

호박벌(*Bombus ignitus*)과 서양뒤영벌(*B. terrestris*)의 봉세발달 비교

윤형주\* · 김삼은 · 이상범 · 심하식

농촌진흥청 농업과학기술원 농업생물부 유용곤충과

Comparison of the Colony Development in the Bumblebees,  
*Bombus ignitus* and *B. terrestris*

Hyung Joo Yoon\*, Sam Eun Kim, Sang Beom Lee and Ha Sik Sim

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

**ABSTRACT :** Chilling temperature and colony development in Korean native bumblebee, *Bombus ignitus* and introduced *B. terrestris* were firstly investigated. Among four chilling temperatures of  $-2.5$ ,  $0$ ,  $2.5$  and  $5^{\circ}\text{C}$ ,  $2.5^{\circ}\text{C}$  showed the best result at the survival rate after artificial hibernation in both species. The survival rate after chilling was somewhat higher in *B. ignitus* until three months of cold treatment, but it was higher in *B. terrestris* at four months of cold treatment. In colony development of queens broken diapause by  $\text{CO}_2$  treatment, oviposition rate and preoviposition period of *B. ignitus* were  $72.5\%$  and  $17.4$  days, respectively. These values were  $6.1\%$  higher and  $7.4$  days shorter than those of *B. terrestris*. The period up to colony foundation, the first male and queen emergence of *B. ignitus* were  $62.8$ ,  $66.4$  and  $63.0$  days, respectively, and these values were  $2.1$ - $29.5$  days shorter than those of *B. terrestris*. But, the duration up to first worker emergence of *B. ignitus* and *B. terrestris* did not differ as  $28.6$  and  $28.4$  days, respectively. On the other hand, the rate of colony foundation and progeny-queen production of *B. terrestris*, which are the important indication in evaluating the quality of colony, were  $14.2$  and  $13.5\%$ , respectively and these values are  $3.8$  to  $5.7$  fold higher than those of *B. ignitus*. Besides, the numbers of progenies of *B. terrestris* reached  $104.2$  workers,  $317.9$  males and  $27.1$  queens, which corresponded to  $1.1$ - $1.8$  fold those at *B. ignitus*. Therefore, above results showed that colony development of *B. terrestris* is superior to that of *B. ignitus*.

**KEY WORDS :** Bumblebee, *Bombus ignitus*, *Bombus terrestris*, Chilling temperature, Survival rate, Oviposition rate, Colony development

**초 록 :** 토종 호박벌(*Bombus ignitus*)과 수입 서양뒤영벌(*B. terrestris*)의 냉장온도별 생존율과 실내사육에 의한 봉세발달을 비교 조사하였다.  $-2.5$ ,  $0$ ,  $2.5$ ,  $5^{\circ}\text{C}$  등 4종류 냉장온도 중 호박벌과 서양뒤영벌 모두  $2.5^{\circ}\text{C}$ 에서 생존율이 가장 높았으며, 냉장 3개월까지는 호박벌이, 냉장 4개월째는 서양뒤영벌의 생존율이 다소 높게 나타났다. 탄산가스처리로 휴면을 타파한 여왕벌의 봉세발달을 조사한 결과, 산란율은 호박벌이  $72.5\%$ 로 서양뒤영벌보다  $6.1\%$  높았고, 산란전기간도  $17.4$ 일로  $7.4$ 일 빨랐다. 일벌이 50마리 될 때까지의 봉군형성소요일수, 수벌 및 여왕벌출현소요일수 또한 호박벌이 각각  $62.8$ 일,  $66.4$ 일,  $63.0$ 일로 서양뒤영벌보다  $2.1$ - $29.5$ 일 빨리 출현하였다. 그러나 일벌출현소요일수는  $28.6$ 일과  $28.4$ 일로 차이가 없었다. 반면에 우수봉군의 지표가 되는 봉군형성률 및 신여왕벌출현봉군율은 서양뒤영벌이 각각  $14.2\%$ ,  $13.6\%$ 로서 호박벌보다  $3.8$ - $5.7$ 배 높게 나타났다. 성충출현수 역시, 서양뒤영벌이 일벌  $104.2$ 마리, 수벌  $317.9$ 마리, 여왕벌  $27.1$ 마리로 호박벌보다  $1.1$ - $1.8$ 배 많아 봉세발달은 서양뒤영벌이 우수한 것으로 나타났다.

