

우수 삼원교배종 꿀벌(*Apis mellifera* L.)의 형질 특성: 수밀량, 월동, 청소행동

이명렬* · 이만영 · 심하식 · 최용수 · 김혜경 · 변규호 · 김인석¹ · 권천락¹

국립농업과학원 잠사양봉소재과, ¹예천군 곤충연구소

Characteristics of Superior Triple Crossed Honeybee (*Apis mellifera* L.): Honey Collection, Hibernation, Hygienic Behavior

Myeong-Lyeol Lee*, Man-Young Lee, Ha-Sik Sim, Yong-Soo Choi,
Hye-Kyung Kim, Gyu-Ho Byoun, In-Suk Kim¹ and Cheon-Rak Kwon¹

Dept. Agricultural Biology, National Institute of Agricultural Science and Technology, Jeonbuk Wanju 565-851, Rep. Korea

¹Ye-cheon Insect Research Institute

(Received 10 November 2014; Revised 21 November 2014; Accepted 24 November 2014)

Abstract

We evaluated honey collection, hibernation, and hygienic behavior of the triple crossed hybrid honeybees which was selected among 8 cross combinations from 6 inbred lines in South Korea. The average honey collected by the triple cross hybrid (AC ; jD) was 10.7kg, which was higher than by other cross combinations, 6.1~9.1kg, or by commercial line, 5.3~6.5kg, as control group in May, 2011. In 2012 this triple hybrid collected 33.8kg, which was more than other crosses (15.6~24.9kg) and control (19.5kg). Also the honey yield (29.4kg) of this hybrid was significantly 31% and 51% higher than controls in 2013. During the winter season in 2013~2014, all colonies in experiment were successfully hibernated. Average number of worker bees of the hybrid after wintering, 16,800, was greater than that of controls (14,400 and 10,900). The food consumption per bee, 0.74g, of the hybrid, was the same or less than those of controls (0.74g and 0.85g). From the test of nest-cleaning activity against frozen-killed pupae in nest, we observed that the hybrid fulfilled superior hygienic behavior by removing 55% of dead pupae compared with controls, 22.7% and 25.8%.

Key words: Honeybee, *Apis mellifera*, Cross, Honey collection, Hibernation, Hygienic behavior

서 론

서양종꿀벌(*Apis mellifera* L.)은 전 세계에 걸쳐 분포하며 여러 환경에 적응된 다양한 유전형질을 나타낸

다. 환경에 잘 적응된 꿀벌집단은 탁월한 품종을 선발하는데 있어서 훌륭한 유전적 소재가 된다 (Rinderer, 1986; Ruttner, 1988; Page and Laidlaw, 1992). 여러 꿀벌 유전자원으로부터 동계교배 잡종(Inbred-

*Corresponding author. E-mail: mllee6@korea.kr

Hybrid)을 유도하여 잡종강세를 이용하는 육종방법이 보편적으로 활용되고 있는데, 동계교배에 의해 생존력이 약화(inbreeding depression)되더라도 상이한 동계교배 라인과 서로 교배시켰을 때에는 특정 조합에 따라 탁월한 우량형질을 나타낼 수 있다(Page and Laidlaw, 1992).

유럽이 원산지인 서양종 꿀벌(*Apis mellifera*)은 1900년대 초에 우리나라에 도입되었고 오랜 세월 여왕벌 공중교미 습성에 의해 계통 간 반복 교잡이 일어나 거의 순종을 찾아보기 어려웠다(최, 1974). 이후에도 간헐적으로 외국 여왕벌을 도입하여 일부 양봉농가에 보급된 적이 있고 특히 1990년대에는 호주, 뉴질랜드에서 패키지 벌이 대량으로 들어와 보급되기도 하였다. 특정 환경에 적응된 우수 계통이나 오랜 기간 선발한 좋은 품종이라도 그 혈통을 특별히 관리하지 않으면, 우수한 유전자원은 소멸되어 버리고 만다(Adam *et al.*, 1977). 따라서 도입 또는 선발 이후에도 품종을 유지하고 관리하기 위한 노력과 기술이 필요하며(Mackensen, 1955; Woyke, 1976), 또한 잡종강세의 우수 교배종을 육성하기 위해서는 다양한 교배조합에 대한 평가와 선발 작업이 필요하다(Page and Laidlaw, 1992).

