

호박벌(*Bombus ignitus* Smith)의 봉군발육에 미치는 온도의 영향

이상범[†] · 마영일 · 배태웅*

농촌진흥청 농업과학기술원 잠사곤충부

* 동아대학교 생명자원과학대학

The Effect of Temperature on the Colony Development of *Bombus ignitus* Smith

Sang-Beom Lee[†], Young-Il Mah and Tae-Woong Bae*

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

*Department of Agricultural Biology, College of Natural Resources and Life Science,
Dong-A University, Pusan 604-714, Korea

Abstract

The queens of Korean native bumblebee species, *Bombus ignitus* were collected from the field in the spring of 1997 and reared under the various temperatures as 15°C ± 1°C, 20°C ± 1°C, 25°C ± 1°C, 30°C ± 1°C, 60% ± 5% of relative humidity and 14L : 10D, to investigate their ecological characteristics, as comparing with control(29°C ± 1°C, 60% ± 5% of relative humidity and red light). As a result, eggs were laid by foundation queen at 15°C, but they didn't hatched out while at 20°C eggs were laid by them and they hatched out. When a foundation queen laid eggs at 25°C and they all were hatched out and normally grown. Finally they were developed to the normal colony. *B. ignitus* worker survived for 77days at 20°C, about 69days at 25°C, about 68days at 30°C and about 63days at 29°C(control). The first brood workers emerged in 25-27days from the egg which a foundation queen laid. At the various temperatures, the captive queens stand to lay eggs in about 18days at 15°C, 15days at 20°C, 11days at 25°C, 11days at 30°C and 4days in control. The first worker and the first drone from the egg cell of the collected queens appeared in about 27days and 72days at 20°C, 26days and 88days in 25°C, 24days and 65days at 30°C, 25days and 71days in control, respectively. In colony foundation, 33% of the collected queen at 20°C and 25°C, 100% of the disposed queen at 30°C and in control, and 67% of them at 30°C and in control both produced new queens in 66days and 88days, respectively. The life span of the colony founded covered for about 3 months at 25°C, 30°C and in control. At lower temperatures, the life span of queen is shorter; 2 months at 15°C and 3months at 20°C, respectively. A colony which normally developed, varied in size with rearing temperatures; about 20heads at 20°C, 482heads at 25°C, 330heads at 30°C and 452heads in control. A foundation queen monthly oviposited 1.5egg cells at 15°C, 3.0egg cells at 20°C, 21.7egg cells at 25°C, 42.3egg cells at 30°C and 47.0egg cells in control. As a colony developed in June and July, egg

[†] Corresponding author

cells as well as daily average egg cells increased in number, as compared to those in May and August. Also, in June and July, interval(days) of egg laying is shorter than in May and August. Number of nectar pots during the colony development varied with rearing temperatures; 31pots at 25°C, 39pots at 30°C, 23pots in control. The emergence of new queen showed a distinctively different two patterns; early emerging type and late emerging type. Workers are rapidly increased from early in July to early in August at 25°C, but at 30°C and in control, emergence of workers are remarkably increased from the middle of June and last until July. No new queen emerged at 15°C, 20°C and 25°C. New queens at 30°C and in control emerged between late in June and early in July. Thus emergence of new queen was temperature dependent.

Key words – Bumblebee, *Bombus ignitus*, Foundation queen, Colony, First brood.

서 론

전세계적으로 약 300여 종이 알려져 있는 뒤영벌[11,22]은 국내에서는 25종이 분포한다고 보고된 바 있다[15,29]. Kim[15]은 남한에서는 25종 중 딱벌(*Psithyrus*) 2종을 포함하여 약 15종이 분포한다고 하였으나 Lee 등[19]은 국내종 실내사육을 위한 여왕벌 채집 조사에서 딱벌 1종을 포함한 6종이 분포한다고 하였다. 뒤영벌은 진사회성 곤충으로서 꿀벌과 같이 여왕벌, 일벌, 수벌로 구성되어 있다[7, 17,28].

뒤영벌은 Charles Darwin[2]에 의해 알려지게 된 이래 본격적인 연구는 19C 말 유럽에서 시작되었다. 그 후 야외 형성봉군의 실내정착[8,12,21], 생활사 및 사육방법[10,13,14, 23,31], 봉군형성[4,6,9,34], 먹이원[11] 그리고 여왕벌과 일벌의 산란생리[3,5] 등 다양한 연구가 일찍이 활발히 이루어져 약 150년 이상의 연구역사를 갖고 있다. 그리하여 벨기에(Belgium)의 Roland de Jonghe가 1986년에 최초로 대량증식법을 개발하는데 성공하였으며 또한 1987년에는 영국의 토마토(*Lycopersicon esculentum*) 재배지대에서 수분작용의 유효성을 입증하였다. 그 후 1988년에 Biobest사에서 이를 상품화하는데 성공하여 세계적으로 판매하게 되었다.

한편 국내 연구는 러시아인 Radoszkowski[24,25]에 의해 분포에 관한 연구가 시작되어 일제시대에는 러시아와 일본인 연구자에 의해 이어져 왔으며[1,18,27,30,32,33] 1950년 이후에는 주로 문공부와 한국자연보호협회에서 조사 의뢰한 학자들에 의해 뒤영벌의 분포가 조사되었다[15,16,26].

최근 우리나라에 있어서도 시설재배작물 다양화와 재배면적의 확대로 시설재배 작물의 화분매개곤충의 수요가 급증하고 있어 1994년부터 시설재배 토마토의 수분을 위

하여 서양뒤영벌(*B. terrestris*)이 네델란드, 벨지움으로부터 수입량이 급증하고 있는 실정이다. 그러나 이 서양뒤영벌은 모든 토종 동·식물들이 자연소모 및 소멸되는 것이 상식적인데도 불구하고 이 종은 원서식지인 남반부 대부분의 지역으로부터 그 서식지가 온난 건조한 북반구 등의 광대한 지역으로 서식지가 계속 증가되는 특이종으로 1992년 이후로 네델란드의 Ruijter 등에 의해 그 생리 생태가 연구 중에 있다. 이와 같은 뛰어난 환경적응성 때문에 토종 뒤영벌에게는 위협한 존재가 될 수 있다. 따라서 미국, 캐나다처럼 우리나라의 고유종을 개발 이용해야 할 필요성이 절실하다 하겠다. 이에 농촌진흥청 농업과학기술원 잠사곤충부에서 수년 전부터 국내종 뒤영벌의 개발 이용에 관한 연구를 시작한 이래 [19,20,35] 국내종 뒤영벌 중 실내사육과 계대사육이 용이한 것으로 선발된 호박벌(*B. ignitus*)의 주년 사육을 위한 체계를 확립 하기 위한 기초자료로서 야외채집 호박벌의 온도별 발육과 성장 및 봉군발달의 생태적 특성을 조사하였다.

