

뒤영벌 인공수정기 개발

윤형주* · 조영희¹ · Boris Baer²

농촌진흥청 농업과학기술원 농업생물부 유용곤충과, ¹태화양봉, ²덴마크 코펜하겐대학 개체군생태학부

Development of the Artificial Insemination Instrument of Bumblebee Queens

Hyung Joo Yoon*, Young Hee Cho¹ and Boris Baer²

Department of Agricultural Biology, The National Institute of Agricultural Science & Technology, RDA, Suwon 441-100

¹Taehwa bee farm, Gwangju 464-881, Gyeonggi province, Korea

²Zoological Institute, Department of Population Ecology, Universitetsparken 15, 2100 Copenhagen, Denmark

ABSTRACT : An artificial insemination instrument of bumblebee queens was firstly developed. This instrument consists of location tube, transfer tube, holding tube, head product, and probe apparatus for reproductive tract etc. This instrument was designed to minimize stress and damage of reproductive tract of bumblebee queens. The regulator handle apparatus in artificial insemination instrument was used the principle of lever, that manipulates easy, accurate and rapid insemination of bumblebee queens. By using this instrument, the insemination rate was over 90%. This instrument will be useful for the breeding and conservation of excellent character of bumblebees.

KEY WORDS : Artificial insemination instrument, *Bombus*, Bumblebee breeding, Conservation

초 록 : 뒤영벌 인공수정기를 본 연구에서 처음으로 개발하였다. 개발된 뒤영벌 인공수정기는 자리잡기용관, 이송용관, 고정관, 머리받침대, 생식기 탐침기 등으로 구성되어 있으며, 여왕벌의 인공수정에 따른 스트레스 및 생식기의 손상을 최소화하도록 고안되었다. 특히 인공수정기의 조정핸들은 지렛대 원리를 이용하여 미세하고, 정확하고, 신속하게 조작할 수 있다. 본 인공수정기를 이용하여 인공수정 시 수정 성공률은 90% 이상이였다. 따라서 이 인공수정기는 우량형질의 뒤영벌 육종 및 보존에 효율적으로 이용되어질 수 있을 것이다.

검색어 : 인공수정기, 뒤영벌속, 뒤영벌 육종, 보존

뒤영벌은 벌목(Hymenoptera), 꿀벌과(Apidae), 뒤영벌아과(Bombidae), 뒤영벌족(Bombini)에 속하며 북반구의 온대와 아한대를 중심으로 서식하며, 한랭 다습한 기후에 적응하여온 사회성 곤충으로서 전 세계적으로 약 239종이 분포되어 있다(Williams, 1998). 국내에서는 뒤영벌

아과(Bombidae)에 뒤영벌(*Bombus*)속 20종과 딱벌속(*Psithyrus*) 5종 등 25종이 보고되었다(Lee & Dumouhel, 1999). 뒤영벌은 꿀벌과 마찬가지로 여왕벌, 일벌, 수벌을 기본단위로 이루어져 봉군을 형성하며 1년에 1세대를 거치는데, 여왕벌은 가을에 교미한 후 월동한다. 이듬해 봄

*Corresponding author. E-mail: yoonhj@rda.go.kr

땅속에 산란하고 화밀, 화분채취 등 스스로 육아임무를 담당한다. 그러나 첫배의 일벌이 출현하면 여왕벌은 방화 활동을 중단하고 산란에 전념하며, 우화한 일벌이 육아를 담당하기 시작하면서 빠른 속도로 봉세가 확장되어 2~3개월 내에 최성기에 달한다. 가을철이 되면서 수벌과 신여왕벌이 출현하고 생식기에 접어드는데, 이 시기를 전후하여 창설여왕벌을 포함한 일벌, 수벌이 차례로 죽고, 교미를 끝낸 신여왕벌만이 땅속에 잠입하여 휴면에 들어간다 (Heinrich, 1979).