우리나라에서는 호주에서 패키지 벌로 수입한 이탈리아인 봉군이 봄철 아까시나무 수밀기에 기존 사육 꿀벌 봉군보다 수밀량이 10~50% 높은 것으로 관찰된 바 있다(이, 2002). 또한 국내 여왕벌 선발에 의한 벌꿀 생산능력 개량이 가능한 것으로 제시되었고(최와 차, 2003), 국내의 흑색 카니올란, 코카시안 순계 또는 이들과 이탈리아인과의 잡종이 일반적으로 농가에서 사육하는 이탈리아인 황색계통에 비해 수밀력이 우수하고 백목병에 저항성을 나타내는 것으로 평가된 바 있다(이 등, 2008). 하지만 국내의 꿀 생산성을 외국과 비교해볼 때, 여전히 세계 평균치에 훨씬 못 미치고 있는 실정이다(FAO, 2012; Fig. 1).

꿀벌의 꿀 수집능력과 월동능력은 수명, 산란력, 체구, 근면성, 먹이소모 등 여러 유전형질이 복합적으로 작용하는 형질이다. 반면에 꿀벌이 죽은 유충과 번데기를 제거하는 청소행동 능력은 두 개의 유전인자, 즉 u (죽은 번데기의 벌방을 찾아 봉개를 벗기는 행동)와

r (벌방에서 죽은 번데기를 몰어내는 행동)에 의해 지배된다는 사실이 밝혀졌다(Rothenbuhler, 1964, 1974). 뛰어난 청소행동을 나타내는 일벌들이 미국부저병, 백목병 등에 대해 저항성을 보였다(Rinderer, 1986; Taber, 1987). 우리나라에서는 이 등(2006)이 서양종 꿀벌 교배조합별 청소능력을 비교한 바, 액체질소로 냉동시켜 죽인 번데기를 제거하는 비율이 교배조합에 따라 44~95%로 차이가 있었다.

이 연구는 최근 국내에서 순계를 선발하여 유지하고 있는 6개 꿀벌계통 간의 교배조합 중에서 수밀능력을 기준으로 선발한 삼원교배종의 수밀량, 월동, 청소행동 등 형질 특징을 파악하고자 수행되었다.

재료 및 방법

시험재료

우수 꿀벌을 선발하기 위해, 2005년부터 국내에서 수집하여 순계로 분리한 6계통의 서양종꿀벌(*Apis mellifera* L.)을 대상으로 작성한 8개 교배조합을 시험 대상으로 하였다. 각 시험구는 10봉군 내외로 설정하고 대조구는 두 그룹(일반 사육 봉종 중 유량 그룹과 보통 그룹)으로 형질을 조사하였다(Table 1).

수밀량

봉군 단위의 수밀능력은 2011년, 2012년 경북 예천과 2013년 수원에서 봄철 아까시나무 꽃의 유밀기간 중에 측정하였다. 유밀기가 시작할 무렵 각 시험봉군을 대상으로 벌 무리가 들어있는 벌통의 무게를 1차

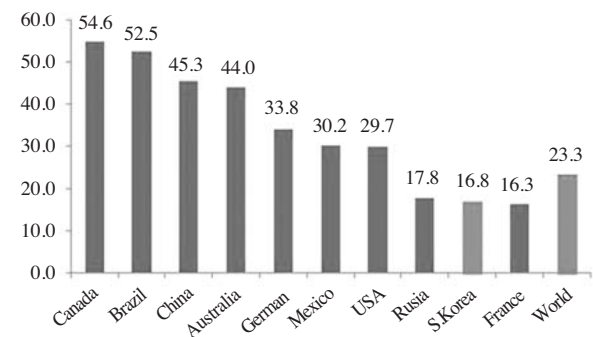


Fig. 1. The annual average honey-yield (kg/hive) in different countries and the world (FAO, 2012)

Table 1. The list of honeybee lines to produce 8 cross combinations for study; single cross ($A \times B$, $A \times E$), triple cross ($AB \times C$, $AB \times G$, $AC \times B$, $AC \times D$, $CA \times G$), and double cross ($CA \times ED$).

