

국내 및 국외 뒤영벌 생산업체별 서양뒤영벌(*Bombus terrestris*)의 봉세발달 비교

윤형주* · 김지영¹ · 이경용 · 이상범 · 박인균 · 노시갑²

농촌진흥청 농업과학기술원 농업생물부 유용곤충과, ¹경북농업기술원 잠사곤충사업장, ²경북대학교 농업생명과학대학

Comparison of the Colony Development of the Bumblebees, *Bombus terrestris* Produced from Domestic and Foreign Bumblebees Companies

Hyung Joo Yoon*, Ji Yeong Kim¹, Kyeong Yong Lee, Sang Beom Lee, In Gyun Park and Si Kab Noh²

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

¹Sericulture & Entomology Experiment Station, Gyeongsangbuk Do Agricultural & Extension Services, Sangju 742-901, Korea

²Department of Natural Fiber Science, College of Agriculture & Life Science, Kyeongpook National University, Daegu 702-701, Korea

ABSTRACT : We compared colony development and survival rate after artificial hibernation between the bumblebees, *Bombus terrestris*, produced from domestic and foreign companies. The number of worker and queen produced from foundation colony of three domestic and one foreign companies was 232.4-270.8 and 62.0-181.8, respectively, but there was no statistical difference. In colony development of *B. terrestris* queens which were terminated diapause by CO₂ narcosis at different companies, oviposition rate, colony foundation and progeny-queen production of bumblebees produced from domestic companies were superior to those from foreign company. But foreign company in the number of worker and queen was superior to domestic companies. On the other hand, survival rate and colony development of *B. terrestris* queens, which were terminated diapause by artificial hibernation at three domestic and two foreign companies, were no significant differences. These results indicate that oviposition, colony foundation, progeny-queen production, and survival rate after artificial hibernation showed no differences between the bumblebees produced from domestic and foreign companies.

KEY WORDS : Bumblebee, *Bombus terrestris*, CO₂ narcosis, Artificial hibernation, Survival rate, Oviposition rate, Colony development

초 록 : 국내 및 국외 뒤영벌 생산업체의 서양뒤영벌(*Bombus terrestris*) 산란율, 봉군형성률, 신여왕출현 봉군율 등 봉세발달 및 인공월동 후 생존율을 비교 조사하였다. 국내 3개와 국외 1개 생산업체의 창설여왕벌 봉군에서 생산된 일벌수는 232.4-270.8마리, 여왕벌수는 62.0-181.8마리로 다소의 차이는 있었으나 국내 및 국외 뒤영벌 생산업체간에 유의성은 없었다. 업체별로 생산된 여왕벌을 탄산가스처리후 사육한 결과, 산란율, 봉군형성률, 신여왕출현봉군율 등 봉세발달은 국내업체에서 생산한 서양뒤영벌이 유럽산보다 우수한 것으로 나타났으나, 일벌 및 여왕벌수는 유럽산 뒤영벌이 다소 많은 것으로 나타났다. 또한 국내 3개 뒤영벌 생산업체와 유럽 2개 업체에서 생산된 서양뒤영벌을 인공월동하여 사육한 경우에도 다소의 차이가 있었지만, 생존율 및 봉세발달에서 뚜렷한 차이가 없었다. 이와 같이 업체별로 생산된 창설여왕벌과 2세대 여왕벌의 휴면처리를 달리하여 사육한 결과, 국내 및 국외 뒤영벌 생산업체의 서양뒤영벌의 봉세 간에 차이가 없는 것으로 나타났다.

검색어 : 뒤영벌, 서양뒤영벌, 탄산가스처리, 인공월동, 생존율, 봉세발달

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

뒤영벌속(*Bombini*)은 꿀벌족(*Apini*)과 마찬가지로 여왕벌, 일벌, 수벌로 이루어진 기본단위로 봉군을 형성하며, 1년에 1세대를 거치는데 여왕벌은 가을에 교미한 후 월동하여 이듬해 봄 땅속에 산란하고 화밀, 화분채취 등으로 육아임을 담당한다. 그러나 첫배의 일벌이 출현하면 여왕벌은 방화활동을 중단하고 산란에 전념하며, 우화한 일벌이 육아를 담당하기 시작하면 빠른 속도로 봉세가 확장되어 2-3개월 내에 최성기에 달한다. 가을철이 되면서 수벌과 신여왕벌이 출현하여 생식에 접어들는데, 이 시기를 전후하여 창설여왕벌을 포함하여, 일벌, 수벌이 차례로 죽고, 교미를 끝낸 신여왕벌만이 땅속에 잠입하여 휴면에 들어가는 생활사를 가지고 있다(Heinrich, 1979).

