

## 시설파프리카에서 양봉꿀벌과 서양뒤영벌의 화분매개활동 효과

이상범\* · 하남규<sup>1</sup> · 윤형주 · 박인균 · 이경용 · 강호성<sup>2</sup> · 황석조

농촌진흥청 농업과학기술원 농업생물부 유용곤충과, <sup>1</sup>경남농업기술원 시험연구국 식물환경과, <sup>2</sup>경남농업기술원 기술보급국 기술보급과

## Effect on the Pollinating Activities of Honeybee, *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) and Bumblebee, *Bombus terrestris* L. in Paprika Vinyl-Houses

Sang Beom Lee\*, Nam Gyu Ha<sup>1</sup>, Hyung Joo Yoon, In Gyun Park, Kyeong Yong Lee, Ho Sung Gang<sup>2</sup> and Seok Jo Hwang

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

<sup>1</sup>Plant Environment Division, Agricultural Experiment & Reseach Bureau, Gyeongsangnamdo Agricultural Research & Extension Services, Jinjoo 660-360, Korea

<sup>2</sup>Technology Service Division, Extension Services Bureau, Gyeongsangnamdo Agricultural Research & Extension Services, Jinjoo 660-360, Korea

**ABSTRACT :** This study was surveyed the effects by pollinating activity of *Apis mellifera* and *Bombus terrestris* released in the paprika vinyl-houses. The foraging activity and behaviour of *A. mellifera* and *B. terrestris* visited on the paprika flowers were nearly alike. The pick times of pollinating activity by *A. mellifera* and *B. terrestris* were showed the hightest at 11:00 and 15:00, and 09:00 to 11:00, respectively. The rate of fruit set by *A. mellifera* and *B. terrestris* released for pollinating paprika were same level with 94%, and these rate were higher than the fruit setting rate which was 92% by fan operated. The qualities of paprika produced by pollinators released were higher than those by fan operated. And weight per fruit, number of seeds per fruit and economical profit per 2,310 m<sup>2</sup> were over 10% higher than those by fan operated. Therefore the economical effects by the pollinating activities of *A. mellifera* and *B. terrestris* released in the paprika vinyl-houses were obviously demonstrated.

**KEY WORDS :** Paprika, *Apis mellifera*, *Bombus terrestris*, Pollinating activity

**초 록 :** 시설파프리카에서 양봉꿀벌은 온도, 조도 그리고 자외선량이 증가하고 습도가 감소하는 오전 11:00부터 15:00, 서양뒤영벌은 오전 09:00에서 11:00에 방화활동수가 가장 많았다. 방화시간은 양봉꿀벌과 서양뒤영벌 방사구가 각각 5.8초와 6.9초로 같은 수준이었으며, 착과율은 각각 94%수준으로 관행구(환풍기사용) 92%보다 2% 높았다. 생산물조사에서 양봉꿀벌과 서양뒤영벌 방사구가 관행구보다 과실의 무게, 길이, 당도, 종자수에서 보다 좋은 성적을 보였다. 따라서 경제성분석(재배기간 10개월/2,310 m<sup>2</sup>)에서 양봉꿀벌과 서양뒤영벌 방사구가 관행구(팬가동)에 비하여 7,700~8,520천원(10% 이상)의 이익을 가져오므로서 화분매개곤충을 방사한 효과가 뚜렷하게 나타났다.