Inbred line	Subspecies	Color	Year collected
A	<i>A. m. ligustica</i>	yellow	2008
B	<i>caucasica</i>	dark	2005
C	<i>ligustica</i>	yellow	2008
D	<i>carpatica</i>	dark	2007
E	<i>carnica</i>	dark	2005
G	<i>ligustica</i>	yellow	2008

측정하고, 이후 2~3일 간격으로 벌통의 증체량(weight gain)을 조사하였다. 유밀기간이 종료될 무렵에 조사를 마친 후 유밀기간 전체의 증체량을 각 봉군의 수밀 능력으로 산정하였다. 벌통 중량은 오후 6~7시 일몰 무렵, 전자저울(G-tech, GL600S-20)을 이용하여 10g 단위로 측정하였다. 2011년에는 6개 교배조합 및 2개 대조군 등 8개 비교 시험군에 대해 각각 10여개 봉군을 대상으로 조사하였다. 2012년에는 5개 교배조합과 1개 대조군 등 6개 시험군을 대상으로 수밀능력을 평가하였고, 2013년에는 선발한 우수 삼원교배종과 2개 대조군(보통 수밀봉군, 우수 수밀봉군)에 대해 봉군당 평균 수밀량을 조사하였다.

월동

2013년에 수밀능력을 비교한 우수 삼원교배종과 2개 대조군(농가사육 우수봉군 및 일반봉군)에 대해 2013년 겨울부터 2014년 봄까지 월동기간의 봉군 생존율, 일벌의 수 및 저장 먹이의 변화량을 조사하였다. 3개 비교 시험군에 대해 월동 직후, 벌통 내 모든 벌집에 붙어있는 일벌의 수를 육안으로 계량하여 봉군당 일벌의 수를 측정하였다. 아울러 벌집에 저장된 먹이의 양적 변화를 파악하기 위해 월동 전·후의 벌통 중량 변화를 측정하였고 이로부터 일벌 개체당 먹이 소모량을 산정하여 비교하였다.

청소행동

수밀능력과 월동능력을 비교한 삼원교배종과 2개 대조군 시험군을 대상으로 2014년도 7월에 죽은 봉개(蜂蓋) 번데기에 대한 청소능력(hygienic behavior)을 조사하였다. 밀 부분을 제거한 알루미늄 캔(직경

6.7cm)을 번데기 벌집위에 힘을 가해 밀어 넣고 액체 질소를 빈 캔에 부어 급속 냉동시키고, 액체 질소가 기화한 다음 다시 2차 냉동을 시켜서 벌집에 있는 봉개 일벌 번데기를 완전 사망시켰다. 시험 벌집을 벌통의 제 위치에 삽입하고 24시간, 48시간 후에 죽은 번데기가 완전 제거된 벌방 수(U+R), 봉개만 제거된 수(U), 청소되지 않고 봉개된 채 남아있는 벌방의 수(CAP)를 각각 조사하여 시험구별 청소능력을 비교하였다.

통계처리

시험구 상호간의 유의성 검정을 위한 분산분석으로 Duncan 검정(Duncan Multiple Range Test)을 하였고 사후 평균비교를 위한 터키검정(Tukey HSD Test)을 수행하였으며 통계분석은 SPSS (ver. 18) 프로그램을 이용하였다.