최근 시설재배작물이 다양화되고 재배면적이 확대되면서 화분매개곤충의 중요성이 부각되고 있는데, 화분매개 곤충인 뒤영벌을 시설재배작물에 이용하기 위한 실용화 연구는 유럽을 비롯하여 미국, 캐나다에서 활발하게 이루어져 이미 상품화되어, 한국, 일본, 중국, 대만, 멕시코, 칠레, 아르헨티나, 우루과이, 멕시코 및 튀니지에서 수입하여 사용하고 있다(de Ruijter, 1997; Dafni, 1998; Masahiro, 2000). 뒤영벌은 진동수분형 벌이기 때문에 꿀이 없는 가지과 식물 특히 토마토, 가지에 효과적이며, 비닐하우스 등 좁은 공간에 대한 적응성이 높은 특징이 있다. 또한 꿀벌에 비하여 저온 및 악천후에 활동성이 높아 방화활동이 우수하며 공격성이 약하기 때문에 시설재배자에게 화분매개에 필요한 노동력을 절감시키고, 질적, 양적으로 우수한 상품을 제공하는 장점을 가지고 있다(Buchmann and Hurley, 1978; Iwasaki, 1995).

우리나라에서도 시설재배 면적이 증가하면서 1994년에 처음으로 2,300봉군의 서양뒤영벌(*Bombus terrestris*)이 수입되기 시작하여, 2004년에는 20배 이상이 증가된 약 30,000봉군 이상이 수입되는 것으로 추정하고 있다(Yoon, H. J., personal communication). 이처럼 증가하는 수입 서양뒤영벌에 대처하기 위해서 농촌진흥청 농업과학기술

원에서는 육종 단계에 있는 토종호박벌(*B. ignitus*) 대신에 우선 서양뒤영벌의 인공대량증식 및 인공월동방법을 국내 뒤영벌 생산업체에 기술이전하고 서양뒤영벌을 생산한 결과, 2005년에는 국내에서 자체 생산한 서양뒤영벌이 15,000봉군, 수입한 서양뒤영벌이 15,000봉군으로 국내 뒤영벌 시장의 50%정도를 국내 생산업체가 차지하게 되었다(Yoon, H. J., personal communication). 국내에서 자체적으로 서양뒤영벌이 생산됨에 따라 뒤영벌 생산업체간의 경쟁으로 농가에 보급되는 뒤영벌 가격이 기존에 수입되어 판매되던 가격보다 30%이상 낮아져 실질적으로 시설재배농가에 경제적 도움이 되고 있다고 생각된다. 앞으로 화분매개면적의 증가와 함께 뒤영벌 사용 봉군수가 훨씬 더 증가할 것으로 예상할 때, 국내의 뒤영벌 생산업체간의 경쟁력은 더욱 치열할 것으로 생각된다. 이에 현재 시설재배 농가에서 사용되고 있는 국내 및 국외에서 생산된 서양뒤영벌의 봉군형성 및 화분매개 활동 능력을 비교할 필요가 있다고 판단된다.

따라서 본 시험은 우선, 국내 및 국외에서 생산된 서양뒤영벌을 가지고 실내에서 계대사육하면서 탄산가스 및 인공월동 처리로 휴면을 각성시킨 후 산란율, 봉군형성률, 신여왕벌출현봉군율 등 봉세발달을 비교 조사하였다.

재료 및 방법

실험곤충 및 사육

실험곤충은 국내 뒤영벌 생산업체 중 3개 회사(KD사, KG사, KS사로 표기)에서 판매하고 있는 서양뒤영벌(*B. terrestris*)과 유럽의 대표적인 뒤영벌 생산업체중 현재 우리나라에 가장 많이 수입되고 있는 2개 회사(EB사, EK사로 표기)에서 생산한 서양뒤영벌을 구입하여 실험에 사용하였다(Fig. 1 and 2). 실험곤충 사육은 Yoon *et al.*

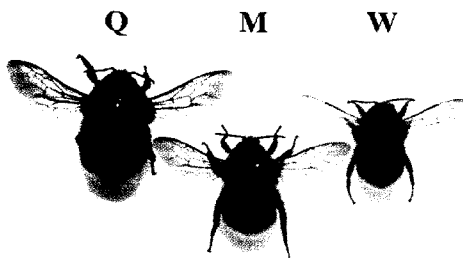


Fig. 1. The queen (Q), male (M), and worker (W) of the bumblebee, *Bombus terrestris*.