**검색어 :** 뒤영벌, 호박벌, 서양뒤영벌, 냉장온도, 생존율, 산란율, 봉세발달

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

최근 시설채소의 재배면적이 확대되면서 인공수분에 대한 의존도가 높아지고 있다. 하지만 농촌의 노동력 부족으로 인공수분이 곤란함에 따라 화분매개 곤충의 상업적 이용에 대한 관심이 높아지고 있다(Free, 1993). 화분매개곤충인 뒤영벌을 시설재배작물에 이용하기 위한 실용화 연구는 유럽을 비롯하여 미국, 캐나다에서 활발하게 이루어져 이미 상품화된 뒤영벌을 세계 각국에서 수입하여 사용하고 있다(de Ruijter, 1997; Masahiro, 2000). 우리나라에서도 시설재배 면적이 증가하면서 서양뒤영벌(*Bombus terrestris*)이 수입되고 있는데, 수입된 외래뒤영벌로 인하여 토종뒤영벌 유전자가 오염되거나 중간 생존경쟁에서 토종 뒤영벌이 도태될 위험성이 국내뿐 아니라 외국에서도 거론되고 있다. 예를 들면 이스라엘에 있는 카멜산에 서양뒤영벌의 침입으로 지역적 벌상 및 식물상의 생물적 다양성을 위협한 바가 있으며, 뉴질랜드와 호주에서도 그러한 예가 있었다(Dafni and Shimida, 1996). 일본에서도, 북해도 지방의 야외에 서식하고 있는 서양뒤영벌 봉군을 발견한 바가 있으며, 서양뒤영벌이 재래종의 초기단계 봉군에 침입하여, 재래종을 몰아뜯은 것도 관찰되었고, 또한 토종뒤영벌과 이종교배를 함으로써 유전자 오염을 확인한 바 있다(Ono and Wada, 1996; Ono, 1997). 이러한 문제점들을 막기 위해 미국과 캐나다는 서양뒤영벌의 수입을 금지하고, 국내종 뒤영벌(*B. impatiens* 및 *B. occidentalis*)을 상업화하여 사용하고 있다(Asada and Ono, 2000).

국내에서도 수년전부터 서양뒤영벌을 대체할 수 있는 뒤영벌로 토종호박벌을 선정하고 그에 대한 증식법 등을 연구하여 왔다(Yoon *et al.*, 1999; Yoon and Kim, 2002). 선발된 호박벌을 화분매개 곤충으로 실용화하기 위해서는, 수입되고 있는 서양뒤영벌과 봉새 및 화분매개 활동을 비교할 필요가 있다고 판단이 된다. 따라서 본 실험에서는 우선, 토종 호박벌과 서양뒤영벌을 실내에서 계대사육하면서 냉장후의 생존율과 산란율, 봉군형성률, 신여왕벌출현봉군율 등 봉새발달을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 실험곤충 및 사육

실험곤충은 농업과학기술원 농업생물부에서 실내 계대사육한 2-5세대 호박벌과 서양뒤영벌 여왕벌을

사용하였다. 실험곤충 사육은 Yoon *et al.* (2002)등의 방법에 준하여 행하였다. 즉 여왕벌은 산란용 종이상자, 봉군 증식용 및 숙성용 종이상자를 이용하여 사육하였다. 산란용 종이상자(10.5×14.5×6.5 cm)는 월동한 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 신선 화분을 50% 설탕물과 혼합하여 만든 화분단자를 급여하고, 50% 설탕물은 조류 급이기(3×14 cm, 60 mL 용량의 원통 플라스틱)를 이용하여 주 3회 급여하였다. 사육환경은 27±1°C, 65±5% RH 및 항암조건으로 사육하였다.