결과 및 고찰

수밀량

국내 수집 6개 계통에서 도출한 8개 교배조합(Table 1)과 대조군에 대한 연도별 수밀능력에 대한 비교 결과는 그림 2와 같다. 2011년(A)에는 삼원교배종 AC×D가 수밀량이 10.7kg으로 다른 5개 교배조합군(6.1~9.1kg)과 2개 대조군(5.3kg, 6.5kg)보다 많았고, 특히 대조군 2와는 유의한 차이를 보였다. 2012년(B)에는 우수 교배종으로 선정한 삼원교배종 AC×D에서 가장 많은 꿀 수집량 33.8kg을 보였고 이는 다른 4개 교배조합(15.6~24.9kg)과 대조군(19.5kg)보다 훨씬 높았다. 2013년(C)에도 삼원교배종 AC×D의 평균 채밀

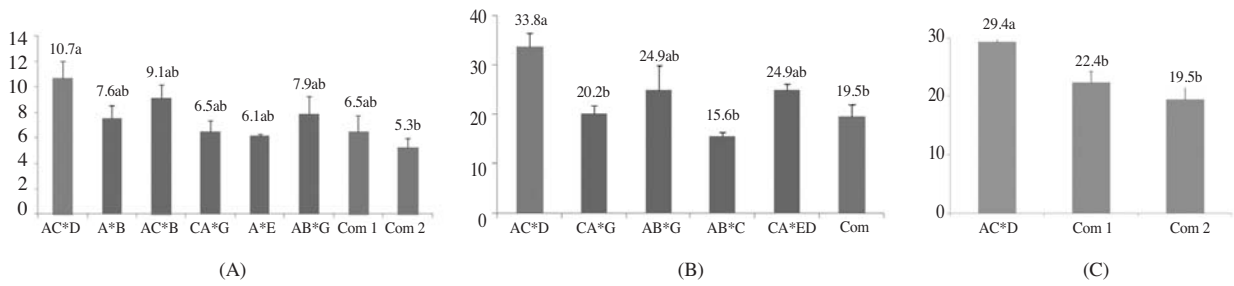


Fig. 2. The honey-yield (kg/hive) in different honeybee cross combinations and commercial lines in 2011 (A), 2012 (B), and 2013 (C). The numbers with same symbol are not significantly different at 1% level.

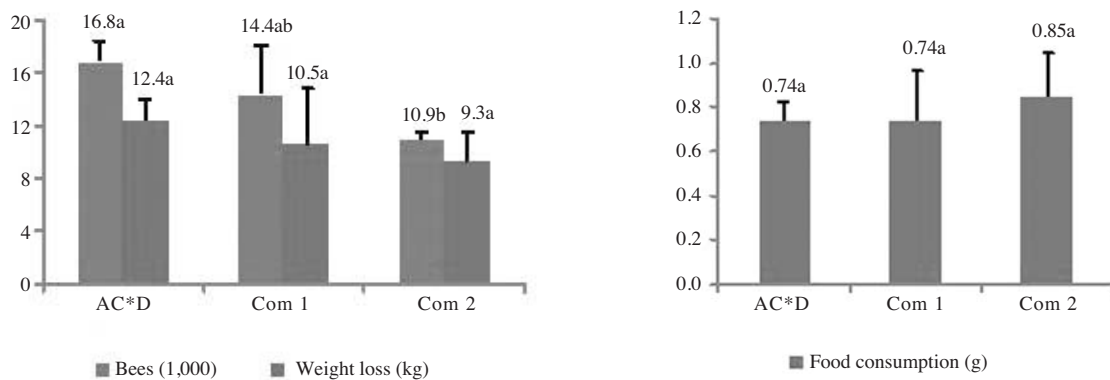


Fig. 3. The average number of hibernating bees (thousands/hive), weight loss of colony during winter season in 2013~2014 (A), and food consumption (g) per worker bee. The numbers with same symbol are not significantly different at 1% level.

량은 29.4kg으로 타 대조군 22.4kg과 19.5kg보다 유의한 차이($p < 0.01$)로서 31%, 51% 높게 나타남으로써 앞으로 대량 육성할 필요가 있는 우수 교배종으로 평가하였다.