**검색어 :** 파프리카, 양봉꿀벌, 서양뒤영벌, 화분매개활동

\*Corresponding author. E-mail: lsbmlnu3@rda.go.kr

양봉꿀벌과 서양뒤영벌은 전세계적으로 가장 널리 이용되고 있는 화분매개곤충이다. 양봉꿀벌은 수많은 방화곤충 중에서 가장 우수한 방화곤충으로 지위를 인정받고 있으며, 30여종의 경제적 작물에서 화분매개에 의한 경제적 이익이 187억 달러로서 전체 양봉산물 1억 3천만 달러의 143배에 이른다(KBC, 1997; Levin, 1983). 서양뒤영벌은 가지과 등 무밀작물 뿐만 아니라 다양한 경제작물에도 널리 이용되고 있으며, 특히 저온과 흐린날 등 불량환경에서도 활동하는 우수한 종으로 알려져 있다(Heinrich, 1979). 파프리카(*Capsicum annuum* var. *angulosum* Mill.)는 가지과(*Solanaceae*), 고추속(*Capsicum*), 고추종(*annuum*)에 속하는 열대작물이다. 한국에서 파프리카의 재배면적은 도입초기인 1997년에는 7 ha이었으나, 2005년도에는 302 ha로서 크게 증가하였다. 2005년도 생산량은 24,000톤이었으며, 생산량의 약 80%인 18,840톤이 일본으로 수출되었다(NAQS, 2007). 시설파프리카는 시설피망이나 시설고추와 같이 하우스내의 밀폐된 공간에서 재배하기 때문에 7일 정도에 1회씩 농약을 사용해야 할 정도로 재배상의 문제 때문에 화분매개곤충을 방사하는 것이 불가능하게 생각되어져 왔다. 그러나 최근에 시설재배단지에서 다양한 작물에 화분매개곤충을 이용한 화분매개활동과 과실의 수량증대 및 품질향상에 대한 보고가 많이 이루어지고 있고(Kim *et al.*, 2003; Lee *et al.*, 2005; Lee *et al.*, 2006a, b), 시설고추와 피망에서도 화분매개곤충을 이용한 착과방법이 연구되어지고 있으며, 농가현장에서도 이용되고 있다(Kim *et al.*, 2004). 그럼에도 불구하고 피망을 비롯한 고추에서 화분매개곤충의 화분매개활동에 관한 자료는 거의 없는 실정이다(Free, 1970; Serrano and Guerra-Sanz, 2006). 해충은 개화기 전에 살충제로 방제하고, 첫 꽃 개화기 이후와 착과기 때는 주로 살균제만을 사용하기 때문에 이 시기에 화분매개곤충을 방사하여 파프리카 수분에 이용하고, 살균제 사용 시 봉군관리를 약간 해 주면 봉군의 수명만큼 이용이 가능하다. 시설파프리카 농가에서는 7일 간격으로 살포하고 있는 살균제 사용에 지장을 주는 것으로 인식하여 화분매개곤충을 사용하지 않고 습도조절을 위해 이용하고 있는 환풍기를 돌려 바람에 의한 수분을 유도하고 있는 실정이다. 따라서 본 시험은 현재 파프리카 수분에 이용하고 있는 환풍기 사용 조건에 추가로 화분매개곤충을 방사하여 시설파프리카에서 화분매개활동 특성과 화분매개효과를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 시험장소 및 공시충

경남 진주시 금곡면 수출파프리카 작목반원이 재배하는 연동비닐하우스 2,310 m<sup>2</sup> (700평) 2동을 2007년 1월 19일 선정하였고, 연동형 2,310 m<sup>2</sup> 2동에는 각각 14고랑에 두 줄로 연동형 2,310 m<sup>2</sup> 2동에는 각각 14고랑에 두 줄로 3.3 m<sup>2</sup> 당 11주씩 식재되어 한 동당 총 6,600주씩 재배되고 있었다. 품종은 주로 네델란드산 스페셜품종과 피에스타품종 이었고, 더비품종이 약간 식재되어 있었다. 하우스의 방향은 남북으로 길게 배치된 상태였고, 하우스의 높이는 6 m였으며, 찬공기가 하우스 내부로 들어오지 않도록 하기 위하여 측창은 밀폐된 상태로 천창을 열어 온도와 습도를 조절하였다. 시험설계에 따라 포장 내에 처리구를 마킹도구로 표시한 후, 일주일 후인 1월 25일에 양봉꿀벌은 소비가 4매인 약 12,000마리의 봉군(태화양봉원)을 지상에서 10 cm 높이에 설치하였고, 서양뒤영벌은 150마리 2봉군(주)대산)을 맥주상자를 받침대로 하였으며 종이 수확상자로 햇빛을 가려주었다. 방화활동 시험 1일 전에 하우스 내에 넣어 1시간 정도 안정시킨 후 소문을 열어 정위활동을 하도록 하여 다음날부터 화분매개활동을 할 수 있도록 하였다. 화분매개곤충을 방사할 시점에는 2번째 꽃이 착과된 상태였으며, 3번째 꽃이 개화 직전에 있었다. 양봉꿀벌과 서양뒤영벌의 화분매개활동 특성과 효과는 3번째와 4번째 꽃에서 조사하였다. 팬을 가동하여 하우스 내 습도를 조절하고, 일어난 바람으로 파프리카의 수분을 돕는 방식을 대조구로 두고 비교하였다.

