

한국산 호박벌 (*Bombus ignitus* Smith)의 생태적 특성Ecological Characteristics of *Bombus ignitus* Smith in Korea윤형주 · 마영일 · 이만영 · 박인균 · M. Bilinski¹Hyung-Joo Yoon, Young-Il Mah, Man-Young Lee,
In-Gyun Park and Mieczyslaw Bilinski¹

Abstract – Queens of Korean native bumblebee species, *Bombus ignitus* were collected from the field in the spring of 1998 to investigate their ecological characteristics and reared under the laboratory conditions; $30 \pm 1^\circ\text{C}$, $55 \pm 5\%$ of relative humidity and darkness. As a result, 94.4% of the queens laid eggs in 6.00 ± 2.41 days after the field collection. The first worker and the first drone from the egg cell of the collected queens appeared in 18.90 ± 1.16 and 68.96 ± 3.94 days, respectively. In the colony foundation, 86.1% of the collected queens founded their colony, and 96.8% of them produced new queens in 71.14 ± 6.88 days. The life span of the colony-founded queen covered for 86.90 ± 24.35 days, whereas that of non-colonized queen for 15.67 ± 7.37 days. One colony sized as big as 987.82 ± 145.84 in number, composing of workers (188.79 ± 18.23), drones (691.10 ± 159.24) and queens (107.93 ± 47.48). Copulation lasting time of queen and drone took 23.00 ± 7.33 minutes in average. In a new queen emergence, there were two patterns; single peak type of new queen emergence in 12.31 ± 6.95 days and two peaks type of it in 74.00 ± 17.61 days. The number of eggs per egg cell of new queen averaged as 8.86 ± 4.00 grains and an egg period covered 3 days after oviposition. An egg cell sized as 7.15 ± 0.88 mm in a width, 7.79 ± 1.11 mm in a length and 3.33 ± 0.23 mm in a height. An egg shaped as banana and sized as 1.22 ± 0.09 mm in a width and as 3.51 ± 0.21 mm in a length, weighing as 2.70 ± 0.30 mg.

Key Words – *Bombus ignitus*, Oviposition rate, Longevity, Colony foundation, Copulation habit

초 록 – 국내 서식종 호박벌 (*Bombus ignitus*)의 생태적 특성을 조사하기 위하여, 호박벌의 여왕벌을 야외에서 채집하여 온도 $30 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 $55 \pm 5\%$ 및 암조건 하에서 실내사육하였다. 채집된 여왕벌의 산란율은 94.4%이었고, 채집 후 산란시기는 6.00 ± 2.41 일이었다. 산란된 알로부터 첫 일벌 출현은 18.90 ± 1.16 일에, 첫수벌 출현은 68.96 ± 3.94 일이었다. 채집된 여왕벌의 봉군형성율은 86.1%이었고, 봉군을 형성한 채집 여왕벌 중에서 새여왕벌의 출현율은 96.8%였으며, 새여왕벌의 출현일은 71.14 ± 6.88 일이었다. 채집 여왕벌의 생존일수는 봉군을 형성한 여왕벌의 경우에 86.90 ± 24.35 일이었으며, 봉군을 형성하지 않은 여왕벌은 15.67 ± 7.37 일로 나타나, 봉군을 형성하는 여왕벌이 봉군을 형성하지 않는 여왕벌보다 약 5.5배 정도 수명이 길었다. 봉군의 크기를 조사한 결과, 일벌수는 188.79 ± 18.23 마리, 수벌수는 691.10 ± 159.24 마리, 여왕벌수는 107.93 ± 47.48 마리로 전체 봉군의 크기는 987.82 ± 145.84 마리였다. 여왕벌의 출현기간을 조사한 결과, 12.31 ± 6.95 일의 단기형과 74.00 ± 17.61 일의 장기형의 2가지 형태가 나타났으며 이의 비율은 1:0.93이었다. 여왕벌과 수벌의 교미시간은 평균 23.00 ± 7.33 분이었다. 여왕벌이 산란한 난피의 크기는 단경 7.15 ± 0.88 mm, 장경 7.79 ± 1.11 mm, 높이는 3.33 ± 0.22 mm이었다. 난피당 난의 수는 평균 8.86 ± 4.00 개였으며, 난기간은 산란 후 3일이었다. 난의 크기는 단경 1.22 ± 0.09 mm, 장경 3.51 ± 0.21 mm로써 바나나형이며, 무게는 2.70 ± 0.30 mg이었다.