재료 및 방법

공시충 채집

호박벌(*B. ignitus*) 여왕벌은 1997년 4월 30일부터 5월 1일까지 인천시 영흥도에서 현호색꽃에 방화하는 여왕벌을 포충망으로 채집하였으며 채집된 여왕벌은 50% 꿀물이 주입된 플라스틱용기(7×7×5cm, Fig. 1A)를 이용하여 운반하였다.

공시충 사육

채집된 여왕벌의 사육은 이미 보고된[19,35] 방법에 준

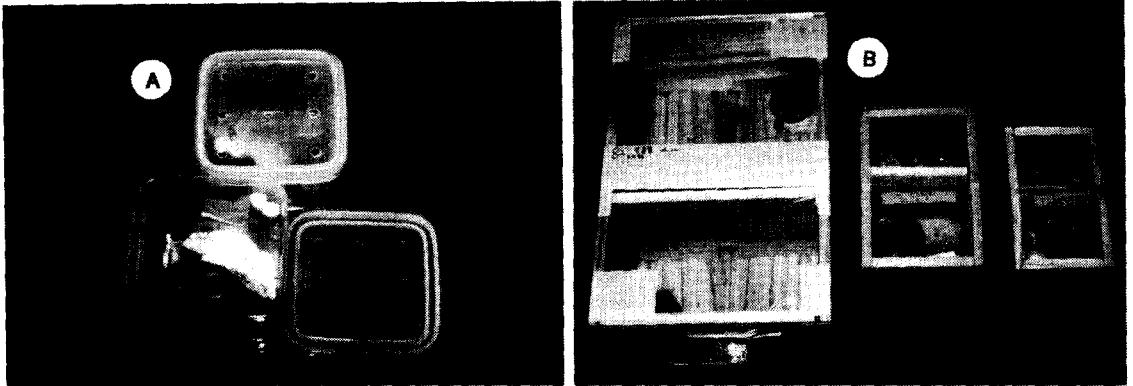


Fig. 1. Queen container(A) and rearing cages(B).

하였다(Fig. 1B). 뚜껑은 투명아크릴을 이용하였고 환기를 위해 직경 0.3cm의 소형공기구멍을 내어 사용하였다. 사육 상자 안에는 산란유도를 위해 직경 5cm의 Petridish를 넣어 그 위에 화분단자를 붙여 주었다. 첫 배의 일벌이 출현한 후 사육용 미송나무 상자(35cm^L×22cm^W×12cm^H, 두께:1.2cm, 두껍:투명아크릴, Fig 1B)로 옮겨서 사육을 수행하였고 사육용 상자의 구조는 산란용 상자와 동일하게 만들었다(Fig. 1B). 먹이는 50%의 꿀물과 증류수 그리고 8-15g의 신선한 화분단자를 공급하였으며 군체의 크기에 따라 증량시켜 주었다. 화분단자는 농업과학기술원 잠사곤충부 양봉장에서 매일 채취한 신선화분을 100%의 꿀물로 혼합하여 사용하였다. 꿀물을 조류급이통(직경 3cm, 높이 14cm의 원통 플라스틱, 60ml)과 Petridish(10cm^R×1.5cm^H)내에 가제를 넣고 군체의 크기에 따라 충분히 공급하였으며 화분단자는 난과 가까이 놓아주었다. 먹이는 매일 신선한 것으로 바꾸어 주었다.

각 처리의 사육온도는 15℃, 20℃, 25℃, 30℃, 그리고 표준구 29℃이었으며 습도는 모두 60%±5% 상대습도로 하였다. 광조건은 형광등하에서 14L : 10D로, 표준구는 잠사곤충부 항온항습사육실의 24시간 적색등하에서 사육하였다.

호박벌의 온도별 성장 및 생태적 특성조사

호박벌의 온도별 봉군발달을 알아보기 위하여, 채집된 호박벌의 여왕벌 중 임의로 각 3두씩을 온도별로 사육하여 산란일, 개체당 평균산란일수, 봉군형성 여부 및 봉군

의 크기, 개체당 평균산란수, 생존일수, 산란된 알로부터 성충출현일, 난과 당 난의 수 등을 조사하였다.

산란일은 채집한 여왕벌을 사육하기 시작하여 처음으로 산란한 날자를 기준으로 계산하였고 총 산란일과 총 산란난과수 및 개체당 평균 산란수 조사는 첫 산란으로부터 여왕벌 사망일까지 매일 산란한 난과수를 조사하여 계산하였다.

채집된 여왕벌의 생존일수는 채집일로부터 죽을 때까지의 일수를, 일벌의 생존일수는 일벌 출현일에서부터 죽을 때까지의 일수로 계산하였다. 채집 여왕벌이 산란한 알로부터 일벌, 수벌, 여왕벌의 출현일수는 매일 조사하였으며 산란일을 기점으로하여 첫 출현할 때까지의 일수로 산정하였다.

성충 출현수 조사는 일벌 첫 출현부터 5일 간격(반순별)으로 합산하여 누계치를 산정하였고 봉군의 크기는 모든 성충이 출현한 후 합산하여 계산하였다. 모든 조사는 여왕벌사망 후 30일까지로 한정하여 조사하였다.

사육기간은 1997년 5월 2일부터 11월 20일까지이며, 군체발육조사는 매일 오전 10시에 먹이를 교체하면서 기록하였고, 유충이 성장함에 따라 위치의 이동이 생기는 것을 조사하기 위하여 그림을 그려 추적하였다.

결과 및 고찰

온도 및 봉군발달

채집한 호박벌 여왕벌을 인큐베이터 내에서 온도별로

처리하여 사육하면서 봉군 발달을 조사한 결과, 15°C에서는 여왕벌이 모두 산란하였으나 난이 유충으로 발육하지 못하였고, 20°C에서는 모두 산란하였으나 1개의 군체(colony)에서만 일벌 16개체가 성장 우화하였고 25°C에서는 모두 산란하였으나 1개체만 정상적인 군체가 형성되었다. 그러나 30°C와 대조구(29°C)는 모두 산란하였고 모두 정상적인 군체를 형성하였다(Fig. 2).