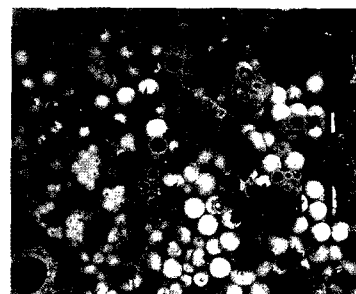


Fig. 2. Colony of the bumblebee, *B. terrestris*.

(2002)등의 방법에 준하였고, 탄산가스처리한 여왕벌은 농촌진흥청 농업과학기술원 농업생물부에서, 인공월동 처리한 여왕벌은 경북잡사곤충사업장에서 사육하였다.

뒤영벌 생산업체별 창설여왕벌이 생산한 일벌과 여왕벌 조사

국내 3개의 뒤영벌 생산업체(KD사, KG사, KS사)와 국외 1개의 업체(EK사)에서 각각 5봉군을 구입하여 실험에 사용하였다. 위의 방법처럼 실내 사육하여 생산된 일벌수와 여왕벌수를 업체별로 비교 조사하였다.

탄산가스처리에 의한 국내외 뒤영벌 생산업체별 서양뒤영벌의 봉세발달 비교

뒤영벌 생산업체별로 각각 5봉군을 구입하여 출현한 2세대 여왕벌을 교미시킨 후 탄산가스 처리로 휴면을 제지한 후(Yoon et al., 2003), 실험곤충으로 사용하였다. 국내 3개 회사 및 국외 1개 회사 총 4개 회사(국내 KD사, KG사, KS사, 국외 EK사)별로 각각 100마리씩 공시하였다. 여왕벌과 산란촉진자를 동시에 산란상자에 투입하여 사육을 개시한 후(Yoon and Kim, 2002), 산란율, 산란전 기간, 봉군형성률, 신여왕벌출현봉군율, 일벌수 및 여왕벌수 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 et al., 2004), 산란성 조사 대상에서부터 제외시켰다. 봉군형성률은 일벌이 50마리 이상 출현한 봉군을 백분율로 계산하였다.

인공월동에 의한 국내외 뒤영벌 생산업체별 서양뒤영벌의 봉세발달 비교

뒤영벌 생산업체별로 각각 10봉군에서 출현한 2세대 여왕벌을 펠라이트 등 보습제가 채워진 보관병속에 여왕벌을 넣고, 이 보관병을 보습제가 채워진 월동용 상자에 묻어 80%이상의 습도를 유지하면서, 2.5℃에 12주간 여왕벌을 보관하였다(Yoon, 2003). 국내 3개 및 국외 2개 회사 총 5개 회사(국내 KD사, KG사, KS사, 국외 EB사, EK사)별로 각각 100마리의 여왕벌을 공시하였고, 조사내용 및 방법은 탄산가스처리와 같다.

본 실험의 통계분석은 ANOVA Tukey's pairwise comparisons test 및 Chi-square test (Minitab Inc. 2000)를 사용하였다.

결과 및 고찰

국내 및 국외 뒤영벌 생산업체별 창설여왕벌의 성충 출현수 비교

국내 3개의 뒤영벌 생산업체와 국외 1개의 업체에서 구입한 서양뒤영벌 봉군을 가지고 실내 사육하여 생산된 일벌수와 여왕벌수를 비교 조사하였다(Fig. 3). 일벌수의 경우, 국외 EK사가 270.8마리로 가장 많았고, 그 다음이 국내 KG사, KS사 순으로 각각 261.8마리와 240.6마리였으며, 국내 KD사가 232.4마리로 가장 적었으나 통계적 유의차가 없었다($F=0.73$, $df=3, 16$, $P=0.550$). 여왕벌수 역시 62.0-181.8마리로, 국외 EK사가 181.8마리로, 국내 KG사보다 2.9배 많았으나 통계적으로 유의성이 없었다($F=0.77$, $df=1, 8$, $P=0.406$). 여왕벌수가 생산업체간에 2배 이상의 차이가 있음에도 불구하고 유의성이 없는 이유는 봉군 당 생산되는 여왕벌수의 편차가 상당히 심하기 때문인 것으로 생각된다.

