명렬¹, 유철형², 김순일*

(주)나리소 기능성연구소, ¹인천대학교 매개곤충자원융복합연구센터, ²하니팜영농조합법인

Comparison on Temperature, Humidity and Weight Changes among Different Types of Hive for the Asiatic Honeybee (*Apis cerana*)

Chan-Ju Lee, Young-Hee Hong, Myeong-lyeol Lee¹, Cheol-Hyeong Ryu² and Soon-Il Kim*

Center for Biological Assessment Research, Nareso Co. Ltd., Suwon, Republic of Korea

¹Convergence Research Center for Insect Vectors, Incheon National University, Incheon, Republic of Korea

²Honey-Farm Agricultural-Cooperative Company, Chungju, Republic of Korea

Abstract

The questionnaire survey for *Apis cerana* beekeepers and professionals on improved native bee hives was carried out and we compared the temperature, relative humidity (RH), and weight changes of 4 improved hives (Chungju, Miryang, Hanam, and Suwon) from May 1, 2019 to January 31, 2020. Beekeepers need vertical feeder, hive stand, entrance block, and separating panel as hive accessory devices. The average temperatures within brood area were kept constantly (31.3~35.1°C) and the low daily variances of temperature ($\leq 1^\circ\text{C}$) in Chungju hive among tested hives were observed. The daily temperature variances in the separated space and on the top of winter cluster were not different among 4 hives. In correlation between the temperature of brood area and the number of combs, Chungju hive showed the highest correlation (80.4%) and between the temperature on top of winter clusters and outside temperature, 4 hives showed high positive correlation (76.8~87.1%). RH of brood area (45~60%) in all hives were kept relatively low and constant compared to the outside RH (60~85%). The stablest RH on the top of winter cluster was observed in Suwon hives (65~75%) The highest cumulative weight increase among hives and the high positive correlation (65~67%) between the change of cumulative hive weight and combs number of hives were shown in the Miryang and Chungju. Based on these results, *A. cerana* bees are able to manage constant temperature and RH within hives area for their colony life, which also effected by the types of hive.

Keywords

Honeybee, *Apis cerana*, Hive, Temperature, Humidity, Weight

서론

인류가 꿀벌을 관리하던 초기에는 통나무, 대나무, 나무 껍질, 점토 등을 이용해서 벌통을 제작하였고 농경 사회에서는 뱃짐으로 향아리 모양의 벌통을 만들어 이용하다가 19세기경 지어존(Dzierzon, 1811~1906)과 미국인 랑스트로스(Langstroth, 1810~1895)가 나무 틀에 부착한 벌

집들을 꺼내 볼 수 있는 근대식 벌통을 고안하여 보급하면서 서양종꿀벌(*Apis mellifera*)을 중심으로 하는 양봉산업의 발전이 이뤄지게 되었다(Graham, 1992). 하지만 동양종꿀벌(*Apis cerana*)은 이러한 서양종꿀벌 산업 발전과 달리 경험에 의존하는 전통적 사육 관리방식에 의존하여 통나무통, 대나무통, 사각통 등을 이용하는데 국한되어 현대적 관리방식에 의한 산업발전을 이루는 데 한계를 보여

Table 1. Specification of four kinds of improved hives for *Apis cerana* used in this study

Specification	Parts size, mm	Hive type			
		Chungju	Miryang	Hanam	Suwon
Comb frame	Top-bar L	380	390	390	380
	Bottom-bar L	330	337	330	330
	Side-bar L	230	270	230	235
	Top-bar end L ^a	15	17	15	17
	Side-bar body L	55	80	90	55
	Top-bar W × thickness	23 × 20	27 × 20	30 × 20	23 × 20
	Bottom-bar W × thickness	10 × 10	20 × 10	15 × 20	10 × 10
Bee hive	W × L × H ^b	340 × 420 × 350	415 × 450 × 370	410 × 450 × 240	350 × 440 × 400
Hive entrance	W × L × H	110 × 15	205 × 15	110 × 15	110 × 15
	Entrance block ^c	○	○	○	○
Ventilation window	W × L × H / numbers	145 × 25/2ea	120 × 25/4ea	110 × 25/4ea	150 × 25/2ea
Hive stand	Stand cross-arm (Size)	×	×	×	○ (28 × 38 × 200)

^aFasten or bridged to the side frame of a hive.

^bL, W, H, and n mean length, width, height and number, respectively and the figures include a lid.

^cThickness of the entrance block unit: 40~50 mm.

왔다(Choi *et al.*, 2013).

꿀벌 활동에 관여하는 기후 요인들 중 온도는 다른 어떤 요인보다 벌들의 민감한 반응을 유도하는데, 이 중에서도 특히 겨울철 일벌들이 저온을 극복하기 위하여 봉구를 형성한다는 사실은 잘 알려져 있다. 벌통 내부 온도 중에서 봉군 발육에 가장 중요한 요소인 봉군의 육아권 온도는 대개 최저 32°C에서 최적인 35°C 내외로 유지되어야 유충들이 정상적으로 발육한다(Tautz *et al.*, 2003; Groh *et al.*, 2004). 벌통 내 온도가 너무 높으면 벌들은 날개 짓을 통해 벌통 밖으로 열기를 내보낸다. 반면에 벌통 내 온도가 너무 낮으면 날개 근육을 진동하여 체내 대사열을 발산한다. 많은 곤충들은 날기 전에 자신들의 날개 근육의 온도를 상승하는 일에 온도 조절을 국한하지만, 사회생활을 하는 꿀벌은 이와 같이 자신들의 주변 온도를 조절할 수 있는 기능을 갖추고 있다(Koeniger, 1988; Tautz, 2008). 서양종꿀벌의 경우 여름에는 벌통 내 온도를 35~36.1°C로 유지하고 37.2°C 이상 올라가지 않도록 관리하고, 월동 벌통은 23.8°C로 유지하는 것이 중요하다고 보고된 바 있다(Root, 1899).

최적 온도에서 0.5°C 내외의 아주 적은 온도 변이조차도 유충들의 발육 및 일벌들의 건강에 영향을 미칠 수 있

는 것으로 알려져 있다. 그래서 최적온도 이하에서 사육한 벌들은 성충이 되었을 때 일부 살충제에 대해 더 민감한 감수성을 나타내었다(Medrzycki *et al.*, 2009). 한편으로 일벌 번데기의 발육 온도가 일벌들의 분업 할당비율에도 영향을 미칠 수 있다는 점도 보고되었다(Matthias *et al.*, 2009). 여름철 상업용 화분매개용으로 사용된 벌통은 자연 조건으로 유지한 벌통에 비해 10월에 들어 일벌 및 유충이 더 줄어들고, 동절기 내내 봉군 내 평균온도가 더 낮은 상태에서 일간 온도 변이도 더 크게 나타나 온도 조절 능력이 저하되었음이 조사된 바 있다(Meikle *et al.*, 2017). 이는 봉군 내 평균온도와 더불어 온도 변이가 봉군 계절양상 및 월동 후 봉군 발육상태에 관한 1차 정보를 줄 수 있음을 의미한다. 또한 벌통 육아권의 온도가 일정하게 유지되지 않으면 노제마 등 꿀벌 유충은 질병에 대한 감수성이 높아진다(Winston, 1987). 이러한 중요성 때문에 국내에서는 봉군의 온도 및 습도 모니터링 자료를 사물 인터넷 플랫폼을 이용하여 클라우드 기반 실시간 전송하여 구현하고자 하는 연구도 이뤄졌다(Kim and Jung, 2015). 따라서 벌통 내 온습도 변화에 대한 비교 분석은 매우 중요한 의미를 가지고 산란권의 확대에 따른 벌통 무게 증가는 봉군의 건강성과 향상성을 유지하는데 중요