채집 호박벌 여왕벌의 정착에 기준이 되는 첫 산란까지의 소요일수는 15°C는 약 18일, 20°C는 약 15일, 25°C와 30°C는 약 11일, 대조구(29°C)는 4일만에 산란하였다(Table 2). 난기간은 20°C, 25°C, 30°C와 대조구에서 각각 9.7 ± 2.5 일, 6.4 ± 0.6 일, 6.0 ± 0.7 일과 5.9 ± 0.6 일로 일본산 호박벌(*B. ignitus*)의 경우 난기간이 5~6일이라고 한 것[14]과 약간의 차이를 보였으나 이는 시험에 공시한 여왕벌의 발육단계가 균일하지 않은 것이 그 원인인지 또는 일본에 서식하고 있는 호박벌과의 차이에서 오는 것인지는 본 실험의 결과로서도 판단하기 어렵다.

그러나 온도가 낮을수록 난의 발육이 늦어지는 경향이 있었다. 일벌의 유충기간은 20°C, 25°C, 30°C와 대조구에서 각각 9.0 ± 1.0 일, 12.0 ± 1.2 일, 10.8 ± 1.9 일과 10.5 ± 1.4 일이었으며 용기간은 20°C와 25°C가 약 11일, 30°C와 대조구에서 약 10일 소요되어 알에서부터 용까지의 기간은 20°C 약 29일, 25°C 약 30일, 30°C와 대조구에서 약 26일이었다.

성충기간도 온도별로 약간의 차이를 보여 20°C 약 47일, 25°C 약 39일, 30°C 약 42일, 대조구는 약 37일 생존하여 성충수명은 활동이 왕성할수록 짧아지나[17,28], 온도의

영향은 크게 받지 않는 것으로 판단되며, 알에서 성충까지의 기간, 즉 1 세대기간은 20°C 약 77일, 25°C 약 69일, 30°C 약 68일, 대조구는 약 63일이었다(Table 1).

산란된 알로부터 일벌출현까지의 일수를 조사한 바(Table 2) 첫 일벌의 출현일수는 20°C에서 약 27일, 25°C 약 26일, 30°C 약 24일, 대조구 약 25일이었다. 일반적으로 뒤영벌의 경우 첫 일벌은 첫 산란 후 16-25일 사이에 출현한다는 보고[12]와 비교하여 20°C와 25°C에서는 1-2일 차이를 보였으나 30°C와 대조구에서는 일치하였다. 또한 첫 산란으로부터 일벌 50두까지의 소요기간을 보면 25°C에서 약 39일, 30°C와 대조구에서 각각 약 37일과 31일이 소요되었다.

채집 여왕벌만이 산란한 군체의 크기를 살펴보기 위하여 여왕벌 사망 후 30일 이내에 출현한 성충만을 포함하여 산정한, 온도별 호박벌의 봉군의 크기를 살펴보면(Table 3) 15°C는 모든 여왕벌이 1차 산란한 후 유충으로 부화되지 않아 군체가 형성되지 않았으며, 20°C와 25°C는 모든 여왕벌이 산란하였으나 정상적인 군체 형성율은 각각 33.3%로 3개의 여왕벌 중 1개의 여왕벌에서 정상 군체를 형성하는 경향을 보였다.

20°C는 총 20두로 일벌이 16두, 수벌이 4두였고 25°C는 총 482두로 일벌이 195두, 수벌이 287두였으며, 20°C와 25°C 모두 여왕벌의 출현은 없었다. 30°C와 대조구 역시 모든 여왕벌이 산란했으며 또한 모두 군체를 형성하였다. 30°C는 각 군체 당 평균 약 330두 크기의 형성해 일벌 약 201두, 수벌 약 110두 그리고 여왕벌 약 19두를 생산했고,

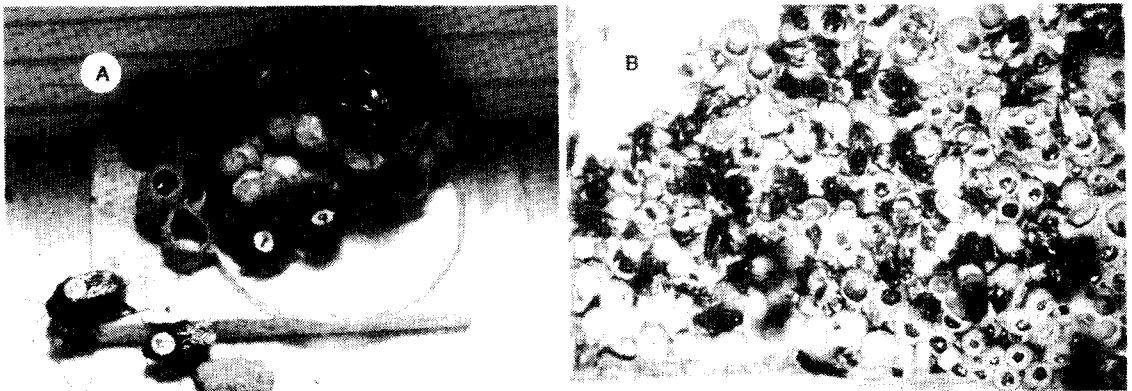


Fig. 2. Colony development. A: Initial stage of colony, B: Well-developed colony

호박벌(*Bombus ignitus* Smith)의 봉군발육에 미치는 온도의 영향

Table 1. The life span of *B. ignitus* workers at the various temperatures

Temp.	Days required for each developmental stage				Adult	Total
	Hatching	Larva	Pupa	From egg to pupa		
15℃	-	-	-	-	-	-
20℃	9.7±2.5 (7-14)	9.0±1.0 (8-10)	11.3±2.4 (8-13)	29.3±1.8 (27-33)	47.3±14.1 (11-61)	76.6±14.9 (38-93)
25℃	6.4±0.6 (5-8)	12.0±1.2 (9-14)	10.9±1.4 (8-14)	30.3±2.6 (25-35)	38.6±15.4 (17-61)	69.0±15.6 (44-91)
30℃	6.0±0.7 (4-8)	10.8±1.9 (7-15)	9.6±1.8 (5-15)	26.4±2.7 (21-32)	41.5±20.4 (7-95)	67.7±20.7 (30-125)
Control (29℃)	5.9±0.6 (4-8)	10.5±1.4 (7-15)	10.2±1.4 (8-14)	26.1±1.1 (25-29)	36.6±16.6 (7-66)	62.6±16.7 (33-91)

