

시설복숭아에서 호박벌(*Bombus ignitus* Smith)의 화분매개활동 특성

이기열¹ · 이상범* · 안기수¹ · 박성규¹ · 윤형주

농촌진흥청 농업과학기술원 농업생물부 유용곤충과, ¹충북농업기술원 시험연구부 농업환경과

Characteristics on the Pollinating Activity of Korean Native Bumblebee, *Bombus ignitus* Smith (Hymenoptera : Apidae) in the Peach House

Ki-Yeol Lee¹, Sang-Beom Lee*, Ki-Su Ahn¹, Seong-Kyu Park¹ and Hyung-Joo Yoon

Department of Agricultural Biology, The National Institute of Agricultural Science & Technology, RDA, Suwon, 441-100, Korea
¹Chungbuk Provincial Agricultural Research & Extention Service, Cheongwon, Chungbuk, 363-880, Korea

ABSTRACT : The pollinating activity of bumblebee, *Bombus ignitus* was investigated at the blossom of peach [*Prunus persica* (L.) Batsch] planted in vinyl house. The major time of foraging activity by *B. ignitus* was between 08:00 and 7:00, and the peak time of pollinating activity by *B. ignitus* was 11:00 in the peach vinyl house from February 28 to March 5 in 2002. The rate of fruit set and the rate of marketable fruit by foraging activity of *B. ignitus* were much better than artificial pollination, and the effect of labor reduction by the pollinating activities of *B. ignitus* released against the artificial pollination was took remarkable profits over 93%. Therefore, the foraging activity of *B. ignitus* in peach vinyl house brought satisfactory results among the rate of fruit set, the rate of marketable fruit and the effect of labor reduction against the artificial pollination.

KEY WORDS : Bumblebee, *Bombus ignitus*, Peach, *Prunus persica*, Pollinating (Foraging) activity, Artificial pollination

초 록 : 시설복숭아에서 호박벌의 화분매개활동과 효과에 대하여 조사하였다. 2002년 2월 하순경 시설복숭아에서 호박벌의 방화활동은 오전 8시부터 오후 5시까지이며, 활동최성기는 오전 11시였다. 착과율은 호박벌방사구 73.4%, 인공수분구 73.1%로서 차이가 없었으나, 무처리구는 33.9%로 매우 낮았다. 상품과율은 호박벌방사구가 90.0%로서 인공수분구 83.3%보다 높았으며, 무처리구는 53.8%로서 매우 낮았다. 호박벌 방사구가 인공수분구에 비해 착과율과 상품과율이 좋았으며, 노동력도 93% 절감되어 호박벌 방사에 의한 효과가 뚜렷하였다.

검색어 : 뒤영벌, 호박벌, 복숭아, 화분매개활동, 인공수분

자연계에서 곤충의 중요한 역할의 하나는 각종 식물의 화분매개이다. 그리고 화분매개의 기능은 곤충상 뿐만

아니라 식물상까지 영향을 미치게 된다. 특히 농작물 생산에 있어서 기본적인고도 중요한 필수 기능이라 할 수 있

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

며 시설 재배 작목의 다양화와 영농 형태의 변화 등은 화분매개곤충의 중요성이 더욱 절실하게 대두되고 있다. 복숭아, 사과 그리고 배를 비롯한 대부분의 과수는 화분매개곤충의 방문에 의하여 수정되나 화분매개곤충이 불충분할 때는 경제적인 착과율을 유지하기 위하여 인공수분을 이용하고 있는 실정이다(Bosch and Blas, 1994; Matin and McGregor, 1973; Robinson, 1979; Torchio, 1990). 또한 현재 토마토, 딸기, 데론 등 하우스재배 시 유럽 및 국내에서 화분매개 곤충인 서양종꿀벌(*Apis mellifera* L.) 및 서양땅영벌(*Bombus terrestris* L.)을 이용한 수분기술이 도입되고 있는데, 시설재배는 폐쇄된 특정 환경 내에서 작물을 생산하는 기술로서, 특히 동절기 시설재배는 야외 자연환경에서 활동하는 화분매개곤충의 활동이 거의 없기 때문에 시설 내에 화분매개곤충을 방사하지 않았을 경우, 과실이 고르게 발육하지 못하고 기형과가 되어 생산량이 감소하고 품질이 저하함으로써, 시설재배에서 작물의 수정을 위해서는 화분매개곤충 활용의 의의는 무엇보다 크다고 할 수 있다(Tsujikawa, 1981; Ahn *et al.*, 1988; Lee, 1999; Lee *et al.*, 2001; Lee *et al.*, 2002). 그러나 시설과채류와는 달리 시설복숭아를 비롯한 시설과수에 도입되어 활용된 예는 거의 없는 실정이다(Maeda, 2000). 한국에서 복숭아의 재배면적은 2005년도 15,014 ha로서 1990년도 12,333 ha, 2000년도 13,876 ha에 비하여 각각 22%와 8%가 증가되었으나, 2004년도에 비하여 오히려 3.5% 감소되고 있다. 2004년도 생산량은 200,534톤이었으며, 2000년도에 비하여 단보 당 생산량이 증가함에 따라 생산량은 18% 증수되고 있다(NAQS, 2006). 한국에서 시설복숭아 재배면적은 전체 복숭아재배면적의 1~2%로 추정되고 있으나, 단경기재배를 통한 고가판매로 복숭아 재배농가에 고소득을 가져다주고 있어 남부지방을 중심으로 그 면적이 점점 늘어나고 있는 실정이다(Lee *et al.*, 2005). 시설복숭아는 충남 천안과 충북 보은 지역에서 '90년대 중반부터 재배되기 시작하면서 100% 인공으로만 수정작업을 해왔으나, 최근에는 화분매개곤충을 이용하는 농가가 생기고 있는 실정이다(RDA, 2000). 시설복숭아는 현재 남부지방을 중심으로 크게 늘어나고 있다. 시설복숭아를 조기 수확하기 위하여 난방을 1월부터 시작하면 2월중·하순경에 복숭아꽃의 개화가 시작되는데, 배, 토마토, 애호박 등과 같이 시설복숭아도 인공수정 작업 시 노동력이 많이 소요되고 장기간 단순작업으로 인한 어깨를 비롯한 특정부위에 통증을 유발하는 등의 문제점을 안고 있다(Likeda and Tadauchi, 1995; Ono and Wada, 1996;