탄산가스처리에 의한 뒤영벌 생산업체별 서양뒤영벌의 봉세발달 비교

뒤영벌 생산업체별로 출현한 2세대 여왕벌을 탄산가스 마취로 휴면을 제지시킨 후 사육하면서 여왕벌의 산란율, 봉군형성률 및 신여왕출현봉군율을 조사하였다(Fig. 4).

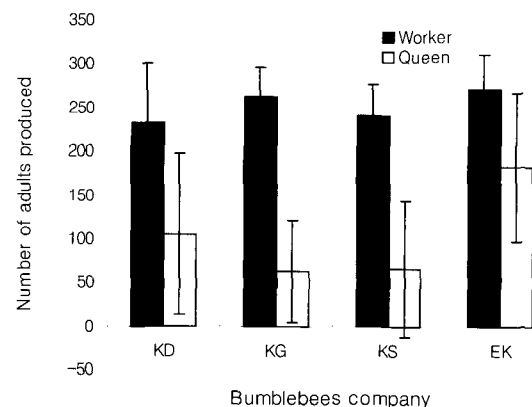


Fig. 3. The number of worker and queen produced from the foundation queen of *B. terrestris* at different bumblebees companies. There were no significant differences in the number of adults produced in different bumblebees company at $P=0.05$ by ANOVA Tukey's pairwise comparisons test. Five colonies were allotted to survey number of worker and queen produced from the foundation queen.

산란율은 국내 KS사가 92.5%로 가장 높았으며 그 다음이, KD사 86.6%, KG사 84.6% 순이었고, 국외 EK사가 81.8%로 가장 낮았으나 통계적 유의차는 없었다($\chi^2 = 5.387$, $df = 3$, $P = 0.146$). 일벌이 50마리 이상 출현한 봉군형성률은 국내 KS사가 49.5%로 가장 높았으며 그 다음이, KD사 38.1%, 국외 EK사가 37.9%, 국내 KG사는 25.3%로 통계적으로도 유의성을 나타내었다($\chi^2 = 13.601$, $df = 3$, $P = 0.004$). 신여왕벌출현봉군을 역시 봉군형성률과 같은 경향으로, 국내 KS사가 43.0%로, 국내 KS사보다 2.2배, 국외 EK사보다는 1.4배나 높아 통계적으로 유의차가 확인되었다($\chi^2 = 12.673$, $df = 3$, $P = 0.005$). 이상의 우수봉군의 지표가 되는 산란율, 봉군형성률, 신여왕출현봉군을 등 봉세발달로 볼 때 국내에서 생산된 서양뒤영벌이 유럽에서 생산된 서양뒤영벌보다 우수한 것으로 나타났으며, 국내 생산업체간에도 다소의 차이가 있었다.

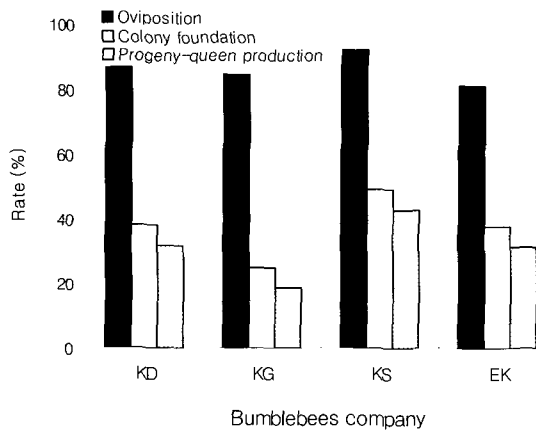


Fig. 4. Comparison of colony development in CO₂-treated *B. terrestris* queens at different bumblebees companies. For the statistical analysis, Chi-square test was used for each developmental stage: $\chi^2 = 13.601$, $P < 0.05$ for colony foundation; $\chi^2 = 12.673$, $P < 0.05$ for progeny-queen production. One hundred queens were allotted for colony development of queen in different bumblebees companies.