* n = 16 workers(20℃), 36 workers(25℃), 83 workers(30℃), 45 workers(Control; 29℃), () : Range

Table 2. Days till the first brood cell, emergence of workers, drones and queens as well as emergence of 50 worker of *B. ignitus* at the various temperatures

Temp.	The first brood cell (days)	Till the first emergence of each caste(days)			Till emergence of 50 workers (days)
		worker	drone	queen	
15℃	17.5±13.5 (4-31)	-	-	-	-
20℃	14.5±6.5 (8-21)	27	72	-	-
25℃	11.0±8.4 (5-23)	26	88	-	39
30℃	10.7±4.0 (5-14)	23.7±2.9 (20-27)	64.7±11.1 (54-80)	65.5±26.5 (39-92)	25.5±2.5 (23-28)
Control (29℃)	4.0±1.4 (2-5)	24.6±1.2 (23-26)	71.0±13.1 (53-84)	88.0±30.0 (58-118)	30.5±2.5 (28-33)

* () : Range

대조구는 각 군체 당 평균 약 452두 크기의 군체를 형성하여 일벌 약 206두, 수벌 약 241두 그리고 여왕벌 약 5두를 생산하였다.

여왕벌을 생산한 군체의 비율은 66.7%로, 30℃와 대조구에서 모두 3개 군체에서 2개의 군체에서만 다음 세대의 여왕벌을 생산하였다. 또한 30℃의 경우와 같이 일벌의 출현수가 반복간에 큰 차이를 보여 한 반복에서는 다른 것에 비해 3-4배 작으면서도 24두의 여왕벌을 생산한 것을

볼 때 일벌의 수와 여왕벌의 출현수와는 크게 상관이 없는 것으로 사료된다. 뒤영벌을 실내 사육시 계절에 관계없이 일벌의 개체수가 60-80마리 이상이 되면 대체적으로 수벌과 여왕벌이 생산된다[17,28]고 한 조사와 같은 경향이 있었다. 따라서 산란유도와 군체형성 및 여왕벌의 생산을 위한 최적온도는 29℃~30℃이며 일벌의 출현과 발육 및 여왕벌도 많이 생산되었다.

채집 여왕벌의 생존일수는 15℃ 약 60일, 20℃ 약 87일,

Table 3. The colony development of *B. ignitus* at the various temperatures

Temp.	Adult(head)			
	Worker	Drone	Queen	Total
15℃-1	-	-	-	-
-2	-	-	-	-
-3	-	-	-	-
20℃-1	-	-	-	-
-2	-	-	-	-
-3	16	4	-	20
25℃-1	195	287	-	482
-2	-	-	-	-
-3	-	-	-	-
30℃-1	70	86	24	180
-2	286	155	0	441
-3	246	89	34	369
Average	200.7±93.8	110.0±31.8	19.3±14.3	330.0±110.1
Control				
-1	201	298	0	449
-2	213	224	4	441
-3	204	202	10	416
Average	206.0±5.1	241.3±41.1	4.7±4.1	452.0±34.8

※ Colony development assessment 30days after death of foundation queen.

25℃ 약 125일, 30℃ 약 137일, 그리고 대조구는 약 118일 이었다(Table 4). 15℃와 20℃에서의 채집여왕벌의 수명이 대조구에 비해 현저하게 줄어 온도가 낮을수록 채집여왕벌의 수명도 짧아졌다.

또한 호박벌 여왕벌이 형성하는 군체의 크기를 알아보기 위하여 월별 산란 난괴수를 조사한 결과(Table 5, Fig. 4) 15℃와 20℃는 5월에 오직 약 2개의 난괴를 생산했으며 20℃에서는 6월에 약 1개의 난괴 만을 생산하는데 그쳤다.

그러나 25℃, 30℃와 대조구에서는 정착기인 5월과 군체 말기가 시작되고 수벌과 여왕벌이 생산되는 8월 보다 군체 성장기인 6월과 7월에 산란 난괴수가 현저히 많았다.

한 마리의 여왕벌이 일생 동안 생산하는 총 난괴수는 15℃와 20℃는 각각 약 1.5개와 3.0개였고, 25℃는 약 21.7개, 30℃와 대조구는 각각 약 42.3개와 47.0개로 25℃에 비해 30℃와 대조구가 약 2배의 산란 난괴수가 많아 온도가 높을수록 산란 난괴수도 많았다.

그리고 여왕벌이 일생 동안의 총산란 일수는 15℃ 약 1일, 20℃ 약 2.5일, 25℃ 약 14.3일, 30℃ 약 30일이었으며 대조구는 약 37.3일이었(Fig. 3). 채집뒤영벌 여왕벌의 하루에 낳는 평균 난괴의 수를 월별로 조사하여 보면(Table 6) 25℃와 30℃에서 6, 7, 8월의 산란 난괴수가 5월에 비해 약간 많았으며 매일 평균 각각 2.6개와 2.8개의 난괴를 생

Table 4. The longevity of foundation queen of *B. ignitus* collected from the field in 1997

	Temperature(℃)				Control (29℃)
	15℃	20℃	25℃	30℃	
The longevity of foundation queen	60.3±6.9 (54-70)	87.0±7.1 (80-94)	125.3±15.5 (112-147)	137.3±31.8 (93-166)	117.7±6.3 (109-124)

※ (): Range

호박벌(*Bombus ignitus* Smith)의 봉군발육에 미치는 온도의 영향

Table 5. Total number of egg cells of a foundation queen at the various temperatures

	Temperatures				Control (29℃)
	15℃	20℃	25℃	30℃	
May	1.5	2.0	3.3	7.0±2.8 (3-9)	8.3±2.5 (5-11)
June	-	1.0	8.4	22.3±8.2 (11-30)	16.7±2.1 (14-19)
July	-	-	7.7	11.7±0.9 (11-13)	17.7±6.9 (8-24)
August	-	-	2.3	1.3±0.9 (0-2)	4.3±3.7 (0-9)
Average	0.4	0.8	5.4±2.7	10.6±7.7	11.8±5.6
Total	1.5	3.0	21.7	42.3	47.0

* (): Range

Table 6. Average egg cells/days laid by a foundation queen reared at the various temperatures

	Temperatures				Control (29℃)
	15℃	20℃	25℃	30℃	
May	-	1.3	2.1	2.1	1.4
June	-	2.0	2.4	3.4	2.9
July	-	-	3.2	2.6	2.2
August	-	-	2.8	3.0	1.7
Average	-	0.8 (1-2)	2.6±0.4 (1-5)	2.8±0.5 (1-7)	2.1±0.6 (1-5)

* (): Range

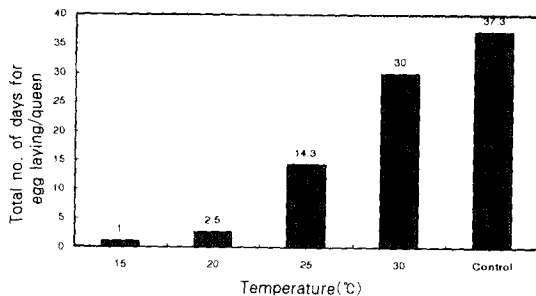


Fig. 3. Total days for egg laying of foundation queen at the various temperatures.