검색어 – 호박벌, 산란율, 수명, 봉군형성, 교미습성

농촌진흥청 농업과학기술원 잠사곤충부 (Department of Sericulture & Entomology, The National Institute of Agricultural Science & Technology, RDA, Suwon 441-100, Korea)

¹ 폴란드 국립화훼연구소 (Division of Apiculture, The Research Institute of Pomology and Floriculture, Pulawy, Poland)

뒤영벌은 전세계적으로 약 300여종이 보고되고 있으며 (Hannan *et al.*, 1998; Prys-Jones and Corbet, 1991), 국내에서는 25종이 서식하고 있는 것으로 보고되고 있다 (The Entomological Society of Korea and Korean Society of Applied Entomology, 1994). 뒤영벌은 꿀벌과 마찬가지로 사회성 곤충으로 여왕벌, 일벌, 수벌 등으로 봉군을 형성한다 (Free, 1993). 뒤영벌의 생활사는 1년 1세대를 거치며, 가을에 교미를 한 여왕벌만 월동한다. 다음해 봄 새집을 만들기 적합한 장소를 찾은 후, 화밀과 화분을 채취하여 꿀단지를 만들고 산란한다. 첫째의 일벌이 출현하게 되면서 여왕벌은 산란에 집중하며, 이 우화일벌들이 육아를 담당하기 시작하면 빠른 속도로 번식하여, 2~3개월내 큰 봉군을 형성하고, 가을철에 많은 수벌과 새여왕벌을 생산한 후, 교미한 여왕벌만 월동하는 생활사를 갖는 것으로 알려져 있다 (Heinrich, 1979).

한편 유럽과 북아메리카에서는 뒤영벌의 야외형성 봉군의 실내정착 (Fye and Medler, 1954; Plowright and Jay, 1977; Heinrich, 1979), 생활사 (Katayama, 1971, 1973), 사육방법 (van den Eijnde *et al.*, 1991; Griffin *et al.*, 1991; Ptacek, 1991), 봉군형성 (Duchateau, 1991; Gretenkord and Drescher, 1997; Yeninar and Kafanogls, 1997), 여왕벌과 일벌의 산란생리 (Duchateau *et al.*, 1994; Duchateau and Velthuis, 1989), 먹이원 (Hannan *et al.*, 1998) 등 다양한 연구가 일찍이 활발히 이루어져 왔다. 또한 근래 시설재배 기술의 발달로 작물의 화분 매개곤충의 중요성이 부각되면서, 유럽을 비롯하여 미국, 캐나다에서 이의 실용화에 대한 연구가 활발하게 이루어져, 1987년부터 유럽의 네델란드 및 벨지움에서 이를 상품화하게 되었다. 이에 우리나라에서도 동계 시설재배작물의 다양화 및 재배면적의 확대에 이의 수요가 급증하고 있으며, 이를 위하여 국외로부터 많은 양이 수입되고 있다. 따라서 최근 농촌진흥청 농업과학기술원 잠사곤충부에서 국내자생 뒤영벌의 개발 이용에 대한 연구가 진행되고 있다 (Mah, 1997; Yoon *et al.*, 1998). 그러나 국내종의 뒤영벌에 대한 분포 및 분류에 대한 보고 (Kim, 1980; Lee *et al.*, 1996)는 일찍부터 이루어져 왔으나 이에 대한 생리·생태에 관한 연구는 전무하다.