뒤영벌 생산업체별 산란전기간과 봉군형성소요일수를 조사한 결과(Fig. 5), 산란전기간은 국외 EK사가 12.0일로 가장 짧았으며, 가장 늦은 국내 KG사의 15.5일보다 3.5일나 빨리 산란함으로서, 유의성이 인정되었다($F = 3.42$, $df = 3$, 318 , $P = 0.018$). 봉군형성소요일수는 국내 KD사, KS사, 국외 EB사가 51.6-52.7일 사이인데 반하여 국내 KG사 57.1일로서 4.4-5.5일 늦었으나 통계적 유의차는 없었다($F = 1.83$, $df = 3$, 130 , $P = 0.144$).

국내의 뒤영벌 생산업체별 서양뒤영벌에 대한 봉군당 생산된 일벌수, 여왕벌수 및 여왕벌 수명을 조사하였다 (Table 1). 일벌수는 139.4-158.5마리로 생산업체간에 큰 차이가 없었으나($F = 1.10$, $df = 3$, 119 , $P = 0.351$), 신여왕벌수는 유럽 EK사가 108.9마리로 가장 많았고 그 다음이 국내 KS사, KD사, KG사 순으로 각각 90.4마리, 83.8마리 및 48.9마리였으며, KG사는 유럽 EK사보다 2.2배나 적게 출현하여 국내외 뒤영벌 생산업체간의 차이가 있음이 확인되었다($F = 3.51$, $df = 3$, 102 , $P = 0.018$). 이러한

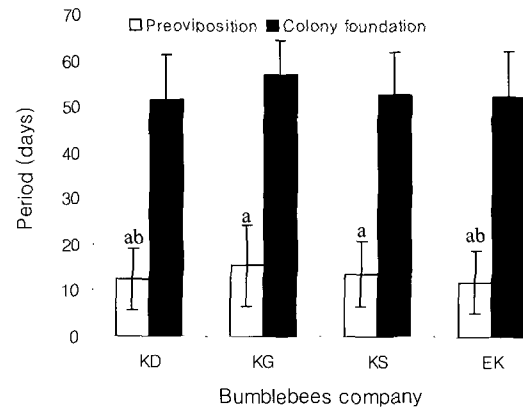


Fig. 5. Comparison of period of preoviposition and colony foundation in CO₂-treated *B. terrestris* queens at different bumblebees companies. There was significant difference in preoviposition period at $P = 0.05$ by ANOVA Tukey's pairwise comparisons test.

Table 1. Number of adults produced from CO₂-treated *B. terrestris* queens at different bumblebees companies

Bumblebees Company	Number of adults produced				n ^a	Longevity of foundation queen ^b (days)
	n ^a	Worker ^b	n ^a	Queen ^b		
KD	35	148.0±61.3	29	83.8±64.4 abc	51	97.4±32.1 ac
KG	20	140.1±41.3	20	48.9±51.5 ab	45	87.3±26.7 abc
KS	36	139.4±39.8	32	90.4±53.0 abc	54	90.1±24.3 ab
EK	32	158.5±39.7	32	108.9±67.0 ac	44	104.1±31.3 a

^a n means the number of colony surveyed.

^b The figures stand for means±SD.

^c There were significant differences in number of adults produced and longevity of foundation queen at $P = 0.05$ by Tukey's comparison test.

결과는 생산업체별로 구입해서 사육한 창설여왕벌봉군에서 출현한 일벌 및 여왕벌수에서와 비슷한 경향을 보였다 (Fig. 3). 단지 2세대 여왕벌에서 출현한 일벌 및 여왕벌수가 창설여왕벌 봉군에서 생산된 수보다 적은 이유는 인공 월동한 것이 아니라 탄산가스를 처리했기 때문인 것으로 생각된다.

탄산가스처리한 2세대 창설여왕벌의 수명은 87.3-104.1 일로 생산업체간에 차이가 있었다($F=3.42$, $df=3$, 196 , $P=0.018$). 여왕벌 수명이 다른 뒤영벌 생산업체들 보다 3-17일 정도 짧은 국내 KG사의 경우, 산란율, 봉군형성률 및 신여왕벌출현율 등 봉세발달이 다소 낮고, 일벌 및 여왕벌수가 적었는데(Fig. 4 and Table 1), 이는 여왕벌의 수명과도 관련이 있는 것으로 생각된다.