이와 같은 생활사를 가진 뒤영벌은 현재 시설채소 및 과수 등의 화분매개곤충으로 이미 상품화되어 세계 각국에 수출되고 있다(Free, 1993; de Ruijter, 1997; Masahiro, 2000). 우리나라에서도 시설재배 면적이 증가하면서 서양뒤영벌(*Bombus terrestris* L.)을 수입하고 있으며, 현재는 국내에서도 서양뒤영벌을 자체 생산하고 있다. 또한 토종 뒤영벌로 봉군형성이 우수한 호박벌(*B. ignitus* Smith)이 선정되어 대량 인공사육 및 우량종 선발 등이 연구되고 있다(Yoon *et al.*, 2002, 2005). 그러나 호박벌의 경우 서양뒤영벌에 비하여 교미율과 봉군형성률이 낮은 단점을 갖고 있다(Yoon *et al.*, 2004).

인공수정이란 수컷의 정자를 암컷의 생식기관에 인공적으로 옮기는 기술로서 특별한 육종프로그램을 통해서 멸종위기에 있는 종을 보전하기 위해서 유용하게 응용되는 수정방법으로서, 계절에 관계없이 육종이 가능하고 병의 전염을 예방할 수 있는 장점을 가지고 있다(Evans & Maxwell, 1987; Chen *et al.*, 1994; Durrant *et al.*, 1995; Holt *et al.*, 1996). 인공수정은 돼지, 양, 염소 및 닭 등 척추동물에서 많이 사용, 발달되어 왔으나 무척추동물에서는 참새우(*Penaeus monodon*)(Benzie *et al.*, 1995), 바닷가재(*Homarus* sp.)(Waddy & Aiken, 1984)와 누에(*Bombyx mori*)(Takemura *et al.*, 1996)와 같은 경제적으로 중요한 종에서만 발달되어 왔다. 사회성 곤충에 있어서는 단지 꿀벌(*Apis* spp.)에서만 20세기 초 이후로 확실한 경제적 잠재성을 가지고 발달, 개선되어왔다(Rutter, 1976; Cobey, 1998; Robinson *et al.*, 2000). 특히 인공수정을 하기위해서 필수요소인 인공수정기의 경우, 공중교미를 하는 꿀벌의 육종을 위해 다수의 인공수정장치가 개발되어 있으나(Skowronek *et al.*, 1995; Cobey & Schley, 2002), 같은 벌목임에도 불구하고 뒤영벌의 경우에는 인공수정기가 전혀 개발되어 있지 않다. 단지 꿀벌의 인공수정장치를 이용하여, 여왕뒤영벌의 크기에 맞추도록 벌림혹과 고정혹을 개조하여 뒤영벌의 인공수정에 사용하였을 뿐이다(Baer & Schmid-Hempel, 2000).

따라서 본 연구는 뒤영벌의 인공수정률을 높이고 우량형질의 뒤영벌을 확보하기 위하여, 뒤영벌의 특성에 맞고 여왕벌의 생식기 및 각 기관을 손상시키지 않으면서 정밀하게 인공수정할 수 있는 새로운 장치를 개발하고자 하였다.

재료 및 방법

여왕벌을 고정시키는 기구

여왕벌을 보다 안정적이고 쉽게 인공수정하기 위해 여왕벌 자리잡기용관, 이송용관, 고정관을 개발하였다. 우선 수정할 여왕벌을 고정관에 고정시키기 위해서 여왕벌보다 큰 지름을 가진 자리잡기용관에 수용하고, 자리잡기용관에 수용된 여왕벌은 반대방향으로 위치를 전환시킨 후 이송용관으로 이송시킨 다음 수정하기 편리한 자세로 고정관에 고정시키는 과정으로 이루어짐을 특징으로 하는 기구이다.

탄산가스과 여왕벌 머리받침대를 이용한 간편한 마취장치

여왕뒤영벌을 인공수정시킬 때에 보다 효율적으로 마취시키기 위하여 꿀벌을 인공수정시킬 때 사용하는 마취 기구에 본 연구에서 개발한 머리받침대를 탄산가스와 연결된 부분에 별도로 삽입하여 여왕벌을 마취할 때, 여왕벌의 더듬이, 머리 및 다리 부분을 보호하는 완충 기능을 할 수 있도록 설계하였다.