RDA, 2000). 따라서 본 시험은 시설복숭아에서 화분매개곤충으로 호박벌을 이용하여 방화활동과 방화행동, 착과율 그리고 화분매개효과를 인공수분과 비교 시험하였다.

재료 및 방법

화분매개곤충 및 시험포장

화분매개곤충인 호박벌(*Bombus ignitus* S.)은 농촌진흥청 농업과학기술원 농업생물부 유용곤충과에서 대량증식 중인 국내산 호박벌을 사용하였다. 2002년도 충북 보은군 수한면 시설복숭아재배농가에서 조생종인 가남암백도 7년생 단동하우스(3,330 m²)내에 시험 처리구를 호박벌 방사구, 인공수분구를 각각 330 m²씩, 무처리구는 33 m²로 구획하였다. 호박벌은 Koppert사에서 사용하는 벌통에 넣어 2월 26일부터 3월 15일까지 복숭아 개화시기에 시험구 내에 방사하였다. 이때 외벽과 출입문에 방충망(망목눈금 4 mm)을 설치하고 봉군(120마리)을 투입하였으며, 인공수분은 개화기에 매일 오전 9시부터 오후 1시까지 수분작업에 숙달된 작업자에 의하여 그림뿔을 이용하여 실시하였다.

호박벌의 화분매개활동과 일주활동

화분매개활동조사 시간은 오전 7시부터 오후 5시까지 30분 간격에 10분간씩 소문에서 출·입하는 일별수와 화분을 가지고 들어오는 일별수 그리고 시설 내 온도 등을 조사하였다. 호박벌 일벌이 봉군에서 나와 화분매개활동하는 시간에 꽃에 머무는 시간, 꽃 간 이동시간, 5분간 방문하는 꽃수를 15회 조사하였다. 호박벌의 일주활동은 3월 1일부터 5일까지 5일 동안 오전 7시부터 오후 5시까지 매시간 마다 20분씩 포장을 걸으면서 육안으로 방화활동 중인 호박벌 일별수를 관찰하여 기록하였다. 또한 일반적으로 화분매개활동 하는 것으로 추정되는 일벌들이 일주활동수와 어느 정도 일치하는 지를 보기 위하여 일주활동 조사시간 동안 방화활동 후 화분단자를 달고 봉군으로 귀소하는 일별수를 봉군 앞에서 매 시간마다 10분간씩 조사하였다.

호박벌 화분매개활동에 의한 착과율 및 상품성

착과율은 처리구별로 복숭아 한 그루 당 2~3개의 가지를 임의로 표시하여 총 20개의 가지를 조사구로 선정하여 개화된 꽃수와 착과된 과실수의 비율로서 산정하였다.

상품성 조사는 수확기인 5월 하순에 정상과수와 기형과수는 육안으로 조사하였고, 과중, 과경, 경도 그리고 당도는 처리구별 복숭아 30개씩을 임의로 선정하여 3반복으로 조사하였다. 또한 복숭아꽃에 대한 수분작업 시 노동시간을 호박벌 방사구와 인공수분구를 비교하여 투입된 노동시간을 10a당 환산하여 계산하였다. 호박벌의 방사에 의한 방화활동과 착과율, 생산물조사의 통계분석은 SAS를 이용하여 DMRT (0.05%)로 유의성을 분석하였다.