### 양봉꿀벌과 서양뒤영벌의 화분매개활동 특성

시설파프리카에서 온·습도는 1월 26일일부터 3월 10일까지 약 7일마다, 오전 9시부터 오후 6시까지 2시간 간격으로 5회 조사하였다. 양봉꿀벌과 서양뒤영벌의 화분매개 활동수는 첫 투입일인 1월 25일의 다음날인 1월 26일부터 3월 10일까지 약 7일 간격으로 5회에 걸쳐 각 조사시기별로 5분간씩 출봉수와 입봉수를 조사하고, 이후 포장을 돌려 파프리카 꽃에서 방화활동하는 일벌의 수를 조사하였다. 가장 집중적으로 조사한 기간은 2월 13일부터 16일간이며 이 후 부족한 부분을 보완하는 조사를 실시하였다. 꽃에 머무는 시간(방화시간)은 역시 7일 간격으로 화분매개활동을 조사할 때 각각 30회 이상 축적하여 평균값을 취하였다. 꽃간 이동시간은 조사기간 동안 키보다

높이 자라서 잎이 무성한 파프리카 사이로 벌의 이동경로가 자주 조사범위에서 벗어나서 조사하지 못하였다. 착과율은 3~4화방에서 봉종별 화분매개활동이 완료된 20~25일 후 적과하기 직전에 조사하였으며, 3번째와 4번째 꽃수와 착과된 과실수의 비율을 조사하였다.

**양봉꿀벌과 서양뒤영벌의 화분매개활동에 의한 생산물 조사**

화분매개활동에 의한 생산물조사는 4월과 5월 사이에 조사하였다. 양봉꿀벌과 서양뒤영벌이 활동한 3화방과 4화방의 파프리카 과실이 익어 농가의 수확일정에 맞추어 임의로 3~4차례에 걸쳐 각 처리구별 5 kg 상자, 3개씩을 수확한 다음 날부터 1~2일간 과실의 무게, 길이, 당도, 종자수를 조사하고, 화분매개활동의 효과를 보기 위하여 백립중도 20~30회 평균값을 대조구(팬가동)와 비교하였다. 경제성 분석은 양봉꿀벌과 서양뒤영벌 방사구에서 각각 수확하여 조사한 파프리카 과실 1개 무게와 주당 생산량을 환산하고, 주수를 곱하여 연동 2,310 m<sup>2</sup> (700평)에서 생산되는 한 동의 생산량을 산출하고, 수확 당시 대일 수출가격을 적용하여 생산이익을 계산하였다. 이때 파프리카 포장에 방사된 양봉꿀벌과 서양뒤영벌의 봉군 비용과 대조구의 팬가동 시 전기사용료와 감가상각비를 비용으로 산정하여 이윤을 계산하였다.

