

산란촉진자를 이용한 호박벌 (*Bombus ignitus*)의 산란성 및 봉세발달 개선효과

윤형주 · 김삼은

농촌진흥청 농업과학기술원 잠사곤충부 화분매개곤충연구팀

Facilitating Effects of Helpers on Oviposition and Colony Development of Bumblebee Queen, *Bombus ignitus*

Hyung-Joo Yoon and Sam-Eun Kim

Department of Sericulture & Entomology,

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

ABSTRACT : It was investigated whether or not such helpers as worker bee, bee-cocoon and egg-cup etc, have any effects on oviposition and colony foundation of the bumblebee queen, *Bombus ignitus*. Among the helpers tested, the callow workers of *B. ignitus* and *B. terrestris* showed the most remarkable effects on the oviposition rates to 92% and 88%, respectively. The live cocoon as a helper improved oviposition rate over 60%. A narcotized old worker 10-20 days-aged after emergence, showed similar effects to a callow worker on the colony development such as oviposition rate, colony foundation and progeny-queen production. On the other hand, dried cocoon, callow honeybee worker or egg-cup did not show a positive effect as a helper. In the number of workers recruited to a foundation queen, two workers showed better effect than one worker on the colony development, with no difference between two and more.

KEY WORDS : Bumblebee, *Bombus ignitus*, Helper, Oviposition rate, Colony development

초 록 : 갓 우화한 호박벌 및 서양뒤영벌 일벌, 우화 후 10-20일 된 서양뒤영벌 일벌, 서양뒤영벌 일벌과 수벌의 고치, 건조고치, 갓 우화한 꿀벌 일벌, 산란컵을 교미직후의 호박벌(*Bombus ignitus*) 여왕벌 사육상자에 투입하여 산란촉진자로서의 효과를 비교 조사하였다. 갓 우화한 호박벌과 서양뒤영벌의 일벌을 산란촉진자로 사용한 경우 산란율이 각각 92%와 88%로 높았고, 생고치를 투입했을 경우에도 산란율이 60% 이상으로 산란촉진자의 효과가 인정되었다. 우화 후 10일이 경과한 나이든 호박벌과 서양뒤영벌의 일벌이더라도 탄산가스에 30분간 접촉시킨 후 산란촉진자로 투입했을 경우에는 산란율, 봉군형성율, 신여왕벌 출현율 등 봉세발달이 갓 우화한 일벌을 산란촉진자로 사용하였을 경우의 봉세발달과 유사한 성적을 보여 우화한지 오래된 일벌도 산란촉진자로서의 가치가 있음을 확인하였다. 그러나 번데기를 죽인 건조고치, 꿀벌 일벌, 산란컵을 산란촉진자로 사용한 경우에는 산란촉진효과가 인정되지 않았다. 산란촉진효과가 높았던 서양뒤영벌 일벌을 산란촉진자로 사용할 경우, 적정 투입수를 알아보기 위해 갓 우화한 일벌을 시험구당 1마리에서 4마리까지 투입하였다. 그 결과, 산란촉진자를 1마리 투입한 구보다 2마리 이상 투입한 시험구의 봉세발달이 우수하였으며, 2마리 이상 투입한 시험구 간의 봉세발달에는 차이가 없었다.

검색어 : 뒤영벌, 호박벌, 산란촉진자, 산란율, 봉세발달

최근 시설채소의 재배면적이 확대되면서 인공수분 력 부족으로 인공수분이 곤란해지면서 화분매개 곤충에 대한 의존도가 높아지고 있다. 하지만 농촌의 노동의 상업적 이용에 대한 관심이 높아지고 있다(Free,

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

1993). 화분매개곤충인 뒤영벌을 시설재배작물에 이용하기 위한 실용화 연구는 유럽을 비롯하여 미국, 캐나다에서 활발하게 이루어져 이미 상품화되어 세계 각국에서 수입하여 사용하고 있다(de Ruijter, 1997; Masahiro, 2000). 우리나라에서도 시설재배 면적이 증가하면서 서양뒤영벌(*Bombus terrestris* L.)이 수입되고 있는데, 서양뒤영벌이 국내 서식 뒤영벌과의 생존경쟁에서 토종 뒤영벌을 도태시킬 위험성이 우려되고 있으며, 이러한 예는 이스라엘, 호주, 일본에서도 있었다(Dafni and Shimida, 1996; Ono, 1997). 이러한 문제점을 막기 위해 미국과 캐나다는 서양뒤영벌의 수입을 금지하고, 국내종 뒤영벌(*Bombus impatiens* 및 *Bombus occidentalis*)를 상업화하여 사용하고 있다(Asada and Ono, 2000).

