

## 탄산가스 처리가 호박벌(*Bombus ignitus*)의 산란성 및 봉세발달에 미치는 효과

윤형주\* · 김삼은 · 이상범 · 박인균

농촌진흥청 농업과학기술원 잠사곤충부 곤충자원과

## Effect of CO<sub>2</sub>-treatment on Oviposition and Colony Development of the Bumblebee, *Bombus ignitus*

Hyung-Joo Yoon\*, Sam-Eun Kim, Sang-beom Lee and In-Gyun Park

Department of Sericulture & Entomology, The National Institute of Agricultural Science & Technology, RDA,  
Suwon 441-100, Republic of Korea

**ABSTRACT :** The effect of CO<sub>2</sub>-treatment on interrupting diapause of *Bombus ignitus* was examined to provide a means for year-round rearing of the bumblebee. When mated young queens were exposed to 65% or 99% CO<sub>2</sub> for 30 min daily during two consecutive days, oviposition rate increased to 75% and 77%, respectively, comparing 50% in CO<sub>2</sub>-untreated queens. At the same time, the days needed to first oviposition shortened to 17-18 days in CO<sub>2</sub>-treated queens, comparing to 30 days in CO<sub>2</sub>-untreated queens. CO<sub>2</sub>-treatment at the second day after mating was appropriate to the oviposition and colony development. CO<sub>2</sub>-treatment showed a positive effect on the oviposition and colony development, but less than them of overwintered queen in numbers of produced progeny. It can be concluded that CO<sub>2</sub>-treatment to *B. ignitus* is insufficient to produce commercial grade bumblebee colony in spite of its capability for promoting oviposition, because the treatment failed to form a big colony.

**KEY WORDS :** Bumblebee, *Bombus ignitus*, Carbon dioxide, Oviopositon rate, Colony development

**초 록 :** 호박벌(*Bombus ignitus*)에 대한 탄산가스의 휴면타파 효과를 검토하였다. 65%, 99% 농도의 탄산가스처리 결과, 산란율은 무처리구의 50%에 비하여 65%와 99%의 탄산가스에 접촉시킨 시험구에서 각각 75%와 77%로 증가하였고, 첫산란소요일수 또한 무처리구에서 30일이 걸리는데 비하여 65%와 99%의 시험구에서는 각각 18일과 17일로 단축되어 뚜렷한 탄산가스 처리효과가 나타났다. 그러나 65%와 99%의 시험구 간에는 차이가 보이지 않아 65-99% 범위에서는 어느 농도의 탄산가스를 사용해도 좋을 것으로 생각되었다. 또한 탄산가스 최적 처리시기를 구명하기 위하여, 교미 후 1일부터 4일째까지 탄산가스를 처리한 결과, 산란성과 봉세발달이 교미 후 2일째가 가장 우수하여 최적 시기로 판명되었다. 그러나 호박벌에 대한 탄산가스 처리는 산란성과 봉세발달에는 긍정적인 효과를 보였지만, 차세대 출현수가 월동 여왕벌보다 적어 탄산가스 처리만으로는 상품성 있는 호박벌 봉군을 연중 생산하는 방법으로 부적당한 것으로 판단되었다.