따라서 본 실험은 국내 서식 뒤영벌 중 실내사육이 용이하고 봉군을 크게 형성하는 것으로 알려진 호박벌 (*Bombus ignitus* Smith)의 연중 사육체계 확립을 위한 기초연구로서, 야외채집 호박벌 여왕벌을 실내사육하면서 호박벌의 생태적 특성을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 공시충 채집

공시충 호박벌 (*Bombus ignitus* Smith)은 1998년 4월 경기도 작약도와 강원도 정선에서 주로 현호색꽃에 방화하는 여왕벌을 포충망으로 채집하였다. 채집된 여왕벌은 50%의 꿀풀이 주입된 플라스틱용기 (7×7×5 cm)를 이용하여 운반하였다.

2. 공시충 사육

채집된 여왕벌은 산란유도용 (정착용) 종이상자와 사육용 종이상자를 이용하였다 (Yoon *et al.*, 1998). 산란유도용 종이상자 (10.5×14.5×10 cm)는 채집된 여왕벌을 실내에 정착시켜 산란을 유도하기 위한 것으로, 뚜껑에는 환기를 위하여 5.5×6.5 cm의 철망창을 만들었다. 종이상자의 아래쪽 옆면에는 화분단자를 쉽게 공급하기 위해 직경 2cm의 구멍을 만들어 사용하였고, 사육상자안에는 산란을 쉽게 하기 위하여 직경 5cm의 Petridish를 넣어 그 안에 화분단자를 넣어 주었다. 첫째의 일벌이 출현하면 사육용상자 (21×21×15 cm)로 옮겨서 사육을 행하였고, 사육용상자의 구조는 산란용상자와 동일하게 만들었다.

먹이는 60%의 꿀풀과 화분단자를 공급하였다. 화분단자는 농업과학기술원 잠사곤충부 양봉장에서 매일 채취한 신선화분을 60%의 꿀풀로 혼합하여 사용하였다. 꿀풀은 조류급이기 (3×14 cm, 60 ml 용량의 원통 플라스틱)에 넣어서 급이하고, 화분단자는 난피 가까이 주었다. 먹이는 주 3회 신선한 것으로 바꾸어 주었다. 실내사육은 30±1°C, 55±5% 상대습도 및 암조건인 항온실에서 행하였다.

호박벌의 교미는 농업과학기술원 잠사곤충부 양봉장 야외망실에서 교미용상자 (55×65×40 cm)에 출현 후 5일째의 새여왕벌과 적정수의 수벌을 넣고 교미를 시켰다 (Yoon *et al.*, 1998). 교미상자안에는 화분단자와 꿀풀 등을 공급하였고, 상자바닥의 뒷부분에는 여왕벌이 숨을 수 있는 공간을 주기 위하여 부엽토를 가지고 둔덕을 만들어 주었으며, 매일 호박벌 여왕벌과 수벌의 교미행동을 관찰하였다.

3. 호박벌의 특성 조사

호박벌의 특성을 알아보기 위하여, 채집된 호박벌의 여왕벌 중 37마리를 임의로 선정하여, 산란일, 봉군의 형성 여부 및 크기, 생존일수, 산란된 알로부터 성충 출현일, 새 여왕벌의 육아방의 크기, 난피당 난의 수 및 난의 크기 등을 조사하였다. 산란일은 채집한 여왕벌을 사육하기 시작하여 처음으로 산란한 날짜를 기준으로 계산하였고, 채집된 여왕벌의 생존일수는 채집 일로부터 죽을 때까지의 일수로, 일벌의 생존일수는 일벌 첫 출현일에서 죽을 때까지의 일수로 계산하였다. 일벌, 수벌, 새 여왕벌의 출현일수는 채집 여왕벌의 산란일을 기점으로 하여 일벌, 수벌, 새 여왕벌이

Table 1. Days for oviposition and emergence of adult bees, and longevity of worker of *B. ignitus* collected from the field in 1998