결과 및 고찰

호박벌의 화분매개활동과 일주활동

시설복숭아에서 호박벌의 활동은 08:00 이후 하우스 피복제가 제거되고, 하우스 온도가 17~18°C에 이르는 오전 9시부터 조사하였다. 이는 꿀벌의 경우 시설복숭아 하우스 내 온도가 20°C에 달하는 오전 9시경에 소상으로 부터 출봉한다는 Okada (1997)의 자료를 참고하여 설정하였다. 호박벌의 출봉수는 오전 11시경에 9마리로서 1차 정점을 이루었으며, 오후 4시경에 11마리로서 2차 정점을 이루었다. 입봉수는 12시경에 8마리로서 1차 정점을 이루었고, 출봉수와 동일하게 오후 3시경에 11마리로서 2차 정점을 이루었다(그림 1). 호박벌의 일주활동은 오전 8시에 시작하여 오후 5시에 끝났으며 일주활동의 정점은 오전 11시였다(그림 2). 온도는 화분매개곤충 방화활동에 크게 영향을 미친다. 꿀벌의 경우 방화활동을 위한 최저온도는 대략 13°C이며(Grahan, 1992), 꿀벌의 일주활동은 26~30°C 범위에서 가장 왕성하다(Oh and Choi, 1986). 그리고 뒤영벌의 방화활동 최저온도는 5°C로서 꿀벌보다

는 저온에서 활동성이 강한 것으로 알려져 있다(Heinrich, 1970). 소문에서 꿀벌의 일주활동 그리고 사과꽃과 복숭아꽃에서의 화분매개활동은 일사량과는 통계적으로 고도의 유의한 상관관계를 나타내며, 온도는 통계적으로 유의한 상관관계 인정할 수 없었으나 온도와는 정(+)의 상관관계가 있으며, 특히 오전의 온도수준이 꿀벌의 일주활동을 저해 또는 촉진한다(Choi, 1987; Lee and Choi, 1987; Jeong and Choi, 1988). 따라서 오전 온도의 상승이 꿀벌의 활동을 촉진하는 것으로 사료된다. 5월 초순 사과꽃에서 꿀벌의 일주활동은 꽃의 지속성과 관련이 있으며(Faegri and van der Pijl, 1979), 조사기간에 따라 약간의 차이는 있으나 주로 오전과 오후 2차례의 화분매개활동 정점을 보이고 있으며 최대방화수는 11시경이었고 오후 1시에서 4시경에 또 한번의 피크를 가진다(Kim and Choi, 1987; Jeong and Choi, 1988; Okada, 1997). 또 6월의 호박벌의 일주활동은 시설토마토에서 하우스 내 온도가 27~28°C가 되는 아침 8시경에 최대 활동수를 보이며, 온도가 상승할수록 활동개체수가 감소하다가 온도가 떨어지기 시작하는 16시경에 다시 작은 활동피크를 보인다(Lee et al., 2003). 이와 같이 오전과 오후에 한 차례씩 활동량이 증가하는 일주활동양상은 온실 토마토에 투입된 서양뒤영벌 봉군의 일주활동 양상은 하루 중 꽃이 열리고 닫히는 시간과 실제로 일치하고, 오후의 방문 일벌수의 감소는 아침에 많은 일벌의 방문으로 꽃의 꽃가루량이 크게 감소된 것과도 관련이 있다는 보고와 일치하였다(Mexia et al., 2000). 이와 같은 경향은 서양종 꿀벌과 뒤영벌에 있어서도 맑은 날 야외와 온실에서의 일주 활동 개체수의 변화와 같은 경향을 보이고 있다고 하겠다(Kim and Choi, 1987; Lee et al., 2003).

시설복숭아에서 호박벌이 꽃에 머무는 시간은 8.6초였

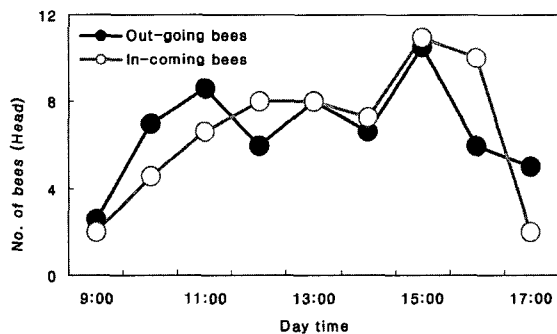


Fig. 1. Number of out-going and in-coming bees as activities of *B. ignitus* in front of hives for the day time. Reference period and site : 09:00~17:00, March 1 to March 5, in 2002. Boeun, Chungbuk Province. Interval of Reference time : 10 minutes per hour.

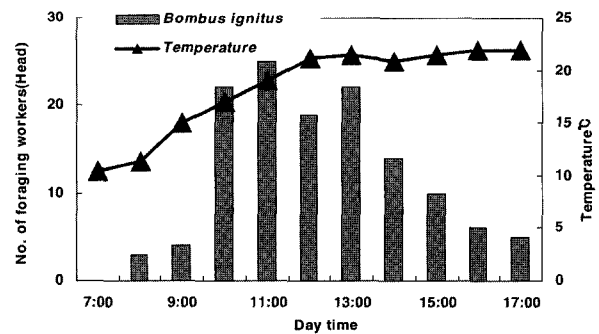


Fig. 2. Diurnal foraging activities by *Bombus ignitus* in the peach greenhouse. Reference period and site: 07:00-17:00, March 1 to March 5, in 2002. Boeun, Chungbuk Province. Reference time : 20 minutes per hour.