여왕벌의 생식기 손상을 줄이는 탐침기

뒤영벌 인공수정을 위한 준비단계에 사용하는 탐침기는 여왕벌의 생식기 손상을 줄이고 가능한 빠른 시간 내에 수정시키기 위해서 고안한 기구이다.

손쉬운 고정혹, 벌림혹 및 주사기선반대

인공수정할 때 사용하는 혹은 2개로 고정혹 및 벌림혹으로 구성된다. 주사기선반대는 정액이 든 주사기를 올려 놓는 장치이다.

정자 유입을 용이하게 하는 조정핸들 장치

뒤영벌 인공수정기의 가장 핵심 부분이라고 할 수 있는 조정핸들은 기존의 꿀벌 인공수정기들이 생식기에 주사

기로 정액을 주입할 때 주사기선반대를 이용하여 움직이기 때문에 미세하게 움직이지 못하는 단점을 보완하기 위해서 고안되었다. 개발된 조정핸들은 지렛대 원리를 응용하여 주사기선반대에 연결되도록 만들어졌다.

뒤영벌의 인공수정

뒤영벌의 인공수정장치는 여왕벌 고정대, 자리잡기용관, 이송용관, 고정관, 머리받침대, 탐침기, 고정축, 벌림축, 주사기 및 선반대, 조정핸들 등으로 구성되어 있다. 또한 인공수정기를 이용하여 여왕뒤영벌을 인공수정시키는 단계는 여왕벌을 고정관 등에 고정시키는 단계, 마취단계, 여왕벌의 생식기 손상을 줄이는 탐침단계, 두개의 축과 조정핸들 등을 이용한 인공수정 준비단계, 정자가 주입된 주사기를 여왕벌 생식기에 주입하는 인공수정단계로 이루어진다.

여왕벌의 인공수정 확인

Baer & Schmid-Hempel (2000)과 Yoon *et al.* (2006)의 방법에 의해 인공 수정된 여왕호박벌(*Bomus ignitus*)을 25°C에 1일간 보관하였다. 보관 1일 후 여왕벌을 해부하여 난소를 적출한 다음, 난소의 저장낭에서 정액을 채취하여 ×1000배 현미경(Olympus SZ-PT)하에서 정자의 존재를 확인하였다. 또한 여왕벌의 저장낭과 저장낭내에 정자가 들어 있는 것을 확인하기 위하여 전자현미경(Karlzeiss LEO1420 VP)으로 관찰하였다.

결과 및 고찰

여왕벌을 고정시키는 기구

뒤영벌은 꿀벌과 비교할 때, 크기와 특성 등이 달라 기존에 사용하고 있는 꿀벌 인공수정기로 수정했을 때, 여왕벌을 고정하는데 많은 어려움이 있었다. 따라서 본 연구자들은 여왕뒤영벌의 수정률을 높이기 위해서 그 특성을 연구한 결과, 인공수정 시 여왕벌을 안전하고 손상이 없는 상태로 유지하기 위해서는 여왕벌을 고정시킬 필요가 있음을 알게 되었다. 그 결과 자리잡기용관, 이송용관 및 고정관을 개발하게 되었다. 여왕벌의 생식기 및 각 기관 등을 손상주지 않고 수정시키기 위해서는 여왕벌보다 큰 지름을 가진 자리잡기용관이 필요하다(Fig. 1, Ab, Bb