**검색어 :** 뒤영벌, 호박벌, 탄산가스, 산란율, 봉세발달

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

뒤영벌의 생활사는 1년에 1세대를 거치는데 여왕벌은 가을에 교미한 후 월동하여 이듬해 봄 땅속에 산란하고 화밀, 화분채취 등 스스로 육아임무를 담당한다. 그러나 첫배의 일벌이 출현하면 여왕벌은 방화활동을 중단하고 산란에 전념하며, 우화한 일벌이 육아를 담당하기 시작하면서 빠른 속도로 봉세가 확장되어 2-3개월 내에 최성기에 달한다. 가을철이 되면서 수벌과 신여왕벌이 출현하여 생식기에 접어들는데, 이 시기를 전후하여 창설여왕벌을 포함하여 일벌, 수벌이 차례로 죽고, 교미를 끝낸 신여왕벌만이 땅속에 잠입하여 휴면에 들어가는 생활사를 가지고 있다(Heinrich, 1979). 1년에 1세대인 호박벌(*Bombus ignitus*)을 실내에서 인공적으로 계대사육하기 위해서는 인위적으로 휴면을 타파해주는 일이 필요 불가결하다. 특히 일벌수가 가장 많아지는 봉군으로서의 최성기는 자연계에서는 한 여름철이지만, 시설하우스에서 호박벌의 화분매개가 필요한 시기는 늦가을부터 이듬해 늦봄까지이어서 양자간에는 시기적으로 완전히 어긋나는 현상이 일어난다. 따라서 호박벌을 연중 생산공급하기 위해서는 호박벌의 휴면을 연중 수시로 타파하는 방법을 강구하여야 한다. 곤충의 휴면은 특정 발육시기에 경험한 온도, 습도, 일장 등의 환경지표가 내분비기관의 활성화에 반영됨으로써 개시되어(Mansigh, 1971), 휴면기에 특이적인 생리현상인 휴면간 발육(daipause 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. 곤충의 휴면을 인위적으로 타파하는 방법은 여러 가지 있으나 그 중에서 탄산가스 마취로 휴면을 타파하는 기술은 Röseler와 Röseler (1984)에 의해 뒤영벌에서는 처음 시도되어졌다. 탄산가스 마취로 휴면을 타파하는 방법은 뒤영벌의 연중 실내 계대사육을 가능케 하였고, 나아가서는 뒤영벌을 대량으로 생산하여 화분매개용으로 판매하는 기업이 탄생하게 되는 계기가 되었다(van den Eijnde *et al.*, 1991). 그러나 탄산가스로 처리한 여왕벌 봉군에서는 일벌이 유충을 파내 버리는 행동이 관찰되거나(Pomeroy and Plowright, 1979), 첫번째 산란군에서 수벌이 출현하는(Röseler, 1985) 등, 봉세발달에 심각한 부작용이 나타나기도 하였다.

본 시험에서는 호박벌(*Bombus ignitus*)을 연중 계대사육하기 위해서 실내에서 사육한 여왕호박벌을 공시

하여 탄산가스 처리 농도 및 처리시기가 여왕 호박벌의 산란성과 봉세발달에 미치는 영향을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 공시충 및 공시충 사육

공시충은 농업과학기술원 잠사곤충부서 실내 계대사육한 2-5세대 여왕벌을 교미시켜 사육하였다. 공시충 사육은 여왕호박벌을 산란용 종이상자, 봉군 증식용 및 숙성용 종이상자를 이용하여 사육하였다. 산란용 상자(10.5×14.5×6.5 cm)는 채집된 여왕벌을 실내에 정착시켜 산란을 유도하기 위한 것으로 뚜껑에는 5.5×6.5 cm의 환기용 철망창을 만들고, 산란을 쉽게 하기 위하여 화분단자를 넣어 주었다. 첫배의 일벌이 출현하면 봉군 증식용 종이상자(21.0×21.0×15.0 cm)로 옮겨서 사육하였고, 일벌이 50마리 이상 출현하면 봉군발달을 위해 봉군 숙성용 종이상자(24.0×27.0×18.0 cm)에 옮겨서 사육하였다.

먹이로는 50%의 설탕물과 화분단자를 공급하였다. 화분은 신선 화분을 50%의 설탕물로 혼합하여 단자로 만들어 급이하고, 꿀물은 조류 급이기(3×14 cm, 60 ml 용량의 원통 플라스틱)를 이용하여 주 3회 급이하였다. 사육환경은 27±1°C, 65±5% RH 및 항암조건으로 사육하였다.

호박벌의 교미는 교미용상자(55×65×40 cm)에 우화 5일째의 여왕벌 1마리당 수벌 2-3마리를 넣고 교미를 시켰다. 교미상자안에는 화분단자와 설탕물을 공급하였고, 상자내 한 구석에 부엽토로 둔덕을 만들어 여왕벌이 숨을 수 있게 해주었으며, 1주일간 교미 기회를 준 후 시험에 사용하였다.