Number of queen tested	The starting date of oviposition (days)	The first emergence of each caste (days)			Untile emergence of 50 workers (days)	Longevity of worker (days)
		Worker	Drone	Queen		
37	6.00±2.41	18.90±1.16	68.96±3.94	71.14±6.88	48.50±4.94	40.64±5.74
Range	2~10	18~22	60~74	61~80	42~68	30~50

첫 출현할 때까지의 일수로 산정하였다. 봉군형성율은 성충벌이 출현하는 봉군을 백분율로 계산하였으며, 봉군의 크기는 일벌, 수벌, 여왕벌의 수로 측정하였다. 여왕벌의 교미시간은 여왕벌과 수벌이 교미를 시작하여 교미를 마치는 시간으로 계산하였다. 또한 새 여왕벌이 만든 육아방의 크기, 난괴당 난의 수 및 난의 크기를 측정하였다.

결과 및 고찰

채집한 호박벌 여왕벌 37마리를 온도 30±1°C, 상대습도 55±5%의 실내에서 암조건으로 사육하면서 산란일, 첫 일벌, 수벌, 새 여왕벌이 출현할 때까지의 소요일수와 채집 여왕벌의 생존일수를 조사한 결과, 채집 호박벌 여왕벌의 첫 산란일은 평균 6.00±2.41일로, 빠른 것은 채집 2일째부터 산란을 시작한 개체도 있고, 늦은 개체는 채집 후 10일째 산란하는 것도 있었다(표 1). 이들 산란군으로부터 성충벌이 출현한 봉군형성군의 산란일은 5.94±2.46일, 단지 산란만하고 성충이 출현하지 않은 미봉군형성군의 산란일은 6.67±2.08일로서, 봉군형성군의 경우 미봉군형성군보다 약 1일정도 빨리 산란을 하였다(표 2). 또한 산란된 알로부터 성충 출현일수를 조사한 바(표 1), 첫 일벌 출현일수는 산란 후 18.90±1.16일이었고, 일벌이 50마리 될 때까지의 일수는 48.50일이었으며, 일벌의 수명은 40.64일이었다. 첫 수벌 출현일수는 첫 일벌 출현일수보다 50일 정도 늦은 68.96±3.94일이었다. 새 여왕벌의 출현일수는 71.14±6.88일로서, 61일에서 80일 사이에 출현하여 일벌보다는 52일, 수벌보다는 2일정도 늦게 출현하였다. 일반적으로 뒤영벌의 경우, 첫 일벌은 첫 산란 후 16~25일 사이에 출현한다는 보고(Heinrich, 1979)와 일치하였다. 출현한 여왕벌, 일벌 및 수벌은 체색과 크기에 의해 쉽게 육안으로 구분되어졌다(그림 1).

채집 여왕벌의 생존일수는 봉군을 형성한 여왕벌의 경우에는 86.90±24.35일, 봉군을 형성하지 않은 여왕벌의 생존일수는 15.67±7.37일로 나타나, 봉군을 형성하는 여왕벌이 봉군을 형성하지 않은 여왕벌보다

Table 2. Days required for the first oviposition of the queen of the non-colony foundation and colony foundation of *B. ignitus* collected from the field in 1998

Number of queen tested	Oviposition (days)	
	non-colony foundation ¹⁾	colony foundation
34	6.67±2.08	5.94±2.46

¹⁾ Only egg laying and no emergence of adult bees

Table 3. The longevity of queen of the non-colony foundation and colony foundation of *B. ignitus* collected from the field in 1998

Number of queen tested	The longevity of queen (days)	
	non-colony foundation	colony foundation
34	15.67±7.37	86.90±24.35



Fig. 1. The queen (Q), worker (W) and drone (D) of *B. ignitus*.

약 5.5배 정도 수명이 길었다(표 3). 이러한 결과는 봉군형성 여부는 여왕벌의 월동조건과 여왕벌의 생존일수는 밀접한 관계가 있는 것으로 사료된다.