국내에서도 수년 전부터 서양뒤영벌을 대체할 토종 뒤영벌로, 봉군형성이 우수한 호박벌(*Bombus ignitus* Smith)이 선정되어, 그 증식법이 연구되고 있다(Yoon et al., 1999a). 선발된 호박벌을 화분매개곤충으로서 실용화하기 위해서는 산란율을 높이고 첫산란소요일수를 단축시켜 봉군형성율을 높여야 한다. 여왕벌을 조기 산란시키기 위해서 Ptacek(1991)와 van den Eijnde et al. (1991)은 산란촉진의 메카니즘을 밝히지는 못하였으나, 3-4마리의 꿀벌 일벌(*Apis mellifera* L.)을 넣어 주면 여왕벌의 산란이 촉진된다고 보고한 바 있으며, 한국산 여왕호박벌에서도 갓 우화한 꿀벌 일벌을 투입하여 산란촉진 효과를 확인한 바 있다(Yoon et al., 1999b). 또한 Ono et al. (1994)은 일본종 *Bombus hypocrita*에 서양뒤영벌 일벌을 산란촉진자로 이용하면 산란이 촉진된다고 하였고, 마취된 일벌을 사육초기에 투입하는 경우도 보고되고 있다(Beekman, 1996). 본 실험에서는 국내 여왕호박벌의 조기산란을 유도하고 봉군형성율을 높이기 위하여 일벌류, 고치류, 산란컵 등 여러 가지 산란촉진자를 교미직후의 여왕벌과 함께 사육상자에 투입하여 산란촉진자가 여왕벌의 산란과 봉세발달에 미치는 효과를 비교 조사하였다.

재료 및 방법

공시충 사육

공시충은 농업과학기술원 잠사곤충부 화분매개곤충

연구팀에서 실내 계대사육한 4세대 여왕호박벌을 교미직후에 Röseler (1985)의 방법에 따라 탄산가스에 30분간 접촉시킨 다음 실험에 사용하였다. 여왕벌은 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 옮기고, 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 양봉장에서 채취한 신선 화분을 50%의 설탕물로 혼합하여 단자로 만들어 굵이하고, 당액은 조류 굵이기(3×14 cm, 60 ml 용량의 원통 플라스틱)를 이용하여 주 3회 굵이하였다. 사육환경은 27±1°C, 65±5% RH 및 항암조건으로 사육하였다.

산란촉진자 종류에 따른 호박벌의 산란촉진

실험에 공시한 산란촉진자는 갓 우화한 호박벌 일벌 및 서양뒤영벌 일벌, 우화 후 10-20일 된 서양뒤영벌 일벌, 서양뒤영벌 일벌과 수벌의 고치, 건조고치, 갓 우화한 꿀벌 일벌, 산란컵의 총 8종류를 사용하였다(Fig. 1 and 2). 갓 우화한 호박벌 일벌 및 서양뒤영벌 일벌은 우화 후 24시간이 경과하지 않은 일벌을 산란용 상자에 2마리씩 투입하였고 우화 후 10-20일 된 서양뒤영벌 일벌은 탄산가스에 30분간 접촉시킨 후 산란촉진자로 이용하였다. 서양뒤영벌의 고치는 생고치와 건조고치로 구분하고 생고치는 다시 일벌고치와 수벌고치로 구분하여 공시하였다. 갓 우화한 꿀벌 일벌은 산란용 상자에 3마리씩 투입하였고, 산란컵은 밀랍으로 만들어 이용하였다.