**결과 및 고찰**

**양봉꿀벌과 서양뒤영벌의 화분매개활동 특성**

시설파프리카 하우스 내에서 봉종별 출입봉수를 조사

하여 본 결과, 양봉꿀벌의 출봉수가 오전 9시경에는 0.3마리로 미미하다가 11시경까지도 1마리였으나, 오후 1시경에는 11마리로 가장 많았고, 오후 3시경에까지 10마리가 유지되다가 오후 5시경에는 2마리로 적어졌다. 서양뒤영벌의 출봉수는 이와 반대로 오전 9시경에 7마리, 오전 11시경부터 오후 5시경까지 1마리 정도로서 오전에 많았다. 양봉꿀벌의 입봉수는 오후 1시경에 가장 많은 13마리, 서양뒤영벌의 입봉수는 오전 9시경에 가장 많은 9마리로 양봉꿀벌은 오후 1시경부터 3시경까지 입출봉이 활발하였으나, 서양뒤영벌은 양봉꿀벌과는 다르게 오전 9경이 활발하였다. 입봉수 중 화분단자를 달고 귀소하는 일벌의 비율을 조사하여 화분매개활동수를 추정하여 본 결과 양봉꿀벌은 입출봉수가 가장 활발한 오후 1시경에 13마리 중 12마리가 화분단자를 가지고 입봉하므로써 92%가 화분매개활동을 하였고, 오후 3시경에는 9마리 중 6마리인 67%가 화분단자를 가지고 입봉하였다. Kim et al. (2004)은 2004년도 2월 하순경의 시설고추에서 양봉꿀벌의 입출봉수와 화분매개활동비율이 오후보다 오전이 높았다고 하여 본 조사와는 다르게 나타났다. 서양뒤영벌은 입출봉수가 가장 활발한 오전 9시경에 9마리 중 5마리인 56%가 화분단자를 가지고 입봉하였고, 오전 11시경에는 3마리 중 2마리가 화분단자를 가지고 입봉하여, 67%가 화분매개활동을 하는 것으로 나타났다(Table 1). 뒤영벌의 경우 일출이 시작되면 활동하기 시작하고 저녁때인 여명기에도 활동한다(Heinrich, 1979; Lee et al., 2003). 따라서 본 조사에서는 오전 9시 이전의 출입봉수가 조사되지 않았지만 9시 이전에 출봉한 서양뒤영벌이 화분매개활동 후 오전 9시경에 입봉하는 것으로 추정되며, 오전 9시경에 출봉한 일벌이 오전 11시경에 입봉하는 것으로 사료된다.

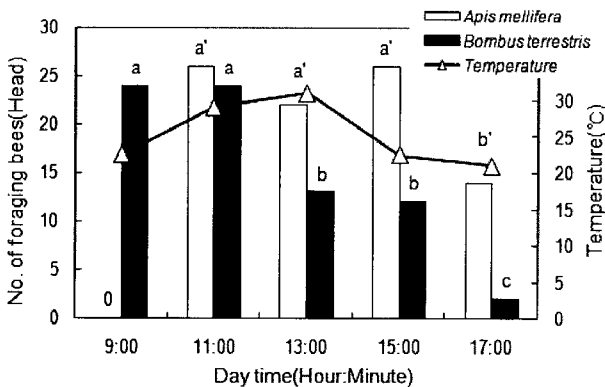
**Table 1.** The number of *Apis mellifera* and *Bombus terrestris* out-going bees and in-coming in the hives installed in the paprika vinyl-houses

Day time	No. of out-going bees		No. of in-coming bees (No. of bees with pollen)		Rate of foraging activity (%)*	
	<i>Apis mellifera</i>	<i>Bombus terrestris</i>	<i>Apis mellifera</i>	<i>Bombus terrestris</i>	<i>Apis mellifera</i>	<i>Bombus terrestris</i>
09:00	0.3a	7.2a	0(0)	9(5)a	0	55.6
11:00	1.1a	1.1b	1(0)a	3(2)b	0	66.7
13:00	11.2b	1.2b	13(12)c	1(1)c	92.3	**
15:00	10.3b	1.1b	9(6)b	1(1)c	66.7	**
17:00	2.0a	1.0b	2(2)ab	1(1)c	100	**

\* Rate of in-coming bees with pollen loads.