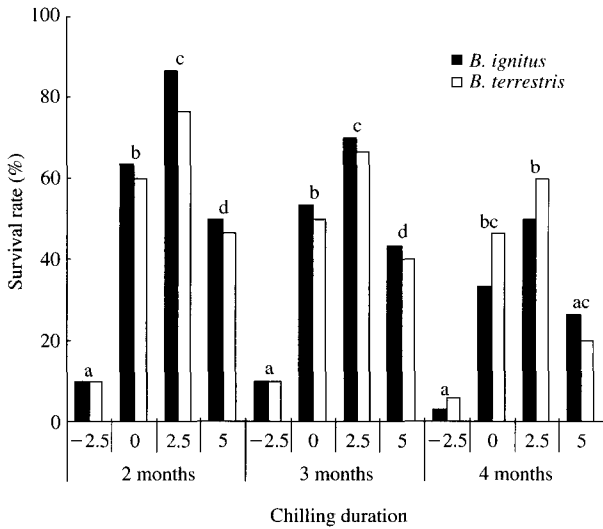
호박벌과 서양뒤영벌의 교미는 교미용상자(55×65×40 cm)에 우화 5일째의 여왕벌 1마리당 우화 10일된 수벌 2-3마리를 넣고 교미를 시켰다. 교미상자안에는 화분단자와 설탕물을 공급하였고, 상자 내 한 구석에 부엽토로 둔덕을 만들어 여왕벌이 숨을 수 있게 해주었으며, 1주일간 교미 기회를 준 후 시험에 사용하였다.

### 냉장적은 및 냉장후 생존율 조사

호박벌과 서양뒤영벌에 대한 냉장적은을 조사하기 위해서 교미가 끝난 2-3세대 여왕벌을 펠라이트 등 보습제가 채워진 보관병속에 여왕벌을 넣고, 이 보관병을 보습제가 채워진 월동용 상자에 묻어 80% 이상의 습도를 유지하면서, -2.5, 0, 2.5, 5°C 등 4종류의 온도에 보관하였다. 각 시험구당 30마리의 여왕벌을 2반복으로 공시하여, 호박벌과 서양뒤영벌의 냉장적은 및 냉장후 생존율을 조사하였다.

### 호박벌과 서양뒤영벌의 산란성 및 봉새발달 비교

호박벌과 서양뒤영벌의 산란성 및 봉새발달을 조사하기 위하여 실내에서 계대사육한 4-5세대 호박벌과 서양뒤영벌 여왕벌을 탄산가스 처리로 휴면을 제지한 후(Yoon *et al.*, 2003), 실험곤충으로 사용하였으며, 시험구당 50마리씩 3반복으로 공시하였다. 여왕벌과 산란촉진자를 동시에 산란상자에 투입하여 사육을 개시한 후(Yoon and Kim, 2002), 산란율, 산란전기간, 봉군



**Fig. 1.** Comparison of survival rate in *B. ignitus* and *B. terrestris* by chilling temperatures and chilling durations. Numbers below the X axis mean temperature. For the statistical analysis, Tukey's pairwise comparisons test were used: no significant differences at  $\alpha = 0.05$  for survival rate of *B. ignitus* and *B. terrestris*; significant differences at  $\alpha = 0.001$  for 2 months and 3 months, and at  $\alpha = 0.05$  for 4 months in chilling temperatures.

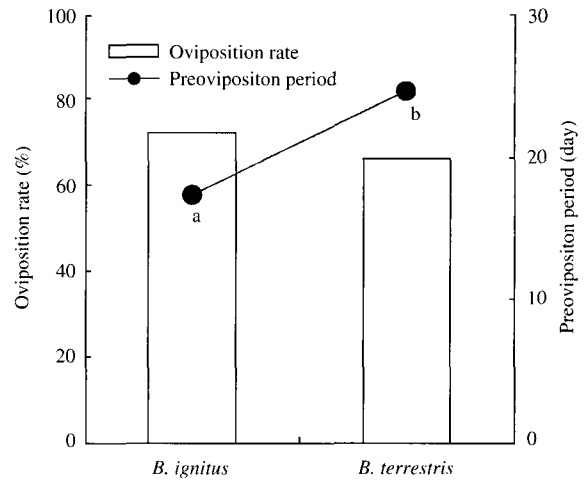
형성률, 신여왕벌출현봉군율, 성충출현수 등을 조사하였다. 산란전기간은 사육개시 후 여왕벌이 처음 산란할 때까지 소요된 날짜로 계산하였고, 사육시작 후 60일이 지나서 산란한 것은 사육을 계속할 경우 봉세발달이 저조하기 때문에(Yoon, H.J., personal communication), 산란성 조사 대상에서부터 제외시켰다. 일벌, 수벌 및 신여왕벌의 출현소요일수는 창설여왕벌의 산란일을 기점으로 하여 일벌, 수벌 및 신여왕벌이 첫 출현할 때까지의 일수로 산정하였다. 봉군형성률은 일벌이 50마리 이상 출현한 봉군을 백분율로 계산하였다.