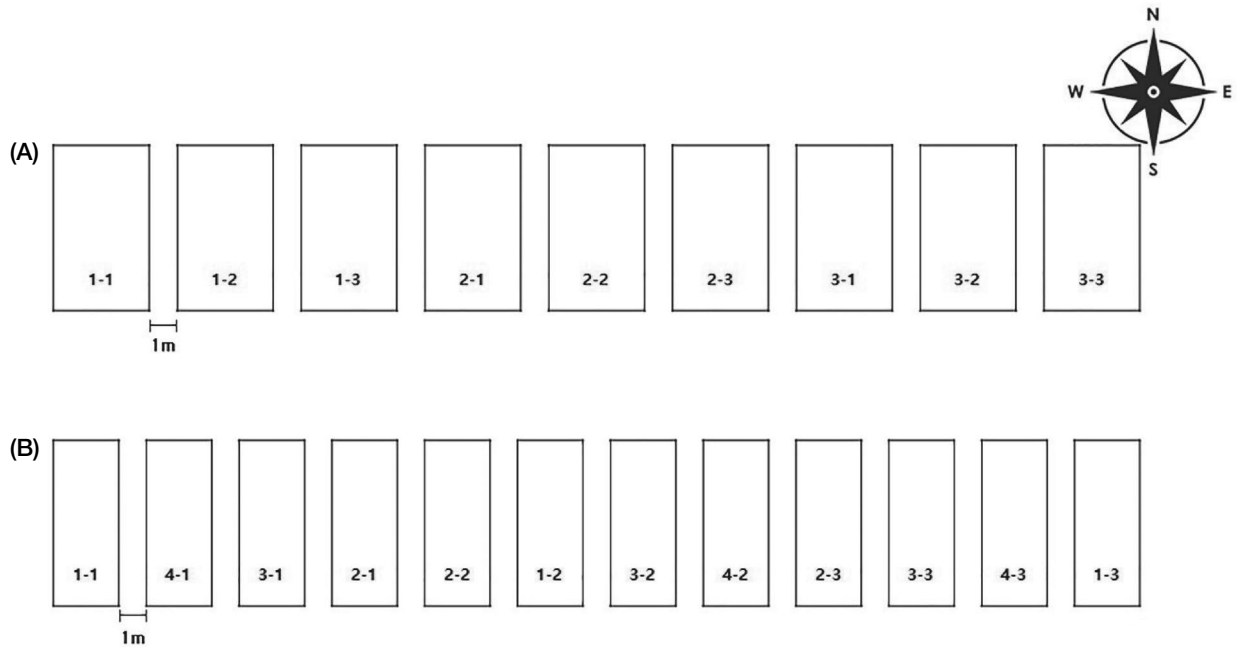


Fig. 1. The experimental arrangement of *Apis cerena* hives for Chungju (1-1, 1-2, 1-3), Miryang (2-1, 2-2, 2-3), and Hanam (3-1, 3-2, 3-3) models from April 30 to September 30, 2019 (A). Suwon type hives (4-1, 4-2, 4-3) were added to these and randomly rearranged from October 1, 2019 to January 31, 2020 (B).

한 지표가 된다.

본 연구는 토종벌 벌통 이용에 관한 설문조사를 수행하고 이를 토대로 개량형 토종벌 벌통의 표준 규격화를 위하여 국내에서 상업적으로 토종벌 사육에 활용되고 있는 개량벌통 3종과 신규로 제작한 1종을 대상으로 벌통 내 온도와 습도 그리고 봉군 무게 변화 등을 비교 분석하였다.

재료 및 방법

1. 시험벌통 선정을 위한 설문조사

시험에 사용할 토종벌 개량벌통 선정 및 현황 조사를 위해(사)한국한봉협회 관계자 및 토종벌 사육 농가 등 102명을 대상으로 설문조사를 수행하였다. 설문지 문항은 총 13문항으로 사육 관련 2문항, 개량벌통 제원 5문항, 부착자재 5문항, 공급가격 관련 1문항으로 구성하였다.

2. 시험용 토종벌 및 개량벌통

실험용 꿀벌은 충북 충주시 살미면 토종벌 농가에서 누대 사육하여 관리해 온 토종벌(*Apis cerena*) 봉군을 사용

하였다. 또한 시험 벌통은 시중에서 유통되고 있는 규격이 각기 다른 3종류 개량벌통(밀양벌통, 하남벌통, 충주벌통)과 신규제작 개량벌통(수원벌통) 등 4종류였다(Table 1). 밀양벌통과 하남벌통은 대부분의 제원에서 매우 유사한 특성을 보였으나, 충주벌통은 측잔홀림, 상잔두께 및 넓이, 벌통 하부 받침대 중 소문 아래 횡단 가로대가 구비된 것이 특징이 있었고 환풍구가 상대적으로 길게 구비되어 있었다.

3. 시험 벌통 배치 및 관리

시험용 벌통의 배치는 1차 시험 시 2019년 4월 30일부터 11월 30일까지 꿀벌 사육장(충북 충주시 살미면 도선동길 32) 정면 좌측부터 우측으로 각 3통씩 충주, 밀양, 하남벌통을 배치하였다. 2019년 10월 1일부터는 새로이 수원벌통을 추가 편성하여 4종류 벌통으로 시험하였는데, 2020년 2월 28일까지 3반복 시험구에서 무작위로 4종 벌통을 배치하였다(Fig. 1). 각 벌통 내 소비의 수는 관행 방식으로 봉군의 세력에 맞춰 관리하였다(Table 2). 벌통 내 수분이 부족하지 않도록 외부에서 자동급이장치를 이용해 공급했고, 화분떡은 2~3일 간격으로 벌통을 조사해 부족할 때마다 새롭게 교체했으며 분봉이 발생하지 않도록

Table 2. Average number of combs of *Apis cerana* in three types of hive tested in each month

Month	Bee hive			
	Chungju	Miryang	Hanam	Suwon
May ^a	3.0±0a	3.0±0a	3.0±0a	— ^b
June	5.0±0a	3.7±0.6b	5.0±0a	—
July	10.0±1.0a	8.0±0b	9.0±0ab	—
Aug	10.3±1.5a	8.0±0b	9.0±0ab	—
Sep	10.0±1.0a	7.7±0.6a	3.7±1.2b	—
Oct	3.3±0.6a	3.3±0.6a	3.0±0a	3.0±0a
Nov	3.3±0.6a	3.3±0.6a	3.0±0a	3.0±0a
Dec	3.3±0.6a	5.0±1.0a	3.7±1.2a	4.0±1.0a
Jan	3.3±0.6a	5.0±1.0a	3.7±1.2a	4.0±1.0a

^aThe different letters indicate significant difference tested by Scheffe's test at $P=0.05$.

