

국산 및 스페인산 동결화분 급여에 따른 서양뒤영벌의 봉군발달 효과

최경^{1,2} · 이수진² · 서상재¹ · 권용정^{1*}

¹경북대학교, ²예천군곤충연구소

Effects of Domestic and Spanish Frozen Honeybee Pollens on the Colony Development of Large Earth Bumblebee, *Bombus terrestris*, in Korea

Kyung Choi^{1,2}, Su Jin Lee², Sang Jae Suh¹ and Yong Jung Kwon^{1*}

¹School of Applied Biosciences, Kyungpook National University, Daegu, Korea

²Institute of Industrial Entomology, Yecheon County, Korea

(Received 18 July 2018; Revised 20 September 2018; Accepted 21 September 2018)

Abstract

Effects of feeding frozen honeybee pollen products originated domestically from Korea and imported from Spain on the colony development of earth bumblebee, *Bombus terrestris* L., were compared to evaluate the nutritional efficacies of the these pollen resources for commercial bombiculture in Korea. The oviposition rate of the queen was observed to be 80.0% and 78.9% when fed on the Spanish and the domestic, Krean pollen, respectively. The colony foundation rate was 76.7% for the Spanish pollen and 70.0% for the domestic pollen. It is noteworthy that the queens fed on Spanish pollen produced higher number of either workers or drones, while those fed on the domestic pollen produced higher number of virgin queens. In this comparison of nutritional value of two different product origin of pollens, we suggest the Spanish pollen can be a better feeding resource for bumblebees not only because it produces higher colony foundation rate and worker population, but also due to its lower price in market supply available currently (< 57%).

Key words: Bombiculture, Colony foundation, *Bombus terrestris* L. Honeybee pollen

서 론

현대농업에서는 신선과채류의 연중수요와 공급에 부응하여 시설원예재배기술이 고도로 발달하고 있다. 그에 따른 작목다양화 및 재배면적확대와 함께,

약제처리에 의한 인공수분작업을 대체하고 친환경 요소인 화분매개곤충을 이용한 고품질 저공해 농산물 안정적 생산에 대한 요구도가 증가하고 있다. 그 중에서도 시설원예재배작물의 가장 효율적이고 자연적인 수분곤충자원으로서 뒤영벌(호박벌)류의 개

*Corresponding author. E-mail: someday1127@korea.kr

발이용방안에 대한 중요성이 대두되고 있다.

뒤영벌(Bumblebee)은 꿀벌처럼 사회성 곤충으로서 식물의 꽃을 방문하여 꿀과 화분을 모으는 방화곤충이며, 식물의 수분작용을 돕는 화분매개곤충이다. 그러나 꿀벌이나 다른 꽃벌보다 더 길게 발달한 혀를 가지고 있으며, 따라서 꿀벌이 기피하거나 꽃꿀을 빨아 먹기가 어려운 꽃자루가 길고 좁게 발달한 꽃에서도 방화활동이 가능하다. 뒤영벌의 여왕벌과 일벌은 꽃을 방문할 때 진동채이행동(Buzz foraging behavior)을 한다. 진동채이행동이란 꽃의 수술을 큰턱으로 깨물고 돌면서 흉부의 근육을 진동시키면 화분이 낙하하여 암술머리에 도달하게 되고, 이때 몸에 뽀뽀이 난 털에 화분을 묻히고 뒷다리에 다시 모아서 벌집으로 운반하는 것을 말한다. 또한 꿀벌보다 활동반경도 좁아서 온실이나 비닐하우스 내에서 잘 적응하며, 5-6℃의 낮은 온도에서도 방화활동을 시작하므로 시설원예작물은 물론 과수의 화분매개곤충으로서 적합하다(Kwon, 2003).