### 탄산가스 처리에 의한 여왕벌의 휴면타파

#### 탄산가스 농도별 호박벌의 산란성 및 봉세발달

여왕호박벌에 대한 탄산가스의 최적 농도조건을 구명하기 위하여 1차 시험에서 탄산가스 효과가 낮았던 30% 농도(Yoon, H.J., unpublished)는 제외하고, 65%와 99%의 탄산가스를 24시간 간격으로 30분씩 2회(Röseler, 1985), 실내에서 계대사육한 2세대와 4세대 교미 여왕벌에 투입한 후, 사육하면서 산란성 및 봉군발달 정도를 비교 시험하였다.

즉, 탄산가스에 접촉시킨 여왕벌 한 마리와 산란촉

진자로서 우화 후 10-20일이 경과한 일벌을 탄산가스 처리하여 2마리씩 산란상자에 넣어 사육하면서 산란율, 첫산란소요일수, 봉군형성율, 성충출현수 등을 조사하였다(Yoon and Kim, 2002). 첫산란소요일수는 사육개시 후 여왕벌이 처음 산란할 때까지 소요된 날짜로 계산하였고, 사육시작 후 60일이 지나서 산란한 것은 사육을 계속할 경우 봉세발달이 저조하기 때문에 (Yoon, H.J., personal communication), 산란성 조사 대상에서부터 제외시켰다. 일벌, 수벌 및 신여왕벌의 출현소요일수는 창설여왕벌의 산란일을 기점으로 하여 일벌, 수벌 및 신여왕벌이 첫 출현할 때까지의 일수로 산정하였다. 봉군형성율은 일벌이 50마리 이상 출현한 봉군을 백분율로 계산하였다. 탄산가스 처리 시험의 여왕벌 공시량은 시험구당 35마리씩 3반복으로 하였다.

**탄산가스 처리시기별 호박벌의 산란성 및 봉세발달**

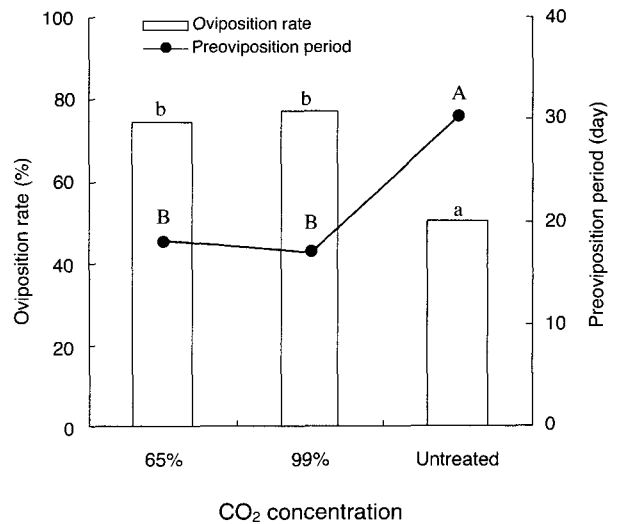
여왕호박벌에 대한 탄산가스 최적 처리시기를 구명하기 위하여 교미 후 1일째부터 교미 후 4일째까지 4개의 시험구에 65%의 탄산가스로 24시간 간격으로 30분씩 2회 처리하였고, 공시충은 실내 계대사육한 2-5세대의 교미여왕벌을 시험구당 35마리씩 3반복으로 공시하였다. 사육 및 조사방법은 탄산가스 농도에 의한 호박벌의 산란성 및 봉세발달과 동일하다.

본 실험의 통계분석을 위하여 one-way ANOVA test 와 Tukey's pairwise comparison test (Minitab Inc., 2000)를 사용하였다.