호박벌의 봉군의 크기를 살펴보면(표 4, 그림 2), 봉군당 평균 일벌수는 188.8마리였으며, 수벌수는 691.1마리로서 일벌수보다 3.7배 정도 많았다. 이와 같이 수벌수가 일벌수보다 많은 것은 창설여왕벌이 죽고

난 후 경쟁점 시기 이후에 일벌이 산란한 것은 전부 수필이었기 때문인 것으로 사료된다. 새로 출현한 여왕벌수는 평균 107.9마리로서 최저 2마리에서 최고 212마리로, 봉군의 창설 여왕벌 개체간에 변이가 상당히 컸으며, 일벌수보다는 1.8배, 수필수보다는 약

6.4배 적었다. 이는 좀뒤영벌에 있어서 여왕벌의 수는 일벌수보다는 2배, 수필수보다는 약 7배 적은 것과 같은 경향이었다(Yoon *et al.*, 1998). 그러나 한 봉군당 성충수는 평균 987.8마리로 봉군의 크기에 있어서는 중간에 현저한 차이를 나타내었다(Yoon *et al.*, 1998). 한편 채집 호박벌의 산란율, 일벌, 수필, 새 여왕벌의 출현율, 봉군형성율을 조사한 결과(표 5), 산란율은 94.4%, 봉군형성율은 86.1%였으며, 일벌과 수필의 출현율은 각각 100.0%였고, 새 여왕벌의 출현율은 96.8%로 상당히 높았다. 이는 본 시험의 사육방법이 채집 여왕벌의 실내정착과 산란유도에 적합하였기 때문으로 사료된다.

새 여왕벌의 출현 형태는 첫 출현에서부터 마지막 출현까지의 기간에 걸쳐 새 여왕벌의 출현이 일정 기간내에 한번 이루어지는 경우(단기형)와 새 여왕벌의 출현이 일정기간의 경과시간을 두고 2번 이루어지는 경우(장기형)로 나눌 수가 있었다(표 6). 단기형의 경우는 12.30±6.95일에 걸쳐서 새여왕벌이 출현한 반면, 장기형의 경우 새여왕벌은 74.00±17.61일에 걸쳐 출현하였다. 장기형의 경우, 첫 출현 시기의 14일동안 새 여왕벌이 출현한 후 32.91일 동안 전혀 여왕벌이 출현하지 않다가 다시 27.09일에 걸쳐서 출현하였다. 새 여왕벌의 첫번째 출현기간은 단기형의 경우 12.30일에 장기형의 경우 14.00일 사이에 이루어져 서로 큰 차이가 없었다. 조사 개체수 총 3,133마리의 여왕벌중 단기형은 1,286마리로 41.0%를 차지하였고, 장기형은 1,847마리로 59.0%를 차지하여 단기형과 장기형의 여왕벌의 출현 비율은 4:6이었다(표 7). 장기형의 경우 첫 번째 출현기간에 73%가 출현하였으며, 첫 번째 출현기간에 출현한 여왕벌의 수는 단기형에 서나 장기형간에 차이가 없었다.

Table 4. Colony size and height of nest of *B. ignitus*

Number of queen tested	Size of colony (Number)			
	Worker	Drone	Queen	Total
30	188.79	691.10	107.93	987.83
	± 18.23	± 159.24	± 47.48	± 145.84
Range	154~241	448~1,043	9~212	756~1,267



Fig. 2. Colony foundation of *B. ignitus*. Arrow indicates a pollen cake.