월동

2013~2014년 월동기간에 Fig. 2 시험(C)의 시험구에 속한 모든 봉군은 월동 중 폐사한 것이 없어 100% 월동에 성공하였고, 월동 전후의 일벌 수 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. Fig. 3의 시험A는 월동 후 생존 일벌 수와 월동기간 중의 봉군 무게 감소량을 보여주는 것이다. 선발한 삼원교배종의 일벌 수는 16,800마리로 대조군 1의 14,400마리, 대조군 2의 10,900마리 ($p < 0.01$)보다 많았다. 월동기간 중 총 먹이소모량으로 나타나는 봉군 무게의 감소량은, 일벌 수가 많은 순서와 같이 삼원교배종(12.4kg) > 대조군 1(10.5kg) > 대조

군 2(9.3kg)로 나타났고, 월동 중 일벌 1마리당 소모량은 일벌 수가 많은 삼원교배종에서 0.74g, 대조군 1에서 0.74g, 대조군 2에서 0.85g를 보였다(Fig. 3의 시험 B). 벌의 수가 많은 삼원교배종이 편차가 적고 비교적 낮게 월동 중의 먹이 소모량을 보였으나 통계적 유의성은 없었다. 따라서 삼원교배종의 월동은 상대적으로 많은 수의 일벌이 월동에 들어가고 월동 중 비교적 효율적인 먹이소모로 생존이 무난한 것으로 여겨진다.

청소행동

수밀능력을 평가하였던 선발 삼원교배종과 2개 대조군(Fig. 1의 C)을 대상으로 2014년 죽은 봉개 번데기를 청소하는 행동능력의 차이를 조사한 결과는 그림 4와 같다. 액체질소 처리에 의해 냉동 사망한 봉개 번데기를 제거하기 위한 일련의 행동양상으로 봉개만 제거된 수(U), 즉 죽은 번데기가 완전 제거된 벌방 수

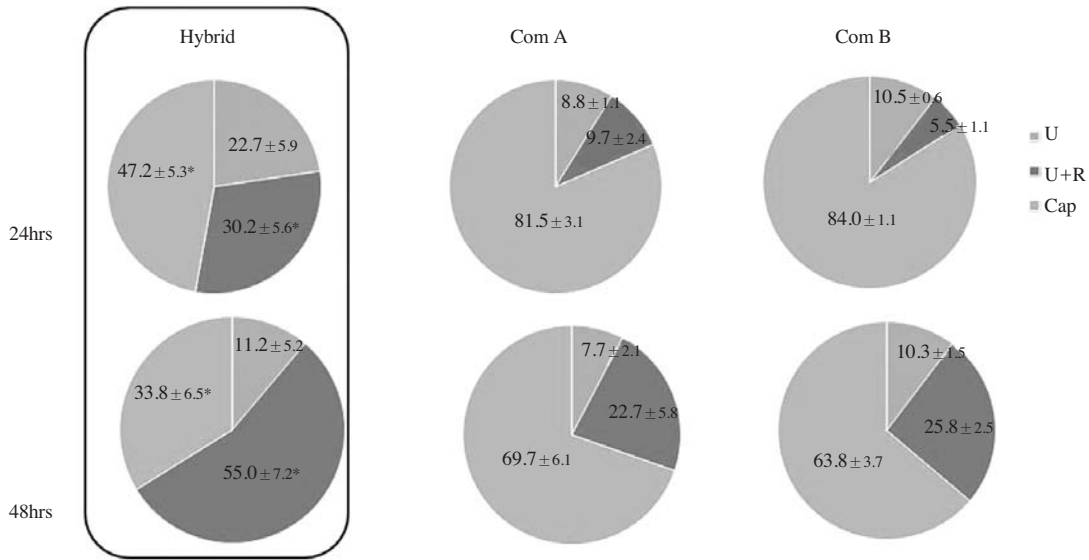


Fig. 4. The hygienic behavior observed (%) from cleaning pupae killed in the nest by liquid nitrogen. U: uncapped, U+R: uncapped and removed, Cap: capped. The numbers with asterisk * are significantly different at 1% level.

