

호박벌(*Bombus ignitus*) 여왕벌의 냉장보관 조건

윤형주* · 이경용 · 이영보 · 김남정

농촌진흥청 국립농업과학원 농업생물부

Conditions for the Keeping the *Bombus ignitus* Queen Bumblebees under Low-temperature

Hyung Joo Yoon*, Kyeong Yong Lee, Young Bo Lee and Nam Jung Kim

Department of Agricultural Biology, The National Academy of Agricultural Science, RDA, Wanju-gun, Jellabuk-do 565-851, Republic of Korea

(Received 7 October 2014; Revised 21 October 2014; Accepted 29 October 2014)

Abstract

The bumblebee, *Bombus ignitus* undergoes one generation per year, and artificial hibernation is essential for year-round rearing of the bumblebee. Keeping the queens under low-temperature conditions for several months is an effective method for terminating their diapause and promoting colony development. In the present study, we investigated how *B. ignitus* queens keep under low-temperature. As a result, the queens were individually maintained in perlite-filled in a perforated plastic box also containing perlite to keeping 80% humidity. It was proved that pots for horticulture was suitable for keeping numerous queens at once.

Key words: Bumblebee, *Bombus ignitus*, Artificial hibernation, Survival rate

서 론

벌목(Hymenoptera), 꿀벌과(Apidae), 뒤영벌아과(Bombidae), 뒤영벌족(Bombini)에 속하는 뒤영벌은 북반구의 온대와 아한대에 분포 중심으로 서식하며 한랭 다습한 기후에 적응하여온 사회성 곤충으로 전 세계적으로 약 239종이 분포되어 있다(Williams, 1998). 뒤영벌은 진사회성 곤충으로 여왕벌, 일벌, 수벌로 이루어진 기본단위로 봉군을 형성하며 약 1,000마리로 구성된다. 여왕벌은 가을에 교미한 후 월동하여 이듬해 봄 땅속에 산란하고 화밀, 화분채취 등 스스

로 육아임무를 담당한다. 그러나 첫배의 일벌이 출현하면 여왕벌은 방화활동을 중단하고 산란에 전념한다. 우화한 일벌이 육아를 담당하기 시작하면 빠른 속도로 봉세가 확장되어 2~3개월 내에 최성기에 달한다. 가을철이 되면서 수벌과 신여왕벌이 출현하여 생식기에 접어드는데, 이 시기를 전후하여 창설여왕벌을 포함하여, 일벌, 수벌이 차례로 죽는다. 단지 교미를 끝낸 신여왕벌만이 살아서 땅속에 잠입하여 휴면에 들어가는 1년에 1세대인 생활사를 가지고 있다(Heinrich, 1979; Duchateau and Velthusis, 1988).

곤충의 휴면은 특정 발육시기에 경험한 온도, 습도,

*Corresponding author. E-mail: yoonhj1023@korea.kr

재료 및 방법

일장 등의 환경지표가 내분비기관의 활성화에 반영됨으로써 개시되어(Mansigh, 1971), 휴면기에 특이적인 생리현상인 휴면 간 발육(diapause development)을 완료함으로써 종료된다(Andrewartha, 1952). 호박벌을 포함하는 뒤영벌속(Genus *Bombus*)은 성충시기에 휴면하는 특징을 갖는데, 모든 성충휴면 곤충이 그러하듯이 이 기간 동안에는 난소의 발육이 정지된 상태로 있게 된다. 자연계에서는 수 개월간의 겨울이라는 저온기간을 경험하는 동안에 점차 휴면이 타파되어 난소발육이 활성화됨으로써 이듬해 봄을 맞아 산란할 수 있게 된다. 난소발육의 활성화는 휴면 간 발육과 더불어 진행되는데 휴면 간 발육이 충분한 개체는 휴면 후 발육도 양호하지만 휴면 간 발달이 불충분하면 이후의 재 발육이 불량해진다(Wigglerworth, 1974). 그러므로 일 년에 한 세대인 뒤영벌을 실내에서 인공적으로 인공월동 시키기 위해서는 휴면 간 발육이 정상적으로 진행되어 휴면에서 완전히 깨어난 상태의 여왕벌을 생산할 수 있는 냉장조건을 찾는 것이 핵심이다.