무처리를 포함하여 총 9개의 시험구를 설정하고, 시험구마다 30마리씩 2반복의 여왕벌을 공시하였다. 여왕벌과 산란촉진자를 동시에 산란상자에 투입하여 사육을 개시한 후, 봉세발달에 따른 산란율, 첫산란소요일수, 봉군형성율, 신여왕출현봉군율 및 성충출현수율을 조사하였다. 사육시작 후 60일 이내에 산란하지 않는 개체는 산란율 계산대상에서 제외시켰고, 첫 산란소요일수는 여왕벌을 사육하기 시작하여 처음으로 산란한 날짜를 기준으로 계산하였다. 봉군형성율은 일벌이 50



Fig. 1. Single native queen of *B. ignitus* (center) with introduced workers as helper.

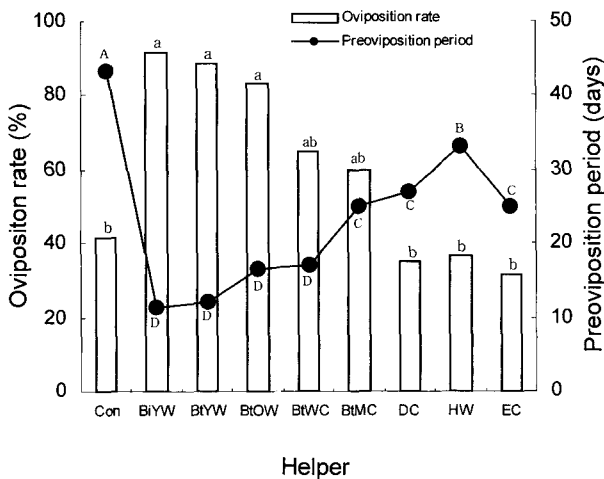


Fig. 2. Oviposition rate and preoviposition period of *B. ignitus* cohabited with several kinds of helper. Abbreviations: Con, without helper; BiYW, *Bombus ignitus* young worker; BtYW, *Bombus terrestris* young worker; BtOW, *B. terrestris* old worker narcotized with CO₂; BtWC, *B. terrestris* worker cocoon; BtMC, *B. terrestris* male cocoon; DC, dried cocoon; HW, honeybee worker; EC, egg cup. For the statistical analysis, oneway ANOVA and Duncan's multiple range test were used: $p < 0.05$ for oviposition rate; $p < 0.001$ for preoviposition period.

마리 이상 출현한 구의 비율이다.

투입 산란촉진자 수에 따른 호박벌의 봉세발달

산란촉진효과가 높았던 서양뒤영벌 일벌에 대해서는 투입 마리수가 산란촉진에 미치는 효과에 관해서

도 조사하였다. 공시한 산란촉진자는 갓 우화한 일벌과 탄산가스에 30분간 접촉시킨 우화 후 10-20일 된 일벌이었다. 갓 우화한 서양뒤영벌 일벌의 경우에는 각 1-4마리 투입구 및 무투입구의 총 5개 시험구를 설정하였고, 나이든 서양뒤영벌 일벌은 1마리 또는 2마리 투입구 및 무투입구의 3개의 시험구를 정하였다. 이 시험에서는 산란율, 첫산란소요일수, 봉군형성율, 신여왕출현봉군율을 조사하였다. 조사방법은 호박벌의 산란촉진효과 시험에서와 같다.

본 실험의 통계분석은 oneway ANOVA test, Chi-square test (MINITAB Release 13 for Windows, Minitab Inc. 2000) 및 Duncun 검정(SAS institute, 1991)을 사용하였다.