본 실험의 통계분석을 위하여 Tukey's pairwise comparison test (Minitab Inc. 2000)를 사용하였다.

### 결과 및 고찰

#### 호박벌과 서양뒤영벌의 냉장적온 및 냉장후 생존율

-2.5, 0, 2.5, 5°C 등 4종류의 온도에 대해 냉장 2개월부터 4개월까지 호박벌과 서양뒤영벌에 대한 냉장적온을 조사한 결과(Fig. 1), 호박벌과 서양뒤영벌 모두 냉장기간에 관계없이 2.5°C구에서 생존율이 86.7-50.0%로 가장 높았고, 그 다음이 0°C, 5°C 순으로, 각각 63.0-33.3%, 50.0-20.0%이었으며, -2.5°C는 10.0-



**Fig. 2.** Oviposition rate and preoviposition period of *B. ignitus* and *B. terrestris*. For the statistical analysis, Tukey's pairwise comparisons test were used: no significant differences at  $\alpha = 0.05$  for oviposition rate; significant differences at  $\alpha = 0.001$  for preoviposition period.

3.0%로 가장 생존율이 낮았다. 냉장온도에 따른 생존율을 Tukey's pairwise comparison test로 분석한 결과, 냉장 2개월과 3개월째에는 고도의 유의성이 인정되었고(냉장 2개월,  $F = 118.03$ ,  $df = 3, 4$ ,  $p = 0.000$ ; 냉장 3개월,  $F = 295.09$ ,  $df = 3, 4$ ,  $p = 0.000$ ), 냉장 4개월째에도 유의성이 확인되어( $F = 22.67$ ,  $df = 3, 4$ ,  $p = 0.006$ ), 호박벌과 서양뒤영벌에 대한 냉장적온은 2.5°C로 판명되었다. 일반적으로 호박벌과 서양뒤영벌을 인공적으로 월동시킬 경우, 5°C에 보관하는데(Holm, 1972; Duchateau et al., 1994; Beekman et al., 1996; Ono, 1997), 본 실험에서는 5°C보다는 0°C와 2.5°C가 냉장후의 생존율이 16.7-26.7%(냉장 3달 기준)나 높아 기존의 보고와 다른 결과를 나타내었다.

또한 호박벌과 서양뒤영벌에 대하여 냉장후 생존율을 비교 조사한 결과, 냉장 3개월까지는 호박벌의 생존율이, 냉장 4개월째는 서양뒤영벌의 생존율이 다소 높은 경향을 보였으나 통계분석결과, 두 종간의 냉장후 생존율에는 유의성이 인정되지 않았다(냉장 2개월,  $F = 0.04$ ,  $df = 1, 6$ ,  $p = 0.852$ ; 냉장 3개월,  $F = 0.02$ ,  $df = 1, 6$ ,  $p = 0.891$ ; 냉장 4개월,  $F = 0.10$ ,  $df = 1, 6$ ,  $p = 0.764$ ).

#### 호박벌과 서양뒤영벌의 산란성 및 봉세발달 비교

탄산가스 마취로 휴면을 제지시킨 호박벌과 서양뒤영벌 여왕벌의 산란성을 비교하기 위하여, 산란율 및

**Table 1.** Durations up to colony foundation and first adult emergence of indoor-reared *B. ignitus* and *B. terrestris*

Species	n <sup>a</sup>	Colony foundation (day) <sup>b</sup>	Durations up to adult emergence					
			n <sup>a</sup>	Worker <sup>b</sup>	n <sup>a</sup>	Male <sup>b</sup>	n <sup>a</sup>	Queen <sup>b</sup>
<i>B. ignitus</i>	6	62.8±6.01	25	28.6±4.53	17	66.4±11.42	4	63.0±18.67 a
<i>B. terrestris</i>	7	64.9±7.17	44	28.4±5.73	23	70.1±12.65	18	92.5±14.48 b

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

<sup>b</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 comparisons test.