와 Cb). 자리잡기용관은 플라스틱으로 만든 원기둥모양으로 앞부분에 0.4 cm 정도의 구멍이 있으며 길이는 5 cm 정도이다. 자리잡기용관에 수용된 여왕벌은 탈출을 시도하기 위하여 몸의 위치를 반대방향으로 전환한다. 반대방향으로 위치를 전환한 여왕벌을 고정관과 지름이 동일한 이송용관으로 옮긴다(Fig. 1, Ac, Bc 와 Cc). 이송용관은 여왕벌을 고정관에 쉽게 옮기기 위한 것으로 윗면에 0.5-0.6 cm 정도의 구멍이 있으며, 길이는 5 cm 정도이다. 이송관에 옮겨진 여왕벌을 다시 수정하기 편리한 자세로 자리를 잡게 하기 위해서는 최종적으로 고정관(Fig. 1, Ad, Bd와 Cd)으로 옮기는 작업을 한다. 고정관은 인공수정 할 여왕벌을 잘 고정시키게 하는 기능을 하며 관의 한쪽 단면에 여왕벌의 생식기에서 배설물이 잘 나올 수 있도록 0.5-1.0 cm 정도의 구멍이 있다. 길이는 5 cm 정도이고 탄산가스 마취할 때, 여왕벌 머리받침대와 연결된다. 또한, 여왕벌 고정대는 ㄷ 모형으로 여왕벌 고정관이 움직이지 않도록 고정해주는 기능을 하는 것으로 나사로 쉽게 조절할 수 있도록 고안하였다(Fig. 1, Aa와 Ca).

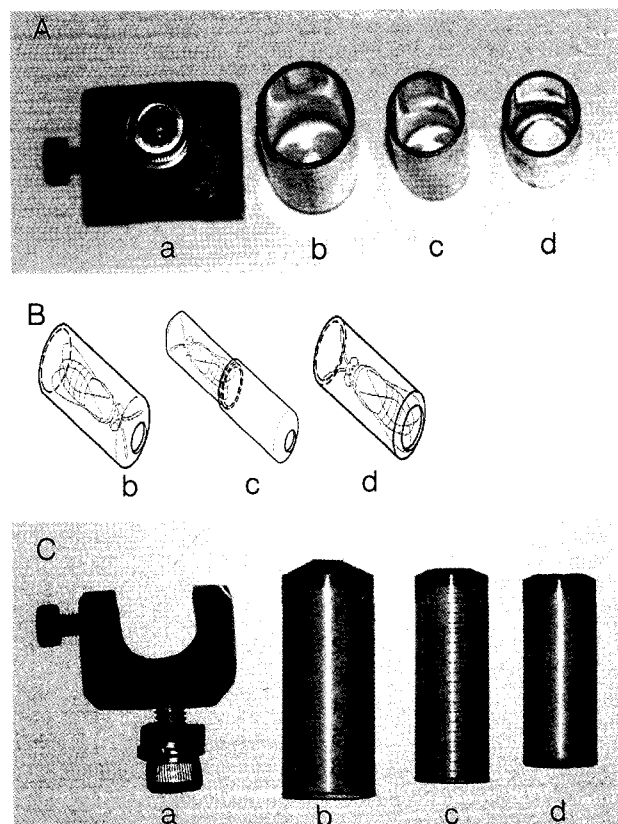


Fig. 1. The queen holder (a), location tube (b), transfer tube (c) and holding tube (d) of artificial insemination for bumblebee queen. A, top view; B, diagram; C, side view.

탄산가스와 여왕벌 머리받침대를 이용한 간편한 마취장치

일반적으로 여왕벌을 인공수정시킬 때 여왕벌을 움직이지 않도록 마취시키는데, 이때 주로 사용하는 마취제가 탄산가스이다. 뒤영벌 인공수정기의 마취기구는 기존에 사용해오던 꿀벌 인공수정기의 마취기구를 이용하되, 여왕뒤영벌이 손상되지 않고 보다 효율적으로, 마취시키기 위해서 고정관에 들어있는 여왕벌의 더듬이, 머리 및 다리 부분을 보호하고 완충기능을 하도록 여왕벌 머리받침대를 새로 개발하였다(Fig. 2). 이 머리받침대는 탄산가스 주입장치와 연결된 부분에 별도로 삽입되도록 설계되었다. 여왕벌 머리받침대는 원통모양으로 전체길이는 2.8-3.5 cm, 직경이 1.0-1.2 cm이고, 여왕벌의 머리와 맞닿는 부분은 직경이 0.8-1.0 cm, 높이가 0.4-0.5 cm로 더듬이가 끼어도 손상되지 않도록 만들어졌다.