^bNot installed.

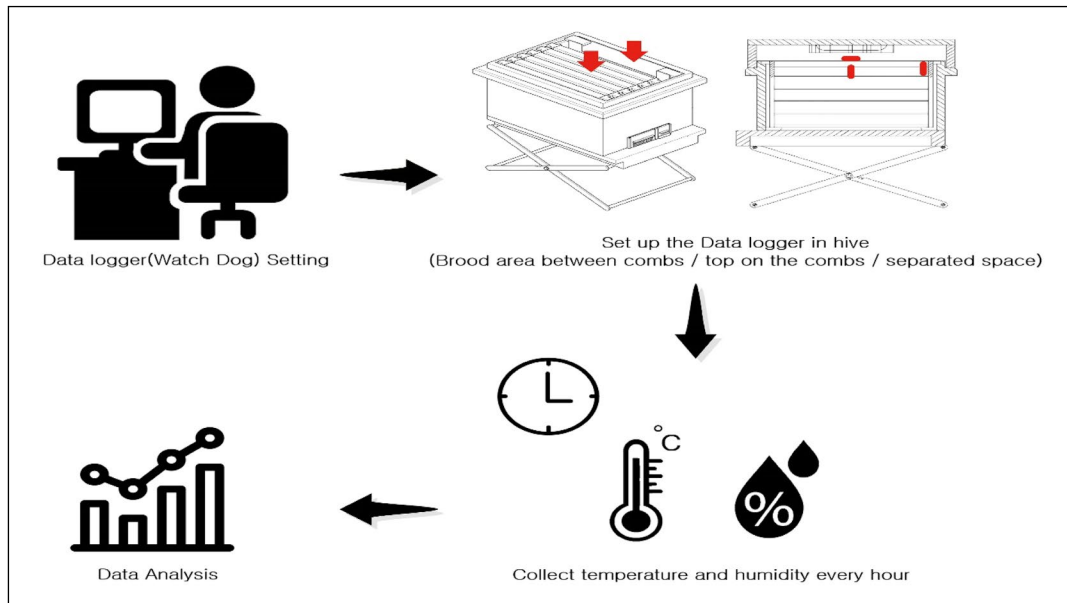


Fig. 2. The temperature and relative humidity of brood area between combs, top of winter cluster, and separated space within the bee hives and open environment (Chungju, Chungbook province) were observed at every one hour using the data logger (WatchDog[®], Aurora, IL) during experimental period.

소초광 추가 및 왕대 제거 등을 실시하였다. 하남벌통의 경우 9월에 소비수가 감소한 이유는 개미 및 소충의 피해로 소비 수를 제거했기 때문이고, 12월에 모든 시험 벌통들의 소비수가 같은 것은 월동봉군의 세력 편차를 줄이기 위해 소비 수를 균일화하였기 때문이다.

4. 벌통 내·외부 온·습도와 무게 조사

시험 사육장에 배치한 각 토종벌 개량벌통의 내외부 온

습도의 변화를 조사하기 위하여 시험기간 동안 와치독 (WatchDog[®], Aurora, IL) 데이터로거를 각 벌통 종류별로 산란권 내부(중앙 소비)에 설치하여 매일 1시간 간격으로 데이터를 수집하였다. 또한 모든 벌통의 격리판 밖(격리 공간)에 데이터로거를 설치하여 온습도를 수집하였다. 그리고 사육장 비가림 시설의 중앙 처마 밑에 데이터로거를 설치하여 외부 기상자료를 수집하여 비교 분석하는 데 활용하였다(Fig. 2).

각 벌통의 무게 변화는 점시 지시저울(1~50kg)로 월 2

회 측정하였다. 이상 모든 시험은 각 벌통 종류별로 3반복으로 하였고, 시험 봉군들은 관행 토종벌 관리방법에 준하여 사양관리를 하였다.

5. 통계분석

벌통 종류에 따른 벌통 중심부 육아권 온습도 변화, 격리판 밖 격리 공간내 온습도 변화, 월동 봉구 상부의 온습도 변화, 중심부 육아권 및 격리판 밖 격리 공간 내 일간 온도변화 그리고 벌통 간 무게 변화에 대한 평균 간 비교를 t-test ($P=0.05$)를 실시하였고, 각 벌통 간 그룹 비교는 ANOVA (Scheffe's multiple test) 검정을 이용했다(SAS, 2014). 그리고 각 시험 벌통의 외부 온도변화와 벌통 육아권, 격리실 및 월동별 소비 상부에서의 각 벌통 간 온도변화에 대한 상관관계 그리고 시험 벌통의 월별 평균 소비 수에 따른 벌통 육아권, 격리실 및 월동별 소비 상부에서의 각 벌통 간 온도 그리고 월별 벌통 무게 변화 간 상관관계를 조사하였다.

결과 및 고찰

1. 토종벌 벌통과 부착 자재에 관한 설문조사

설문 응답자 102명을 대상으로 한 토종벌 사육 및 경험에 관한 질문에 토종벌에 대해 사육 경력이 2년 이하인 농가가 42%, 3~5년 이하 농가는 26%, 5년 이상 농가는 32%를 차지하였다(Fig. 3A). 현재 사용 중인 토종벌 벌통의 종류는 대다수 사각 뒷박벌통이나 개량벌통을 활용하고 있었는데, 농가당 벌통 수를 보면 토종벌 개량벌통 13.2통, 서양꿀벌 벌통 11.3통, 재래 사각 뒷박벌통은 7.4통, 재래 원형벌통은 3.8통 등으로 나타나 관리가 용이하거나 구입하기 손쉬운 개량벌통을 농가들이 선호하는 것으로 나타났다(Fig. 3B). 이들 개량벌통들 중 국내에 가장 널리 보급된 3종 토종벌 개량벌통의 활용비율은 하남벌통, 충주벌통, 밀양벌통 등의 순이었다(Fig. 3C). 개량벌통 뚜껑의 높이는 10 cm (약 45%)로 하는 것이 적절하다는 의견이 가장 많았다(Fig. 3D). 토종 개량벌통의 부착자재들 중 소문의 규격은 높이 1 cm, 길이 5 cm가 적합하다고 하였고(Fig. 3E), 환기창은 뚜껑 양쪽에 하나씩 1쌍이 필요하다고 하였다(Fig. 3F). 사양기의 위치는 벌통 밖 보다는 안쪽에 두는 것(71%)이 좋고(Fig. 3G), 현재 사용하

고 있는 수직사양기가 적합하다는 의견이 74%로 많았다(Fig. 3H). 받침대가 필요하다는 의견이 70%로 많았는데(Fig. 3I) 그 높이는 30 cm (36%), 20 cm (21%) 등으로 20 cm 이상이 적합하다고 하였다(Fig. 3J). 또한 격리판이 개량벌통에 구비되어야 하고(83%, Fig. 3K), 개량벌통의 적정 가격으로는 3만원대가 적합하다는 의견(40%)이 많아 기존 서양꿀벌 벌통의 가격과 유사하거나 낮은 가격으로 공급되기를 희망하였다(Fig. 3L).