다(표 1). Lee *et al.* (2005)의 보고에 의하면 2004년 4월 초순 야외 망실의 복숭아꽃에서 꿀벌의 화밀수집봉은 13.1초, 화분수집봉은 6.6초 그리고 화밀과 화분 동시수집봉은 11.9초인데 반하여, 서양뒤영벌은 5.8초라고 하였다. 시설복숭아꽃에 머무는 시간은 8.6초로서 야외망실조사에서 꿀벌의 화분수집봉이나 화밀과 화분 동시수집봉보다는 꽃에 머무는 시간이 짧았으나, 꿀벌의 화분수집봉보다는 2초 더 길게 꽃에 머물렀으며, 화분만을 수집하는 서양뒤영벌의 꽃에 머무는 시간보다는 3초 더 길게 꽃에 머무는 것으로 조사되었다. 이것은 Park (1949)의 꿀벌의 꽃에 머무는 시간은 화분수집봉이 화밀수집봉 보다 짧다고 한 보고와 일치한다. 꽃 간 이동시간은 2.7초 그리고 5분간에 방문한 꽃수는 30.9개이었다. 시설완숙토마토에서 호박벌의 꽃에 머무는 시간과 꽃 간 이동시간은 각각 4.2초와 7.6초였으며(Lee *et al.*, 2002), 시설방울토마토에서 서양뒤영벌의 방화시간은 5.2초, 꽃 간 이동시간은 3.6초였다(Lee, 1999). 이러한 차이는 화분매개곤충과 꽃의 화기구조의 차이, 꽃수 그리고 기상과의 관계에 따라 다른 결과가 나타나는 것으로 보인다(Free, 1970; Pyke, 1978; Mexia *et al.*, 2000; Lee *et al.*, 2003).

2월 26일부터 3월 15일 사이에 시설복숭아에서 호박벌은 오전 8시부터 활동하기 시작하여 오후 5시까지 화분매개활동을 하였다. 해 뜨기 전의 이른 아침인 오전 7시경의 아침온도는 12°C 정도였고, 시설하우스 내부가 어둡기 때문인지 방화활동을 하는 벌이 없었으며, 해가 뜨는 8시 이후부터 방화활동을 시작하였다. 복숭아꽃은 10°C 이상 온도가 상승하는 오전 9시부터 오후까지 계속 개화되기 때문에 호박벌의 화분매개활동시간이 폭넓게 나타나는 것으로 사료된다(Free, 1970). 4월 초순 야외망실의 복숭아꽃에서 꿀벌은 온도가 15°C 이상 상승하는 오전 10시부터 활발하게 활동하기 시작하였으나(Lee *et al.*, 2005; Okada, 1997), 서양뒤영벌은 온도가 13°C인 오전 8시부터 오후 7시까지 활발하게 활동하여 본 조사와 같은 일주활동 경향을 보였다. 본 시험의 시설복숭아에서의 호박벌과 2004년도 야외망실의 복숭아꽃에서 서양뒤영

벌과 꿀벌의 화분매개활동 최성기는 복숭아꽃의 개화수가 많은 오전 11경으로 동일하였다(Kim *et al.*, 2003; Lee *et al.*, 2005, 그림 2). 이것은 온실 토마토에 투입된 서양뒤영벌의 방화활동 양상이 하루 중 꽃이 열리고 닫히는 시간과 실제로 일치하며, 오후의 방문 일별수의 감소는 아침에 많은 일별의 방문으로 꽃의 꽃가루량이 크게 감소된 것과도 일치한다(Pyke, 1978; Mexia *et al.*, 2000). 또한 서양종 꿀벌의 경우도 맑은 날 야외에서의 일중 활동 개체수의 변화와 거의 같은 경향을 보이고 있다(Sim *et al.*, 1996; Kim and Choi, 1987; Choi, 1987; Jeong and Choi, 1988). 그리고 시설복숭아에서 하우스 온도가 25°C 정도 유지되는 오후 2시 이후에는 시간이 경과할수록 복숭아꽃에서 호박벌의 방화활동수가 줄어드는 경향을 보였는데, 이것은 아침에 개화되는 많은 복숭아꽃에서 호박벌이 화분과 화밀을 오전 10시부터 오후 1시까지 사이에 활발히 수집한 후 오후 2시 이후에는 적어진 화분과 화밀의 량 때문에 오전에 비하여 상대적으로 보상효과가 떨어짐으로서 일별의 활동수가 적어진 것으로 추정된다(Mexia *et al.*, 2000). 이로서 호박벌의 일주활동의 경우도 꿀벌과 같이 꽃의 량, 즉 화밀과 화분량과 밀접한 관련이 있다는 사실을 보여주고 있다(Pyke, 1978; Mexia *et al.*, 2000; Lee *et al.*, 2003).