산하여 대조구에서는 6월과 7월에 산란난피수가 많았으며 매일 평균 2.1개의 난피를 생산했다. 이는 여왕벌이 난실을 하루에 2-3회 만들어 산란을 되풀이 한다[17,28]는 조

사와 일치하였다. 따라서 여왕벌이 하루에 낳는 난피수는 25℃ 이상이 되면 1일 만드는 난피수에는 크게 영향을 미치는 것 같지는 않다.

5월부터 8월까지 기간 동안 산란 후 다음 산란까지의 산란간격을 매일 조사하여 본 결과(Table 7) 25℃, 30℃와 대조구에서 5월과 8월보다 6, 7월에 산란 간격이 짧았다. 이상에서 종합해 볼 때 일벌이 50두 이상이 되는 정상적인 군체를 형성하려면 최소한 25℃ 이상이 유지되어야 하며 또한 온도가 높을수록 총 산란 난피수와 총 산란일수 및 매일 낳는 난피수도 많았고, 산란간격도 짧았다.

난피 당 평균 난수를 보면(Table 8) 15℃와 20℃에서 각각 6.5±0.5개와 6.6±0.8개로 같은 수준이었으며, 25℃는 8.4±2.5개였고, 30℃와 대조구에서 각각 7.7±2.3개의 7.7±2.2개로 난피 당 산란수는 같았다. 일벌이나 수벌이

Table 7. Interval(days) for egg laying of the foundation queen of *B. ignitus* at the various temperatures

	Temperatures				Control (29℃)
	15℃	20℃	25℃	30℃	
May	-	-	6.4 (1-11)	3.2 (1-15)	3.2 (1-10)
June	-	-	1.9 (1-6)	1.9 (1-9)	2.4 (1-9)
July	-	-	1.9 (1-8)	3.8 (1-16)	2.5 (1-18)
August	-	-	4.5 (3-6)	3.0 (1-9)	3.8 (1-14)
Average	-	-	2.8 (1-11)	3.0 (1-16)	2.8 (1-18)

* () : Range

Table 8. Number of eggs/a egg-cell of *B. ignitus*

	Temperatures				Control (29℃)
	15℃	20℃	25℃	30℃	
No. of eggs/a egg -cell	6.5±0.5	6.6±0.8	8.4±2.5	7.7±2.3	7.7±2.2
Range	6-7	6-8	3-13	3-14	5-14

우화한 후 남겨진 빈방을 청소한 다음 꿀을 저장하는 꿀 단지로 재사용하는 경우를 제외하고 여왕벌이 생존하는 동안 여왕벌과 일벌에 의해 만들어진 꿀단지수(Table 9, Fig. 2A)는 15℃와 20℃는 만들지 않았으며, 25℃와 30℃ 각각 31개, 39개 그리고 대조구의 경우에는 23개를 생산 하여 사용하여 호박벌이 약간의 꿀단지를 만들어 사용한

다는 보고와 일치하였다[12,17,28].

온도별 성충 출현수 및 출현경향

각 온도에서 호박벌의 첫 일벌 출현 후 첫 수벌 출현까지의 기간을 보면(Table 10) 20℃ 약 45일, 25℃ 62일 소요되었고, 30℃와 대조구에서 각각 약 41일과 50일 소요되었

Table 9. Number of nectar pots made by queen and worker of *B. ignitus*

	Temperatures				Control (29℃)
	15℃	20℃	25℃	30℃	
Average no. of nectar pots in life span of queen	-	-	31 (0-93)	39 (20-37)	23 (12-30)

* () : Range

Table 10. Interval(days) from emergence of the first worker to emergence of the first drone of *B. ignitus* at the various temperatures

	Temperatures				Control (29℃)
	15℃	20℃	25℃	30℃	
Interval(days) from the first worker to the first drone	-	45	62	40.7±8.7 (34-53)	50.0±5.7 (28-58)

* () : Range

다. 그리고 첫 산란으로부터 새 여왕벌 출현까지의 기간은 30℃와 대조구에서 약 65.5±26.5일과 88.0±30.0일로 대조구에서 여왕벌의 출현이 약 20일 정도 늦었으며, 첫 일벌 출현으로부터 새여왕벌 출현까지의 기간에서도 30℃와 대조구에서 각각 42.0±23.0일과 53.0±39.0일이 소요되어 대조구가 약 10일 정도 늦은 경향을 보였다(Table 11).

성충의 출현 간격을 살펴보면(Table 12) 일벌은 20℃와 25℃에서 약 2.9일 간격으로 출현하였으며, 30℃ 그리고 대조구에서는 각각 약 1.4일과 1.5일 간격으로 출현하여 20℃이상이면 성충이 정상적으로 출현하는 것으로 판단된다. 수벌은 30℃에서 약 1.5일 간격이었고, 25℃와 대조구에서 약 1.1일 간격이었다. 따라서 25℃ 이상이면 일벌과 수벌이 약 1일에서 2일 간격으로 연속적으로 출현한다는 것을 알 수 있다. 또한 새여왕벌의 경우, 30℃와 대조구에서 각각 4.2일과 3.7일로 간격으로 출현하였다.