2. 개량벌통의 평균온도 비교

벌통 내 중심부 육아권의 5월부터 9월까지 평균온도는 안정적으로 유지하는 경향(31.3~35.1°C)을 나타냈는데, 그 중 하남벌통은 8월 및 9월 육아권 온도가 크게 변화하는 양상을 보였다(Fig. 4A). 이는 1개 하남벌통이 개미 침입과 분봉 발생으로 봉군 세력이 약화됨으로써 다른 벌통들에 비해 육아권의 적정 온도 유지에 실패했기 때문으로 추정된다. 서양꿀벌은 육아권의 온도를 외부 온도변화에 무관하게 35°C 근처에서 미세하게 조절함을 보고하였고(Yi and Jung, 2010), 봉군의 세력에 문제가 발생하거나 극히 취약해지면 벌통 내부 온도의 항상성이 유지되기 어렵다고 하였다(Lee *et al.*, 2008; Zacepines, 2012). 이와 같이 벌통 육아권의 온도변화가 일정한 이유는 벌통의 능동적인 온도 조절 기구에 따른 것으로 여름철에는 육아권의 중심 온도와 외부 온도 간 뚜렷한 상관성을 보이지 않고, 일부 예외적인 경우를 제외하고는 전반적으로 벌통 내부 온도는 외부 온도에 독립적인 경향을 나타낸다는 결과와 유사하였다(Gates, 1914). 특히 충주벌통과 밀양벌통의 육아권 온도는 34~35°C로 매우 일정하게 유지되었다(Fig. 4A). 벌통 유형별 간 5월과 9월의 육아권 온도변화는 상호 간 모두 유의한 차이를 보였고(t-test, $P=0.05$), 6월과 8월에는 충주벌통-하남벌통과 밀양벌통-하남벌통 간 차이를 보였으며 7월에는 상호 벌통 유형 간 유의한 차이를 보이지 않았다. 이는 5월(소비 수 3매)이나 6월(3.7~5매)에 비해 7월(8~10매)에 3종 벌통 내 봉군이 매우 안정적으로 증가하여 모든 벌통들에서 증가한 많은 일벌들이 온도를 효율적으로 관리하였기 때문으로 생각된다.

개량벌통 내 격리판 밖 격리 공간의 5월부터 9월간 평균온도는 충주벌통이 5월 22.5°C, 6월 26.4°C, 7월 28.6°C, 8월 28.8°C, 9월 34°C이었고 밀양벌통은 각각

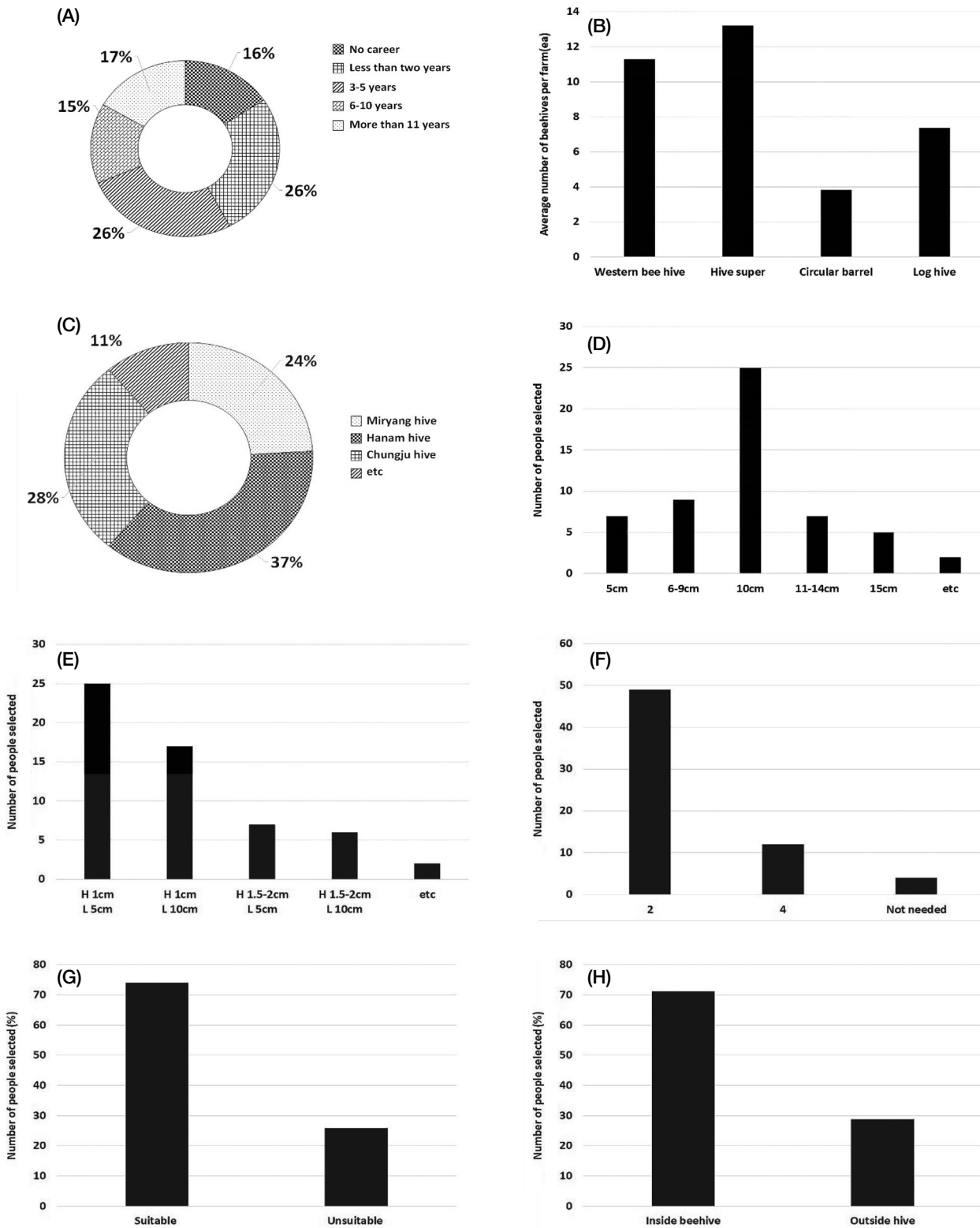


Fig. 3. The questionnaire survey from 102 beekeepers of *Apis cerana* about the bee hives; the career of beekeeping (A), the number of four types bee hives (B), the ratio of beekeepers using the improved *A. cerana* bee hives (C), height of hive lid (D), size of the hive entrance (E), number of ventilation windows (F), need for vertical board feeder (G) and its position (H), need for hive stand (I) and its height (J), need for separating panel (K), and expecting retail price of hive (L).