Table 5. Rates of oviposition, colony foundation and emergence of the adult bees of *B. ignitus* collected from the field in 1998

Number of queen tested	Oviposition (%)	Colony foundation (%)	Emergence of adult bees, in the colony (%)		
			Worker	Drone	New queen
36	94.4	86.1	100.0	100.0	96.8

Table 6. Emergence duration from the first to the last queen of colony of *B. ignitus*

Number of colony	One peak type (days)	Two peak type (days)				Ratio between one and two peaks type
		1st emergence	Interval	2nd emergence	Total	
29	12.31±6.95	14.00±6.03	32.91±8.96	27.09±16.53	74.00±17.61	1 : 0.93
Range	6~30	2~23	24~47	3~50	45~102	

Table 7. Number of one and two peaks type in emergence of queens of the colony of *B. ignitus*

Surveyed items	Total number of the queens tested (%)	One peak type (days)	Two peak type		
			Total	1st emergence ¹⁾	2nd emergence ¹⁾
Number of the queens (%)	3,133	1,286 (41.0)	1,847 (59.0)	1,350 (73.1)	497 (26.9)
Average number of queens per colony	108.33 ± 47.56	85.73 ± 37.06	131.93 ± 46.95	96.43 ± 50.27	35.50 ± 31.58

¹⁾ Percentage between 1st and 2nd emergence of queens in the long type

Table 8. Copulation lasting time of the new queen of *B. ignitus*

Number of queen tested	Copulation lasting time (min)	Range (min)
43	23.00 ± 7.33	10~38

Table 9. First egg cell sizes of *B. ignitus*

Number of egg cell tested	Sizes of egg		
	Width (mm)	Length (mm)	Height (mm)
20	7.15 ± 0.88	7.79 ± 1.11	3.33 ± 0.22

Table 10. Number of eggs per egg cell from the new queen of *B. ignitus*

Number of egg cell tested	Average number of eggs per egg cell	Range
37	8.86 ± 4.00	3~17

Table 11. Egg sizes of *B. ignitus*

Number of eggs tested	Sizes of egg		
	Width (mm)	Length (mm)	Height (mm)
71	1.22 ± 0.09	3.51 ± 0.21	2.70 ± 0.30



Fig. 3. Copulation of *B. ignitus*.

호박벌 여왕벌의 교미행동은 그림 3에서 보는 바와 같이 수벌이 처녀여왕벌의 복부 등쪽에 앉은 후, 다리를 이용 여왕벌의 흉부와 복부를 잡고 교미기를 삽입하여 교미가 이루어진다. 여왕벌의 교미시간은 평균 23.00 ± 7.33분이었다(표 8).

여왕벌이 산란한 첫 육아방의 크기는 단경 7.15 ± 0.88 mm, 장경 7.79 ± 1.11 mm, 높이 3.33 ± 0.22 mm이었다(표 9). 난괴당 난의 수는 평균 8.86개로, 3개에서 17개까지의 난이 들어 있었다(표 10). 난은 유백색의 바나나모양으로 난괴속에 수평으로 가지런히 산란한 것이 특징이었으며, 알기간은 산란 후 3일이었다(그림 4). 난의 크기는 단경 1.22 ± 0.09 mm, 장경 3.51 ± 0.21

mm, 무게는 2.70 ± 0.30 mg이었다(표 11). Katayama (1971)는 일본에 서식하고 있는 호박벌(*B. ignitus*)의 육아방의 크기는 폭이 6~7 mm, 높이는 4~6.5 mm의 편평한 원통형이라고 하였으며, 난괴당 난의 수는 2~13개로 수평방향으로 쌓여 있다고 보고하여 본 연구 결과와 유사한 경향이였다. 그러나 난 기간이 5~6일이라고 한 것(Katayama, 1973)과는 다소 차이가 있으나, 난 기간은 온도 등 환경요인으로 사료된다.

이상의 결과로 볼 때, 호박벌의 경우 봉군의 크기가 크고, 봉군형성율(86.1%)과 새 여왕벌 출현율(96.8%)이 아주 높아 실내사육에 의해 봉군형성이 가능하였으며, 국내 서식 뒤영벌종 중 화분매개에 이용될 수 있는 종으로 판단된다. 이러한 결과는 호박벌의 연중 계대사육 체계 확립의 기초자료로서 충분히 활용될 수 있다고 사료된다.