**결과 및 고찰**

**탄산가스 처리농도별 여왕벌의 산란성 및 봉세발달**

65%와 99% 농도의 탄산가스에 접촉시킨 여왕호박벌의 산란율 및 첫산란소요일수를 조사한 결과(Fig. 1), 산란율은 무처리구의 50.4%에 비하여 65%와 99% 탄산가스 접촉구에서 각각 74.5%와 77.2%로 25-27% 증가하여 탄산가스 처리효과가 확인되었으나( $F=8.58$ ,  $df=2, 6$ ,  $p=0.017$ ), 65%와 99% 탄산가스 접촉구간에는 차이가 없었다( $F=0.17$ ,  $df=1, 4$ ,  $p=0.705$ ). 첫산란소요일수 또한 무처리구가 30.2일이 걸린데 비하여 65%와 99%탄산가스 접촉구에서는 각각 18.3일과 17.0일로 1.7-1.8배나 단축되어 뚜렷한 탄산가스 처리효과가 나타났으나( $F=21.12$ ,  $df=2, 191$ ,  $p=0.0001$ ),



**Fig. 1.** Oviposition rate and preoviposition period of *B. ignitus* by different CO<sub>2</sub> concentrations. For the statistical analysis, one-way ANOVA and Tukey test were used:  $\alpha=0.05$  for oviposition rate;  $\alpha=0.001$  for preoviposition period.

**Table 1.** Rate of colony foundation, progeny-queen production, and male emerging rate at first brood of indoor-reared *B. ignitus* by different CO<sub>2</sub> concentrations

CO <sub>2</sub> concentration (%)	Rate of colony foundation (%) <sup>a</sup>	Rate of progeny-queen production (%) <sup>a</sup>	Male emerging rate at first brood (%) <sup>a</sup>
65	8.9 ± 2.9 b	11.8 ± 1.1 b	30.0 ± 11.7
99	5.4 ± 0.3 ab	8.4 ± 1.7 c	27.2 ± 18.2
Untreated	1.8 ± 1.6 a	4.4 ± 1.1 a	21.6 ± 10.6

<sup>a</sup>The figures stand for means ± SD. Means followed by different letters in the same column are significantly different at  $\alpha=0.05$  by Tukey's pairwise comparison test.

처리농도간에는 통계적 유의차가 인정되지 않았다( $F=0.46$ ,  $df=1, 146$ ,  $p=0.496$ ).

탄산가스 처리농도별 봉군형성율(Table 1)은 무처리에 비하여 65% 및 99% 탄산가스 접촉구에서 3-4배 높았고, 신여왕벌출현봉군율 역시 같은 경향으로, 1.8-2.6배 높아 통계적 유의차가 인정되었다(봉군형성율,  $F=9.43$ ,  $df=2, 6$ ,  $p=0.014$ ; 신여왕벌출현봉군율,  $F=23.08$ ,  $df=2, 6$ ,  $p=0.002$ ). 그러나 탄산가스 농도별 시험구 간의 봉군형성율 및 신여왕벌출현봉군율에서는 통계처리 결과 유의성이 없었다(봉군형성율,  $F=2.47$ ,  $df=1, 4$ ,  $p=0.191$ ; 신여왕벌출현봉군율,  $F=8.82$ ,  $df=1, 4$ ,  $p=0.041$ ).

첫배에서 수벌이 출현하는 비율을 조사한 결과 (Table 1), 통계적으로 유의차는 없었으나( $F=0.53$ ,  $df=2, 6$ ,  $p=0.615$ ), 무처리 21.6%보다 5.6-8.4% 더 많이

**Table 2.** Durations up to adult emergence of indoor-reared *B. ignitus* by different CO<sub>2</sub> concentrations

CO <sub>2</sub> concentration	Durations up to adult emergence					
	Worker <sup>a</sup>		Male <sup>a</sup>		Queen <sup>a</sup>	
	n <sup>b</sup>	n <sup>b</sup>	n <sup>b</sup>	n <sup>b</sup>	n <sup>b</sup>	n <sup>b</sup>
65	23.7±5.2	20	44.9±17.5	56	75.7±15.8	13
99	24.3±5.3	13	36.9±12.5	45	82.7±38.2	9
Untreated	25.0±6.3	17	39.1±15.3	39	65.6±22.8	5

<sup>a</sup>The figures stand for means ±SD. There were no significant differences in durations up to adult emergence.