이상의 결과를 요약하면 탄산가스처리로 휴면을 제지시킨 후 사육한 2세대 서양뒤영벌의 경우, 산란율, 봉군형성률, 신여왕벌출현율 등 봉세발달은 국내업체에서 생산한 서양뒤영벌이 유럽산보다 우수한 것으로 나타났으며, 국내 업체간에도 다소 차이가 있었다. 반면에 화분매개에 중요한 일벌수와 계대사육에 필요한 여왕벌수는 국외 뒤영벌 생산업체에서 생산한 서양뒤영벌에서 다소 많은 것으로 나타났다. 이와 같은 결과를 볼 때 국내업체에 따라서 약간의 차이는 있기는 하였지만, 국내 2개 회사와 국외 1개 회사에서 생산한 서양뒤영벌의 봉세에는 뚜렷한 차이가 없는 것으로 보인다.

일반적으로 탄산가스처리시 봉세발달이 저조한 데 반하여(Yoon *et al.*, 2003), 위의 실험에서는 뒤영벌 생산업체간에 다소 차이는 있기는 하지만 봉군형성률이 25.3-

49.5%, 신여왕벌출현봉군율이 18.7-43.0%로 인공월동 처리한 여왕벌과 같은 수준으로 상당히 높아 탄산가스처리를 이용해서 휴면을 제지하는 방법도 상업적으로 이용이 가능하지 않을까 생각이 되지만, 추가적인 반복 실험이 필요하다고 판단되어진다.

인공월동에 의한 뒤영벌 생산업체별 서양뒤영벌의 봉세발달 비교

뒤영벌 생산업체별로 출현한 2세대 여왕벌을 2.5°C에서 12주 동안 인공월동 처리한 후 생존율을 조사한 결과(Fig 6), 국외 EK사가 95.7%로 가장 높았으며, 그 다음이 국내 KD사, KG사, KS사 순으로, 각각 90.5%, 82.5%, 76.1%이었으며, 국외 EB사는 68.5%로 가장 낮았다. 생산업체별 냉장 후 생존율을 ANOVA Tukey's pairwise comparisons test로 분석한 결과, 고도의 유의성이 인정되어($F=7.54$, $df=4$, 20 , $P=0.001$), 뒤영벌 생산업체간에 차이가 있음이 판명되었다. 일반적으로 호박벌과 서양뒤영벌을 인공적으로 월동시킬 경우, 5°C에서 4개월 이상 보관하는데 (Beekman *et al.*, 1996; Duchateau *et al.*, 1994; Holm, 1972; Ono, 1997), 본 실험에서는 Yoon (2003)의 결과에 따라서 2.5°C에서 12주간 냉장처리하여 인공월동시켰다.

업체별로 출현한 여왕벌의 산란율, 봉군형성률 및 신여왕벌출현봉군율 등 봉세발달을 조사하였다(Fig. 7). 산란율은 국외 EK사가 94.7%로 가장 높았으며 그 다음이, 국내 KS사, KD사, KG사 순으로 각각 93.3%, 90.0%, 86.7%이었고, 국외 EB사가 84.6%로 생산업체중에서 가장 낮았으

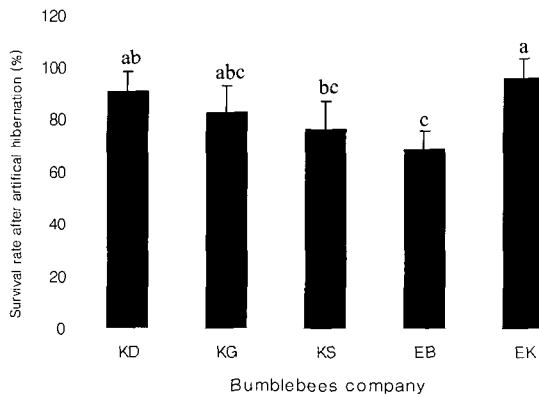


Fig. 6. Comparison of survival rate in artificially hibernated *B. terrestris* queens at different bumblebees companies. The temperature and period for artificial hibernation were 2.5°C and 12 weeks, respectively. There was significant difference in survival rate of queen in different bumblebees companies at $P=0.001$ by ANOVA Tukey's pairwise comparisons test.