결과 및 고찰

산란촉진자 종류에 따른 호박벌의 산란촉진

갓 우화한 호박벌 일벌 등 8종류의 산란촉진자에 대해 산란율 및 첫산란소요일수를 조사한 결과(Fig. 2), 산란촉진자를 투입하지 않은 무처리의 경우 산란율 41.7%, 첫산란소요일수 43.3일인데 비해 호박벌과 서양뒤영벌의 일벌을 산란촉진자로 사용한 경우 산란율이 각각 88.4%와 91.7%로 가장 높았고, 첫산란소요일수도 11.5-12.1일로 무처리구에 비하여 31.2-31.8일 짧아져 여왕호박벌에 대한 산란촉진효과가 가장 좋았다. 우화 후 10일이 경과한 나이든 뒤영벌류 일벌도 탄산가스에 30분간 접촉시킨 후 산란촉진자로 투입했을 경우, 산란율 83.3%, 첫산란소요일수 16.7일로 갓 우화한 일벌에 버금가는 성적을 보여 우화한지 오래된 일벌도 산란촉진자로서의 가치가 있음이 확인되었다. 또한 서양뒤영벌 일벌과 수벌 생고치를 투입했을 경우에도 산란율 60.0-65.0%, 첫산란소요일수 17.1-25.1일로 산란촉진자의 효과가 인정되었으며, 일벌 생고치가 수벌 생고치 보다는 산란촉진효과가 더 좋았다. 그러나 번데기를 죽인 건조고치, 꿀벌의 일벌, 산란컵을 산란촉진자로 사용한 경우에는 산란율은 31.7-36.7%로 산란촉진효과가 인정되지 않았으나 첫산란소요일수는 25.0-33.1일로 무처리보다 1.3-1.7배 짧아졌다. 산란촉진자의 종류에 따른 산란율을 one-way ANOVA test로 분석한 결과 $F = 5.40, p = 0.022$ 로 유의성이 인정되었으며, 첫산란소요일수도 고도의 유의

성이 나타나(oneway ANOVA test: $F = 19.79, p = 0.0001$) 산란촉진자의 종류에 따른 산란촉진효과가 인정되었다.

산란촉진자의 종류에 따른 호박벌의 봉세발달 효과를 알아보기 위하여 봉군형성율, 신여왕출현봉군율 및 성충출현수를 조사하였다. 봉군형성율의 경우(Fig. 3), 산란촉진자를 투입하지 않은 무처리의 봉군형성율이 1.7%인데 비해 갓 우화한 호박벌 일벌을 비롯한 뒤영벌류 일벌 및 우화 후 10-20일 된 일벌을 마취시켜 산란촉진자로 투입할 경우 봉군형성율이 3.3-11.7%로 3.3-6.9배 증가하였으며 그 중에서도 갓 우화한 서양뒤영벌 일벌을 투입하였을 때 봉군형성율이 11.7%로 6.9배 증가하여 8가지의 산란촉진자 중 가장 높았다. 생고치를 비롯한 고치류의 경우도 산란촉진자를 투입하지 않은 무처리구에 비해 봉군형성율이 1.9-2.9배 증가하였으나, 갓 우화한 꿀벌일벌과 산란컵 투입구의

경우 봉군형성율이 각각 0.0%와 3.3%로 나타났다. 위의 결과로 볼 때 산란촉진자의 종류에 따라 여왕호박벌의 봉군형성율에 미치는 영향이 다른 것으로 생각된다. 산란촉진자 무투입구에 비해 갓 우화한 서양뒤영벌 일벌을 투입한 경우 유의성이 인정되었다(Chi-square test: $df = 1, p = 0.028$).

신여왕출현봉군율은(Fig. 3) 산란촉진자 무투입구가 5.0%인데 비하여 갓 우화한 서양뒤영벌 일벌 투입구가 13.5%로 2.7배 증가하여 산란촉진자 종류 중 가장 높았다. 갓 우화한 호박벌 일벌, 일벌 생고치 및 갓 우화한 꿀벌 일벌도 1.3-1.7배 증가하였으나, 건조고치와 산란컵을 산란촉진자로 사용하였을 경우는 오히려 산란촉진자를 투입하지 않은 무처리 보다 낮은 경향을 나타내었다. 갓 우화한 서양뒤영벌 일벌과 건조고치, 산란컵간에는 유의성이 인정되었다(Chi-square test: $df = 1, p = 0.048$).

갓 우화한 호박벌 일벌, 고치, 산란컵 등 8종류의 산란촉진자에 대한 계급별 성충출현수를 비교 조사하여 Table 1에 나타내었다. 화분매개효과를 평가하는 중요한 요소인 일벌수의 경우, 산란촉진자를 투입하지 않은 무처리의 일벌수가 56마리인데 비해, 갓 우화한 호박벌 및 서양뒤영벌 일벌, 탄산가스 처리한 나이든 일벌 등 뒤영벌류 일벌을 투입한 경우, 98-107마리로 무처리구의 일벌수보다 약 2배 많았다. 암수 생고치를 산란촉진자로 사용하였을 경우도 무처리구에 비해 일벌수가 1.5배 증가하여 산란촉진자로서의 효과를 확인할 수 있었다. 그러나 건조고치, 갓 우화한 꿀벌일벌 및 산란컵을 산란촉진자로 사용한 경우에는 일벌수가 감소하여 산란촉진 효과가 인정되지 않았다.