뒤영벌류의 방화효과는 일찍이 Darwin(1895)이 보고한 이래, 서양뒤영벌(*B. terrestris*)의 실내 계대 사육의 확립에 관한 많은 연구(Roseler, 1985; Van Heemert *et al.*, 1990; van den Eijnde *et al.*, 1991)와 실용화에 대한 연구(Ptacek, 1991, Duchateau, 1991; Gretenkord and Drescher, 1997; Yeninar and Kafanoglas, 1997, Hannan *et al.*, 1998; Wada and Kurihara, 1992)가 활발하게 이루어져 유럽 등지에서는 이미 상품화되고 있는 실정이며, 미국, 캐나다에서도 상품화되어 한국, 일본, 대만, 중국, 멕시코, 아르헨티나, 우루과이 및 튀니지에서 수입하여 사용하고 있다(de Ruilter, 1997; Dafni, 1998; Masashiro, 2000; Velthuis and Doorn, 2006). 우리나라에서도 시설재배면적이 증가하면서 1994년에 처음으로 2,300봉군의 서양뒤영벌(*Bombus terrestris* L.)이 수입되기 시작하였고, 이에 국내에서는 2003년부터 서양뒤영벌 대량증식기술 확립으로 자체 생산하여 2015년에는 105,000봉군 중 90%인 95,000봉군이 자체 생산된 것으로 추정된다(Yoon, 2017).

하지만 국내생산업체 및 연구기관에서는 뒤영벌의 산란율, 농가보급용 봉군형성을 저조 및 실내증식에 필요한 화분, 설탕 등 먹이 가격의 폭등으로 인해 생

산단가는 높아지는데 비해 생산업체 상호간 공급가격 경쟁으로 공급단가는 점점 낮아져 큰 어려움을 겪고 있는 실정이다.

뒤영벌의 실내대량증식에는 다양한 실험과 연구를 통해 먹이를 공급하는 방법이 다르긴 하지만 일반적으로 꿀벌에서 얻어지는 화분과 꿀을 사용하고 있는데(Griffin *et al.*, 1991; Ono *et al.*, 1994; Tasei and Aupinel, 1994; Hannan *et al.*, 1998), 가장 많은 재료비를 차지하는 것은 화분이다. 국내에 수입되는 중국산 건조화분은 영양상태나 7-10K gray에 이르는 고준위 감마선으로 인해 신선한 화분에 비해서 질이 많이 떨어져 뒤영벌 사육에 적합하지 않다(Choi, 2001). 이에 스페인화분은 동결상태로 고준위 감마선 없이 수입되어 국산 동결화분에 비해 가격이 33%정도 저렴하고 품질이 많이 떨어지지 않아 국산동결화분과 뒤영벌의 봉군 발달 정도를 비교 실험하여, 뒤영벌의 실내대량증식의 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

공시충 및 사육

공시충은 1999년부터 네덜란드 Utrecht대학교에서 분양받은 여왕벌과 Koppert사에서 구입한 봉군을 실내 계대사육하여 예천군곤충연구소에서 계통육종한 다양한 봉군을 선발, 그 봉군에서 우화한 새여왕벌과 수벌을 교미 월동시킨 5세대에서 9세대 서양뒤영벌(*Bombus terrestris*)을 사용하였다.

월동한 여왕벌의 사육실험은 비행용 상자와 산란 유도용 상자, 사육용 상자를 이용하였다. 비행용 상자(40×40×60cm)는 교미 후 산란유도용 상자로 여왕벌을 이동시키기 전에 일정기간동안 두어서 난소를 발달시키기 위한 것이며, 자연광이 잘 비칠 수 있도록 철망(Φ1mm)과 투명 아크릴로 만들었다. 이때 비행용 상자는 다른 여왕벌이나 수벌의 페로몬이 남아 있지 않은 깨끗한 것을 이용하였으며, 먹이는 60% 설탕물(백설탕: 정수)과 국산동결화분을 공급하였다.

산란유도용 상자(10×15×9cm)는 교미된 여왕벌의 산란을 유도하기 위한 것으로 산란유무와 여왕벌의

활동상태를 관찰하기 쉽도록 투명한 플라스틱상자를 이용하였으며, 환기를 시키기 위해 뚜껑에 7×10cm의 철망창(Φ1mm)을 만들었다. 비행활동을 통해 난소를 발달시킨 여왕벌은 일정기간이 지난 후 산란 유도용 상자에 한 마리씩 격리시켜 산란유도를 위한 냉동 여왕벌 고치(Hur, 2003), 산란촉진을 위해 일벌 1마리를 각각 넣어주어 산란유무를 관찰하였다.

여왕벌 고치는 일주일째 신선한 것으로 갈아주었으며, 여왕벌의 산란을 유도한지 2주 후에도 산란하지 않은 여왕벌은 모두 폐기하였다. 산란을 시작한 후 첫배의 일벌이 모두 출현하고 두번째 난괴를 산란하여 봉군의 형태를 갖추기 시작하였을 때, 산란유도용 상자에서 사육용 상자(22×27.5×14cm)로 옮겨주어 활동범위를 넓혀주고 산란공간을 확보시켜주었다.