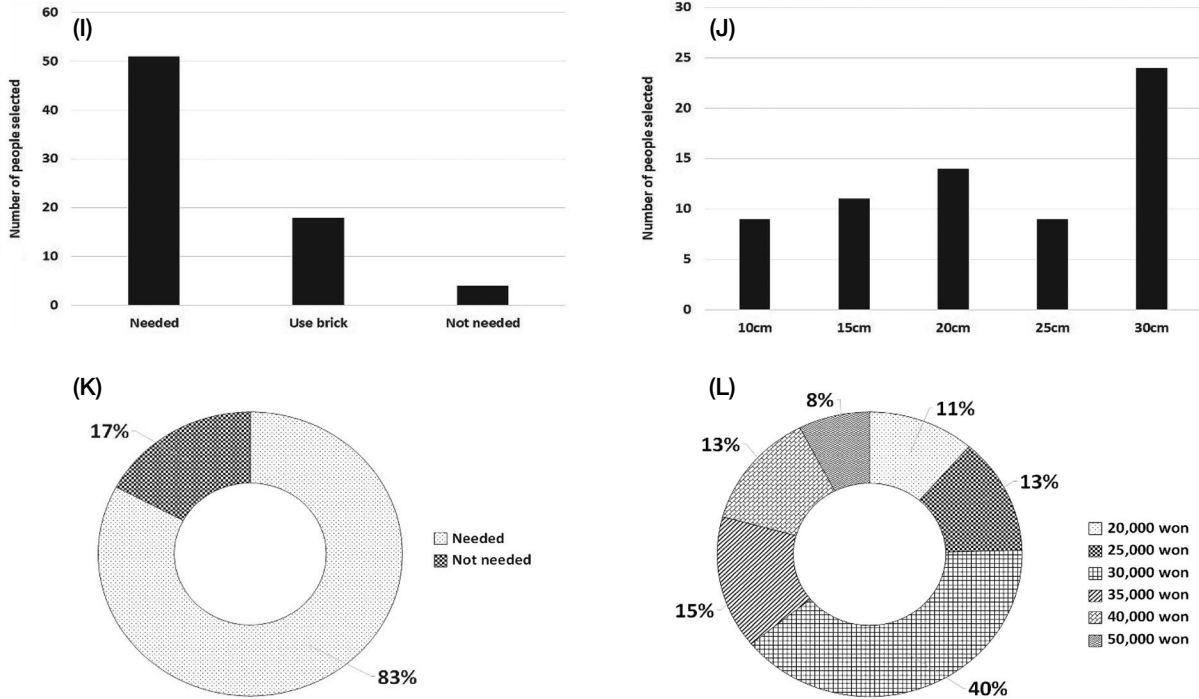


Fig. 3. Continued.

22.6°C, 26°C, 30.2°C, 30.6°C, 32.7°C이었으며 하남벌통은 21.2°C, 24.7°C, 27.2°C, 28.2°C, 24.3°C로 (Fig. 4B) 하남벌통을 제외한 2종류의 격리 공간 온도는 점진적으로 증가되는 경향을 나타내었다. 벌통 외부 온도는 격리 공간의 온도에 비해 상대적으로 더 낮았다. 특이한 점은 7월의 격리공간의 평균온도는 3종 벌통 간에 모두 통계적으로 유의한 차이를 보여 육아권 온도에서의 경향과 다른 경향을 보여주었다.

4종 개량벌통의 2019년 10월부터 2020년 1월까지 월동 봉구 상부의 평균온도를 보면, 10월에 20°C 이상이었고 11월과 12월은 15°C 이상으로 유지되다가 1월에는 외부 온도 감소에 따라 10°C 이하까지 떨어지는 특성을 나타냈다(Fig. 4C). 전체적으로 외부 온도 하강에 따라 월동 봉구 뒷쪽의 평균온도도 점진적으로 낮아지는 경향을 보였다. 하지만 각 벌통 유형 간에 유의한 차이($P=0.05$)를 나타내지는 않았다.

3. 개량벌통의 일간 온도변화 비교

2019년 5월부터 9월까지 매일 1시간 간격으로 조사한 육아권 중심부의 일간 온도변화량은 충주벌통이 5개월

동안 평균 1°C 미만으로 가장 안정적이었고, 밀양벌통은 0.5~1.5°C의 작은 변동을 보였으나 하남벌통은 0.7~4°C 까지 불안정한 경향을 보였다(Fig. 5A). 이와 같이 5개월 동안 일간 평균 온도변화량은 충주벌통과 밀양벌통 ($P=0.02$) 그리고 충주벌통과 하남벌통 ($P=0.03$)에서 통계적으로 유의한 차이를 보였고 밀양벌통과 하남벌통 ($P=0.15$)은 유의한 차이를 나타내지 않았다. 결과적으로 충주벌통에서 토종벌 봉군이 안정적인 육아 온도를 유지함을 알 수 있었다.

한편, 격리판 외곽의 격리 공간의 일간 온도변화는 중심부 육아권의 온도변화에 비해 상대적으로 크게 나타났는데, 충주벌통은 평균 2.7~5.5°C, 밀양벌통은 평균 2.8~6.0°C 그리고 하남벌통은 3~5.5°C를 나타냈다(Fig. 5B). 상대적으로 7월과 8월에 비해 9월의 3종 벌통 내 격리 공간의 일 온도 평균 변화량은 더 컸다. 이는 4군 교미벌통(여왕벌 4마리로 4개 봉군을 사육할 수 있도록 고안한 교미벌통)의 내외부 온도 차이가 8월에 비해 9월에 더 크게 나타났다는 결과와 유사하였다(Lee et al., 2015). 충주, 밀양 그리고 하남벌통들의 격리공간의 일간 온도 변화는 상호 유의한 차이($P=0.05$)를 나타내지 않았다.