시설복숭아꽃에서 호박벌의 화분수집은 출봉수(그림 1)와 일주활동(그림 2)이 오전 11시경에 활동 정점을 보이다가 오전 보다는 적지만 오후에 한 차례 방화활동 정점을 보이는 양상과 같이, 화분수집봉수도 오전 9시경부터 시간이 경과함에 따라 증가하다가 12시경에 가장 많았다가 오후 3시경에 다시 한 차례 화분수집봉수가 늘어나는 같은 경향을 보였다(그림 3). 복숭아꽃에 대한 호박벌의 방화활동은 오후가 되면서 방화활동수가 계속 줄어들다가 오후 3시경에 또 한번의 작은 방화활동 정점을 이루었으나 오후 4시 이후에는 방화활동수가 크게 줄어들었다. 호박벌의 일주활동봉수 중 화분수집봉수는 오전 9시부터 오후 3시까지 활동하였으며 화분수집봉수가 정점을 이루는 시간은 12시경이었다. 이 후 화분수집봉수가 줄어들다

Table 1. Foraging activities of *Bombus ignitus* worker on peach flowers in peach greenhouse

Item	No. of bees surveyed (Each)	Mean±S.D.
Visiting time on a flower (Second)	15	8.6±3.2
Flighting time ¹⁾ (Second)	15	2.7±2.9
The number of flowers visited for 5 minutes (Each)	13	30.9±4.3

¹⁾ Flighting time from a flower to another flower. Reference period and site : From February 28 to March 5, in 2002. Boeun, Chungbuk Province.

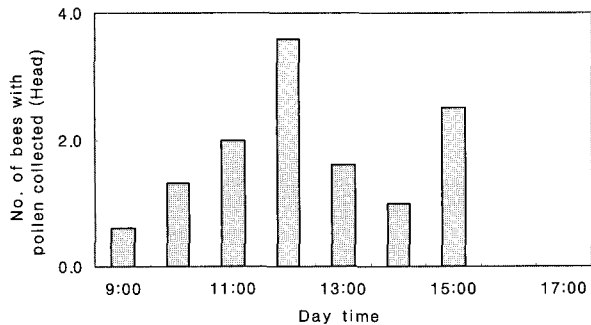


Fig. 3. The change of the number of *B. ignitus* worker with pollen loads in peach greenhouse. Reference period and site: 09:00-17:00, March 1 to March, in 2002. Boeun, Chungbuk Province. Reference time: 10 minutes per hour.

가 오후 3시경에 다시 작은 정점을 이루었으나 오후 3시 이후에는 화분수집봉이 전혀 관찰되지 않았다(그림 3). 배나무에서 꿀벌이 화분단자를 1개 만들기 위하여 84개의 꽃을 방문하여야 한다고 알려져 있으며(Vansell, 1942), 이러한 꿀벌의 화분수집은 개화수(화밀과 화분의 량), 화분단자를 만드는데 소요되는 시간, 하루 중 출봉수, 다양한 화분단자 무게, 봉종, 꽃의 상태, 온도, 습도, 풍속 그리고 다른 요인들에 의하여 영향을 받는다(Park, 1922; Ribbands, 1949). 일주활동 정점을 이룬 오전 11시경에 가장 많은 일벌이 활동하였으며, 이 때 활동한 일벌 때문에 1시간 후인 12시경에 화분 수집봉수가 정점을 이루는 것으로 사료된다. 오후 1시경에 일주활동수가 비교적 많았음에도 불구하고 오후 2시경에 화분수집봉수가 크게 줄어든 것은 오전에 많을 수의 일벌이 활발하게 화분을 수집함으로써 오후에는 수집할 화분량이 줄어든 때문인 것으로 보이며, 오후 2시경 일주활동수가 줄어들었음에도 불구하고 오후 3시경에 화분수집봉수가 늘어난 것은 오전 개화 후 오후에도 개화량이 다소 늘어난 것과 관련이 있는 것으로 보이며, 일주활동과도 밀접한 관련이 있는 것으로 생각된다. 이러한 개화량과의 상호관련성은 토마토에서 호박벌의 일주활동에서도 동일한 경향을 보이며(Lee 등, 2003), 벌의 활동이 꽃의 개화시기와 꽃가루량에 영향을 받는다고 보고한 Pyke (1978)와 Mexia et al. (2000)의 보고와도 일치하고 있다.