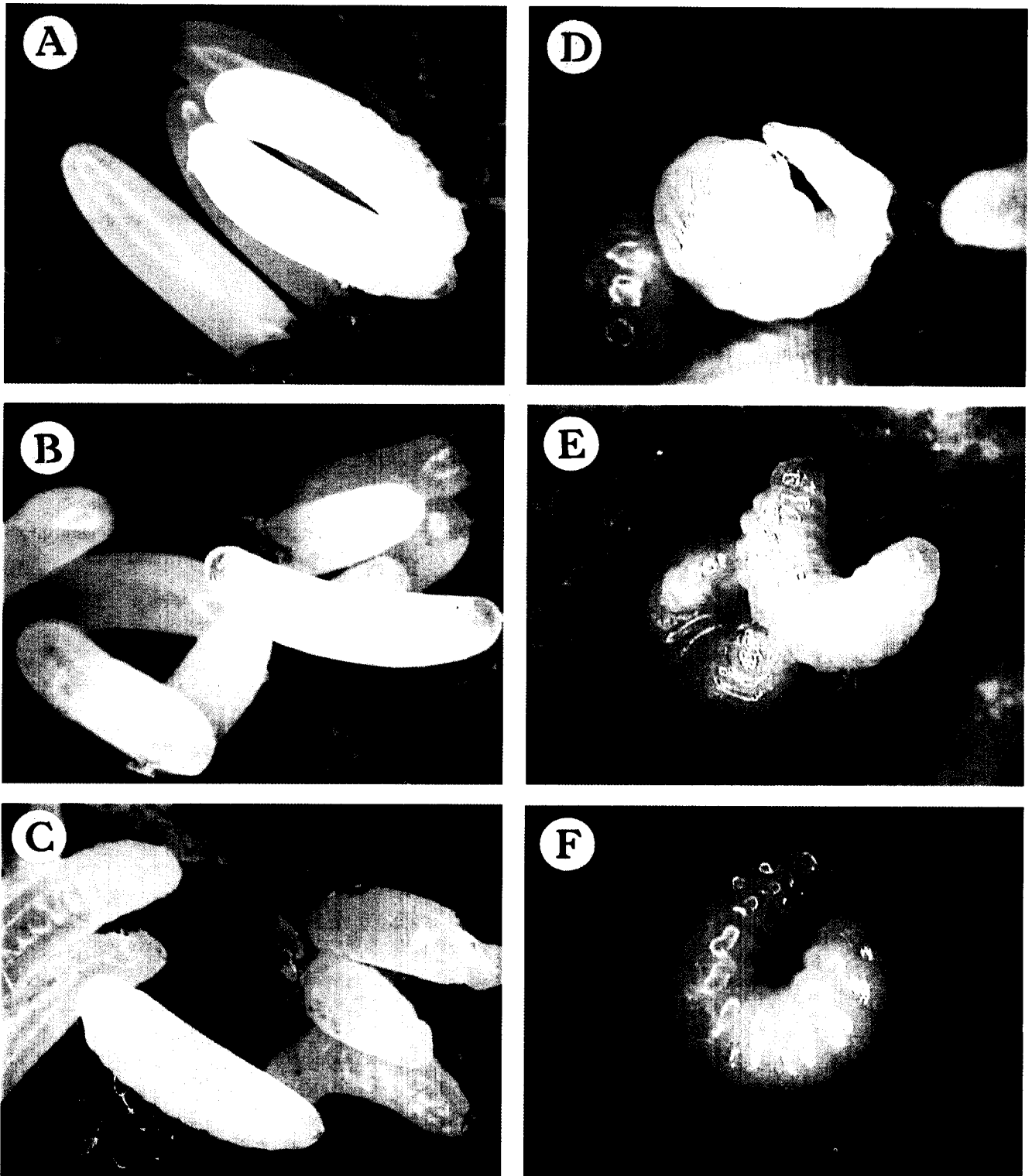


Fig. 4. Developmental stage of egg. A, Just oviposited; B, 1 day after oviposition; C, 2 days after oviposition; D, 3 days after oviposition; E, 1 day old larvae of the 1st instar; F, 2 days old larvae of the 1st instar.