**Table 2.** Number of adults produced from queen of indoor-reared *B. ignitus* and *B. terrestris*

Species	Number of adults produced						n <sup>a</sup>	Longevity of foundation queen <sup>b</sup> (days)
	n <sup>a</sup>	Worker <sup>b</sup>	n <sup>a</sup>	Male <sup>b</sup>	n <sup>a</sup>	Queen <sup>b</sup>		
<i>B. ignitus</i>	6	92.7±25.74	17	212.7±70.47	5	13.3±15.37	32	103.0±27.53
<i>B. terrestris</i>	44	104.2±24.66	15	317.9±144.46	18	27.1±27.16	71	105.9±31.37

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

<sup>b</sup>The figures stand for means±SD. There were no significant differences in number of adult emergence and longevity of foundation queen.

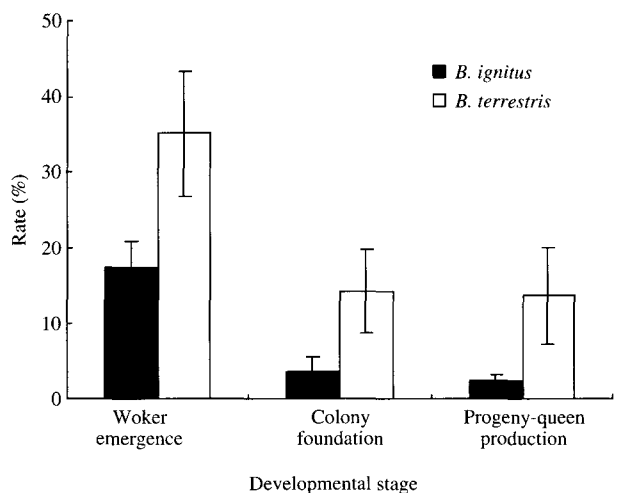
산란전기간을 조사한 결과(Fig. 2), 산란율은 호박벌이 72.5%로 서양뒤영벌보다 6.1% 높았으나 통계적 유의차는 없었다( $F = 1.06$ ,  $df = 1, 4$ ,  $p = 0.360$ ). 산란전기간도 호박벌이 17.4일로 7.4일이나 빨리 산란함으로써, 고도의 유의성이 인정되어( $F = 20.04$ ,  $df = 1, 233$ ,  $p = 0.000$ ), 호박벌이 서양뒤영벌보다 산란성이 우수함을 알 수 있었다.

호박벌과 서양뒤영벌의 봉군형성소요일수 및 성충출현소요일수를 조사한 결과(Table 1), 봉군형성소요일수는 호박벌이 62.8일로 서양뒤영벌보다 2일 빨랐으나 통계적 유의차는 없었다( $F = 0.30$ ,  $df = 1, 11$ ,  $p = 0.596$ ). 일벌출현소요일수는 호박벌과 서양뒤영벌 각각 28.6일과 28.4일로 차이가 없었으며( $F = 0.04$ ,  $df = 1, 67$ ,  $p = 0.837$ ), 수벌출현소요일수는 호박벌이 서양뒤영벌보다 3.7일 빠른 66.4일에 출현하였으나 유의성은 보이지 않았다( $F = 0.92$ ,  $df = 1, 39$ ,  $p = 0.343$ ). 그러나 여왕벌출현소요일수는 호박벌이 63.0일에 출현하는데 반해 서양뒤영벌은 92.5일에 출현하여, Tukey's pairwise comparison test 결과, 통계적 유의차가 확인되었다( $F = 12.03$ ,  $df = 1, 20$ ,  $p = 0.002$ ).

우수봉군의 지표가 되는 일벌출현봉군율, 봉군형성률 및 신여왕출현봉군율을 Fig. 3에 나타내었다. 일벌출현봉군율은 서양뒤영벌이 35.0%로 호박벌보다 2배 이상 출현하였고( $F = 11.45$ ,  $df = 1, 4$ ,  $p = 0.028$ ), 일벌이 50마리 이상 출현한 봉군형성률도 서양뒤영벌이 14.2%로 호박벌 3.7%보다 3.8배나 높아 통계적 유의성을 나타

내었다( $F = 9.75$ ,  $df = 1, 4$ ,  $p = 0.035$ ). 창설여왕벌이 산란하여 차세대 여왕벌이 출현하는 신여왕벌출현봉군율 역시 같은 경향으로, 서양뒤영벌이 13.6%로 호박벌보다 5.7배 높았으며 유의차가 확인되어( $F = 9.17$ ,  $df = 1, 4$ ,  $p = 0.039$ ), 봉세발달은 서양뒤영벌이 우수한 것으로 나타났다.