복숭아의 착과율

시설복숭아에서 처리구별 착과율을 조사한 결과 호박벌방사구 73.4%, 인공수분구 73.1%로서 같은 착과율을 보였으나 무처리구는 33.8%로 매우 낮은 착과율을 나타

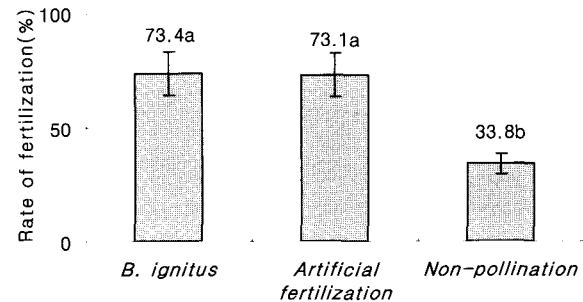


Fig. 4. Rate of fruit set according to the fruit setting methods in peach greenhouse. Number of plants(blanch) surveyed: 10 trees per a treatment, Reference date: March 26, in 2002. Mean separation within columns by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

냈다(그림 4). 따라서 시설복숭아에 있어서는 화분매개곤충 방사를 통한 수분 또는 인공수분을 통한 수분작업이 꼭 필요하다고 사료된다. 시설애호박의 경우 수분작업이 이루어지지 않으면 정상과가 거의 착과되지 않았다(Lee et al., 2005). 비가림 시설복숭아(일천백봉)에서 꿀벌방사구는 62.9%, 인공수분구 55.2% 그리고 꿀벌방사와 인공수분을 동시 실시구는 53.0%라고 하였다(Kim et al., 2003). 본 시험(가남암백도)의 호박벌방사구와 인공수분구 공히 착과율 73%로서 꿀벌방사구보다는 착과율이 높은 것으로 조사되었다. 또한 일천백봉 품종으로 시험한 야외망실조사(Lee et al., 2005)에서 착과율은 꿀벌 73.4%, 서양뒤영벌 68.3%, 꿀벌이 주방화곤충인 자연수분구 75.6%, 인공수분구 50.4% 그리고 무처리구 52.0%로서 꿀벌과 서양뒤영벌 그리고 자연수분구는 본 시험의 호박벌방사구와 인공수분구 공히 착과율 약 73%로서 같은 수준이었으나, 인공수분구는 본 시험의 인공수분구 73.1%보다 23%정도 낮은 것으로 조사되었다. 그러나 Lee et al. (2005)이 복숭아(일천백봉)에서 눈금 1 mm 망사로 자연 방화하는 화분매개곤충의 접근을 차단한 무처리구는 52.0%로서 본 시험의 무처리구 33.8% 보다 높았었다. 이는 두 품종 모두 꽃가루가 많은 품종이기는 하나 바람의 영향이 거의 없는 시설하우스와 바람의 영향을 비교적 많이 받는 야외망실의 차이 때문인 것으로 판단된다. 또한 비가림 하우스에서 착과방법별 복숭아의 결실률을 보면 1998년도에 꿀벌과 서양뒤영벌 그리고 인공수분구의 착과율이 각각 52.4%와 54.8% 그리고 43.4%였으나 1999년도에는 크게 떨어져 2년 평균값이 각각 36.6%, 42.8% 그리고 38.5%로 본 시험의 착과율과는 큰 차이를 보이고 있다(RDA, 2000). 이상의 결과 중 무처리구를 비교하여 볼 때 가남암백도와 일천백봉 품종은 숙기가 7월 상중순

Table 2. Comparison of the fruits produced by activities of *Bombus ignitus* and by artificial pollination in peach greenhouse

Treatment	Weight (g/Each)	Firmness (g/sec.)	Sugar content (Brix, %)	Rate of malformed fruit (%)	Rate of marketable fruits (%)
<i>Bombus ignitus</i>	167.6±18.2a	233.0±95.0a	11.9±3.5a	10.0a	90.0a
Artificial pollination	168.2±18.8a	167.1±60.0b	11.0±3.2a	16.7b	83.3b
No pollination	151.1±17.0b	-	8.9±2.9b	46.2c	53.8c

Reference period and site: May 23 to May 26, in 2002. Boeun, Chungbuk Province. Number of fruit surveyed: 30 per one repetition. Reference date: May 28 2002, Mean separation within columns by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$). Lengths of stalks on *Bombus ignitus*, Artificial pollination and No pollination were 22.0±0.9 cm, 21.9±0.8 cm and 21.3±0.3 cm, respectively.

Table 3. Comparison of effect on working hour reduced for fertilization according to the fruit setting methods in peach greenhouse

Treatment	Effect of fertilization (Hours/10a)	Index (%)	Reduction effect of work (%)
<i>Bombus ignitus</i>	4.2a	6.3a'	93.0
Artificial pollination	63.2b	100b'	-

Reference period and site: From February 26 to March 15, in 2002. Boeun, Chungbuk Province. Mean separation within columns by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

으로 같으며, 꽃가루가 많은 품종이어서 바람만으로도 비교적 수분이 잘된다. 그러나 밀폐된 장소에서의 시험(Kim *et al.*, 2003)이 바람이 잘 통풍되는 야외포장에서의 망실시험(Lee *et al.*, 2005)보다 착과율이 18% 정도 떨어지는 것으로 조사되었다. 따라서 시설복숭아에서의 화분매개곤충 방사나 계획적인 인공수분의 필요성이 더 크게 요구된다고 하겠다. 이러한 결과는 장미과 작물인 복숭아, 살구 그리고 벡타린(*Prunus persica* L.)은 자가 결실성이 다(Free, 1970). 그러나 장미과 과수들의 대부분이 자가수분보다는 타화수분 할 때 더 많은 생산량과 좋은 품질을 가진다는 연구와 관련이 된다(Hutson, 1926; Gould, 1939; Gardner *et al.*, 1952).