1910년대부터 1960년대까지의 뒤영벌 월동에 관한 연구는 자연계에서의 생태적 관찰이 주류를 이루었다(Bols, 1937, 1939; Frison, 1926; Sladen, 1912). 실내에서 여왕벌을 냉장하는 인공월동에 관해서는 주로 1960년대 이후에 월동 장소, 방법, 기간 등 단편적인 생태적 연구가 이루어졌고(Alford, 1969a, b; Holm, 1960; Hoem, 1972), 뒤영벌이 상품화되어 판매되기 시작한 1980년 후반부터는 휴면타파로 연중생산을 위해서 서양뒤영벌(*Bombus terrestris*)에 적합한 냉장온도, 냉장기간, 냉장시기 등에 관한 연구가 보고되었다(Beekman *et al.*, 1998; Tasei and Aupinel, 1994; Yoon *et al.*, 2010). 그러나 토종 뒤영벌인 호박벌(*B. ignitus*)의 인공월동에 관한 연구는 다소 미진한 형편이다(Ono, 1997; Yoon *et al.*, 2013). 따라서 본 연구에서는 호박벌(*B. ignitus*)의 인공월동에 적합한 냉장조건 중 여왕벌 보관환경을 조사함으로써 인공월동 후의 여왕벌 생존율을 높이고 강한 봉군을 생성할 수 있는 인공월동의 보관환경을 구명하고자 하였다.

실험곤충 및 사육

실험곤충은 국립농업과학원 농업생물부 곤충산업과 화분매개곤충연구실에서 실내 계대 사육한 2세대 호박벌(*B. ignitus*)을 사용하였다. 실험곤충사육은 기본적으로 전에 보고된 방법(Yoon *et al.*, 2002; Yoon *et al.*, 2004)을 사용하였다.

월동 장소에 따른 여왕벌의 냉장 후 생존율

월동 장소에 따른 냉장 후 여왕벌의 생존율을 조사하기 위하여 교미용 상자(55×65×40cm)에 우화 5일째의 여왕벌 30마리와 우화 7일째의 수벌 90마리를 한 달 동안 교미를 시켰다. 교미상자 안에는 화분단자와 설탕물을 공급하였고, 상자 내에는 부엽토 등으로 둔덕(흙)을 만들어 여왕벌이 숨을 수 있게 하였다. 3개의 교미상자를 사용하여 총 여왕벌 90마리와 수벌 207마리를 실험에 사용하였다. 교미 후 1개월째에 교미상자 내에 살아있는 여왕벌 60마리와 둔덕 속에서 월동하고 있는 여왕벌 12마리를 꺼내어 체중을 달았다. 체중을 단 후 5°C, 80% 이상에서 1개월 냉장 후 월동장소별 생존율과 체중감소율을 조사하였다.

냉장 중의 여왕벌 보관환경

여왕호박벌의 냉장 후 생존율을 높이는데 적합한 냉장 중 여왕벌 보관환경을 밝히기 위하여, 여왕벌 보관 방법, 냉장보관 습도환경, 보관상자내 습도 조절을 위한 보습제의 종류, 보관상자의 크기 및 대량으로 여왕벌을 보관방법 등을 검토하였다. 여왕벌 보관 방법은 뚜껑에 구멍을 뚫은 플라스틱병(5.5cm, ϕ 3cm), 곤충용기(위 4cm, 아래 3cm, 길이 4cm), 종이칸막이(두께 0.2cm, 3×3cm)와 종이칸막이에 야자껍질을 둔 것 등 4종류로 하였다. 실험구당 30마리의 여왕벌을 사용하였다. 이처럼 보관된 여왕벌을 펠라이트가 든 뚜껑에 구멍이 뚫린 사각플라스틱 상자(28×21×14cm)에 넣은 다음 2.5°C, 70% 이상에서 2개월간 냉장 후 생존율을 조사하였다.

여왕벌 냉장보관 습도환경은 4개의 실험구를 설정

하였다. 실험구는 펠라이트가 든 뚜껑에 구멍이 뚫린 사각플라스틱 상자의 습도를 100% 한 다음 펠라이트가 없는 병에 여왕벌을 보관하는 구, 구멍이 뚫린 사각상자의 습도를 80%로 한 다음 펠라이트가 없는 병에 보관하는 구, 동일한 조건의 상자 습도를 80%로 한 다음 펠라이트가 있는 병에 보관하는 구 및 상자 습도를 60%로 한 다음 펠라이트가 없는 병에 보관하는 구이었다. 이와 같이 보관된 실험구들은 2.5°C에서 2개월간 냉장 후 생존율을 조사하였다. 실험구당 30마리의 여왕벌을 사용하였다. 보관상자내 습도조절을 위한 보습제로는 펠라이트와 버뮤큐라이트(원예용 상토)를 사용하였다. 교미가 끝난 우화 15일 이내의 2세대 여왕호박벌을 보습제가 들어있는 구멍을 뚫은 플라스틱 병에 넣은 다음 각각 펠라이트와 버뮤큐라이트의 보습제가 들어있는 사각상자에 넣었다. 이 사각상자를 2.5°C, 80%에서 1개월간 냉장 후 꺼내어 여왕벌의 생존율을 조사하였다. 실험구당 30마리 여왕벌을 5반복으로 설정하였다. 보관상자의 크기에 따른 냉장 후 여왕벌 생존율 조사를 위해, 보관상자의 크기는 28×21×14cm와 20×15×6cm 2종류로 하였다. 우화 15일 내의 교미된 여왕벌을 펠라이트가 들어있는 보관병을 펠라이트가 들어있는 보관상자 크기에 따라 넣은 다음 2.5°C, 80%에서 1개월 냉장 후 생존율을 조사하였다. 실험구당 30마리 여왕벌을 4반복으로 하였다.