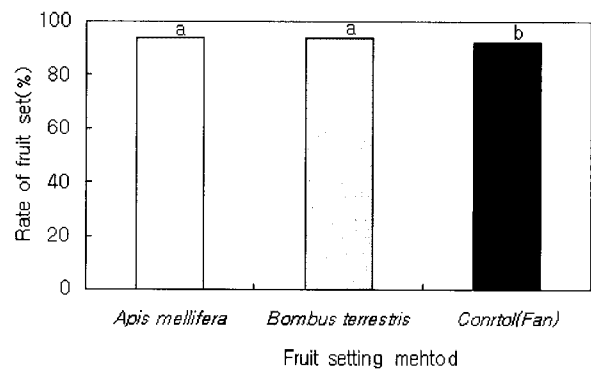
\*\* We don't count them when the number of bees surveyed were less than two bees. Mean's followed by different letters in the same column are significant by different at  $\alpha = 0.02$  by One-way ANOVA test. Experimental period and cite: 09:00 a.m. to 17:00 p.m, 14-16 February, 2007, Jinjoo City

조사기간 중 하우스 환경을 살펴보면 오전 9시, 11시, 오후 1시, 3시 그리고 5시경의 온도는 각각 22.5°C, 29.0°C, 31.0°C, 22.5°C 그리고 21°C였고, 습도는 각각 92%, 84%, 85%, 82% 그리고 91%였으며, 조도는 각각 8,650 Lux, 20,800 Lux, 21,500 Lux, 17,460 Lux 그리고 6,960 Lux이었다. 그리고 자외선은 각각 34  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , 115  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , 110  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , 68  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  그리고 43  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 이었다. 온도와 조도는 오후 1시경이 가장 높았고 습도는 오후 3시경에 가장 높았으며, 자외선량은 오전 11시경이 가장 높은 것으로 조사되었다. 봉종별 일주활동에서 양봉꿀벌은 오전 11시경부터 오후 5시경까지 활동량이 많았으며, 오전 11시경과 오후 3시경 두 차례에 걸쳐 활동정점을 이루었다 (Fig. 1). 따라서 양봉꿀벌과 서양뒤영벌의 경우 개화가 계속되는 작물에서 화밀분비량과 화분매개활동량과 관련된 전형적인 일주활동양상을 보였으며(Jeong & Choi, 1988; Oh & Choi, 1988; Lee *et al.*, 2003), 표 1의 출입봉수와 같은 경향을 보이고 있다. 서양뒤영벌의 일주활동은 오전 9시부터 오후 3시까지 비교적 활발하였으며, 활동정점은 표 1의 출입봉수와 같이 오전 9시와 11시경이었다. 파프리카꽃에서 양봉꿀벌은 5.8초 머물면서 화밀과 화분을 채집하였으며, 서양뒤영벌은 6.9초 꽃에 머물면서 화분을 채집하였고, 통계적 유의차는 없었다(Table 2).



**Fig. 1.** Relation between diurnal foraging activities of bees and condition of houses in the paprika vinyl-house released with *Apis mellifera* and *Bombus terrestris*. Experimental period and cite: 09:00 a.m. to 17:00 p.m., 14~16 February, 2007, Jinjoo City. Mean's followed by different letters over the bar are significant by different at  $\alpha = 0.001$  by One-way ANOVA test.