여왕벌의 생식기 손상을 줄이는 탐침기

여왕벌의 인공수정 시 생식기의 손상을 줄이면서 빠른 시간 내에 수정시키기 위해 탐침기를 개발하였다(Fig. 3). 여왕벌은 생식기부분을 자극하면 복부에 가려진 생식기가 약간 돌출하는 습성을 가지고 있다. 따라서 이 탐침기는 복부에 가려진 여왕벌의 생식기를 탐침하기에 적합한 구조로 고안된 기구로서 생식기에 닿는 부분의 두께가 0.1-0.2 cm 범위로 가느다란 ㄱ자 형상으로 되어 있다.

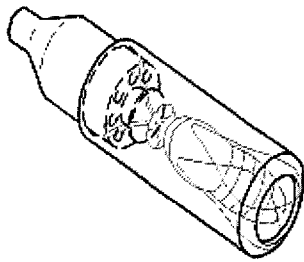


Fig. 2. The head protector of bumblebee queen for artificial insemination.



Fig. 3. The probe apparatus for reproduction tract of bumblebee queen.

손쉬운 고정축, 벌림축 및 주사기 선반대

인공수정할 경우 가장 중요한 기구들 중의 하나가 축이다. 일반적으로 축은 2개로 고정축 및 벌림축으로 구성된다. 수정할 때 여왕벌의 왼쪽에 위치하는 고정축은 여왕벌을 고정시키는 역할을, 오른쪽에 위치하는 벌림축은 복부를 열어서 생식기를 벌리는 기능을 한다. 뒤영벌 인공수정용 고정축과 벌림축은 꿀벌용 보다는 크며 여왕뒤영벌의 생식기에 알맞게 개발하였다. 고정축은 끝부분이 갈고리 모양으로 되어 있고(Fig. 4A), 벌림축은 여왕벌의 오른쪽에 위치하며 끝부분이 휘어진 둥근 모양이다(Fig. 4B). 주사기선반대는 고정된 여왕벌의 생식기와 일직선상에 정맥이 든 주사기를 장착시키기 위해서 필요한 기구이다 (Fig. 4C).

정자 유입을 용이하게 하는 조정핸들 장치

뒤영벌 인공수정기의 가장 핵심 부분이라고 할 수 있는 조정핸들은 지렛대 원리를 응용하여 주사기선반대에 연결되도록 만들었기 때문에 기존의 주사기선반대를 움직여서 조정하는 것보다 미세하고, 정확하며 신속하게 여왕벌의 생식기에 주사기 바늘이 들어갈 수 있는 장점을 가진다(Fig. 5, A와 B). 또한 뒤영벌 수벌은 꿀벌 수벌에 비해 크고 힘은 강하나, 정자 수는 약 50만~60만 마리로 꿀벌의 정자 수 1000만의 약 1/17-1/20정도에 불과하기 때문에 정자를 채취하는데도 꿀벌보다 어려운 점이 많다 (Röseler, 1973; Ruttner, 1976; Dechateau & Marien, 1995). 본 발명의 조정핸들은 위와 같은 단점을 극복해 줄 수 있는 중요한 기구로서 정자 유입 역시 쉽게 조절해 줌으로써 신속, 정확하게 인공수정을 할 수 있게 한다. 조정핸들의 길이는 25-20 cm로서 2 cm 부분에서 굴곡이 이루어지고 주사기선반대와 연결되어 있다.