<sup>b</sup>n means the number of colony surveyed.

**Table 3.** Number of adults produced from queen of indoor-reared *B. ignitus* by different CO<sub>2</sub> concentrations

CO <sub>2</sub> concentration	Number of adults produced					
	Worker <sup>a</sup>		Male <sup>a</sup>		Queen <sup>a</sup>	
	n <sup>b</sup>	n <sup>b</sup>	n <sup>b</sup>	n <sup>b</sup>	n <sup>b</sup>	n <sup>b</sup>
65	93.9±24.6	7	349.0±149.3	7	23.4±24.5	11
99	86.0±20.7	5	350.2±154.7	5	29.0±53.6	9
Untreated	82.0±28.3	2	339.0±42.4	2	18.5±24.7	5

<sup>a</sup>The figures stand for means ±SD. There were no significant differences in number of adult emergence.

<sup>b</sup>n means the number of colony surveyed.

출현하는 경향을 보였는데, Röseler (1985)는 탄산가스 처리의 부작용으로 첫째의 일벌군에 수벌이 출현함에 따라 봉세가 약해진다고 보고하였다.

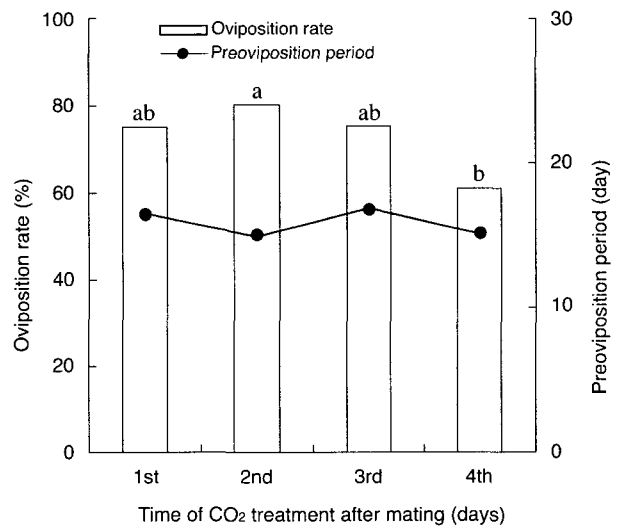
탄산가스 처리농도별 성충출현소요일수를 조사한 결과(Table 2), 무처리의 일벌출현소요일수는 25일로, 처리구 24일보다 하루 늦게 출현하였으나 통계적 차이는 없었고(F=0.25, df=2, 47, p=0.783), 처리농도간에도 유의차는 없었다(F=0.11, df=1, 31, p=0.747). 수벌출현소요일수 또한 무처리의 39일에 비하여 처리구는 37-45일로서 탄산가스처리 여부 및 처리 농도간에 유의차가 인정되지 않았다(탄산가스처리, F=1.62, df=3, 137, p=0.187; 처리농도, F=0.32, df=1, 111, p=0.572). 여왕벌출현소요일수는 무처리의 66일에 비하여, 65%, 99%의 탄산농도에 접촉시킨 구에서는 76일과 83일로 10-17일 늦게 출현하였지만 통계적 유의차는 없었다(F=0.67, df=2, 24, p=0.519). 봉군당 성충출현수의 경우도 일벌, 수벌, 여왕벌 모두 탄산가스 처리구가 무처리보다 출현수가 다소 많기는 하였으나 통계적 유의차는 없었으며(일벌수, F=0.18, df=2, 12, p=0.836; 수벌수, F=0.68, df=2, 12, p=0.526, 여왕벌수, F=0.06, df=2, 22, p=0.943), 또한 농도별 시험구 간도 통계적 유의차를 보이지 않고, 일벌 82-94마리, 수벌 340-350마리, 여왕벌 19-29마리였다(Table 3). 위의 탄산가스 처리 시험결과, 화분매개 활동의 주요소

인 일벌수 및 계대사육에 있어서 필요 요소인 여왕벌수 등 성충출현수가 자연 월동한 여왕벌이 생산한 성충출현수(일벌, 189±18마리; 수벌, 691±159마리; 여왕벌 108±48마리, Yoon *et al.*, 1999)보다 적어지는 경향을 나타내었는데(Table 3), 이는 탄산가스 처리결과, 수벌이 일찍 출현함으로써 상대적으로 일벌수가 적어져 봉세가 약해지는 것으로 보인다.