먹이는 60% 설탕물(백설탕 : 정수)과 화분을 각각 공급하였다. 설탕물은 산란유도용 상자의 경우 설탕물의 배출이 쉽도록 통 아랫부분에 3~4개의 작은 구멍을 뚫은 필름통(3×4.5cm, 25ml용량의 원통)에 넣어 공급하였으며, 사육용 상자의 경우에는 설탕물통(22×28×3.5cm)에 넣어 급이하였다. 실내사육은 온도 28±1°C, 상대습도 40±5%의 압조건인 항온·항습실에서 행하였다.

화분 급여에 따른 봉군발달 조사

국산동결화분(예천양봉농가)과 스페인산동결화분(Honeygreen S.A., Spain)으로 먹이를 달리 급여하여 비교 조사하였다. 산란율은 여왕벌이 산란한 구를 백분율로, 봉군형성율은 성충벌이 50마리이상 출현한 봉군을 백분율로 환산하여 각각 계산하였다. 산란일은 여왕벌을 사육하기 시작한 날부터 처음으로 산란한 날까지를 계산하였으며, 산란유도용 상자에 들어가서 14일 이내에 산란을 하지 않은 개체는 산란율에서 제외시켰다. 첫일벌출현일수, 수벌출현일수, 여왕벌출현일수는 산란일을 기점으로 하여 첫 출현한 날까지의 일수로 산정하였다. 일벌, 수벌, 새여왕벌의 출현수는 각 봉군의 출현한 성충벌을 계산하였다. 모든 산란한 봉군은 여왕벌이 첫 산란을 시작한지 4개월 이후에 폐기하여 그날을 기준으로 성충벌의 수를 조

사하였다. 모든 조사는 3반복으로 실시하였으며, SPSS(23.0.0 for Windows, Rel.23.0, 2015. Chicago: SPSS Inc.)를 이용하여 P<0.05 수준으로 T-test로 유의성 여부를 검정하였다.

결과 및 고찰

국산동결화분과 스페인산화분으로 먹이를 달리하여 급여한 결과, 산란율은 스페인산동결화분을 급여한 실험구가 80.0%, 국산동결화분을 급여한 실험구가 78.9%로 스페인산동결화분을 급여한 실험구가 좀 더 높게 나타났지만 통계적 유의성은 없는 것으로 나타났다($t=-1.000$, $p=0.374$). 그러나 봉군형성율은 스페인산동결화분을 급여한 실험구가 76.7%, 국산동결화분을 급여한 실험구가 70.0%로 나타나(Fig. 1) 통계적으로 유의성이 있는 것으로 나타났으며($t=-3.447$, $p=0.026$), 스페인동결화분 급여시 다소 높은 봉군형성율을 보였다.

국산동결화분과 스페인산화분으로 먹이를 급여하여 첫산란까지 소요된 일수를 조사한 결과, 국산동결화분 급여구가 3.1±0.2일, 최대 10일, 최소 1일, 스페인산화분 급여구는 3.3±0.4일, 최대 9일, 최소 1일로 국산동결화분 급여구가 첫산란일까지 소요일수가 좀 더 짧게 나타났지만(Table 1), 통계적 유의성은 없는 것으로 나타났다(T-test: $t=-0.944$, $p=0.399$).

봉군형성일수를 살펴보면, 국산동결화분을 급여

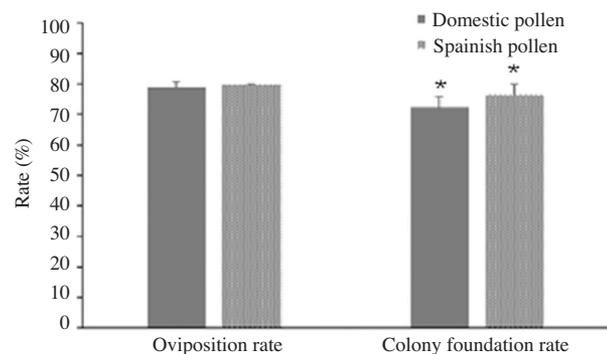


Fig. 1. Comparison of oviposition and colony foundation rates in mass-production of *B. terrestris* fed by domestic and Spanish pollens as different nutritional sources.