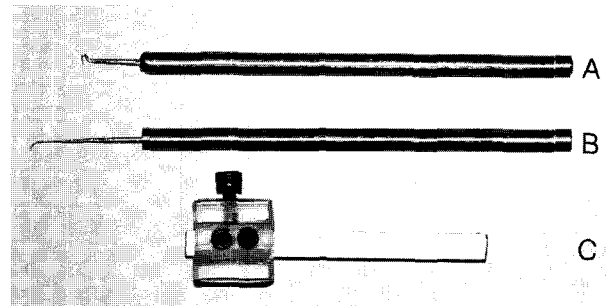


Fig. 4. The ventral hook (A), sting hook (B) and syringe nolder (C) for bumblebee queen.

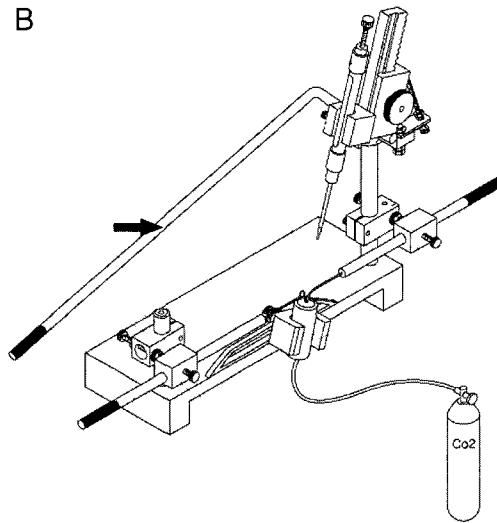
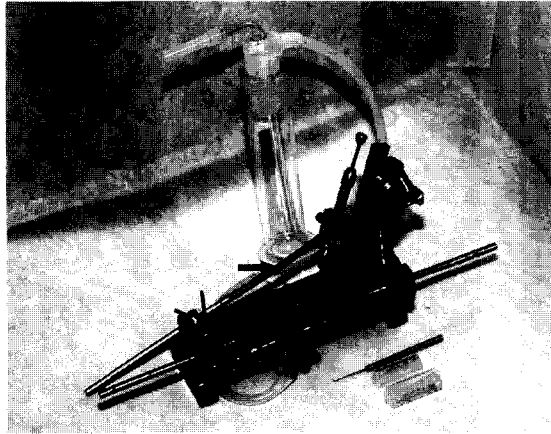


Fig. 5. The artificial insemination instrument for bumblebee. A, photograph ; B, diagram. The arrow represents a regulator handle.

뒤영벌의 인공수정 단계

여왕뒤영벌을 인공수정하기 위해서 우선 우화 6일정도 된 성숙한 여왕벌(Baer & Schmid-Hempel, 2000)을 자리잡기용관에 수용한다. 자리잡기용관에 수용된 여왕벌은 스스로 머리부분을 출구쪽으로 방향을 전환한다. 자리잡기용관의 출구 쪽에 이송용관을 밀착하여 여왕벌을 이동시킨다. 이송용관으로 이동한 여왕벌은 다시 고정관으로 이동시키는데 직경이 작은 쪽의 출구에 여왕벌의 생식기 부분이 노출될 수 있도록 하고, 그 반대쪽은 여왕벌의 더듬이 등 머리부분의 손상을 억제하고 마취제인 탄산가스 주입이 용이하도록 머리받침대를 삽입한다.

인공수정장치는 테이블중앙부 전면에 여왕벌 고정대를 설치하고, 위의 고정대에 머리받침대가 삽입된 고정관을 고정대에 고정한 후 탄산가스통에 연결된 호스와 연결한다. 테이블 중앙부의 좌, 우측에 각각 받침대를 설치하고, 왼쪽 받침대에는 고정혹을, 오른쪽 받침대에는 벌림혹을 설치한다. 여왕벌의 복부에 은폐된 생식기를 탐침기로 벌리고 고정혹과 벌림혹을 사용하여 수정시키기에 알맞은 상태로 생식기를 고정시킨다. 이미 보고한 방법으로 (Yoon *et al.*, 2006) 뒤영벌의 정자를 채취한 다음, 조정행들로 정자가 들어있는 주사기를 여왕벌의 생식기와 일치시킨 다음 정액을 주입하여 수정시킨다(Fig. 6).