위의 결과들로 볼 때, 휴면개시전의 여왕벌에 대한 탄산가스처리는 산란율을 향상시키고 산란에 소요되는 일수를 단축시키는 등, 산란성과 봉군형성을 및 신여왕벌출현봉군율 등 봉세발달에 대해서는 긍정적인 효과를 보였으나 차세대 출현수에 대해서는 큰 효과를 얻지 못하였다. 또한 탄산가스 농도 65%와 99%간의 산란율, 첫산란소요일수 및 봉군형성을 등 봉세발달에는 차이를 보이지 않아, 휴면저지를 위해 여왕호박벌에 탄산가스 처리시 65%에서 99%까지 어느 농도의 탄산가스를 사용해도 좋을 것으로 생각된다.

**탄산가스 처리시기별 여왕벌의 산란성 및 봉세발달**

여왕호박벌에 대한 탄산가스의 최적 처리시기를 구명하기 위해서 교미 후 1일부터 4일까지 4개의 시험구에 대한 산란율 및 첫산란소요일수를 조사한 결과(Fig. 2), 산란율은 교미 후 2일째가 80.5%로 가장



**Fig. 2.** Oviposition rate and preoviposition period of *B. ignitus* by the time of CO<sub>2</sub> treatment after mating. For the statistical analysis, one-way ANOVA and Tukey test were used: significant differences at α=0.05 for oviposition rate; no significant differences at α=0.05 for preoviposition period.

**Table 4.** Colony development of indoor-reared *B. ignitus* by the time of CO<sub>2</sub> treatment after mating

Time of CO <sub>2</sub> treatment after mating (day)	Rate of colony foundation (%) <sup>a</sup>	Periods of colony foundation (days) <sup>a</sup>	n <sup>b</sup>	Rate of progeny-queen production (%) <sup>a</sup>
1st	5.8±1.1 a	60.0±7.8	3	5.7±1.1 a
2nd	13.4±0.4 b	63.5±6.0	4	11.9±1.8 b
3rd	7.2±0.6 ac	69.4±8.3	5	2.8±0.6 a
4th	7.2±0.7 ac	70.0±6.9	5	2.8±0.6 a

<sup>a</sup>The figures stand for means±SD. Means followed by different letters in the same column are significantly different at  $\alpha=0.05$  by Tukey's pairwise comparison test.

<sup>b</sup>n means the number of colony surveyed.

높았고, 그 다음이 교미 후 1일째와 3일째로 각각 75.3%, 교미 후 4일째는 60.8%로 가장 낮았다( $F=7.65$ ,  $df=3, 4$ ,  $p=0.039$ ). 그러나 첫산란소요일수는 15.1일에서 16.9일 사이로 통계적 유의차가 인정되지 않았으나( $F=0.63$ ,  $df=3, 176$ ,  $p=0.599$ ), 교미 후 2일째와 4일째가 짧은 경향이였다.

탄산가스 처리시기별 봉군형성율은(Table 4), 교미 후 2일째가 13.4%로 가장 높았고, 그 다음은 교미 후 3일째와 4일째로 각각 7.2%, 교미 후 1일째는 5.8%를 나타내어 통계적 유의성을 나타내었다( $F=7.65$ ,  $df=3, 4$ ,  $p=0.003$ ). 그러나 봉군형성소요일수는 교미 후 1일, 2일째가 60-64일인데 비하여 교미 후 3-4일째가 6-10일 정도 길어지는 경향이였다(Table 4). 신여왕벌 출현봉군을 역시 같은 경향으로, 교미 후 2일째가 12%로 가장 좋았으며, 교미 후 1일째, 교미 후 3일, 4일째 순으로 나타났으며 유의차를 보였다( $F=30.44$ ,  $df=3, 4$ ,  $p=0.003$ ).