복숭아의 상품성 및 수분노력 절감효과

시설복숭아에서 수분방법별 상품성을 조사한 결과(표 2) 과중은 호박벌방사구와 인공수분구가 각각 167.6 g, 168.2 g으로 차이가 없었으나, 무처리구는 151.1 g으로 상품가치가 크게 떨어졌다. 경도는 호박벌방사구 233.0 g/sec., 인공수분구 167.1 g/sec.로 큰 차이를 보였다. 경도의 차이로서 판단할 때 호박벌방사구에서 생산된 복숭아가 인공수분구에서 생산된 복숭아보다 유통과정에서 과일의 상품성이 오랫동안 유지될 것으로 판단된다. 당도는 호박벌방사구와 인공수분구가 각각 11.9 Brix와 11.0 Brix로 같은 수준이었으나, 무처리구는 8.9 Brix로 2 Brix 정도 당도가 떨어지는 것으로 조사되었다. 또한 RDA(2000)가 보고한 당도 9.8~10.8 Brix보다는 약간 높은

경향을 보였다. 기형과율의 경우는 호박벌방사구는 10.0%, 인공수분구는 16.7%로서 호박벌방사구에서 기형과율이 낮았다. 그러나 무처리구는 착과율이 33.8%로서 호박벌방사구와 인공수분구에 비하여 크게 떨어질 뿐만 아니라 기형과율도 46.2%로 높아서 상품성이 있는 복숭아의 생산이 거의 되지 않는 결과를 보였다(그림 4). 상품과율은 호박벌방사구가 90.0%, 인공수분구가 83.3%로 호박벌방사구에서 높은 결과를 보였다. 따라서 시설복숭아를 재배할 경우 화분매개곤충을 이용하는 것이 상품성에서 인공수분구보다는 우수한 결과를 나타내었다(표 2).

시설복숭아의 재배 시 수분방법별 10a당 수분노력시간은 인공수분 작업을 실시할 경우 63.2시간이 소요되었다. 그러나 화분매개곤충을 방사하여 수분시킬 경우 화분매개곤충 방사를 위한 봉군 설치 노력만 투입함으로써 인공수분 작업에 비하여 93%정도 노력절감 효과를 보였다(표 3). 이상의 결과를 종합하여 볼 때 시설복숭아에서 화분매개곤충인 호박벌 방사와 인공수분 방법이 공히 복숭아 생산에 안정적인 효과를 보이고 있으나, 호박벌의 방사가 인공수분보다 상품과율이 높고, 수분작업 시 노동력의 크게 절감되므로 보다 안정적인 수분방법이라고 사료된다.

Literature Cited

- Ahn, C.K., J.S. Choe, Y.C. Um, I.W. Cho, I.C. Yu and J.C. Park. 1988. Effects of bee pollination and growth regulators treatment on preventing the malformation and accelerating the growth of strawberry fruit. Res. Rept. RDA (Hort.) 30: 22-30.