여왕벌 대량 냉장보관 방법

여왕벌을 대량으로 냉장 보관하는 방법을 구명하기 위해 육종용 보관방법을 대조로 하여, 128개의 구멍(위 4cm, 아래 3cm, 길이 4cm)이 있는 원예용 포트에 펠라이트를 넣은 것과 넣지 않는 원예용 포트 등 2개의 실험구를 설정하였다. 우화 15일 내의 교미된 여왕벌을 넣은 다음 2.5°C, 80%에서 2개월간 냉장 후 생존율을 조사하였다. 실험구당 50마리 여왕벌을 3반복으로 하였다.

통계분석

본 실험의 통계분석을 위하여 Tukey's pairwise comparison test 및 Chi-square test(MINITAB Release 13

for Windows, Minitab Inc. 2000)를 사용하였다. Tukey's pairwise comparison test에는 월동장소, 보습제 종류, 보관상자 크기 및 대량 여왕벌 보관방법에 따른 냉장 후 여왕벌 생존율에 사용하였다. Chi-square test는 여왕벌 보관방법 및 냉장보관 습도환경에 사용하였다.

결과 및 고찰

월동 장소별 냉장 후 여왕벌 생존율

월동 장소에 따른 냉장 후 여왕벌의 생존율을 조사한 결과(Fig. 1), 교미상자 안에 인공적으로 만들어 둔 월동장소인 둔덕에 들어있는 여왕벌의 냉장 1개월 후 생존율이 58.3%로서 둔덕(흙) 밖에 있던 여왕벌의 생존율(5.0%)보다 11.7배나 높았다. 통계적으로 고도의 유의성이 확인되어(Chi-square test: $X^2=23.783$, $df=1$, $p=0.0001$), 월동 장소에 따라 생존율에 차이가 있음을 알 수 있었다. 자연계에서 뒤영벌이 월동하는 양태를 관찰한 Alford(1969a)는 종에 따라 차이는 있으나 여왕벌은 땅속 8cm 깊이에 구형이나 타원형으로 만든 방에서 6-9개월간 월동한다고 보고하였다. Sladen(1912)과 Bols(1937, 1939)에 의하면 뒤영벌은 월동 장소로서 북쪽 또는 북서쪽의 배수가 잘되는 제방이나 경사지를 선호하고, Frison(1926)과 Tkalcu(1960, 1961)은 여왕

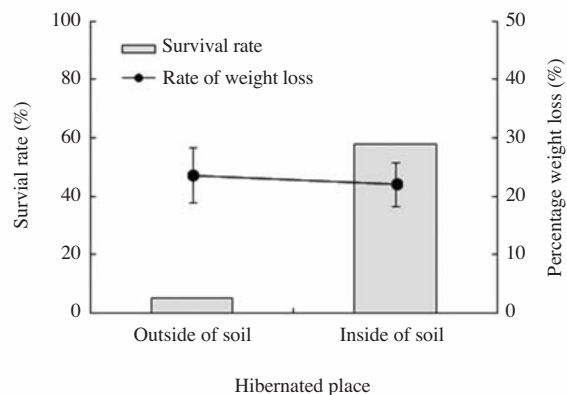


Fig. 1. Survival rate and percentage weight loss of *B. ignitus* queens at hibernated places. Cold treatment was initiated at 5°C and conducted at 80% humidity for one month. Cold time was 30 days after mating. There was significant difference in survival rate of queens in hibernated places at $p<0.001$ using Chi-square test.

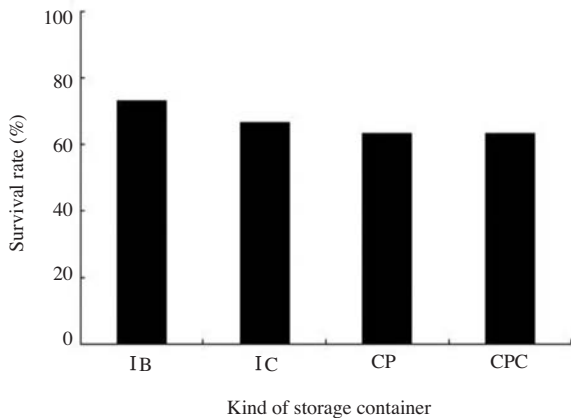


Fig. 2. Survival rates of *B. ignitus* queens from different containers for chilling treatment. Abbreviations: IB, Insect bottle; IC, Insect container; CP, Cardboard partition; CPC, Cardboard partition on coconut shell. The insect storage containers preserved within perlite in a perforated plastic box. The size of plastic box was $28 \times 21 \times 14$ cm. Cold treatment was initiated at 2.5°C and conducted at over 70% humidity for two months. Thirty queens were allotted for each experimental regime. There were no significant difference in different chilling storage containers at $p < 0.05$ by Chi-square test.