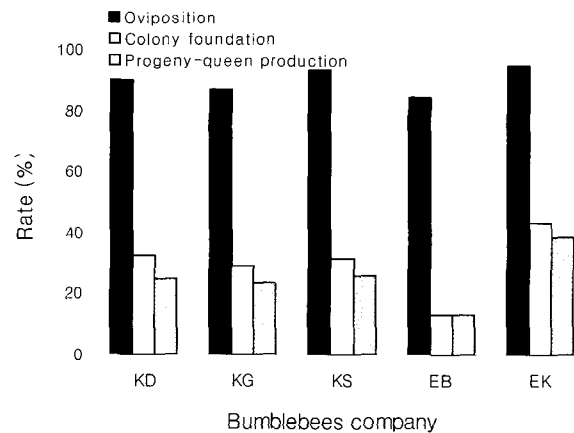


Fig. 7. Comparison of colony development in artificial hibernated *B. terrestris* queens at different bumblebees companies. There were no significant difference in colony development of queen in different bumblebees companies at $P=0.05$ by Chi-square test.

나 통계적 유의차는 없었다($\chi^2 = 5.387$, $df = 3$, $P = 0.146$). 봉군형성률 역시 국외 EK사가 43.3%로 가장 높았으며 그 다음이, 국내 KD사, KS사, KG사 순으로 29.0-32.2%이었고, 국외 EB사는 13.3%로 상당히 낮은 봉군형성률을 보였으나 이 역시 산란율처럼 통계적 유의차는 없었다($\chi^2 = 6.603$, $df = 4$, $P = 0.158$). 신여왕벌출현봉군율을 또한 산란율 및 봉군형성률과 같은 경향으로, 국외 EK사가 38.7로 가장 높았으며 그 다음은 국내 뒤영벌 업체 KS사, KD사, KG사 순으로 23.3-25.8%이었고, 국외 EB사는 13.3%로 상당히 낮았음에도 불구하고 유의차는 없었다($\chi^2 = 5.186$, $df = 4$, $p = 0.259$). 이상의 업체별로 생산된 여왕벌을 인공월동 후 사육하여 조사한 산란율, 봉군형성률, 신여왕출현봉군율을 등 봉세발달로 볼 때 국내 3개 업체간에 큰 차이는 없으나 KS사가 다소 낮은 봉세발달을 보였다. 유럽의 2개 업체에서 생산된 뒤영벌의 봉세발달은 생산업체간에 상당한 차이가 있었으며, 성적이 우수한 EK사는 국내 KS사, KD사와 비슷한 성적을 보였다. 이러한 결과로 볼 때 인공월동 후 사육한 경우에도, 뒤영벌 생산업체간에 다소의 차이는 있었지만 국내 업체에서 생산된 뒤영벌이 유럽산에 뒤지지 않음을 알 수 있었다.

Literature Cited

- 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.
- Buchmann, St. L. and J.P. Hurley. 1978. A biophysical model for buzz pollination in angiosperms. J. Theor. Biol. 72: 639-657.
- Dafni, A. 1998. The threat of *Bombus terrestris* spread. Bee World 79: 113-114.
- 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.
- Heinrich, B. 1979. Bumblebee economics. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Holm, S.V. 1972. Weight and life length of hibernating bumblebee queens (Hymenoptera: Bombidae) under controlled conditions. Ent. Scand. 3: 313-320.
- Iwasaki, M. 1995. Introduction of commercial bumblebees into Japan. Honeybee Sci. 16: 17-21.
- 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 ecosystem by pests and beneficial organisms NIAES, Ministry of Agr., Forestry and Fisheries, Japan, Tsukuba, Japan. pp. 242-252.
- 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. 2003. The method of artificial hibernation of the bumblebee, *Bombus ignitus*. The Res. & Exten. 44: 17-19.
- Yoon, H.J., S.E. Kim, S.B. Lee and I.G. Park. 2003. Effect of CO₂-treatment on oviposition and colony development of the bumblebee, *Bombus ignitus*. Korean J. Appl. Entomol. 42: 139-144.
- Yoon, H.J., S.E. Kim, Y.S. Kim and S.B. Lee. 2004. Colony developmental characteristics of the bumblebee, *Bombus ignitus*. by the first oviposition day. Int. J. Induct. Entomol. 8: 139-143.

(Received for publication January 8 2008;
accepted February 16 2008)