Kim *et al.* (2004)은 시설고추와 피망에서 양봉꿀벌과 서양뒤영벌의 꽃에 머무는 시간이 오전보다는 오후가 길어졌으며, 양봉꿀벌보다는 서양뒤영벌이 오래 머무는 것으로 보고하여 본 조사와 같은 결과를 보였다. 특히 시설고추에서 양봉꿀벌은 만개된 꽃에서는 3.8초, 중개된 꽃에서는 7.3초 머물러 차이가 있음을 보고한 바 있다. 일반적으로 측면이나 아래로 향하고 있는 파프리카꽃을 양봉꿀벌과 서양뒤영벌이 방문하면 아래로 늘어지게 된다. 이때 양봉꿀벌은 파프리카꽃의 아래쪽으로 머리를 박고 왼쪽이나 오른쪽을 돌면서 화밀 채집을 하면서 몸에 묻은 화분을 수집하였고, 서양뒤영벌은 꽃잎을 물거나 수술대를 물고 가슴을 진동하여 짜-짜 소리를 내면서 화분을 수집하였다. Heinrich (1979)에 따르면 서양뒤영벌은 양봉꿀벌과 달리 유충육아를 위하여 거의 100% 꽃가루를 수집하며, 이때 성숙한 꽃만을 선별하여 방문한다고 하였다. 봉종별 화분매개활동에 의한 파프리카의 착과율은 양봉꿀벌이 93.7%로서 서양뒤영벌의 93.6%와 같았으며, 관행구인 환풍기 사용구의 착과율 92.0%보다는 약 2% 정도 높았다(Fig. 2). Cochran (1936)에 따르면 유리하우스내에 재배된 피망에서 94%의 꽃이 착과된다고 한 바 본 조사의 양봉꿀벌과 서양뒤영벌의 착과율 94%와 같은 수준이었다.



**Fig. 2.** Rate of paprika fruit set according to pollinating methods in the paprika vinyl-houses. Experimental time and date: 10:00 a.m.~15:30 p.m., 19~22 February, 2007). Mean's followed by different letters over the bar are significant by different at  $\alpha = 0.008$  by One-way ANOVA test

**Table 2.** Visiting time on the paprika-flower pollinated by *Apis mellifera* and *Bombus terrestris* in the paprika vinyl-houses

	n	<i>Apis mellifera</i>	<i>Bombus terrestris</i>
Visiting time on a flower	22	5.8±2.3	6.9±4.3

Mean's followed by different letters in the same column are not significant by different at  $\alpha = 0.282$  by One-way ANOVA test. Experimental period and cite: February 14-16, 2007, Jinjoo City

**양봉꿀벌과 서양뒤영벌의 화분매개활동에 의한 생산물 조사**

피망의 착과율과 생산량은 화분매개방법에 따라 달라진다. 피망에서 94%의 꽃이 착과되지만 손으로 수분하면 착과율이 크게 떨어진다고 하였다(Cochran, 1936). 따라서 파프리카에서도 화분매개방법별로 차이가 있을 것으로 생각된다. 생산물조사에서 양봉꿀벌과 서양뒤영벌 방사구의 과중은 각각 159.2 g과 156.8 g으로 차이가 없었으며, 관행구(팬가동) 143.0 g보다 각각 16.2 g과 13.8 g 과중이 무거워서 화분매개곤충을 방사한 효과가 뚜렷이 나타났다. Kim et al. (2004)은 시설피망에서 서양뒤영벌 방사구가 양봉꿀벌 방사구보다 피망 한 개의 무게가 16% 무거웠다고 보고하였으나, 본 조사에서는 양봉꿀벌과 서양뒤

영벌 방사구 공히 파프리카 한 개의 무게는 동일하였다. 파프리카 과경도 화분매개곤충방사구가 관행구보다 3~4 mm가 길었다. 과폭은 화분매개방법별로 공히 약 80 mm로 같았다. 당도는 서양뒤영벌방사구가 10.8 Brix (%)로 양봉꿀벌과 관행구의 10.0 Brix (%)보다 높게 나타났다. 종자수는 과중이나 과장과 같이 양봉꿀벌과 서양뒤영벌 방사구가 각각 270개와 244개로 관행구 217개보다 많이 형성되었으며, 100립중 역시 양봉꿀벌과 서양뒤영벌이 각각 1.3 g과 1.4 g으로 관행구 1.2 g보다 무거웠다(Table 3). 따라서 파프리카의 과중, 과폭 그리고 종자수가 증가하여 화분매개곤충을 방사한 효과가 뚜렷하였다.