Table 1. Feeding effect of different pollen sources on the first oviposition date and the colony foundation date of queen in *B. terrestris*

Pollen product origin	First oviposition date			Colony foundation date		
	Mean ± SE	Max. ¹	Min. ¹	Mean ± SE	Max.	Min.
Domestic pollen	3.1 ± 0.2a ²	10	1	45.2 ± 0.7a	59	39
Spanish pollen	3.3 ± 0.4a	9	1	47.1 ± 0.5b	56	41

¹These mean the maximum and minimum values of the entire experiment regardless of the repetition of the experiment.

²Means followed by a same letter within a column are not significantly different at the 5% level by T-test.

Table 2. Feeding effect of different pollen sources on the adult caste emergence date in a colony of *B. terrestris*

Pollen product origin	Adult caste emergence date								
	Worker			Male			Queen		
	Mean ± SE	Max. ¹	Min. ¹	Mean ± SE	Max.	Min.	Mean ± SE	Max.	Min.
Domestic pollen	23.0 ± 0.5a ²	29	17	79.7 ± 1.7a	91	64	69.1 ± 1.6a	81	61
Spanish pollen	25.4 ± 0.2b	36	17	80.3 ± 2.0a	94	68	73.3 ± 0.6b	88	63

¹These mean the maximum and minimum values of the entire experiment regardless of the repetition of the experiment.

²Means followed by a same letter within a column are not significantly different at the 5% level by T-test.

한 실험구가 45.2 ± 0.7일, 최대 59일, 최소 39일, 스페인산동결화분을 급여한 실험구가 47.1 ± 0.5일, 최대 56일, 최소 41일로 국산동결화분을 급여한 실험구가 좀 더 빠르게 봉군이 형성되었으며(Table 1), 통계적으로 유의한 것으로 나타났다(T-test: $t = -3.915$, $p = 0.017$).

국산동결화분과 스페인산동결화분 먹이를 달리하여 성충별의 출현일수를 살펴보면, 일벌의 첫 출현일수가 국산동결화분 급여구는 23.0 ± 0.5일, 최대 29일, 최소 17일, 스페인산동결화분 급여구는 25.4 ± 0.2일, 최대 36일, 최소 17일로 국산동결화분 급여구가 빠르게 조사되었으며 통계적으로도 유의한 차이를 보였다(T-test: $t = -7.6832$, $p = 0.002$). 수벌의 경우에도 국산동결화분 급여구 79.7 ± 1.7일이 소요되어 스페인산화분 급여구가 80.3 ± 2.0일보다 좀 더 빨리 출현하였으나 통계적으로는 차이가 나타나지 않았다(T-test: $t = -0.408$, $p = 0.704$). 새여왕벌 출현일수는 국산동결화분 급여구가 69.1 ± 1.6일, 최대 81일, 최소 61일로 스페인산동결화분 급여구의 73.3 ± 0.6일, 최대 88일, 최소 63일보다 더 빠르게 나타났으며, 통계적으로도 유의한 것으로 확인되었다(T-test: $t = -4.665$, $p = 0.01$). 따라서 전반적으로 국산동결화분 급여구에서 스페인산

동결화분 급여구보다 성충별 출현 소요일수가 다소 짧은 것으로 조사되었다(Table 2).

국산동결화분과 스페인산동결화분 먹이를 달리하여 성충별의 마리수를 조사한 결과, 일벌 출현수는 국산동결화분을 급여한 실험구는 290.7 ± 3.3마리, 최대 441마리, 최소 131마리이었으며, 스페인산동결화분을 급여한 실험구는 332.3 ± 8.5마리, 최대 618마리, 최소 204마리로 나타났다. 따라서 스페인산동결화분 급여구에서 국내산동결화분 급여구 보다 일벌 출현수가 많았으며 통계적으로도 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다(T-test: $t = -7.899$, $p = 0.01$). 수벌은 국산동결화분 급여구는 300.9 ± 8.1마리, 스페인산동결화분을 급여한 처리구가 315.0 ± 13.3마리로 처리구간의 통계적 유의성은 확인되지 않았다(T-test: $t = -1.561$, $p = 0.194$). 여왕벌의 경우는 국내산동결화분 급여구에서 155.3 ± 4.6마리가 출현하였고, 스페인산동결화분을 급여한 처리구는 154.5 ± 2.2마리가 출현하였으며(Table 3), 통계적으로 유의성은 나타나지 않았다(T-test: $t = 0.259$, $p = 0.808$).