여왕벌의 인공수정 확인

인공수정기로 수정했을 경우, 숙련정도에 따라서 차이

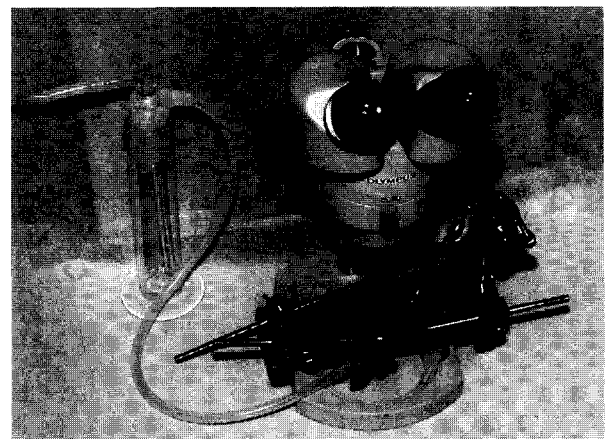


Fig. 6. The process for artificial insemination of bumblebee, *B. ignitus*.

는 있었으나 평균 수정률이 91%로 확인되었다(Table 1). 뒤영벌의 인공수정률은 숙련의 정도에 따라 충분히 더 높아질 것으로 예상된다. 수정 성공여부를 확인하기 위해서 수정된 여왕벌을 25°C에 1일간 보관한 후 해부하였다. 해부된 여왕벌에서 난소를 추출한 다음, 난소 내의 저장낭에서 정액을 채취하여 1000배 현미경하에서 관찰한 결과 정자가 살아있음을 확인하였다(Fig. 7). 또한 여왕벌의 저장낭을 전자현미경으로 촬영한 결과(Fig. 8), 저장낭 속에 정자가 들어 있는 것이 확인되어 수정이 제대로 이루어진 것을 알 수 있었다(Fig. 9).

결론적으로 뒤영벌 인공수정기는 뒤영벌의 특성에 맞게 여왕벌의 생식기 및 각 기관의 손상을 주지 않으면서

Table 1. Insemination rate of bumblebee queen by using artificial insemination instrument

Replication	No. of queen tested	No. of queen survived ¹⁾	Insemination rate (%)
1	50	48	96.0
2	50	43	86.0
Average	50	45.5	91.0

¹⁾ Number of queen survived was surveyed one day after artificial insemination.

**Fig. 8.** The spermatheca of *B. ignitus*.**Fig. 7.** The sperms of *B. ignitus*.**Fig. 9.** The sperms within the spermatheca of *B. ignitus*. The arrow represents the sperm.

정밀하게 인공수정할 수 있도록 고안하였다. 이 인공수정기를 사용하여 뒤영벌을 수정한 결과, 90%이상의 높은 수정률을 보였으며, 수정기술에 대한 숙련도를 향상시킨다면 수정률은 더욱 더 높아질 것으로 생각된다. 따라서 개발된 뒤영벌 인공수정기는 자연교미에 의한 제한된 조건 없이 우량형질의 뒤영벌을 육종, 보존하는데 이용될 수 있을 뿐 만 아니라 질병저항성이나 우수봉군과 같은

형질을 선발하는데 기여함으로써 뒤영벌의 상업적 육종에도 이익을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