- Bosch., J. and M. Blas. 1994. Foraging behaviour and pollinating efficiency of *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* on Almond (Hymenoptera: Megachilidae and Apidae). *Appl. Entomol. Zool.* 29: 1-9.
- Choi, S.Y. 1987. Studies on diurnal flight activity of honeybee in peach blossoms (I). *Kor. J. Apicul.* 2(1): 122-129.
- Faegri, K. and van der Pijl. 1979. The principles of pollination ecology. 3rd. revised edition. Pergamon Press, Oxford. pp. 71-72.
- Free, J.B. 1970. Insect pollination of crops. Academic Press. New York. pp. 544.
- Gardner, V.R., F.C. Bradford, and H.D. Hooker. 1952. The fundamentals of fruit production. McGraw-Hill, New York.
- Gould, H.P. 1939. Why fruit trees fail to bear. *Leafl. U. S. Dep. Agric.* No. 172.
- Grahan, J.M. 1992. The hive and the honey bee. Dadant & Sons, Hamilton, Illinois. pp. 1324.
- Heinrich, B. 1979. Bumblebee economics. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts, and London, England. pp. 207-213.
- Hutson, R. 1926. Relation of the honeybee to fruit pollination in New Jersey. *Bull. N.J. Agric. Exp. Stn.* No. 434.
- Iikeda, F. and Y. Tadauchi. 1995. Application of bumble bee as pollinators on fruit vegetables. *Honeybee Sci.* 16(2): 49-53.
- Jeong, J.S. and S.Y. Choi. 1988. Diurnal activity of the honeybees on the bumblebees of apple tree. *Kor. J. Apicul.* 3(2): 16-21.
- Kim Y.S. and J.W. Choi. 1987. Foraging activity of the honeybee (*Apis mellifera*) on the bloom of *Chaenomeles lagenaria* K.. *Kor. J. Apicul.* 2(2): 30-36.
- Kim Y.S., J.W. Choi, M.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. *Kor. J. Apicul.* 18(1): 23-28.
- Lee, M.Y. and S.Y. Choi. 1987. Diurnal activity of the honeybee (*Apis mellifera*) at the hive entrance (III). *Kor. J. Apicul.* 2(1): 2-5.
- Lee, E.M., N.H. Song, I.H. Cho and S.B. Lee. 2002. Enhancement of fruit set by using *Bombus ignitus* Smith and 4-CPA in protected cultivation of beefsteak-tomato. *Kor. J. of Horti. Sci. & tech.* 20(2): 85-89.
- Lee, M.L. 1999. Pollination effects of honeybees (*As mellifera* L., *A. cerana* F) and bumblebees (*Bombus terrestris* L., *B. ignitus* S.) on strawberry and tomato in plastic house, and indoor rearing of Korean indigenous bumblebee species. Ph. D. thesis. pp. 64-83.
- Lee, S.B., S.E. Kim, H.J. Yoon, M.L. Lee, I.K. Park, J.W. Kim and T.W. Bac. 2001. Compare with foraging activities of *Bombus ignitus* and *B. terrestris* in cherry-tomato cultivation house. *Kor. J. Apiculture* 16(2): 113-120.
- Lee, S.B., D.G. Seo, S.J. Kim, J.W. Cho, Y.S. Kim, H.J. Yoon, 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. *Kor. J. Apicul.* 20(2): 123-132.
- Lee, S.B., T.W. Bae, S.E. Kim, H.J. Yoon, M.R. Lee, and Y. Chae. 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. *Kor. J. Appl. Entomol.* 42(4): 293-300.
- Maeda, K. 2000. Pollination technique of eggplant in forcing cultivation with heating by *Bombus terrestris*. *New Knowledge of Horticulture (Nov.)*. Takii Seed Co. pp. 25-27.
- Mexia, A., E. Salvado and S. Alvano. 2000. Pollination of greenhouse tomato crop by bumblebees. Abstract book I. XXI-International Congress of Entomology. Brazil, August 20-26. pp. 298.
- Martin, E.C. and S.E. McGregor. 1973. Changing trends in insect pollination of commercial crops. *Ann. Rev. Entomol.* 18: 207-226.
- NAQS. 2006. National Agricultural Products Quality Management Service (Microsoft Internet Explorer), Agriculture Statistics Information, Fruit tree, Peach.
- Oh, H.W. and S.Y. Choi. 1986. Diurnal activity of the honeybee (*Apis mellifera*) on the hive entrance. *Kor. J. Apicul.* 1(2): 85-90.
- Okada, S. 1997. Effects of pollination by Japanese and European honeybees to peach trees in plastic firm greenhouse. *Honeybee Sci.* 18(2): 49-52.
- Ono, M and Wada, T. 1996. The world of bumblebees-biological foundation and application-. Corporation of Plant Prevent Association. pp. 132.
- Park, O.W. 1922. Time and labor factors in honey and pollen gathering. *Am. Bee. J.* 62: 254-255.
- Park, O.W. 1949. Activities of honey bees. *In: The hive and honey Bee*, R.A. Grout, ed. Dadant & Sons, Hamilton, Illinois. pp. 79-152.
- Pyke, G.H. 1978. Optimal body size in bumblebees. *Oecologia (Berl.)* 34: 255-266.
- Ravestijn, W. van. and J. van der Sande. 1991. Use of bumblebees for the pollination of greenhouse tomatoes. *Acta Horticulturae* 288. 6th Pollination Symposium. pp. 204-212.
- RDA. 2000. Studies on protected cultivation and control system of disease and pest in peach. pp. 31.
- Ribbands, C.R. 1949. The foraging methods of individual honeybees. *J. Anim. Ecol.* 18: 47-66.
- Robinson, W.S. 1979. Effect of apple cultivar on foraging behaviour and pollen transfer by honey bees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104: 596-598.
- Sim, Y.G., J.K. Park and M.S. Huh. 1996. Studies of diurnal activity of *Apis mellifera* in apple. *Kor. J. Apicul.* 2(1): 7-16.
- Torchio, P.F. 1990. Diversification of pollination strategies for U. S. crops. *Environ. Entomol.* 19: 1649-1656.
- Tsujikawa, Y. 1981. Honeybees in green houses, their effects on strawberries and a problem of UV-cut film house. *Honeybee Sci.* 2: 49-56.
- Vansell, G.H. 1942. Factors affecting the usefulness of honey in pollination. *U.S.D.A Circ.* pp. 650.

(Received for publication July 11 2007;
accepted July 31 2007)