탄산가스 처리시기별 성충출현소요일수를 조사한 결과(Table 5), 일벌출현소요일수는 27-31일, 수벌은 50-53일, 여왕벌은 93-113일 사이에 출현하여 처리시기에 따른 성충출현소요일수에는 통계적 유의차가 없었다(일벌출현소요일수,  $F=1.63$ ,  $df=3, 47$ ,  $p=0.196$ ; 수벌출현소요일수,  $F=0.05$ ,  $df=3, 97$ ,  $p=0.986$ , 여왕벌출현소요일수,  $F=0.53$ ,  $df=3, 12$ ,  $p=0.673$ ). 봉군당 성충출현수 또한 같은 경향으로, 일벌 62-76마리, 수벌 99-166마리, 여왕벌 1-13마리 출현하여 처리시기에 따른 통계적 유의성은 인정되지 않았으나(일벌수,  $F=0.79$ ,  $df=3, 15$ ,  $p=0.520$ ; 수벌수,  $F=0.93$ ,  $df=3, 15$ ,  $p=0.452$ , 여왕벌수,  $F=2.05$ ,  $df=3, 15$ ,  $p=0.160$ ), 교미 후 4일째의 신여왕벌 출현수는 상당히 적은 경향이였다(Table 6). 이와같이 산란성 및 봉세발달의 결과로 볼 때, 탄산가스 최적처리 시기는 교미 후 2일째 인

**Table 5.** Durations up to adult emergence of indoor-reared *B. ignitus* by the time of CO<sub>2</sub> treatment after mating

Time of CO <sub>2</sub> treatment after mating (day)	Durations up to adult emergence					
	Worker <sup>a</sup>	n <sup>b</sup>	Male <sup>a</sup>	n <sup>b</sup>	Queen <sup>a</sup>	n <sup>b</sup>
1st	26.9±5.2	14	51.2±14.4	26	106.3±14.8	5
2nd	26.6±3.9	16	52.7±19.4	29	112.8±17.6	8
3rd	29.5±6.6	11	53.0±23.1	23	107.5±13.4	3
4th	30.8±6.7	10	49.8±17.0	23	92.5±46.0	3

<sup>a</sup>The figures stand for means±SD. There were no significant differences in durations up to adult emergence.

<sup>b</sup>n means the number of colony surveyed.

**Table 6.** Number of adults produced from queen of indoor-reared *B. ignitus* by the time of CO<sub>2</sub> treatment after mating

Time of CO <sub>2</sub> treatment after mating (day)	Number of adults produced					
	Worker <sup>a</sup>	n <sup>b</sup>	Male <sup>a</sup>	n <sup>b</sup>	Queen <sup>a</sup>	n <sup>b</sup>
1st	67.0±8.5	3	159.0±70.5	3	12.5±11.4	4
2nd	61.5±10.2	6	117.7±29.7	6	4.6±3.1	8
3rd	72.2±22.6	5	166.4±122.8	5	5.0±1.4	2
4th	75.8±18.1	5	98.6±38.4	5	1.0±0.0	2

<sup>a</sup>The figures stand for means±SD. There were no significant differences in number of adult produced.

<sup>b</sup>n means the number of colony surveyed.

것으로 생각되나, 전반적인 성적을 고려하면, 교미 후 3일 이내까지는 탄산가스를 처리해도 가능할 것으로 판단된다. Röseler (1985)는 교미 후 1일째에 서양뒤영벌의 여왕벌에 탄산가스를 처리하였고, Tasei (1994)는 교미 후 5-30일 범위 내에서 탄산가스를 처리하면 산란지연에 영향을 주지 않는다고 하였다. 한편 *B. hypocrita*와 *B. ignitus*의 경우, 탄산가스 처리 최적시기는 교미 후 2-4일이라고 하였다(Ono, 1997).