신여왕출현수는 무처리구가 평균 20마리인데 비해 일벌 생고치구가 66마리로서 무처리구의 일벌수보다 3배 많았고, 뒤영벌류 일벌 및 수벌 생고치를 산란

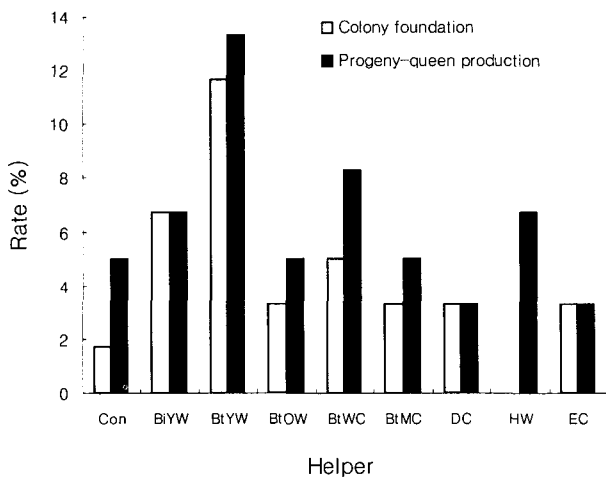


Fig. 3. Rates of colony foundation and progeny-queen production of *B. ignitus* cohabited with several kinds of helper. For abbreviations, see legend to Fig. 2.

Table 1. Number of progeny adults produced from queen of *B. ignitus* cohabited with several kinds of helper

| Adults | Control | BiYW | BtYW | BtOW | BtWC | BtMC | DC | HW | EC |
|--------|---------------------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|--------------|-----------------|
| Worker | 56.0 (1) ¹⁾ | 102.0 ± 30.3 ²⁾ (4) | 98.2 ± 26.7 (5) | 107.0 ± 51.6 (2) | 89.7 ± 9.0 (3) | 82.5 ± 44.5 (3) | 53.3 ± 6.8 (2) | 35.0 (1) | — ³⁾ |
| Male | 375.0 (1) | 301.5 ± 180.6 (4) | 186.6 ± 116.3 (5) | 325.0 ± 259.3 (2) | 501.0 ± 214.3 (3) | 401.0 ± 43.8 (3) | 343.7 ± 39.3 (2) | 137.0 (1) | — |
| Queen | 20.0 ± 30.3 (3) | 22.3 ± 176.0 (4) | 21.6 ± 36.1 (7) | 28.0 ± 23.6 (3) | 66.2 ± 86.2 (5) | 21.5 ± 10.6 (3) | 6.7 ± 5.5 (2) | 1.0 (1) | — |

¹⁾ Number in parentheses means the number of colony surveyed.

²⁾ Means ± S.D.

³⁾ — : Adults not produced.

For abbreviations see legend to Fig. 2.

No significant differences at $p < 0.05$ by oneway ANOVA test.

촉진자로 사용하였을 경우에는 차이가 없었다. 그러나 건조고치, 갓 우화한 꿀벌 일벌 및 산란컵을 산란촉진자로 사용한 경우에는 일벌수의 경우처럼 신여왕벌출현수가 감소하여 산란촉진 효과가 인정되지 않았다.

위의 결과에서 산란촉진자는 종류에 따라서 여왕호박벌의 산란성을 촉진시키고 봉세발달에 좋은 효과를 주는 것으로 나타났다. 여러 가지 산란촉진자 중에서도 특히 뒤영벌류 일벌의 산란촉진효과가 가장 높은 것으로 나타났다. Ono *et al.* (1994)은 일본종 *B. hypocrita* 여왕벌에 새로 출현한 3마리의 서양뒤영벌 일벌을 투입한 결과, 종의 차이에도 불구하고 일벌이 여왕벌을 도와 많은 사회적 기능을 수행하여, 여왕벌의 산란 및 봉군형성을 위한 활동으로 인한 에너지소비를 줄이게 되어 그 만큼 창설여왕벌의 봉군형성에 도움을 주게 된다고 하였다. 또한 *B. terrestris*에 있어서도 일벌이 산란 초기단계에 여왕벌을 대신하여 알과 에벌레를 양육함으로써 여왕벌의 산란을 촉진시키는 효과가 확인되었다(Duchateau, 1991).