2,310 m<sup>2</sup>면적의 파프리카하우스에 10개월의 재배기간 동안 양봉꿀벌과 서양뒤영벌 방사구와 관행구(환풍기)의 경제성을 비교 분석하였다. 과중을 5 kg 수출용박스수로

**Table 3.** Comparison on the quality of paprika produced by *Apis mellifera* and *Bombus terrestris* in the paprika vinyl-houses

Fruit set method	Weight/fruit (g)	Length/fruit (mm)	Wide/fruit (mm)	Sugar content/fruit (Brix,%)	Seeds/Fruit	
					No. of seeds/fruit (each)	Weight of one hundred seeds (g)
<i>Apis mellifera</i>	159.2±30.5b	72.9±10.8ab	79.9±4.8	10.0±1.1a	270.1±69.3b	1.3±0.1ab
<i>Bombus terrestris</i>	156.8±20.6b	74.3±7.5b	79.5±4.9	10.8±0.9b	244.4±87.4ab	1.4±2.3b
Control (Using fan)	143.0±24.9a	70.1±6.4a	79.6±6.7	9.9±1.0a	216.9±74.9a	1.2±0.1a

※ Weight/fruit (g), Length/fruit (mm), Wide/fruit (mm), Sugar content/fruit (Brix,%), No. of seeds (Each) and Weight of one hundred seeds (g): Mean's followed by different letters in the same column are significantly different by One-way ANOVA test (F = 5.36, p = 0.024), (F = 2.31, p = 0.046), (F = 1.11, p = 0.350), (F = 37.03, p = 0.000), (F = 6.65, p = 0.000) and (F = 11.19, p = 0.004), respectively. Variety: Special and Piestar

**Table 4.** Comparison on the economical variation of paprika produced by pollinating activities of *Apis mellifera* and *Bombus terrestris* in the paprika vinyl-houses

Fruit set method	Product benefit				Cost			Total benefit (Profit against control) (Thous. won)
	Weight/fruit (g)	No. of fruits/ 5 kg/box (Index) (each)	No. of boxes/ 5 kg/ 2,310 m <sup>2</sup> * (each)	Marketing price (Thous. won)**	Hive cost (Thous. won)***	Electric cost (Thous. won)	Total	
<i>Apis mellifera</i>	159.2±30.5b	31.4 (111)	3,996	79,920	300	-	300	79,620 (+8,420)
<i>Bombus terrestris</i>	156.8±20.6b	31.9 (110)	3,960	79,200	600	-	600	78,600 (+7,400)
Control (Using fan)	143.0±24.9a	35.0 (100)	3,600	72,000	-	800	800	71,200 ( 0 )

※ Exported market prices to Japan at April, 2007: 20,000 won/5 kg (4,000 won/kg).  
 \* Product amount per 2,310 m<sup>2</sup> (700 pyeong), Cultivates area: 1,485 (450 pyeong), Product amount per 3.3 m<sup>2</sup>: 40 kg, Control: 40 kg/3.3 m<sup>2</sup> × 1,485 = 18,000 kg ÷ 5 kg/ box = 3,600 boxes, *A. mellifera*: 3,600 boxes (Control) × 1.11 = 3,996 boxes, *B. terrestris*: 3,600 boxes (Control) × 1.10 = 3,960 boxes.  
 \*\* Control: 3,600 boxes × 20,000 won = 72,000 thousand won, *A. mellifera*: 3,996 boxes × 20,000 won = 79,900 thousand won, 3,960 boxes × 20,000 won = 78,900 thousand won.  
 \*\*\* Hive using period and hive cost: *A. mellifera*-5 months/hive longevity × 150,000 won/hive cost × 2 times = 300,000 won, *B. terrestris*-2.5 Months/hive longevity × 75,000 won/hive × 2 hive/time × 4 times = 600,000 won, Total cultivated period: 10 months.