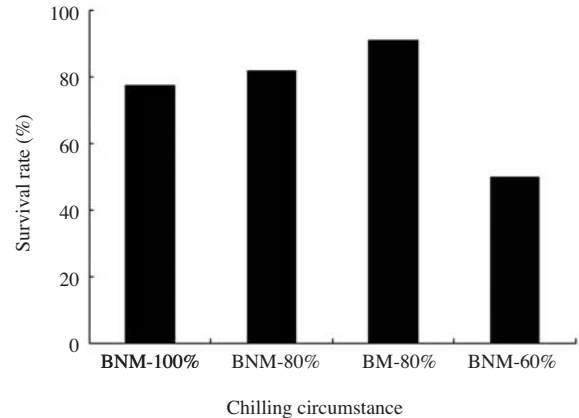


Fig. 3. Survival rate of *B. ignitus* queens at different chilling conditions. Abbreviations: BNM-100%, Bottle without moisturizer at 100% humidity; BNM-80%, Bottle without moisturizer at 80% humidity; BM-80%, Bottle with moisturizer at 80% humidity; BNM-60%, Bottle without moisturizer at 60% humidity. Those bottles were preserved within perlite in a perforated plastic box. Perlite was used as moisturizer. Cold treatment was initiated at 2.5°C for two months. Thirty queens were allotted for each experimental chilling circumstances regime. There were significant differences in different storing conditions at $p < 0.05$ by Chi-square test.

벌이 썩은 나무, 이끼, 잎 등의 퇴적터미 아래에서 월동하는 것을 관찰하였다. Holm(1960)과 Hoim and Hass(1961)는 온실 내에 설치한 인공둔덕이나 물이끼와 살균 흙을 채운 상자 내에서 여왕벌을 월동시켰는데, 84~90%가 생존하였고, 그 후 3년에 걸쳐 출현한 총 245마리의 여왕벌 중에서 37%가 봉군을 형성하였다고 보고하였다. Pouvreau(1965)는 스티로폼, 건조 이끼, 작은 유리조각, 면, 솜, 말털로 산란환경을 조성한 산란유도 상자 40개를 온실에 설치하고 269마리의 여왕벌을 방사하였는데, 19%의 여왕벌이 산란유도 상자에 터를 잡고 11%는 봉군을 형성하였다. 또한 버뮤큐라이드에 파묻어 7°C 에 냉장하였을 때는 63%, 무가온 온실 내의 흙과 이끼 속에서 월동시킨 여왕벌은 56%가 월동에 성공하였다.

교미 후 1개월째 되는 여왕벌을 1개월간 5°C 에 냉장 후 체중감소율을 조사한 결과(Fig. 1), 인공둔덕 속에 있던 여왕벌의 체중감소율은 22.1%로 둔덕 밖에 있던 여왕벌보다 1.5% 낮았으나 통계적으로 유의성은 없었다(Tukey's pairwise comparison test: $F=0.23$, $df=1$, 6 , $p=0.650$). Horber(1961)는 월동기간 중 평균체중감소는 151.3mg이었고 월동기간 중 생존한 여왕벌은 죽은

여왕벌보다 체중이 더 무거운 것을 증명하였다. Hoem(1972)은 월동기간 중 처음에서 반 정도 기간에 체중손실이 일어나고, 그 후부터는 체중이 증가하며, 여왕벌의 체중과 월동 후 생존기간과는 중요한 상관관계가 있다고 하였다. 월동 전 *B. terrestris*의 체중은 400~1,000mg에서 월동 후에는 300~900mg이었고, *B. lapidarius*의 경우 역시, 월동 전 체중이 250~850mg이었으나, 월동 후에는 250~750mg으로 체중이 감소하는 경향을 보였다. Alford(1969 a, b)는 월동 전 여왕벌 체중이 57%가 물이었으나, 월동 후에는 생체중과 건체중이 거의 50%까지 줄어드는 것을 확인하였다. 또한 지방이 월동 전 여왕벌 전체 건체중의 34%로 구성되었으나 월동기간 동안 이 지방의 80%가 흡수되기 때문에 잘 발달된 지방체가 여왕벌이 안전하게 월동하는데 있어 중요한 요소라고 보고하였다.