화분의 영양가치는 건조, 기간, 저장 상태에 따라 영향을 받는데, 특히 건조 화분은 벌의 성장(머리, 가

Table 3. Feeding effect of different pollen sources on the composition of adult caste in a colony of *B. terrestris*

Pollen product origin	Adult caste emergence number								
	Worker			Male			Queen		
	Mean ±SE	Max. ¹	Min. ¹	Mean ±SE	Max.	Min.	Mean ±SE	Max.	Min.
Domestic pollen	290.7 ± 3.3a ²	441	131	300.9 ± 8.1a	619	85	155.3 ± 4.6a	299	72
Spanish pollen	332.3 ± 8.5b	618	204	315.0 ± 13.3a	586	174	154.5 ± 2.2a	406	75

¹These mean the maximum and minimum values of the entire experiment regardless of the repetition of the experiment.

²Means followed by a same letter within a column are not significantly different at the 5% level by T-test.

슴, 배)과 난괴 형성, 그리고 봉군 발달에 매우 나쁜 영향을 미친다는 보고(Levin and Haydak, 1961, 1963; Hagendorn and Moeller, 1968)와 사회적 곤충에서 여왕벌과 일벌의 분화는 영양학적 요인과 사회적 요인에 의한 것이라는 보고가 있다(De Wide and Beetsma, 1982; Wheeler, 1986). 뒤영벌의 새여왕벌 출현은 먹이 요인과 외역 및 내역 역할을 하는 일벌 마리수, 그리고 여왕벌의 존재와 연관이 있다고 한다(Pomeroy and Plowright, 1982; Duchateau and Velthuis, 1988). 하지만 호박벌에 대한 화분의 영양가치에 대한 정보는 거의 없는 실정이다. 따라서 국내산화분과 스페인산화분의 급여에 따른 두영벌의 봉군형성율의 영양학적 차이에 대한 영향은 앞으로 더 연구가 진행되어야 할 것이다.

뒤영벌 상업적 대량사육에 있어 가장 많은 비중을 차지하는 사육 재료비는 화분으로 국산동결화분의 가격이 너무 높아 뒤영벌 연구기관 및 생산업체들이 많은 어려움을 겪고 있는 실정이다. 화분가격은 점점 높아지는데 반해 뒤영벌 농가보급 사육통 가격은 몇 년 전에 비해 점점 하락하고 있어 상업적 대량사육에서 사육 단가를 낮추는 연구를 계속하고 있다. 국산동결화분의 가격은 2017년 곤충연구소 구입 단가로 35,000원/kg, 스페인산동결화분은 20,000원/kg으로, 국산동결화분이 스페인산보다 1.4배 높다.

위 결과를 종합해보면, 스페인산동결화분을 급여한 실험구가 국산동결화분을 급여한 실험구보다 산란율과 봉군형성율이 높고, 새여왕벌출현수는 낮게 나타났지만 일벌출현수와 수벌 출현수가 높게 나타

났으며, 스페인산동결화분이 국산동결화분에 비해 구입단가가 57%나 낮아 뒤영벌 상업적 대량사육에 더 적합한 것으로 사료된다.

적 요

뒤영벌의 실내대량증식을 위해 단백질원인 화분과 에너지원인 설탕물을 먹이로 공급한다. 이에 국산동결화분과 스페인산동결화분으로 먹이를 달리하여 급여한 결과, 산란율은 스페인산동결화분을 급여한 실험구가 80.0%로 국산동결화분보다 높게 나타났고, 봉군형성을 역시 스페인산동결화분이 76.7%로 국산동결화분보다 높게 나타났다. 성충마리수는 스페인산동결화분을 급여한 실험구가 일벌, 수벌마리수가 국산동결화분에 비해 높게 나타났고, 여왕벌 마리수는 국산동결화분을 급여한 실험구가 좀 더 높게 나타났다.

이에 스페인산동결화분이 국산동결화분에 비해 구입단가가 57%나 낮고, 봉군형성을 및 일벌마리수가 높게 나타나 뒤영벌의 상업적 대량사육에 더 적합한 것으로 사료된다.