일벌류를 산란촉진자로 사용할 때 주의해야 할 점에 관하여 Ono *et al.* (1994)은 새로 출현한 어린 일벌이 아닌 3일정도 지난 나이든 일벌을 helper로 투입했을 경우 침으로 여왕벌을 공격하는데 이것은 2종사이의 원활하게 화학적 인지가 이루어지지 않는다는 것이 원인이라고 하였다. 그러나 본 실험에서 우화 후 10일이 경과한 나이든 뒤영벌류 일벌을 탄산가스에 30분간 접촉시킨 후 산란촉진자로 투입했을 경우, 갓 우화한 일벌을 산란촉진자로 사용하였을 경우와 유사한 성적을 보여 우화한지 오래된 일벌도 산란촉진자로서의 가치가 있음이 확인되었다. 나이든 일벌을 산란촉진자로 이용할 수 있다는 점은 호박벌의 인공대량사육에 있어서 중요한 의미를 갖는다. 산란촉진효과가 가장 높았던 갓 우화한 일벌을 산란촉진자로 사용할 경우, 일벌 100마리 이하의 성숙봉군에서만 갓 우화한 일벌을 선발할 수 있는데, 일정 수 이상의 갓 우화한 일벌을 성숙봉군에서 빼낼 경우 봉군자체가 손상될 수도 있기 때문에 갓 우화한 일벌을 산란촉진자로 대량 공급하기에는 어려움이 많다. 그러나 나이든 일벌은 폐봉군에서도 쉽게 구해서 사용할 수 있기 때문에 나이든 일벌의 산란촉진자 이용은 호박벌 대량사육에 유리하다. 나이든 일벌을 탄산가스로 처리하면 갓 우화한 일벌과 같은 효과를 나타내는 메카니즘은 아직 밝혀지지 않은 상태로, 금후 검토해야 할 연구과제이다. 참고로 Beekman (1996)은 한 마리의 마취된

일벌을 사육초기에 투입한 바 있으나 투입수에 따른 효과에 대해서는 언급하지 않았다.

Van den Eijnde *et al.* (1991)은 갓 우화한 꿀벌 일벌 3-4마리를 산란촉진자로 사용하였을 경우, 꿀벌 일벌의 신체적인 자극이 여왕벌에 내분비적인 변화를 일으켜 산란을 촉진시킨다고 보고하였고, 국내 Yoon *et al.* (1999b, c)은 좀뒤영벌과 호박벌에 꿀벌 일벌 5마리를 산란촉진자로 사용한 경우에도 산란촉진 효과를 얻었다. 그러나 본 실험에서는 꿀벌 일벌 3마리를 산란촉진자로 사용한 결과 산란효과가 인정되지 않았는데 이에 대한 원인이 투입 마리수에 의한 것인지 아니면 다른 요인에 의한 것인지는 더 조사해 볼 필요가 있다고 생각된다.

투입 산란촉진자 수에 따른 호박벌의 봉세발달

산란촉진효과가 가장 높은 일벌을 산란촉진자로 사용할 경우, 적절한 투입 마리수를 알아보기 위해서 산란촉진자 투입수에 따른 호박벌의 봉세발달을 비교 조사하였다. 갓 우화한 서양뒤영벌 일벌의 투입수에 따른 산란율 및 첫산란소요일수를 조사한 결과(Fig. 4), 산란촉진자를 1마리 투입한 경우 산란율 69.2%, 첫산란소요일수가 24.8일인데 비하여 산란촉진자를 2마리 이상 투입한 구의 산란율은 92.3-100.0%로 1.3-1.4배 증가하였고, 첫산란소요일수도 12.8-17.4일로 1.4-1.9배 짧아졌다. 그러나 산란촉진자를 2마리 이상 투입한 시험구간의 산란율 및 첫산란소요일수는 차이가 없었다. 탄산가스 접촉하여 마취시킨 우화 후 10-20일 된 일벌을 1-2마리 투입한 경우의 산란율 및 첫산란소요일수는 갓 우화한 일벌을 투입한 구와 같은 경향을 나타내었다(Fig. 4). 위의 결과를 볼 때 산란촉진자의 적정 투입 마리수는 2마리로 판단되며, 투입 산란촉진자수에 대한 산란율을 Chi-square test로 분석한 결과 $X^2=49.43, p<0.001$ 로 고도의 유의성이 인정되었으며, 첫산란소요일수 역시 고도의 유의성을 나타내었다(one-way ANOVA test: $F=19.79, p=0.0001$).