냉장 중의 여왕벌 보관환경

여왕호박벌의 냉장 후 생존율을 높이기 위한 한 가지 방법으로 여왕벌을 냉장 보관하는 방법을 조사하

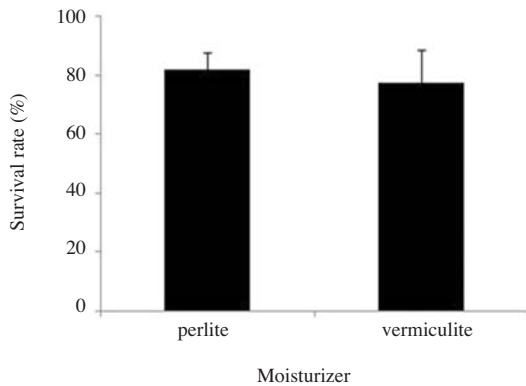


Fig. 4. Survival rate of *B. ignitus* queens at kind of moisturizer. Cold treatment was initiated 14 days after emergence at 2.5°C and conducted at 80% humidity for one month. Thirty queens were allotted with five replications for each experimental moisturizer regimes. There was no significant difference in kind of moisturizer at $p < 0.05$ using Tukey's pairwise comparison test.

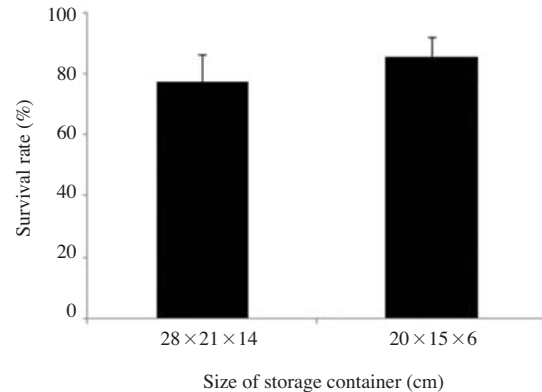


Fig. 5. Survival rate of *B. ignitus* queens at size of storage container. Cold treatment was initiated 14 days after emergence at 2.5°C and conducted at 80% humidity for one month. Thirty queens were allotted with four replications for each experimental regimes. There was no significant difference in kind of moisturizer at $p < 0.05$ using Tukey's pairwise comparison test.

였다. 그 결과, Fig. 2에서 보는 바와 같이 2.5°C에서 2개월간 냉장 후 여왕벌의 생존율이 뚜껑에 구멍을 뚫은 플라스틱 병이 73.3%로 가장 높았고, 그다음이 끈충용기로 66.7%이었으며, 종이칸막이와 종이칸막이 아래에 야자껍질을 둔 것은 각각 63.3%로 같은 생존율을 보였다. 비록 통계적 유의성은 없었지만 ($X^2=0.900$, $df=3$, $p=0.825$), 여왕벌을 구멍을 뚫은 플라스틱 병에 넣어 냉장 보관하는 것이 좋은 방법이라고 생각된다. 이처럼 여왕벌을 한꺼번에 같은 상자에 보관하지 않고 여왕벌을 각각 보관하는 것은 혹시 월동 중에 죽은 여왕벌이 살아있는 여왕벌을 감염시키는 것을 방지하기 위해서이다. Holm(1972)은 무 가온상태의 온실 내 흙더미 속에서 여왕벌을 월동시키거나, 펄라이트로 채운 플라스틱 용기에 여왕벌을 넣어 4~5°C의 냉장고에 8~9개월 보관하는 방법을 이용하였다.

여왕벌의 냉장보관 습도환경 조사를 위하여, 2.5°C에서 2개월간 냉장 후 생존율을 Fig. 3에 나타내었다. 4개 실험구 중에서 구멍이 뚫린 사각상자의 습도를 80%로 한 다음 펄라이트가 있는 병에 보관하는 구의 생존율이 90.9%로 가장 높았으며, 그 다음이 구멍이 뚫린 사각상자의 습도를 80%로 한 다음 펄라이트가

없는 병에 보관하는 구(81.8%), 펄라이트가 든 뚜껑에 구멍이 뚫린 사각플라스틱 상자의 습도를 100% 한 다음 펄라이트가 없는 병에 여왕벌을 보관하는 구(77.3%) 순이었으며, 상자 습도를 60%로 한 다음 펄라이트가 없는 병에 보관하는 구의 생존율은 50.0%로 가장 낮았다. 냉장보관 습도환경에 따라서 냉장 후 생존율이 영향을 받는 것으로 나타나($X^2=10.909$, $df=3$, $p=0.012$), 여왕벌을 보관할 때의 냉장습도를 80%정도 맞추는 것이 생존율을 높일 것으로 판단된다. 특히 과습보다 저습이 여왕벌 생존율에 더 영향을 미치는 것으로 조사되었다. *B. terrestris*에 있어서 휴면기간 동안 생존율은 월동 전 여왕벌의 습윤 체중에 강한 영향을 받으며, 0.6g 미만의 여왕벌은 휴면 후에 생존하지 못한다고 Beekman *et al.*(2000)이 보고하였다.