Literature Cited

- Baer B. & P. Schmid-Hempel. 2000. The artificial insemination of bumblebee queens. *Insects Soc.* 47: 183-187.
- Benzie, J.A.H., M. Kenway, E. Ballment, S. Frusher & L. Trott. 1995. Interspecific hybridization of the tiger prawns *Penaeus monodon* and *Penaeus esculentus*. *Aquaculture* 133: 103-111.
- Chen, M., G. Zhang & S.A. Mainka. 1994. Semen evolution of giant pandas (*Ailuropoda melanoleuca*) at the Wolong Reserve. *Zoo Biol.* 13: 83-86.
- Cobey, S. 1998. Drone rearing for instrumental insemination. *Am. Bee J.* 138: 12-17.
- Cobey, S. & P. Schley. 2002. Innovations in Instrumental Insemination. *Am. Bee J.* 142: 433-435.
- de Ruijter, A. 1997. Commercial bumblebee rearing and its implications. *Proc. 7th Int. Symp. Pollination, Acat Hort.* 437: 261-269.
- Duchateau, M.J. & J. Marien. 1995. Sexual biology of haploid and diploid males in the bumblebee *Bombus terrestris*. *Insectes Soc.* 42: 255-266.
- Durrant, B.S., C.D. Burch, J.K. Yamada & J. Good. 1995. Seminal characteristics and artificial insemination of Chinese pheasants, *Tragopan temminchii*, *Lophophorus impeyanus*, and *Lophophorus ihuyasil*. *Zoo Biol.* 14: 523-531.

- Evans, G. & W.M.C. Maxwell. 1987. Salamons artificial insemination of sheep and goats. Butterworths, Sydney. pp. 684.
- Free, J.B. 1993. Insect pollination of crops. 2nd ed., Academic Press, London. pp. 684.
- Heinrich, B. 1979. Bumblebee economics. Harvard University Press. Cambridge, Massa. pp. 245.
- Holt, W.V., T. Abaigar & H.N. Jabbour. 1996. Oestrous synchronization, semen preservation and artificial insemination in the Mohor Gazelle (*Gazella dama mhorr*) for the establishment of a genome resource bank programme. *Reprod. Fertil. Dev.* 8: 1215-1222.
- Lee, S.H. & L. Dumouhel. 1999. Taxonomic review of Genus *Bombus* (Hymenoptera, Apidae) from Korea. *Ins. Koreana* 16: 77-101.
- Masahiro, M. 2000. Pollination of crops with bumblebee colonies in Japan. *Honeybee Sci.* 21: 17-25.
- Robinson, K.O., H.J. Ferguson, S. Cobey, H. Vaessin & B.H. Smith. 2000. Sperm-mediated transformation of honeybee. *Ins. Moi. B.* 9: 625-634.
- Ruttner, F. 1976. The instrumental insemination of the queen bee. 2nd ed. Apimondia. Bucharest.
- Skowronek, W., C. Kruk & K. Loc. 1995. Insemination of queen honeybee with diluted semen. *Apidol.* 26: 487-493.
- Takamura, Y., T. Kanda, T. Tamura, H. Shinbo & Y. Horie. 1996. Development of new method for artificial insemination of the silkworm, *Bombyx mori*. *J. Sericult. Science Japan* 65: 456-463.
- Waddy, S.L. & D.E. Aiken, 1984. Broodstock management for year-round production of larvae for culture of the American lobster. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences. I-III: 1-14.
- Williams, P.H. 1998. An annotated checklist of bumble bees with an analysis of patterns of description (Hymenoptera: Apidae, Bombini). *Bull. Nat. Hist. Mus. (Ent.)* 67: 79-152.
- Yoon, H.J., S.E. Kim & 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, S.B. Lee & H.S. Sim. 2004. Comparison of the colony development in the bumblebee, *Bombus ignitus*. and *B. terrestris*. *Kor. J. Appl. Entomol.* 43: 117-121.
- Yoon, H.J., S.E. Kim, K.Y. Lee, S.B. Lee & I.G. Park. 2005. Oviposition and colony development in the bumblebees, *Bombus ignitus*. and *B. terrestris*. depending on different pollen. *Int. J. Induct. Entomol.* 11: 99-105.
- Yoon, H.J., Y.S. Kim, S.B. Lee & Y.H. Cho. 2006. An easy method for collecting sperm of bumblebee. *Kor. J. Apicul.* 21: 157-162.

(Received for publication January 24 2007;
accepted February 12 2007)