산란촉진자의 투입수에 따른 호박벌의 봉군형성율 및 신여왕출현봉군율을 조사한 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 봉군형성율의 경우, 산란촉진자를 1마리 투입한 구의 봉군형성율이 7.6%인데 비하여 산란촉진자를 2마리 이상 투입한 구의 봉군형성율은 7.6-15.3%이었다. 신여왕출현봉군율의 경우도, 봉군형성율과 비슷한 경향을 보여 투입수가 1마리일 경우보다 2마리

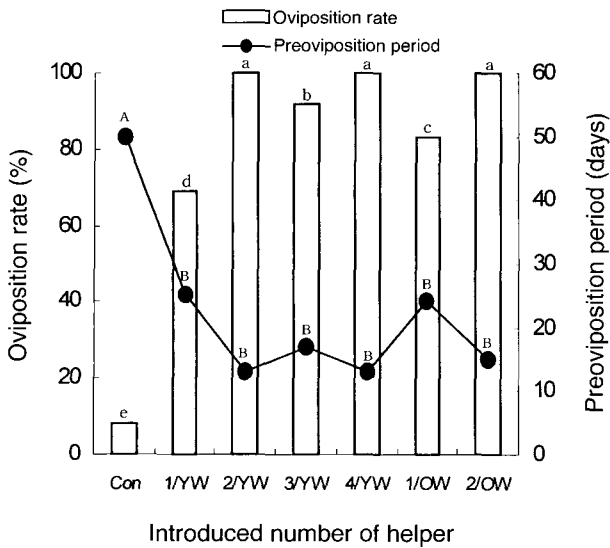


Fig. 4. Oviposition rate and preoviposition period of *B. ignitus* when plural helpers were introduced. For the statistical analysis, a Chi-square test, oneway ANOVA test and Duncan's multiple range test were used: Chi-square and Duncan's multiple range test $p < 0.001$ for oviposition rate; oneway ANOVA and Duncan's multiple range test $p < 0.001$ for preoviposition period.

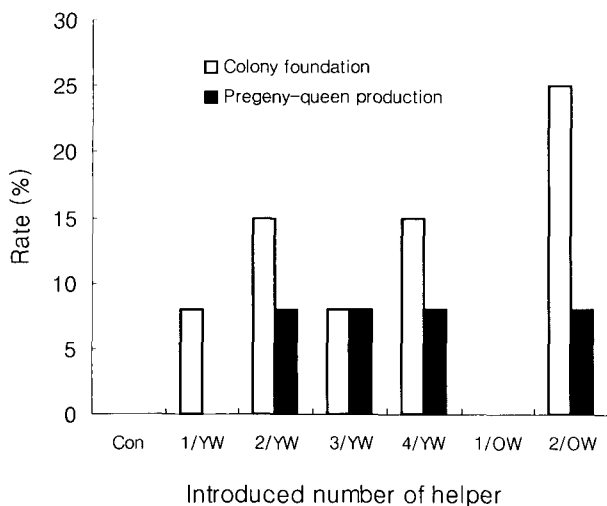


Fig. 5. Rates of colony foundation and progeny-queen production of *B. ignitus* when plural helpers were introduced. There were no significant differences in colony foundation and progeny-queen production.

투입했을 때 신여왕출현봉군율이 높았고, 2마리 이상 투입구간에는 차이가 없었다. 탄산가스 접촉하여 마취시킨 나이든 일벌의 경우, 산란촉진자를 1마리 투입하였을 경우보다 2마리를 투입했을 때 봉군형성을 및 신여왕출현봉군율이 높은 결과를 보여 갓 우화한 일벌을 투입한 구와 같은 경향이였다(Fig. 5). 따라서 산

란촉진자의 적정투입수는 2마리로 판단되지만 적정투입수에 따른 산란촉진자의 봉군형성을 및 신여왕출현봉군율에 대한 통계처리결과 유의성은 없었다(Chi-square test: 봉군형성율; $X^2 = 6.52, p > 0.1$, 신여왕출현봉군율; $X^2 = 3.05, p > 0.1$).