보관상자내 습도조절을 위한 보습제 종류에 대한 실험 결과(Fig. 4), 2.5°C, 80%에서 1개월간 냉장 후 여왕벌의 생존율은 펄라이트가 81.7 ± 6.1%로 원예용상토(77.4 ± 11.0%)보다 4.3% 높았으나 통계적 유의성이 없었다(Tukey's pairwise comparison test: $F=0.59$, $df=1, 8$, $p=0.464$). 보관상자의 크기에 따른 냉장 1개월 후 여왕벌 생존율을 조사한 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 동일한 수의 여왕벌 30마리를 넣었을 때, 20 × 15 × 6cm

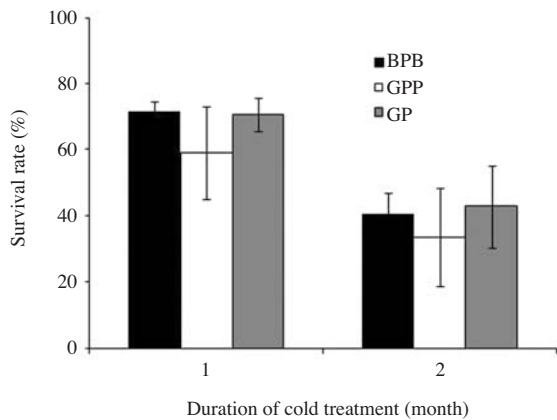


Fig. 6. Survival rate of *B. ignitus* queens at different storing conditions. Abbreviations: PBB, Bottle filled with perlite in plastic box with ventilation; PGP, Gardening pot filled with perlite; GP, Gardening pot without perlite. Cold treatment was initiated 14 days after emergence at 2.5°C and conducted at 80% humidity for one month. Fifty queens were allotted with three replications for each experimental storing conditions regimes. There was no significant differences in different chilling methods at using Tukey's pairwise comparison test.

의 보관상자의 생존율이 $85.5 \pm 6.6\%$ 로 두 배 정도 큰 $28 \times 21 \times 14\text{cm}$ 의 구의 생존율($77.5 \pm 6.1\%$)보다 8% 높았으나 통계적으로 차이는 없었다($F=0.59$, $df=1, 8$, $p=0.464$). 비록 유의성은 없었지만 $20 \times 15 \times 6\text{cm}$ 의 상자가 여왕벌 30마리를 보관하기에는 적당한 크기라고 생각된다. 위의 결과들로 볼 때 여왕호박벌을 냉장 보관할 경우에는 보습제로 펄라이트 등이 들어 있는 환기 구멍이 있는 병에 여왕벌을 넣어 후, 여왕벌이 들어있는 병을 펄라이트 등으로 습도를 80% 이상 유지시킨 사각상자에 넣은 다음 냉장 보관하는 것이 좋은 방법이라고 생각된다(Fig. 7A). Horber(1961)는 버뮤큐라이트로 채운 알루미늄 용기에 넣은 여왕벌을 1°C에서 월동시켜 80%의 생존 여왕벌을 얻고, 이 여왕벌이 온실에 설치한 산란상자에 유인되어 봉군을 형성하는 것을 관찰하였다. Tasei and Aupinel(1994)은 7~8월에 교미시킨, 여왕벌을 10월 말에 통기구를 설치한 플라스틱 관에 넣은 후, 보습한 버뮤큐라이트에 파묻은 상태로 15°C에서 12일, 0°C에서 85일, 3°C에서 31일간 보호하여 월동시켰다. Ono(1997)는 교미가 끝난 여왕호박벌을 5°C에 4개월간 저온 처리하였고,

Bilinski(1998)는 교미 여왕벌을 펄라이트가 깔린 플라스틱 용기에 50마리 썩 넣어 4°C에서 4개월간 월동시켰다.