인용문헌

- Duchateau, M.J. and H.H.W. Velthuis. 1989. Ovarian development and egg laying in workers of *Bombus terrestris*. Entomol. Exp. Appl. 51: 199~213.
- Duchateau, M.J. 1991. Regulation of colony development in bumblebees *Bombus terrestris*. J. Ethol. 7: 141~151.
- Duchateau, M.J., H. Hoshiba and H.H.W. Velthuis. 1994. Diploid males in the bumblebees. Acta Horticulturae 288: 139~143.
- Free, J.B. 1993. Insect Pollination of Crops. 2nd ed., Academic Press, London pp.684.
- Fye, R.E. and J.T. Medler. 1954. Field domiciles for bumblebees. J. Econ. Entomol. 47: 672~676.
- Gretenkord, C. and W. Drescher. 1997. Successful colony foundation and development of experimentally hibernated *Bombus terrestris* queens depending on different starting methods. Acta Horticulturae 437: 271~276.
- Griffin, R.P., R.P. Macfarlane and H.J. van den Ende. 1991. Rearing and domestication of long tongued bumblebees in New Zealand. Acta Horticulturae 288: 149~153.
- Hannan, M.A., Y. Maeta and K. Hoshikawa. 1998. Feeding behavior and food consumption in *Bombus (Bombus) ignitus* under artificial condition (Hymenoptera, Apidae). Entomological Science 1(1): 27~32.
- Heinrich, B. 1979. Bumblebee economics. pp. 207~213. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts, and London, England.
- Katayama, E. 1971. Observations on the brood development in *Bombus ignitus* (Hymenoptera, Apidae). I. Egg-laying habits of queens and workers. Kontyu 39: 189~203.
- Katayama, E. 1973. Observations on the brood development in *Bombus ignitus* (Hymenoptera, Apidae). II. Brood development and feeding habits. Kontyu 41: 203~216.
- Kim, C.W. 1980. A systematic reexamination of the bumblebees and guckoobees from Korea (Hymenoptera, Bombidae). Proc. Natl. Acad. Sci. Korea (Natural Science) 27(1): 43~81.
- Lee, S.B., Y.I. Mah, I.G. Park, H.J. Yoon, J.S. Kim and C.H. Kim. 1996. Observations of foraging plants and nest foundation of some domestic species of bumblebees (Hymenoptera, *Bombus* spp.) in artificial condition. Korean J. Apiculture 11(2): 90~98.
- Mah, Y.I. 1997. Utilization and prospect of pollinator. Korean J. Apiculture 12(2): 107~115.
- Plowright, R.C. and S.C. Jay. 1977. On the size determination of bumblebee castes (Hymenoptera, Apidae). Can. J. Zool. 55: 1133~1138.
- Prys-Jones, O.E. and S.A. Corbet. 1991. Bumblebees. Richmond Publ. Co. Ltd. England.
- Ptacek, V. 1991. Trials to rear bumblebees. Acta Horticulturae 288: 144~148.
- The Entomological Society of Korea, Korean Society of Applied Entomology. 1994. Check List of Insects from Korea. 269 pp. Kon-Kuk Univ. Press, Seoul.
- 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.
- Yeninar, H. and O. Kaftanoglu. 1997. Colony development of anatolian bumblebees (*Bombus terrestris*) under laboratory conditions. Acta Horticulturae 437: 277~281.
- Yoon, H.J., Y.I. Mah and M.Y. Lee. 1998. Some ecological characteristics of *Bombus ardens* Smith in Korea. Korean J. Apiculture 13(1): 35~42.

(1998년 12월 7일 접수, 1999년 6월 11일 수리)