이상의 결과를 종합해 볼 때, 호박벌을 인공대량 사육할 경우 뒤영벌류 일벌 등의 산란촉진자를 사육과 동시에 투입하는 것이 산란율을 높이고, 첫산란소요일수를 단축시키며, 호박벌의 봉세발달을 증가시키는데 효과적이라고 판단된다. 특히 폐봉군을 활용하여 나이든 일벌을 탄산가스 접촉하여 마취시킨 다음 산란촉진자로 이용하는 것도 상당히 효율적이라 생각되며, 산란촉진효과가 가장 높은 일벌을 산란촉진자로 사용할 경우, 적정 마리수는 2마리로 판단된다.

Literature Cited

Asada, S. and M. Ono. 2000. Difference in colony development of two Japanese bumblebee, *Bombus hypocrita* and *B. ignitus* (Hymenoptera; Apidae). *Appl. Entomol. Zool.* 35: 597-603.

Beekman, M., van P. Stratum and A. Veerman. 1996. Diapause in the bumblebee *Bombus terrestris*. *Proc. Exper & Appl. Entomol., N.E.V. Amsterdam* 7: 71-75.

Dafni, A. and A. Shimida. 1996. The possible ecological implications of the invasion of *Bombus terrestris* (L.) (Apidae) at Mt Carmel, Israel. pp. 183-200. *In The Conservation of Bees*. eds. by Matheson, A. *et al.* Academic Press, London.

de Ruijter, A. 1997. Commercial bumblebee rearing and its implications *Proc. 7th Int. Symp. Pollination, Acat Hort.* 437: 261-269.

Duchateau, M.J. 1991. Regulation of colony development in bumblebees *Bombus terrestris*. *J. Entol.* 7: 141-151.

Free, J.B. 1993. *Insect pollination of crops*. 2nd ed., 684 pp. Academic Press, London.

Masahiro, M. 2000. Pollination of crops with bumblebee colonies in Japan. *Honeybee Sci.* 21: 17-25.

Minitab incorporated company. 2000. *Minitab user's guide*, Minitab inc. USA.

Ono, T., M. Mitsuhashi and M. Sasaki. 1994. Use of introduced *Bombus terrestris* worker helpers for rapid development of Japanese *B. hypocrita* colonies (Hymenoptera: Apidae). *Appl. Entomol. Zool.* 29: 413-419.

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 ecosystem by pests and beneficial organisms NIAES, Ministry of Agr., Forestry and Fisheries, Japan, Tsukuba, Japan.* pp. 242-252.

Ptacek, V. 1991. Trials to rear bumblebees. *Acta Hort.* 288: 144-148.

Röseler, P.F. 1985. A technique for year-round rearing of *Bombus terrestris* (Apidae: Bombini) colonies in captivity. *Apidolo.* 16: 165-170.

SAS Institute. 1991. *SAS/STAT user's guide, Statistics, Version 6.04*. SAS Institute, Cary, N.C., USA.

van den Eijnde, J.A., de Ruijter and J. van der Steen. 1991. Method for rearing *Bombus terrestris* continuously and the pro-

- duction of bumblebee colonies for pollination purposes. *Acta Hort.* 288: 154~158.
- Yoon, H.J., Y.I. Mah, M.Y. Lee, I.G. Park and M. Bilinski. 1999a. Ecological characteristics of *Bombus ignitus* Smith in Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 38: 101~107.
- Yoon, H.J., Y.I. Mah and M. Bilinski. 1999b. Effect of honeybee workers (*Apis mellifera* L.) as helpers for the colony foundation and development of Korean native bumblebee, *Bombus ignitus* Smith. *Korean J. Apiculture* 14: 49~56.
- Yoon, H.J., Y.I. Mah and M. Bilinski. 1999c. Effect of honeybee workers (*Apis mellifera* L.) as helpers for the colony foundation and development of Korean native bumblebee, *Bombus ardens* Smith. *Korean J. Apiculture* 14: 105~108.

(Received for publication 18 September 2002;
accepted 27 November 2002)