각 온도에서 일벌과 수벌의 첫 출현 이후 50두, 100두, 150두, 200두까지 봉군이 발달하는데 소요되는 평균 일수를 본 결과(Table 13) 일벌의 경우 25℃에서 50두 출현까지 약 39일 소요되었고, 30℃와 대조구는 각각 약 26일과 31일이 소요되었으며, 200두까지 봉군이 커지는데 소요되는 일수는 30℃와 대조구 각각 약 51일과 59일로 대조구

가 약 8일 늦었다. 그러나 수벌의 경우는 25℃와 대조구에서 비슷한 경향을 보여 50두가 출현될 때까지 소요기간은 약 10일로 같았고, 150두 출현소요기간이 각각 약 24일과 27일로 별 차이가 없었으며, 30℃에서는 50두 출현소요기간이 약 31일, 150두 출현소요기간이 약 58일로 25℃와 대조구에 비해 매우 늦었다.

한편 새 여왕벌의 10두까지 출현 소요일수는 30℃와 대조구에서 각각 약 7일과 33일이었고, 20두까지 출현 소요일수는 30℃에서만 약 12일, 그리고 30두까지 출현 소요일수는 약 59일이었다. 따라서 수벌의 출현이 늦을수록 그리고 수벌의 우화개체수가 천천히 소량으로 생산될수록, 또한 새여왕벌이 생산되는 출현소요기간이 길어질수록 새여왕벌의 개체수가 많아지는 경향을 보여주고 있다.

각 온도에 있어서 성충의 반순벌 출현개체수를 합산하여 그 출현 경향을 보면, 20℃의 경우 일벌의 개체수가 극히 적은 것을 알 수 있고 출현은 6월 초순에 시작하여 6월 말에 끝났으며, 수벌은 채집 여왕벌의 마지막 배에서 산란한 난에서 출현한 것을 알 수 있다(Fig. 3). 25℃는 정상적인 발육을 하여 많은 개체가 출현하고, 5월 말에 첫 일벌이 출현하여 8월 중순까지 출현이 계속되었음을 알 수 있다.

일벌이 많이 출현한 시기는 7월초·중순부터이며 반순

Table 11. Interval(days) till emergence of new queen from emergence of the first worker of *B. ignitus* at the various temperatures

	Temperatures				Control (29℃)
	15℃	20℃	25℃	30℃	
Till emergence of new queen from emergence of the first worker	-	-	-	42.0±23.0 (19-65)	53.0±39.0 (14-92)

* (): Range

Table 12. Interval(days) for emergence of each caste of *B. ignitus*

	Temperatures				Control (29℃)
	15℃	20℃	25℃	30℃	
Worker	-	2.9 (1-15)	1.4 (1-5)	1.4 (1-8)	1.5 (1-12)
Drone	-	-	1.1 (1-3)	1.5 (1-25)	1.1 (1-3)
New queen	-	-	-	4.2 (1-22)	3.7 (1-9)

* (): Range

Table 13. Days till 50, 100, 150heads and 200heads of colony and from the first worker to the first drone at the various temperatures

	No. of heads emerged	Temperatures				Control (29°C)
		15°C	20°C	25°C	30°C	
Worker	50	-	-	39days	26days	31days
	100	-	-	47	36	40
	150	-	-	59	46	48
	200	-	-	-	51	59
Drone	50	-	-	10	31	10
	100	-	-	19	51	18
	150	-	-	24	58	27
	200	-	-	31	-	36
Queen	10	-	-	-	7	33
	20	-	-	-	12	-
	30	-	-	-	59	-

별 누적치를 보면 이 때에 큰 폭으로 상승함을 볼 수 있다. 수벌은 8월 초순에 출현하여 9월 중순까지 계속되었고, 반순별로 출현개체들이 많았음을 알 수 있으며, 여왕벌의 출현은 없었다(Fig. 4). 30°C와 대조구는 비슷한 경향을 보이고 있다(Fig. 5-8). 즉 첫 일벌의 출현일이 5월말로 같으며 6월말부터 일벌의 출현개체수가 증가하기 시작하여 30°C는 7월중순에 극대점을 이루고, 대조구는 7월 초순에 극대점을 이루고 있다. 수벌의 출현경향은 차이를 보여 30°C에서 7월 초순부터 출현을 시작하여 큰 극대점을 이루는 경우가 없이 꾸준히 지속적인 증가를 나타내는데 비해, 대조구는 8월초순에 큰 극대점을 이루며 많은 수벌이 급격히 늘어났음을 보여준다.

새 여왕벌의 출현경향은 30°C는 6월말부터 7월 중순까

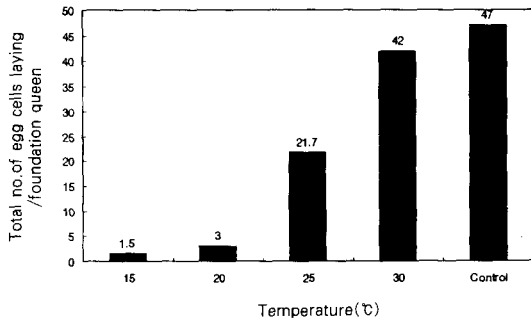


Fig. 4. The total number of egg brood cells/foundation queen at the various temperatures.

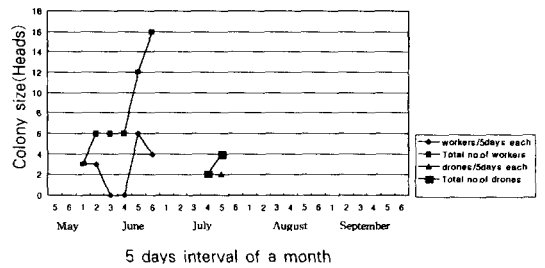


Fig. 5. The total number of adults produced from the colony at 20°C.

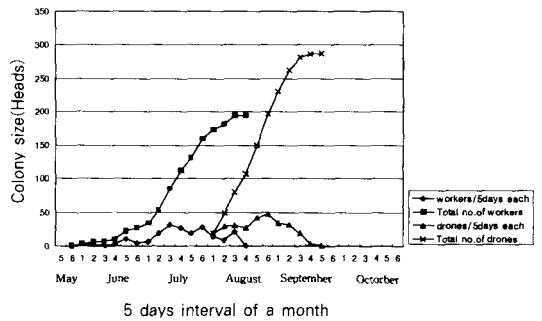


Fig. 6. The total number of adults produced from the colony at 25°C.

지 새여왕벌과 수벌이 출현하기 시작하는 초기형과 8월 중순 이후에 출현하는 후기형이 있었으며, 대조구는 7월

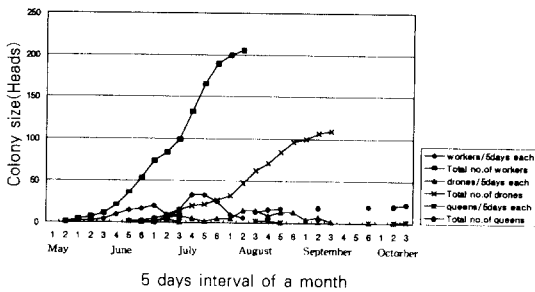


Fig. 7. The total number of adults produced from colony at 30°C.