환산하고, 5 kg 박스의 대일 수출가격을 대입하여 상품가격을 산출하였다. 여기서 10개월동안 사용하는 화분매개곤충은 봉종별 봉군수와 봉군값을 계산하여 비용으로 계산하고, 관행구는 환풍기를 돌리는 전기비용과 환풍기의 감가상각비를 계산하여 비용으로 넣었다. 상품을 판매한 가격에다 각각의 비용을 제하여 순이익을 산출하였다. 상품판매수익의 경우, 양봉꿀벌과 서양뒤영벌 방사구가 각각 79,720천원과 78,900천원으로서 관행구의 71,200천원에 비하여 각각 8,520천원과 7,700천원으로 각각 12%와 10%의 경제적 이익이 있는 것으로 보아, 화분매개곤충을 방사한 효과가 뚜렷하였다.

### Literature Cited

- Cochran, H.L. 1936. Some factors influencing growth and fruit setting in the pepper (*Capsicum frutescens* L.), Mem. Cornell Agric. Exp. Stn. 190.
- Free, J.B. 1970. Insect pollination of crops. Academic Press. pp. 544.
- Heinrich, B. 1979. Bumblebee economics. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts, and London, England. pp. 245.
- IKBC (Institute of Korea beekeeping science). 1997. Beekeeping management. Collage of agriculture and life sciences, Seoul National University. pp. 302.
- Jeong, J.S. and S.Y. Choi. 1988. Diurnal activity of the honeybees on the blossoms of apple tree. Korean J. Apicul. 3(2): 16-21.
- Kim, Y.S., J.W. Cho, K.Y. Lee and M.L. Lee. 2003. The pollination of honeybee on peach blossom planted in vinyl house and its valuation of the fruits after harvest. Korean J. Apicul. 18(1): 23-28.
- Kim, Y.S., S.B. Lee, H.S. Shim, M.L. Lee, M.Y. Lee, H.J. Yoon, S.H. Nam and S.J. Chang. 2004. Pollination effect of honeybee (*Apis mellifera*) and bumblebee (*Bombus terrestris*) on hot and sweet pepper raised in vinyl house. Korean J. Apicul. 19(1): 23-26.
- Lee, S.B., D.K. Seo, S.J. Kim, J.W. Cho, Y.S. Kim, H.J. Kim, H.C. Park and S.J. Hwang. 2005. The peach flower-visiting insects, and the characteristics on foraging activity of honeybee (*Apis mellifera* L.) and bumblebee (*Bombus terrestris* L.) for the pollination of peach. Korean J. Apicul. 20(2): 123-132.
- Lee, S.B., T.W. Bae, S.E. Kim, H.J. Yoon, M.R. Lee, and C. Young. 2003. The influence of over foraging, and pollinating activities on tomato fruits by a Korean native bumblebee, *Bombus ignitus* S. (Hymenoptera: Apidae) in cherry- tomato house. Korean J. Appl. Entomol. 42(4): 293-300.
- Lee, S.B., Y.S. Kim, M.L. Lee, M.Y. Lee and H.J. Yoon. 2006a. The foraging activity and the effect of honeybee, *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) in the watermelon houses. Korean J. Apicul. 21(1): 49-54.
- Lee, S.B., H.J. Yoon, I.G. Park, Y.S. Kim, M.Y. Lee and M.L. Lee. 2006b. Comparison on the pollinating activities of bumblebee, *Bombus terrestris* L. and honeybee, *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) in the strawberry houses. Korean J. Apicul. 21(2): 125-130.
- Levin, M.D. 1983. Value of bee pollination to U. S. agriculture. Bull. Ent. Soc. Am. 29(4): 50-51.
- NAQS Homepage. 2007. National Quality Management Service/Cultural Area/Crop Products Amount/Fruit Vegetable/Paprika. <http://www.naqs.go.kr>
- Oh, H.W. and S.Y. Choi. 1988. Diurnal activity of the honeybees on the blossoms of *Robinia pseudoacacia*. Korean J. Apicul. 3(2): 1-6.
- Serrano, A.R. and J.M. Guerra-Sanz. 2006. Quality fruit improvement in sweet pepper culture by bumblebee pollination. Scientia Horticulturae 110: 160-166.

(Received for publication July 24 2008;  
revised September 17 2008; accepted September 17 2008)