그리고 10월부터 1월까지 4종 벌통들의 월동 봉구 상부

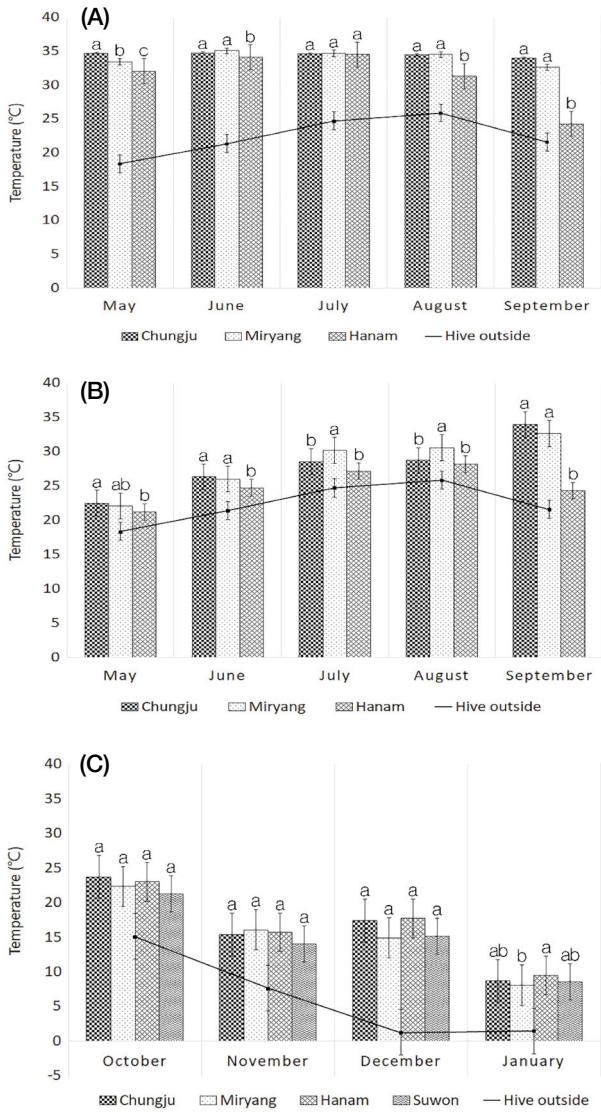


Fig. 4. Temperature differences in three types of *Apis cerana* hives observed from October 1, 2019 to January 31, 2020. Temperature within brood area (A), in separated space by separating panel (B), and on top of winter bee clusters (C) in different types of *A. cerana* hive. The different letters indicate significant difference tested by Scheffe's test at $P=0.05$.

의 일 온도 평균 변화는 10월과 11월이 비슷하게 상대적으로 높은 변화폭(4~5°C)을 나타냈고, 12월은 2.5~4°C의 변화량을 보였으며 1월에는 상대적으로 적은 변화폭(1.5~2°C)을 나타냈다(Fig. 5C). 전체적으로 4개월 동안 월동 봉구 상부의 일 온도변화는 하남벌통이 크게 나타났는데, 이는 벌통 내부 공간이 상대적으로 넓어 온도 변이 폭이 크게 나타난 것으로 보인다. 4종 벌통간 월동 봉구 상부의 일 온도변화량은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

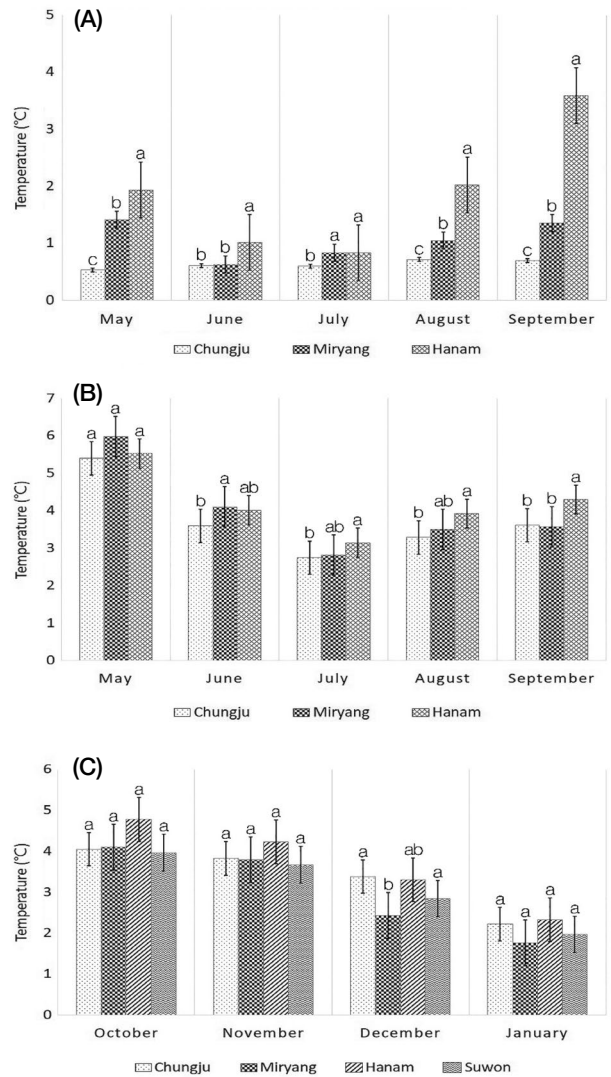


Fig. 5. Comparison of daily temperature variance among four types bee hives. Temperature within brood area (A), in separated space by separating panel (B), and on top of winter bee clusters (C) in *Apis cerana* hives. The different letters indicate significant difference tested by Scheffe's test at $P=0.05$.

각 벌통의 소비 수 변화와 벌통 내 중심부인 육아권의 온도변화 간 상관성을 보면, 충주벌통은 높은 상관관계(80.4%)를 보였고 하남벌통은 상대적으로 낮은 상관관계(26.4%)를 보였으나 밀양벌통은 별다른 상관성을 보이지 않았다(Table 3). 즉, 벌통들의 특성에 따라 소비수 변화에 의한 벌통 내 육아권 온도변화가 다를 수 있다는 것이다. 이는 소비 수에 따른 서양종꿀벌 벌통의 재질을 스티로폼과 나무로 하였을 때, 소비 4매 이상에서는 외부 온도 변화에 벌통 내부 온도가 영향을 받지 않았으나 소비 2매 이하이면 외부 온도변화에 민감하게 영향을 받았는데,

Table 3. Correlation coefficients between the number of combs or hive outside temperature during winter season, and the temperature of the brood area, separated space, or top of winter cluster (October, 2019 to January, 2020)

Factor, °C	Comb no.				Outside temp, °C			
	Chungju	Miryang	Hanam	Suwon	Chungju	Miryang	Hanam	Suwon
Brood area	0.8035	-0.0127	0.2639	-	0.6599	-0.4552	-0.2111	-
Separated space	0.7265	0.8428	0.9419	-	0.9485	0.9904	0.9944	-
Top on the winter cluster	0.1261	-0.5127	-0.2863	-0.4141	0.7861	0.8713	0.7675	0.8249

Table 4. Correlation coefficients between hive weight and comb numbers in summer and winter period

Comparative period	Chungju	Miryang	Hanam	Suwon
May to August	0.6552	0.6749	0.0635	-
December to January	0.4748	0.9431	0.4319	0.7514

벌통 재질에 따라 다른 양상을 나타냈다는 결과와 유사한 것으로 보인다(Lee *et al.*, 2015). 또한 벌통 내 격리 공간의 온도와 소비 수는 모든 벌통들이 높은 상관관계(충주 72.3%, 밀양 84.3%, 하남 94.2%)를 나타냈다. 이는 소비 수가 증가하면 격리 공간이 줄어들어 벌이 뭉쳐서 발생하는 봉군 온도의 영향을 받아 온도 증가 효과를 볼 수 있음을 의미한다. 또한 예측한 대로 벌통 외부 온도변화에 따른 격리 공간 온도는 매우 밀접한 강한 상관관계(94.5% 이상)를 보였다. 월동 봉군 상부 온도변화와 소비 숫자간 관계는 충주벌통에서는 매우 약한 양의 상관성(12.6%)을 나타냈지만 나머지 3종 벌통들은 음의 상관성(밀양 -51.3%, 하남 -28.6%, 수원 -41.4%)을 보였다.