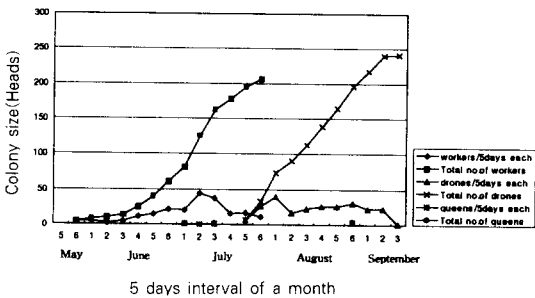


Fig. 8. The total number of adults produced from colony at 29°C (Control).

초순부터 시작하여 7월 중순까지 여왕벌과 일벌이 출현하는 조기형과 8월 말경에 출현하는 후기형이 있었다. 전자는 생식체계로서 수벌을 다량으로 생산하고 후자는 신여왕벌도 다수 생산한다고 보고했는데[6] 이는 실용화에 대단히 중요한 의미를 가지고 있다. 왜냐하면 수벌은 일을 하지 않기 때문에 가급적 많은 일벌을 생산하는 군체가 효율 높은 화분매개에 적당하며 이는 전환점이 늦게 오는 것이 군체품질을 향상시킬 수 있기 때문이며, 여왕벌의 출현은 30°C 전후로 온도가 높을수록 많았다.

여왕벌이 유정란을 낳다가 어떤 시점에서 무정란을 낳기 시작하는 군체전환점이 되는 시기[28]는 25°C의 경우 7월 초·중순이고 30°C는 6월 초·중순이었으며 대조구는 6월 하순에서 7월 중순으로 나타나 본 실험에서는 군체 전환점은 온도에 영향을 받는 것으로 나타났다.

요 약

호박벌의 발육과 차세대 여왕벌 생산에 온도의 영향을

받는 지를 알아보기 위해 인천시 영흥도에서 '97년도 4.30 일에서 5.1일까지 채집한 호박벌을 15°C, 20°C, 25°C, 30°C 별로 항온기(14L:10D, RH60%)내에서 사육하여 표준구(29°C, 60%RH, 적색등하)의 봉군 발달과 비교한 바 다음과 같은 결과를 얻었다.

15°C는 처리한 모든 여왕벌이 초기 산란은 하였으나 알들이 유충으로 성장하지 못하였고 20°C도 모든 여왕벌이 산란하였으나 일부 여왕벌이 산란한 알만이 부화하여 유충성장을 하였으나 군체(colony)가 약했으며, 25°C 이상부터는 정상적으로 성장하여 정상적인 봉군을 형성하였다.

온도별 생활환은 온도가 낮을수록 난의 발육이 늦어졌으며, 알에서 성충까지의 1세대 기간은 20°C 약 77일, 25°C 약 69일, 30°C와 대조구는 각각 약 68일과 63일이었다. 산란된 알로부터 일벌 출현까지의 일수는 온도가 높을수록 짧았으며 약 25일 소요되었다.

산란난괴수는 군체성장기인 6월과 7월에 1일 2-3개로 5월과 8월에 비해 산란난괴수가 약간 많았고 산란간격도 짧았으며, 총산란일수와 총산란난괴수도 온도가 높을수록 길어지고 많아졌으며, 25°C에 비해 30°C와 대조구가 약 2배 이상 산란난괴수가 많았다.

여왕벌이 산란한 군체의 크기는 20°C 약 20두, 25°C 약 482두였고, 30°C와 대조구는 각각 약 330두와 452두였다. 여왕벌은 30°C와 대조구에서만 출현하였는데 각각 평균 19두와 5두씩이었다. 따라서 군체의 크기와 새여왕벌의 생산과는 크게 상관이 없었다.

채집여왕벌의 실내 생존일수도 15°C 약 2달, 20°C 약 3달, 25°C 이상의 온도에서는 약 4달을 생존하여 여왕벌의 수명도 온도의 영향이 있었다.

난괴 당 난수에서 15°C와 20°C에서 약 7개를 산란하였고, 25°C, 30°C와 대조구에서는 약 8개를 산란하여 사육온도에 따른 차이는 없었으며, 여왕벌의 일생동안 일벌과 함께 만들어 사용한 꿀단지 수의 수는 25°C 이상에서 23-39개를 생산하여 육아에 이용하였다.

첫 산란으로부터 새여왕벌 출현까지의 기간은 30°C와 대조구에서 약 66일과 88일로 대조구에서 여왕벌의 출현이 약 20일 정도 늦었으며, 수벌은 여왕벌이 출현하기 전·후에 출현하였다.

일벌 성충의 출현가격은 20°C와 25°C가 30°C와 대조구에 비해 약 2배 정도 늦은 출현간격을 보였다. 수벌의 출

현간격은 25℃ 이상에서 약 1-2일 소요되어 25℃ 이상이면 일벌과 수벌이 약 1-2일 간격을 두고 연속적으로 출현하였다. 새여왕벌의 경우 30℃와 대조구에서 약 4일 간격으로 출현하였다.

온도별 일벌 및 여왕벌 출현경향을 보면 25℃에서는 7월 상순부터 8월 상순까지 일벌출현이 급격히 많아지는데 비해 30℃와 표준구는 6월 중·하순부터 7월 하순까지에 일벌의 개체수가 현저히 많았다.

15℃, 20℃와 25℃에서는 새여왕벌을 얻지 못했으나 30℃와 표준구에서는 새여왕벌의 출현이 각각 6월 하순과 7월 초순에 출현하기 시작하여 새여왕벌 출현 총개체수는 각각 58두와 14두였다. 따라서 새여왕벌의 개체수는 온도가 높고 수벌의 출현이 늦어질수록 그리고 우화개체수가 천천히 소량으로 생산될수록, 또한 새여왕벌이 출현하는 소요기간이 길어질수록 증가하였다.

이상의 결과에서 20℃ 이상이면 일벌생산이 가능하며, 일벌 50두 이상의 정상군체는 25℃이상의 온도에서 형성되었다. 또한 산란유도와 군체형성 및 여왕벌 생산을 위한 최적조건은 온도가 높을수록 일벌의 출현과 발육이 현저히 좋았으며, 여왕벌도 많이 생산되었다.