호박벌과 서양뒤영벌에 대한 봉군당 성충출현수를 조사한 결과(Table 2), 호박벌의 일벌수는 92.7마리로 서양뒤영벌보다 11.5마리 적었고, 수벌출현수도 서양뒤영벌보다 100마리 이상 적은 212.7마리이었으며, 신



**Fig. 3.** Comparison of colony development of *B. ignitus* and *B. terrestris*. For the statistical analysis, Tukey's pairwise comparisons test was used for each development stage: significant differences at  $\alpha = 0.05$  for worker emergence, colony foundation and progeny-queen production.

여왕출현벌수 역시, 13.3마리로 서양뒤영벌 27.1마리보다 2배 이상 적게 출현하였다. 결과적으로 호박벌의 성충출현수가 서양뒤영벌에 비하여 상당히 적은 경향이었으나, 편차가 심하여 통계적 유의성은 인정되지 않았다(일벌수,  $F=0.75$ ,  $df=1, 21$ ,  $p=0.342$ ; 수벌수,  $F=2.66$ ,  $df=1, 18$ ,  $p=0.120$ , 여왕벌수,  $F=0.15$ ,  $df=1, 21$ ,  $p=0.160$ ). 호박벌과 서양뒤영벌의 창설여왕벌의 수명은 103.0일과 105.9일로 중간에 차이가 없었다( $F=0.19$ ,  $df=1, 97$ ,  $p=0.663$ ).

이상의 결과를 종합해보면, 호박벌과 서양뒤영벌에 대한 냉장적온은  $2.5^{\circ}\text{C}$ 이며, 냉장후 생존율은 냉장기간이 짧으면(2-3개월) 호박벌이 높고, 냉장기간이 길어지면(4개월) 서양뒤영벌이 높은 경향을 보이는 것으로 나타났다. 또한 산란성은 호박벌이 다소 좋았으나, 봉군형성률, 신여왕벌출현봉군율 및 화분매개활동의 주요소인 일벌수와 계대사육에 있어서 필요요소인 여왕벌 등 봉새발달은 서양뒤영벌이 우수한 것으로 나타났다. 서양뒤영벌의 봉군세력이 호박벌보다 우수한 점으로 볼 때, 간접적이기는 하지만 중간 생존경쟁에서 토종뒤영벌이 도태되어 생물적 다양성에 위협을 줄 수 있는 가능성이 있다고 생각된다. 호박벌과 서양뒤영벌을 같은 상자에 넣고 사육하였을 때와 교미시켰을 경우에도, 서양뒤영벌 여왕벌이 호박벌보다 상당히 공격적이고, 활동적이며, 교미율도 상당히 높은 것을 확인하였다(Yoon, H.J. et al., unpublished). 따라서 현재 수입되고 있는 서양뒤영벌에 대한 관리와 대책이 절실히 필요하다고 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., P. van Stratum and A. Veerman. 1996. Diapause in the bumblebee *Bombus terrestris*. Proc. Exper. and 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., H. Hoshiba and H.H.W. Velthuis. 1994. Diploid males in the bumblebee *Bombus terrestris*. Entomol. exp. appl. 71: 236-269.
- Free, J.B. 1993. Insect pollination of crops. 2nd ed., 684 pp. Academic Press, London.
- Holm, S.V. 1972. Weight and life length of hibernating bumblebee queens (Hymenoptera: Bombidae) under controlled conditions. Ent. Scand. 3:313-320.
- 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, 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 NIAES, Ministry of Agr., Forestry and Fisheries, Japan, Tsukuba, Japan. pp. 242-252.
- 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, 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 effect of helpers on oviposition and colony development of bumblebee queen, *Bombus ignitus*. Korean J. Appl. Entomol. 41: 239-245.
- 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, S.B. Lee and I.G. Park. 2003. Effect of  $\text{CO}_2$ -treatment on oviposition and colony development of the bumblebee, *Bombus ignitus*. Korean J. Appl. Entomol. 42: 139-144.

(Received for publication 22 March 2004;

accepted 10 May 2004)