한편 외부 온도변화에 따라 월동 봉구의 상부 온도 역시 강한 양의 상관성(충주 78.6%, 밀양 87.1%, 하남 76.8%, 수원 82.5%)을 나타냈다(Table 3). 이는 벌통 뚜껑과 근접하게 배치된 소비 상부의 온도는 중심부 육아권의 온도와 달리 토종벌들에 의한 직접적인 온도 조절 혜택을 상대적으로 더 적게 받아 벌통의 외부 온도변화에 직접적인 영향을 받기 때문으로 생각된다. 이는 겨울철 및 여름철 봉군 내 온도에 관한 연구 결과(Gates, 1914)와 유사한 것으로 벌통 온도는 외부 온도가 높으면 약간 더 상승하는 경향을 보인다는 점과 동일하다. 또한 벌통 중심부 온도에 대한 외부 온도 영향은 매우 적어서 약한 상관관계를 나타내지만, 육아권 밖이나 육아가 전혀 이뤄지지 않는 곳의 온도는 외부 온도변화에 따라 증가하거나 감소하는 경향을 나타낸다(Dunham, 1931)는 결과와 유사하다.

4. 개량벌통의 상대습도 비교

벌통 중심부 육아권의 상대습도는 벌통 외부 습도(60~85%)에 비해 5월은 45~50%, 6월부터 9월까지는 50~60%로 상대적으로 일정하게 유지됨을 알 수 있다(Fig. 6A). 3종 벌통 간 중심부 상대습도는 9월에 밀양벌통과 하남벌통을 제외하고 충주벌통과 하남벌통 그리고 충주벌통과 밀양벌통 간 통계적으로 유의한 차이를 보였다($P=0.05$). 이는 각 벌통들의 크기, 봉군 세력, 일벌들의 습도 조절 기능 등의 차이 때문일 것으로 보인다. 벌통 외부 습도는 5월 61%에서 점차적으로 증가해 9월에는 평균 습도가 85% 이상을 나타냈다.

5월부터 9월까지 벌통 내 격리 공간의 3종 개량벌통들의 평균습도는 5월에는 65~70%를 유지했고 6월부터 8월까지 75~85%를 보이다가 9월에는 62~65%를 나타냈다(Fig. 6B). 결과적으로 격리 공간의 상대습도는 5월이나 9월에 비해 6~8월에 더 높게 유지되었고, 벌통 중심부에 비해 변이폭이 훨씬 크게 나타나 외부 습도에 더욱 영향을 받는 것으로 보였다. 그리고 10월부터 1월까지 월동 봉구 상부의 상대습도는 충주벌통은 65~75%, 밀양벌통은 65~78%, 하남벌통은 63~70%, 수원벌통은 68~73%를 보였고 외부 습도는 10월에 83%에서 점차적으로 소폭 감소해서 1월 77%를 나타냈다(Fig. 6C). 전체적으로 10월부터 1월까지 월동 봉구 상부 상대습도의 변이폭은 수원벌통이 가장 적게 나타났다.

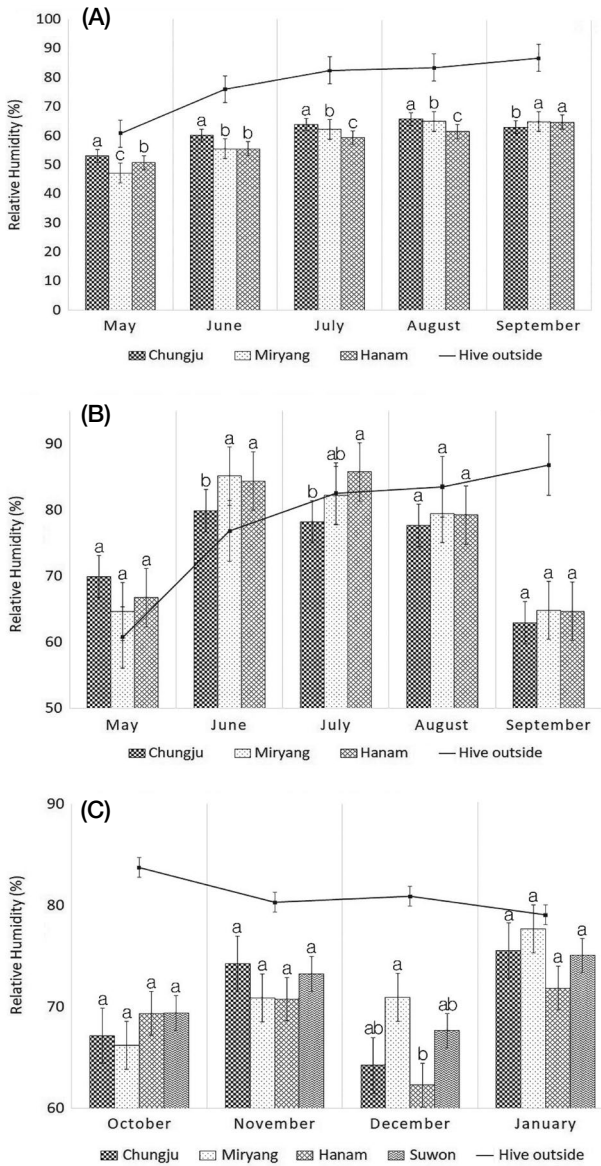


Fig. 6. Relative humidity at average in four types of hives during winter season (October, 2019 to January, 2020). Relative humidity within brood area (A), separated area by separating panel (B), and on top of the winter bee clusters (C). The different letters indicate significant difference tested by Scheffe's test at $P=0.05$.

5. 벌통 무게 비교

개량벌통 3종의 누적 무게변화를 비교한 결과, 봄에서 여름으로 들어서면서 무게가 증가하였고 가장 큰 무게 증가 변화는 밀양벌통이었으며 다음으로 충주벌통이었다 (Fig. 7). 밀양벌통의 무게 증가가 큰 것은 다른 2종 벌통에 비해 상대적으로 벌통 규격이 커서 벌집을 이루는 초광과 이에 따른 내부 공간이 넓어짐으로써 자연분봉이

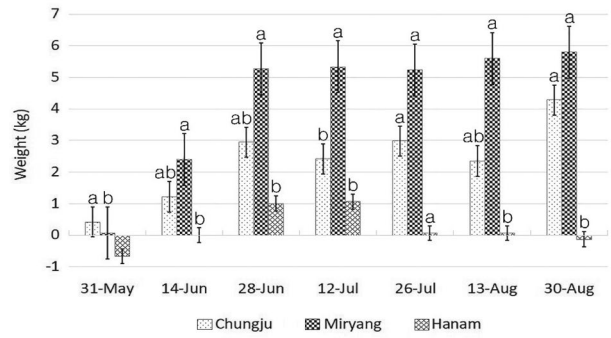


Fig. 7. The comparison of cumulative weight of three types of *Apis cerana* hives (Chungju, Miryang, and Hanam) from May 31 to August 30, 2019. The different letters indicate significant difference tested by Scheffe's test at $P=0.05$.