인 용 문 헌

권용정. 2003. 시설원에 수분용 호박벌 증식기술 개발 연구. 경북대학교 농업과학기술연구소. 대구, 11-18pp.
 권용정. 2003. 시설원에 수분용 호박벌 증식기술 개발 연구. 경북대학교 농업과학기술연구소. 대구, 79-82pp.
 김정애. 2000. 땅뒤영벌의 휴면기간에 따른 봉군발달. 경북대학교 농학 석사학위논문. 대구, 24pp.
 윤형주, 이경용, 이희삼, 이만영, 최용수, 이명렬, 농촌지도

- 국 기술보급과 김기형, 고인배. 2017. 화분매개곤충 기술확산을 위한 이용현황 및 전망. 완주, 209pp.
- 최경. 2001. 땅뒤영벌의 봉군발달에 대한 화분조성별 급여 효과. 경북대학교 농학석사학위논문. 대구, 40pp.
- 하대명. 2003. 땅뒤영벌 수벌의 교미횟수에 따른 봉군발달 효과. 경북경북대학교 농학석사학위논문. 대구, 30pp.
- 허병찬. 2003. 땅뒤영벌의 산란촉진수단에 따른 봉군발달 비교. 경북대학교 농학석사학위논문. 대구, 33pp.
- Dafni, A. 1998. The threat of *Bombus terrestris* spread. Bee World. 79: 113-114.
- Dawin, C. R. 1859. On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life, 1st ed. John Murray, London, 502pp.
- de Ruijter, A. 1997. Commercial bumblebee rearing and its implications. Proc, 7th Int. Symp. Pollination, Acat Hort. 437: 261-269.
- Duchateau, M. J. and H. H. W. Velthuis. 1988. Development and reproductive strategies in *Bombus terrestris* colonies. Behavior 107: 186-207.
- Duchateau, M. J. 1991. Regulation of colony development in bumble bees. Acta Hort. 288: 139-143.
- 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 bumblebee in New Zealand. Acta Horticult. 288: 149-153.
- Hagedorn, H. H. and F. E. Moeller. 1968. Effect of the age of pollen used in pollen supplements on their nutritive value for the honeybee. I. Effect on thoracic weight, development of hypopharyngeal glands and brood rearing. J. Apic. Res. 7: 89-95.
- Hannan, M. A., Y. Maeta and K. Hoshikawa, 1998. Feeding behavior and food consumption in *Bombus (Bombus) ignitus* under artificial condition (Hymenoptera: Apidae). Ent. Sci. 1(1): 27-32.
- Masahiro, M. 2000. Pollination of crops with bumblebee colonies in Japan. Honeybee Sci. 21: 17-25.
- Pomeroy, N. and R. C. Plowright. 1982. The relation between worker numbers and the production of males, queens in the bumblebee *Bombus perplexus*. Can. J. Zool. 60: 954-957.
- Ptacek, V. 1991. Trial to rear bumblebees. Acta Hort. 288: 144-148.
- Roseler, P. F. 1985. A technique for year-round rearing of *Bombus terrestris* (Apidae, Bombini) colonies in captivity. Apidolo. 16: 165-170.
- Tasei, J. N. and P. Aupinel. 1994. Effect of photoperiodic regimes on the oviposition of artificially overwintered *Bombus terrestris* L. queens and the production of sexuals. J. Apicul. Res. 33: 27-33.
- Van Heemer, C., de Ruijter J. van den Eijnde and J. van der Steen, 1990. Year-round production of bumble bee colonies for crop pollination. Bee World. 71: 54-56.
- Van den Eijnde, J. A., de Ruijter J. van den Eijnde 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.
- Velthuis, H. H. W. and A. van Doorn. 2006. A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. Apidologie 37: 421-451.
- Wada, T. and J. Kurihara, 1992. Utilization of *Bombus terrestris* from the Netherlands. Honeybee Sci. 13: 133-136 (in Japanese).
- Wheeler, D. E. 1986. Developmental and physiological determinants of caste in social Hymenoptera: evolutionary implications. Amer. Nat. 128: 13-34.
- Wide, J. de and J. Beetsma. 1982. The physiology of caste development in social insects. J. Insect Physiol. 16: 167-246.
- Yeninar, H. and O. Kaftanoglu. 1997. Colony development of anatolian bumblebees (*Bombus terrestris*) under laboratory conditions. Acta Horticulturae 437: 277-281.