여왕벌 대량 냉장보관 방법

대량으로 여왕벌을 냉장보관하기 위해 시중에서 판매되고 있는 128개의 구멍을 가진 원예용 포트를 이용하여 실험한 결과를 Fig. 6에 나타내었다. 2.5°C, 80%에서 1개월간 냉장 후 생존율은 육종용 보관방법(펄라이트가 채워진 보관병 속에 여왕벌 사용)이 $71.7 \pm 3.0\%$ 이었고, 원예용 포트에 펄라이트를 넣지 않은 구는 $70.6 \pm 5.0\%$ 로 약 1%의 차이가 있었다. 반면에 펄라이트를 넣은 원예용 포트 구는 $59.0 \pm 14.1\%$ 로 11.6~12.7% 생존율이 낮았지만 통계적으로 차이는 없었다($F=1.90$, $df=2, 6$, $p=0.230$). 2개월간 냉장 후 생존율은 원예용 포트에 펄라이트를 넣지 않은 구는 $42.8 \pm 12.2\%$, 육종용 보관법 $40.6 \pm 6.4\%$, 펄라이트를 넣은 원예용 포트 구는 $33.6 \pm 14.8\%$ 순이었다($F=0.626$, $df=2, 6$, $p=0.51$). 이와 같은 결과로 볼 때 여왕벌을 대량으로 냉장보관 할 경우에는 여왕벌이 들어갈 수 있는 크기를 가진 원예용 포트와 같은 용기에 습도를 80%로 유지시켜 사용하는 것도 좋은 방법이라고 판단된다(Fig. 7B).

적 요

일 년에 한세대인 호박벌(*B. ignitus*)을 실내에서 연중 사육하기 위해서는 휴면을 타파시켜주는 것이 필수적이다. 몇 달 동안 여왕벌을 저온에서 보관하는 방법은 여왕벌을 휴면에서 깨어나게 해서 강한 봉군을 생성할 수 있는 효과적인 방법이다. 저온에서 호박벌 여왕벌 보관하는 방법을 조사한 결과, 펄라이트 등 보습제가 채워진 구멍이 있는 보관병 속에 여왕벌을 넣고, 이 보관병을 보습제가 채워진 구멍이 있는 월동용 상자에 묻어 80% 이상의 습도를 유지시키는 것이 좋았다. 또한 여왕벌을 대량으로 냉장보관 할 경우에는 여왕벌이 들어갈 수 있는 크기를 가진 원예용 포트와 같은 용기를 이용하는 것도 좋은 방법이라고 판단된다.

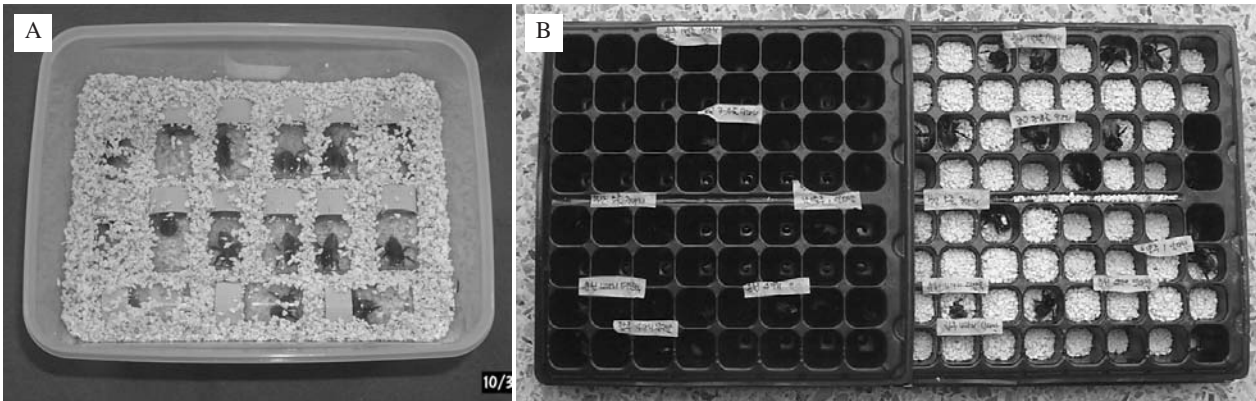


Fig. 7. Chilling storing method of *B. ignitus* queens for breeding (A) and mass-production (B).

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ01001001)의 지원에 의해 이루어진 것입니다.