억제되어 봉군의 세력이 강하게 잘 유지되었기 때문으로 보인다. 충주벌통은 7월에 3통 모두 분봉이 발생했고 8월에 들어서는 규격이 더 큰 밀양벌통과 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다(t -test, $P=0.05$). 하지만 하남벌통은 무게 변화의 변이가 컸는데 이는 분봉과 개미 침입 등의 영향에 의한 내외부적인 요인 발생으로 봉군 형성에 영향을 받았기 때문으로 보인다.

누적무게 변화와 소비 수 간 상관관계를 보면, 5월부터 8월까지 충주벌통과 밀양벌통은 양의 상관관계(각 65.5%와 67.5%)를 보였지만 하남벌통은 별다른 상관관계(6.4%)를 나타내지 않았다(Table 4). 하남벌통에서 상관성이 약한 것도 역시 개미 피해 그리고 분봉에 따른 내외부적인 환경요인 때문으로 보인다.

적 요

토종벌 개량벌통에 대해 전문가와 양봉농가를 대상으로 설문조사를 수행하였고, 4종 개량벌통(충주, 밀양, 하남, 수원)의 내외부 온습도와 무게변화를 2019년 5월 1일부터 2020년 1월 31일까지 비교 분석하였다. 양봉농가들은 개량벌통의 부수자재로 수직사양기, 받침대, 격리판, 소문조절기 등의 필요성에 공감했다. 벌통 중심부 육아권의 평균온도는 매우 안정하게 유지되는 경향을 보였고(31.3~35.1°C), 시험 벌통들 중 충주벌통에서 육아권의 일간 온도 변이가 가장 낮게 나타났다($\leq 1^\circ\text{C}$). 격리판 바깥 격리공간과 월동 봉구 상부의 평균 일간 온도 변이는 4종류 개량벌통들 간 차이를 나타내지 않았다. 벌통 육아

권의 온도와 소비수 간 상관관계는 충주벌통이 가장 높았고(80.4%), 외부 온도와 월동 봉구 상부의 온도 간 상관관계는 4종류 벌통 모두 높았다(76.8~87.1%). 벌통 중심부 육아권의 상대습도(45~60%)는 상대적으로 벌통 외부 습도(60~85%)에 비해 낮고 일정하게 유지되었다. 월동 봉구 상부의 상대습도 변화는 수원벌통이 가장 안정적이었다(65~75%). 벌통들 중에서 가장 높은 누적 무게 증가가 밀양과 충주벌통에서 보였고, 이들 벌통은 누적 무게 변화와 소비수 간에도 높은 상관관계(65~67%)를 나타냈다. 이상의 결과에서 토종벌은 자신들의 봉군 유지를 위해 육아권의 온습도를 일정하게 유지하는 능력을 보였지만, 개량 벌통의 규격에 따라 차이를 보임을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 농축산자재산업화기술개발사업 “한봉 사육 편리성 제고 및 비용 절감을 위한 기자재 표준화(과제번호 118102-02)”에 의하여 수행되었다.

인용 문헌

Choi, Y. S., M. Y. Lee, I. P. Hong, S. O. Woo, H. S. Sim, G. H. Byeon, R. Thapa and M. L. Lee. 2013. Method of rearing queens on wax cups of *Apis cerana* F. Korean J. Apic. 28(3): 191-197.

Dunham, W. E. 1931. Hive temperatures for each hour of a day. The Ohio J. Sci. 31(3): 181-188.

Gates, B. N. 1914. The temperature of the bee colony. US Dept. Agri. Bul. 96.

Graham, J. M. 1992. The hive and the honey bee. Daant & Sons. Inc., Hamilton, Illinois. p. 401.

Groh, C., J. Tautz and W. Rossler. 2004. Synaptic organization in the adult honey bee brain is influenced by brood temperature control during pupal development. Proc. Natl. Acad. Sci. 101: 4268-4273.

Kim, B. and C. Jung. 2015. Design and implementation of cloud based realtime temperature and humidity moni-

toring system of honey bee colony. J. Apic. 30(4): 263-267.

Koeniger, N. 1988. The biology of the honey bee. Ins. Soc. 35: 316-318.

Lee, M. Y., M. L. Lee, Y. S. Kim, S. W. Kang and K. G. Lee. 2008. Temperature in honeybee colonies during summer and standardization of rearing houses in apiary. Korean J. Apic. 23: 7-12.

Lee, S. J., J. B. Lee, G. Choi, H. Y. Choi and C. R. Kwon. 2015. Analysis comparison of temperature change inside and outside of honey bee colonies according to the types of hive. J. Apic. 30(4): 253-257.

Matthias, A. B., S. Holger and F. A. M. Robin. 2009. Pupal developmental temperature and behavioral specialization of honeybee workers (*Apis mellifera* L.). J. Comp. Physiol. A 195: 673-679.

Medrzycki, P., F. Sgolastra, L. Bortolotti, G. Bogo, S. Tosi, E. Padovani, C. Porrini and A. G. Sabatini. 2009. Influence of brood rearing temperature on honey bee development and susceptibility to poisoning by pesticides. J. Apic. Res. 49: 52-60.

Meikle, W. G., M. Weiss, P. W. Maes, W. Fitz, L. A. Snyder, T. Sheehan, B. M. Mott and K. E. Anderson. 2017. Internal hive temperature as a means of monitoring honey bee colony health in a migratory beekeeping operation before and during winter. Apidologie 48: 666-680.

Root, A. I. 1899. Proper temperature for brood rearing. Gleanings in Bee Culture. 27: 614.

SAS Institute. 2014. SAS 9.13 program, 2nd ed. Cary: SAS Institute.

Tautz, J. 2008. The Buzz about Bees: Biology of a Superorganism. Springer, Berlin Heidelberg. p. 284.

Tautz, J., S. Maier, C. Groh, W. Roessler and A. Brockmann. 2003. Behavioral performance in adult honey bees is influenced by the temperature experienced during their pupal development. Proc. Natl. Acad. Sci. 100: 7343-7347.

Winston, M. L. 1987. The biology of the honey bee. 281p. Harvard University Press.

Yi, H. B. and C. Jung. 2010. Colony temperature regulation by the European honeybee (*Apis mellifera* L.) in late summer in temperate region. Korean J. Apic. 25: 1-7.

Zacepins, A. 2012. Application of bee hive temperature measurements for recognition of bee colony state. International Conference on Applied Information and Communications Technologies. Jelgava, Latvia. 216-221.