참 고 문 헌

1. Bischoff, H. 1936. Schwedische-chinesische wissenschaftliche Expedition nach den nordwestlichen Provinzen Chinas, under der Leitung von Dr. Sven Hedin und Prof. Su Ping-Chang. Insekten gesammelt vom schwedischen Arzt der Expedition Dr. David Hummel 1927-1930. 56. Hymenoptera. 10. Bombinae. *Ark. Zool.*, 27A, Nr. 38, 1-27.
2. Darwin, C. 1882. *The Origin of Species by Natural Selection*. 458pp, 6th ed. London, John Marry.
3. Duchateau, M. J. and H. H. W. Velthuis. 1989. Ovarian development and egg laying in workers of *Bombus terrestris*. *Entomol. Exp.*, 51, 199-213.
4. Duchateau, M. J. 1991. Regulation of colony development in Bumblebees *Bombus terrestris*. *J. Ethol.* 7, 141-151.
5. Duchateau, M. J., H. Hoshiba. and H. H. W. Velthuis. 1994. Diploid males in the bumblebees. *Acta Horticulturae.*, 288, 139-143.
6. Duchateau, M. J., H. H. W. Velthuis. 1988. Development and reproductive strategies in *Bombus terrestris* colony. *Behaviour.*, 107, 186-207.
7. Free, J. B. 1993. *Insect Pollination of Crops*. 2nd ed., Academic Press, London.
8. Fye, R. E. and J. T. Medler. 1954. Field domiciles for bumblebees. *J. Econ. Entomol.*, 47, 672-676.
9. Gretenkord, C. and W. Drescher. 1997. Successful colony foundation and development of experimentally hibernated *Bombus terrestris* queen depending on different starting methods. *Acta Horticulturae.*, 437, 271-276.
10. Griffin, R. P., R. P. Macfarlane and H. J. van den Eijnde. 1991. Rearing and domestication of long tongued bumblebees in New Zealand. *Acta Horticulturae.*, 288, 149-153.
11. Hannan, M. A., Y. Maeta and K. Hoshikawa. 1998. Feeding behavior and food consumption in *Bombus ignitus*(Hymenoptera: Apidae) under artificial condition. *Entomological Science.*, 1(1), 27-32.
12. Heinrich, B. 1979. Bumblebee economics. pp. 207-213. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts, and London, England.
13. Katayama, E. 1971. Observations on the development in *Bombus ignitus*(Hymenoptera: Apidae). I. Egg-laying habits of queens and workers. *Kontyu.*, 39, 189-203.
14. Katayama, E. 1973. Observations on the development in *Bombus ignitus*(Hymenoptera: Apidae) II. Brood development and feeding habits. *Kontyu.*, 41, 203-216.
15. Kim, C. W., M. Ito. 1967. On the bumblebees from the Korea(Hymenoptera; Bombidae). *Ent. Res. Bull. Kor. Omv.*, 13, 1-51.
16. Kim, C. W. 1980. A systematic reexamination of the bumblebees and cuckoo bees from Korea(Hymenoptera, Bombidae). *National Academy of Sciences(Natural science).*, 27(1), 43-81.
17. Kim, C. H. 1995. *Industrial Insects*. pp. 112-134. Press of Univer. of Kyungsang.
18. Kruger, E. 1956. Phaenoanalytische Studien an einigen Arten der Untergattung *Terrestribombus* O. Vogt (Hym. Bomb.) II. Teil(Fortsetzung). *Tijdschr. Entom.*, 99, 75-105; 1958. *ibid.* III. Teil. *Tijdschr. Entom.*, 101, 283-344.
19. Lee, S. B., Mah, Y. I., Park, I. K., Yoon, H. J., Kim, J. S., Kim, C. H. 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.
20. Mah, Y. I. 1997. Utilization and Prospect of Pollinator. *Korean J. Apiculture.*, 12(2), 107-115.

21. Plowright, R. C. and S. C. Jay. 1977. On the size determination of bumblebee castes (Hymenoptera: Apidae). *Can. J. Zool.*, **55**, 1133-1138.
22. Prys-Jones, O. E. and S.A. Corbat. 1991. Bumblebees. Richmond Publ. Co. Ltd. England.
23. Ptacek, V. 1991. Trials to rear bumblebees. *Acta Horticulturae.*, **288**, 144-148.
24. Radoszkowski, O. 1887. Hymenoptera de Korea. *Horae Soc. Entom. Ross.*, **21**, 428-436
25. Radoszkowski, O. 1890. Hymenopteres de Korea. *Horae Soc. Entom. Ross.*, **24**, 227-252
26. Sakagami, Sh. F. 1976. Some bumblebees from Korea with remarks on the japanese fauna(Hymenoptera, Apidae). *Ann. Hist. Mus. nat. Hung.*, **67**, 293-316.
27. Skorikov, A. S. 1933. Zur Hummelfauna Japans und seiner Nachbarl. *ander. Mushi.*, **6**, 53-65.
28. Ono, M., Wada, T. 1996. The world of bumblebees-Biological foundation and application-. pp. 132. Corporation. Plant Prevent. Associ.
29. The Entomological Society of Korea, Korean Society of Applied Entomology. 1994. Check list insects from Korea. pp. 269. Kon-Kuk Univ. Press, Seoul.
30. Uchida, T. 1925. A list of known species of the Korean Hymenoptera which I collected in 1922, and their geographical distributions. *Insect World.*, **29**, 328-337 & 366-373.
31. 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.
32. Yashmatsu, K. 1934. eine neue, *Bombus ignitus* Smith ahnliche Schmarotzer-hummel aus Korea(Hymenoptera, Bombidae). *Annot. zool. Jap.*, **14(4)**, 399-403.
33. Yashmatsu, K. 1936. Insects of Jehol, VI. family Scoliidae and Apidae. Report First Sci. Exped. *Manchoukou.*, **V. XI**, 1-17.
34. Yeninar, H. and O. Kaftanoglu. 1997. Colony development of anatolian bumblebees (*Bombus terrestris*) under laboratory conditions. *Acta Horticulturae.*, **437**, 277-281.
35. Yoon, H. J., Mah, Y. I., Lee, M. Y. 1998. Some Ecological Characteristics of *Bombus ardens* Smith in Korea. *Korean J. Apiculture.*, **13(1)**, 35-42