인용문헌

- Alford, D.V. 1969a. A study of the hibernation of bumblebees (Hymenoptera: Bombidae) in southern England. *J Anim Ecol.* 38: 149-170.
- Alford, D.V. 1969b. Studies on the fat body of adult bumblebees. *J Apic Res.* 8: 37-48.
- Alford DV. 1975. *Bumblebees*. Davies-Poynter, London. pp. 352.
- Andrewartha, H.G. 1952. Diapause in relation to the ecology of insects. *Bio Rev.* 27: 50-107.
- Beekman, M., van Stratum, P. and Lingeman, R. 1998. Diapause survival and post-diapause performance in bumblebee queens (*Bombus terrestris*). *Entomol Experi Appli.* 89: 207-214.
- Beekman M., P. van Stratum and R. Lingeman. 2000. Artificial rearing of bumblebees (*Bombus terrestris*) selects against heavy queens. *J Api Res.* 39: 61-65.
- Bilinski, M. 1998. Rearing and wintering methods of *Bombus terrestris*. '98 International symposium on apicultural science. The Api soc of Korea p 86-91.
- Boles, J.H. 1937. Observations on *Bombus* and *Psithyrus*, especially on their hibernation. *Proc R. Ent Soc Lond.* (A), 24: 119-127.
- Boles, J.H. 1939. Un remarquable terrain d'hivernation de *Bombus* et de *Psithyrus* pres Louvain, a Lubbeek, de Belgique. *Verh. VII Int Cong Ent.* 1048-1060.
- Duchateau, M.J. and H.W. Velthuis. 1988. Development and reproductive strategies in *Bombus terrestris* colonies. *Behavior.* 107: 186-207.
- Frison, T.H. 1926. Contribution to the knowledge of the interrelation of the bumblebees of Illinois with their animate environment. *Ann Ent Soc Am.* 19:203-236.
- Heinrich, B. 1979. *Bumblebee economics*. pp. 207-213. Harvard University Press. Cambridge, Massa.
- Hoem, S.N. 1972. Weight and life length of hibernation bumblebee queens (Hymenoptera: Bombidae) under controlled conditions. *Ent Scand* 3: 313-320.
- Hoim, S.N. and Hass, H. 1961. Erfahrungen und Resulate dreijhriger Domestikationversuche mit Hummeln (*Bombus latr.*) *Albrechi-Thaer-Arch.* 5: 282-304.
- Holm, S.N. 1960. Experiments on the domestication of bumblebee (*Bombus latr.*) in particular *B. lapidarius* L. and *B. terrestris* L. *K. Vet Hojsk. Aarskr.* 1-19.
- Horber, E. 1961. Beitrag zur Domestikationsversuche mit Hummeln (*Bombus latr.*) *Albrecht Thaer-Arch.* 5: 282-304.
- Mansigh, A. 1971. Physiological classification of dormancy in insects. *Can Entomol* 103: 983-804.
- Minitab incorporated company. 2000. *Minitab user's guide*, Minitab inc. USA.
- Mitsuahata, M. 2000. Pollination of crops with bumblebee colonies in Japan. *Honeybee Sci.* 21: 17-25.
- Ono, M. 1997. Ecological implication of introduced *Bombus terrestris*, and significance of domestication of Japanese native bumblebees (*Bombus* spp.). *Proc. Int'l. Workshop on biological invasions of ecdsystem by pests and beneficial organisms.* pp. 242-252. NIAES, Ministry of Agr., Forestry and Fisheries, Japan, Tsukuba, Japan.
- Pouvreau, A. 1965. Sur une methode d'elevage des Bourdons (*Bombus latr.*) a partir de reines capturees dans la nature. *Annals Abele* 8: 147-159.
- Sladen, F.W.L. 1912. *The bumble-bee, its life history and how to domesticate it.* Maxmillan, London pp. 283.

- Tasei, J.N and P. Aupinel. 1994. Effect of photoperiodic regimes on the oviposition of artificially overwintered *Bombus terrestris* L. queens and the production sexuals. J. of Api Res. 33: 27-33.
- Tkalcu, B. 1960. Sur l'hibernation des bourdons. Bull Soc ent Mulhouse, 1960, 96-97.
- Tkalcu, B. 1961. Deuxieme contribution sur l'hibernation des bourdons. Bull Soc ent Mulhouse. 1961, 105-106.
- Wigglesworth, V.B. 1974. Insect Physiology, 7th Edn., Chapman and Hall, London. pp. 166.
- Williams, P.H. 1998. An annotated checklist of bumble bees with an analysis of patterns of description (Hymenoptera: Apidae, Bombini). Bull Nat His Mus. (Ent.) 67: 79-152.
- Yoon, H.J., S.E. Kim and Y.S. Kim. 2002. Temperature and humidity favorable for colony development of the indoor-reared bumblebee, *Bombus ignitus*. Appl Entomol Zool. 37: 419-423.
- Yoon, H.J., S.E. Kim, Y.S. Kim and S.B. Lee. 2004. Colony developmental characteristics of the bumblebee queen, *Bombus ignitus* by the first oviposition day. Int J Indust Entomol. 8: 139-143.
- Yoon, H.J., K.Y. Lee, J.S. Hwang and I.G. Park. 2010. Chilling temperature and humidity to break diapause of the bumblebee, *Bombus terrestris*. Int J Indust Entomol. 20: 93-98.
- Yoon, H.J., K.Y. Lee, M.A. Kim, M.Y. Ahn and I.G. Park. 2013. Optimal cold temperature for the artificial hibernation of *Bombus ignitus* queen bumblebees. Int J Indust Entomol. 26: 124-130.