(U+R), 청소되지 않고 봉개된 채 남아있는 벌방의 수 (CAP)로 각각 비율을 나누어 비교하였다. 처리 24시간 후에 선발 삼원교배종은 죽은 벌의 30.2%를 완전히 제거하였으나, 대조구 A와 B는 9.7%와 5.5%로 청소행동이 아주 빈약한 것으로 나타났다($p < 0.01$). 48시간 후에도 삼원교배종의 완전제거율 55.0%와 봉개 제거율 11.2%는 각각 다른 대조구(22.7%와 7.7%, 25.8%와 10.3%)에 비해 높았고 완전제거 비율은 유의한 차이를 보였다. 이는 Rinderer(1986)가 설명한 청소행동과 질병저항성의 상관관계를 고려할 때 선발 삼원교배종이 대조구의 기존 사육계통보다 질병에 대한 저항성이 높은 것으로 평가할 수 있었다.

적 요

국내에서 순계로 선발한 6개 꿀벌계통 간에 상호교배를 통해 도출한 8개 교배조합을 대상으로, 수밀량, 월동능력, 청소행동에 대한 특징을 조사하였다. 2011년 삼원교배종(AC×D)의 수밀량은 10.7kg으로 다른 교배조합군 6.1~9.1kg과 대조군 5.3~6.5kg보다 많았고, 2012년 삼원교배종의 꿀 수집량은 33.8kg으로 다른 교배조합(15.6~24.9kg)과 대조군(19.5kg)보다 우수

하였다. 2013년에도 삼원교배종의 평균 채밀량 29.4kg은 대조군보다 31%, 51%가 많았다. 2013~2014년 겨울철 모든 시험봉군이 100% 월동에 성공하였고, 월동 후 일벌 수는 삼원교배종이 16,800마리로 대조구 14,400마리, 10,900마리보다 많았다. 월동 중 일벌 1마리당 먹이 소모량은 삼원교배종이 0.74g으로 대조구(0.74와 0.85g)와 같거나 다소 적게 나타났다. 액체질소에 냉동 사망한 번데기를 청소하는 행동을 조사한 결과, 처리 48시간 후에 삼원교배종의 완전제거율 55.0%은 다른 대조구(22.7%, 25.8%)의 두 배 이상에 달함으로써 삼원교배종은 질병에 대한 저항성이 상대적으로 높게 보유한 것으로 평가하였다.

감사의 글

본 연구는 “농촌진흥청 농업공동연구사업(과제번호: PJ00826601)”의 연구비 지원에 의하여 이루어졌습니다.

인용문헌

이명렬. 2002. 꿀벌 육종과 병해충 관리 방안. 한국양봉학회 학술대회 자료집 2002. 1, 71-84.

이명렬, Ge Fengchen, 이만영, 김영수, 윤병수. 2006. 꿀벌 (*Apis mellifera* L.) 교배조합의 질병저항성 평가. 한국양봉학회지. 21: 33-36.

이명렬, 이만영, 김영수, 박영미. 2008. 국내에서 수집한 꿀벌 유전계통의 평가. 한국양봉학회지 23: 1-5.

최광수, 차용호. 2003. 여왕벌 선발에 의한 서양종 꿀벌의 생산능력 개량. 한국양봉학회지 18: 83-90.

최승윤. 1974. 신제 양봉학. 집현사, 서울. 439pp.

Adam, J., E.D. Rothman, W.E. Kerr, and Z.L. Paulino. 1977. Estimation of the number of sex alleles and queen matings from diploid male frequencies in a population of *Apis mellifera*. Genetics 86: 583-596.

FAO. 2012. <http://faostat3.fao.org/home/E>.

Mackensen, O. 1955. Further studies on a lethal series in the

honey bee. J. Hered. 46: 72-74.

Page, R.E. and H.H. Laidlaw. 1992. Honey bee genetics and breeding. In: The Hive and the Honeybee. pp. 235-267. Dadant & Sons, Inc., Hamilton, Illinois.

Rinderer, T.E. 1986. Bee genetics and breeding. 426p. Academic Press, Orlando.

Ruttner, F. 1988. Biogeography and taxonomy of honeybees. Springer-Verlag, New York, 284pp.

Taber, S. and M. Gilliam. 1987. Breeding honey bees for resistance to diseases. Korean J. Apiculture 2: 15-20.

Woyke, J. 1976. Population genetics studies on sex alleles in the honeybee using the example of the Kangaroo Island Bee Sanctuary. J. Apic. Res. 15: 105-123.