이상의 결과를 종합해보면, 휴면저지를 위해 탄산가스 처리시 65%에서 99%까지 어느 농도의 탄산가스를 사용해도 좋을 것으로 생각되며, 탄산처리 적기는 교미 후 2일째인 것으로 판단된다. 일반적으로 자연계에서 여왕벌은 가을에 교미한 후 월동하여 이듬해 봄 땅속에서 나올 때까지 적어도 5-6개월 이상의 월동기간이 요구되는데 반하여, 탄산가스 마취로 휴면을 저지하는 방법은 교미가 끝난 여왕벌이 월동에 들어가기 전에 탄산가스를 처리하여 휴면을 타파함으로써, 월동기간이 필요없어 1년에 1세대인 뒤영벌을 연중 사육이 가능하도록 만들었다. 이 방법에 대해 Röseler와 Röseler (1984)는 휴면 전 여왕벌을 탄산가스로 마취시키면 지방질의 축적이 억제되고 알라타체의 크기가 커지면서 유약호르몬이 많이 생성됨으로써 난생성이 활성화되어 결과적으로 휴면이 타파된다는 사실을

밝혔다. 본 시험에서 탄산가스처리는 산란성과 봉군형성율과 신여왕벌출현봉군율 등 봉새발달에서는 긍정적인 효과를 보이지만, 여기서 부화한 일벌수와 여왕벌수에서는 큰 효과가 보이지 않아 탄산가스에 의한 휴면저지 기법만으로는 상품성 있는 호박벌 봉군을 연중 생산하기에는 힘든 것으로 판단된다. 하지만 탄산가스 처리방법을 좀 더 개선한다면, 더 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

### Literature Cited

- Andrewartha, H.G. 1952. Diapause in relations to the ecology of insects. *Biol., Rev.* 27: 50~107.
- Heinrich, B. 1979. Bumblebee economics. pp. 207~213. Harvard University Press. Cambridge, Massa.
- Mansigh, A. 1971. Physiological classification of dormancy in insects. *Can. Entomol.* 103: 983~1009.
- Minitab Inc. 2000. Minitab user's guide, Minitab Inc. USA.
- Ono, M. 1997. Ecological implications of introducing *Bombus terrestris*, and significance of domestication of Japanese native bumblebee (*Bombus* spp.). pp. 244~252. *In Proc Int. Workshop on Biological Invasions of Ecosystem by Pests and Beneficial Organism.* eds. by NIAES, Ministry of Agriculture, Forestry and fisheries. Tsukuba, Japan.
- Pomeroy, N. and R.C. Plowright. 1979. Larval injection following CO<sub>2</sub> narcosis of bumblebees (Hymenoptera: Apidae). *J. Kansas Entomol. Soc.* 52: 215~217.
- Röseler, P.F. 1985. A technique for year-round rearing of *Bombus terrestris* (Apidae, Bombini) colonies in captivity. *Apidolo.* 16: 165~170.
- Röseler, P.F. and I. Röseler. 1984. Effects of carbon dioxide and brain cauterization on corpora allata activity and oogenesis in bumblebees (*Bombus hypnorum* and *Bombus terrestris*). *Zool. Jb. Physiol.* 88: 237~246.
- Tasei, J.N. 1994. Effect of different narcosis procedures on initiating oviposition of prediapausing *Bombus terrestris* L. queens. *Entomol. Exp. Appl.* 72: 273~279.
- van den Eijnde, J.A., de Ruijter and J. van der Steen. 1991. Method for rearing *Bombus terrestris* continuously and the production of bumblebee colonies for pollination purposes. *Acta Horticulturae* 288: 154~158.
- Yoon, H.J., Y.I. Mah and M.Y. Lee. I.G. Park and M. Bilinski. 1999. Ecological characteristics of *Bombus ignitus* Smith in Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 38: 101~107.
- Yoon, H.J. and S.E. Kim 2002. Facilitating effects of helpers on oviposition and colony development of bumblebee queen, *Bombus ignitus*. *Koeran J. Appl. Entomol.* 41: 239~245.

(Received for publication 2 May 2003;  
accepted 9 June 2003)